



научно-методический журнал

1 2009

ФИЗИКА

В ШКОЛЕ



Повышение практической направленности курса физики

Организация исследовательской деятельности учащихся

Занимательный эксперимент в школе



НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С МАЯ 1934 г.

ВЫДАЮЩИЕСЯ УЧЕНЫЕ

- 3 Р.Н.Щербаков**
Лев Андреевич Арцимович



ПРЕДЛОЖЕНИЯ И СОВЕТЫ

- 6 В.М.Кононов**
Применения галогеновых ламп для осветителя теневого проецирования

МЕТОДИКА. ОБМЕН ОПЫТОМ

- 8 Г.Г.Никифоров**
Повышение практической направленности курса физики
- 14 Т.Н.Алехина, Л.И.Силина**
Управление исследовательской деятельностью учащихся в процессе обучения физике в профильных классах
- 18 В.П.Наливайко**
Об опыте организации исследовательской деятельности учащихся
- 22 В.В.Кравец**
Эксперимент в естественных науках
- 26 Л.Е.Осипенко, А.И.Слободянюк, А.В.Лавриненко**
Сказка про горячий чай, или Как наладить исследовательскую работу в школе
- 35 К.А.Коханов**
Занимательный эксперимент в школе
- 38 В.Д.Красильников**
О линзах-менисках: выпукло-вогнутой и вогнуто-выпуклой
- 40 Л.А.Прояненкова**
Формирование метода решения одной типовой задачи
- 41 С.А.Проклюшина**
Как повысить способность учащихся показывать свои знания и умения

ЭКСПЕРИМЕНТ

- 44 Н.И.Шефер**
Исследование свойств лазерного излучения

- 48 В.В.Майер, Е.И.Вараксина**
Прибор для учебного исследования полного внутреннего отражения света
- 51 В.Г.Чупашев**
Шахтный газовый интерферометр в физическом практикуме
- 53 А.С.Красников, С.В.Фомин**
Постановка опытов Резерфорда в классах с углубленным изучением физики
- 56 С.Ю.Махмудова**
Производственно-технологический материал в лабораторном эксперименте

АСТРОНОМИЯ

- 61 В.В.Вахрушев**
К изучению темы «Строение Солнечной системы»

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

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

АДРЕС РЕДАКЦИИ: Москва, ул. Добролюбова, д. 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 11 000 экз. Изд. № 1559. Заказ 4930.

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 (49672) 6-25-36, факс: 8 (499) 270-73-59.

ВЫДАЮЩИЕСЯ УЧЕНЫЕ



ЛЕВ АНДРЕЕВИЧ АРЦИМОВИЧ

Глубокое чувство любви к своему Отечеству, к его науке и культуре, к его лучшим людям формируется у учащихся, если на уроках мы целенаправленно и систематически обращаемся к творчеству классиков российской науки. Достойное место среди них занимает физик-экспериментатор Лев Андреевич Арцимович.

Выдающийся ученый, крупнейший отечественный исследователь управляемого термоядерного синтеза (УТС) Л.А.Арцимович родился 25 февраля 1909 г. в Москве в семье специалиста по статистике. В связи с наступившим тогда в Москве голодом семья вначале переехала в Могилев, затем в Гомель и окончательно осела в Минске.

Л.А.Арцимович научился читать в 5 лет, по окончании школы пятнадцатилетним подростком поступил на физико-математическое отделение Белорусского государственного университета, который закончил в 1928 г. в возрасте 19 лет. Уже студентом он знакомится с современной физикой, изучает работы Г.А.Лоренца, А.Эйнштейна и других известных ученых той эпохи.

Свою научную деятельность Л.А.Арцимович начал в 1930 г. в Ленинградском физико-техническом институте. Первые два года работы он посвятил оптике рентгеновских лучей в лаборатории П.И.Лукирского. Но особенно интересным и полезным для него как ученого оказалось экспериментальное исследование отражения рентгеновских лучей от тонких слоев металлов под очень малыми углами. Именно здесь он прошел свой путь от лаборанта до крупного ученого. Тут сформировались его научное мировоззрение, стиль мышления и манера решения экспериментальных задач, методы работы и умение «самостоятельно производить теоретический анализ интересующих его вопросов» [4, с. 196]. И здесь же проявили себя присущие ему принципиальность в суждениях и

поступках, широта интересов, ораторский талант, тонкое чувство юмора и необыкновенное обаяние.

Вскоре его интересы сосредоточились на проблемах ядерной физики. В 1934–1935 гг. он вместе с И.В.Курчатовым экспериментально исследует поглощение медленных нейтронов в водородосодержащих веществах, а в 1936 г. совместно с А.И.Алихановым и А.И.Алиханьяном доказывает справедливость законов сохранения энергии и импульса при аннигиляции позитронов. В 1937 г. он защищает кандидатскую диссертацию на тему «Поглощение медленных нейтронов». Главной же темой исследований молодого экспериментатора стало изучение в 1935–1940 гг. взаимодействий быстрых электронов с веществом, позволившее сделать вывод о соответствии предсказаний квантовой механики полученным им опытным данным. Сделанные за эти годы работы Л.А.Арцимовича легли в основу его докторской диссертации «Тормозное излучение быстрых электронов», успешная защита которой состоялась в 1939 г. В том же году ему было присвоено звание профессора.

К этому времени Л.А.Арцимович окончательно сформировался как оригинальный и глубокий экспериментатор-исследователь. Он обладает удивительной способностью каждое явление проверять на соответствие фундаментальным законам физики, переключаться на радикально новые задачи, воспринимать новейшие экспериментальные методики и осмысливать теоретические основы той научной проблемы, которой он в данный момент должен заниматься.

В годы Великой Отечественной войны Л.А.Арцимович занимается исследованиями по электронной оптике, разрешающей силе эмиссионных электронно-оптических систем и электронно-оптическим усилителям. А в 1945 г. он совместно с И.Я.Померанчуком исследует роль магнитотор-

мозного излучения электронов в бетатроне. Получив к тому времени признание как крупный ученый, Л.А.Арцимович в 37 лет был избран членом-корреспондентом, а в 44 года — действительным членом АН СССР.

Годом раньше Л.А.Арцимович переходит в ЛИПАН (впоследствии Институт атомной энергии), где занимается электромагнитным разделением изотопов урана. С 1950 г. ученый возглавляет разработку фундаментальной научной проблемы — проблемы управляемых термоядерных реакций. Главная его роль заключается в организации и проведении экспериментальных исследований, решение теоретических задач для которых обеспечивала группа М.А.Леонтовича.

Тогда же И.Е.Таммом и А.Д.Сахаровым была предложена теория магнитного термоядерного реактора и выдвинута идея «Токамака» (торроидальная камера с магнитными катушками для получения и удержания высокотемпературной плазмы). Работа с «Токамаками» показала, что у этих реакторов есть целый ряд выгодных особенностей: геометрия магнитных полей в них достаточно проста, термоизоляция плазмы с ростом температуры усиливается, а уровень понимания протекающих в «Токамаках» физических процессов возрастает.

Первоначальная разработка и дальнейшее совершенствование «Токамаков» были выполнены коллективом ученых под руководством Л.А.Арцимовича, которые уже через два года наблюдали в газовом разряде нейтроны. Позднее эти ученые пришли к другим ценным в научном отношении результатам. При этом осваивались новейшие методики работы на «Токамаках», что позволило в 1968 г. зарегистрировать первые термоядерные нейтроны. Именно на этих установках впоследствии была получена устойчивая термоядерная реакция.

Страстно увлеченный проблемой получения управляемой термоядерной реакции, десятилетиями занимаясь ею и прекрасно осознавая всю сложность ее решения, Л.А.Арцимович все же однажды полушутя заметил, что физику плазмы, поскольку ее предметом служат созданные экспериментаторами объекты, не следует считать той физикой, которая исследует природные явления. Разумеется, это была всего лишь одна из многочисленных шуток знаменитого ученого.

Впоследствии ученый будет вспоминать о чрезвычайной сложности самого процесса укрощения плазмы: «Плазма — это крайне капризная субстан-

ция, которая очень хорошо живет, пока ее не ограничивают. Но если ограничить степени ее свободы, она всячески начинает сопротивляться внешнему вмешательству. Чем больше ограничивается движение частиц, тем больше стремление плазмы освободиться от удерживающих ее сил магнитного поля...» [1, с. 290].

Выдающийся ученый и организатор науки Л.А.Арцимович и далее продолжал активно и плодотворно заниматься физикой плазмы. Более того, ученый был ответственным за работы по термоядерной программе в Академии наук СССР, причем руководил исследованиями не только в самом Курчатовском институте, но и во всем Советском Союзе. Его учениками стали такие физики, впоследствии известные в этой области, как Е.П.Велихов, Р.З.Сагдеев, Б.В.Кадомцев и другие.

В 1956 г. И.В.Курчатов впервые познакомил зарубежных ученых в английском атомном центре в Харуэлле с проводимыми в СССР экспериментальными исследованиями и полученными результатами по управляемому термоядерному синтезу на примере работ группы исследователей, возглавляемой Л.А.Арцимовичем. С того момента имя этого ученого на слуху у его зарубежных коллег, его публикации привлекали особое внимание, его авторитет в физической науке стал непререкаем. Участие Л.А.Арцимовича в последующих международных конференциях по физике плазмы, его лекции в университетах Франции, США, Швейцарии, Великобритании, встречи с крупнейшими специалистами по этой важнейшей физико-технической проблеме принесли ему и его отечественным коллегам-термоядерщикам мировую известность и признание, положили начало совместным международным исследованиям и прежде всего на «Токамаках».

По воспоминаниям зарубежных ученых, знавших лично Л.А.Арцимовича, он «был великолепным физиком» (М.Штеенбек), «замечательным ученым и выдающимся гражданином своей страны... человеком чрезвычайно ясного ума и широкой эрудиции» (Г.Сиборг). «До сих пор, услышав слово «токамак» или приехав в Москву, я всегда вспоминаю неподражаемого, очаровательного Льва» (Х.Альвен).

В конце своего жизненного пути Л.А.Арцимович называл две технические и одну психологическую причины, «которые объясняют неослабевавшее стремление (физиков) решить эту проблему»:

1) овладение управляемым ядерным синтезом

означает использование практически неисчерпаемых запасов дейтерия из океанской воды;

2) при ядерном синтезе нет в больших количествах атомных отходов;

3) надежда на скорое покорение плазмы себя не оправдала и «физики просто не могли оставаться равнодушными к тому, что такая лакомая цель ускользает из-за нежелания природы подчиняться магической силе человеческого интеллекта» [4, с. 202–203].

Осознавая лучше других, что плазма — это удивительно капризный и сложный для укрощения физический объект, Л.А.Арцимович немало времени, сил и таланта тратил на формирование объективных представлений о термоядерном синтезе как у самих ученых-физиков, так и у остальных слоев советского общества. С докладами и разъяснениями по этой проблеме ученый выступал в самых разных аудиториях. Им была подготовлена литература, начиная с узкопрофессиональной (например, «Управляемые термоядерные реакции»), общефизической («Что каждый физик должен знать о плазме») и заканчивая популярной («Элементарная физика плазмы»). Публикует он и немалое число статей соответствующего содержания в научной, философской, учебной и периодической печати.

Просветительная деятельность Л.А.Арцимовича не пропала даром. И если сегодня практически каждый знает, что плазма — это ионизованный газ, а «Токамаки» — устройства для укрощения высокотемпературной плазмы, широко используемые в современных научных исследованиях, и что создание термоядерного реактора позволит человечеству избежать надвигающегося энергетического кризиса, — то все это заслуга Л.А.Арцимовича и его коллектива.

Значительное место в жизни Л.А.Арцимовича занимала деятельность в отечественной Академии наук. Избранный академиком-секретарем Отделения общей физики и астрономии, членом президиума АН СССР, он немало сил потратил на развитие не только физики плазмы, но и астрономии, астрофизики, космических исследований, голографии и других важных направлений. И по сей день актуальны, например, следующие его размышления о роли науки в жизни общества и государства:

«Современная физика — это своего рода двуликий Янус. С одной стороны — это наука с горящим взором, которая стремится проникнуть в глубь

великих законов материального мира. С другой стороны — это фундамент новой техники, мастерская смелых технических идей, опора обороны и движущая сила непрерывного индустриального прогресса» [4, с. 239].

«Фундаментальная физика — это физика элементарных частиц, астрофизика, но не термояд, которым я занимаюсь. Ведь в плазме все основано на уже известных и апробированных научных законах — только применяй их правильно и на доступные средства сооруди установку, проявляй понимание и выдумку» [4, с. 17].

«Наука находится на ладони государства и согревается теплом этой ладони. Конечно, это не благотворительность, а результат ясного понимания значения науки» [4, с. 245].

Как большинство выдающихся физиков, Л.А.Арцимович органично сочетал исследовательскую деятельность с преподаванием, которому он отдал более сорока лет. Ленинградский политехнический институт, Ленинградский университет, Московский инженерно-физический институт и, наконец, МГУ — таковы те учебные заведения страны, в которых будущие физики и инженеры получали знания и представления о плазме от одного из глубоких ее знатоков.

Находясь в самой гуще исследований термоядерного синтеза, научной жизни в физике и астрономии в целом, Л.А.Арцимович представал перед аудиторией авторитетным ученым, искусным и тонким толкователем экспериментальных фактов и теоретических положений, методов и подходов в решении повседневных задач физического познания, одним из выдающихся выразителей культуры научного мышления второй половины XX в. [5].

Многие высказывания воспитательного характера выдающегося ученого справедливы и сегодня. Это относится, в частности, к вопросу меры и искусства владения учителем учебным материалом. Его высказывания могут быть использованы в повседневной работе учителя, например такое: «Если ты не можешь объяснить в целом... хотя бы значимость того, чем ты занимаешься, первому встречному, то, значит, ты сам не представляешь свою проблему. Ты должен суметь найти наиболее доступный и привлекательный для любого собеседника способ возбудить его на должный уровень» [4, с. 12]. А вот его поучения самым юным: «Люби свое детство, но знай, что уже сейчас ты должна(ен) что-то очень сильно любить. Не обя-

зательно знать все, даже много знать не обязательно. Но что-то одно надо знать хорошо, очень хорошо. Всегда старайся выбрать любимое дело и знать его лучше других» [4, с. 163].

Выдающийся ученый всячески содействовал тому, чтобы наша молодежь имела возможность знакомиться с доброкачественными зарубежными пособиями по физике. В первую очередь он имел в виду учебную литературу и популярные пособия Р.Фейнмана, Л.Купера, Дж.Орира, Дж.Мэриона. В то же время он не без основания подчеркивал, что «популяризация — это, как правило, все-таки суррогат знания, лишь иллюзия прикосновения к науке» [4, с. 235].

В присущей ему серьезной и одновременно ироничной манере Л.А.Арцимович выражал свое мнение об ответственности ученого и его отношении к физической теории: «Экспериментатор должен относиться к теории, как к хорошенькой женщине: с благодарностью принимать то, что она ему дает, но не доверять ей безрассудно». И еще: «Запомните, экспериментатор, в отличие от теоретика, ошибается только один раз, а потом ему уже не верить» [4, с. 51].

Выдающийся ученый лучше других осознавал всю сложность на пути решения проблемы физики плазмы. Вместе с тем он прекрасно понимал нетерпеливое ожидание общества в получении нового источника энергии: «Термоядерная энергия будет получена тогда, когда она станет необходимой человечеству» [4, с. 96]. Спустя 30 лет после кончины Л.А.Арцимовича «Токамаки» стали прототипом первого международного экспериментального термоядерного реактора.

Лев Андреевич Арцимович прожил всего 64 года, из них 40 лет он отдал научной деятельности. Причем по современным меркам он опубликовал очень мало работ: чуть более полусотни. Но

какие это были работы! В своем подавляющем большинстве они вошли в классику трудов о современной физике плазмы. У Льва Андреевича остались и ученики, ставшие впоследствии выдающимися специалистами по проблеме термоядерного синтеза.

К концу жизни Л.А.Арцимович был увенчан всеми возможными званиями, наградами и премиями. Академик и член Президиума АН СССР, лауреат государственных и Ленинской премий, Герой Социалистического Труда, орденосец, член зарубежных академий и научных обществ, а главное — «законодатель мод» в области управляемого термоядерного синтеза в масштабах мирового сообщества.

Сохранились также те крупные преобразования в отечественной науке, которые Л.А.Арцимович внес в ходе своей академической деятельности, и, разумеется, «та нравственная атмосфера, которую он — по определению А.Б.Мигдала — вокруг себя создавал, тот высокий стандарт принципиальности, который он привил всем, кто его окружал» [4, с. 133]. А это дороже многих вещей.

Литература

1. Арцимович Л.А. Избранные труды. Атомная физика и физика плазмы. — М.: Наука, 1978.
2. Арцимович Л.А. Что каждый физик должен знать о плазме. — М.: Атомиздат, 1977.
3. Арцимович Л.А. Элементарная физика плазмы. — М.: Атомиздат, 1969.
4. Воспоминания об академике Л.А.Арцимовиче. — М.: Наука, 1988.
5. Щербаков Р.Н. Великие физики как педагоги: от научных исследований — к просвещению общества. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.

Р.Н.Щербаков

(Эстония, Таллинская гуманитарная гимназия)

ПРЕДЛОЖЕНИЯ И СОВЕТЫ

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЛОГЕНОВЫХ ЛАМП ДЛЯ ОСВЕТИТЕЛЯ ТЕНЕВОГО ПРОЕКЦИРОВАНИЯ. Названный прибор (в обиходе называемый ОТП) широко используется учителями физики при проведении демонстрационных опытов по оптике. Этот прибор надежен в работе и безопасен. За

счет перемещения лампы внутри корпуса он позволяет изменять световой поток. Недостаток прибора состоит в том, что используемая в нем лампа на 6 В дает мало света, в связи с чем появилось желание заменить ее на более мощную. Выбор был сделан в пользу галогеновых ламп (в

последние годы в обиходе появляется все больше светильников именно с галогеновыми лампами, и в магазинах есть такие лампы). Их габаритные размеры сравнимы с размерами обычных ламп (галогеновые лампы даже меньше при большей светоотдаче). К тому же продаются лампы с отражателем, что значительно увеличивает световой поток.

Для применения в осветителе теневого проецирования выбор был сделан в пользу лампы на 12 В мощностью 35 Вт с отражателем. Поскольку при этом не хотелось терять возможности использовать обычную штатную лампу с патроном и трубкой, пришлось найти способы крепления патрона для галогеновой лампы к трубке нужного диаметра.

Способ 1. Надо согнуть в виде буквы «Г» узкую пластинку из алюминия и при помощи двух винтов М3 соединить ее с трубкой, а на торце такими же винтами укрепить патрон.

Способ 2. Взять тонкую алюминиевую трубку. Отпилить от нее на конце боковины длиной или высотой 15 мм, оставив на противоположных краях две полоски такой же высоты и ширины, которая должна быть чуть меньше ширины пазов на корпусе патрона. Остается загнуть эти полоски в пазы — и соединение обеспечено.

Способ 3. У некоторых торшеров или люстр имеются трубки, к которым крепится патрон при помощи гайки. Если согнуть полоску из алюминия в виде буквы «П», просверлить отверстие в одной стенке по диаметру трубки, то двумя гайками эту пластину можно зажать на конце трубки. На другой половине этой пластины укрепим патрон.

Поскольку внутри ОТП находятся две пластины (для уменьшения нагрева корпуса), которые помешают лампе, придется ими пожертвовать —

срубить легонькие заклепки. При этом нагрев не увеличивается.

Для питания лампы понадобится источник тока с напряжением до 12 В (выпрямитель В24 или В4-12). Это позволит изменять напряжение на лампе и, соответственно, световой поток.

Модернизированный таким способом осветитель дает возможность проводить опыты по оптике на более высоком уровне, более эффективно. В частности, в одном из опытов при изучении фотоэффекта с помощью фотоэлемента сила тока при освещении штатной лампой соответствовала 1–2 делениям шкалы гальванометра М1032. При использовании галогеновой лампы сила тока соответствовала 4–5 делениям шкалы.

Кроме того, новая лампа позволяет опытным путем проиллюстрировать первый закон фотоэффекта, показать, что сила фототока прямо пропорциональна освещенности. Для этого, используя выпрямитель В4-12, изменяли напряжение от 6 до 12 В и записывали соответствующие значения силы тока. Поскольку яркость лампы определяется напряжением, то можно считать, что и освещенность фотоэлемента пропорциональна напряжению (разумеется, эта связь не является строгой). Для увеличения освещенности можно дополнительно к имеющейся в осветителе теневого проецирования линзе добавить вторую, например от объектива ФОС-67, вставив ее в паз, находящийся у ОТП спереди. (Чтобы не забыть о том, что лампа заменена, следует около наконечников проводов питания прикрепить небольшой транспарант «12 В». Это напомнит о замене.)

В.М.КОНОНОВ

(Ярославский государственный университет им. К.Д.Ушинского)



ПОВЫШЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ КУРСА ФИЗИКИ

Г.Г.Никифоров
(Москва, ИСМО РАО)

Теория и практика — это философские, методологические категории, которые находятся в сложной диалектической взаимосвязи друг с другом. Проекцией этих философских положений на содержание и методы обучения естественно-научным предметам является дидактический принцип, суть которого заключается в формировании у школьников активного практического отношения к науке (для которой теория — высшая форма организации знания) и научно обоснованного отношения к практике.

Для учебного предмета «Физика» реализация этого принципа имеет решающее значение. Этим обусловлено то, что в стандарт физического образования в России 2004 г. включен раздел «Метод научного познания», который ученики должны освоить в единстве теории и физического эксперимента.

Противоречие между двумя сторонами любого диалектического процесса (в частности, теории и практики) — это источник развития (в данном случае — методики физики), однако разрыв между ними — это конец развития. Учителям известен целый ряд точек разрыва между теорией и практикой, которые характерны для сложившейся в настоящее время системы преподавания. Выделим только те из них, которые связаны с проблемой расчетов и вычислений.

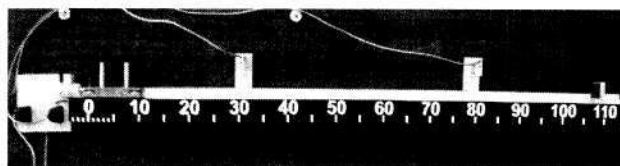
1. Демонстрационное оборудование, поступающее в школы в рамках приоритетного национального проекта «Образование», делает этот вид эксперимента количественным.

Для иллюстрации количественного характера современного демонстрационного эксперимента рассмотрим демонстрацию по измерению ускорения (рис. 1 а, б).

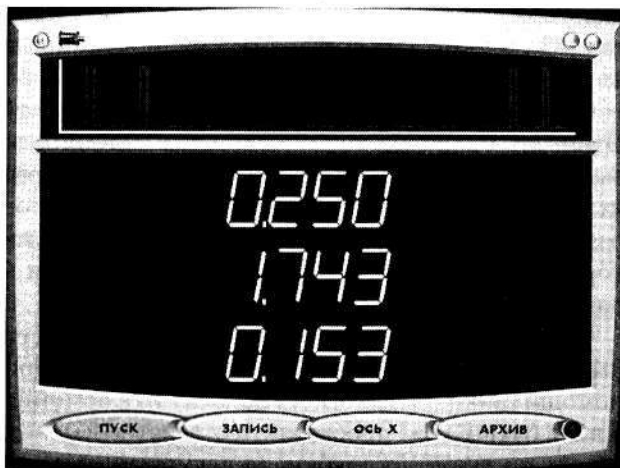
Для нахождения ускорения при равноускоренном движении необходимо измерить скорости движения v_1 и v_2 в моменты времени t_1 и t_2 . Ускорение движения равно $a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$.

Описанную процедуру можно реализовать с помощью компьютерной измерительной системы,

позволяющей измерить в одном опыте и скорости v_1 и v_2 , и промежуток времени $(t_2 - t_1)$.



а)



б)

Рис. 1

По наклонной плоскости соскальзывает без трения каретка на магнитной подвеске. На каретке установлены два стержня, расстояние между которыми равно $\Delta l = 5$ см.

Пусть необходимо измерить скорости в точках $x_1 = 30$ см и $x_2 = 80$ см. В этих точках устанавливаются оптические датчики в форме ворот.

Стержни, установленные на каретке, дважды пересекают луч света: сначала проходя через первые ворота, затем — через вторые. Сигналы от датчиков поступают в компьютерный измерительный блок, а затем в компьютер.

Программа позволяет измерить время Δt_1 и Δt_2 , за которое каретка проходит соответственно первые и вторые ворота, а также интервал времени $(t_2 - t_1)$.

Информация об измерениях отображается на экране монитора в графической и численной формах. Первое число — это Δt_1 , второе — $(t_2 - t_1)$, последнее — Δt_2 .

Проведем расчеты:

$$v_1 = \frac{0,05 \text{ м}}{0,250 \text{ с}} = 0,200 \text{ м/с},$$

$$v_2 = \frac{0,05 \text{ м}}{0,153 \text{ с}} = 0,327 \text{ м/с},$$

$$a = \frac{(0,327 - 0,200) \text{ м/с}}{1,743 \text{ с}} = 0,073 \text{ м/с}^2.$$

2. Низкий уровень вычислительных умений школьников не позволяет эффективно использовать в учебном процессе количественный характер эмпирического базиса физических теорий.

Эмпирический базис физической теории — это фундаментальные эксперименты, лежащие в основе механики, молекулярной физики, электродинамики, квантовой физики и фундаментальные физические константы. Примеры фундаментальных опытов — измерение гравитационной постоянной, постоянной Авогадро, заряда электрона, скорости света, постоянной Планка и т.п.

Без анализа результатов таких опытов невозможно изучение теории. Числовые значения здесь — параметры установок — принципиально приближенные числа.

В качестве примера рассмотрим фундаментальный опыт по измерению скоростей молекул. Впервые такой эксперимент поставил в 1920 г. О.Штерн. В дальнейшем предложенная им методика «молекулярного пучка» использовалась различными учеными, создавшими более совершенные установки. Рассмотрим идею эксперимента, осуществленного И.Ламмертом в 1929 г.

Прибор (рис. 2а) состоит из толстостенного со-

суда 1, к которому присоединяется «молекулярная печка» 2 — сосуд, в нем испаряется ртуть (или какой-либо другой жидкий металл). Пары ртути проходят через систему диафрагм 3, в результате чего создается довольно узкий молекулярный пучок. Два диска 4 и 5 с узкими прорезями (рис. 2б) повернуты друг относительно друга на некоторый угол ϕ и приводятся во вращение мотором 6. Молекулярный пучок, пройдя через прорези обоих дисков, попадает в ловушку 7, охлаждаемую жидким азотом. Молекулы осаждаются на стеклянной мишени 8, образуя на ней видимый осадок. В установке с помощью насоса 9 поддерживается высокий вакуум для того, чтобы исключить столкновения молекул ртути с молекулами воздуха.

Очевидно, что при неподвижных дисках молекулярный пучок на мишень не попадет. Если же диски привести во вращение, то молекулы, обладающие определенной скоростью, смогут пройти через прорезь второго диска. Это произойдет в том случае, когда за время, в течение которого молекулы движутся между дисками, второй диск как раз успеет повернуться на угол ϕ так, что прорезь окажется на пути молекулярного пучка.

Если диск вращается с угловой скоростью $\omega = 2\pi \cdot n$ (где n — частота его вращения), то угол $\phi = \omega \cdot t = 2\pi \cdot n \cdot t$. Но $t = \frac{l}{v}$, где v — скорость молекул. Отсюда $\phi = 2\pi n \frac{l}{v}$, или $v = \frac{2\pi n l}{\phi}$.

Зная угол между прорезями, расстояние между дисками и частоту их вращения, можно вычислить скорость молекул.

Например, если $l = 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м}$; $\phi = 24^\circ = 24 \frac{\pi}{180}$ рад и $n = 3000 \text{ об/мин} = 50 \text{ об/с}$, то скорость молекул $v = \frac{2 \cdot 50 \cdot 0,4 \cdot 180}{24} = 300 \text{ (м/с)}$.

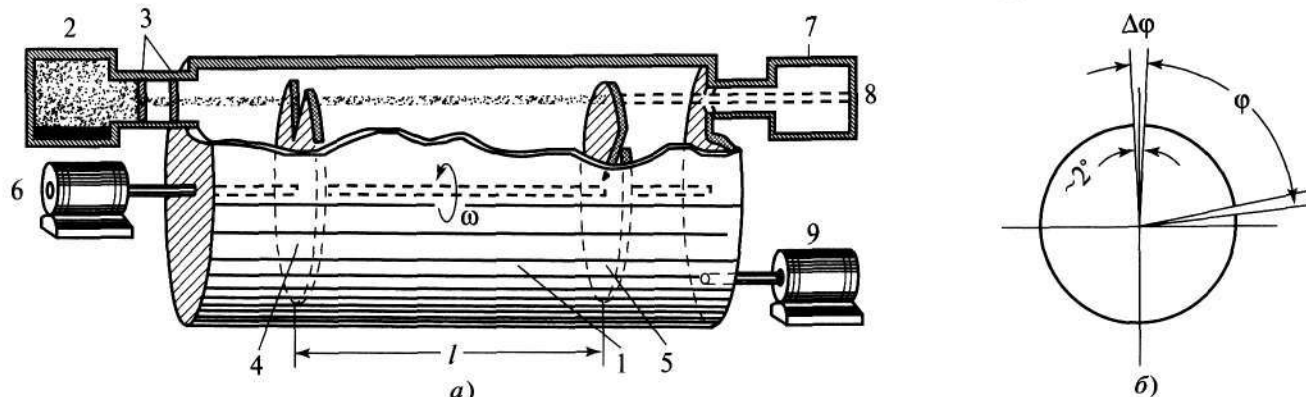


Рис. 2

Заметим, что вследствие конечной ширины прорезей скорость измеряется не точно, а с некоторой погрешностью. Действительно, пусть молекула летит через левый край прорези первого диска. Во второй прорези она может пройти как через левый, так и через правый край. Но в первом случае система повернется на угол φ , а во втором — на угол $\varphi_1 = \varphi + \Delta\varphi$. Соответственно, на мишень попадут как молекулы, которые движутся со скоростью v (они пройдут через левый край), так и молекулы, движущиеся с меньшей скоростью $v_1 = \frac{2\pi l}{\varphi_1}$ (они пройдут через правый край прорези). Погрешность при измерении скорости равна

$$\Delta v = v - v_1 = \frac{2\pi l}{\varphi} - \frac{2\pi l}{\varphi + \Delta\varphi} = \frac{2\pi l \Delta\varphi}{\varphi(\varphi + \Delta\varphi)} = \frac{v \Delta\varphi}{\varphi + \Delta\varphi}.$$

В конкретном примере, который мы рассмотрели выше, при $\Delta\varphi = 2^\circ$ имеем

$$\Delta v = \frac{300 \cdot 2}{26} = 23 \text{ (м/с)}.$$

Итак, в данном опыте мы можем лишь утверждать, что скорость молекул лежит в интервале между 277 и 300 м/с.

