



НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С МАЯ 1934 г.

# ФИЗИКА В ШКОЛЕ

Образован в 1934 году Наркомпросом РСФСР. Учредитель — ООО «Школьная Пресса». Журнал выходит 8 раз в год

## Выдающиеся ученые

- ▶ **Б.В. Булюбаш** ..... 3  
Открытие эффекта замедленных нейтронов: страницы истории

## ВОСПИТАНИЕ ШКОЛЬНИКОВ

- ▶ **Р.Н. Щербаков** .....12, 27  
Мышление учителя и учащегося на уроках физики

## МЕТОДИКА. ОБМЕН ОПЫТОМ

- ▶ **М.С. Красин** ..... 19  
Какой методологии обучать на уроках физики и как избежать перегрузки учащихся от потока методологической информации
- ▶ **Е.И. Вараксина, К.А. Касаткин, В.В. Майер** ..... 28  
Развитие физического мышления учащихся при изучении элементов робототехники: учебное исследование инфракрасного датчика расстояния

## ЭКСПЕРИМЕНТ

- ▶ **А.И. Заболотный, Н.К. Ханнанов** ..... 37  
Использование цифровой лаборатории от «Научных развлечений» в массовой школе и учреждении дополнительного образования

## ИНФОРМАЦИЯ

- ▶ **Е.Б. Петрова, Ф.М. Сабирова** ..... 46  
Фестиваль школьных учителей в Елабуге
- ▶ **Г.М. Чулкова** ..... 49  
Современные сверхпроводниковые устройства
- ▶ **Е.Б. Петрова** ..... 55  
Физика в природе: фотонные чернила
  
- ▶ Указатель статей, опубликованных в журнале  
«Физика в школе» в 2015 году ..... 60

Главный редактор **С.В. Третьякова**, к.п.н. / **Tretiakova, S.V.** Ph.D. in Education  
Зам. главного редактора **Е.Б. Петрова**, д.п.н., профессор / **Petrova, E.B.** DrSci in Education, Professor  
Редакторы отделов: **Э.М. Браверман**, к.п.н. / **Braverman, E.M.** Ph.D. in Education  
Зав. редакцией **Е.Н. Стояновская** / **Stoyanovskaya, E.N.**

### Состав редколлегии

<b>Демидова М.Ю.</b> , к.п.н., доцент	<b>Demidova, M.Yu.</b> Ph.D. in Education, Associate Professor
<b>Засов А.В.</b> , д.ф.-м.н., профессор	<b>Zasov, A.V.</b> Doctor of physics and Mathematics, Professor
<b>Королев М.Ю.</b> , д.п.н., доцент	<b>Korolev, M.Yu.</b> DrSci in Education, Associate Professor
<b>Майер В.В.</b> , д.п.н., профессор	<b>Mayer, V.V.</b> DrSci in Education, Professor
<b>Никифоров Г.Г.</b> , к.п.н., ведущий научный сотрудник	<b>Nikiforov, G.G.</b> Ph.D. in Education, Leading researcher
<b>Пентин А.Ю.</b> , д.ф.-м.н., профессор	<b>Pentin, A.Yu.</b> Doctor of physics and Mathematics, Professor
<b>Разумовский В.Г.</b> , академик, д.п.н., главный научный сотрудник	<b>Razumovsky, V.G.</b> DrSci in Education, Academician, Professor, Chief researcher
<b>Степанова Г.Н.</b> , д.п.н., профессор	<b>Stepanova, G.N.</b> DrSci in Education, Professor
<b>Ханнанов Н.К.</b> , к.х.н.	<b>Khannanov, N.K.</b> Ph.D. in chemical Sciences
<b>Чулкова Г.М.</b> , д.ф.-м.н., профессор	<b>Chulkova, G.M.</b> Doctor of physics and Mathematics, Professor

### Адрес издательства:

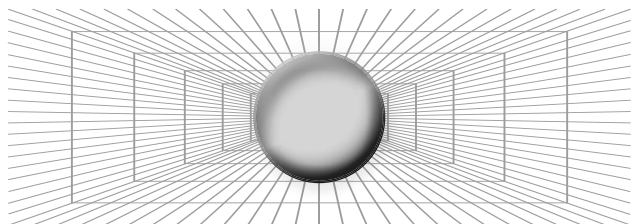
127254, Москва, ул. Гончарова, д. 17А, корп. 1  
ООО «Школьная Пресса», тел.: 8 (495) 619-52-87, 619-52-89.  
Интернет [http:// www.школьнаяпресса.рф](http://www.школьнаяпресса.рф) E-mail: [fizika@schoolpress.ru](mailto:fizika@schoolpress.ru)

Формат 84×108/16. Тираж 4000 экз. Изд. № 2911. Заказ

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия, свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-38550 от 21.12.09. 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 АО «ИПК «Чувашия», 428019, г. Чебоксары, пр. И. Яковлева, д. 13.

© ООО «Школьная Пресса», © «Физика в школе», 2015, № 8



# ОТКРЫТИЕ ЭФФЕКТА ЗАМЕДЛЕННЫХ НЕЙТРОНОВ: СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

<b>Б.В. Булюбаш</b> , к.ф.-м.н., доцент Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева; borisbu@sandy.ru	<b>B.V. Bulyubash</b> , Cand. Cs. in Physics and Mathematics, Assistant Professor of Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev; borisbu@sandy.ru
<b>Ключевые слова:</b> история физики, изучение атомного ядра, эффект замедленных нейтронов	<b>Keywords:</b> history of physics, atomic nucleus study, effect of moderated neutrons
Истории ядерной физики посвящено значительное количество научных и научно-популярных статей и монографий. Что касается русскоязычной литературы научно-методического характера, то в ней некоторые сюжеты этой истории представлены в недостаточной степени. Примером такого сюжета является история открытия эффекта замедленных нейтронов в Риме в октябре 1934 г. Восполнить этот пробел призвана статья, предлагаемая вниманию читателей. Как представляется автору, обсуждение этой истории может оказаться особенно полезным при преподавании курса физики и естествознания в гуманитарном профиле. Подробности истории затрагивают тему случайного и неслучайного в истории науки, тему организации научных исследований, взаимоотношения науки и властных структур, теории и эксперимента, а кроме того на конкретном примере иллюстрируют особенности психологии научного открытия. Как станет ясно из дальнейшего, данный сюжет может быть использован и в рассказах об истории отечественной науки. Статья в значительной степени основана на современных исследованиях по истории физики, опубликованных в англоязычных изданиях	A considerable amount of scientific and popular scientific articles and monographs are devoted to the history of nuclear physics. As concerns the Russian-language literature of research and methodical nature, there are some scenes of this history, which are represented insufficiently. An example of such a subject is the story of discovery of the neutron moderation effect in Rome in October 1934. The article introduced to the readers is intended to challenge this lack. As far as its author sees, the discussion of this story can be particularly useful when teaching a course in physics and natural science in humanitarian institutions. Details of the story address the topic of accidental and no accidental in the history of science, the topic of organization of scientific researches, the relationship among the science and government agencies, the theory and experiment, and what is more, illustrate the features of the scientific discovery psychology in a specific context. As it will become clear further on, this story can be used also in the stories about the history of the Russian science. The article is essentially based on the recent researches on the history of physics, published in English-language publications

Изучение атомного ядра стало самостоятельной областью физических исследований в первые десятилетия двадцатого столетия, а уже в 1945 г. ядерная физика изменила ход развития человеческой цивилизации. Путь к открытию цепной реакции деления атомных ядер (и тем самым путь к созданию атомного оружия) был проложен в октябре 1934 г., когда исследовательская

группа, работавшая в Институте физики Римского университета под руководством Энрико Ферми, обнаружила эффект замедленных нейтронов. К тому времени итальянские физики уже в течение полугода успешно осваивали обнаруженный ими новый вид искусственной радиоактивности. Новые радиоактивные изотопы они получали облучением мишени пучком нейтронов.

По предложению Ферми, 22 октября 1934 г. между источником нейтронов и мишенью из серебра был помещен экран из парафина. В результате скорость образования радиоактивных изотопов заметно возросла. Когда же вместо парафина использовали слой воды, активность возросла уже в сотни раз. Фактически в этих опытах было установлено, что с уменьшением скорости нейтронов растет сечение их взаимодействия с атомными ядрами мишени. После этого открытия замедленные нейтроны стали активно использоваться в ядерной физике, а в 1938 г. Ферми был удостоен Нобелевской премии. В том же году, используя замедленные нейтроны, Лизе Мейтнер, Отто Ган и Отто Фриш откроют реакцию деления ядер урана.

Среди выдающихся открытий, сделанных ядерными физиками в «несекретный» период своей истории, эффект замедленных нейтронов занимает особое место, и в первую очередь это связано с географией открытия. Действительно, ключевые результаты в исследованиях атомного ядра были достигнуты главным образом представителями ведущих научных держав Европы: Великобритании, Франции и Германии. Что же касается группы Ферми, то она дислоцировалась в тогдашней научной провинции — в Римском университете — и к тому же не обладала опытом исследований в ядерной физике. Факторы успеха, позволившие группе Ферми преодолеть в итоге «научную провинциальность», заслуживают, безусловно, специального обсуждения.

Еще одна отличительная особенность открытия эффекта замедленных нейтронов — в том, что оно оказалось одним из первых коллективных открытий в истории физики. Так, у последовавшей за этим открытием публикации в итальянском журнале было шесть авторов — совершенно нетипичная для физики того времени ситуация. Многие из участников тех событий оставили воспоминания... и изучая нередко противоречащие друг другу свидетельства

очевидцев, мы получаем, в частности, уникальную возможность обсудить актуальный для истории науки вопрос о роли случая в научном открытии.

История открытия эффекта замедленных нейтронов необычна еще и тем, что сразу после открытия его авторы подготовили патентную заявку с описанием нового метода получения радиоактивных изотопов. Соответствующий патент им удалось получить и в Италии, и — что впоследствии оказалось очень важным — в США. С пуском первого в мире ядерного реактора (построенного в США под руководством Ферми в 1942 г.) стало очевидным стратегическое значение патента (цепная реакция деления ядер урана инициировалась медленными нейтронами). Авторы патента начали растянувшиеся на десятилетие переговоры с правительством США о размере полагающегося им вознаграждения. Историю этих переговоров изучил британский историк науки Саймон Турчетти. В его работах «патентная история» рассказана в контексте непростых взаимоотношений американских и британских физиков-ядерщиков с администрацией атомного проекта и властями США.

Наш интерес к истории открытия эффекта замедленных нейтронов связан также с пробелами в истории отечественной физики. Одним из главных действующих лиц в октябрьских экспериментах группы Ферми был Бруно Понтекорво — выпускник Римского университета 1933 г., биография которого необычна даже для богатого на события двадцатого столетия. В 1950 г., известный физик-ядерщик и сотрудник атомного центра в британском Харуэлле, Бруно Понтекорво с семьей (женой и тремя сыновьями) неожиданно совершает побег в Советский Союз. СССР становится его второй родиной, а в отечественной науке благодаря Бруно Максимовичу Понтекорво появляется новое направление исследований — экспериментальная нейтринная физика. Биография академика АН СССР Б.М. Понтекорво на русском языке еще не

написана и рассказ о подробностях его старта в большой науке следует воспринимать как главу будущего жизнеописания знаменитого «мистера нейтрино».

Итак, чем можно объяснить тот факт, что эффект замедленных нейтронов (а также и «нейтронная» искусственная радиоактивность) были открыты в столице Итальянского королевства? В 30-е гг. двадцатого столетия в Европе было несколько ведущих исследовательских групп, изучавших атомное ядро. В парижском Институте радия (основанном Марией и Пьером Кюри) работали Фредерик и Ирэн Жолио-Кюри. Именно они в начале 1934 г. открыли явление искусственной радиоактивности — образования радиоактивных изотопов при взаимодействии альфа-частиц с атомами мишеней. Кавендишской лабораторией в Кембридже руководил один из основоположников ядерной физики Эрнест Резерфорд. В Кавендише же работает Джеймс Чэдвик. В 1932 г. Чэдвик открывает нейтрон, после чего Дмитрий Иваненко и Вернер Гейзенберг выдвигают идею о протонно-нейтронном составе атомного ядра. В Германии, в Институте Кайзера Вильгельма, проводят исследования Отто Ган, Лиза Мейтнер и Отто Фриш. Берлин, Париж и Кембридж были признанными научными центрами со сложившимися традициями, в Италии же таких традиций не было. До 1938 г. единственным итальянцем, удостоенным Нобелевской премии по физике, был Гугельмо Маркони (она была присуждена в 1909 г. ему и Фердинанду Брауну за изобретение и внедрение радиотелеграфа). Важно, однако, что работы Маркони были поддержаны не на его родине, а в Великобритании; к тому же он был в большей степени изобретателем-радиоинженером, нежели физиком-исследователем.