б) Физические константы отражают фундаментальные свойства мира. Они также принципиально приближенные числа. Округление их числовых значений до целых, потому что ученики не могут работать с числами (или плохо работают с ними) — это формирование искаженных представлений о мире.

3. Один из принципов обучения физике, критериев ее усвоения — задачецентризм. Наиболее полное использование этого принципа при обучении учащихся разработано Н.М.Павлушкой.

По общепринятой классификации задачи бывают: качественные, графические, задачи-оценки, задачи-модели. Такие «задачи» в большей мере можно отнести к специально сконструированным дидактическим материалам.

Задача — в физическом смысле — это конструкция, имеющая количественные данные и требующая количественный (числовой) ответ.

Нобелевские лауреаты Э.Ферми и П.Капица считали, что знать физику — это уметь решать задачи.

Умение решать задачи — это одно из условий успешной сдачи приемных экзаменов в российские вузы.

Две из трех частей работ ЕГЭ — это задачи.

Принципиально, что во всех перечисленных случаях имеются в виду *только* задачи с количе-

ственным ответом. В части В заданий ЕГЭ правильный ответ заложен в памяти компьютера, и только при полном совпадении результата ученика и образца ученику засчитывается балл.

Типичная задача части В

В электрическом поле, вектор напряженности которого направлен горизонтально и равен по модулю 1000 В/м, нить с подвешенным на ней маленьким заряженным шариком отклонилась на угол 40° от вертикали. Масса шарика 1,4 г. Чему равен заряд шарика? Ответ выразите в микрокулонах (мкКл) и округлите до целых.

$$\text{О т в е т: } q = \frac{mg \cdot \operatorname{tg} \alpha}{E} = \frac{1,4 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8 \cdot \operatorname{tg} 40^\circ}{10^3} \text{ Кл} = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} = 11,5 \text{ мкКл}.$$

На первом этапе ЕГЭ в заданиях третьей части еще были задачи, решаемые в общем виде, в настоящее время таких задач нет.

Типичная задача части С

Воздушный шар объемом 2500 м^3 с массой оболочки 400 кг имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. До какой минимальной температуры нужно нагреть воздух в шаре, чтобы шар взлетел вместе с грузом (корзиной и воздухоплавателем) массой 200 кг? Температура окружающего воздуха 7°C , его плотность $1,2 \text{ кг/м}^3$. Оболочку шара считать нерастяжимой.

Образец возможного решения

Шар поднимет груз при условии: $(M + m)g + m_{\text{ш}}g = \rho Vg$, где M и m — масса оболочки шара и масса груза, $m_{\text{ш}}$ — масса воздуха в шаре и $\rho V = m_a$ — масса такого же по объему воздуха вне шара. Сокращая уравнение на g , имеем: $M + m = m_a - m_{\text{ш}}$.

При нагревании воздуха в шаре его давление p и объем V не меняются. Следовательно, согласно уравнению Клапейрона–Менделеева,

$$\rho V = \frac{m_{\text{ш}} RT_{\text{ш}}}{\mu} = \frac{m_a RT_a}{\mu},$$

где μ — средняя молярная масса воздуха, $T_{\text{ш}}$ и T_a — его температуры внутри и вне шара. Отсюда:

$$m_{\text{ш}} = m_a \frac{T_a}{T_{\text{ш}}} = \rho V \frac{T_a}{T_{\text{ш}}},$$

где ρ — плотность окружающего воздуха;

$$m_a - m_{\text{ш}} = \rho V \left(1 - \frac{T_a}{T_{\text{ш}}}\right); \quad M + m = \rho V \left(1 - \frac{T_a}{T_{\text{ш}}}\right).$$

Следовательно,

$$\left(1 - \frac{T_a}{T_{\text{ш}}}\right) = \frac{M + m}{\rho V} = \frac{400 + 200}{1,2 \cdot 2500} = 0,2;$$

$$\frac{T_a}{T_{ш}} = 1 - 0,2 = 0,8; \quad T_{ш} = \frac{T_a}{0,8} = \frac{280}{0,8} = 350 \text{ (К)}.$$

О т в е т: $T_{ш} = 77^{\circ}\text{C}$.

Физическая задача — это конструкция с принципиально приближенными данными, так как таковы все:

- а) фундаментальные константы;
- б) материальные константы;
- в) параметры технических устройств.

Таким образом, доведение задачи до числового ответа — важнейший критерий умения по решению физических задач. Такое умение может быть сформировано только с использованием калькулятора.

4. Фронтальный эксперимент — это нормативно обязательная часть учебной деятельности, поскольку без нее невозможна реализация требований стандарта как по частным умениям, так и по освоению метода познания в целом.

В настоящее время осуществлен переход на тематические комплекты фронтального оборудования (рис. 3а, б).

Перечислим типы лабораторных работ: прямые и косвенные измерения физических величин (силы, массы, температуры, силы тока и напряжения, скорости, ускорения, энергии и импульса); проверка фундаментальных законов (II закона Ньютона, законов сохранения энергии и импульса); исследование эмпирических закономерностей (Архимеда, Гука, Ома); измерение материальных констант (показатель преломления, удельное сопротивление, жесткость и др.).

Всем понятно, что лабораторная работа — это вид деятельности, который имеет принципиально вычислительный характер. При выполнении лабораторных работ приходится, во-первых, работать с приближенными числами, а во-вторых, необходимо оценивать границы интервала достоверных значений измеряемой величины (абсолютной погрешности измерений), без которого результат измерения не имеет физического смысла.

Рассмотрим для примера проблему оценки случайных погрешностей при выполнении лабораторных работ.

Многолетние попытки решить эту проблему не увенчались успехом. Наличие статистического режима в научном калькуляторе снимает ее.

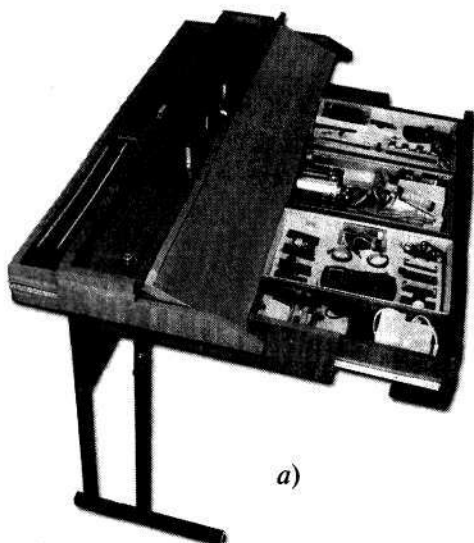
В качестве примера приведем статистические расчеты в лабораторной работе по измерению скорости тела, брошенного горизонтально.

Предположим, что в десяти опытах были получены следующие значения дальности полета L (в мм): 250, 245, 250, 262, 245, 248, 262, 260, 260, 248. Дальность полета тела измерялась линейкой с основной погрешностью $\Delta_1 = 1$ мм. Высота, с которой брошено тело, в опыте равнялась $H = 1$ м и измерялась мерной лентой с основной погрешностью $\Delta_1 = 1$ см и ценой деления $C_2 = 1$ см.

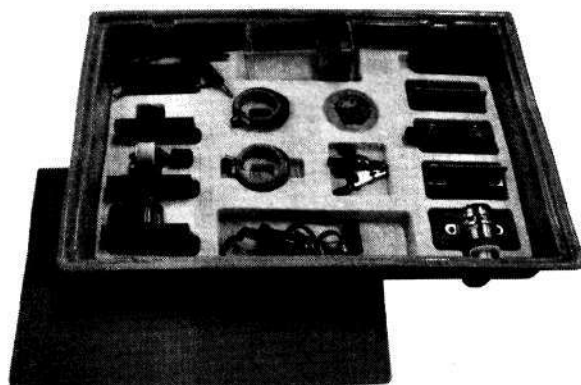
Для оценки скорости и случайной погрешности ее измерения воспользуемся режимом статистической обработки данных STAT научного калькулятора FX-82ES.

В открывшуюся таблицу вводятся исходные данные, то есть дальность полета.

Вычисляется среднее значение дальности полета.



а)



б)

Рис. 3

По аналогии рассчитывается величина средней квадратичной погрешности, которая обозначена на дисплее калькулятора $x\sigma n$.

5. В связи с большим объемом вычислений при самостоятельной экспериментальной деятельности учащихся, вычислений при решении задач и обработке результатов демонстрационных экспериментов в состав оборудования общего назначения кабинета физики необходимо включить комплект научных калькуляторов и его электронный эмулятор. Для использования в школах предназначен комплект сертифицированных калькуляторов FX-82ES. В комплект входят 16 научных калькуляторов, CD с эмулятором и методическое пособие по использованию калькуляторов в учебном процессе по физике, в котором рассмотрены все виды деятельности, о которых идет речь в данной статье.

6. Проверка экспериментальных умений выпускников основной (девятилетней) и старшей (одинадцатилетней) школы.

Внедрение проверки экспериментальных умений выпускников с использованием заданий с лабораторным оборудованием начинается в 2009 г.

Для выпускников основной школы он проходит в форме единого муниципального экзамена (ЕМЭ).

В задания ЕМЭ входит экспериментальное задание.

Для выпускников старшей профильной школы проверка умений проходит по технологии муниципальных диагностических центров. Для реализации этой технологии разработаны «ЕГЭ-лаборатории», в состав которых включены научные калькуляторы.

7. Какова технология работы учеников и учителя при выполнении расчетов? Учитель работает с эмулятором на интерактивной доске, а ученики работают с калькуляторами.

8. Графикам уделяется значительное внимание в требованиях к учащимся в общеобразовательном стандарте.

Как в процессе обучения физике, так и соответственно в Российском ЕГЭ встречаются графики двух типов.

Первый тип: графики — идеальные модели.

Это — математические графики (графики функций, идеально отражающих физический процесс, явление, закон). Только такие графики встречаются в курсе математики.

Второй тип: графики реальных процессов и графики, построенные по результатам эксперимента. Такие графики *не изучаются* в курсе математики.

Принципиально важно то, что современный демонстрационный эксперимент является не только количественным, но и графическим. Для примера на рисунке 4 представлены графики изменения температуры от времени освещения отражающей и поглощающей поверхностей, на рисунке 5б — графики колебаний, происходящих в транзисторном автогенераторе с обратной связью, схема которого представлена на рисунке 5а.

При работе с графиками обоих типов ученики испытывают значительные трудности. Эти трудности в значительной степени могут быть преодолены при использовании графического калькулятора. Наиболее подходящим, как показывает широкий эксперимент, проводимый фирмой Casio

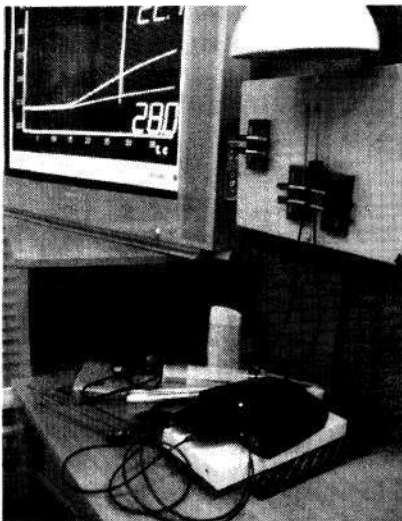
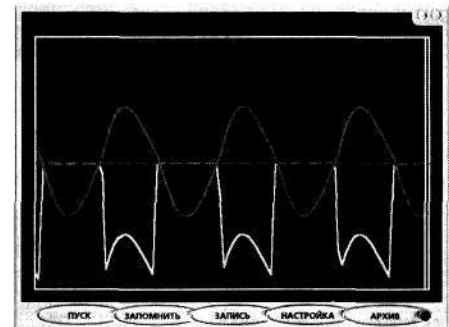
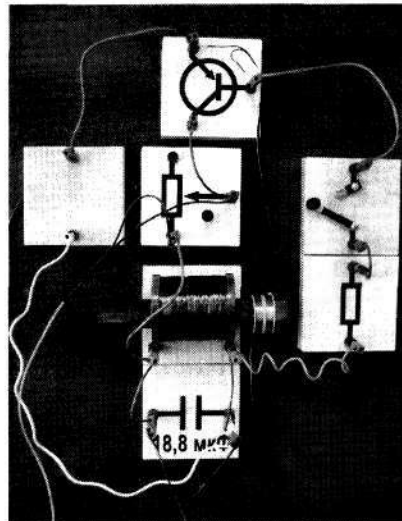


Рис. 4



б)

Рис. 5

в рамках образовательного проекта «Школьный калькулятор» во многих регионах России, является калькулятор FX-986G.

Для освоения графиков *первого* типа важны такие возможности графического калькулятора, как динамический режим, построение касательных, трассирование, изменение масштаба.

Только *графический калькулятор* при сегодняшнем содержании программ по физике в России позволяет сформировать у учащихся научные представления для построения графиков *второго* типа.



Рис. 6

В качестве примера рассмотрим изучение равноускоренного движения с использованием электромагнитного отметчика времени (рис. 6) (при-

бор используется не только в школах России, но широко применяется и в странах Европы), который с интервалом $t_0 = 0,02$ с оставляет метки на бумажной ленте с миллиметровой сеткой.

Пример. Используем данные на миллиметровой ленте (рис. 12), полученные с помощью отметчика времени. Они занесены в таблицу.

Введем экспериментальные данные в таблицу режима STAT. Так как мы знаем, что зависимость имеет параболический характер, зададим расчет параметров параболы. Ее параметры высвечиваются на дисплее калькулятора.

Уравнение движения имеет вид:

$$l = 1788 \cdot t^2 + 104 \cdot t - 1,2$$

(при округлении неверные цифры просто отбрасываются). Анализ уравнения показывает, что

$$\frac{a}{2} = 1788 \text{ мм/с}^2, \text{ т.е. } a = 3,6 \text{ м/с}^2.$$

Хотя тело начинает двигаться из состояния покоя, однако к моменту первого удара, очевидно, у бруска имеется начальная скорость $b = v_0 = 104 \text{ мм/с} = 0,1 \text{ м/с}$.

Графический калькулятор оказался измерительным прибором, позволившим оценить v_0 .

После этого в редакторе GRAPH строится этот график (парабола).

Если определить координаты точки минимума, то по графику видно, что эта точка практически находится в начале координат, т.е. коэффициентами b и c можно пренебречь.

Таким образом, зависимость координаты от времени имеет вид $l = 1,8t^2$, если начальной скоростью в момент первого удара отметчика $v_0 = 0,1 \text{ м/с}$ пренебречь.

Приведенные примеры показывают, что с использованием научного и графического калькуляторов можно в значительной степени повысить практическую направленность курса физики в той его части, которая связана с вычислениями и графиками.

Т а б л и ц а

№	0	1	2	3	4	5	6	7
l , мм	0	1,5	5	11	18	27	37	49
t , с	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14

№	8	9	10	11	12	13	14	15
l , мм	62	75	92	109	127	147	168	191
t , с	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30

УПРАВЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ УЧАЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ В ПРОФИЛЬНЫХ КЛАССАХ

Т.Н.Алехина

(г. Белгород,

Государственный университет)

Л.И.Силина

(г. Белгород, лицей-интернат № 25)

В Концепции Федеральной целевой программы развития образования на 2006–2010 гг. подчеркнута важность образования в решении вопросов социально-экономического развития России. В числе основных задач названы создание условий для повышения конкурентоспособности личности, формирование трудовых ресурсов, способных воспроизводить и развивать материальный и интеллектуальный потенциал страны, обеспечение социальной и профессиональной мобильности, формирование кадровой элиты общества, основанное на свободном развитии личности¹.

В связи с переходом российской школы на профильное образование, развитием различных форм и видов дополнительного образования особо актуальной становится для старшеклассников исследовательская деятельность. В соответствии с современной концепцией образования процесс обучения основывается на признании ученика субъектом собственного развития.

Исследовательская деятельность представляет собой познавательную деятельность, так как направлена на поиск информации с целью познания или преобразования действительности.

В ходе исследовательской деятельности полученная информация становится активной: она актуальна для личности; применяется для решения текущей задачи или системы задач; носит универсальный характер, т.е. применима в решении разных типов задач.

Так как исследовательская деятельность отличается высокой степенью самостоятельности, то управление исследовательской деятельностью следует понимать как создание дидактических условий, которые могут обеспечить учащемуся включение в эту деятельность на любом этапе обучения.

Дидактические условия можно рассматривать в технологическом и личностном аспектах.

В технологическом аспекте дидактические условия — это специальным образом подобранная си-

стема заданий, выбор организационных форм, обеспечивающих оптимальное включение учащегося в исследовательскую деятельность, эффективность организации управления формированием опыта исследовательской деятельности.

В личностном аспекте дидактические условия — это наличие потребностно-мотивационной сферы личности, создание эффективных эмоциональных стимулов, реализация в образовательном процессе «субъект-субъектных» отношений, создание ситуации успеха.

Цель данной статьи — рассмотреть примеры управления исследовательской деятельностью учащихся в процессе изучения физики в профильных классах.

Как известно, углубленное изучение физики осуществляется в следующих направлениях:

1) обогащение и уточнение понятийного аппарата, увеличение количества рассматриваемых законов и закономерностей, повышение системности излагаемого материала за счет анализа структуры, характера изучаемых научных теорий, взаимосвязей между их элементами;

2) раскрытие методологических, науковедческих знаний: рассмотрение научных методов, нерешенных в науке проблем, влияния научной парадигмы на развитие науки, ценностных аспектов научного знания;

3) включение в содержание учебного материала заданий, требующих исследовательской деятельности учащихся (постановки экспериментов, объяснения и прогнозирования явлений, выдвижения гипотез и их проверки, проведения учебных исследований, конструкторских работ и т.д.) и заданий, направленных на развитие общих и специальных умений учащихся.

Третье направление наиболее связано с задачей развития творческого мышления учеников профильных классов и формирования ценностного отношения к процессу познания, что обуславливает необходимость включения учащихся в исследовательскую деятельность.

Основными средствами развития исследова-

¹ Концепция Федеральной целевой программы развития образования на 2006–2010 г. // Электронный ресурс: режим доступа: <http://www.ed.gov.ru/min/pravo/276/>

тельской деятельности при изучении физики являются учебный эксперимент, решение задач, работа с текстово-графической информацией.

Управление исследовательской деятельностью учащихся посредством учебного эксперимента

В настоящее время сложилась определенная система учебного эксперимента. В эту систему входят: демонстрационный эксперимент учителя и самостоятельный эксперимент учащихся (фронтальные лабораторные работы, лабораторный практикум, внеурочные опыты и исследования учащихся).

Каждый компонент учебного эксперимента имеет сложную структуру. Кроме того, отдельные системообразующие элементы взаимно обуславливают и дополняют друг друга. Различные сочетания компонентов учебного эксперимента отвечают текущим целям управления деятельностью учащихся.

Покажем, как можно управлять исследовательской деятельностью учащихся при введении понятий посредством создания логично связанных между собой проблемных ситуаций, построенных на основе учебного эксперимента.

Отечественным методистом В.Г.Разумовским был сформулирован принцип цикличности познания (взаимосвязь исходных фактов, модели-гипотезы, теоретических следствий и эксперимента в естественно-научном творчестве). Этот принцип — результат анализа творчества многих ученых, работавших в естественно-научной области. Согласно этой закономерности в учебном процессе физическая теория и физический эксперимент должны быть органично связаны.

Рассмотрим модель управления исследовательской деятельностью учащихся при построении «цепочки познания», в основу которой положен эксперимент по электризации тел. В таком случае обучение реализуется по одной из представленных ниже схем.

Согласно схеме 1 демонстрационный эксперимент (ДЭ) служит источником гипотез после постановки проблемы, согласно схеме 2 — источником проблемной ситуации.

Понятие «электрический заряд» наряду с такими понятиями, как «поле», «материя», «время», относится к числу фундаментальных физических понятий. Данное понятие вводится на средней ступени обучения в школе, а затем идет его развитие. В содержание понятия «электрический заряд» входят следующие отличительные признаки:

Схема 1

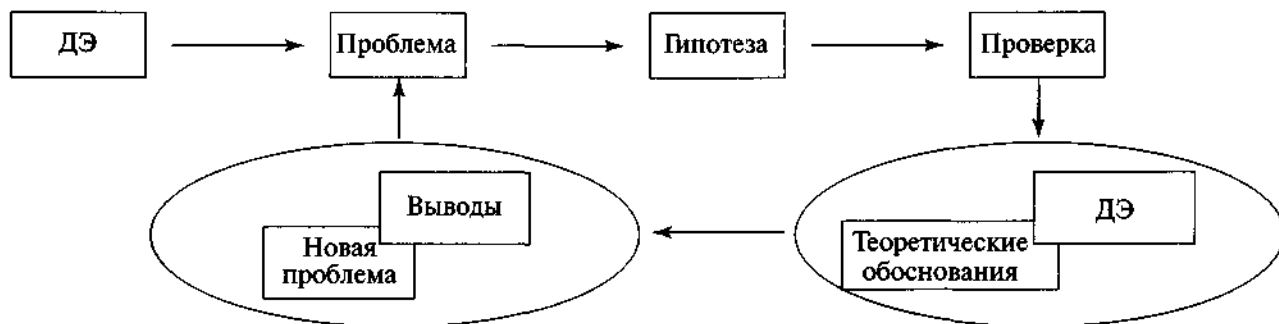
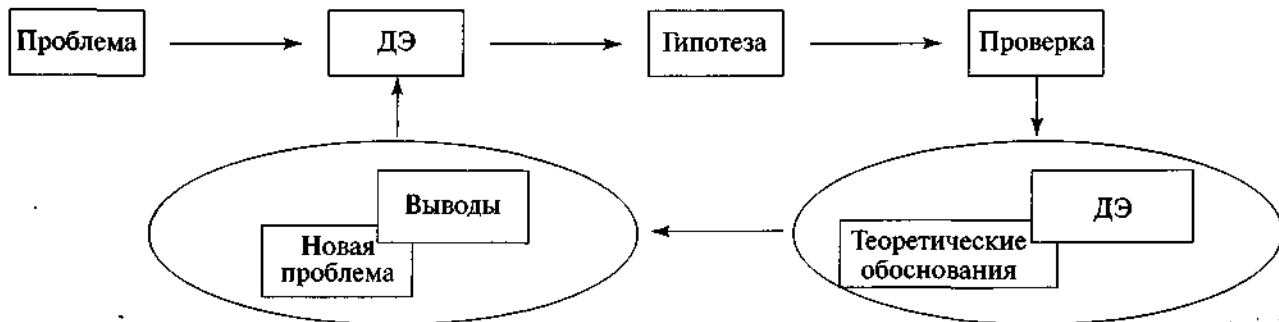


Схема 2



- 1) существование зарядов двух видов;
- 2) способность зарядов к взаимодействию;
- 3) инвариантность заряда относительно перехода от одной инерциальной системы отсчета к другой;
- 4) перенос заряда;
- 5) делимость заряда (дискретность);
- 6) аддитивность;
- 7) сохранение электрического заряда в замкнутой системе.

В этом случае можно подробно рассмотреть первый и второй признаки (существование зарядов двух видов, способность зарядов к взаимодействию).

Схема управления

Проблема.

Какими способами телу можно сообщить заряд?

Очевидно, первым способом школьники, не колеблясь, назовут известный им способ — электризацию трением.

ДЭ. После трения эбонитовой палочки о шерсть палочкой коснемся стержня электрометра. Отклонение стрелки электрометра покажет наличие заряда на стержне.

Возможные гипотезы:

1. При трении электризуется:
 - а) лишь одно тело; б) электризуются оба тела.
2. Электризация осуществляется:
 - а) только трением; б) существуют другие способы.

Проверка.

Проверка гипотезы 1. Резиновую нить держим за концы и натираем стержень электрометра с закрепленным на нем шаровым кондуктором. Отклонение стрелки электрометра покажет наличие заряда. Осторожно, не касаясь рукой шарового кондуктора, переносим нить в кондуктор другого точно такого же электрометра. Отклонение стрелки второго электрометра покажет наличие заряда и на нем.

Проверка гипотезы 2. Поднесем наэлектризованную эбонитовую палочку к электростатическому маятнику. Маятник отклонится от положения равновесия, что свидетельствует о наличии на нем заряда.

Нелишним будет постановка опыта с металлическим стержнем, укрепленным на острие так, чтобы он имел возможность свободно вращаться в горизонтальной плоскости. При поднесении к концу стержня наэлектризованной палочки наблюдаем вращение стержня вследствие притяжения к палочке.

Иллюстрацией других способов электризации полезно показать опыты по фото- и термоэлектронной эмиссии.

Теоретические обоснования.

При трении тел друг о друга происходит переход электронов с одного тела на другое, в результате чего тела приобретают заряды. При электризации через влияние происходит перераспределение зарядов в одном теле.

При электризации светом и нагреванием происходит вырывание электронов с поверхности проводников, в результате чего они приобретают заряд.

Выводы.

Электризация может осуществляться трением (касанием), через влияние (электростатическая индукция), в результате облучения и нагревания.

Согласно схеме 2 — опыты по электризации могут служить источником проблемной ситуации.

Схема управления

ДЭ. Выполняем опыт с резиновой нитью.

Проблема.

Какие заряды приобретут стержень электрометра и нить при трении?

Возможные гипотезы:

- 1) заряды будут одинаковы по величине и по знаку;
- 2) заряды будут одинаковы по величине, но различны по знаку;
- 3) заряды будут неодинаковыми по величине и произвольны по знаку.

Проверка.

К каждому из заряженных электрометров по очереди подносим положительно и отрицательно заряженные палочки. Анализируя результат опыта, делаем вывод, что заряды на электрометрах различны по знаку.

Повторив опыт, соединим электрометры разрядником. Стрелки на электрометрах примут вертикальное положение, что свидетельствует о взаимной нейтрализации зарядов.

Теоретические обоснования.

Электризация тел трением объясняется структурным строением тел.

Выводы.

При электризации трением оба тела заряжаются равными по величине и разными по знаку зарядами.

Одна из возможных новых проблем.

Существуют ли другие способы электризации тел помимо трения?

Данная методика дает возможность моделировать содержание учебного материала в соответствии с требованиями конкретного учебного процесса, а также способствует активному включению учащихся в исследовательскую деятельность.

Другим компонентом системы учебного эксперимента является ученический эксперимент.

Управляя исследовательской деятельностью учащихся, мы основываемся на следующем принципе — информационно-познавательный элемент учебного материала должен быть включен в учебную деятельность, обеспечивая максимальную самостоятельность учащихся.

В практике преподавания в профильных классах областного лицея-интерната № 25 г. Белгорода мы используем лекционные занятия с элементами беседы. В ходе лекционных занятий практикуем выполнение учащимися лабораторных работ непосредственно по ходу изложения нового учебного материала. Как правило, это качественные работы, которые не требуют математических расчетов, а лишь показывают явления природы или связь между ними.

Простота оборудования и техники исполнения обеспечивает положительный результат работы каждому учащемуся и позволяет быстро перейти от одного вида деятельности к другому, не нарушая динамики урока.

Элемент новизны, индивидуальная работа учащихся активизируют их интеллектуальную деятельность по получению и усвоению новых знаний. Особую ценность мы видим в том, что полученные знания не носят формального характера, а подтверждены эмпирически.

Исследовательская деятельность учащихся, как правило, следует по логической цепочке: наблюдение \Rightarrow выводы \Rightarrow перенос данных заключений на родственные объекты \Rightarrow поиск явлений, подтверждающих или отрицающих факты \Rightarrow основная гипотеза \Rightarrow проверка основной гипотезы \Rightarrow поиск явлений, подтверждающих или отрицающих эту гипотезу \Rightarrow идеализация объекта \Rightarrow математическое описание \Rightarrow теория.

Данная логическая цепочка сопоставима логике построения научной теории, так как включает в себя основные этапы научного познания — наблюдение событий, явлений, накопление и обобщение фактов.

Покажем, как можно организовать серию экспериментов по теме «Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение. Смачивание. Капиллярные

явления». Изучение данной темы предусматривает достаточно широкий спектр учебного эксперимента.

Приведем пример организации учебного занятия по данной теме с позиции управления исследовательской деятельностью учащихся. Каждый этап получения и закрепления информации учащимися проходит с опорой на эксперимент.

Схема построения модели этапа урока может быть такой:

1. Демонстрационные эксперименты «Поверхностные явления», «Поверхностный слой жидкости» знакомят учащихся с поверхностными явлениями.

2. Фронтальный эксперимент по наблюдению сил поверхностного натяжения. В этом эксперименте учащиеся устанавливают наличие сил поверхностного натяжения.

3. Введение физических понятий и математическое описание явлений.

4. Фронтальный эксперимент «Изменение поверхностного натяжения жидкости», на основе которого учащиеся устанавливают факторы, от которых зависит поверхностное натяжение жидкости.

5. Фронтальный эксперимент «Смачивание. Несмачивание» — учащиеся наблюдают факты смачивания и несмачивания жидкостью поверхностей различных твердых тел.

6. Введение физических понятий и математическое описание явлений.

7. Демонстрационный эксперимент «Капиллярные явления», на основе которого вводится понятие капилляра.

8. Фронтальный эксперимент «Подъем жидкости в капилляре». Учащиеся устанавливают факт зависимости высоты подъема жидкости в капилляре от его радиуса.

9. Математическое описание явления.

Таким образом, на уроке (в профильных классах уроки по спецпредметам двухчасовые) учащиеся получили блок информации по теме «Свойства жидкостей». Информационная насыщенность этого блока достаточно велика, но разнообразие видов деятельности облегчает переход от одного информационно-познавательного элемента к другому.

В качестве внеурочных исследований мы предлагаем учащимся провести опыты по смачиванию и несмачиванию, используя при этом различные вещества; найти интересную информацию о свойствах жидкостей.

Завершающим этапом в серии учебного эксперимента является фронтальная лабораторная работа «Измерение коэффициента поверхностного натяжения жидкости». Данную работу можно провести, используя различные методы измерения коэффициента поверхностного натяжения. В этом случае класс делится на группы. Каждая группа в ходе работы определяет поверхностное натяжение своим методом.

После проведенных измерений и расчетов полезно будет сравнить и проанализировать результаты, полученные каждой группой.

В данной статье мы рассмотрели возможности управления исследовательской деятельностью учащихся средствами учебного эксперимента.

ОБ ОПЫТЕ ОРГАНИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ

В.П.Наливайко

(Москва,

НОУ «Новое образование»)

Происходящие в общественной жизни изменения требуют развития новых способов образования, ориентированных на индивидуальное развитие личности, развитие навыков самостоятельного движения в информационных полях, формирования у учащихся универсального умения ставить и решать задачи в своей будущей профессиональной деятельности. Акцент переносится на формирование способности самостоятельно мыслить, добывать и применять знания, тщательно обдумывать принимаемые решения и четко планировать действия, эффективно сотрудничать в группах, разнообразных по составу и профилю, быть открытыми для новых контактов и культурных связей. Это требует широкого внедрения в образовательный процесс альтернативных форм и способов ведения образовательной деятельности [1].

Одной из таких форм является исследовательская работа учащихся, самостоятельно выполняемая под научным руководством квалифицированного в соответствующей области знаний специалиста. Проектно-исследовательская деятельность школьников призвана способствовать приобретению учащимися навыка познания мира с помощью исследования — непременно, как мы считаем, качества каждого культурного человека. Ис-

Литература

1. *Нестеренко Ф.П.* Решение задач по физике: Пособие для учителей. — Киев: Рад. школа, 1984.
2. *Павленко Ю.Г.* Начала физики. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988.
3. *Разумовский В.Г.* Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике: Пособие для учителей. — М.: Просвещение, 1975.
4. Управление образовательными системами: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / Т.И.Шамова, Т.М.Давыденко, Г.Н.Шибанова. Под. ред. Т.И.Шаповой. — М.: Изд. центр «Академия», 2002.
5. Физика. Решение задач повышенной сложности/ В.Н.Наумчик. — Мн.: «Мисанта», 2003.
6. *Хорошавин С.А.* Физический эксперимент в средней школе. — М.: Просвещение, 1988.

следовательская деятельность учащихся выступает как инструмент развития его мотивационной сферы, что является важнейшим регулятором качества образования. Применение информационных технологий поднимает эту работу на качественно новый уровень. А представление работы в форме мультимедийной презентации позволяет сделать доступными и привлекательными результаты исследований.

Мы хотим познакомить вас с нашим опытом на примере исследовательских работ учащихся, выполненных в лаборатории физики школы «Новое образование». Исследования проводились в рамках программы дополнительного образования учащихся Дома научно-технического творчества молодежи Московского городского Дворца детского (юношеского) творчества «Физика и биофизика в природе», разработанной научным руководителем этих работ — автором данной статьи. Кратко суть большинства из этих работ можно оценить так: решение биологических задач физическими методами. К ним можно отнести работы по экспериментальному моделированию поляризаационных и цветовых особенностей зрения пчел, а также по экспериментальному исследованию фотолюминесценции бактерий, развивающихся на скорлупе

яиц и играющих важную роль в гнездовом паразитизме птиц. Моделировать возможность наблюдения миражей на лабораторном столе или открытый выброс нефти при бурении скважины, моделировать явление изменения архимедовой силы в результате выброса метана в районе Бермудского треугольника, вообще «моделировать возможности» — это важно, полезно и интересно. И все это моделируется учениками в школьной лаборатории.

Главная цель, которую мы ставим при организации исследовательской деятельности: развитие и творческое совершенствование учащихся, создание основ творческого индивидуализированного образования и мотивационной среды независимо от уровня достижений учащихся.

Можно ли взглянуть на мир «глазами пчелы»? В чем секрет мореходного искусства викингов? Разрешимы ли «загадки» Бермудского треугольника? Какова физическая подноготная явления миража, можно ли «пощупать его руками»? А как измерить диаметр эритроцитов? Можно ли звуком воздействовать на тонкую струю жидкости? Как смоделировать выброс нефти из скважины в лабораторных условиях? Каков «физический механизм» гнездового паразитизма птиц? Вот неполный перечень проблем, которыми увлечены юные исследователи.

Некоторые из перечисленных вопросов на первый взгляд представляются банальными, ответы на другие — хорошо известными. Тем не менее поиски ответов «переросли» в проектно-исследовательские работы учащихся. Полученные в них результаты являются оригинальными. Авторы работ стали победителями ряда международных, всероссийских и московских городских научно-технических конференций и конкурсов.

Подробно с некоторыми исследованиями и их презентациями в формате *.mppt можно познакомиться в электронном журнале «Вопросы Интернетобразования» [2], в опубликованных работах учащихся [3–8], на сайте школы «Новое образование», доступны для просмотра и фильмы-презентации исследовательских работ [9].

Перечислим основные особенности организации и проведения исследовательских работ.

Междисциплинарная тематика

Тематика работ, выполненных в лаборатории физики НОУ «Новое образование», выходит за рамки программы курса физики средней школы и

лежит на стыке физики и биологии, включает геофизику, физику атмосферы, биологическую и медицинскую физику. Это, с одной стороны, позволяет показать ребятам широту и многообразие мира через одно какое-то явление и в то же время способствует осознанию нашей планеты как единого организма, в котором все процессы тесно взаимосвязаны.

Междисциплинарный характер исследований позволил ученикам успешно выступать с докладами в секциях «Физика и астрономия», «Зоология», «Науки о земле и космосе», «Науки об окружающей среде».

Исследовательский характер работ

В процессе работы учащиеся приобретают навыки исследователей:

- умение формулировать предмет, цель и задачи исследования, выдвигать гипотезу;
- находить и анализировать информацию о том, что известно об исследуемом явлении;
- обосновывать выбор методики исследования;
- проводить многочисленные опыты и эксперименты;
- анализировать результаты экспериментов;
- формулировать выводы;
- находить возможное практическое применение полученных результатов, подразумевая под этим, главным образом, расширение возможностей дальнейших исследований в познании мира.

Участие в конференциях позволило ученикам на своем опыте и на примере других участников ознакомиться с особенностями представления научной работы в таких формах, как стенд и устный доклад; встретиться с сотрудниками ведущих научных центров, преподавателями вузов, поучаствовать в работе жюри школьников.

Возможно условное разделение работ на три группы.

Научно-исследовательские — работы учащихся, связанные с решением творческой задачи с заранее *неизвестным решением* и предполагающие наличие *всех* перечисленных выше основных этапов, характерных для исследования в научной сфере. На первый взгляд работы такого плана трудно ожидать от школьников, и тем не менее, как показывает наш опыт, именно междисциплинарный характер исследований наилучшим образом отвечает возможностям организации научных исследований старшеклассников. Подчеркнем, что все

исследования, о которых речь пойдет ниже, выполнены в школьной лаборатории физики и *не являются частью научной работы* какого-либо научного коллектива, что получило широкое распространение в последнее время.

Учебно-исследовательские — работы, написанные на основе выполнения эксперимента, описанного в науке и имеющего известный результат. Предполагают наличие *большинства* из перечисленных выше основных этапов, характерных для исследования в научной сфере, и *самостоятельную трактовку* особенностей результата в зависимости от изменения исходных условий. Главным смыслом исследования в сфере образования есть то, что оно является учебным. Это означает, что его главной целью является развитие личности, а не получение объективно нового результата, как в «большой» науке. Если в науке главной целью является получение новых знаний, то в образовании цель исследовательской деятельности — в приобретении учащимся функционального навыка исследования как универсального способа освоения действительности, развития способности к исследовательскому типу мышления, активизации личностной позиции учащегося в образовательном процессе на основе приобретения *субъективно новых знаний* (т.е. самостоятельно получаемых знаний, являющихся новыми и личностно значимыми для конкретного учащегося). Работы именно такого характера мы считаем приоритетными для большинства учащихся старших классов.

Реферативно-исследовательские — работы, написанные на основе нескольких литературных источников, предполагают наличие *многих* из перечисленных выше основных этапов, характерных для исследования в научной сфере, и *обязательно включают* сопоставление данных разных источников и на основе этого *собственную трактовку* поставленной проблемы. Работы такого плана фактически являются первым этапом научно- и учебно-исследовательских работ.

Применение компьютерных технологий на различных этапах работы

Отметим те современные информационные технологии, которые осваивали ребята в процессе работы над исследовательским проектом и далее при создании презентаций:

- поиск информации в Интернете;
- консультации ученых, экспертов конференций и конкурсов по электронной почте;

- работа с компьютерными программами: Microsoft Word, Microsoft Power Point, Adobe Photoshop, Adobe Premier;
- работа с цифровым фотоаппаратом и цифровой видеокамерой.

По всем работам учащимися были подготовлены презентации в формате *.mppt. По восьми работам подготовлены видеofilмы-презентации [9]. В подготовке сценария, проведении опытов и экспериментов, съемках фильмов, монтаже звукового и видеоряда принимали непосредственное участие ученики школы «Новое образование» — авторы исследовательских работ. Все опыты и эксперименты проведены в физической лаборатории школы. Подготовка фильмов — в школьной видеостудии (руководитель — В.В.Маргевич).

Создание

новых дидактических материалов

В настоящее время общедоступны десятки электронных изданий, предназначенных для изучения того или иного предмета самостоятельно либо для использования на уроке в школе. Созданный в DVD-формате сборник учебных видеofilмов по физике и биофизике представляет собой принципиально новое учебное пособие, и именно потому, что видеofilмы являются презентациями исследовательских работ. Каждый видеofilm можно рассматривать как независимый законченный видеорассказ о различных явлениях природы. В фильмах демонстрируются многочисленные опыты и эксперименты, часть которых выходит далеко за рамки программы курса физики и биологии средней школы.

Фильмы знакомят с характером и направленностью работ учащихся, отвечающих требованиям конференций всероссийского уровня. На конкретном примере показывают структуру проектно-исследовательской работы. По каждому фильму можно судить о том, что и на каком уровне освоили ученики в процессе работы над проектом.

Учебные видеofilмы способствуют распространению результативных современных приемов и методов использования информационных технологий в повседневной педагогической практике. Для многих опытов и демонстраций по физике необходимо оборудование, которое зачастую отсутствует в школе, ряд опытов требует длительной подготовки либо время проведения опыта слишком велико. При изучении новой темы, для лучшего усвоения материала, учитель может демонст-

рировать во время урока видеофрагменты опытов. При демонстрации видеоматериалов в формате DVD сохраняется гибкость работы с информацией (допускаются остановка показа, повтор, поиск нужного фрагмента). Возможность создания файлов в формате *.jpeg, увеличение деталей изображения позволяют учителю сделать акцент на конкретных явлениях, подробно обсудить любой опыт, конструкцию экспериментальной установки и т.п.; дает возможность создания новых дидактических материалов, например тематические демонстрации в программе *.prpt. В этом альтернативы компьютеру просто нет.

Сборник наших учебных видеофильмов может помочь учителю повысить мотивацию учеников к творческим исследованиям, занятия сделать более интересными, а изучаемый предмет — любимым.

МОДЕЛИ ЗАНЯТИЙ

На основе результатов ряда исследовательских работ учащихся подготовлены модели занятий, которые могут проводиться в группах дополнительного образования, в физических кружках либо на уроках в старших классах физико-математических школ по междисциплинарным темам. Приведем схему¹ проведения ряда занятий на тему, идея которой возникла на основе исследовательских работ учащихся, лауреатов Всероссийского конкурса научных работ школьников Юниор Intel ISEF, 2003, 2007 и 2008 гг. и Всероссийских юношеских чтений им. В.И.Вернадского, 2004 и 2005 гг.

Тема исследования:

«Пространственная ориентация по рассеянному солнечному свету»

Необходимое оборудование и материалы: источник белого естественного света, два поляризатора на штативе, белый экран, аквариум с водой, немного молока.

Дополнительное оборудование (желательно): лазер, кристалл исландского шпата, кристалл турмалина, источник ультрафиолетового излучения, дифракционная решетка, сменные светофильтры, защитные очки со светофильтрами видимого диапазона, цифровой фотоаппарат.

Занятие 1. «Навигация викингов»

Вводная информация

Цель: экспериментально смоделировать возможность

викингов ориентироваться по Солнцу в отсутствие его прямой видимости.

Гипотеза: рассеянный атмосферой свет поляризован. Викинги, благодаря приобретенному опыту, с помощью кристалла способны фиксировать эту поляризацию и увязывать направление плоскости поляризации с направлением на Солнце в отсутствие его прямой видимости.

Задачи:

1. Познакомиться с волновой оптикой света, явлением поляризации света, действием поляризатора².
2. Познакомиться с явлением двойного лучепреломления, дихроизмом кристаллов и уяснить физический принцип действия поляроида.
3. Определить характер поляризации рассеянного атмосферой солнечного света, найти связь между направлением на источник света и ориентацией плоскости поляризации.
4. Смоделировать «действия викингов» при определении направления на Солнце в отсутствие его прямой видимости.
5. Определить влияние облачности на поляризацию рассеянного света.

Выводы занятия 1.

Занятие 2. «Ориентация пчел в пространстве посредством зрительной системы»

Вводная информация

Цель: экспериментально смоделировать возможность ориентации пчел по Солнцу в отсутствие его прямой видимости.

Гипотеза: благодаря дихроичному зрению пчелы способны фиксировать поляризацию рассеянного атмосферой света и увязывать направление плоскости поляризации с направлением на Солнце в отсутствие его прямой видимости.

Задачи:

1. Познакомиться со строением фасеточных глаз насекомых, дихроизмом зрения пчел.
2. Смоделировать «действия пчелы» при определении направления на Солнце в отсутствие его прямой видимости.
3. Определить возможность пчел ориентироваться по рассеянному свету в условиях сплошной облачности.

Выводы занятия 2.

Занятие 3. «Особенности цветового зрения пчел»

Вводная информация

Гипотеза (1): солнечные лучи ультрафиолетового

¹ Более подробно о содержании этих работ и об их авторах можно узнать в журнале «Физика для школьников» № 1, 2009.

² Открывая физика. Компьютерный курс, ФИЗИКОН, 2004.

диапазона слабо (?) рассеиваются облаками и, проходя сквозь них, фиксируются пчелами, указывая им прямое направление на Солнце.

Гипотеза (2): УФ-лучи интенсивно рассеиваются облаками, поляризуются (?) в процессе рассеяния, а пчелы способны «распознавать» поляризованный свет и увязывать направление поляризации с направлением на Солнце.

Цель: выяснить, дает ли «ультрафиолетовое зрение» пчелам возможность ориентироваться по Солнцу в условиях сплошной облачности.

Задачи:

1. Сопоставить спектральный состав падающего на поверхность Земли солнечного излучения с диапазоном зрения пчел.

2. Тестирование цифрового фотоаппарата в области ближнего ультрафиолета.

3. Выяснить проникающую способность лучей УФ-диапазона.

4. Экспериментально исследовать поляризацию рассеянного излучения УФ-диапазона.

Выводы занятия 3.

Выводы по теме исследования

В представленной модели занятий устанавливается взаимосвязь таких, на первый взгляд, казалось бы, далеких проблем, как навигация викингов и пространственная ориентация пчел. Приведенное теоретическое обоснование этой задачи, конечно, выходит за рамки курса физики и биологии средней школы. Тем не менее, используя вполне доступное для большинства школ оборудование, учителю вместе с учениками удастся на занятиях пройти весь исследовательский путь решения интересной задачи.

Структура занятий предполагает наличие всех перечисленных выше основных этапов, характерных для исследования в научной сфере. Количество необходимых часов определяется педагогом исходя из уровня подготовки учащихся. Приведенные ссылки на литературные источники и в Интернете помогут педагогу в подготовке этих занятий.

Литература

1. *Леонтович А.В.* Исследовательская деятельность учащихся, 2006.

2. *Наливайко В.П.* http://vio.fio.ru/vio_28/cd_site/Articles/art_1_20.htm.

3. *Пахлеваян А.А.* Пространственная ориентация пчел посредством зрительной сенсорной системы // В сб. XI Конкурса им. В.И.Вернадского. — М., 2004.

4. *Сошнев С.* Пузырьковая теория тайны Бермудского треугольника // В сб. XI Конкурса им. В.И.Вернадского. — М., 2004.

5. *Пахлеваян А.А.* Некоторые особенности цветового зрения пчел // Исследовательская работа школьников, 2005. — № 4.

6. *Фролова С.* Визуализация пространственно-временных флуктуаций плотности в оптически прозрачных средах // В сб. XII Конкурса им. В.И.Вернадского. — М., 2005.

7. *Пахлеваян А.А.* Фотолюминесценция бактерий как возможный механизм опознавания порядка откладки яиц птицами // В сб. Всероссийской конференции «Актуальные вопросы экологии и природопользования». — М.: РУДН, 2006.

8. *Малоштанов М.* Акустическая гидродинамика тонкой струи жидкости // В сб. XIII Конкурса им. В.И.Вернадского. — М., 2006.

9. <http://www.eliteschool.ru/>

ЭКСПЕРИМЕНТ В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ

(элективный курс для предпрофильной подготовки)

В.В.Кравец

(г. Сочи,

средняя школа № 25)

Пояснительная записка

Программа элективного курса «Эксперимент в естественных науках» составлена на основе примерной учебной программы курса по выбору для обеспечения образовательного процесса в рамках предпрофильной подготовки учащихся IX классов.

Главное отличие учебного материала курса от традиционных состоит в подборе ключевых, базовых

понятий и методик, используемых во всех естественных науках, в изучении явлений природы, доступных для реальных учебных исследований с минимальными затратами учебного времени и материальных ресурсов.

В процессе изучения данного курса учащиеся вводятся в учебно-исследовательскую среду, адекватно имитирующую реальную познавательную деятельность в области физики. Учебный процесс,

таким образом, стимулирует глубокое освоение предмета, обеспечивает развитие умений планировать и осуществлять конкретные исследования, проводить поиск и отбор необходимой информации, анализировать факты и прогнозировать результаты своих действий.

Следует отметить ориентацию курса на формирование универсальных способностей и развитие ключевых компетенций в области образования. Изучение элективного курса «Эксперимент в естественных науках» предполагает успешную самореализацию школьников в учебной деятельности и дает возможность их обоснованной профильной, а впоследствии — и профессиональной ориентации.

Отработка и закрепление основных умений осуществляется при выполнении практических заданий. Формирование важнейших умений происходит на фоне развития умственной деятельности, так как школьники учатся анализировать, замечать существенное, подмечать общее и делать обобщения, переносить известные приемы в нестандартные ситуации, находить пути их решения. В преподавании курса уделяется внимание развитию речи: учащимся предлагается объяснять свои действия, вслух высказывать свою точку зрения, ссылаться на известные правила, факты, выдвигать гипотезы, предлагать способы постановки эксперимента, задавать вопросы, публично выступать с сообщениями о развитии науки и техники, представлять для защиты результаты собственной экспериментальной деятельности.

Курс «Эксперимент в естественных науках», входит в образовательную область «Естественнонаучное» и сопровождает учебный предмет «Физика», расширяя его базовый курс. Программа рассчитана на 17 часов предпрофильной подготовки учащихся IX классов основной средней школы.

Курс «Эксперимент в естественных науках» ориентирован как на физико-математический профиль обучения, так и на любой профиль естественно-научной направленности.

Цели и задачи курса

образовательные:

- формирование умения самостоятельно приобретать, осмысливать и применять знания в области естественных наук;
- формирование и развитие интеллектуальных и практических умений учащихся в области эксперимента, позволяющего исследовать явления природы;

- создание условий для развития творческих способностей, умения работать в группе, вести дискуссию, отстаивать свою точку зрения, прогнозировать и анализировать результаты эксперимента;
 - развитие интереса к предметам естественно-научного цикла через расширение представлений о возможностях экспериментальной науки;
- основные:*
- обеспечение учащихся необходимой лабораторно-информационной базой для получения опыта коллективного решения учебно-исследовательских задач;
 - обучение поисковой деятельности в Интернете и локальных сетях;
 - формирование логически целостной системы теоретических и практических знаний в области естественных наук.

Формы контроля достижений учащихся

Работа в рамках курса оценивается комплексно. Во-первых, по форме и содержанию представленных письменных отчетов и вербальной деятельности (доклады, объяснения, участие в дискуссии и др.). Во-вторых, по результатам мониторинга личностного роста ученика в ходе обучения. В-третьих, по результатам самооценки ученика и взаимооценки учащихся при коллективно-распределенной деятельности.

В качестве итоговой формы контроля предлагается выполнение учащимися своего исследования либо создание проекта и последующее выступление учащихся на научно-практической конференции школьников.

Содержание

Наблюдение физических явлений. Наблюдение — путь к познанию законов природы. План проведения наблюдений.

Описание результатов наблюдений. Способы описания наблюдений. Выбор оптимального способа описания наблюдений. Наблюдение явления электромагнитной индукции.

Гипотеза. Роль гипотезы в процессе познания. Примеры гипотез из истории физики, химии. Обучение выдвижению гипотез на примере явления электромагнитной индукции.

Графическое представление результатов измерений. Теоретическая и экспериментальная кривые.

Погрешности измерений. Погрешности: грубые, случайные, систематические. Абсолютная и относительная погрешности. Запись результатов с учетом погрешности.

Проверочный эксперимент. Роль проверочного эксперимента в процессе познания. Планирование проверочного эксперимента.

«Наиболее красивые» физические эксперименты. Эксперимент Эратосфена по определению радиуса Земли. Эксперимент Галилея с шарами, катящимися по наклонной доске. Опыты Галилея с падающими телами. Маятник Фуко. Эксперимент Генри Кавендиша по определению гравитационной постоянной. Опыты Милликена по определению заряда электрона. Дисперсия света на призме. Дифракция света на щелях. Дифракция электронов на щелях. Эксперимент Резерфорда по рассеянию α -частиц.

Лабораторные работы

и самостоятельные исследования

1. Исследование свойств постоянных магнитов.
2. Исследование зависимости средней скорости движения тела по наклонной плоскости от угла ее наклона.

3. Измерение температуры жидкости в различных тепловых процессах.
4. Измерение скорости равномерного движения тела по окружности.
5. Измерение плотности неизвестной жидкости прямым и косвенным путем.
6. Определение высоты школьного здания кинематическим методом.
7. Исследование спектров магнитных полей токов.
8. Изучение закона отражения света и его применение для определения угла видения.

Примечание. *Лабораторные работы* выполняются по предложенному учителем алгоритму, *самостоятельные исследования* выполняются по плану, составленному учащимися самостоятельно.

Возможные темы исследовательских работ

1. Исследование физических свойств древесины.
2. Исследование физических свойств металлов.
3. Исследование электропроводности металлов.
4. Исследование эффективности использования гальванических элементов различных фирм-производителей.

Тематическое планирование

№	Тема	Количество часов		Форма	Теоретический материал ¹	Образовательный продукт
		Теории	Практики			
1	Наблюдение физических явлений	1		Лекция		Составить план наблюдения кипения воды
2	Описание результатов наблюдений	1		Лекция		Описать результаты наблюдения кипения воды
3	Наблюдение явления электромагнитной индукции	0,5	0,5	Семинар	§ 25 (Ф-9)	Описать результаты наблюдения электромагнитной индукции
4	Лабораторная работа № 1 «Исследование свойств постоянных магнитов»		1	Практическая работа	§ 21 (Ф-9)	Письменный отчет
5	Гипотеза	1		Лекция		Конспект. База данных об Интернет-ресурсах по теме
6	Лабораторная работа № 2 «Исследование зависимости средней скорости движения тела по наклонной плоскости от угла ее наклона»		1	Практическая работа	§ 3 (Ф-8)	Письменный отчет
7	Графическое представление результатов измерений	1		Лекция		Компьютерный вариант графического представления результатов измерений (таблица, график, гистограмма, диаграмма и др.)

8	Лабораторная работа № 3 «Измерение температуры жидкости в различных тепловых процессах»		1	Практическая работа	§ 4 (Ф-7), § 34 (Ф-8)	Письменный отчет
9	Погрешности измерений	0,5	0,5	Лекция, практическая работа		Конспект
10	Лабораторная работа № 4 «Измерение скорости равномерного движения тела по окружности»		1	Практическая работа	§ 5, 6 (Ф-8)	Письменный отчет
11	Проверочный эксперимент	1		Лекция		Конспект. База данных об Интернет-ресурсах по теме
12	Лабораторная работа № 5 «Измерение плотности неизвестной жидкости прямым и косвенным путем»		1	Практическая работа	§ 9 (Ф-7)	Письменный отчет
13	Самостоятельное исследование № 1 «Определение высоты школьного здания кинематическим методом»		1	Практическая работа	§ 4 (Ф-8), §44 (Ф-9)	Письменный отчет
14	Самостоятельное исследование № 2 «Исследование спектров магнитных полей токов»		1	Практическая работа	§ 22, 23 (Ф-9)	Письменный отчет
15	Самостоятельное исследование № 3 «Изучение закона отражения света и его применение для определения угла видения»		1	Практическая работа	§ 31, 32 (Ф-9)	Письменный отчет
16	Защита и обсуждение результатов самостоятельных исследований		1	Дискуссия		Конспект
17	«Наиболее красивые» физические эксперименты		1	Семинар		Конспект. База данных об Интернет-ресурсах по теме
		6	11			
ВСЕГО ЧАСОВ:		17				

¹ Приведены ссылки на учебники Громова С.В., Родиной Н.А. Физика 7–9 класс. — М.: Просвещение, 2004.

Литература для учителя

1. Бруднова А. Учебно-исследовательская работа школьников//Воспитание школьников, 1996. — № 3.
2. Васильев В. Проектно-исследовательская технология: развитие мотивации// Народное образование, 2000. — № 9.
3. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы / Под ред. А.А.Покровского. — М.: Просвещение, 1972.
4. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. Физика, 10 класс. — М.: Просвещение, 2003.
5. Практикум по физике в средней школе/ Под ред. Бурова В.А., Дика Ю.И. — М.: Просвещение, 1999.

6. Яворский Б.М., Селезнев Ю.А. Справочное руководство по физике. — М.: Наука, 1975.

Литература для учащихся

1. Энциклопедический словарь юного физика. — М.: Педагогика, 1984.
2. <http://vip.km.ru/vschool/> — «Виртуальная школа Кирилла и Мефодия».
3. УМК «Живая физика».
4. Обучающая компьютерная программа «Open Physics 1.1».
5. <http://fizika.ru/> — конспекты уроков физики для ученика.

СКАЗКА ПРО ГОРЯЧИЙ ЧАЙ, ИЛИ КАК НАЛАДИТЬ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ РАБОТУ В ШКОЛЕ

Л.Е.Осипенко

(Минский государственный областной институт
повышения квалификации и переподготовки кадров)

А.И.Слободянюк

(Белорусский государственный университет)

А.В.Лавриненко

(Датский технический университет)

Введение

В Беларуси все более популярной становится такая форма работы со школьниками, как решение исследовательских задач. К исследовательским мы отнесем задачи, последовательное решение которых включает обязательную работу с литературой, построение собственных моделей, проведение экспериментальных измерений или наблюдений, а также объяснение (или хотя бы попытку объяснения) исследуемого «феномена». Перечисленные действия базируются на знаниях, полученных в классе, однако намного превосходят школьный компонент в творческом аспекте и поэтому в своей совокупности могут называться исследованием.

Комплекс мероприятий, в рамках которых идет внедрение этой формы работы в Беларуси, включает научно-практические конференции школьников, турниры юных физиков от школьного уровня до международного, летнюю научно-исследовательскую школу учащихся, педагогов и ученых «Бригантина».

В процессе управления исследовательской работой школьников большая нагрузка приходится на учителя, поскольку именно он оказывается научным руководителем проекта. Естественная сложность этой роли заключается в том, что учителя этому никто не учил. И во многих случаях, работая в небольших городах, поселках, не говоря уже о деревнях, ему просто не с кем проконсультироваться по возникающим вопросам.

Эта публикация призвана привлечь внимание учителей, испытывающих подобного рода трудности, но имеющих желание включиться со своими ребятами в работу, на внутренние резервы собственного образования, на свои творческие способности, не востребованные до сих пор системой школьного образования. Мы не приведем перечень обязательных готовых рецептов, применимых при решении исследовательских задач, поскольку любая жесткая схема уничтожает такой компонент, как творчество. Мы лишь попытаемся на примере одного исследования показать, как про-

двигались и ребята (а речь пойдет о восьмиклассниках сельской школы), и их педагог по очень извилистому пути поиска приемлемого ответа на, казалось бы, весьма обыденные вопросы.

Построение статьи следующее. В первой части описывается, как возникла задача, какие вопросы пришлось решать группе творчески настроенных лиц, как продвигалось исследование. Во второй части приведен доклад школьников, т.е. надлежащим образом оформленный результат исследовательской работы. Третья часть посвящена краткому комментарию к приведенному докладу. В заключение мы вернемся к основным выводам и рекомендациям, которые могут быть уместны при организации исследовательской работы школьников.

Столь разный материал потребовал нестандартной формы изложения. Поэтому нам показалось уместным использовать эпически-повествовательный стиль в первой части работы, и мы просим прощения у той части читательской аудитории, кому это покажется несоответствующим стилю научно-методической литературы.