В октябре 1922 г. состоялась судьбоносная для итальянской физики встреча молодого выпускника физического факультета Пизанского университета Энрико Ферми с влиятельным сенатором итальянского королев-

ства и министром образования профессором Орсо Корбино. В прошлом Корбино успешно занимался экспериментальной физикой и в ходе беседы с Ферми сумел быстро оценить его талант. С этого момента Ферми получает со стороны сенатора Корбино всестороннюю поддержку. В итальянском обществе, пронизанном многочисленными семейными и дружескими связями, Ферми, не имея покровителя на столь высоком уровне, вряд ли смог бы реализовать свои амбициозные планы по возрождению итальянской физики. Благодаря Корбино в 1926 г. в Римском университете специально для Ферми была создана кафедра теоретической физики.

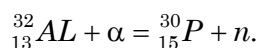
Важнейшей проблемой Ферми был правильный выбор того направления исследований, которое максимально быстро могло привести его группу к успеху. Достаточно быстро он делает вывод, что таким направлением должна стать физика атомного ядра, сознавая при этом необходимость вступить в конкуренцию с ведущими научными центрами Европы. Успех Ферми был связан не только с поддержкой Корбино, но и с инновациями в организации работы коллектива, которым он руководил. В 1929 г. Орсо Корбино выступает на общем собрании Итальянского общества содействия науки с докладом «Новые цели экспериментальной физики». Корбино заявляет: *«Единственная возможность новых великих открытий создается благодаря перспективам, которые открывает изучение атомных ядер»*. Ссылаясь на знаменитые эксперименты Резерфорда с альфа-частицами, Корбино ставит принципиальный вопрос: *«Возможно ли атаковать атом по-иному?»*. Спустя пять лет, после открытия группой Ферми нейтронной искусственной радиоактивности, такая постановка вопроса наверняка не воспринималась иначе как предчувствие реального развития событий. За десять лет до открытия цепной реакции деления и за 13 лет до пуска (под руководством Ферми!) первого в мире ядерного реактора Корбино обсуждает энергетические перспективы

ядерной физики: «Во всех ядерных явлениях, исключительная важность которых не нуждается в подчеркивании, вещество может превращаться в энергию, так что из каждого грамма высвобождается 25 миллионов киловатт-часов». Выступление Корбино было согласовано с Ферми и легитимизировало его собственные планы. В последующие несколько лет Ферми удалось сформировать исследовательскую группу, готовую к работе с полной отдачей, обеспечить должную теоретическую подготовку всех ее членов и сформировать минимальную экспериментальную базу.

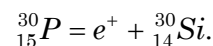
К 1934 г. итальянская физика уже не воспринималась в Берлине, Кембридже и Париже как провинциальная — в первую очередь благодаря Ферми, разработавшему в 1933 г. теорию радиоактивного распада, представив его как проявление нового фундаментального взаимодействия (впоследствии названного «слабым»).

Процесс  $\beta$ -распада Ферми описывает, используя аналогию с процессом излучения фотона атомом. Испускаемый фотон рождается в недрах атома; точно так же электрон и антинейтрино рождаются в процессе  $\beta$ -распада нейтрона на протон, электрон и антинейтрино. Напомним, что ученик Ферми Бруно Понтекорво стал известен как крупнейший специалист в области экспериментальной нейтринной физики.

Что же касается группы Ферми, то известность ей принес эксперимент, в котором был обнаружен новый вид искусственной радиоактивности. Ключевая роль здесь принадлежит опять же Ферми, максимально быстро отреагировавшему на открытие искусственной радиоактивности супругами Жолио-Кюри. В самом начале 1934 г., изучая взаимодействие  $\alpha$ -частиц с ядрами атомов алюминия, Ирен и Фредерик Жолио-Кюри неожиданно обнаружили, что в результате такого взаимодействия возникают радиоактивные ядра изотопа фосфора по схеме



Таким образом, воздействие  $\alpha$ -частиц на ядра алюминия приводило к образованию ранее неизвестного нестабильного изотопа  ${}_{15}^{30}\text{P}$ . Его атомные ядра распадались по схеме



В этих опытах радиоактивность была впервые получена искусственным путем и одновременно был обнаружен новый вид  $\beta$ -распада, при котором из ядра вылетали не электроны, а позитроны.

О своем открытии супруги Жолио-Кюри сообщили в январе 1934 г., а в феврале об открытии стало известно в Риме. Идея провести опыты, аналогичные парижским, но уже с использованием нейтронов вместо  $\alpha$ -частиц, принадлежала сотруднику Ферми Этторе Майорана. По свидетельству современников (и самого Ферми), Майорана был гениальным теоретиком с некоторыми странностями в характере и поведении. В 1938 г. он исчез, предположительно покончив жизнь самоубийством. Первоначально на идею использовать нейтроны вместо  $\alpha$ -частиц научное сообщество отреагировало без энтузиазма — прежде всего из-за размеров нейтронов, существенно уступававшим размерам  $\alpha$ -частиц. Как ни странно, кажущееся сейчас очевидным соображение о том, что электрически нейтральные нейтроны не отталкиваются кулоновским полем положительно заряженных атомных ядер, почему-то не принималось во внимание.

Уже в марте 1934 г. в опытах группы Ферми с нейтронами была открыта искусственная радиоактивность алюминия и фтора. После этого облучению нейтронами было подвергнуто в общей сложности шестьдесят восемь химических элементов и в сорока семи из них обнаружили по меньшей мере по одному новому радиоактивному изотопу.

Анализируя организацию работы в группе Ферми, Джеральд Холтон сравнивает ее с Кавендишской лабораторией (которой руководил в то время Эрнест Резерфорд). В Кавендишской лаборатории было бо-

лее двадцати сотрудников, в то время как «мальчиков Ферми» было не более шести. При этом каждый из кавендишцев решал свою собственную задачу, а «мальчики Ферми» были ориентированы на решение общей проблемы. Осуществляя общее научное руководство работой лаборатории, Резерфорд не мог (и, вероятно, не хотел) активно вмешиваться в их работу. Ферми же был постоянно в курсе проблем каждого из своих сотрудников. Небольшая группа, замечает Джеральд Холтон, *«имеет преимущество и в своей способности осознавать и использовать счастливые возможности, когда они внезапно возникают»*. Что, собственно, и произошло после того как Эдоардо Амальди и Бруно Понтекорво случайно обнаружили необычный эффект. Его тщательное изучение и привело группу Ферми к открытию необычайных возможностей замедленных нейтронов.

К тому же, как отмечает Холтон, *«Ферми как главный теоретик группы был как бы ее интеллектуальным центром. Это помогало избегать ряда трудностей, периодически возникавших в Кавендише, где контакты теоретиков с экспериментаторами были не очень интенсивны»*. Стоит отметить и принципиально разный — в Кавендише и в Риме — принцип формирования исследовательского коллектива. Обычно такие коллективы формировались из молодых ученых, уже обладавших определенным научным бэкграундом. В случае же с группой Ферми процесс ее формирования определялся, помимо интереса к физике, личными привязанностями. Холтон приходит к выводу, что *«итальянский коллектив был не только исследовательской группой, но и чем-то, напоминающим семью»*. По его словам, именно это обстоятельство обеспечило исключительное единство группы, столь важное для эффективной работы.

Детали открытия эффекта замедленных нейтронов разные его участники вспоминают по-разному. Обратимся сначала к краткому (и нейтральному) описанию событий,

представленному в учебном пособии по истории ядерной физики: *«Продолжая опыты с нейтронами, Ферми обнаружил, что при прохождении нейтронов через некоторые легкие вещества (воду или парафин) их способность активировать другие вещества не уменьшалась, а увеличивалась...при прохождении через легкое вещество нейтроны сталкивались с ядрами его атомов и отдавали им постепенно свою энергию. Этот процесс был назван замедлением нейтронов. Результаты опытов Ферми говорили о том, что замедление нейтронов повышает вероятность проникновения их в ядра различных веществ с превращением их в ядра других радиоактивных нуклидов, или, говоря современным языком, увеличивает величину эффективных сечений взаимодействий нейтронов с ядрами»*. Источники нейтронов, которыми пользовались в группе Ферми, были для того времени обычными — небольшие ампулы с радоном и порошком бериллия. Испускаемые атомами радона  $\alpha$ -частицы выбивали нейтроны из атомов бериллия.

У открытия эффекта замедленных нейтронов есть точная дата — 22 октября 1934 г.: именно в этот день были сделаны решающие эксперименты (в истинности именно этой даты историки, впрочем, сомневаются). О деталях происходившего в лаборатории Ферми оставили мемуары многие из участников событий. Так, рассказ самого Ферми приводит в своих воспоминаниях известный астрофизик Чандрасекар. Важные (и подчас противоречащие друг другу) подробности вспоминает жена Ферми Лаура, физики Бруно Понтекорво, Эдоардо Амальди, Эмилио Сегре, а также работавший в составе группы химик Д'Агостино. И, наконец, подробный анализ происходившего в лаборатории Ферми провели историки науки Джеральд Холтон и Альберт Де Грегорио.

Итак, в марте 1934 г. Ферми и его сотрудники сообщили об открытии «нейтронной» искусственной радиоактивности. Активность полученных радиоизотопов, однако, харак-

теризовалась исключительно качественно: высокая, средняя, низкая и т.д. Ферми это не устраивало, и по окончании летних каникул 1934 г. он поставил перед своими сотрудниками новую задачу: разработать количественную шкалу, которая позволила бы сравнивать активности получаемых радиоизотопов. Решать задачу он поручил Эдоардо Амальди и своему самому молодому сотруднику Бруно Понтекорво. Выбрав в качестве эталонной активность мишени из серебра (после ее облучения нейтронами образовывался изотоп серебра с периодом полураспада 2 мин), Амальди и Понтекорво должны были сравнить с ней активности мишеней, изготовленных из других химических элементов. Они должны были также определить оптимальную геометрию эксперимента — т.е. наилучшее взаимное расположение источника и мишени. По умолчанию предполагалось, что условия эксперимента меняются только когда использовался другой источник нейтронов, другая мишень либо менялось их взаимное расположение. При этом Амальди и Понтекорво не беспокоило постоянство влажности воздуха, атмосферного давления или напряженностей электрического и магнитного полей в помещениях Института физики Римского университета: в отношении экспериментов по радиоактивности подобные факторы воспринимались как несущественные. Физикам было хорошо известно, что на процесс радиоактивного распада (и в целом на протекание ядерных реакций) повлиять подобным образом невозможно. Этот факт считался надежно установленным и под сомнение не ставился.

Исследование, к которому приступали Амальди и Понтекорво, казалось вполне традиционным и никаких неожиданностей не обещало. Однако в результатах опытов быстро обнаружилась непонятная деталь. Бруно Понтекорво (эту подробность вспоминает Эдоардо Амальди) случайно обратил внимание на странную зависимость активности мишеней от... лабораторного стола,

на котором была размещена экспериментальная установка. Более-менее однородными (в пределах погрешностей) результаты получались только когда и источник нейтронов и мишень располагались на столах из мрамора. В лаборатории были, однако, еще и деревянные столы, на которых обычно стояли приборы для спектроскопических исследований. На таких столах активность обстреливаемой нейтронами мишени оказывалась выше, чем на мраморных. Таким образом, на измерения непостижимым образом влияли такие подробности эксперимента, которые никто из физиков не воспринимал как сколь-нибудь существенные!

Вслед за «эффектом стола» был обнаружен «эффект кастеллетто». В переводе с итальянского *casteletto* означает «маленький замок». Столь поэтично Понтекорво и Амальди назвали неказистое сооружение из четырех маленьких свинцовых блоков. Размещенные в форме квадрата, блоки обычно использовались для защиты экспериментаторов от  $\gamma$ -излучения, исходящего от ампулы с радием и бериллием. Когда источник и мишень находились «вне стен замка», активность мишени вполне предсказуемо зависела от расстояния до источника: уменьшалась с увеличением этого расстояния и наоборот. Когда же источник и мишень оказывались «за стенами замка», то с изменением расстояния активность уже практически не менялась. Опыты по радиоактивности продолжали демонстрировать необъяснимую зависимость от характеристик окружающей среды. *«Как стало ясно впоследствии, — вспоминает Бруно Понтекорво — это было связано с влиянием рассеяния и замедления нейтронов окружающими предметами».*

В отношении к обнаруженным эффектам у коллег по лаборатории не было единого мнения... Франко Разетти, не скрывая критического отношения к аккуратности Понтекорво как физика-экспериментатора, считал, что Амальди заразился от него «вирусом небрежности». Что касается самого



Ферми, то, согласно Понтекорво, «...он сказал, что следует продолжать опыт, но как будто не проявил особого интереса. Как стало ясно позже, это было ложное впечатление».