Часть I. Задача глазами учителя

Я слышу и забываю,
Я вижу и забываю,
Я делаю и постигаю.
Китайская мудрость

Как и многие другие интересные вещи, эта задача родилась весьма спонтанно. Некто М, торопясь на работу и впопыхах выпивая утреннюю чашку горячего чая, естественно, обжегся. Жена г-на М выслушала немало горячих слов о том, что, будучи физиком, она не может найти оптимальный способ чаепития. Но кроме г-на М, у г-жи N была еще и школа, в которой учились нормальные дети и которых до того злополучного утра процесс чаепития, с точки зрения физики, никак не беспокоил. Г-жа N, будучи человеком неравнодушным, решила поделиться мучившими ее мыслями о физической сущности чаепития со своими

учениками. Ответ на вопрос: «Из какой кружки пить безопаснее — фарфоровой или железной», — был найден учащимися без особых затруднений. Также не вызвал затруднений вопрос о том, как с помощью алюминиевой ложечки избежать растрескивания стакана. А вот какой чай остынет быстрее — цейлонский или грузинский, с сахаром или без — такого рода вопросы поставили в тупик не только детей, но и саму г-жу N.

Будучи от природы человеком достаточно самолюбивым она, засучив рукава, села за книги в поисках ответа на вопрос. Процесс этот был довольно долгим, поскольку ни один автор из достаточно большого перечня просмотренных книг по термодинамике и молекулярной физике не считал необходимым дать ответы даже на смежные вопросы. Однако сработало правило: кто ищет, тот всегда найдет. Подсказка была найдена совсем неожиданно в книге [1], в которой для описания процесса остывания кофе использовалось дифференциальное уравнение теплоотдачи Ньютона в виде:

$$\frac{dT}{dt} = -r(T - T_s), \quad (1)$$

где T — температура тела (жидкости), t — время остывания, T_s — температура окружающей среды, r — коэффициент «остывания».

Он и заключал в себе, по сути дела, ответ на поставленный вопрос. Чем больше коэффициент «остывания», тем быстрее остывает некоторое тело или жидкость. Однако найти численное значение этого коэффициента для граненого стакана в литературе не удалось. Более того, оказалось, что этот коэффициент зависит от множества факторов: материала остывающего тела, его размеров и формы, свойств окружающей среды. Во многих случаях он еще и зависит от температуры. Таким образом, осталась единственная возможность — определить этот параметр экспериментально. Для этого необходимо снять зависимости $T(t)$ для различных видов чая, стаканов, внешних условий...

Для одного человека такое задание весьма трудоемкое, особенно если поставить перед собой задачу описать процесс чаепития как можно полнее. Но ведь этой проблемой не обязательно заниматься в одиночку. Кроме того, появилась прекрасная возможность привлечь учеников VIII класса к исследовательской работе.

Публичная постановка задачи в классе вызвала небывалый подъем детского творчества. На вопрос: «От чего может зависеть быстрота остывания?» — посыпались многочисленные ответы: от

количества чая, его сорта, от количества сахара, от того, в какой чашке, от того, закрыта чашка или нет, от того, какая погода и т.д. Чтобы сразу не погасить исследовательский пыл учеников и направить бурный поток их безумных идей в нужное русло, г-жа N предложила им внимательно провести наблюдения над процессом остывания чая. Причем каждый получил свое задание в соответствии с выдвинутыми предложениями: одному поручили проверить, что быстрее остывает, полный стакан или наполненный наполовину; второму — сладкий или без сахара; третьему — в фарфоровой чашке или в стеклянном стакане... Чай стали пить все и по-всякому: с сахаром и без, с вареньем, с медом и т.п., заварки также были всевозможными (цейлонский, майский, грузинский и даже калмыцкий). При наблюдениях степень остывания определялась «на глаз» с помощью пальцев, губ, языка.

Оказалось, что большинство учеников не знают, как вести наблюдение, из каких шагов оно состоит. Они считают, что «наблюдать» — это только «смотреть». Поэтому мы сочли необходимым дать соответствующие эвристические предписания, которые составлены так, чтобы подсказывать лишь, что нужно сделать (но не как), наметать направления движения вперед, проблемы для размышлений или действий [2].

Учусь наблюдать

- Уточни объект наблюдения: что будешь наблюдать?
- Поставь цель наблюдения: что хочешь узнать?
- Разработай план проведения наблюдения: как я буду действовать?
- Наблюдение проводи несколько раз.
- Опиши наблюдаемые процессы: что и как происходило?
- Сделай анализ увиденного: какие факторы влияют на явление?
- Сравни полученные данные с тем, что ты знал раньше.
- Сформулируй и запиши основные выводы.

Как и следовало ожидать, этот первый этап совместных исследований не привел к решению поставленной задачи, поскольку качественные результаты наблюдений в одних случаях были очевидны и известны заранее (малая порция остывает быстрее, чем большая; в блюде остывает быстрее, чем в чашке, в холодильнике быстрее, чем на

печке...), либо не позволил сделать обоснованных выводов (зависимость остывания от сорта чая; от количества сахара или варенья — в этом случае на температурные ощущения сильно накладывались вкусовые).

Поэтому далее решили перейти к количественным измерениям. После недолгого обсуждения было принято предложение измерять зависимость температуры чая от времени. Получив термометры, школьники продолжили чаепитие.

Первые результаты измерений, представленные в графической форме, имели следующий вид (рис. 1). Разумно объяснить такую зависимость температуры чая от времени затруднительно, поэтому учителю пришлось убедить учеников в том, что все наблюдаемые «виляния» графика связаны с неточностью измерений (как времени, так и температуры); изменением внешних условий (открыли окно — появился сквозняк). Но даже при таких результатах измерений графическая зависимость должна быть представлена в усредненном виде. Так, данные, по которым построен график 1, могут быть «усреднены» с помощью прямой, которая делит «облако» экспериментальных точек на две примерно равные части (рис. 2).

- Выбирайте для исследования тот вид зависимости, который наиболее просто и надежно описан теоретически.
- Стремитесь провести измерения в максимальном диапазоне варьируемых параметров — полностью используйте возможности вашей экспериментальной установки. Помните, увеличение диапазона изменения варьируемых величин приводит к уменьшению погрешностей рассчитываемых параметров.
- Число измерений должно быть достаточно для построения зависимости, даже для построения линейной зависимости необходимо получить 8–10 экспериментальных точек. Чем больше погрешность отдельного измерения, тем больше экспериментальных точек должно быть получено.
- Если ваша зависимость имеет какие-либо особенности (максимумы, минимумы, перегибы, точки разрыва и т.д.), в районе этих особенностей «густота» экспериментальных точек должна быть больше.

Проведенные измерения были признаны **предварительными**, но не бесполезными. Во-первых,

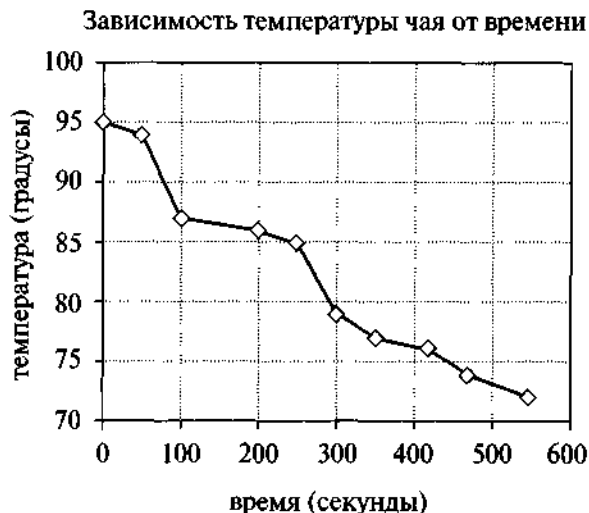


Рис. 1

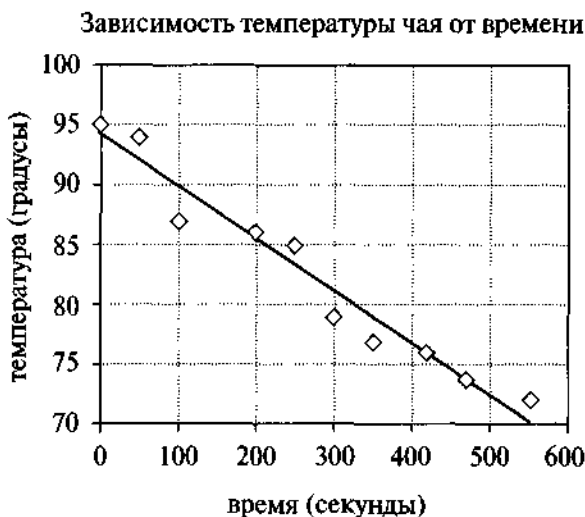


Рис. 2

они показали, что возможно экспериментальное, количественное измерение характеристик явления. Во-вторых, школьники получили представление о характере научных измерений. При этом мы сочли необходимым привести учащимся основные правила планирования и реализации экспериментального исследования функциональных зависимостей.

Схема дальнейших измерений была максимально упрощена, чтобы не нужно было изменять и контролировать большое число параметров и по возможности уменьшить число «штатив-эффектов». В процессе исследования варьировался лишь один из параметров (либо концентрация заварки или сахара, либо сорт заварки и пр.). Когда число

экспериментальных зависимостей выросло до сотни (ведь каждый эксперимент проводился, как минимум, дважды, а то и трижды, чтобы повысить его надежность), тогда остро встал вопрос об анализе и систематизации полученных данных.

Для осмысления полученных результатов оказалось необходимым построить некоторую теоретическую модель изучаемого явления. При этом столкнулись с тем, что у учащихся восьмых классов оказалось недостаточно знаний, поскольку они еще не «проходили» уравнений теплопроводности, законов теплопередачи и даже понятие теплоемкости им еще не было знакомо. В ходе семинара, посвященного вопросам теоретического описания, простейшая математическая модель была построена на основании простых логических рассуждений:

— изменение температуры чая зависит от времени остывания;

— если взять одинаковые промежутки времени, то горячий чай остынет на большее число градусов, чем теплый, поэтому изменение температуры чая зависит от того, насколько температура чая превышает температуру окружающей среды.

Не отягощенные знанием сложнейших уравнений тепло- и массопереноса, ученики в ходе обсуждения выдвинули разумную гипотезу: изменение температуры чая пропорционально промежутку времени и разности температур чая и окружающего воздуха, или на скупом математическом языке

$$\Delta T = -r(T - T_s)\Delta t. \quad (2)$$

Учителям из курса теплофизики известно, что это — уравнение теплоотдачи Ньютона. Поэтому госпожа N предложила те же обозначения (объяснив их смысл) и убедила учеников, что оно справедливо для малых промежутков времени. Действительно, при остывании чая его температура изменяется, поэтому скорость остывания уменьшается. Если же взять небольшой промежуток времени, то изменение скорости остывания будет малым.

Такое простое и универсальное соотношение между температурой и ее изменением вызвало недоумение у некоторых учеников: где же в этом уравнении сорт чая, количество сахара в нем, цвет чашки и материал, из которого она изготовлена? Ответ найден был быстро: все эти факторы влияют на коэффициент r в уравнении (2), который поэтому был назван коэффициентом остывания.

Аналитическое решение этого неоднородного

дифференциального уравнения (даже при постоянном коэффициенте остывания) выражается через экспоненциальную функцию, объяснить которую ученикам восьмого класса госпожа N не решилась. Но, поскольку любой уважающий себя учитель физики должен владеть минимальным объемом знаний по информатике, она предложила ученикам просто подсчитать значения температур в ходе остывания с помощью калькулятора. Это предложение сначала вызвало недоумение — как это можно сделать? И тут г-жа N предложила учащимся метод расчета с использованием результатов измерений, показанных на рис. 1. В начальный момент температура чая превышала температуру воздуха (которая равнялась 20°C) в комнате на 756°C , за шесть минут она понизилась на 20°C , или на $\frac{20^\circ}{75^\circ} \cdot 100\% \approx 27\%$, поэтому за одну

минуту она понижалась в среднем на $\frac{27\%}{6} \approx 4\%$.

Теперь обозначим $x_0 = T_0 - T_s$ — разность между температурой чая и температурой воздуха в начальный момент времени. За одну минуту эта разность уменьшится на 4% и станет равной $x_1 = x_0 \cdot (1 - 0,04) = 75^\circ \cdot 0,96 = 72^\circ$, следовательно, температура чая через минуту будет равна $T_1 = T_s + x_1 = 92^\circ$. За следующую минуту разность температур опять уменьшится на 4% и станет равной $x_2 = x_1 \cdot (1 - 0,04) = 72^\circ \cdot 0,96 = 69^\circ$, поэтому температура чая через две минуты будет равна $T_2 = T_s + x_2 = 89^\circ$, и так можно продолжать расчет и дальше. Ученики настолько увлеклись этими расчетами, что просчитали изменение температуры не только за те шесть минут, которые представлены на графике, но и за гораздо больший промежуток времени.

Далее г-жа N предложила построить график рассчитанной зависимости и нанести на него экспериментальные значения (рис. 3). Сначала воспитанникам учеников не было предела: как близки результаты измерений к результатам расчетов! Но потом появились некоторые сомнения: «Рассчитанный график не является прямой линией, он изгибается. Почему же на рис. 2 вы нарисовали прямую?» Г-жа N тут же нарисовала прямую на графике 3, и все с удивлением обнаружили, что она на начальном этапе (именно за первые 6 минут) очень мало отличается от рассчитанной кривой. Это был успех — подобный предсказаниям Лаверье о неизвестной планете! Правда, остался вопрос о том, какой чай, зеленый или черный,

быстрее остывает. Зато экспериментальных данных накопилось много, все экспериментально полученные зависимости были обработаны: усреднены, построены графики, выделены начальные линейные участки, найдены коэффициенты остывания и... представлены в виде доклада на Республиканской научно-практической конференции школьников. Доклад был отмечен дипломом (жюри, конечно, сделало скидку на возраст докладчиков).

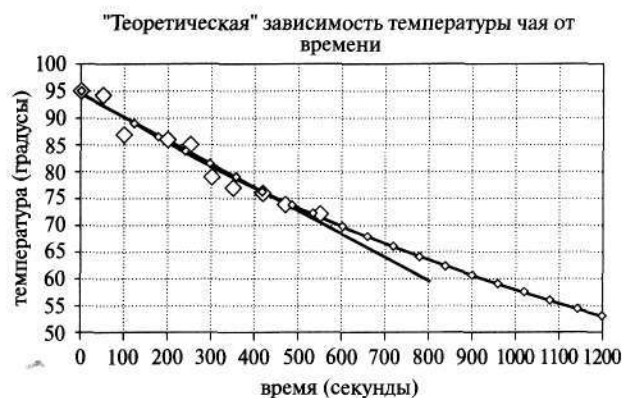
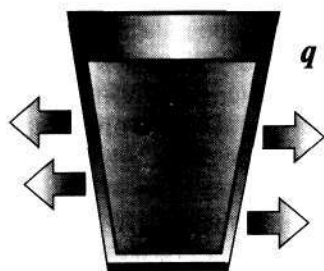


Рис. 3

Ребята получили приглашение в летнюю научно-исследовательскую школу. В ней работа над данным исследованием пошла совсем по-другому. К этому времени они уже изучили (а не «прошли»)



тему «Тепловые явления», познакомились с понятиями теплоты, теплоемкости, способами теплопередачи, привыкли к необходимости решения физических задач. Можно было приступить к

проведению систематических исследований проблемы остывания жидкости в сосуде. Прежде всего, были качественно проанализированы изначальные идеи и выдвинутые гипотезы, проведен их анализ с учетом уже проведенных исследований. В итоге обсуждения вырисовалась достаточно стройная картина.

Температура чая уменьшается потому, что теплота передается от нагретого чая к более холодному воздуху. В качестве числовой характеристики теплопередачи следует использовать понятие теплового потока q — количества теплоты, передающегося от стакана в окружающую среду в едини-

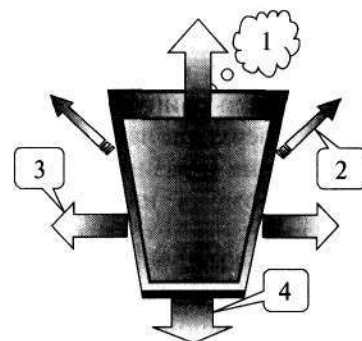
цу времени. Поэтому на основании уравнения теплового баланса можно записать уравнение для изменения температуры ΔT за время Δt

$$cm\Delta T = -q\Delta t, \quad (3)$$

где c — удельная теплоемкость воды в стакане, m — ее масса (простые оценки показали, что теплоемкостью самого стакана, а также сахара, находящегося в чае, можно пренебречь). Эта формула позволяет экспериментально определять тепловой поток $q = cm|\Delta T|/\Delta t$, для этого необходимо измерить время Δt , за которое жидкость остывает на заданное число градусов ΔT . Тем не менее было решено по-прежнему измерять зависимость температуры от времени, чтобы каждый раз убеждаться в применимости уравнения (3) и получать более надежные результаты путем «линейного усреднения» экспериментальных данных. Так для уже использованных данных (рис. 2) тепловой поток составляет $q = (4,2 \cdot 10^3 \cdot 0,20 \cdot 20)/(6 \cdot 60) \approx 47 \text{ Вт}$ (масса воды в стакане примерно 200 г) — мощность, сравнимая с мощностью электрической лампочки!

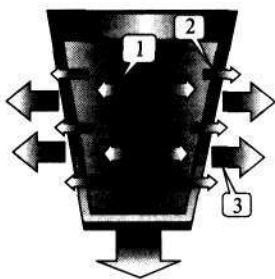
Далее были проанализированы механизмы теплопередачи:

- 1 — испарение;
- 2 — излучение;
- 3 — теплопередача через боковые стенки;
- 4 — теплопередача через дно стакана.



Испарение должно играть существенную роль в передаче теплоты, так как удельная теплота испарения воды очень велика. Здесь удачно выступил ученик, проводивший измерения с калмыцким чаем, его чай остывал медленнее всего — он жирный, поэтому пленка на его поверхности препятствовала испарению. А сколько испаряется воды за время остывания? Сразу ответить на этот вопрос ни ученики, ни их учитель не смогли, поэтому было решено найти величину экспериментально.

Излучение нагретых тел связано с поглощением, поэтому цвет чая (зависящий от его сорта) может влиять на скорость остывания. Следовательно, вопрос о том, какой чай, зеленый или черный, остывает быстрее, не лишен физического

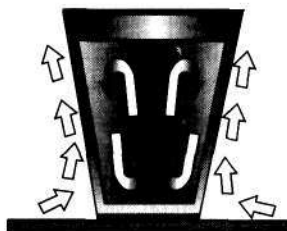


смысла! Однако недостаточная точность проведенных измерений не позволила обнаружить зависимость скорости остывания от сорта чая, более тщательные исследования этой проблемы решили продолжить.

В твердых телах основным механизмом теплопередачи является теплопроводность, поэтому перенос тепла через стенки проходит именно по этому механизму. Поток теплоты через стенку пропорционален разности температур между ее сторонами. Если материал стакана имеет высокую теплопроводность, то разность температур между внутренней и наружной сторонами может быть совсем маленькой — поэтому металлические стаканы снаружи такие же горячие, как жидкость внутри них. Если материал стенки плохо проводит теплоту, то разность температур должна быть большой, поэтому наружная стенка должна иметь меньшую температуру. В этом случае теплопередача в воздух будет значительно слабее, жидкость будет остывать медленнее. Вот объяснение загадочных свойств пористых толстостенных пластиковых одноразовых стаканов: снаружи стакан едва теплый, а кофе внутри горячий!

При обсуждении механизма теплопередачи возникла принципиально новая идея — перенос тепла происходит не только в стекле, но в самой жидкости внутри стакана, поэтому необходимо рассматривать процессы и внутри него, а не считать температуру постоянной по всему объему! Иначе как остынет жидкость в центре? Понятно, что температура жидкости у стенок меньше, чем внутри, поэтому теплота передается от центра к краям стакана. Аналогично необходимо принимать во внимание и теплопередачу в воздухе, который у стенок нагревается... и поднимается вверх!

Иными словами — основным механизмом теплопередачи в воздухе является конвекция! Но конвекция может проходить и внутри жидкости, ускоряя процесс теплопередачи от центра стакана к его краям. Поэтому помешивание чая ложечкой ускоряет его остывание!



Кстати, конвекция зависит от того, насколько

жидкость вязкая, а сахар и варенье увеличивают ее, поэтому вопрос о влиянии сахара на остывание также разумен, с физической точки зрения.

Таким образом, проведенное обсуждение позволило сформулировать обширную программу дальнейших экспериментальных исследований. Разработке этого плана предшествовало знакомство учащихся с памяткой «Учусь ставить эксперимент» [2], который, несомненно, помог им в творческом поиске.

Учусь ставить эксперимент

1. Что я хочу узнать?
2. Что я уже знаю об этом?
3. Что я предлагаю сделать (идея)?
4. Какие приборы и материалы нужны?
5. Каков план моих действий?
6. Делаю — и что я получаю?
7. Мое объяснение результата.
8. Анализ результата. Какие в связи с этим у меня возникают вопросы?
9. Мои выводы.

Основная цель экспериментов — изучить влияние различных процессов теплопередачи на остывание жидкости в сосуде.

Некоторые теоретические данные были взяты из литературы, проверить же их экспериментально оказалось значительно сложнее. Все это потребовало далеко не стандартных для школьников действий, которые изложены в приведенной ниже части доклада.

Часть 2. Задача об остывания чая глазами школьников¹

Все знают, как хорошо посидеть за чашкой ароматного чая. Однако как остывает чай, знают далеко не все. Поэтому мы поставили перед собой цель — исследовать наиболее существенные механизмы, влияющие на процесс остывания чая. Для реализации данной цели необходимо было решить следующие задачи:

- определить основные механизмы, влияющие на процесс остывания чая;
- провести их теоретическую и экспериментальную оценку влияния каждого из них на изучаемое явление.

¹ Некоторые части доклада, касающиеся известных из учебников фактов, а также материала, рассказанного учителем, опущены.

Предварительные измерения, проведенные в домашних условиях, зависимости температуры воды в стакане от времени, приведенные на рис. 1, показывают, что в диапазоне температур воды от 95° до 80° средний поток теплоты от стакана в окружающую среду примерно равен $q \approx 50 \text{ Вт}$.

Изучение доступной нам литературы по проблемам, связанным с остыванием жидкости, показало, что остывание чая определяется влиянием следующих процессов: теплопроводности, конвекции, излучения и испарения. Рассмотрим физическую сущность каждого из них.

Теплопроводность является единственным видом теплопередачи в непрозрачной (для электромагнитных волн оптического и инфракрасного диапазонов) твердой среде. Скорость переноса тепла вследствие теплопроводности пропорциональна градиенту температуры, площади поверхности S , через которую идет поток тепла,

$$q = -KS(\Delta T/\Delta x). \quad (1)$$

Данное соотношение называется законом теплопроводности Фурье, коэффициент пропорциональности в данном законе называется температуропроводностью. Для стекла он примерно равен $K = 0,6 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$. Используя данное соотношение, легко подсчитать, что при температуре внутренней поверхности, равной 90° (температура горячей воды), температуре внешней поверхности 20° (комнатная температура) и толщине стеклянной стенки стакана, равной 2 мм, поток теплоты составляет величину порядка 300 Вт . Это значительно превышает поток теплоты, рассчитанный по экспериментальным данным (50 Вт), поэтому температура наружной стенки стакана значительно превышает комнатную, что легко обнаружить экспериментально. По оценкам, полученным с помощью уравнения (1), эта температура равна примерно 75° , что качественно согласуется с опытными данными.

Основным механизмом теплопередачи от воды в сосуде к его стеклянной стенке является конвективный теплообмен, поток теплоты по этому механизму можно оценить с помощью уравнения

$$q_{\text{конв}} = h_c S(T_s - T_\infty), \quad (2)$$

где h_c — средний коэффициент конвективной теплоотдачи, колеблющийся для свободной конвекции, происходящей в воде, от 20 до $100 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$. Оценка разности температур воды в центре и у стенок сосуда, полученная с помощью этого урав-

нения, дает значение порядка 40° , что явно противоречит опытными данным. Следовательно, теплопередача через боковые стенки из-за слабости конвективной теплопередачи не может служить основным механизмом остывания чая в стакане.

Оценку вклада излучения в процесс теплопередачи можно оценить, используя закон Стефана-Больцмана. Даже считая чай абсолютно черным телом (для которого интенсивность теплового излучения максимальна), оценка потока излучения дает $q = S\sigma(T^4 - T_s^4) \approx 8 \text{ Вт}$, что значительно меньше экспериментального потока. Учитывая, что полученная оценка явно завышена, можно сделать вывод, что излучение, хотя и может играть определенную роль в процессе остывания, не является его основным механизмом.

Оценка вклада испарения со свободной поверхности может быть проведена по очевидной формуле

$$q = L(\Delta m/\Delta t). \quad (3)$$

Чтобы обеспечить наблюдаемый тепловой поток, скорость испарения должна составлять величину порядка $\Delta m/\Delta t = q/L \approx 50/(2,3 \cdot 10^6) \approx 2 \cdot 10^{-5} \text{ кг/с}$, или за время остывания в 5 минут должно испариться порядка 6 грамм воды. Полученная оценка несколько завышена, но, учитывая, что испарение не является единственным механизмом охлаждения, дает разумную оценку массы испаряющейся воды.

Таким образом, проведенные оценки показывают, что все механизмы теплопередачи играют роль в процессе остывания, но, по-видимому, основную роль играют испарение и теплопроводность стенок стакана.

Зависимость температуры чая от времени в термостате (Эталон)

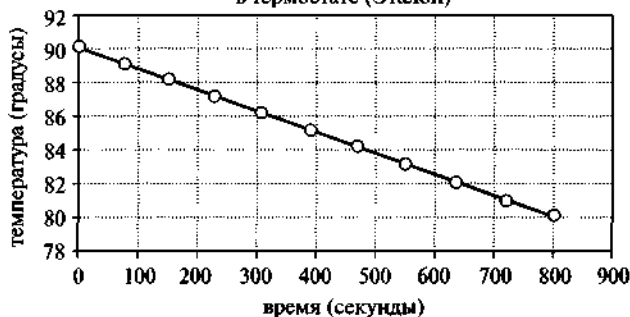


Рис. 4

Для проведения экспериментальных исследований, направленных на изучение вкладов ука-

занных механизмов, нами была разработана следующая установка: стакан помещался в деревянный сосуд большего объема, а оставшееся пространство тщательно заполнялось пенопластовой крошкой. Для ослабления конвекции в жидкости в стакан вводились плотно прилегающие пенопластовые горизонтальные перегородки. На данную конструкцию надевалась плотно прилегающая пенопластовая крышка, в которой было сделано отверстие для термометра. После этого вся система обворачивалась фольгой. Все эти меры были предприняты, чтобы максимально уменьшить теплопередачу в окружающую среду. Чтобы пользоваться линейным приближением в описании зависимости температуры воды от времени, было принято решение проводить измерения в относительно небольшом температурном диапазоне от 90 до 80 градусов. Проведенные измерения дали следующую зависимость температуры от времени (рис. 4), суммарный тепловой поток составил 21 Вт, что более чем в два раза меньше, чем в открытом стакане. Эта зависимость была принята за эталонную при изучении механизмов теплопередачи.

Для количественной оценки процесса испарения вместо пенопластовой крышки была взята тонкая дырявая фольга. В процессе этого эксперимента была получена следующая зависимость температуры воды от времени (рис. 5). В этом случае тепловой поток составил 30 Вт. Следовательно, тепловой поток, обусловленный испарением, оказался равным примерно 10 Вт. Этому потоку соответствует скорость испарения, равная $4 \cdot 10^{-6}$ кг/с, следовательно, за время остывания в указанном диапазоне температур испарилось примерно 2 грамма воды. Этот результат также был подтвержден измерением зависимости изменения массы воды от времени, которая снималась методом торрирования. На двух чашках весов уравнивались стакан с чаем и стакан с песком. То количество жидкости, которое терялось в процессе испарения, компенсировалось дополнительными порциями песка (рис. 6). Этот эксперимент подтвердил сделанную оценку.

Потери теплоты, обусловленные теплопроводностью стенок, были оценены, ликвидировав теплоизолирующие стенки с боковых поверхностей. В этом случае оценка изменения потока, полученная опять же по графику зависимости температуры от времени (рис. 7), составила величину порядка 2 Вт. Нельзя считать, что эта величина равна



Рис. 5

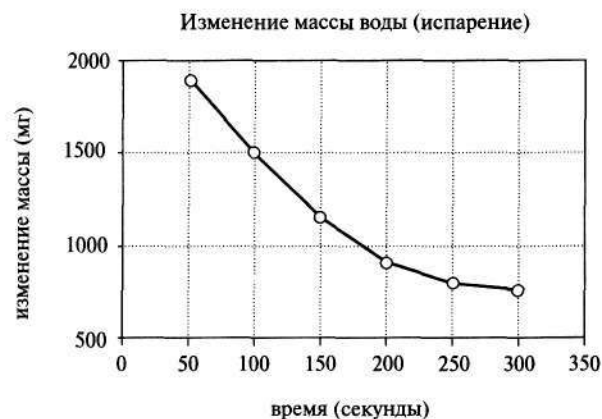


Рис. 6

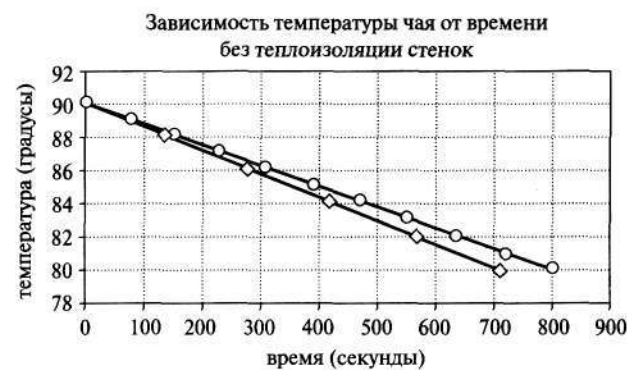


Рис. 7

полному потоку через боковые стенки, так как в термостате этот механизм охлаждения является основным, поэтому полученное значение показывает, что термоизоляция стенок незначительно уменьшает тепловые потери.

Для оценки радиационного потока, теряющегося через свободную поверхность жидкости при остывании чая, учащиеся вместо пенопласта исполь-



Рис. 8

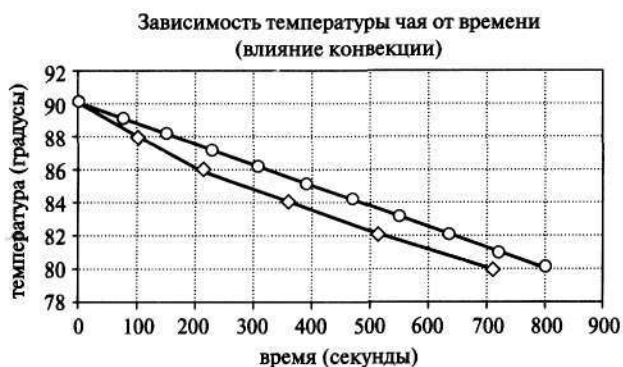


Рис. 9

зовали плотно прилегающую, тщательно очищенную полиэтиленовую крышку, которая хорошо удерживала сконденсировавшуюся влагу, но в то же время пропускала радиационный поток. Сравнение полученной зависимости (рис. 8) с эталонной позволило оценить радиационный поток. Он составил около 2 Вт.

Наконец, для оценки влияния конвекции на процесс теплопередачи из стакана были убраны пенопластовые перегородки. Сравнение полученной в этом случае временной зависимости (рис. 9) с эталонной показало, что конвекция увеличивает тепловой поток примерно на 3 Вт.

Таким образом, проведенная работа качественно подтвердила основные исходные предположения: основными механизмами теплопередачи теплоты являются теплопередача через боковые стенки и испарение, на долю излучения приходится около 6% общих тепловых потерь. На мощность теплопередачи через боковые стенки заметно влияет конвекция жидкости внутри стакана, увеличивая мощность этого потока почти на 10%.

Часть 3. Дополнение учителя

Господа актеры особенно должны обратить внимание на последнюю сцену.

Н. В. Гоголь «Ревизор»

Учениками была проведена громадная работа, и в своем выступлении им, конечно, хотелось рассказать обо всех ее этапах, трудностях, предположениях и ошибках. Однако время выступления на конференции ограничено десятью минутами. Поэтому пришлось потратить не один час, чтобы выделить самое важное и «втиснуть» весь материал в отведенное регламентом время. Оказалось необходимым помочь выстроить, структурировать доклад, используя традиционную схему построения доклада [3-4], включающую как теоретическое, так и экспериментальное исследование.

Структура доклада

1. Постановка задачи.
2. Обзор литературных данных.
3. Построение модели явления.
4. Теоретическое описание.
5. Возможности экспериментальной проверки.
6. Описание экспериментальной установки.
7. Результаты экспериментов.
8. Сравнение теоретических и экспериментальных данных.
9. Выводы.

В итоге доклад, как и всякое научное сообщение, оказывается значительно суше, чем описание проделанной работы.

Несколько советов докладчику

- Не стесняйтесь повторить или уточнить вопрос.
- В случае затруднения вы можете подумать, не забывая, что разумная верхняя граница ваших рассуждений — 30 секунд. Не бойтесь использовать свои дополнительные материалы.
- Отвечайте кратко и по существу, не «расплываясь мыслью по древу».
- Не бойтесь отвечать «не знаю», «это мы не оценивали» и т.д., такой «мужественный» ответ выглядит приличнее, чем лукавые попытки уйти от ответа.
- Защищайтесь, не боясь начать ответ со слов: «как было сказано (отмечено, подчеркнуто) в докладе...».
- Если вам указали ошибку на плакате, на пленке, исправьтесь и извинитесь за нее.

Публичная защита — венец исследования. В процессе дискуссии выясняется, как глубоко докладчик владеет данной проблемой, умеет обосновывать собственную точку зрения. Поэтому уместно дать несколько советов, которые могут быть полезны докладчику при ответе на вопросы оппонентов.

Заключение

Во мне, а не в писаниях Монтеня
содержится все, что я в них вычитываю.

Б. Паскаль «Мысли»

Процесс исследования всегда сложен. Не все учащиеся могут самостоятельно провести все его этапы. Мы постарались предложить вам учебный процесс, организованный таким образом, чтобы учащиеся устанавливали непосредственное планирование учебного исследования, чтобы цели обучения, задаваемые внешним образом, становились их собственными, личными целями.

Подытоживая собственный опыт, «нажитый в ходе переживаний» при решении конкретной исследовательской задачи, мы сочли целесообразным выделить некоторые моменты, способные послужить тем, кто хочет начать со школьниками исследовательскую работу, но не знает, как это сделать, или тем, кто знает, как надо начинать, но не может преодолеть внутреннюю скованность и неверие в собственные силы.

Литература

1. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. — М.: Мир, 1990.
2. Браверман Э.М. Обучение проведению наблюдений и экспериментов // Физика в школе, 1998. — № 5. — С. 30.
3. Маркович Л.Г., Слободянюк А.И. Турниры юных

Учусь исследовать

вместе со своими учениками

- Предложите школьникам простые вопросы по выбранной теме, на которые вы в состоянии без подготовки ответить самостоятельно.
- Постепенно перейдите к более сложным, «реальным» вариантам.
- Опирайтесь на простые, легкоповторяемые физические эксперименты.
- Попробуйте вначале просто накапливать результаты опытов или наблюдений.
- В какой-то момент вам будет явно не хватать знаний. Честно признайтесь об этом ребятам и засядьте за книги.
- Один из важнейших элементов творческого подхода — постановка вопросов. Добейтесь, чтобы ребята не стеснялись спрашивать. Покажите, что всякий вопрос интересен.
- Попросите изложить результаты на бумаге. Это систематизирует и их, и ваше представление и выявит «белые» места в исследованиях.
- Поощряйте самостоятельность, избегайте прямых инструкций, учите детей действовать независимо.
- Обязательно просматривайте и прослушивайте тексты докладов или публикаций, готовьте ребят к внятному изложению своих мыслей в устной или письменной форме. Учите их дискуссии.
- Любите и знайте то, что вы делаете: «Хочешь наукой воспитать ученика, люби свою науку и знай ее, и ученики полюбят и тебя, и науку...» [4].

физиков. — Мн.: МГОИПК и ПРР и СО, 1999.

4. Осипенко Л.Е., Лавриненко А.В. Организация исследовательской работы школьников: Методические рекомендации. — Мн.: МОИПК и ПКР и СО, 2002.

ЗАНИМАТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ШКОЛЕ

К.А. Коханов
(Вятский ГГУ)

Занимательный физический эксперимент (ЗФЭ) является особой разновидностью учебного физического эксперимента, отличающийся, прежде всего, эффективностью результата (см. ниже) и требующий отличной техники постановки. Учителя-практики утверждают, что в принципе любой удачно и грамотно поставленный учебный физический эксперимент обязательно вызывает инте-

рес к нему у школьников; через этот интерес может быть достигнуто сначала произвольное, а затем и произвольное внимание школьников к поставленной на уроке проблеме.

Каковы источники интереса школьников к эксперименту?

1. Учебный эксперимент для учащихся практически всегда является деятельностью, сменяющей

какую-то иную (рассказ учителя, чтение учебника, решение задач), что способствует возникновению непроизвольного внимания, интереса к показываемому.

2. Интерес определяется верой человека в неоспоримость опытного факта: если учитель подтвердил свои слова опытом, то сказанное соответствует действительности. «Чтобы поверить, нужно увидеть!» или «С увиденным не поспоришь!» — вот ключевые фразы, объясняющие названный источник интереса к эксперименту.

3. Эксперимент позволяет проиллюстрировать сказанное, сделать его понятнее. Опыт — это своеобразный язык описания и представления окружающей действительности. «Увидеть, чтобы понять», или «Это не передать словами... Это нужно именно видеть!» — вот те ключевые фразы, которые объясняют заявленную позицию.

4. Нельзя не отметить, что многие школьники хотят увидеть неудачный эксперимент — то есть совсем не то, что хотел показать учитель, совсем не то, что должно получиться в опыте. Эта мысль имеет большой потенциал в подготовке занимательного физического эксперимента.

Грамотно организованный учебный эксперимент вызывает активизацию психических процессов учащихся, проявляющуюся, в частности, в повышенном их внимании, активной работе воображения, *стремлении ученика к общению* (обменяться мнениями с товарищами, высказать свои соображения учителю и др.).

Занимательный эксперимент должен вызывать *длительный* интерес учащихся, не заканчивающийся по окончании опыта. Каковы же условия постановки такого эксперимента?

В основной и полной школе они различны. В VII–IX классах занимательность обеспечивается использованием простого оборудования, знакомого учащимся, связью демонстрируемого в эксперименте явления с жизнью (житейским опытом), малоэтапностью эксперимента, результативностью и понятностью опыта. Очевидно, что названные условия необходимы, но недостаточны, так как обеспечивают только условия дидактичности занимательного эксперимента. Достаточные условия занимательности таковы: необычное (нетрадиционное) использование знакомых приборов, получение в эксперименте неожиданного (непредсказуемого, неочевидного), а иногда и яркого (эффектного) результата. Результат опыта можно назвать эффективным, если он либо точно и явно со-

впадает с предсказанным, либо полностью ему противоречит. Реализация этих условий должна обеспечить занимательность показываемых опытов.

В основной школе занимательный физический эксперимент оказывается сильнейшим средством активизации внимания учащихся на уроке физики, одним из наиболее действенных средств привития интереса к изучаемой науке.

В *старшей (полной) школе* роль занимательного физического эксперимента не так однозначна. Во-первых, усложнение материала в старшей школе приводит к гораздо более сильной зависимости интереса ученика к опыту от его теоретической подготовленности, развития его мышления, внимания и др. Во-вторых, в старшей школе изменяется представление учащихся о занимательном, интересном: интересное — не значит простое, однозначное или понятное, а наоборот, сложное, недоступное для других и др. В-третьих, по-другому (не всегда позитивно) видят роль занимательности в обучении старшеклассников психологи и педагоги.

Занимательный эксперимент в IX–XI классах — это эксперимент, мотивирующий ученика к дальнейшей самостоятельной работе по проблеме, затронутой в эксперименте. Цель использования занимательного эксперимента — постановка некоторой учебной проблемы в такой форме, чтобы ученик быстро воспринял ее суть, захотел найти ее решение (но не всегда тут же его нашел). Принципиально важно, что в старшей школе занимательный эксперимент может быть как натурным, так и мысленным.

Рецепт подготовки занимательного эксперимента в старшей школе не так однозначен, как в основной. В IX–XI классах при организации занимательного эксперимента инвариантным оказывается лишь небольшой круг достаточно общих требований:

- основу занимательного эксперимента составляет проблемный опыт, то есть вскрывающий какое-то противоречие, как, например, между теоретическим условием и полученным результатом или между экспериментальным результатом и способом его достижения;

- в эксперименте должны затрагиваться проблемы учебной физики, актуальные для школьника;

- учащиеся должны быть подготовлены как к восприятию опыта (в том числе теоретически, психологически), так и к дальнейшему обсуждению его результатов;

— на проведение занимательного эксперимента в старшей школе должно отводиться сравнительно большее (чем в базовой школе) время, достаточное для детального и самостоятельного решения проблемы.

Разновидностью занимательного эксперимента является физический фокус — такой учебный физический эксперимент, в котором проблема ставится в обостренной форме. При выполнении такого эксперимента от школьников скрывается какой-то важный элемент демонстрации (элемент установки, действие учителя и др.), в результате чего у учеников формируется неполная картина об условиях эксперимента и ими делается неверный вывод о результатах эксперимента. Этот логически стройный вывод не совпадает с тем, что видят ученики.

Учебный эффект от фокуса огромен: он позволяет за короткое время поставить перед учениками проблему и провести им все необходимые рассуждения, чтобы сделать свое открытие.

Такая форма постановки эксперимента имеет дополнительные причины интереса к нему:

— во-первых, ученики настраивают все свое внимание на то, чтобы заметить и запомнить все действия учителя, чтобы постараться уличить учителя в «обмане»;

— во-вторых, когда ученики уже стали свидетелями неожиданного результата, возникает сильное желание понять его причину, как можно быстрее раскрыть и обнародовать секрет фокуса, быстрее своих товарищей стать первооткрывателями.

Указанные особенности ЗФЭ позволяют наиболее эффективно формировать специфические знания и умения — *методологические*. Среди них можно выделить такие умения, как выбирать нужные модели для объяснения явления, выделять границы применимости учебных физических моделей, выбирать способы (условия, правила) применения моделей для описания наблюдаемых явлений. Последние умения необходимы и быстрее всего развиваются при показе физических фокусов. В таких экспериментах из-за умышленно неправильного применения моделей для описания явлений у учащихся создается неверное представление о сущности изучаемого процесса, которое составляет суть учебной проблемы и должно в итоге преодолеваться.

Особенностью деятельности учителя при проведении ЗФЭ является стремление вызвать у учеников сильные эмоции. Важно, чтобы учитель мак-

симально использовал интерес, проявляемый учащимися для развития у них физического мышления, для обучения искать разные варианты объяснения явлений, выбирать среди различных объяснений наиболее подходящее.

В заключение сделаем несколько частных замечаний относительно разработки занимательных экспериментов.

1. На наш взгляд, далеко не все традиционные учебные эксперименты можно и нужно представить в занимательной форме.

2. Учителя традиционно показывают эксперимент самостоятельно. Однако интерес к такому эксперименту становится гораздо выше, если в его постановке участвуют и ученики.

3. Большое количество новых занимательных опытов «рождается» в результате случайных наблюдений. Задача учителя — увидеть необычное в обычном. Для иллюстрации сказанного приведем несколько примеров наблюдений, которые могут лечь в основу новых занимательных экспериментов.

3.1. Необычное поведение психрометра

Понаблюдайте за поведением термометров психрометра, висящего в классной комнате, в различных физических ситуациях.

а) Можно обнаружить, что после высыхания ткани показания «обернутого» термометра могут быть выше, чем необернутого! А показания нагретых солнечным излучением термометров отличаются с точностью до наоборот и значительно сильнее!

б) Если сухую ткань опустить в резервуар с водой при комнатной температуре так, чтобы колба термометра при этом не касалась воды, то показания «влажного» термометра начнут... расти!

Эти наблюдения могут лечь в основу занимательных экспериментов для старшеклассников. Школьникам может быть предложен вопрос для обсуждения с последующей демонстрацией: что будет происходить с показаниями второго термометра (колба которого обернута тканью) при помещении изначально сухой ткани в резервуар с водой при комнатной температуре? (Ответ: показания «влажного» термометра будут увеличиваться.)

Объяснение. Повышенные показания «обернутого» термометра объясняются большей конденсацией влаги на его ткани, чем на необернутом термометре, что, как известно, сопровождается большим выделением теплоты.

3.2. Странная инерция

При изучении инерционных свойств тел школьникам демонстрируется зависимость приобретаемого телом ускорения от его массы. С этой целью выполняется следующий эксперимент. Машинка устанавливается на демонстрационном столе около упора (тяжелой гири). Между упором и тележкой вставляется сжатое (и перекрученное нитью) пластиковое кольцо. После пережигания нити кольцо толкает тележку, которая в результате проезжает по горизонтальному столу некоторое расстояние.

Кажется, если опыт проводить с порожней и загруженной машинкой, результаты должны оказаться разными: при одинаковом действии большую скорость приобретет легкая тележка — она и должна проехать дальше. Однако дальность может оказаться как такой же, так и большей, и меньшей. Ведь легкая тележка не только легче приобретает скорость, но и легче уменьшает ее при действии на нее сил сопротивления (со стороны стола, осей колес).

3.3. Необычное поведение жидкостного манометра

Тщательно промыв под струей воды резиновый шланг, мы присоединили его к одному из колен манометра. После этого он начал вести себя странно. При подъеме или опускании свободного конца трубки показания манометра менялись, манометр показывал то избыточное, то недостаточное по сравнению с атмосферным давление.

Объяснение. При промывании шланга водой в него попал небольшой столбик воды. После соединения трубки с манометром при поднятии или опускании трубки столбик двигался внутри трубки. Когда столбик под действием силы тяжести опускался по трубке вниз, он создавал над собой разрежение, которое фиксировалось манометром. Когда столбик оказывался сверху, то создавал избыточное давление на жидкость в манометре и показания манометра изменялись в другую сторону.

О ЛИНЗАХ-МЕНИСКАХ: ВЫПУКЛО-ВОГНУТОЙ И ВОГНУТО-ВЫПУКЛОЙ

В.Д.Красильников
(Белгородская обл.,
с. Юрьевка)

В школьном курсе физики изучаются преимущественно сферические тонкие линзы. Как известно, линзой называют прозрачное тело, состоящее из двух сферических поверхностей, отделяющих его от окружающей среды. Тонкими считают линзы, толщина которых значительно меньше радиусов кривизны поверхностей линзы.

По форме поверхностей, ограничивающих линзы, выделяют двояковыпуклые, плосковыпуклые, вогнуто-выпуклые, двояковогнутые, плосковогнутые и выпукло-вогнутые линзы (рис. 1). По действию линз на параллельные световые лучи различают собирающие и рассеивающие линзы. Если линза преломляет световые лучи сильнее, чем окружающая среда, то собирающими линзами будут двояковыпуклые, плосковыпуклые и вогнуто-выпуклые, а рассеивающими — двояковогнутые, плосковогнутые и выпукло-вогнутые. Важно подчеркнуть, что собирающая линза может быть рассеивающей, а рассеивающая — собирающей, если окружающая линзу среда оптически более плотная, чем материал линзы.

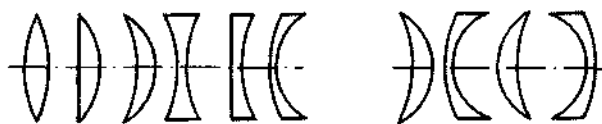


Рис. 1

Рис. 2

Обычно рассматривают линзы, показатель преломления которых больше показателя преломления окружающей их среды (например, стеклянная линза в воздухе). В этом случае легко отличить собирающие линзы от рассеивающих: первые (собирающие) утолщаются от края линзы к ее центру, а вторые (рассеивающие), наоборот, от края линзы к ее центру становятся тоньше.

При классификации тонких линз по виду ограничивающих их поверхностей определение названий таких линз, как двояковыпуклая, двояковогнутая, плосковыпуклая и плосковогнутая, обычно не вызывает трудностей. При определении же названий собирающих и рассеивающих вогнуто-выпуклых и выпукло-вогнутых линз-менисков визуально не всегда очевидно, какую из

них называть вогнуто-выпуклой, а какую — выпукло-вогнутой (рис. 2).

Чтобы правильно ответить на этот вопрос, надо обратить внимание на то, что при перечислении названий всех типов собирающих линз (двойковопуклая, плосковыпуклая и вогнуто-выпуклая линза) второй половиной составного слова, определяющего название, становится слово «выпуклая». Поэтому собирающую линзу-мениск, имеющую утолщение от краев к центру, следует называть вогнуто-выпуклой линзой.

Аналогично можно заметить, что в названиях всех типов рассеивающих линз (двойковогнутая, плосковогнутая и выпукло-вогнутая линза) вторая половина составного слова их названия — это слово «вогнутая». Поэтому рассеивающую линзу-мениск, толщина которой, считая от края к центру, уменьшается, следует определять как выпукло-вогнутую линзу.

В то же время при определении названий линз-менисков можно поступить и иначе — сравнить радиусы кривизны R_1 и R_2 сферических поверхностей каждой из линз. У вогнуто-выпуклой линзы (рис. 3) $R_1 > R_2$, поэтому в ее названии первая часть слова соответствует сферической поверхности линзы с большим радиусом кривизны R_1 , а вторая часть — сферической поверхности, у которой радиус кривизны R_2 меньше.

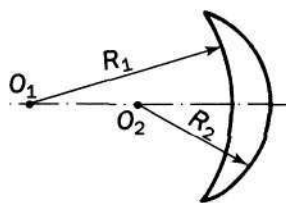


Рис. 3

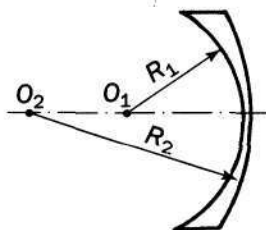


Рис. 4

В случае выпукло-вогнутой линзы (при таком же, как и у вогнуто-выпуклой линзы, расположении центров ее сферических поверхностей), наоборот, $R_2 > R_1$ (рис. 4). Поэтому первым в названии этой линзы следует поставить слово «выпук-

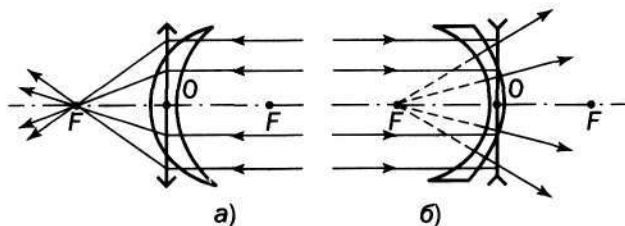


Рис. 5

лая» (так как соответствующая сферическая поверхность линзы имеет больший радиус кривизны R_2). Второй частью названия выпукло-вогнутой линзы будет слово «вогнутая». Оно соответствует сферической поверхности с меньшим радиусом кривизны R_1 .

При выполнении рисунков различных типов линз следует обратить внимание на то, чтобы сферические поверхности, изображенные справа, у всех собирающих линз были выпуклые, а у всех рассеивающих линзы — вогнутыми.

При построении изображений в линзе удобно собирающие линзы-мениски условно представлять в виде двойко-направленного отрезка (рис. 5, а).

Обычно нас не интересует, как идет луч внутри линзы. Поэтому важно при построении изображений в линзе показать, где находятся у линзы-мениска ее главные фокусы. Как и у всех собирающих линз, у собирающих линз-менисков вследствие обратимости световых лучей главные фокусы расположены на главной оптической оси линзы, проходящей через центры ее сферических поверхностей. Находятся же главные фокусы (и передний и задний) на равных расстояниях слева и справа от ее оптического центра.

Условное изображение рассеивающих линз-менисков такое же, как и у всех рассеивающих линз (рис. 5, б). Главные фокусы и у этих линз-менисков находятся на главной оптической оси на равных расстояниях от ее оптического центра. Только в отличие от собирающих вогнуто-выпуклых линз-менисков главные фокусы рассеивающих выпукло-вогнутых линз-менисков являются мнимыми.



ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДА РЕШЕНИЯ ОДНОЙ ТИПОВОЙ ЗАДАЧИ

Л.А.Прояненко
(МПУ)

В основной школе изучается большое число физических величин. Поэтому задача их измерения является часто встречающейся. Обычно она решается в два этапа: на первом разрабатывается метод измерения и подбирается оборудование; на втором ищут пути повышения точности измерений. Для каждой величины существует свой метод измерения, однако есть общие шаги в решении этой задачи.

Более половины лабораторных работ по физике в основной школе посвящены измерению физических величин. Однако проведенное мною исследование показало, что у учащихся не формируется общий подход к выполнению названных действий. Так, учащиеся связывают обычно формулоопределение или закон только с расчетом числового значения величины на основе результатов прямых измерений и не осознают, что формула может помочь в разработке метода измерения. Методика организации лабораторных работ по готовым инструкциям также не способствует формированию у учащихся общего подхода к решению задачи «Измерить физическую величину».

Мне удалось, как кажется, решить эту проблему. Нами выделен обобщенный способ решения указанной задачи, относящийся к косвенным измерениям. Предложение представляет собой следующую систему действий.

1. Разработка идеи измерения:

- подобрать (вспомнить) формулу-определение физической величины или формулу закона, в который она входит;
- вспомнить свойство, которое характеризует эта величина, или явление, подчиняющееся рассматриваемому закону;
- определить величины, значения которых нужны для расчета искомой физической величины;
- назвать те из них, значения которых имеются в справочнике;
- вспомнить методы измерения остальных величин;
- отобрать величины, значения которых можно получить прямыми измерениями;
- сформулировать идею измерения искомой физической величины.

2. Разработка экспериментальной установки:

- составить схему установки для воспроизведения свойства или явления;
 - дополнить схему измерительными приборами;
 - подобрать приборы и собрать установку.
3. *Проведение эксперимента и снятие показаний приборов.*
4. *Расчет значения искомой физической величины.*

На базе лабораторных работ в основной школе можно сформировать у учащихся компетентность в решении задачи «Измерить физическую величину».

Методика формирования состоит из четырех этапов:

- 1) накопление опыта выполнения косвенных измерений;
- 2) формирование метода решения задачи «измерить физическую величину»;
- 3) усвоение этого метода (отработка умения);
- 4) применение данного метода в «свернутом виде».

На *первом этапе* учащиеся под руководством учителя проводят измерение физических величин, действуя интуитивно. Учитель ставит задачу, а далее он организует решение с помощью наводящих вопросов: «Какой эксперимент нужно поставить?», «Какие приборы нужны?», «Как провести эксперимент?» и т.п. Учащиеся высказывают свои идеи, предлагают схему экспериментальной установки, собирают эту установку на своих столах, составляют план действий по проведению опыта, выполняют измерения и расчеты. Результаты этих действий (и умственных, и практических) фиксируются на доске и в тетрадях в виде протоколов работы. Для накопления опыта нужно провести измерение не менее двух величин, например, скорости и плотности (в VII классе) или удельной теплоемкости и удельной теплоты плавления (в VIII классе).

Затем — на *втором этапе* — проводят методологический урок. Учитель ставит задачу «Измерить новую физическую величину», предлагает учащимся вспомнить: решали ли они аналогичные задачи и как решали. Учащиеся отвечают и приходят к заключению, что проведенные измерения можно разделить на две группы: прямые и косвенные. Далее педагог предлагает выделить общие

Обучение методу косвенного измерения физической величины

№ п/п	Название этапа	Содержание материала	
		в VII классе	в VIII классе
1	Накопление опыта косвенного измерения физических величин	<i>Измерения</i> • скорости движения, • плотности вещества (эксперименты)	<i>Измерения</i> • удельной теплоемкости, • удельной теплоты плавления (эксперименты)
2	Формулирование типовой задачи «Измерить физическую величину», составление системы действий по ее решению для случая косвенных измерений	<i>Измерения</i> • плотности вещества (протоколы)	<i>Измерения</i> • удельной теплоемкости, • удельной теплоты плавления (протоколы)
3	Отработка умения: самостоятельное планирование эксперимента по косвенному измерению физической величины	<i>Измерения</i> • механической работы, • механической мощности, • КПД наклонной плоскости	<i>Измерения</i> • сопротивления проводника, • работы и мощности тока, • фокусного расстояния и оптической силы собирающей линзы

действия при решении задачи косвенного измерения физической величины. Для этого он организует работу по сопоставлению составленных на первом этапе протоколов. Учитель задает вопросы типа: «С чего начали решение задачи по измерению первой величины (скорости) ?». Учащиеся выделяют в первом протоколе первый шаг и рассказывают о нем. Учитель задает тот же вопрос о второй измеренной величине (плотности). Учащиеся выделяют первый шаг во втором протоколе и тоже рассказывают о нем. Учитель предлагает установить, что общего в этих шагах, и назвать это общее действие. Далее аналогично поступают со вторым шагом в протоколе и т.д.

Итак, в ходе работы учащиеся выделяют типовую задачу и все действия по поиску ее решения.

На *третьем этапе* перед учениками ставят задачу по измерению следующей величины и пред-

лагают спланировать ее решение. Учащиеся, опираясь на известный уже им общий метод, разрабатывают идею измерения, экспериментальную установку. Для усвоения материала необходимо провести измерение двух-трех величин. При этом все входящие в метод действия должны выполняться, а результаты обсуждаться.

В дальнейшем при проведении косвенных измерений физических величин учащиеся вспоминают общий метод и планируют измерения, фиксируют лишь кратко идею измерения, схему экспериментальной установки, т.е. совершают действия в «свернутом виде».

Обучение методу решения задачи «Измерить физическую величину» можно вести как в VII, так и в VIII классах.

Далее в таблице приведены этапы обучения и их содержание.

КАК ПОВЫСИТЬ СПОСОБНОСТЬ УЧАЩИХСЯ ПОКАЗЫВАТЬ СВОИ ЗНАНИЯ И УМЕНИЯ

С.А.Проклюшина
(Тульская обл.,
с. Волчья Дубрава,
средняя школа)

Еще в начале своей педагогической деятельности я столкнулась с проблемой неумения учеников предъявить свои знания; поэтому результаты контрольных работ, предложенных методистами, оказывались хуже, чем ответы этих же ребят на уроках, причем это касалось и ребят, хорошо успевающих.

Да и сейчас нередко случается такое, что ученики, занимающиеся на уроках лучше всех остальных, свои знания на контрольных работах подчас не показывают. А на занятиях по физике и химии, где необходимы знания математики, часто создается впечатление будто этих математических знаний и нет совсем. Вместе с тем на уроках матема-

тики ученики эти темы хорошо раскрывают! В чем причина? А в том, что учащиеся не умеют учиться и пользоваться знаниями!

Тесты на проверку интеллектуальных способностей показали, что дети:

1) не умеют применять свои знания в реальных ситуациях, характерных для повседневной жизни;

2) обладают плохим пространственным мышлением (а оно имеет большое практическое значение);

3) не умеют интерпретировать количественную информацию.

Трудными оказываются задания, где нужны прикладные знания:

- на оценку и «прикидку» результата;
- на процентные расчеты;
- на чтение диаграмм;
- на определение точности измерения.

Когда проблемы обозначены, легче их решать.

Но лечить болезнь нужно начинать с выяснения ее причин; устранив их, легче будет решить проблему.