Дальнейшие события в версиях разных участников выглядят по-разному. В наиболее распространенной (представленной, к примеру, в воспоминаниях Понтекорво) Ферми запланировал эксперимент, в котором между источником и мишенью должна была быть помещена свинцовая преграда в виде клина. Однако утром 22 октября Ферми внезапно меняет свои планы и вместо свинцового клина проводит эксперимент с таким же клином, но сделанным из парафина. Измерения показывают, что активность мишени растет. Понтекорво: «После этого Ферми вызвал всех нас и сказал: «Это происходит, вероятно, из-за водорода в парафине, посмотрим, как будет действовать большое его количество». Опыт был сразу выполнен сначала с парафином, а затем с водой. Результаты были потрясающими: активность серебра в сотни раз превысила ту, с которой мы имели дело раньше!...».

Описывая эти события несколько десятилетий спустя, Понтекорво не скрывает своего восхищения интуицией Ферми: «Когда мы спросили Ферми, почему он поставил парафиновый, а не свинцовый клин, он улыбнулся и насмешливо произнес: «С.Ф.И» (*Con Intuitio Fenomenale*). По-русски это звучит как ПФИ (по феноменальной интуиции)».

Парафин содержит большое количество водорода и процесс замедления нейтронов в парафине можно легко объяснить, используя аналогию со столкновением бильiardных шаров равной массы (масса нейтрона практически равна массе атома водорода). Вполне естественным было предположить, что самым эффективным замедлителем нейтронов будет вода.

Рядом с лабораторией Ферми находился сад дома, в котором жил декан физического факультета сенатор Корбино, в этом саду был фонтан с золотыми рыбками. Лаура

Ферми: «В тот же день, 22 октября, они (Ферми и его «мальчики» — Б.Б.) притащили свой источник нейтронов и свой серебряный цилиндр к фонтану и опустили то и другое в воду. Я уверена, что золотые рыбки, несмотря на то, что они попали под нейтронный обстрел, вели себя гораздо спокойнее и с большим достоинством, чем эта кучка физиков, собравшихся у фонтана. Результаты эксперимента привели их в неистовое возбуждение. Теория Ферми подтвердилась — вода также во много раз увеличивала искусственную радиоактивность серебра».

О своем психологическом состоянии 22 октября 1934 г. Ферми рассказал в начале 50х гг. астрофизику Субраманьяну Чандрасекару. Ферми описал события следующим образом: «Однажды, когда я пришел в лабораторию, мне пришло в голову, что надо бы посмотреть — что произойдет, если на пути нейтронов поставить свинец... Мне явно что-то не давало покоя: я пользовался любым предлогом, чтобы оттянуть момент установки свинца на предназначенное ему место. Когда же, наконец, я с некоторыми неохотой собирался поставить его, то сказал себе: «Нет! не хочу я ставить этот свинец. Мне нужен парафин». Это было именно так — никаких предзнаменований, никаких сознательных предшествующих рассуждений. Я немедленно взял кусок парафина, случайно подвернувшийся мне под руку, и поставил его на то место, где должен был стоять свинец».

И воспоминания Бруно Понтекорво и рассказ Ферми Чандрасекару окрашены в романтические тона: открытие происходит внезапно, на наших глазах, оно становится возможным исключительно благодаря «непостижимой интуиции» Энрико Ферми. Оскар Д'Агостино, единственный химик группы Ферми, вспоминает происходившее осенью 1934 г. не столь романтично. Главной причиной открытия он объявляет... ведро с водой, которое уборщица периодически оставляла под лабораторным столом

Бруно Понтекорво. В присутствии ведра активность мишени увеличивалась; именно это обстоятельство побудило Ферми погрузить мишень и источник в воду. Позже стало понятно, что вода замедляла попадавшие в нее нейтроны и что часть нейтронов при этом рассеивалась на протонах, попадая впоследствии в мишень.

Расхождения между рассказом Д'Агостино и рассказами его бывших коллег объясняются скорее всего поздним вхождением Д'Агостино в «круг Ферми» и некоторой дистанцированностью химика от физиков. История открытия эффекта замедленных нейтронов стала предметом специального исследования итальянского историка физики Де Грегорио. Осенью в 1933 г. в Брюсселе проходил очередной, седьмой по счету Сольвеевский конгресс, собравший практически всех ведущих физиков мира, занимавшихся ядерной физикой. Так, Джеймс Чэдвик рассказывал на конгрессе о результатах своих опытов с нейтронами разных энергий. Эти опыты показали, что замедление нейтронов приводит к росту вероятности их взаимодействия с атомными ядрами вещества. А в докладе Фредерика Жолио-Кюри были представлены доказательства эффективности использования парафина как замедлителя нейтронов. Хроника заседаний конгресса свидетельствует, что активное участие в обсуждении докладов принимал Энрико Ферми.

Вернемся теперь к рассказу Ферми; он был ответом на просьбу Чандрасекара дать экспертную оценку идеям математика Жака Адамара, касавшимся психологии научного открытия. Адамар выделил в открытии четыре стадии: период сознательных поисков; период «инкубации»; момент озарения (когда осознается найденный подсознательно правильный ответ) и период завершения (своеобразного оформления открытия для использования другими учеными).

Исследование Де Грегорио и схема Адамара позволяют, как нам кажется, выявить истоки «феноменальной интуиции»

Энрико Ферми. По-видимому, во время заседаний Сольвеевского конгресса у Ферми на уровне подсознания зародилась идея о том, что следует делать с нейтронами для повышения их эффективности. Следуя схеме Адамара, мы можем назвать этот процесс «инкубационной» стадией открытия. Его ускорение было связано с открытием в 1934 г. «нейтронной» искусственной радиоактивности, а 22 октября 1934 г. что-то послужило толчком, и правильный ответ был мгновенно осознан Ферми. Навсегда останется невыясненным, что же именно было непосредственной причиной «озарения» — ведро с водой или свинцовый клин.

Разумеется, все сказанное выше никоим образом не умаляет заслуг Ферми, Амальди, Понтекорво и других соавторов выдающегося открытия. Мы, однако, лишний раз убеждаемся, насколько сложно отделить в истории конкретного научного открытия случайное от неслучайного. В итоге настоящему случайной остается только одна деталь: забытое уборщицей ведро с водой под установкой Понтекорво. И то если доверять памяти Оскара Д'Агостино...

В 1993 г., выступая в Риме в связи с первой годовщины смерти Эдоардо Амальди, академик АН СССР Бруно Максимович Понтекорво вернулся к истории знаменитого открытия. Спустя без малого шесть десятилетий он сообщил новые подробности экспериментов, не попавшие в свое время на страницы научных журналов. Обнаруженная зависимость ядерных реакций от окружающей среды была столь неожиданна, что итальянские физики начали проверять правильность основных постулатов ядерной физики. Соответствующие опыты, признался Понтекорво, проводились «за закрытыми дверями»: *«Так, например, Амальди и я (и сегодня я не стыжусь об этом говорить) занялись исследованием влияния сильных электрических и магнитных полей на явление активации в водородсодержащих веществах!»*. Никакого влияния Понтекорво и Амальди, разумеется, не обнаружили. Но

признаться публично в столь радикальных сомнениях в отношении основ своей науки не решились...

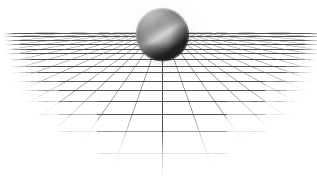
Открытие эффекта замедленных нейтронов стало одним из ключевых событий в истории ядерной физики и уже в 1938 г. Энрико Ферми была присуждена Нобелевская премия по физике «за доказательство существования новых элементов, возникающих при нейтронном облучении, и за сделанное в связи с этими исследованиями открытие ядерных реакций, происходящих под действием медленных нейтронов». К этому времени Ферми разработал теорию замедления нейтронов, заложив основы нейтронной физики. В декабре 1938 г. Отто Ган и Фриц Штрассман, используя медленные нейтроны, открыли деление атомных ядер урана. То, что результаты их опытов свидетельствуют именно о делении, было показано Лизе Мейтнер и Отто Фришем уже в следующем году. В том же 1939 г., были открыты вторичные нейтроны деления (Жолио-Кюри и др.) и создана теория деления ядер (Нильс Бор и др.). А в 1942 г. под руководством Энрико Ферми впервые была осуществлена управляемая цепная реакция деления атомных ядер — запущен первый в мире ядерный реактор. Его мощность составляла 40 Вт. До взрыва первой атомной бомбы оставалось три года...

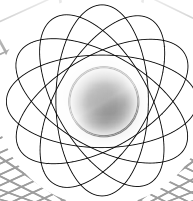
Что же касается Бруно Понтекорво, то с началом научной биографии ему явно повезло: он оказался в нужное время в нужном месте. В 1936 г. он приезжает в Париж и начинает работать под руководством Фредерика Жолио-Кюри. Уже в 1938 г. за исследования в области ядерной изомерии ему присуждается престижная премия

Кюри–Карнеги, а в 1939 г. продолжение этой работы поддерживает своим грантом Французский Национальный Исследовательский Совет. В июне 1940 г. Париж оккупируют войска нацистской Германии; Бруно Понтекорво вместе с женой Марианной и двухлетним сыном Джилем успевают уехать из французской столицы и 9 августа 1940 г. на борту трансатлантического лайнера Оранза отплывают в США.

### Литература

1. Холтон Дж. Группа Ферми и возвращение Италией своего места в физике / В кн.: Дж. Холтон. Тематический анализ науки. — М.: Прогресс, 1981. — С. 294–356.
2. Понтекорво Б.М., Покровский В.Н. Энрико Ферми в воспоминаниях учеников и друзей. — М.: Наука, 1972.
3. Абрамов А.И. История ядерной физики. — М.: КомКнига, 2013.
4. Turchetti S. The Pontecorvo Affair. The University of Chicago Press. — Chicago and London, 2012.
5. Gregorio De Alberto. Chance and Necessity in Fermi's Discovery of the Properties of the Slow Neutrons. <http://arxiv.org/ftp/physics/papers/0201/0201028.pdf>.
6. Понтекорво Б.М. Открытие медленных нейтронов: некоторые воспоминания. Б.М. Понтекорво. Избранные труды. Т. 2. — М.: Наука. Физматлит, 1997. — С. 5–8.
7. Понтекорво Б.М. Возвращение на улицу Панисперна: Избранные труды. Т. 2. — М.: Наука. Физматлит, 1997. — С. 131–132.
8. Holton Gerald. The Birth and Early Days of the Fermi Group in Rome. Proceedings of the international conference «Enrico Fermi and the Universe of Physics». — Rome: ENEA, 2003. — P. 53–70.





## ВОСПИТАНИЕ ШКОЛЬНИКОВ

# МЫШЛЕНИЕ УЧИТЕЛЯ И УЧАЩЕГОСЯ НА УРОКАХ ФИЗИКИ

<b>Р.Н. Щербаков</b> , д.п.н., Эстония; robertsch961@rambler.ru	<b>R.N. Scherbakov</b> , Ed.D., Estonia; robertsch961@rambler.ru
<b>Ключевые слова:</b> социокультурный и ценностный подходы в обучении; объективное и субъективное в познании явлений природы; психология постижения научной истины как в классической, так и в современной (равновесной и неравновесной) физике и место в ней учащегося и учителя	<b>Keywords:</b> sociocultural and value approaches in learning; objective and subjective in the knowledge of natural phenomena; psychology of comprehension of the truths of science in both, classical and in modern (equilibrium and nonequilibrium) physics and the place of student and teacher therein
Показано, какие качества учителя физики помогают учащимся постичь существо познавательных основ науки и ее методов, а также приобрести умения и навыки их применения для успешной практики	The article shows the features of a physics teacher helping the students to comprehend the essence of the cognitive elements of science and its methods, as well as develop skills and abilities of their application for good practices

Только объясняя, как выглядит предмет физики и раскрывая его человечность, мы сможем решить задачи преподавания [1]. Причем первый подход видится в выводе ее знаний и мышления из своего замкнутого пространства в открытое поле культуры и раскрытии принадлежности науки и деятельности ученых общим ценностям.

Второй учитывает психологическое взаимодействие учащегося с реальными телами. Третий напоминает нам: физическая реальность и познающий ее учащийся — неравновесные системы. Их открытость, нестабильность и нелинейность побуждают менять мировосприятие и критическое отношение к себе с выходом на новое понимание.

Четвертый направлен на обеспечение учащихся научным методом и формирование у них умений и навыков, применимых для познания явлений природы и решения задач повседневной жизни. Пятый же подразумевает усиление психологического момента в деятельности учителя, помогающей успешной реализации предыдущих подходов.

1. Что касается социокультурного подхода, то он позволяет раскрыть культурную значимость в основном фундаментальных открытий, являющихся вехами в развитии цивилизации, их мировоззренческих и технологических компонентов, формирующих у общества глубокий взгляд на картину мира и возможности улучшения благосостояния.

Фундаментальные научные знания и представления важны и для учащихся тем, что несут им обновление пространства, методы воздействия на мир и изменение способа его видения, вызывающие психологические сдвиги и перестройку сознания учащихся как субъекта познания, а уж потом — накопление его знаний об объекте физики.

Какова роль в этом диалога? Его реализация позволяет учащемуся учиться спорить с собеседником и с самим собой; брать под сомнение свои представления, а мысленный эксперимент проводить как над явлением, так и под своей внутренней речью, ускоряя преобразование прежней логики в нечто новое, предвещающее дорогу к открытию.

Причем, кроме объективного понимания

явления он высказывает и субъективные предположения о нем. Взаимодействие и взаимосвязь того и другого, порожденных его мышлением, потому представляющихся для него лично значимыми, приводит учащегося к созданию для себя объективно-субъективной картины физического явления.

Он начинает понимать, что исходя из всеобщности законов природы и пользы их познания, скептицизма и критичности, физика приобретает свойства, позволяющие ей объективно и обоснованно объяснять саму жизнь. Помогает этому обучение на основе ценностей, удерживающих учащегося от лишних пристрастий, предубеждений и иррациональности и снижающих тем самым субъективность его суждений.

Важно также и то, что со временем идеология учащегося с его ценностными нормами и установками приобретает то содержание и форму, которые обеспечивают ему нравственные рамки благополучия на уроке и вне их. И лишь неудачи познания, не сложившиеся отношения с товарищами и учителем и (или) тщеславие приводят его к излишней произвольности и субъективности в толковании учебного материала.

Итак, социокультурное обогащение учебного (научного) знания на уроках позволяет раскрывать воздействие как науки на материальную и духовную жизнь общества, так и общества с его субъективностью на формирование личности учащегося. Это примиряет повседневное бытие и здравый смысл учащегося с подчас абстрактным знанием.

2. К тому же, если в описании физической реальности классическая наука опирается на существование объективного мира, не зависящего от наблюдателя, а неклассическая уже учитывает его, то учебный процесс, имеющий дело с учебным знанием и личностью учащегося, должен опираться на взаимосвязь научного знания и личности.

В этой ситуации здравый смысл нау-

ки приобретает актуальность, поскольку предполагает ее возможное приближение к личности учащегося, а именно, наряду с объективным знанием применение субъективного, обусловленного психологическими особенностями его личности, позволяющей повышать меру объективного в понимании материала и одновременно ценить личные ощущения и пристрастия.

Так, например, даже малое различие применяемых параметров однородных приборов, расхождения в навыках измерений величин, разный психологический настрой учащихся приводят к разнящимся итоговым результатам, напоминающим им как о приближенности формул законов физики, так и о влиянии психологии самого субъекта — учащегося на результаты измерений характеристик объекта физики.

И еще: несмотря на присущие ученым и учителям поиски простоты, *«мы прекрасно понимаем, что какими бы несложными и элегантными ни называли законы природы физики-теоретики, реальный мир не таков. Он замысловатый и запутанный. Большинство объектов и явлений не ведут себя в согласии с какими-либо простыми законами»* [2, с. 212] и этот факт от учащихся все-таки не стоит утаивать.

Тем не менее, за научными понятиями учащиеся начинают видеть проявления знакомой им по жизни и урокам реальности: от научных представлений и форм их описания они возвращаются к обыденным, которые при этом теряют достоинства знания научного. Движение от конкретного к абстрактному и обратно становится путем осмысления рождения научного знания в сочетании с субъективным.

Обычно наклонности ума учащегося задают направление и формы интереса к материалу, особенностям его объяснения. К тому же, в его психологии уже заложено стремление не просто к причинному, но к простому причинному объяснению явления, исключению множества причин и ограничению одномерными связями между явления-

ми. Эта особенность позднее может приобрести статус полезной привычки.

За объяснением материала следует логика научной аргументации, рациональное сочетание реального и (или) мысленного эксперимента, а затем и математически оформленной теории. Причем это должна быть логика практическая, учитывающая эмоции, оценки и сомнения учащихся. Выступая в эмоционально-мысленной деятельности как «логик-практик», учитель способен добиться ощутимого результата.

В итоге в объяснение явления учащийся включает как элементы научного знания, так и добытые повседневной практикой житейские. Они привлекаются им также, когда он, ощущая в логической цепочке рассуждений явные для него разрывы между научно обоснованными элементами, вынужден заполнить их теми, что подсказывает ему его здравый смысл и накопленные им на данный момент представления.

Источником субъективизма становятся попытки и самого учителя чрезмерно упростить материал, что приводит к его искажению, или недоговоренности при толковании понятий и законов. Субъективизм проявляет себя при изложении по аналогии, когда новое сравнивается с уже известным и будто бы похожим на него. Но у аналогии есть своя граница и если ее не видеть или забыть, то возникают мифы.

Уверенный в истинности своего анализа научных знаний, учитель неосознанно вносит в них субъективные нюансы, обусловленные как раз его недопониманием материала. Его вполне искренние действия донести до учащихся свое «верное» понимание учебного материала в итоге привносит в усваиваемые ими знания элементы субъективности, нарушая тем самым объективную картину физического явления.

Обычно учащийся начинает верить своему учителю, когда может убедиться в его правоте на собственных опытах, расчетах и логике рассуждений. Со временем его вера будет распространяться и на утверждения,

которые он еще не проверил. В идеале же, учащийся должен усвоить урок: взамен слепой веры в рассуждения учителя он при желании может добыть знание из собственной деятельности.

При этом важно помнить, что наука — это здравый смысл не всегда приятный нам и потому как ученые, так и учителя ответственны за ее разъяснение. Нобелевский лауреат Р. Фейнман подчеркивал: *«Думаю, что одна из важнейших задач ученых — объяснять и побуждать людей к постоянным умственным усилиям»* [3, с. 148]. Наука по сути — *«это приобретенные нами знания о том, как избежать самообмана»*.

В попытках достигнуть истины и обосновать ее, учащийся подчас не может избежать ошибок. Но чем серьезнее он относится к своим поискам причины явления, тем острее его переживания по поводу допущенных им оплошностей и заблуждений. Стимулированные ими новые попытки более качественно проводить собственные учебные исследования убеждают его в том, что на ошибках следует учиться.

Как видим, наука для учащегося должна раскрыться в обучении как элемент культуры, а научная деятельность — как итог взаимодействия объекта познания с его субъектом — с учащимся, с особенностями его интеллекта и психологии. Это означает, что на практике физика должна сосуществовать на уроках с другими формами побуждений и чувств, с другими способами самореализации личности учащегося.

К сожалению, учитель не всегда способен выразить словами то, что должен, или начинает не с того, с чего целесообразно приступить к объяснению явления, или употребляет обычные слова в непривычном для учащихся значении и т.д. При описании им явления они подчас не понимают, почему оно устроено так, а не иначе, и потому объяснение им не нравится, ибо они не принимают его ни душой, ни разумом.

То, что учитель ясно понимает, он может

образно и с применением практической логики объяснить учащимся. Это его понимание вместе с умением — прямой путь к их сердцам и разуму. Недопонимание учебного материала учителем, неспособность поставить себя на место учащихся, подчас не знающих простых вещей, и неумение наглядно раскрыть существо вопроса делают дорогу к истине весьма непростой.

Лишь когда учитель способен преодолеть «подводные камни» при анализе очередной учебной темы, умело и изящно организует эмоционально-образное восприятие явлений, а в итоге приводит учащихся к их рациональной оценке, — без чего нет осмысления и постижения научной истины, — у него есть шансы донести до них интерес к предмету, его понимание и мировоззренческую ценность.

В подобных ситуациях диалог учащимся особенно нужен, ибо в ходе его они убеждаются в закономерной правомерности понимания проблемы. При ее осмыслении учащийся ведет диалог с самим собой, отыскивая в собственном Я место новому и примеривая его к своему эмоциональному опыту и знаниям. И здесь важна не столько точность осмысления учащимся, сколько проникновение его в суть вещей.

В итоге идет систематизация научных и оценочных знаний: в них учащийся зафиксировал свое отношение к природе, выставив ее проявлениям уже обоснованные оценки. При этом сама взаимосвязь учителя и учащегося предстает как «синергетическое приключение», когда в обучаемом при всех его случайностях проявляются скрытые потенциалы и установки на перспективные тенденции своего развития.

Психологический фактор «работает» в этом процессе, если учитель осознает ценности науки и основательно владеет ее основами; имеет представления о ценностях учащегося; в курсе его наклонностей и потребностей. Но особенно он должен учитывать меру проявления у учащегося тех универсальных ценностей науки, которые

полезно будет развивать их на материале собственно предмета физики.

Итак, в содержании учебного предмета учитель должен выявлять факты и положения воспитывающего воздействия и уметь применять их на уроках в целях пробуждения эмоций, направленных на познание тех или иных вопросов курса. Для чего он должен заранее оценить уровень подготовки и развития учащегося, понимать психологию его личности с ее познавательными интересами и потребностями.

С учетом наличия в научном (учебном) знании его объективных и субъективных параметров, проигрываемые на уроках ситуации, в коих выстраиваемая и высказываемая учащимся мысль, подчас далекая от истины, в диалогическом анализе приобретает в учебном познании определенную объективность, безусловно, служат развитию у него потребности в рациональном мышлении и навыков владения им [4].

В ходе наблюдений, опытов и на основе образного мышления учащихся, учитель помогает им интуитивно и сознательно приходить к доводам в пользу рационального объяснения изучаемого на уроке явления на качественном уровне. И лишь затем они достигают своей «вершины» научного познания: открывают для себя закон в его количественной форме и удовлетворение от своей способности понять этот закон.

3. Но на горизонте появились «темные облака» науки, обещающие школьному образованию проблемы в изменении содержания курса, методики и соответствующих психологических средств. Классический детерминизм потерял свою актуальность, не оправдавшие наших ожиданий законы классической логики заменены квантовыми, а мир оказался нелинейным. Как это примирить с нынешним обучением?

Пока же изучение на уроке устойчивых, мало чувствительных к начальным условиям явлений, познанных классикой, и умалчивание при этом о неравновесных системах, являющихся в природе скорее

правилом, чем исключением, и которые исследуются физикой XX–XXI вв., — таково положение, содействующее сохранению у учащихся чрезмерной веры в классику и пренебрежение современностью.

Более того, в обучении следует учитывать также, что и учитель, и учащийся — открытые неравновесные системы. И если в поведении первого организующее начало доминирует и отчетливо выражено, то у второго проявляет себя слабее, а поведение на уроке подвержено воздействию разного рода случайностей, добавляющих элементы субъективности в его суждения о предмете познания и о самом себе.

Учащиеся с их подчас непредсказуемыми эмоциями и поведением, обусловленными самой природой случайности и неопределенности мышления и поведения своей личности, привносят в осмысление и последующую разгадку изучаемого на уроке физического явления его неодинаковое понимание и его оценку для себя, что приводит кстати к разному процентному содержанию объективного и субъективного.

Поэтому психология обучения должна быть такова, чтобы действия учителя привели учащегося к эмоциональному состоянию, когда его мышление будет направляться желанием дойти до истины вопроса, обнаружить его существо, докопаться до истоков анализируемой ситуации; перейти от неясного отношения к ясному и прозрачному для него видению им ситуации, а возможно, и увлечься ею всерьез.

Учащийся, как правило, относится к собственным ценностям «с благоговейным почтением» и «ждет от окружающих того же; такой человек, не жалея себя, защищает и отстаивает их, ради них он способен пойти на любую жертву» [5, с. 204].

Поэтому следует исходить из ценностей и наклонностей учащегося, его личного опыта и той информации, что он владеет на данный момент.