В течение нескольких лет я работала над этим вопросом, но тщетно. С приходом в школу ЕГЭ я вновь вернулась к нему, так как детям, выбравшим экзамен в этой форме, необходимо не только «натаскивание» (хороший метод, дающий положительные результаты, но требующий много времени и сил как учителя, так и ученика), но и нечто другое. «Натаскивание», например по физике, позволяет ответить только на «4», поскольку из 30 задач уровня «А» только 20 ориентированы на проверку подготовки на базовом уровне. Остальные 10 заданий проверяют умение анализировать физические явления, применять законы и знания в измененной ситуации. Из этого следует: ученикам, кроме фактических знаний по предмету, необходим еще комплекс других знаний и умений. В том числе (не удивляйтесь!) знания по психологии и о том, *как нужно учиться!*

В своей работе я применяю много методов решения вышеназванных проблем (часть их известна, но давно забыта, часть — мои собственные).

Ознакомлю с некоторыми из них.

1. Организация лектория «Учись учиться». Это цикл мини-лекций-пятиминуток на уроке, но их системе обязательно придаю вид лектория. Дети сначала многое не понимают, но постепенно осознают, что учитель хочет им помочь.

На лекциях учащиеся получают советы, как построить устный ответ. Здесь я использую прин-

цип «клубка», или «снежного кома». Он состоит в том, что выбирается главная информация, например формула по физике, и на нее по наводящим вопросам «наматывается» другая, менее значимая, но тоже нужная. Сложность в том, что вопрос нужно уметь задать. Особенно себе!

Очень часто ученики, которые не готовились дома к уроку, отвечают учителю: «Я не знаю». Это в переводе с их языка означает: «Я не учил дома урок». Если сориентировать их наводящими вопросами, оказывается, они многое знают. По крайней мере на «3». Значит, дети не умеют «разложить свои знания по полочкам» и «тонут» в море информации. Они считают: если не учил материал, то и не знаю ничего. А на что же уходит время урока? Я их убеждаю в том, что 80% знаний они должны получить в школе, именно на уроке.

Чтобы они могли в этом удостовериться, я использую такую форму контроля, как «тест на усвоение материала» — в конце урока. Тест доказывает ребятам их интеллектуальную состоятельность, повышает самооценку. Эти тесты показали, что большинство ребят (у которых нет проблем с вниманием) справляются с заданиями. В VIII классе, например, в результате успеваемость резко повысилась. Качество знаний в III четверти оказалось 100%. Надо признаться, что я не ожидала такого результата.

Девиз моего лектория «Учись учиться» очень хорошо отвечает современной формуле: «Образованность — это умение владеть информацией». В лектории ребята учатся искать и извлекать информацию, формулировать свои мысли кратко, но емко, они уже познали (правда, в игровой пока форме) прелесть красиво оформленной мысли. Здесь они узнают об особенностях памяти и мышления, делятся приемами запоминания материала; все трудно перечислить. Я поняла: эти знания и умения, может быть, важнее знаний фактического материала по предмету.

2. Зачетная система. Элементы зачетной системы Шаталова я использую уже третий год. Считаю, что главные ее преимущества: подготовка детей к различным аттестациям, испытаниям и контролю, а также упорядочение фактического материала.

Каждый год в систему вношу что-то новое. Например, в этом году ввела зачет «автоматом». Его суть в том, что ученики могут получить зачет лишь за практическую часть, сданную досрочно, т.е. ученик самостоятельно, без помощи учителя, должен

решить все рекомендованные по теме задачи, «добывая» тем самым знания и попутно усваивая фактический материал.

В этом году стала обучать, как нужно готовиться по теории. Объясняю: теоретическая часть зачета — это остов, состоящий из 10–15 вопросов темы. Рекомендую сначала ответить одним предложением на каждый вопрос; это будет главное предложение, показывающее, что ученик имеет какое-то представление о данном материале. Затем к этому предложению можно поставить несколько вопросов и самому на них ответить; ответ готов.

Другим способом является знание правил (схемы) построения выступления: *вступление — основная мысль — доказательства — заключение*, т.е. ответ на вопрос должен состоять минимум из четырех предложений (доказательством может быть пример).

Итак, если в зачете 10 вопросов и ответ на каждый состоит из четырех предложений, то всего — $10 \times 4 = 40$; это минимум знаний по теме. Иными словами, материал 12–15 параграфов превращается в 40 предложений! Эта арифметика преодолевает страх детей перед огромной лавиной информации, которую нужно запомнить. Но большинство учеников хотят запомнить больше фактов и приемов работы, чтобы этим «заработать» отличную оценку.

3. Нетрадиционный подход к оцениванию. Оценка играет немаловажную роль в формировании конкурентоспособности учащихся. Многие учителя ставят отличную оценку за большой объем «выданной» запомненной информации, но она, как известно, очень быстро выветривается из головы. Знания тогда являются прочными и осознанными, когда они добыты самостоятельно и ими умеют пользоваться; это я часто повторяю своим ученикам. Объясняю ребятам, что оценка

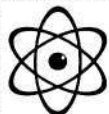
«отлично» означает: этот ученик чем-то отличается от других. Поэтому я часто ставлю оценку «отлично» за умение сориентироваться в незнакомой ситуации, применить приобретенные давно знания, знания из других тем. Хотя и не исключаю отличных оценок за вложенный труд по «вызубриванию» материала, но отмечаю при этом малую эффективность такого труда.

4. Использование физических знаний в повседневной жизни. Такие задания я даю часто; беру их не из учебника, а из окружающего мира.

Они убеждают в практической ценности знаний. Примеров можно привести много: определить, выгодно ли покупать семена в развесном виде; вычислить (в литрах) вместимость поддона для воды в инкубаторе; рассчитать мощность тена для получения горячей воды в школьной столовой.

5. Воспитание у ученика радости от осмысленной деятельности. Математика и физика превратились из-за малого числа часов в набор «готовых» формул и алгоритмов решения задач. Покажет учитель способ решения задачи определенного типа — и дети с удовольствием будут повторять его много-много раз, получая от этого опасное удовольствие!!! Тут, наверное, срабатывает психология успеха: получается, потому и нравится. Чуть изменишь условие задачи, вставишь незнакомое слово — всё! Испугаются, даже отличники, шаг в сторону боятся сделать. Поэтому я ставлю перед собой задачу: вызвать у детей удовольствие от мыслительной деятельности. Делать это не просто, а надо. Делать непременно!

Как говорится, один в поле не воин. Мало проку от всех предложенных мер, если их применяет лишь один учитель. Поэтому прошу коллег поддержать меня. Приемы проверены практикой. Обмен опытом позволяет избежать «варки в собственном соку».



ИНТЕРЕСНО, ЧТО...

Сайт «Единая Коллекция цифровых образовательных ресурсов (ЦОР) для учреждений общего и начального профессионального образования» создается в ходе проекта «Информатизация системы образования», реализуемого Национальным фондом подготовки кадров по поручению Министерства образования и науки Российской Федерации. Формирование Коллекции происходит в несколько этапов. Сейчас в коллекции размещены наборы цифровых ресурсов к отдельным главам учебников, тематические коллекции.

Единая Коллекция ежедневно пополняется новыми цифровыми образовательными ресурсами. Подключение всех школ России к Интернету в рамках Приоритетного национального проекта «Образование» сделает доступными ресурсы коллекции для всех образовательных учреждений.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Н.И.Шефер
(г. Оренбург)

В школьных учебниках обычно описывается принцип действия и устройство рубинового лазера или гелий-неонового лазера. Этого, на наш взгляд, вполне достаточно, тем более что временные рамки школьной программы не позволяют расширить круг вопросов, связанных с устройством и применением лазеров других типов. Но при изучении «лазерной» темы следует обязательно подчеркнуть, что все лазеры в принципе устроены одинаково: накачкой создается инверсная населенность в активной среде, усиление и генерация света происходят вследствие индуцированного излучения перпендикулярно двум параллельным зеркалам. Отсюда одинаковы и основные свойства лазерного излучения: монохроматичность и поляризованность (следствие индуцированного излучения), узкая направленность (следствие того, что многократно пройти активную среду и усилиться может только свет, идущий перпендикулярно зеркалам). Эти свойства и предполагается исследовать в предлагаемой лабораторной работе. Ее можно выполнить с любым лазером, но наиболее доступны каждой школе лазерная указка или лазерный брелок.

Учащимся нужно объяснить устройство лазерного светодиода, т.е. инжекционного полупроводникового лазера. Светодиод — это полупроводниковый диод, включенный в пропускном направлении. Электроны и дырки движутся через $p-n$ -переход навстречу друг другу. В результате их рекомбинации выделяется энергия, затраченная ранее на создание свободных электронов и дырок. Обычно энергия выделяется в виде тепла, но в ряде случаев — в виде света. Так работает светодиод.

Во время работы светодиода происходит инжекция (впрыскивание) электронов в p -область и дырок в n -область. Полупроводниковый лазер представляет собой светодиод с очень высоким уровнем инжекции, приводящей к созданию вблизи $p-n$ -перехода инверсной населенности. Это необходимое условие для работы лазера. (При углубленном изучении физики рекомендуем воспользоваться подробным изложением учебной теории

принципа действия полупроводникового лазера, предложенной в работе [4].)

В первых полупроводниковых лазерах, созданных в 1963 г. академиком Б.М.Вулом, плотность инжекционного тока составляла $\sim 10^5$ А/см². Если бы такой лазерный светодиод не находился в жидком азоте, он бы просто испарился. Необходимость применять азотное охлаждение снимала важное преимущество полупроводниковых лазеров — их миниатюрность.

Благодаря работам лауреата Нобелевской премии Ж.И.Алферова, использовавшего не обычный $p-n$ -переход, а структуру, состоящую из трех (и более) слоев различных полупроводников, удалось создать миниатюрные гетеропереходные инжекционные лазеры, не нуждающиеся в специальном охлаждении. Один из таких лазеров — лазерная указка, устройство которой будет показано ниже в описании лабораторной работы для учащихся.

При использовании лазерной указки как источника света для лабораторных работ нужно зафиксировать кнопку выключателя пластмассовым кольцом (это освободит руку от необходимости постоянно держать кнопку нажатой) или закрепить лазерную указку в лапке штатива так, чтобы лапка нажимала на кнопку (тогда надобность в пластмассовом кольце отпадает). Чтобы освободиться от забот по смене батареек для питания указки, надо в крышке отсека батареек просверлить два отверстия (диаметром 2–3 мм) и через них пропустить два проводника от блока питания ЛИП-90. Минусовая клемма от блока питания должна быть соединена с пружинным контактом, а плюсовая клемма — с корпусом.

При измерении длины волны лазерного света ни в коем случае нельзя использовать школьный прибор для измерения длины световой волны, поскольку тогда при выполнении измерений свет лазера будет направлен в глаз экспериментатора, что запрещено инструкцией по использованию. Луч лазера нужно направить через дифракционную решетку на экран, отстоящий от решетки на 0,5–2 м. При отсутствии дифракционной ре-

шетки ее можно заменить лазерным диском от CD-плеера или компьютера (см. [1], [2], [3]). Запись и воспроизведение информации цифровым методом на лазерном диске выполнена в форме системы строго чередующихся участков поверхности, отражающих и рассеивающих свет лазерного луча при считывании записи. Поэтому лазерный диск может быть применен в качестве отражательной дифракционной решетки [2]. В этом случае при аккуратном обращении можно использовать неповрежденный диск. Если же имеется поврежденный диск, то, сняв отражающее покрытие, можно получить хорошую дифракционную решетку, работающую на пропускание. Однако, если основа диска достаточно прозрачна, в этом нет необходимости. Период такой решетки (обычно несколько десятых долей мкм, т.е. порядка длины световой волны) нужно определить по дифракционной картине заранее и сообщить учащимся перед выполнением лабораторной работы.

Из-за сравнительно большой расходимости луча полупроводниковых лазеров лазерные указки снабжают конденсорной и фокусирующей линзами, которые при необходимости могут быть легко вынуты из оправы.

Приводим описание лабораторной работы для учащихся.

Исследование свойств лазерного излучения

Цель работы: знакомство с лазерной указкой и свойствами ее светового излучения.

Оборудование: лазерная указка, линейка (метровая) или рулетка, дифракционная решетка с постоянной $d = 0,01$ мм (или лазерный диск), экран, поляриод, миллиметровая бумага.

Содержание работы

В основе работы разнообразных лазеров лежит использование двух физических явлений: создание инверсной населенности энергетических уровней атомов в среде и возникновение индуцированного излучения.

Чтобы понять, что такое индуцированное излучение, напомним сначала, как происходит процесс обычного испускания света атомом, называемый спонтанным излучением. В результате столкновений атомов друг с другом при достаточно высокой температуре или при взаимодействии с другими частицами атомы могут переходить из основного энергетического состояния в одно из возбужденных (рис. 1, а). В возбужденном состоянии атом обычно находится 10^{-8} – 10^{-9} с, а затем самопроизвольно (спонтанно) возвращается в нормальное состояние (рис. 1, б). При этом испускается фотон с энергией

$$h\nu = \Delta W,$$

где $\Delta W = W_2 - W_1$.

Здесь W_1 и W_2 — соответственно энергия атома до и после возбуждения, h — постоянная Планка, ν — частота света.

А.Эйнштейн и П.Дирак предсказали, что кроме спонтанного излучения может быть и индуцированное излучение. Оно должно происходить, когда вблизи возбужденного атома пролетает фотон, энергия которого в точности равна энергии возбуждения атома (рис. 1, в). Тогда атом вынуждается этим фотоном (или проходящей электромагнитной волной) к «преждевременному» переходу в нормальное состояние с испусканием фотона с такой же энергией. В результате два фотона-«близнеца» с одинаковой частотой движутся в одном направлении (рис. 1, г). Если на пути фотонов встречается много возбужденных атомов, то

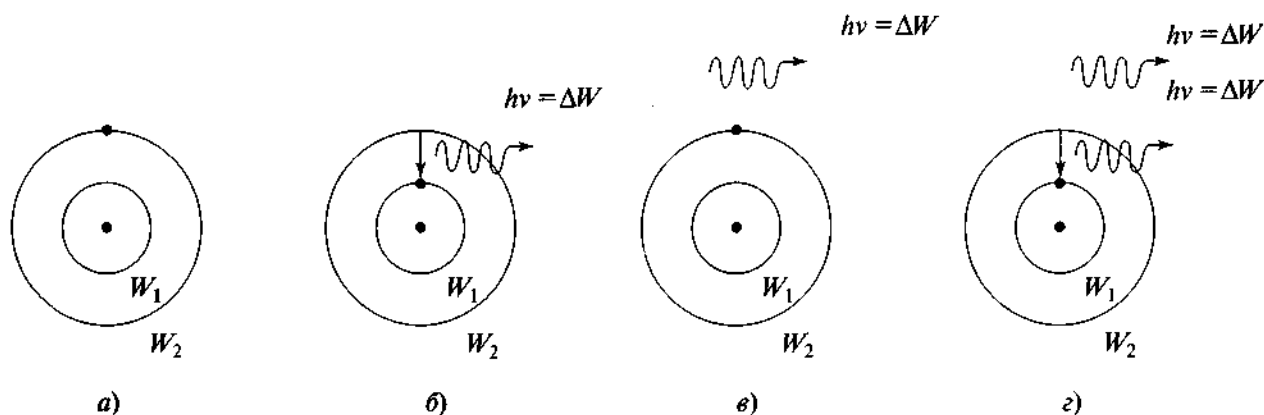


Рис. 1

происходит усиление света. С точки зрения волновых представлений световая волна при взаимодействии с возбужденным атомом распространяется в том же направлении, с той же плоскостью поляризации, но с увеличивающейся амплитудой.

Обычно в веществе число возбужденных атомов меньше числа невозбужденных атомов, поглощающих фотоны света. Поэтому процесс поглощения преобладает над процессом усиления и интенсивность вышедшего из вещества света меньше интенсивности падающего света. Но если бы в веществе было больше возбужденных атомов, чем невозбужденных, то фотоны могли бы чаще встречаться с возбужденными атомами и за счет вынужденного излучения усиление света могло бы преобладать над его поглощением. В результате интенсивность света, вышедшего из вещества, получилась бы больше интенсивности падающего света. Следовательно, для усиления света за счет вынужденного излучения нужно найти способы создания среды, в которой возбужденных атомов больше, чем невозбужденных. Среда с такими свойствами называется средой с инверсной населенностью уровней.

Инверсная населенность может быть создана в веществах, атомы которых могут находиться в так называемых метастабильных состояниях с относительно длительным ($\sim 10^{-3}$ с) временем жизни в возбужденном состоянии. Возбуждение атомов и инверсная населенность могут быть созданы за счет энергии света, электрического тока, химических реакций и других энергетических воздействий. Этот процесс называется накачкой. Научившись создавать среду с инверсной населенностью уровней, можно осуществлять усиление или генерацию света.

Лазер состоит из источника накачки, активной среды, где создается инверсная населенность, и резонатора — двух зеркал, одно из которых полупрозрачное (рис. 2).

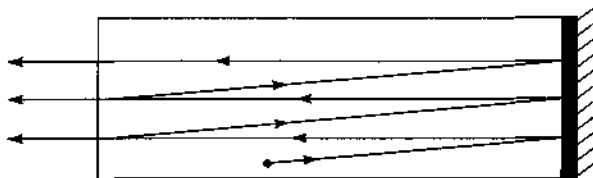


Рис. 2

Если в результате спонтанного излучения один из фотонов полетит перпендикулярно зеркалам, то вследствие многократных отражений его путь в

активной среде сильно удлинится, он встретится с большим числом атомов активной среды и вызовет большое число индуцированных излучений. Через полупрозрачное зеркало перпендикулярно к нему выйдет интенсивный пучок монохроматического света. Фотоны, летящие не совсем перпендикулярно к зеркалам, не испытывают многократных отражений, поэтому заметного усиления света в этих направлениях не будет.

Лазерное излучение монохроматично, плоскополяризовано и обладает малой расходимостью. Два первых свойства — это следствие того, что основной работы лазера является индуцированное излучение, а третье свойство — следствие применения двух параллельных друг другу зеркал.

Особый механизм создания инверсной населенности работает в полупроводниковых лазерных диодах. При включении полупроводникового диода в пропускном направлении под действием внешнего электрического поля электроны и дырки двигаются через p - n -переход навстречу друг другу (рис. 3).

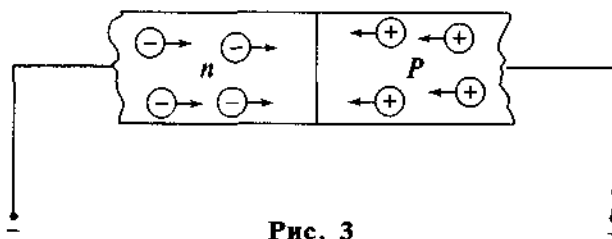


Рис. 3

Процесс введения электронов в дырочный полупроводник, где они выполняют роль неосновных носителей, и введение дырок в электронный полупроводник называется инжекцией неосновных носителей заряда. При встрече электрона с дыркой происходит их рекомбинация с выделением энергии. В светодиодах эта энергия выделяется в виде света. Если уровень инжекции неосновных носителей через p - n -переход сделать достаточно большим, то вблизи p - n -перехода будет создана инверсная населенность, являющаяся необходимым условием работы лазера.

Главные преимущества полупроводниковых лазеров — их миниатюрность и очень высокие значения КПД (приближающиеся к 100%). Размеры резонатора полупроводникового лазера могут быть порядка мкм, т.е. порядка длины волны света.

Устройство лазерной указки, основной частью которой служит инжекционный полупроводниковый лазер, или лазерный светодиод, показано на

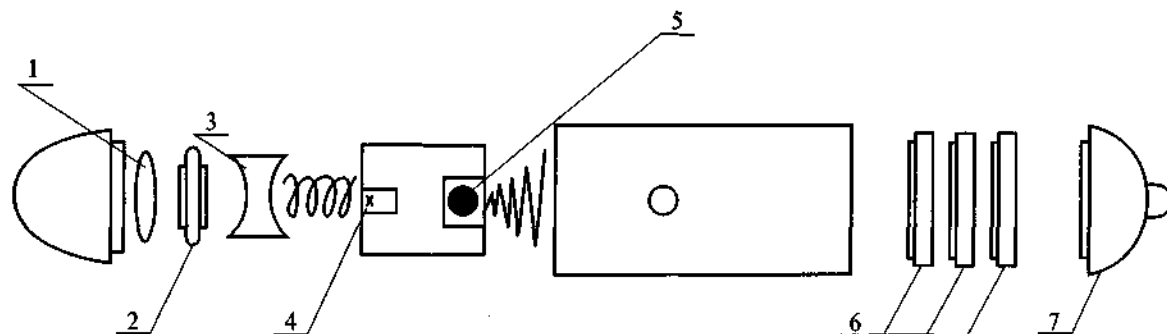


Рис. 4

рис. 4 (где 1 — фокусирующая линза, 2 — фиксатор, 3 — конденсорная линза, 4 — лазерный диод, 5 — кнопка, 6 — батарейки, 7 — задняя крышка).

Задание 1. При помощи дифракционной решетки измерьте длину волны света, излучаемого полупроводниковым лазером.

Предупреждение! При работе с лазером ни в коем случае не направляйте его луч в свой глаз или в глаз другого человека!

Известно, что условие наблюдения максимумов при прохождении света через дифракционную решетку имеет вид:

$$d \sin \varphi = k \lambda, \quad (1)$$

где d — постоянная дифракционной решетки, λ — длина света (в максимуме), φ — угол, определяющий направление на максимум, k — порядок спектра, в котором производятся измерения (рис. 5, где 1 — лазер, 2 — дифракционная решетка, 3 — экран).

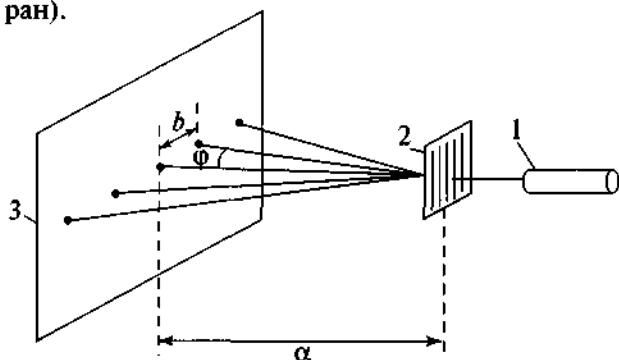


Рис. 5

Из выражения (1) можно найти длину волны λ :

$$\lambda = (d \sin \varphi) / k. \quad (2)$$

Таким образом, наша задача сводится к нахождению на опыте угла φ и к вычислению длины волны по формуле (2).

Порядок выполнения задания

1. Расположите приборы и приспособления, как показано на рис. 5, и получите на экране спектр лазерного излучения.

2. Измерьте расстояние a от решетки до экрана и расстояние b от центрального максимума до максимума первого порядка.

3. Вычислите длину волны λ для $k = 1$:

$$\lambda = d \sin \varphi = d \cdot \left(\frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \right)$$

Задание 2. Определите расходимость лазерного луча.

Если на пути света от лазера поставить экран и удалять его, то размеры светового пятна будут увеличиваться. Это вызвано тем, что луч лазера обладает некоторой расходимостью, т.е. это не цилиндрический, а конический пучок света.

Как видно из рис. 6, расходимость, т.е. угол конуса φ , легко найти, измерив угол α , при этом надо учесть, что $\varphi = 2\alpha$.

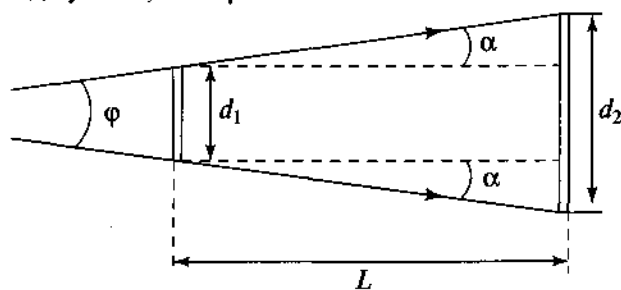


Рис. 6

Очевидно для нахождения угла α нужно измерить диаметр пятна d_1 и диаметр пятна d_2 при двух положениях экрана, а также расстояние L между этими положениями. Тогда, полагая для малых углов

$$\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha = \frac{d_2 - d_1}{2L} \text{ и } \sin \alpha \approx \alpha,$$

можно написать

$$\alpha = \frac{d_2 - d_1}{2L}$$

При расчете значения угла α по этой формуле оно будет выражено в радианах. Чтобы перевести его в угловые минуты, надо записать формулу так:

$$\alpha = \frac{d_2 - d_1}{2L} \cdot 360^\circ \cdot 60'$$

Искомый угол расхождения (в минутах):

$$\varphi = 2\alpha = \frac{d_2 - d_1}{2L} \cdot \frac{360^\circ \cdot 60'}{2\pi}$$

Порядок выполнения задания

1. Установите экран из миллиметровой бумаги вблизи лазера на расстоянии около 50 см (бумагу обратите к лазеру тыльной стороной — это уменьшит ореол вокруг пятна).

2. Определите диаметр светового пятна по горизонтали и по вертикали и вычислите его среднее значение d_1 . Удалите экран на 1,5–2 м от первоначального положения и найдите средний диаметр пятна d_2 .

3. Сделайте необходимые вычисления и определите угол расхождения луча.

Дополнительные задания

1. Определите расстояние между штрихами записи, нанесенными по спиральной линии на лазерном диске, используя его как дифракционную решетку. В качестве источника света используйте любой из лазеров. (Длина волны света гелий-неонового лазера 632,8 нм, а лазерного светодиода указки 630–680 нм).

2. При помощи поляроида выясните, является ли свет лазера поляризованным. Для этого расположите поляризатор на пути лазерного луча, падающего на экран. Вращая поляризатор вокруг оси, совпадающей с лучом, наблюдайте за световым пятном на экране и сделайте вывод.

Контрольные вопросы

1. Каков механизм спонтанного и вынужденного излучений?
2. Каков физический смысл понятия инверсная населенность?
3. Каково назначение зеркал в устройстве лазеров?
4. Каковы основные свойства излучения лазера и чем они обусловлены?

Литература

1. Кабардина С.И., Шеффер Н.И. Измерения физических величин. Элективный курс: Учебное пособие / Под ред. О.Ф.Кабардина. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. — С. 107 и 123.
2. Кабардина С.И., Шеффер Н.И. Измерения физических величин. Элективный курс: Методическое пособие / Под ред. О.Ф.Кабардина. Лаборатория знаний, 2005. — С. 100.
3. Майер В.В., Стрелков В.М. Демонстрация полупроводникового лазера // Сб. Проблемы учебного физического эксперимента. Вып. 23. — М.: ИСМОРАО, 2006. — С. 70.
4. Майер В.В., Стрелков В.М. Изучение полупроводникового лазера // Учебная физика. — М.: ИСМОРАО, 2007. — № 1. — С. 70.

ПРИБОР ДЛЯ УЧЕБНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛНОГО ВНУТРЕННЕГО ОТРАЖЕНИЯ СВЕТА

В.В.Майер, Е.И.Вараксина
(г. Глазов, Удмуртская Республика)

Явление полного внутреннего отражения света представляет немалый интерес для школьников. Непривычно то, что от границы раздела двух прозрачных сред свет при определенных условиях может практически полностью отражаться. Поразительны световоды, доставляющие энергию света в нужное место по произвольным траекториям. Впечатляют многочисленные практические применения этого замечательного явления.

Однако для наблюдения полного внутреннего отражения света в школе обычно используются твердые прозрачные тела, изготовленные из стекла или оргстекла. Как правило, поверхности этих тел имеют более или менее значительные дефекты (загрязнения, царапины и т.п.), поэтому на них происходит заметное рассеяние света.

Для учебного исследования явления полного внутреннего отражения света мы предлагаем изгото-

товить простой прибор, свободный от указанных недостатков и всегда готовый для постановки экспериментов.

Основной частью прибора является прозрачная пластиковая бутылка емкостью 0,5 л с примерно плоскопараллельными стенками и герметично закручивающейся крышкой. В стакане прокипяченной или отстоявшейся воды, которая уже не дает на стенках пузырьков газа, растворяют небольшое количество хвойного концентрата или флюоресцеина так, чтобы раствор приобрел зеленоватый цвет. При необходимости раствор фильтруют и до половины заливают в подготовленную бутылку. Поверх этого раствора наливают чистый керосин¹. Крышку бутылки плотно закручивают. Прибор для учебных исследований готов (рис.1). В упрощенном варианте раствор флюоресцеина в воде заменяют просто водой.

Исследование 1 Наблюдение явления полного внутреннего отражения света

Учащиеся предлагают посмотреть на границу раздела этих двух несмешивающихся жидкостей сквозь боковую стенку сосуда сверху. Меняя направление наблюдения, они обнаруживают, что при определенном угле зрения эта граница блестит как самое совершенное зеркало. Более ярко это явление можно наблюдать, если перед стаканом разместить лист белой бумаги, на которую падает свет (рис. 1).



Рис. 1

Рис. 2

Поместив перед сосудом какой-нибудь предмет, можно увидеть не только зеркальную границу меж-

¹ Керосин в удобной пластиковой упаковке продается в хозяйственных магазинах.

ду водой и керосином, но и изображение предмета в этой границе. Опыт эффектен при использовании горячей лампочки карманного фонаря. Разумеется, неискаженные изображения получатся, если граница между водой и керосином совершенно спокойна. На рис. 2 приведена фотография опыта, в котором в качестве предмета использован лист белой бумаги со словами «керосин» и «вода», расположенными в тех местах, где в сосуде действительно находятся вода и керосин. Хорошо видно, что за счет полного внутреннего отражения света слово «керосин» практически без искажений отражается в границе раздела сред, как в зеркале. Убедиться в этом нетрудно, используя обычное плоское зеркало.

Обнаруженное в описанных опытах явление полного внутреннего отражения света учащиеся объясняют тем, что абсолютный показатель преломления керосина больше, чем воды. Школьники часто бывают удивлены тем фактом, что плавающая на воде *менее плотная* жидкость — керосин — является *оптически более плотной!*

Исследование 2 Определение показателя преломления по предельному углу

Предлагают учащимся определить абсолютный показатель преломления плавающего на воде керосина. Их рассуждения при теоретическом решении проблемы могут быть примерно такими.