При эмоционально тактичной работе учителя над взаимодействием учащегося

с разными аспектами усвоения материала его ценности, как показывают исследования, со временем сближаются с ценностями науки. Трудности сближения мешает то, что последние подчас имеют мало общего с ценностями учащегося, ибо ценности науки — продукт ее, и потому часто завуалированы от постороннего глаза и чувства.

Итак, сближение и примирение субъекта обучения — учащегося — с его ценностями установками и объекта познания — учебного курса той же физики становится возможным, если учащийся откроет для себя в науке ценности, близкие ему. К тому же эти ценности должны быть ценностями культуры. К ним следует отнести и ценности науки, играющие важнейшую роль в самореализации личности учащегося.

Итак, учащийся формирует свое видение мира, через которое он пропускает накопленные в ходе наблюдений ощущения, обрабатывает их в согласии со своими навыками, выуживая нужный ему смысл из информации и лишь затем придает фактам ту личностную ценность, при которой они становятся для него основой осмысления уже нового, а главное, — руководством для рационального действия впоследствии.

Наука помогает учащимся неизвестное сделать известным, исключить из рассуждений неопределенность и сомнения, выявлять те правила, что позволяют доказывать истину и отличать истину от фальши. Обучая ее основам, мы учим их решать проблемы методом проб и ошибок, развивать интуицию и умение свободно задавать любые вопросы, имеющие важное значение не только в самой науке.

4. Подчеркнем еще раз, что физика для учащегося подчас далека от его быта, абстрактна, сложна и потому порой недоступна пониманию. И все же, как заметил Э. Мах, каждого, в том числе и учащегося, влечет к попытке разобраться в ее основах изначальная человеческая потребность «*найтись среди явлений природы, не стоять*



*перед ними чуждо и смущенно» [6, с. 429], но пытаться проанализировать их.*

Итак, для учащегося знание — это тоже сила. Но одного знания, даже если оно высокой пробы, для продуктивной деятельности мало. Ибо *«сама по себе ученость не научает, как применять ее: на то есть мудрость высшая, которую приобрести можно только опытом»* (Ф. Бэкон). Его ценность и в том, что началом рационального знания служит научный метод — и экспериментальный и теоретический.

Вся наша жизнь есть и осознанный и бес-сознательный опыт над собой и окружающими. Учащемуся его повседневный опыт приносит или сомнительные или выверенные результаты, обогащающие его приобретениями и оптимизмом. Методы науки помогают рационально решать, что полезно, а что не очень, отличать истину от правды и заблуждений. Учащийся начинает понимать это лишь со временем.

Психологическая помощь особо важна при овладении учащимся научным методом, готовящим его к решению самых разных задач, начиная от точных наук и заканчивая социальным бытием. В ходе овладения им в обучении он имеет возможность многократно проявлять как умения и навыки, так и, используя их, привыкать к самостоятельному выходу на собственные «открытия».

Систематическое применение учебного эксперимента позволяет развивать представления о нем как об эффективном методе познания, основных его моментах постановки и тех условиях, когда он будет результативным при достижении цели. Важны для учащихся и их представления о взаимосвязи эксперимента с теоретическим знанием, месте и роли человека в самом экспериментальном исследовании.

В свою очередь, научная (физическая) теория является по существу тем созданным учеными инструментом науки, который служит для интеллектуального видения мира, его объективного объяснения и понимания. Глубокое усвоение теоретического материала

на уроках, его осмысление с методологических позиций есть условие высокой теоретизации представлений учащихся о физической реальности.

И, наконец, обращение к математике при работе с экспериментом формирует у учащихся навыки и умения количественного подхода к явлениям и стремление уметь применять его, убеждает их в удачности теоретической модели, положенной в основу теории, отражающей свойства и отношения явления. Математика вносит в обоснование знания логическую ясность и доказательность полученных выводов.

Эксперимент и теория тогда становятся для учащегося культурной ценностью, когда задают объективную ценность его мировоззрению и в качестве безотказных инструментов помогают вполне рационально решать как научные и социальные проблемы, так и те бытовые, что будут встречаться ему по жизни. Вместе с тем, он интуитивно и осознанно воспримет опасность экспериментов в обществе [7].

Этот факт, а его примерами полна экономика и политика страны, должен быть внедрен в сознание учащихся, намеренных заняться проведением реформ в жизнь общества. Понимание ими специфики применения экспериментов к социальным условиям и усвоение научной осторожности и моральной ответственности перед обществом станет гарантом безопасной научной деятельности для живущих.

Примеривая на себя эксперимент или теорию, учащийся оценивает их со своих позиций. Опыт его выбора отражается на образе явления, для изучения которого он подбирает один или оба метода. При этом у него развивается видение как методов и явления, так и способностей и наклонностей, диктующих ему будущий выбор по жизни.

Только благодаря совместным усилиям учащихся и учителя, его умению в нужный момент пробуждать у них нужные на данный момент знания и умения, задатки интереса, логики и интуиции, они смогут

постичь существо познавательных основ науки и ее методов, и приобрести умения и навыки их применения для успешной практики.

При этом условии наука в их представлении будет выглядеть уже не абстрактной и «безжизненной», какой казалась вначале. Тот факт, что законы классической, а тем более квантовой и нелинейной физики являются такими же приближенными и вероятностными, как сама жизнь, наполнит научные истины человеческой значимостью.

Тем более, что обращение к здравому смыслу науки позволяет не только сохранять объективность учебного знания, но и опираться на то субъективное природы и человека, что раскрывает культурную и личностную ценность науки. Их органичная взаимосвязь безусловно способствует самореализации рационального аспекта личности.

5. По Г. Башляру, научная мысль ценна тем, что является одним из организующих начал психики; направлена на сохранение, повторное нахождение, на постоянное обновление, на исправление и пересмотр результатов своей деятельности. Поэтому она предполагает смелость, постоянство, упорство, что придает ей свой драматизм [8, с. 330].

Именно этот важнейший факт следует положить учителю в основу своего образования и самообразования, которое значимо тем, что оно привлекательно свободой выбора при знакомстве прежде всего с той литературой по науке и предмету (методическим подходам и приемам обучения), необходимость в которых остро испытывает учитель.

Лишь творческое осмысление учителем вузовского образования и самообразования позволит ему достигнуть того профессионализма, когда предмет начнет светиться ярким светом вдохновляющего его понимания, становясь очередным его прозрением,

обеспечивающим успех в обучении в виде методических и воспитательных находок.

Итак, из всех качеств учителя выделим любовь к учащимся и знание учебного предмета. Причем независимо от того, талантлив ли он или не очень, рационалист или романтик — в любом случае эти качества, влияя на увлечения наукой и душевную теплоту к своим воспитанникам, успех в обучении становится устойчивым.

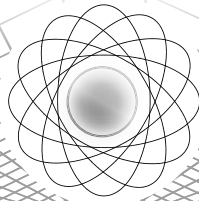
Правомерна и аналогия между работой учителя-предметника и музыканта-исполнителя. Оба — посредники между творцами и людьми, заинтересованными в знакомстве с их творчеством [1]. От меры осмысления учителем их научных знаний и методов для образования, и его умения передать их учащимся зависит качество обучения.

За спиной учителя стоят классики науки, дидакты, психологи, методисты и авторы учебников, помогающие ему освоить рычаги влияния на психику и интеллект учащегося, позволяющие пробудить у него интерес к науке, стремление овладеть ее основами, сформировать картину мира и освоить методы решения своих проблем.

Разве это не самая драгоценная плата за нелегкий труд учителя и разве не вершина творчества, о которой годами мечтают многие, но далеко не многим она покоряется, помогая успешно формировать у учащегося его умения научного восприятия природы и общества, и в итоге способствовать самореализации собственной личности?

Таким образом, бывшие представления о том, что познание природы является лишь объективным процессом, следует дополнить учетом субъективности, что вносится в обучение физикой, ее методологией в виде как примеров о поведении квантовых и неравновесных систем, так и познавательной деятельностью учащихся и учителя.

*(Окончание см. на с. 27.)*



## МЕТОДИКА. ОБМЕН ОПЫТОМ

# КАКОЙ МЕТОДОЛОГИИ ОБУЧАТЬ НА УРОКАХ ФИЗИКИ И КАК ИЗБЕЖАТЬ ПЕРЕГРУЗКИ УЧАЩИХСЯ ОТ ПОТОКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

<b>М.С. Красин</b> , к.п.н., доцент, доцент кафедры общей физики ФГБОУ ВПО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского»; преподаватель физики, МБОУ «Лицей № 48 г Калуги»; krasin-ms@yandex.ru	<b>M.S. Krasin</b> , Cand. Cs. in Pedagogics, Assistant Professor of General Physics Department FSBEI HPE «Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky»; physics teacher, Municipal Budgetary General Education Institution «Lyceum No.48 of Kaluga»; krasin-ms@yandex.ru
<b>Ключевые слова:</b> физика в средней школе, методологические знания, методологическая культура личности	<b>Keywords:</b> physics at high school, methodological knowledge, methodological culture of personality
В статье рассматривается проблема выбора уровня обобщенности методологических правил, изучаемых в средней школе на уроках, и основы методики их включения в образовательный процесс	The article deals with the problem of choice of the generalization level of methodological rules studied at lessons in high school, and basic methods of their introduction in the educational process

В наиболее широкой трактовке методология рассматривается как «совокупность принципов, норм, методов познания и практической деятельности; учение о путях достижения истинного знания и оптимального практического эффекта» [16, с. 46], «система принципов и способов организации и построения теоретической и практической деятельности, а также учение об этой системе» [17, с. 305], «учение о структуре, логической организации, методах и средствах деятельности» [13, с. 797], учение, которое «обобщает проверенные в широкой общественно-исторической практике рациональные формы организации деятельности» [10, с. 34]. Вследствие особенностей различных видов деятельности возникли, доказали свое право на существование и продолжают развиваться методологии конкретных видов деятельности. В рамках методологии научного познания выделяются ее более конкретные

разновидности: методология физики, методология истории, методология психологии и т.д.

Методология практической деятельности существует в форме многочисленных профессионально ориентированных методологий: методологии инженерной деятельности, методологии коммерческой деятельности, методологии юридической деятельности и т.д. Выделяют также методологию творческой деятельности, методологию игровой деятельности и другие разновидности методологических учений, полезные для рациональной организации деятельности определенной направленности и содержания.

Основной этап освоения человеком методологии конкретного вида деятельности начинается с момента начала его обучения в учреждениях профессионального образования и продолжается уже в процессе его непосредственного профессионального участия в этом виде деятельности. Однако

эффективность усвоения человеком профессионально ориентированных методологических норм во многом предопределяется наличием у него элементов методологической культуры, сформированных в период получения общего среднего образования.

Задача обучения школьников методам научного познания и рациональной организации практической деятельности в той или иной форме ставилась во всех основных нормативных документах государственных органов управления образованием. Современные требования, предъявляемые государством к уровню подготовки выпускников средних общеобразовательных учреждений, отражены в положениях Федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования (ФГОС СОО) [15], методологической основой которого обозначен системно-деятельностный подход. В рамках данного подхода установлены требования к личностным, метапредметным и предметным результатам освоения обучающимися основной образовательной программы. Анализ этих требований показывает, что многие намеченные ФГОС СОО результаты достижений выпускников средней школы представляют собой методологические знания, методологические умения и методологические убеждения, в том числе: готовность и способность обучающихся к саморазвитию и личностному самоопределению, сформированность их мотивации к обучению и целенаправленной познавательной деятельности, системы ценностно-смысловых установок, отражающих личностные и гражданские позиции в деятельности, способность ставить цели и строить жизненные планы; освоенные обучающимися межпредметные понятия и универсальные учебные действия, способность их использования в познавательной и социальной практике, самостоятельность в планировании и осуществлении учебной деятельности и организации учебного сотрудничества с педагогами и сверстниками, владение навыками учебно-

исследовательской, проектной и социальной деятельности; освоенные обучающимися виды деятельности по получению нового знания, его преобразованию и применению в учебных, учебно-проектных и социально-проектных ситуациях, формирование научного типа мышления, владение ключевыми понятиями, методами и приемами [15].

Для формирования и развития перечисленных качеств личности обучающихся требуется не меньше времени, чем для формирования предметных знаний и умений. Поэтому от идеи включения в содержание школьного образования специального учебного предмета, посвященного изучению основ научной методологии и развитию их методологической культуры, следует отказаться по ряду веских причин. Во-первых, введение дополнительного учебного предмета, изучение которого рассчитано на несколько лет, приведет либо к увеличению учебной нагрузки учащихся, либо к сокращению учебного времени, предназначенного для изучения классических школьных предметов: математики, физики, русского языка, истории, литературы и др., что повлечет снижение уровня общего образования выпускников. Во-вторых, методологические знания и умения на начальном этапе их системного формирования и развития (т.е. школьном этапе образования), должны быть максимально наполнены предметным содержанием, чтобы быть понятными для обучающихся. Приведенные аргументы не отвергают пользу кратковременных элективных или факультативных курсов, посвященных обобщающей систематизации методологических знаний, но основное формирование методологических знаний и убеждений, развитие методологических умений обучающихся в средних общеобразовательных учреждениях может и должно осуществляться преимущественно в процессе их взаимодействия с учителями-предметниками в рамках изучения учебного предмета.

В связи с этим возникает необходимость

решения проблемы выбора уровня обобщенности и степени профессионально деятельностной направленности тех методологических норм и идей, которым целесообразно обучать на уроках каждого конкретного учебного предмета. В частности, определиться с ответом на вопрос: какой методологии следует учить на уроках физики в школе?

В поисках ответа на этот вопрос выделим те виды деятельности, обучение которым, предполагающее формирование соответствующих методологических знаний и умений, отвечает целям и задачам среднего общего образования в целом и школьного физического образования в частности.

Необходимость обучения школьников методологии проведения научных исследований в области физики (т.е. **методологии физики**) не подлежит сомнению. Процесс усвоения знаний невозможен без изучения и освоения методов их получения и последующего применения. Кроме того, следует учитывать, что открытие перед учащимися красоты методологической логики научных открытий и прелести творческих озарений способствует решению социально важных задач: привлечению будущих выпускников школы к выбору сложной, но общественно значимой и лично интересной профессии ученого и формированию уважительного отношения всех учащихся к этой профессии.

При выборе деятельностной направленности изучаемых методологических правил нельзя обойти тот факт, что изучение физики в школе является профессионально значимым этапом получения инженерного образования различной специализации: от программиста до строителя. Ознакомление школьников с физическими принципами работы тех или иных приборов, с историей и методологией их изобретения, обучение их умению использовать имеющиеся физические знания для объяснения особенностей функционирования технических систем или для «самостоятельного изобре-

тения» способов решения тех или иных технических проблем, не только углубляет знания учащихся в области физики, но и учит их **методологии инженерной деятельности**, в которой физические и другие научные знания являются не целью, а средством достижения практической цели. Наиболее явно это обучение реализуется при решении школьниками физических задач инженерно-технического содержания:

**Задача «Дефибрилятор».** *«Фибриляция сердца — состояние, сердце перестает сокращаться как единое целое. Если не оказать больному своевременную помощь, то наступает смерть. Лечат фибрилляцию — электрическим дефибрилятором. При этом к телу человека в области сердца подают напряжение в несколько тысяч вольт и пропускают кратковременный мощный импульс электрического тока. Какое электротехническое устройство непременно присутствует в дефибриляторе?».*

**Задача «Касситерит».** *«Найти касситерит — минерал, содержащий олово, очень трудно, поскольку он почти не отличается по многим физическим свойствам от вмещающих его пород. Но геофизикам удалось установить, что удельное сопротивление касситерита изменяется в зависимости от частоты, проходящего через него тока. Предложите способ геологоразведки касситерита».*

При решении первой задачи учащиеся, принявшие на себя роль инженера, должны вспомнить, какой физический прибор позволяет получать кратковременный мощный ток. Для решения второй задачи учащиеся должны предложить принципиальную техническую систему, позволяющую пропускать переменный электрический ток переменной частоты через большие участки земной поверхности и фиксировать изменения электрического сигнала в различных местах.

Привлечение учащихся к решению на уроках физики задач инженерно-технического содержания не только способствует углубле-

нию изучаемых физических знаний и повышению занимательности урока, но и вносит важный вклад в формирование будущей инженерной элиты страны. При решении подобных задач, также как и при проведении физических исследований, учащиеся учатся руководствоваться методологическими принципами (причинности, симметрии, относительности, простоты и др.), ориентироваться на эвристические приемы (разделение на части, реструктурирование, замена на равносильное и др.), опираться на алгоритмические предписания по организации деятельности в определенных условиях с определенной целью, уметь выделять главное, учитывать условия, в которых приходится осуществлять деятельность и выбирать подходящие средства деятельности. При этом им становится все более очевидно, что осваиваемые методологические регулятивы полезны не только при проведении физических исследований, но и при решении технических проблем практического характера.

Аналогичный контекст приобретают изучаемые методологические правила при обсуждении способов применения физических знаний для решения проблемных ситуаций, возникающих в повседневной жизни, обыденных или экстремальных условиях, как, например, в следующей задаче.

**Задача «Из рассказа отшельника».**  
*«Это событие произошло в 80-х годах прошлого века. Однажды один из жителей сибирской деревни ушел в тайгу и прожил там несколько лет, не строя себе ни каких специальных долговременных укрытий. На вопрос корреспондентов о том, как ему удавалось выживать зимними ночами, он отвечал: «Чтобы не замерзнуть, я выбирал большую сосну, разрывал снег у корней и разводил над ними костер. Поужинав, я отгребал угли в сторону и укладывался спать на корнях, до рассвета они продолжали меня греть». Почему этот человек выбирал именно сосну и почему корни сосны так долго грели его в зимнюю ночь?»*

Решение данной задачи требует привлечения целого комплекса знаний по физике (плохая теплопроводность древесины, большая по сравнению с твердыми телами удельная теплоемкость расплавленной смолы, зависимость количества теплоты, отдаваемого охлаждающимся телом от его массы) и биологии (поверхностное расположение толстых и смолистых корней сосны), что позволяет отнести ее к задачам междисциплинарного содержания, но смоделированная в ней ситуация, связанная с решением проблемы обеспечения жизнедеятельности человека, привносит в нее метапредметный характер. В процессе методологической рефлексии способов и результатов решения каждой подобной практико-ориентированной задачи у учащихся развивается способность к осознанному руководству своей деятельностью с опорой на изученные методологические регулятивы-рекомендации.

Конечно, изучаемые на уроках физики методологические регулятивы можно позиционировать как нормы и идеи методологии физики, полезные при решении при организации различных видов практической деятельности, связанной с использованием и учетом физических свойств объектов. Но стоит ли искусственно ограничивать область применения изучаемых методологических норм и идей, если большинство из них совпадает с нормами и идеями методологий многих наук естественнонаучного направления и методологии проведения математических исследований; если между методологиями точных наук и наук социально-гуманитарной направленности имеется значительно больше общего, чем отличий, если методологические нормы, выделенные в рамках методологий отдельных наук, затем оказываются востребованы и методологиями других наук. Лидерство в этом процессе, как правило, принадлежит методологии физики, но можно привести примеры опережающего развития методологических идей в рамках других наук: в частности, открытия в области квантовой физики лишь

в начале XX в. показали вероятностный характер причинно-следственных связей между событиями, а историки и политики понимали и учитывали это еще тысячелетия назад. *«Особенности научной деятельности, принципы познания и т.д. едины для всей науки вообще, науки в целом. Требования, например, к эксперименту одинаковы и для физики, и для биологии, и для педагогики, и для любой другой отрасли научного знания... в принципе же общее строение методологии науки едино»* [10, с. 18–19]. Методы организации мыслительной деятельности и эмпирического исследования, законы логики и методологические принципы, приемы эвристического поиска и правила обоснования ответов, способы получения максимально достоверных сведений (надежные и точные приборы и люди, многократность измерений, использование различных способов получения информации и т.д.), отнюдь, не являются инструментом исключительно методологии физики, они помогают находить рациональные решения пути проблем в любой сфере научного познания, и составляют основу **научного метода познания**.

Универсальность многих положений методологии научного познания, равно как и наличие особенностей, их применения в рамках конкретных наук, вполне понятны учащимся средней школы, подтверждением чего может служить следующий пример.

*Однажды во время «Турнира юных физиков» школьникам было предложено придумать (задача «Высота Останкинской башни») как можно больше способов определения высоты Останкинской телебашни с помощью секундомера, шнура от ботинка и барометра. В итоге среди предложенных учащимися методов большинство были основаны на использовании физических законов:*

- измерение атмосферного давления у подножия башни и на ее вершине и последующее использование барометрической формулы или сведений из школьного учебника, что при подъеме на 12 метров

вблизи поверхности земли атмосферное давление уменьшается приблизительно на 1 мм. рт. ст.;

- измерения длины шнура по периоду свободных колебаний барометра на шнуре и последующего определения высоты башни методом «перекладывания шнура» или методом геометрического параллакса;
- измерения времени падения барометра с вершины башни и применения формулы равноускоренного движения и др.

Но они также предложили и «статистический метод», основанный на опросе о высоте башни всех прохожих и вычислении среднего арифметического результатов их ответов. При этом барометр предлагался в качестве приза тому респонденту, чей ответ совпадет со средним значением (для повышения заинтересованности в ответах).

Несмотря на очевидно шуточный характер предложения статистического метода, он все-таки был учтен школьниками, что свидетельствует о понимании ими общенаучной ценности методологических регулятивов и наличия особенностей их применения при организации различных видов научно-познавательной деятельности.

Таким образом, оказывается сложно найти аргументы в пользу искусственного ограничения изучаемых на уроках физики методологических правил лишь областью методологии физического познания. Более того, отказ от излишней привязанности к конкретной науке изучаемых в школе методологических норм и идей позволяет организовывать их согласованное системное изучение на различных учебных предметах, укреплять межпредметные связи.

Еще одним немаловажным направлением формирования методологических знаний и умений учащихся средних общеобразовательных учреждений, отмеченных в требованиях ФГОС СОО в качестве одной из образовательных целей. [15], и убедительно обоснованных во многих педагогических исследованиях ([1], [9], [12], [14] и

др.), является обучение школьников **методологии учебной деятельности**, направленное на освоение ими универсальных учебных действий. Несмотря на сходство между некоторыми компонентами учебно-познавательной и научно-познавательной деятельности, тождественными их называть нельзя. Поэтому использование термина «нормы научного метода познания» для обозначения методологических норм, полезных при организации не только научной, но и учебной и практической профессиональной деятельности, не вполне соответствует всей сфере деятельности, по отношению к которой они могут выступать полезными регулятивами.

Это же замечание относится и к **методологии педагогической деятельности**, которой школьники, вольно или невольно, учатся на примерах профессиональной деятельности своих школьных учителей, а также людей их ближайшего окружения (родителей, родственников, соседей). Безусловно, методология проведения педагогических исследований представляет собой разновидность методологии научного исследования, но педагогическая деятельность в целом охватывает значительно большую сферу взаимодействия между наставниками и обучающимися. *Системный характер организации учебных занятий, использование различных способов организации деятельности для достижения поставленных образовательных целей, применение различных форм средств и методов обучения и контроля знаний и умений каждого учащегося, методологически грамотная организация рабочего места учителя, его способность учитывать и корректировать изменяющиеся психические, интеллектуальные, физиологические, нравственные качества каждого учащегося* — все эти проявления методологической культуры учителя влияют на развитие общей методологической культуры учащихся и формирование у них элементов педагогической культуры, полезных при выполне-

нии функций воспитателя, учителя, руководителя, родителя.

Вследствие разнообразия видов деятельности, методологическую подготовку к которым полезно осуществлять на уроках физики в школе (также как и на других уроках), возникает проблема терминологического обозначения всей совокупности методологических регулятивов, которым можно и нужно обучать школьников. Для ее решения представляется целесообразным использование термина **«научная методология»**. Термин «научная методология», в отличие от терминов «методология науки», «методология научной деятельности» или «общенаучная методология», с одной стороны, подчеркивает возможность применения изучаемых методологических правил для рациональной организации самых различных видов деятельности, а с другой стороны, указывает, что в основе этих правил лежат положения методологии научного познания.