Ход луча при падении света под предельным углом i_{np} полного внутреннего отражения показан на рис. 3. Очевидно, $\sin i_{np} = \frac{n_2}{n_1}$. Угол α падения света на стенку кюветы по выходе из нее равен

$\alpha = \frac{\pi}{2 - i_{np}}$. Из закона преломления угол β , под которым свет выходит из кюветы, определяется соотношением $\sin \beta = n_1 \sin \alpha = n_1 \sin \frac{\pi}{2 - i_{np}} = n_1 \cos i_{np}$. Отсюда

$$\sin \beta = n_1 \sqrt{1 - \sin^2 i_{np}} = n_1 \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}.$$

Из этой формулы окончательно получают, что показатель преломления оптически более плотной жидкости, плавающей на оптически менее плотной, равен

$$n_1 = \sqrt{n_2^2 + \sin^2 \beta}. \quad (1)$$

Чтобы до конца решить поставленную проблему, остается только найти способ измерения в эксперименте угла β .

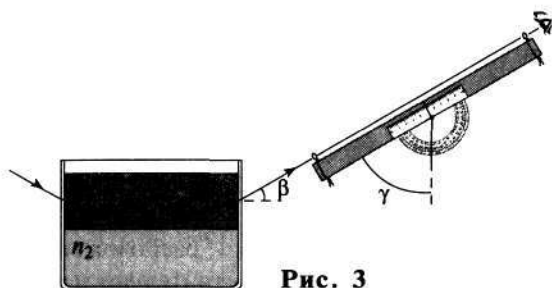


Рис. 3

Сделать это можно, если под руками имеются линейка, транспортир и проволока. На линейке посередине тем или иным способом (например, скотчем) прикрепляют транспортир так, чтобы его прямая сторона была параллельна краю линейки. Возле центра транспортира на линейке закрепляют проволочную петлю и вставляют в нее указатель, изогнутый из медной проволоки толщиной около 0,8 мм. Указатель должен свободно висеть по обе стороны транспортира и с минимальным трением поворачиваться в петле. На концах линейки скруткой закрепляют две одинаковые проволочные петли диаметром примерно 4 мм. В результате получается *визир*, позволяющий определять направление наблюдения.

Сквозь визир смотрят сбоку кюветы на середину границы раздела между водой и керосином, медленно поднимая или опуская голову до тех пор, пока она не займет положение, при котором наступает полное внутреннее отражение света. В этот момент аккуратно без смещения пальцем прижимают указатель к транспортиру и определяют значение угла γ . Опыт повторяют несколько раз, записывая получающиеся значения измеряемого угла.

Если опыт проводится в звене из двух человек, то один учащийся проводит наблюдения, а второй определяет по положению указателя значение угла зрения в момент измерения. Вычисляют значение угла $\beta = \frac{\pi}{2 - \gamma}$.

Найденное значение угла β подставляют в формулу (1) и вычисляют значение абсолютного показателя преломления n_1 керосина. В наших опытах получилось $\beta = 33^\circ$, поэтому

$$n_1 = \sqrt{1,33^2 + 0,54^2} = 1,44.$$

Исследование 3

Наблюдение проникновения света в оптически менее плотную среду

Теория показывает, что при полном внутреннем отражении свет частично проникает во вторую сре-

ду. Электромагнитная волна как бы «ныряет» из оптически более плотной в оптически менее плотную среду на глубину порядка длины световой волны и затем «выныривает» обратно в оптически менее плотную среду. Учащимся можно предложить разработать условия эксперимента, которые позволяют обнаружить это тонкое явление.

На границу раздела жидкостей керосин — вода сбоку сосуда направляют узкий сходящийся пучок света от школьного осветителя (рис. 4). Подбирают угол падения так, чтобы он не слишком превышал предельный. Большой точности при этом не нужно, важно только, чтобы имело место полное внутреннее отражение света.



Рис. 4

Выключают свет и в темноте наблюдают, что тонкий слой воды, непосредственно примыкающий к керосину, довольно ярко светится зеленым светом (рис. 5)! Это свидетельствует о том, что при полном внутреннем отражении свет действительно на небольшую глубину проникает в оптически менее плотную среду. Внимательнее приглядевшись к сосуду, школьники увидят световой пучок, идущий внутри керосина. Непосредственное наблюдение показывает, что свет действительно полностью отражается от границы раздела керосина с водой. Пучок, идущий внутри керосина, становится видимым благодаря тому, что керосин слабо люминесцирует в синем и фиолетовом свете.



Рис. 5

Подобный эксперимент, в котором вместо керосина использовалась стеклянная призма, впервые был поставлен русским физиком Л.И. Мандельштамом.

ШАХТНЫЙ ГАЗОВЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР В ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ

В.Г.Чупашев
(Кемеровская обл.,
г. Анжеро-Судженск, школа № 14)

В настоящее время в связи с тем что школы переходят на профильное обучение, многие учителя испытывают затруднения при организации практических занятий элективных курсов естественно-научного, физико-математического и технологического профиля. Ведь такие занятия должны иметь ярко выраженную профессиональную и практическую направленность, однако в школах для их проведения порой недостает учебного оборудования. Не хватает необходимых методик обучения. Между тем в этом случае в учебном процессе можно использовать списанное оборудование, которым располагают промышленные предприятия региона, где находится образовательное учреждение.

На протяжении многих лет при проведении занятий физического практикума или факультативных курсов я использую шахтный газовый интерферометр (предназначенный для определения концентрации метана в шахте), причем содержание эксперимента не выходит за рамки школьного курса физики. Сегодня интерференционные методы исследования широко применяются в медицине, технике, машиностроении, и введение в школьный практикум работы с интерферометром позволяет показать учащимся, что во многих специальных дисциплинах используются законы физики.

Общая схема хода лучей в приборе следующая. Свет от лампочки 1 проходит через конденсорную линзу 2. Затем параллельным пучком он падает на зеркало 3, где разделяется на два интерферирующих пучка. Первый пучок света, отразившись от верхней грани зеркала, проходит через боковые полости А и В (они заполнены атмосферным воздухом) газо-воздушной камеры. Второй пучок света, отразившись от нижней посеребренной грани зеркала, дважды проходит по средней полости Б газо-воздушной камеры. В эту полость закачивают воздух (воздух в шахте). Оба пучка света, выйдя из камер Б и В, вновь падают на зеркало 3 и, отразившись от его верхней и нижней граней, сходятся в один световой интерферирующий пучок, который, пройдя через призму б, отклоняется под прямым углом и попадает в объектив зрительной трубы, где можно наблюдать интерференционную картину. Призма б сделана подвижной, что позво-

ляет перемещать интерференционную картину вдоль отсчетной шкалы, наблюдаемой в окуляре, и устанавливать ее в нулевое положение.

Таким образом, оптическая схема данного устройства, как видим, не содержит элементов, не изучаемых согласно школьной программе по оптике. В процессе работы с этим устройством учащиеся закрепляют теоретические знания, учатся применять их на практике.

Для использования шахтного газового интерферометра в качестве учебного прибора на занятиях в школе необходимо убрать из него медный лабиринт, заблокировать две крайние газовые камеры, соединив выводы между собой, закрыть оптическую схему прибора пластиной из органического стекла, а грушу для закачивания воздуха заменить медицинским шприцем.

В приборе применен гальванический элемент напряжением 1,5 В, но можно установить на корпусе прибора клеммы для подключения к внешнему источнику питания. Можно предусмотреть возможность применения лазерной указки вместо лампочки накаливания и проводить опыты с источником монохроматического света.

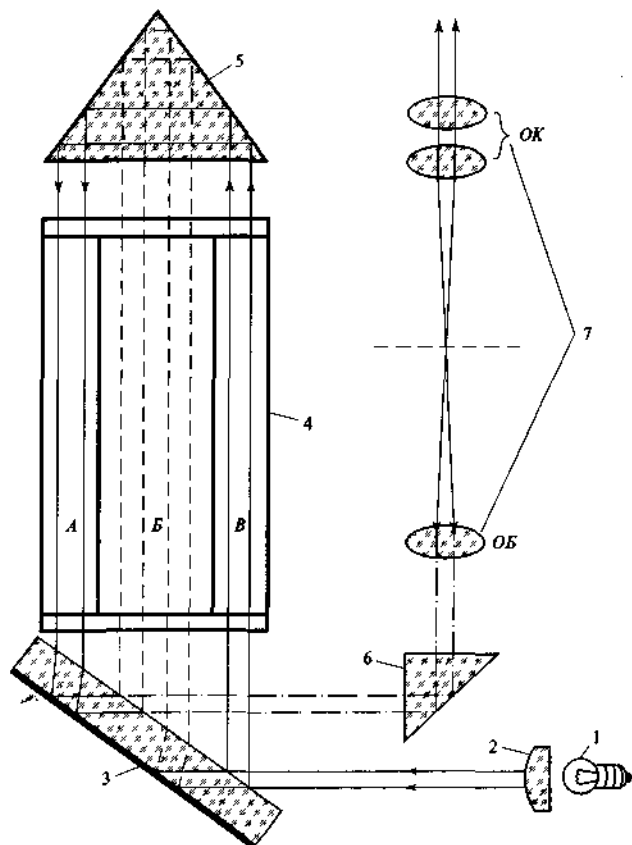
Данный прибор может использоваться при объяснении материала таких тем, как «Интерференция света» и «Законы геометрической оптики», а также на практических занятиях, где учащимся предлагается, пользуясь описанием оптической схемы, построить ход лучей в газовом интерферометре.

Ниже приводится вариант лабораторной работы с газовым интерферометром.

Изучение газового интерферометра

Цель работы: изучить устройство и принцип действия шахтного газового интерферометра, а также построить ход лучей в газовом интерферометре.

Приборы и оборудование: интерферометр типа ШИ-3 (сегодня применяются более совершенные конструкции, но принцип работы прибора не изменился), описание оптической схемы прибора, картонный шаблон для ее вычерчивания (его используют с целью экономии времени для выполнения лабораторной работы). Шаблон изготавливают с отверстиями для вычерчивания оптической



Описание оптической схемы газового интерферометра. В нее входят следующие элементы: 1 — лампочка (типа МН-1); 2 — конденсорная линза; 3 — плоскопараллельная пластина (зеркало); 4 — газо-воздушная камера, имеющая три сквозные полости (А, Б, В), ограниченные плоскопараллельными стеклянными пластинами; 5 — призма полного внутреннего отражения; 6 — подвижная призма полного внутреннего отражения; 7 — зрительная трубка с объективом ОБ и окуляром ОК.

схемы в масштабе 1 : 1, с их помощью обозначают все ее значимые элементы.

Порядок выполнения работы

1. Включить интерферометр и в окуляре наблюдать интерференционную картину.

2. С помощью шприца закачать в камеру (в полость В) воздух и наблюдать за смещением интерференционной картины.

3. Изучить конструкцию прибора и записать все элементы оптической схемы интерферометра.

4. Используя шаблон, изобразить в тетради оптическую схему прибора.

5. Построить ход лучей в газовом интерферометре, пользуясь описанием оптической схемы прибора (для более удобного восприятия хода лучей их можно показать разным цветом).

Контрольные вопросы

1. Каковы основные элементы оптической схемы газового интерферометра?

2. Какие явления оптики использованы при разработке оптической схемы интерферометра?

3. За счет чего создается оптическая разность хода лучей в интерферометре?

4. Почему в окуляре виден весь спектр света, а не чередование минимума и максимума интенсивности света?

5. Почему при закачивании воздуха в газовую камеру (в полость В) происходит смещение интерференционной картины?

6. Для каких еще целей можно использовать данное устройство?

Данная работа рассчитана на 2 учебных часа. Учащиеся, которые проявляют интерес к предмету, легко справляются с ней. Если ученики затрудняются начертить ход лучей в газовом интерферометре, то можно на готовой оптической схеме (выполнив ее для наглядности в цвете) пояснить принцип построения хода лучей. После этого учащиеся, как правило, легко выполняют работу. На шаблоне можно показать начальный ход лучей и ход лучей после преломления и отражения на зеркале 3.

Приведенная работа практикума формирует политехнические знания, развивает мышление, воображение, а также прививает интерес к физике. Кроме того, она способствует развитию таких черт характера, как аккуратность, настойчивость и любознательность.

ПОСТАНОВКА ОПЫТОВ РЕЗЕРФОРДА В КЛАССАХ С УГЛУБЛЕННЫМ ИЗУЧЕНИЕМ ФИЗИКИ

А.С.Красников, С.В.Фомин
(г. Рязань, РГУ им. С.А.Есенина)

Программой школьного курса X–XI классов предусматривается изучение всех разделов физики, начиная от механики Ньютона и заканчивая физикой элементарных частиц. Так как за последние десятилетия такие разделы, как физика полупроводников, плазмы и элементарных частиц, получили интенсивное развитие, возникла микроэлектроника и основанные на ней новые поколения персональных компьютеров — полностью изменился облик современной физики. Поэтому совершенно естественно, что в современном курсе физики для школьников все эти разделы должны быть учтены.

При изучении строения атома в курсе физики средней школы рассматривается модель атома Томсона и опыт Резерфорда. Описание выглядит следующим образом [1, 2]. Одну из первых моделей атома предложил Дж. Дж. Томсон. Он предположил, что атом представляет собой сферу, непрерывно заполненную по всему объему заряженной положительно жидкостью с вкрапленными в нее отрицательно заряженными электронами. Радиус атома должен быть равен примерно 10^{-10} м. В целом атом электронейтрален.

Опыты Резерфорда проводились следующим образом. Радиоактивное вещество (2) (радий или полоний), испускающее α -частицы (3) с заранее известной энергией E_k ($E_k \approx 4,5$ – $5,5$ МэВ), помещалось внутри свинцового цилиндра (1), вдоль оси которого высверлен узкий канал (см. рис. 1). Радиоактивное вещество (радий) испытывает α -распад по схеме

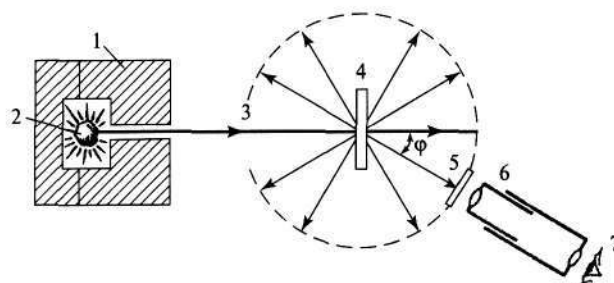


Вылетающие из канала узким пучком α -частицы попадали на тонкую металлическую фольгу (4) толщиной 10^{-7} м, приготовленную из какого-нибудь благородного металла (золото, серебро, платина). Сталкиваясь с атомами вещества фольги, α -частицы рассеивались на некоторый угол θ . При столкновении с атомными электронами, α -частицы практически не изменяют своего направления, так как их масса примерно в 8000 раз больше массы электрона. С другой стороны, ядра атомов тяжелых элементов можно считать неподвижными

рассеивающими центрами ввиду того, что масса ядра много больше массы α -частицы:

$$\frac{m_{\text{Au}}}{m_{\alpha}} \approx \frac{197}{4} \approx 49,3 \approx 50.$$

Часть α -частиц, отклонившись на угол θ от первоначального направления, попадала на экран-сцинтиллятор (5), изготовленный из сернистого цинка ZnS , вызывала слабые кратковременные вспышки света (сцинтилляции), которые можно наблюдать (в полной темноте) глазом (7) при помощи оптического микроскопа (6) с небольшим увеличением.



Все части прибора, кроме оптического микроскопа, находились внутри стеклянного вакуированного сосуда, из которого во избежание дополнительного рассеивания α -частиц выкачивался воздух. В течение некоторого постоянного промежутка времени подсчитывалось число сцинтилляций Δn , вызванных α -частицами, рассеянных на угол θ внутри телесного угла $\Delta\omega$, ограниченного полем зрения микроскопа. Удалив золотую фольгу и поставив микроскоп со сцинтиллятором против канала в цилиндре ($\theta = 0^\circ$), можно было сосчитать число сцинтилляций (определить число α -частиц) n_0 за тот же промежуток времени.

Не останавливаясь на выводе формулы Резерфорда, представим ее в окончательном виде:

$$\Delta n \cdot \sin^4\left(\frac{\theta}{2}\right) = \text{const} \quad (1)$$

Для сравнения экспериментальных данных с теорией необходимо подставить в формулу (1) значения числа частиц Δn , рассеянных на заданный угол θ , $\theta + \Delta\theta$.

Опыты Резерфорда проводились при предположении, что сила взаимодействия между ядром

и α -частицей подчиняется закону Кулона, то есть что сила взаимодействия между α -частицей и рассеивающим центром обратно пропорциональна квадрату расстояния между этими частицами. Однако необходимо иметь в виду, что это предположение является только гипотезой и оправдывается лишь последующим согласованием теории с экспериментом [3, 4].

Формула Резерфорда (1) была подвергнута тщательной экспериментальной проверке. В таблице 1 приведены результаты опытов Резерфорда для нескольких углов рассеивания θ .

Из рассмотрения результатов эксперимента, приведенных в таблице 1, мы видим, что, несмотря на очень большое изменение числа α -частиц, подсчитанных в зависимости от угла рассеивания (от 33 для $\theta = 150^\circ$ до 132000 для $\theta = 15^\circ$), величина $\Delta n \cdot \sin^4\left(\frac{\theta}{2}\right)$ меняется очень мало (примерно на 30%) [3].

Опыт Резерфорда не может быть поставлен при проведении лабораторных занятий в школе или вузе. Это связано с высокой стоимостью и громоздкостью оборудования, сложностью его обслуживания и т.д. Однако реальный опыт может быть заменен прибором-имитатором, в котором используются данные реального эксперимента [5]. При работе с установкой получают данные как при реальном эксперименте. Прибор отличается компактными размерами и помещается на столе.

На модели показаны основные элементы установки: источник α -частиц, мишень, детектор, индикатор. Прибор может работать как с персональным компьютером, так и без компьютера. При бескомпьютерном варианте результаты выводятся на индикатор. При работе с компьютером используется специальная программа, поставляемая с прибором. Прибор является очень простым в обращении, не требует специального обслуживания. С ним может работать студент и даже школьник.

Установка позволяет изучать рассеяние α -частиц под разными углами θ . Данный прибор может быть использован при изучении физики в средней школе в классах с углубленным изучением.

Результаты измерений числа α -частиц Δn (за постоянный промежуток времени), рассеянных на разные углы θ , полученные на установке УЛК «Опыт Резерфорда», приведены в таблице 2.

Из рассмотрения таблицы 1 и таблицы 2 видно, что полученные результаты эксперимента в опытах Резерфорда и на установке УЛК «Опыт Резер-

форда» находятся в достаточно хорошем согласовании. Расхождение в численных значениях величины $\Delta n \cdot \sin^4\left(\frac{\theta}{2}\right)$ в указанных опытах может быть объяснено различием расстояния от мишени до детектора и его размерами, плотностью потока α -частиц и их энергией.

При постановке указанной работы можно также рассчитать наименьшее расстояние r_0 , на которое могут подходить α -частицы к ядру в этом опыте. Очевидно, это будет при лобовом ударе. В этом случае наименьшее расстояние между ядром и α -частицей будет определяться из равенства кинетической энергии α -частицы $E_{k\alpha} = \frac{m_\alpha v_0^2}{2}$ и ее потенциальной энергии в электрическом поле ядра $E_{pa} = \frac{2Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r_0}$ в точке наибольшего сближения (в этой точке кинетическая энергия частицы будет равна нулю, так как частица, перед тем как повернуть обратно, останавливается). При начальной энергии α -частицы $E_{k\alpha} = 4,5$ МэВ ($Z = 79$) находим:

$$r_0 = \frac{2e^2 Z}{4\pi\epsilon_0 E_k} = \frac{2 \cdot 79 \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^2}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 4,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 5 \cdot 10^{-14} \text{ м.}$$

Таким образом, опыты Резерфорда показали справедливость предположений, положенных в основу ядерной (планетарной) модели атома и позволили сделать следующие выводы.

1. Основная масса атома сосредоточена в весьма малой области пространства по сравнению с размером атома в так называемом электрически заряженном массивном ядре.
2. Модель строения атома Томсона неверна.
3. Размер атомного ядра $r_{\text{ядер}} \leq 10^{-14}$ м.
4. Закон Кулона справедлив и выполняется до расстояний $r \sim 10^{-14}$ м.

Опыты Резерфорда, несмотря на то что они были осуществлены около века назад, не потеряли своей актуальности до сегодняшнего дня. Мы так подробно остановились на их истории потому, что осуществляемые по аналогичным схемам опыты в настоящее время играют очень большую роль в изучении свойств как ядер, так и элементарных частиц.

Зондирование вещества заряженными частицами является основным современным методом исследования структуры частиц и свойств микромира. Суть этого метода состоит в изучении закономерностей рассеяния частиц мишенью. Получен-

ные закономерности представляют собой макроскопические следствия процессов взаимодействия на микроуровне. Интерпретация этих процессов дает возможность воссоздать картину микромира — определить структуру частиц, поля, окружающих их, свойств симметрии микромира.

Конечно, сейчас опыты проводятся с гораздо более сложным оборудованием и с целью найти во много раз более тонкие эффекты. Использование радиоактивного элемента в качестве источника α -частиц вносит большие погрешности при определении рассеивающего потенциала и радиуса действия ядерных сил, поэтому при определении этих характеристик в настоящее время используются данные, полученные на установках Ван де Граафа и циклотронах. Пучки рассеиваемых частиц (электронов, протонов, мезонов, α -частиц и т.д.) получают при помощи ускорителей зараженных частиц. Частицы в них имеют значительно большую энергию, чем α -частицы, испускаемые радиоактивными ядрами. Для подсчета числа частиц, рассеянных на разные углы, применяются различные счетчики, автоматически регистрирующие частицы и сортирующие их по энергиям [4, 6].

Так изучение рассеяния электронов высокой энергии 200–400 МэВ на ядрах (опыты Хофштадтера, 1956–1958 гг.) дало возможность установить не только размеры ядер и распределение заряда в них, но и размеры элементарных частиц — протона и нейтрона.

Заложив модель строения атома и получив свою знаменитую формулу, Резерфорд обессмертил свое имя в науке и по праву называется «отцом ядерной физики».

Литература

1. *Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б.* Учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений. — М.: Просвещение, 1999.
2. Учебник для 11 класса школ и классов с углубленным изучением физики / Под редакцией Пинского А.А. — М.: Просвещение, 1998.
3. *Шпольский Э.В.* Атомная физика. — М.: Наука, 1984.
4. *Савельев И.В.* Курс общей физики. Книга 5. — М.: Издательство АСТ, 2002.

Таблица 1

Зависимость числа частиц Δn от угла рассеивания θ в опытах Резерфорда при $\Delta t = 100$ сек.

Угол рассеяния	Число сцинтилляций	$\Delta n \cdot \sin^4\left(\frac{\theta}{2}\right)$
15	132000	38,4
30	7800	35,0
45	1435	30,8
60	477	29,8
75	211	29,1
105	69,5	27,5
120	51,9	29,0
135	43,0	31,2
150	33,1	28,8

Таблица 2

Результаты опытов Резерфорда на установке УЛК при $\Delta t = 100$ с

Угол рассеяния	Число сцинтилляций	$\Delta n \cdot \sin^4\left(\frac{\theta}{2}\right)$
10	3021	0,174
15	562	0,163
20	201	0,182
25	79	0,174
30	38	0,172
35	22	0,175
40	13	0,177
45	8	0,171
50	5	0,175

5. <http://umk.sinp.msu.ru>

6. *Бейзер А.* Основные представления современной физики. — М.: Атомиздат, 1973.



ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ В ЛАБОРАТОРНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

С.Ю.Махмудова
(г. Ташкент)

С целью углубленного изучения некоторых вопросов физики, важных для технологии производства хлопка, были использованы лабораторные работы и демонстрации комплексного содержания.

Выполнение лабораторных работ способствует более глубокому усвоению учащимися физических законов, формированию у них умений использования приборов, приучает самостоятельно и осознанно применять теоретические знания в производственном труде. При выполнении лабораторной работы, связанной с будущей профессией, у учащихся возникает целенаправленный интерес к ней, так как полученные умения будут нужны в производственной деятельности.

Тематика лабораторных работ приведена в таблице 1.

Лабораторные работы выполняются в основном в физической лаборатории и частично в полевых условиях во время лабораторных и внеклассных занятий, а также во время производственной практики.

При выполнении лабораторных работ необходимо учитывать специфические особенности местного климата и технологии возделывания хлопчатника.

В период созревания растения — хлопчатника температура поверхности почвы днем будет выше, чем глубинных ее слоев. Когда имеют место замо-

розки, то температура разных слоев почвы в глубине сохраняется длительное время постоянной. В этих тепловых процессах большое значение имеет, с одной стороны, теплоемкость почвы, что важно для стабилизации определенной температуры в различных слоях в почве. С другой стороны, для жизни растения имеют большое значение теплопроводность почвы, в зависимости от этого почва может охлаждаться в течение длительного времени, или, наоборот, охлаждение может произойти быстро.

Перед выполнением лабораторных работ учащимся разъясняется, что эти лабораторные работы будут нужны им в дальнейшей производственной деятельности, поэтому при составлении отчетов необходимо отразить применимость работ в производственном труде.

После выполнения работы фронтально или индивидуально учащимся предлагается так называемое производственное задание.

Приведем примеры заданий некоторых лабораторных работ.

Лабораторная работа «Определение плотности и пористости почвы»

Цель работы: определить плотность и пористость почвы.

Таблица 1

Перечень лабораторных работ	Классы		
	VIII	IX	X
1. Определение коэффициента трения скольжения почвы	+		
2. Определение плотности почвы и семян хлопчатника	+		
3. Определение пористости почвы и семян хлопчатника	+		
4. Определение удельной теплоемкости почвы и семян		+	
5. Определение удельной теплоемкости почвы и семян		+	
6. Определение влажности почвы и семян хлопчатника		+	
7. Определение капиллярности почвы		+	
8. Установление — сортировка семян хлопчатника механическим, электрическим и магнитным способами		+	
9. Ультразвуковая обработка семян хлопчатника перед посевом			+
10. Воздействие электромагнитных волн и изотопов на семена хлопчатника (экспериментальным способом)			+

Оборудование: весы с разновесами точностью до 200 г; полый металлический цилиндр, изготовленный из трубы диаметром около 1 см и примерно такой же высоты; деревянный молоток; плоская металлическая лопатка; кусок жести; мензурка.

Содержание и порядок выполнения работы

Задание 1. Определение плотности почвы.

Плотность является важной агрофизической характеристикой почвы. Она зависит от соотношения почвенных частиц и пор в естественном состоянии почвы. От плотности почвы зависит ее сопротивление действию плуга при вспашке.

1. Забить металлический цилиндр (бур) деревянным молотком в почву, обкопать вокруг цилиндра лопаткой и подрезать почву у нижнего его основания.

2. Вынуть почву из цилиндра, не нарушая ее структуры.

3. Определить с помощью весов массу почвы в естественном состоянии.

4. По размерам цилиндра определить объем почвы в естественном состоянии по формуле

$$V = \pi R^2 H.$$

5. Вычислить плотность почвы в естественном состоянии по формуле

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\pi R^2 H},$$

где ρ — плотность почвы, m — масса почвы, R — внутренний радиус цилиндра, H — высота цилиндра.

Результаты измерения записываем в таблицу 2.

Таблица 2

№ п/п	Масса почвы	Объем почвы	Плотность почвы	Среднее значение

Задание 2. Определение пористости почвы.

Пористость — это объем пор тела в естественном состоянии, выраженный в процентах к объему всего почвенного образца. Пористость обуславливает водный, воздушный и тепловой режимы почвы, которые, в свою очередь, оказывают влияние на плодородие почвы. Особое значение имеет пористость орошаемых почв. Она обуславливает глубину просачивания воды, капиллярный подъем грунтовых вод. От пористости в значительной степени зависит испарение влаги с поверхности почвы.

Для выполнения предлагаемого варианта работы заполняем образец почвы в цилиндре водой, поэтому объем долитой в цилиндр воды можно принять за полный объем всех пор почвы в цилиндре.

Согласно определению пористости почвы находим отношение (в процентах):

$$\eta = \frac{\Delta V}{V} 100\%,$$

где ΔV — объем, который занимает просочившаяся во все поры вода внутри почвы, V — объем образца почвы, равный внутреннему объему цилиндра.

Заполняем таблицу 3.

При выполнении этой работы мы определили числовые значения двух параметров образца почвы, имеющих важное значение для характеристики готовности почвы для посева. Эти параметры для разных почв имеют отличные друг от друга значения.

Таблица 3

№ п/п	Объем долитой в цилиндр почвы (воды)	Объем цилиндра (образца почвы)	Пористость почвы	Среднее значение пористости почвы

Примеры производственных заданий

1. Какое значение имеет пористость почвы в сельском хозяйстве?

2. Какие почвы более пористы — тяжелые или легкие?

3. Как можно объяснить пористость почвы по формуле Жюрена $H = \frac{2\delta}{\rho g}$?

Лабораторная работа «Определение удельной теплоемкости почвы»

Цель работы: определить удельную теплоемкость почвы.

Оборудование: калориметр, электроплитка, пробы почвы, термометр, сосуд с водой, весы с разновесами.

Порядок выполнения работы

1. Кусочек почвы растирают на поверхности какой-нибудь доски, а затем растертую массу почвы (с температурой t_n) опускают в калориметр с водой (при температуре t_e).

2. По показаниям разности температур $t_e - t_n$ видно, что почва отдает, а калориметр получает некоторое количество тепла Q при данной массе калориметра m_x и воды m_e . В результате теплооб-

мена и вода и почва приобретают температуру t_c .