Принятие такого подхода в позиционировании методологических правил позволяет:

- осуществлять согласованное развитие элементов методологической культуры обучающихся на различных учебных предметах;
- актуализировать методологические знания и умения и для тех, кто в дальнейшем не планирует заниматься физическими исследованиями и реализовывать себя в инженерной деятельности;
- начинать более раннее обучение школьников основам научной методологии и сразу показывать их универсальность: что *требование учителя к аккуратному оформлению и обоснованному составлению проверочной работы является не исключительно учебным требованием, а общепринятым требованием к составлению отчетов о проделанной работе или презентации проектов, пренебрежение которым в дальнейшем может сказаться на результатах заключения*



*выгодного коммерческого контракта, получения государственного гранта на проведение научных исследований, принятия (или непринятия) финансового, производственного или научного отчета и т.п.; что эвристический прием «разделение на части» полезен и при решении сложных физических (математических, химических) задач, и при организации деятельности по выучиванию стихотворения, при подготовке учебного и научного доклада, при выполнении лабораторной работы по физике и при организации групповой деятельности учащихся и производственной деятельности больших коллективов; что умение выделять главное, уточнять цели и задачи не только ускоряет поиск решения задач по физике, но и позволяет оптимизировать любую деятельность исследовательского характера и так далее.*

Раннее начало обучения основам научной методологии создает предпосылки не только для более глубокого понимания учащимися содержания изучаемых методологических регулятивов, но и для формирования у обучающихся соответствующих ценностных ориентаций и методологических убеждений. Методологические убеждения становятся для выпускников школы осознанными потребностями действовать в соответствии с нормами научной методологии, подвергать обязательной критической проверке на достоверность любую информацию, выступают регулятивами при выборе рациональных способов организации деятельности, эвристическими ориентирами в поиске путей решения проблемных ситуаций, оберегают от принятия кажущихся простыми и очевидными решений, которые, однако, не согласуются с положениями научной методологии и поэтому, как правило, приводят к серьезным просчетам и нежелательным последствиям. Необходимость формирования методологических убеждений в школьном возрасте обусловлена тем, что именно

период развития человека, обозначаемый как подростковый и старший школьный возраст, является «возрастом интенсивного формирования убеждений» [11, с. 294], поэтому попытки формирования методологических убеждений в более поздний период могут натолкнуться на противодействие иных ценностных ориентаций, уже сформировавшихся в школьные годы.

Определившись с вопросом, какой методологии обучать на уроках физики, отметим возможные способы предотвращения проблемы перегрузки учащихся методологической информацией.

Во-первых, как уже было рассмотрено, следует отказаться от излишней дифференциации методологических знаний по уровням обобщенности и профессионально предметной направленности.

Во-вторых, необходимо систематизировать и структурировать методологические знания так, чтобы их было легче запоминать и при необходимости извлекать из памяти. (Варианты систематизации методологических знаний представлены в работах [2], [4], [5]).

В-третьих, адаптировать формулировки методологических понятий и обобщенных планов деятельности так, чтобы они были доступны для понимания учащимся VII–VIII классов (возраста, с которого начинается системное изучение физики) и имели достаточно явно выраженный метапредметный характер (Возможные варианты формулировок методологических принципов выделены в статьях [4], [7].)

В-четвертых, упростить требования к содержанию действий, признаваемых методологически корректными, и одновременно повысить требовательность к учащимся, «принуждая» их действовать методологически корректно. Только в этом случае можно рассчитывать на результативность педагогических усилий по формированию методологических убеждений. (Некоторые вопросы, связанные с развитием методологической культуры учащихся в планирова-

нии, проведении и обработке результатов физического эксперимента, рассмотрены в статье [8]).

В-пятых, в качестве основного метода обучения школьников методологическим знаниям, развития у них методологических умений, формирования методологических убеждений избрать задачный подход. Это позволит сообщать новые сведения методологического характера в тех случаях, когда в них возникает конкретная потребность при организации деятельности по преодолению проблемных ситуаций, возникающих при поиске решения физических задач, знакомить учащихся с методологическими правилами значительно раньше, чем этого требует логика обучения предметным знаниям по физике.

Например, *принцип соответствия становится актуален для понимания взаимосвязи физических теорий к моменту начала изучения теории относительности и постулатов Бора, т.е. в XI классе, в то же время, идея упрощенной проверки правильности итоговой расчетной формулы методом подстановки в нее конкретных числовых (или буквенных) значений, соответствующих ситуации с известным результатом, также отражающая идеи принципа соответствия, может быть доведена до сведения учащихся уже в VII классе (при проверке решения задач на среднюю скорость), в VIII классе (при проверке формулы общего сопротивления электрической цепи), в IX классе (при проверке расчетной формулы скорости тела после абсолютно упругого или абсолютно неупругого удара) и уже в этот момент учащимся можно сообщить основную идею этого методологического принципа.* (Варианты обучения методологическим нормам при обучении решению физических задач, рассмотрены в статьях [2] [3], [6], [7].) Рассматривая и позиционируя перед учащимися учебные задачи как упрощенные модели реальных проблемных ситуаций, можно уже в процессе поиска ответов или на этапе

методологической рефлексии выходить на метапредметный уровень обобщения содержания методологических норм деятельности и способов их применения.

Подведем краткие итоги.

С целью повышения качества методологической подготовки выпускников школы имеет смысл на уроках физики и других учебных предметов придерживаться следующей стратегии:

- отказаться от излишней дифференциации изучаемых в школе методологических знаний по уровням обобщенности и предметной направленности, и позиционировать как правила-рекомендации научной методологии, полезные при организации научной и практической деятельности;
- избрать в качестве основного регулятива своевременности введения в образовательное пространство учащихся методологических знаний потребность в них для рациональной организации деятельности по решению физических задач, а не логику изучения физических теорий.
- приступать к системному и систематическому развитию элементов методологической культуры школьников одновременно с началом системного изучения физики.

## Литература

1. Зорина Л.Я. Дидактические основы формирования системности знаний старшекласников. — М.: Педагогика, 1978. — 128 с.
2. Красин М.С. Система эвристических приемов решения физических задач // Физическое образование в вузах. Т. 12, № 3. — М.: Издательский дом МФО, 2006. — С. 58–69.
3. Красин М.С. Развивающий урок, знакомящий с методом познания и элементами методологической культуры // Физика в школе, 2010. — № 1. — С. 27–34.
4. Красин М.С. Система принципов организации деятельности учащихся в новой школе // Вестник Нижегородского ун-та им. Н.И. Лобачевского. Научный журнал. — № 3. — 2011. — С. 43–48.

5. Красин М.С. Обучение школьников способам деятельности в контексте развития их методологической культуры // Школа Будущего, 2013 — № 1 — С. 18–25.

6. Красин М.С. Комплексный подход к обучению решению физических задач как фактор развития методологической культуры учащихся // Наука и Школа. — № 6. — 2013. — С. 103–109.

7. Красин М.С. Обучение школьников системе принципов научной методологии // Школьные технологии: Научно-практический журнал, 2014. № 1 С. 31–42; № 2, 2014. — С. 80–97.

8. Красин М.С. Простота, логика, системность. О методике обучения оценке погрешностей измерения в школе (проблемы обучения школьников оценке погрешностей измерений в контексте развития их методологической культуры) // Физика в школе, 2013. — № 8. — С. 55–60. Физика в школе. 2014. — №1 — С. 51–56.

9. Лернер И.Я. Процесс обучения и его закономерности. — М.: Знание, 1980. — 96 с.

10. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология. — М.: СИНТЕГ, 2007. — 668 с.

11. Педагогический энциклопедический словарь / Бол. рос. энцикл. гл. ред Б.М. Бим-Бад. — М.: Дрофа, 2008. — 528 с.

12. Разумовский В.Г., Майер В.В. Физика в школе. Научный метод познания и обучение. — М.: Владос, 2004. — 463 с.

13. Советский энциклопедический словарь — М.: Советская энциклопедия, 1987. — 1600 с.

14. Усова А.В., Завьялов В.В. Воспитание учащихся в процессе обучения физике. — М.: Педагогика, 1986. — 176 с.

15. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования // Приказ Министерства образования и науки РФ от 17 мая 2012 № 413 // Российская газета — Федеральный выпуск № 5812. 21 июня 2012. Раздел 1. Общие положения.

16. Энциклопедия профессионального образования: В 3-х т. / Под ред. С.Я. Батышева. — М.: АПО, 1999. — 440 с.

17. Юдин Э.Г. Системный подход и принцип деятельности. Методологические проблемы современной науки. — М.: Наука, 1978.

(Продолжение. Начало см. на с. 12)

Во-первых, уже учитель при всем старании не может избежать субъективности в суждениях о предмете обучения и об учащих, и в итоге подобная субъективность вольно или невольно пронизывает его деятельность, не позволяя ему достигнуть планируемых результатов того уровня, что был задан схемой познания и методикой обучения.

Во-вторых, применение материала об открытых, неравновесных и нелинейных системах, вероятностном поведении квантовых систем может снять противоречие между школьной физикой и реальностью, в кою учащийся погружен, и в итоге примирить их. Ибо расставание с простотой, которой так гордилась классика, — это уже навсегда.

### Литература

1. Проблемы преподавания физики. — М., 1978.

2. Барроу Д. Новые теории всего. — Минск: Попурри, 2012.

3. Фейнман Р. Радость познания. — М.: АСТ, 2013.

4. Щербаков Р.Н. Здравый смысл науки или взаимосвязь объективного и субъективного в обучении // Педагогика, 2013. — № 9. — С. 3–9.

5. Маслоу А.Г. Дальние пределы человеческой психики. — Спб.: Евразия, 1997.

6. Мах Э. Познание и заблуждение. Очерки по психологии исследования / Э.Мах. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. — 456 с.

7. Щербаков Р.Н. Методы научного познания в оценке учащихся рациональности своих знаний и поведения // Педагогика, 2015. — № 3. — С. 37–46.

8. Башляр Г. Новый рационализм. — М.: Прогресс, 1987. — 376 с.

# РАЗВИТИЕ ФИЗИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ УЧАЩИХСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭЛЕМЕНТОВ РОБОТОТЕХНИКИ: УЧЕБНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФРАКРАСНОГО ДАТЧИКА РАССТОЯНИЯ

<b>Е.И. Вараксина</b> , к.п.н., доцент кафедры физики и дидактики физики Глазовского государственного педагогического института им. В.Г. Короленко, Удмуртская Республика	<b>E.I. Varaksina</b> , Cand. Cs. in Pedagogics, Assistant Professor of Physics and Didactics of Physics Department, Glazov State Pedagogical Institute named after V.G. Korolenko, the Udmurt Republic
<b>К.А. Касаткин</b> , старший преподаватель кафедры информатики, теории и методики обучения информатике Глазовского государственного педагогического института им. В.Г. Короленко, Удмуртская Республика	<b>K.A. Kasatkin</b> , Senior Lecturer of Informatics, Theory and Teaching Methods of Informatics Department, Glazov State Pedagogical Institute named after V.G. Korolenko, the Udmurt Republic
<b>В.В. Майер</b> , д.п.н., профессор; заведующий кафедрой физики и дидактики физики Глазовского государственного педагогического института им. В.Г. Короленко, Удмуртская Республика	<b>V.V. Mayer</b> , Ed.D., Professor; Chairman of Physics and Didactics of Physics Department, Glazov State Pedagogical Institute named after V.G. Korolenko, the Udmurt Republic
<b>Ключевые слова:</b> физическое мышление, учебники физики, робототехника, учебное исследование, проектная деятельность	<b>Keywords:</b> physical thinking, physics textbooks, robotics, learning research, the project activities
Сформулирована проблема развития физического мышления учащихся средствами робототехники. Показано, что при обучении физике в современной школе существует противоречие: с одной стороны, утверждается об использовании физических законов в наукоемких технических достижениях, а с другой – недостаточно демонстрируются доступные для учащихся наглядные примеры этого утверждения. Представлено содержание проектного исследования одного из элементов робототехники – инфракрасного датчика расстояния. В этом учебном исследовании группе учащихся предлагается найти и изучить информацию о датчиках расстояния и их использовании в робототехнике, разобраться в устройстве инфракрасного датчика, разработать экспериментальные установки с применением подручных материалов и оборудования школьного кабинета физики, выполнить модельные эксперименты, раскрывающие физическую сущность принципа действия датчика, и исследовать его характеристики	The article defines a problem of development of the physical thinking of students by robot tools. It shows that there is a contradiction in teaching the physics in a modern school: on the one hand, the use of principles of physics in the knowledge-intensive technical achievements is stated, and on the other hand, spectacular examples of this statement available for the students are demonstrated insufficiently. The content of a project research of one of the elements, the infrared proximity sensor of robotics is presented. A group of students are invited in this learning research to find and study the information on the proximity sensors and their application in the robotics, to get into the design of IR sensor, to develop experimental facilities using locally available materials and equipment of the school physics laboratory, to conduct simulation experiments disclosing the physics of the sensor operation principle, and study its characteristics

## Введение

Робототехника — современная, перспективная и наукоемкая область техники, которая, интенсивно развиваясь, поражает воображение школьников (и не только) своими достижениями. Элементы робототехники

становятся все более доступными. Степень интеграции и надежность этих элементов столь высоки, что даже неподготовленный человек способен собрать и наладить довольно сложное робототехническое устройство. Поэтому многие школьники и сту-

денты с большим интересом вовлекаются в деятельность по созданию учебных роботов. Однако обучаемые зачастую не понимают физических принципов, на которых основаны элементы, используемые в робототехнике. В результате у учащихся, обладающих техническими наклонностями, формируются, в первую очередь, пользовательские умения, связанные с конструированием и программированием.