Записываем уравнения теплового баланса:

$$Q_n = Q_a + Q_k, \quad (1)$$

$$Q_a = m_a c_a (t_a - t_c), \quad (2)$$

$$Q_k = m_k c_k (t_a - t_c), \quad (3)$$

В свою очередь, $Q_n = m_n c_n (t_c - t_n)$ (4). Подставляя значения из формул (2, 3, 4) в (1), вычисляем удельную теплоемкость почвы:

$$c_n = \frac{(m_a c_a + m_k c_k)(t_a - t_c)}{m_n (t_c - t_n)},$$

где c_n — удельная теплоемкость твердой фазы почвы, c_a — удельная теплоемкость воды, c_k — удельная теплоемкость калориметра, m_k — масса воды в калориметре, m_a — масса калориметра, m_n — масса почвы, t_a — температура горячей воды, t_c — температура смеси, t_n — температура почвы.

В этих опытах массы могут быть измерены с помощью малых технических весов, температуры измеряются термометрами со шкалой до 50°C (или 100°C).

Опыт повторяют 3–5 раз. Затем определяют среднее значение удельной теплоемкости почвы.

Производственные задания

1. Какое практическое значение имеет определение удельной теплоемкости почвы?
2. Что называется удельной и молекулярной теплоемкостью почвы?
3. Какая теплоемкость больше — сухой или влажной почвы?

Лабораторная работа «Определение коэффициента теплопроводности почвы калориметрическим способом»

Цель работы: определить коэффициент теплопроводности почвы калориметрическим способом.

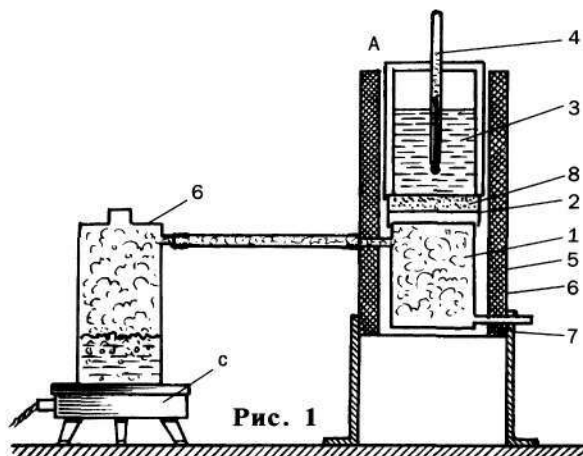


Рис. 1

Оборудование: А-1 — паровая коробка, 2 — металлическое кольцо с перегородкой внутри, 3 — калориметр с водой, 4 — термометр, 5 — цилиндрический каркас из жести, 7 — цилиндр из картона, 8 — исследуемое вещество, Б — парообразователь, С — электрическая плитка с мощностью порядка 400–600 Вт.

Содержание и порядок выполнения работы

Одним из важных параметров почвы в тепловых процессах является коэффициент теплопроводности почвы (λ), значение величины которого численно равно количеству теплоты (Q), которое проходит через толщину почвы в один метр с поверхностью $S = 1 \text{ м}^2$, за одну секунду (τ) при разности температур Δt на противоположных поверхностях почвы на 1°C , что в математической форме выражается в виде формулы:

$$\lambda = \frac{Ql}{S\tau\Delta t}, \quad (1)$$

где l — толщина слоя почвы.

Для определения λ необходимо опытным путем определить числовые значения величин Q , l , S , t , Δt , чтобы с помощью написанной выше формулы вычислить искомую величину.

Имеется много разных способов определения теплопроводности вещества. Мы же использовали весьма простой калориметрический метод, с тем чтобы дать школьникам представление об этой величине, которая характеризует тепловые свойства почвы и поддержание определенной температуры почвы, необходимой для нормальной жизни (развития) хлопчатника в зависимости от метеорологических условий.

Порядок выполнения работы

1. Более половины калориметра заполняется водой, имеющей комнатную температуру.
2. Между основанием нижнего калориметра и паровой коробкой аккуратно и осторожно помещается образец почвы и укладывается на указанные места.
3. Термометр опускается в калориметр (в воду) через отверстие крышки калориметра.
4. Отверстие парообразователя соединяется при помощи трубки с паровой коробкой.
5. Парообразователь, заполненный ниже половины водой, помещают на электрическую плитку.

6. Включают электроплитку и доводят до кипения воду в парообразователе и соединяют его с паровой коробкой.

Затем наблюдают за показаниями термометра.

7. При этих условиях образец почвы снизу соприкасается с горячим паром (с температурой кипения воды t_0), а сверху — с водой, температуру которой можно принимать за температуру верхней поверхности почвы.

Далее проводят запись результатов в следующем порядке.

1. Масса воды в калориметре m .

2. С момента пуска водяных паров через паровую коробку некоторое время показание термометра будет постоянно, а как только теплота через почву начнет передаваться воде — начинается повышение ее температуры.

Показание термометра в момент начала опыта записывается как t_1 , а через 20–30 минут записывается показание термометра t_2 — изменение температуры, произошедшее из-за нагревания воды.

На основании этих наблюдений определяется разность температур $t_2 - t_1$ и вычисляется количество теплоты, переданное через почву воде, что можно вычислить по формуле $Q_0 = m c_0 (t_2 - t_1)$.

3. Найдем среднюю температуру воды

$$\frac{t_1 + t_2}{2} = \bar{t},$$

которая принимается за температуру верхней поверхности почвы.

4. Записываем опытные данные: площадь поверхности образца почвы S ; толщина образца почвы l ; температура нижней поверхности образца почвы (водяного пара) t_0 ; время повышения температуры воды от t_1 до t_2 , т.е. τ .

Для вычисления λ имеем (1), где $\Delta t = t_0 - \bar{t}$.

Для определения более точного значения теплопроводности почвы приходится учесть (кроме воды) теплопроводность материала калориметра по формуле $Q_k = m_k c_k (t_2 - t_1)$, где c_k — удельная теплоемкость материала калориметра. При этом количество теплоты, прошедшей через образец почвы, можно рассчитать как $Q = Q_0 + Q_k$.

Примечание. При опытном определении λ можно показание термометра записать через каждые 8–10 минут. В этом случае при каждой разности температур можно вычислить λ

$$\lambda = \frac{(Q_0 + Q_k) l}{S \tau \Delta t}.$$

Лабораторная работа «Использование влияния электрического поля на семена хлопчатника»

Цель работы: познакомить учащихся с возможностью изменения посевных качеств семян хлопчатника путем воздействия на них электрическим полем, познакомить с известными результатами работ ученых по влиянию электрического поля на семена растений.

Содержание работы

Как известно, сухие семена относятся к диэлектрикам, если семена поместить в электрическое поле, то под влиянием этого поля они поляризуются, в результате чего изменяются посевные качества семян (всхожесть, энергия прорастания) и урожайность.

Сотрудниками Ташкентского института экспериментальной биологии растений и Ядерного научно-исследовательского института был проведен ряд лабораторных работ и опытов по изучению влияния электрического поля, радиоактивных и рентгеновских лучей на различные семена. Получены интересные практические результаты. Оказалось, что электрическое поле при определенной напряженности и за определенное время пребывания в нем семян благотворно действует на последние, увеличивая их посевные качества. Влияние электрического поля на семена проявляется в увеличении всхожести и энергии прорастания семян. Растения и семена, обработанные в электрическом поле стимулирующими дозами, оказались более выносливыми. Развитие и рост их опережали рост и развитие контрольных растений, семена которых не обрабатывались в электрическом поле. Это сказалось и на урожае.

Так, например, в опытах с пшеницей при обработке семян в электрическом поле прибавка урожая составляла от 1 до 6 центнеров с одного гектара или около 25% по сравнению с контрольными участками. Действие электрического поля на изменение посевных качеств семян зависит как от направленности, так и от времени действия поля на семена.

Увеличение всхожести семян и дружности их прорастания имеет большое практическое значение: при увеличении всхожести семян уменьшается норма высева, что дает экономию семян.

В опытах по изучению влияния электрического поля на семена хлопчатника в качестве источника электрического поля можно использовать электро-

форную машину, анодные батареи, кенотронный выпрямитель. Так, электрическое поле можно создать между пластинками плоского конденсатора с помощью электрофорной машины. Разность потенциалов, которая создавалась между пластинками данного конденсатора электрофорной машиной, измерялась электрическим киловольтметром типа С-96. Было выяснено, что при расстоянии в 3 см между шариками кондукторов электрофорной машины с большим диском (диаметром 40 см) напряжение было около 20 кВ, а у электрофорной машины с малыми дисками — приблизительно 18 кВ.

Чтобы обрабатывать семена хлопчатника в электростатическом поле, создаваемом электрофорной машиной, надо поместить семена на нижнюю пластинку раздвижного конденсатора и затем создать электрическое поле.

Для большей достоверности каждый опыт при данной напряженности поля надо проводить по три раза с семенами, находящимися в трех пакетах на разное время.

Семена, предназначенные для опыта, должны быть одного сорта. Семена должны быть одинаковыми по форме и массе. При подготовке к опыту учащиеся узнают, что электрическое поле напряженностью от 1 до 6 кВ/см и продолжительностью действия поля от 1 до 5 секунд оказывает стимулирующее влияние на семена.

Оборудование: электрофорная машина, плоский раздвижной конденсатор, бумажный пакет с семенами хлопчатника, весы и разновесы, два однополюсных переключателя, разрядник и соединительные провода.

Порядок выполнения работы

1. Расположив в каждом пакете по 100 одинаковых хлопковых семян, подготовить 6 бумажных пакетов.
2. Составить электрическую цепь, состоящую из электрофорной машины, конденсатора и переключателей.

Для этого в каждый провод, идущий от электрофорной машины к пластинке конденсатора, надо поместить однополюсный переключатель.

3. Насыпать семена на нижнюю пластинку конденсатора. Поместить шарики кондуктора на расстоянии в 3 см друг от друга. Добиться проскакивания искры ($E = 6$ кВ/см) между ними. Замкнуть цепь ключами, секундомером определить время $t = 10$ с, в течение которого семена находились в электрическом поле. По истечении необходимого времени разомкнуть цепь.

4. Заряд с пластинки снимать разрядником. Семена, находящиеся в электрическом поле, ссыпать в пакет и на нем подписать дозу (E и t) и дату.

5. Повторить опыт при $E = 6$ кВ/см, $t_1 = 5$ с и $t_2 = 2$ с с семенами, находящимися в двух других пакетах соответственно.

6. Прodelать эти же опыты при напряженности электрического поля 10 кВ/см и заполнить таблицу соответствующими данными опыта.

Производственные вопросы

1. Какими электрическими свойствами обладают семена растений?
2. Какое влияние оказывает электрическое поле на семена хлопчатника?
3. Какая доза электрического поля оказывает стимулирующее влияние на семена хлопчатника?
4. Каким путем можно обрабатывать семена хлопчатника электрическим полем?
5. Какие качества семян хлопчатника изменяются в результате обработки их электрическим полем?
6. Как проверить результаты такого опыта?

Все описанные выше лабораторные работы углубляют знания учащихся по физике, расширяют политехнический кругозор и обеспечивают интерес школьников к сельскохозяйственному производству, создавая тем самым благоприятные условия для правильного выбора учащимися профессии.



К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМЫ «СТРОЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ»

В.В.Вахрушев
(г. Ижевск)

Н иже приведены тестовые задания по теме «Строение Солнечной системы». Правильные ответы к ним выделены курсивом.

Вариант 1

A1. В какой конфигурации не может быть внутренняя планета?

- 1) в западной элонгации; 2) в восточной элонгации; 3) в соединении; 4) *в противостоянии.*

A2. У каких типов тел Солнечной системы орбиты самые круглые?

- 1) у иррегулярных спутников планет; 2) *у планет*; 3) у комет периодических; 4) у астероидов периодических.

A3. Наиболее удаленная точка орбиты планеты называется... (*афелий*).

A4. Значение второй космической скорости для поверхности Земли... (*11,2 км/с*).

A5. Как меняется сидерический период обращения планет-гигантов вокруг Солнца с удалением от него?

- 1) *Чем дальше планета находится от Солнца, тем ее сидерический период больше*, 2) чем дальше планета от Солнца, тем ее сидерический период меньше, 3) период обращения планет-гигантов не зависит от их расстояния до Солнца, 4) период обращения планет-гигантов вокруг Солнца равен периоду их обращения вокруг оси.

A6. Параллакс планеты уменьшился в 3 раза. Это произошло вследствие того, что расстояние до нее изменилось так:

- 1) *увеличилось в 3 раза*, 2) уменьшилось в 3 раза, 3) увеличилось в 9 раз, 4) уменьшилось в 9 раз.

A7. Период обращения геостационарного ИСЗ, который «висит» над одной из точек экватора, равен:

- 1) 167 ч 41 мин, 2) 67 ч 41 мин, 3) 37 ч 01 мин, 4) *23 ч 56 мин.*

A8. Назовите планету, у которой иногда наблюдается ее прохождение по диску Солнца.

- 1) Марс, 2) *Плутон*, 3) Уран, 4) Венера.

V1. Орбита какой планеты имеет наибольший эксцентриситет? (*Плутон, $e = 0,249$* .)

V2. Какие планеты, как и Луна, имеют все фазы? (*Меркурий, Венера*.)

V3. Планета удалена от Солнца на 100° . Верхняя это планета или нижняя? (*Верхняя*.)

V4. Отношение кубов больших полуосей орбит двух планет равно 16. Во сколько раз период обращения одной планеты больше периода обращения другой планеты? (*В 4 раза*.)

V5. Как изменяется значение скорости движения планеты при ее перемещении от афелия к перигелию? (*Увеличивается*.)

C1. Определите среднюю орбитальную скорость движения Меркурия вокруг Солнца, если большая полуось его орбиты равна $a = 0,39$ а.е. и сидерический период обращения составляет 88 суток. (*47,89 км/с*.)

C2. Вычислите длину большой полуоси орбиты астероида Икар, если его сидерический период равен 1,12 года. (*1,08 а.е.*)

C3. В какое время года вечерняя видимость Меркурия является наиболее благоприятной? (*Весной, когда вечером эклиптика на западе образует с горизонтом наибольший угол*.)

Вариант 2

A1. В какой конфигурации не может находиться внешняя планета?

- 1) в противостоянии, 2) в верхнем соединении, 3) *в нижнем соединении*, 4) в квадратуре.

A2. Назовите планету, у которой орбита пересекается с орбитой Нептуна.

- 1) Юпитер, 2) Сатурн, 3) *Плутон*, 4) Уран.

A3. Ближайшая точка орбиты планеты... (*перигелий*).

A4. Значение третьей космической скорости на орбите Земли... (*16,7 км/с*).

A5. Меняется ли, и если да, то как, синодический период обращения планет-гигантов вокруг Солнца с удалением от него?

- 1) Чем дальше планета от Солнца, тем ее синодический период больше, 2) *чем дальше планета от Солнца, тем ее синодический период меньше*, 3) синодический период обращения планет-

гигантов не зависит от их расстояния до Солнца, 4) синодический период обращения планет-гигантов вокруг Солнца равен периоду их обращения вокруг оси.

A6. Угловой диаметр планеты, наблюдаемой с Земли, увеличился в 4 раза. Следовательно, расстояние между Землей и планетой изменилось так:

- 1) увеличилось в 4 раза, 2) уменьшилось в 4 раза, 3) увеличилось в 2 раза, 4) уменьшилось в 2 раза.

A7. В какое время года Земля находится в точке перигелия?

- 1) В начале июля, 2) в начале января, 3) в начале марта, 4) в конце июля.

A8. У какой планеты за время одного оборота вокруг своей оси ее спутник совершает 3 оборота?

- 1) У Марса (Фобос), 2) у Марса (Деймос), 3) у Сатурна (Энцелад), 4) у Плутона (Харон).

B1. У какой планеты орбита имеет наименьший эксцентриситет? (У Венеры, $e = 0,007$.)

B2. Какие две планеты имеют обратное вращение вокруг своей оси? (Венера и Уран.)

B3. Малая планета видна на угловом расстоянии 37° от Солнца. Внутри или вне орбиты Земли находится эта планета? (Внутри.)

B4. Отношение квадратов периодов обращения двух астероидов вокруг Солнца равно 64. Во сколько раз большая полуось орбиты одного астероида меньше большой полуоси другого астероида? (В 4 раза.)

B5. Как при перемещении планеты от перигелия к афелию меняется значение ее скорости движения? (Скорость уменьшается.)

C1. Определите среднюю орбитальную скорость движения Венеры вокруг Солнца, если большая полуось ее орбиты равна 0,7 а.е., а сидерический период обращения составляет 225 суток. (35 км/с.)

C2. Вычислите сидерический период обращения астероида Амур, если большая полуось его орбиты равна 1,92 а.е. ($T = 2,65$ года.)

C3. У какой из внешних планет близка ситуация, для которой синодический период обращения планеты равен ее сидерическому периоду? (У Марса, $S \approx T = 2$ года.)

Вариант 3

A1. Укажите конфигурацию, в которой условия видимости планеты Юпитер наилучшие.

- 1) Западная квадратура, 2) восточная квадратура, 3) соединение, 4) противостояние.

A2. Что характеризует степень вытянутости эллиптической орбиты небесного тела?

- 1) Фокус эллипса, 2) фокусное расстояние, 3) длина большой полуоси эллипса, 4) эксцентриситет.

A3. Наибольшее возмущение в движении небесных тел Солнечной системы оказывает... (планета Юпитер).

A4. Отрезок, соединяющий планету с Солнцем, называется... планеты. (Радиус-вектор.)

A5. Чему равен годичный параллакс Солнца?

- 1) $8,8''$, 2) $9,8''$, 3) вопрос не имеет смысла, 4) $57'$.

A6. Гелиоцентрическая система объясняет петлеобразное движение планет так:

- 1) различием скоростей движения Земли и планет по орбитам, 2) суточным вращением Земли, 3) сочетанием движения Солнца по эклиптике и движения планет по орбитам, 4) изменением скорости движения планеты по орбите.

A7. Противостояние Юпитера в 1937 г. произошло 15 июля. Когда оно должно быть в следующий раз?

- 1) 17 августа 1938, 2) 18 августа 1938, 3) 17 июля 1938, 4) 18 июля 1938.

A8. Какой эксцентриситет должна иметь земная орбита, чтобы движение Земли по ней было строго равномерным?

- 1) 0,2; 2) 0,017; 3) 0,07; 4) 1.

B1. Может ли случиться прохождение Сатурна по диску Солнца? (Нет.)

B2. Когда ИСЗ, который обращается в ту же сторону, что движется Земля, обгоняет ее? (Когда орбита ИСЗ ниже геостационарной.)

B3. Через сколько лет повторяется великое противостояние Марса? (Через 17 лет.)

B4. Как можно определить массу планеты, не имеющей спутника? (По возмущениям, которые вызывает планета в движении недалеко пролетающих небесных тел.)

B5. Какие планеты могут быть видны рядом с Луной во время полнолуния? (Внешние планеты.)

C1. Определите среднюю орбитальную скорость движения Марса вокруг Солнца, если длина большой полуоси орбиты равна 1,52 а.е., а звездный период обращения $T = 687$ сут. (24,13 км/с.)

C2. Вычислите среднее расстояние от Солнца астероида Ирис, если его сидерический период обращения равен 3,68 года. (2,38 а.е.)

C3. Может ли период обращения ИСЗ, движущегося по законам Кеплера, быть равен 81 мин? (Не может, поскольку на расстоянии $R = 6371$ км период обращения $T_{cn} = 84,4$ мин.)

Вариант 4

A1. Какую из планет трудно отыскать на небе, хотя она и яркая?

- 1) Марс, 2) Венеру, 3) Меркурий, 4) Сатурн.

A2. Если смотреть с поверхности этой планеты, то восход Солнца наблюдается на западе, а заход на востоке. Что это за планета?

- 1) Юпитер, 2) Сатурн, 3) Венера, 4) Плутон.

A3. Используя третий закон Кеплера для любой планеты Солнечной системы, зная ее сидерический период обращения, можно вычислить ... (ее среднее расстояние от Солнца).

A4. Промежуток времени между двумя последовательными противостояниями одной планеты называется ... (синодическим периодом внешней планеты).

A5. Какое небесное тело Солнечной системы имеет наибольший горизонтальный параллакс?

- 1) Солнце, 2) Луна, 3) Венера, 4) Марс.

A6. Если на расстоянии 1 а.е. от Солнца тело имеет скорость 42 км/с, то для этого расстояния она называется...

- 1) круговой, 2) параболической, 3) гиперболической, 4) эллиптической.

A7. Солнце или Землю чаще видно на небе Луны?

- 1) И Солнце, и Землю видно одинаково, 2) чаще видно Солнце, 3) чаще видно Землю, 4) на видимой с Земли стороне Луны чаще видна Земля, а на невидимой — Солнце.

A8. Какая планета Солнечной системы иногда называется «планета лежебока»?

- 1) Венера, 2) Нептун, 3) Уран, 4) Меркурий.

B1. «После захода Солнца стало быстро темнеть. Еще не зажглись на небе первые звезды, а на востоке уже ослепительно сияла Венера». Все ли верно в этом описании? (Нет. Венера не может вечером быть на востоке, поскольку она внутренняя планета и всегда находится около Солнца.)

B2. Какие вы знаете способы измерения расстояния до небесных тел Солнечной системы? (Метод радиолокации, применение третьего закона Кеплера, использование горизонтального параллакса.)

B3. Через какое время наблюдатель, находящийся на Плуtone, зафиксирует вспышку на Солнце? (Через 5,5 ч.)

B4. Как можно определить массу планеты, у которой есть спутник? (Используя третий уточненный закон Кеплера.)

B5. Для чего применяется метод триангуляции в геодезии и астрономии? (Для измерения градус-

ных мер дуг по параллелям и меридианам, определения фигуры Земли.)

C1. Определите среднюю орбитальную скорость движения Юпитера, если он удален от Солнца на 5,2 а.е., звездный период обращения равен 11,86 года. (13,06 км/с.)

C2. Вычислите звездный период обращения вокруг Солнца астероида Метиды, у которого большая полуось орбиты равна 2,38 а.е. (3,69 года.)

C3. Во время наибольшего приближения Марса к Земле (на расстояние в 56 000 000 км) его угловой диаметр равен 25". Каков его линейный диаметр? (6800 км.)

Вариант 5

A1. Некоторое небесное тело наблюдается ежегодно в одно и то же время на одной и той же высоте. Что может представлять собой это небесное тело?

- 1) Планету, 2) звезду, 3) комету, 4) астероид.

A2. В какое время суток жители Ижевска движутся относительно Солнца быстрее?

- 1) Утром, 2) днем, 3) вечером, 4) ночью.

A3. Используя формулу $\frac{1}{S} = \frac{1}{T_3} - \frac{1}{T}$ и зная сидерический период обращения планеты, можно вычислить... (ее синодический период обращения, причем для внешней планеты).

A4. Если угол между направлениями с Земли на астероид и на Солнце равен 43°, то астероид находится... (внутри земной орбиты).

A5. Если расстояние до небесного тела увеличится в 5 раз, то его параллакс изменится следующим образом:

- 1) уменьшится в 5 раз, 2) увеличится в 5 раз, 3) уменьшится в 25 раз, 4) увеличится в 25 раз.

A6. Наиболее удаленная точка орбиты, по которой обращается искусственный спутник Луны, называется так:

- 1) апоселений, 2) периселений, 3) апоастр, 4) периастр.

A7. Сколько суток составляет синодический период обращения Земли вокруг Солнца?

- 1) 365,24 сут., 2) 366 сут., 3) 23 ч 56 мин, 4) вопрос не имеет смысла.

A8. С какой планеты и при каких условиях лучше всего было бы наблюдать Землю?

- 1) с Марса, когда он находится в противостоянии на наименьшем расстоянии от Земли, 2) с Марса, когда он находится в восточной квадратуре, 3) с Марса, когда он находится в западной

квадратуре, 4) с Венеры, когда она находится в нижнем соединении, на наименьшем расстоянии от Земли.

В1. На основании какого закона Кеплера было установлено, что скорость движения небесного тела вокруг Солнца неодинакова? (На основании II закона Кеплера.)

В2. В каких единицах измеряется расстояние до небесного тела Солнечной системы, когда используется формула $D = \frac{206265''}{p''R}$? (В радиусах Земли.)

В3. На какое минимальное расстояние подходит Земля к Солнцу? (На 147,1 млн км.)

В4. Меркурий наблюдался утром справа от Солнца и был удален от него на 28° . В какой конфигурации был Меркурий? (В западной элонгации.)

В5. Какие природные явления на Земле связаны с движением вокруг нее Луны? (Приливы и отливы.)

С1. Определите среднюю орбитальную скорость Сатурна, если он удален от Солнца на 9,5 а.е., а его звездный период обращения составляет 29,4 года. (9,64 км/с.)

С2. Вычислите длину большой полуоси орбиты астероида Эвномия, если сидерический период его обращения вокруг Солнца равен 4,30 года. ($a = 2,65$ а.е.)

С3. Каков наибольший угловой диаметр Земли, рассматриваемой с Марса на расстоянии 0,378 а.е.? (46,4'')

Вариант 6

А1. Год, в который ожидается ближайшее прохождение Венеры по диску Солнца?

- 1) 2008, 2) 2009, 3) 2010, 4) 2012.

А2. В какое время суток жители Ижевска движутся относительно Солнца медленнее?

- 1) Вечером, 2) ночью, 3) утром, 4) днем.

А3. Используя формулу $\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_3}$ и зная синодический период обращения планеты, можно вычислить... (ее сидерический период обращения, причем для внутренней планеты).

А4. Если угол между направлениями с Земли на астероид и на Солнце равен 90° , то астероид находится... (в квадратуре).

А5. Если параллакс небесного тела увеличится в 5 раз, то расстояние до него изменится следующим образом:

- 1) увеличится в 25 раз, 2) уменьшится в 25 раз, 3) увеличится в 5 раз, 4) уменьшится в 5 раз.

А6. Ближайшая точка орбиты, по которой обращается искусственный спутник Луны, называется так:

- 1) апогей, 2) апоселений, 3) периселений, 4) перигелий.

А7. Какова основная причина, в результате которой из пояса астероидов, располагающегося между орбитами Марса и Юпитера, могут выходить некоторые астероиды?

- 1) Большой сидерический период, 2) большой эксцентриситет, т.е. вытянутость орбиты, 3) малый сидерический период, 4) движение в направлении, перпендикулярном плоскости эклиптики.

А8. Планета, открытая в 1846 г. по предсказанию Леверье и Адамса, подтвердившая справедливость закона Ньютона, получила такое название:

- 1) Плутон, 2) Нептун, 3) Уран, 4) Церера.

В1. В какой точке эллиптической орбиты вследствие II закона Кеплера скорость небесного тела, движущегося по этой орбите вокруг Солнца, будет наименьшая? (В точке афелия.)

В2. Для каких орбит выполняется условие III закона Кеплера? (Для эллиптических.)

В3. На какое максимальное расстояние Земля удаляется от Солнца? (На 152,1 млн км.)

В4. Венера наблюдалась вечером слева от Солнца и отстояла от него на 48° . В какой конфигурации находилась Венера? (В восточной элонгации.)

В5. Почему тела Солнечной системы обращаются вокруг Солнца не в точности по закону Кеплера, а с отклонениями? (Поскольку действуют возмущающие силы со стороны более крупных небесных тел.)

С1. Определите среднюю орбитальную скорость движения Урана, если он удален от Солнца на 19,2 а.е., а его звездный период обращения равен 84 годам. (6,81 км/с.)

С2. Вычислите сидерический период обращения астероида Гидальго, если длина большой полуоси его орбиты равна 5,83 а.е. ($T = 13,93$ года.)

С3. Чему равен горизонтальный параллакс Юпитера, когда эта планета находится от Земли на расстоянии 6 а.е.? (1,47'')



САЙТЫ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ

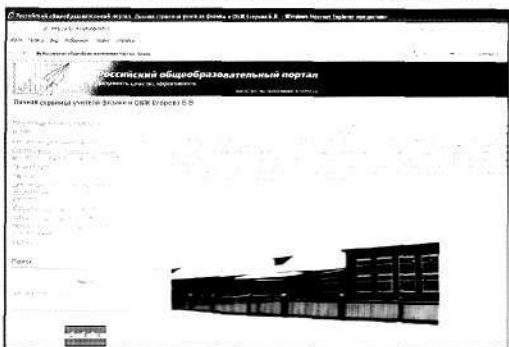
«Сайт в Интернете — визитная карточка любой компании или частного пользователя, оформленная в увлекательной графике, от простой информационной странички до путеводителя по конкретной области знаний или сфере бизнеса. Отдельные крупные фрагменты сайта, а иногда и сами сайты называют порталом» (Современный экономический словарь). Согласно этому определению и в контексте обучения физике сайт учителя не только дает пользователю четкую информацию о том, как работает автор сайта, но и позволяет привлекать к обсуждению большое число коллег по «цеху», собирать информацию об их интересах.



Сайт учителя физики гимназии № 42 г. Санкт-Петербурга Е.А.Балдиной



Сайт учителя физики ЦО № 1428 г. Москвы О.А.Кулясовой



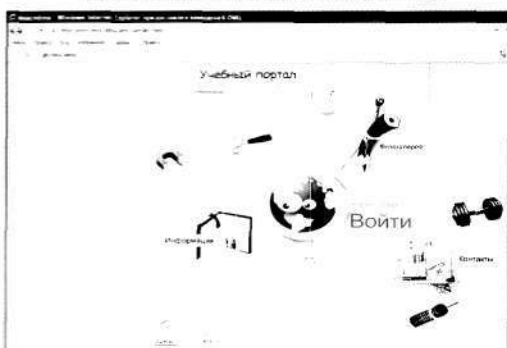
Личная страница учителя физики и ОБЖ школы с. Преображенка Иркутской области Б.В.Егорова



Сайт учителя физики и информатики школы поселка Струги Красные Псковской обл. В.Е.Иванова



Сайт учителя физики Тамбовской школы Воронежской области Ю.А.Каверина



Учебный портал учителя физики школы № 2017 г. Москвы И.И.Москвитиной

Редакция журнала «Физика в школе» предлагает сотрудничество авторам сайтов в рамках новой рубрики «Сайт учителя физики». Ждем ваши предложения, а может, готовые материалы по адресу: fizika@scholpress.ru.