Развитое физическое мышление характеризуется способностью догадаться о физической сущности исследуемого явления, мысленно увидеть, как оно происходит, предложить условия эксперимента для подтверждения справедливости сделанной догадки [1]. В настоящей работе показано, что принцип действия элементов робототехники может быть исследован с помощью доступных средств, и сами эти элементы могут служить средством развития физического мышления учащихся.

Актуальность выполняемого нами исследования обусловлена также следующим противоречием современной системы обучения физике в школе. С одной стороны утверждается об использовании физических законов в наукоёмких технических достижениях, а с другой — недостаточно демонстрируются доступные для учащихся наглядные примеры этого утверждения. Обучаемым говорят, что все гаджеты, с которыми они имеют дело, работают благодаря физическим законам. Однако для большинства школьников это пустой звук, потому что используемая ими техника настолько сложна, что пронаблюдать в ней изучаемые на уроках физики явления очень непросто. Анализ содержания отечественных учебников физики, например [2], показывает, что в них приводится недостаточно примеров из современной техники. Рекомендуемые для школы и вуза демонстрационные опыты выполняются с использованием оборудования, разработанного в середине прошлого века. Все это вызывает снижение мотивации школьников и студентов к изучению физики.

Важность применения элементов робототехники в проектной деятельности учащихся обоснована в работе [3]. Здесь мы рассмотрим содержание и методику учебного исследования физических основ работы инфракрасного датчика расстояния.

Датчики расстояния применяются в робототехнике для обнаружения препятствий и определения расстояния до них. Например, в соревновании «Кегельринг», которое хорошо известно любителям робототехники, робот с помощью такого датчика обнаруживает кегли. В 3D-сканере датчик расстояния используется для сканирования реального объекта с целью его дальнейшего воспроизведения в 3D-принтере. Создавая робототехнические устройства, учащиеся убеждаются, что датчики расстояния обладают большой точностью и быстродействием. Но какие физические явления обеспечивают эти свойства датчиков?

## 1. Инфракрасный датчик расстояния

В робототехнических устройствах часто применяется *инфракрасный датчик расстояния* типа *Sharp GP2Y0A21YK* [4]. Это активный датчик, который включает источник и приемник инфракрасного излучения, а также схему вычисления расстояний.

Источник представляет собой инфракрасный светодиод, который снабжен короткофокусной собирающей линзой. Длина волны излучения светодиода  $\lambda = 850 \pm 70$  нм. Сформированный линзой узкий световой пучок, падая на объект наблюдения, создает на нем светящееся пятно небольших размеров. Это пятно, разумеется, невидимо.

Приемником служит *PSD-датчик*, на светочувствительном слое которого фокусирует рассеянный объектом инфракрасный свет вторая собирающая линза (рис. 1). Чем дальше от этой линзы находится объект, тем ближе к излучателю окажется изображение светового пятна, создаваемого линзой на *PSD-датчике*.

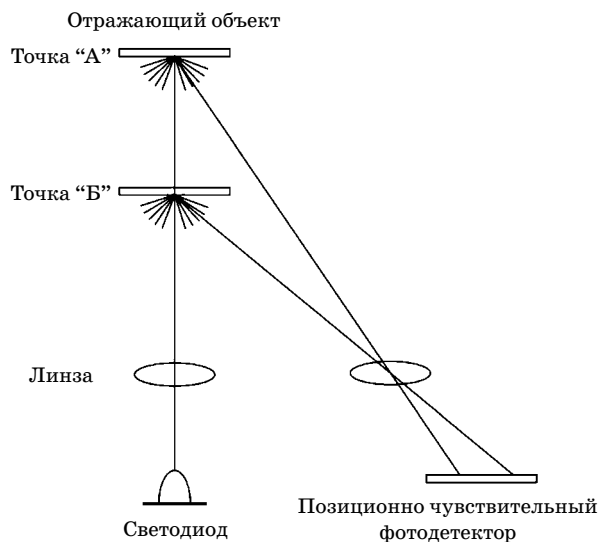


Рис. 1

Аббревиатура *PSD* происходит от английского термина *position sensitive detector* и означает *позиционно чувствительный датчик*. Иное название датчика — *PSD-фотодетектор*, указывает на то, что принцип его действия основан на явлении внутреннего фотоэффекта. *PSD-детектор* представляет собой светочувствительную линейку, состоящую из трех слоев *p-n-n*-полупроводника (рис. 2). Центральный *n*-слой слаболегирован, поэтому в

темноте не проводит электрический ток. Если собирающая линза приемника дает на светочувствительной линейке пятно инфракрасного излучения, то в области этого пятна появляются свободные носители заряда, и через слаболегированный слой полупроводника начинает идти электрический ток.

Координату светового пятна на светочувствительной линейке определяют, сравнивая силы фототоков, которые снимаются с левого и правого концов линейки. Когда фотоны попадают ближе к правому электроду (рис. 2), тогда сила фототока идущего через него, будет больше, чем сила фототока протекающего через левый электрод. Таким образом, положение светового пятна коррелирует с расстоянием до объекта, а координата этого положения на светочувствительном слое определяется формулой:

$$l = \frac{I_2 - I_1}{I_1 + I_2} \cdot \frac{L}{2}, \quad (1)$$

где  $L$  — длина светочувствительной линейки.

Позиционно чувствительные фотодатчики подробно рассмотрены, например, в статье [5], из которой взяты рисунки 1 и 2 и другие сообщенные здесь сведения.

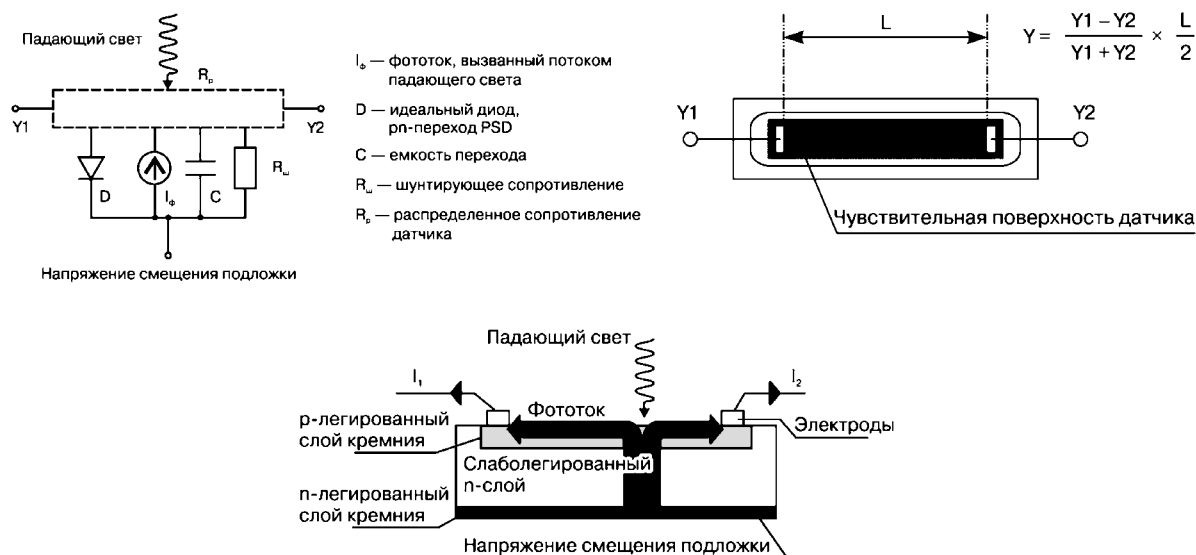


Рис. 2

## 2. Проблема учебного исследования

Из приведенного выше описания понятно, что инфракрасный датчик расстояния состоит из двух систем: оптической и электронной. Оптическая система создает инфракрасное пятно на предмете и обеспечивает получение изображения этого пятна на *PSD*-детекторе. Электронная система возбуждает инфракрасное излучение светодиода и преобразует перемещение освещенной области *PSD*-детектора в изменение напряжения.

Техническое описание инфракрасного датчика расстояния позволяет школьникам использовать его для конструирования различных роботов. Однако физические основы принципа действия этого датчика остаются за пределами их понимания. Получается, что изученные на уроках физические явления, теории и законы — это одно, а используемые на практике приборы или, как принято сейчас говорить, гаджеты — это совсем другое. Чтобы устранить противоречие между знаниями, полученными на уроках, и знаниями, используемыми на практике, нужно исследовать готовые гаджеты.

Проблема учебного исследования заключается в поиске ответа на вопрос: почему на выходе инфракрасного датчика расстояния получается напряжение, однозначно определяемое расстоянием до объекта наблюдения?

Для решения этой проблемы нельзя разобрать датчик и посмотреть, как он устроен. Поэтому в качестве основного метода исследования нужно выбрать метод физического моделирования. Суть его заключается в том, что необходимо разработать и изготовить модели основных элементов реального датчика, исследовать работу этих моделей и на основе выполненного исследования сделать заключение о принципе действия выпускаемого промышленностью инфракрасного датчика расстояния. Такой подход позволяет в совместной деятельности с учащимися сформулировать задачи учебного исследования.

1. Осуществить поиск информации по проблеме исследования в Интернете и других источниках [6–9].

2. Изучить метод триангуляции и вывести формулу для определения расстояния до тела этим методом.

3. Разработать модель триангуляционного инфракрасного датчика и экспериментально доказать, что такой датчик может быть использован для измерения расстояния.

4. Разработать и исследовать физическую модель позиционно чувствительного детектора; в эксперименте убедиться в справедливости формулы (1).

5. Исследовать датчик типа *Sharp GP2Y0A21YK* и убедиться, что он действительно с помощью инфракрасного излучения позволяет определять расстояния до рассеивающих свет предметов.

Эти задачи обеспечивают проектной деятельностью группу из 8–10 учащихся, интересующихся робототехникой. Их решение непосредственно связывает внеурочную деятельность школьников с учебником физики.

## 3. Сущность метода триангуляции

Чтобы облегчить учащимся осознание сущности метода триангуляции, учитель может конкретизировать задачу следующим образом.

Узкий пучок света направлен на рассеивающую поверхность предмета так, что на ней получается небольшое пятно  $S$ , которое можно считать точечным источником света. На расстоянии  $s$  от предмета расположена собирающая линза  $L$ , главная оптическая ось которой параллельна пучку света и находится от него на расстоянии  $a$ . В фокальной плоскости линзы, фокусное расстояние которой равно  $f$ , расположен белый экран. Найдите связь между расстоянием  $l$  от фокуса  $F$  линзы до изображения источника света  $S'$  и расстоянием  $s$  от линзы  $L$  до предмета  $S$ .

Решение этой задачи не вызовет особых

трудностей, если учащиеся правильно изобразят оптическую схему, соответствующую условию задачи (рис. 3). При необходимости нужно напомнить, что изображение точечного источника света  $S$ , лежащего на главной оптической оси собирающей линзы в бесконечности, находится в фокусе  $F$  линзы. Чтобы найти изображение источника  $S$ , который не на оптической оси, следует взять два удобных луча: первый, идущий через оптический центр линзы, и второй, идущий параллельно главной оптической оси линзы. Первый луч, преломляясь в линзе, не меняет своего направления, второй луч после преломления проходит через фокус линзы. Поэтому изображение источника света находится за фокальной плоскостью.

Но если фокусное расстояние линзы мало по сравнению с расстоянием до предмета, то можно считать, что изображение пятна на предмете находится в фокальной плоскости линзы в точке  $S'$ , в которой с фокальной плоскостью пересекается луч, идущий через оптический центр. В таком случае треугольники  $AOS$  и  $FOS'$  подобны, следовательно, справедливо равенство

$$\frac{s}{a} = \frac{f}{l}.$$

Отсюда

$$s = af \cdot \frac{1}{l} \quad \text{или} \quad l = af \cdot \frac{1}{s}. \quad (2)$$

По первой из этих формул можно определить расстояние  $S$  до предмета. По второй формуле, если это расстояние известно, можно определить расстояние  $l$  от фокуса линзы  $F$  до изображения  $S'$  источника  $S$  на предмете.

#### 4. Исследование модели триангуляционного инфракрасного датчика

Возможная конструкция модели инфракрасного датчика расстояния изображена на рис. 4: 1 — полупроводниковый лазер (лазерная указка), 2 — предмет из плот-

ной белой бумаги, расстояние до которого необходимо измерить, 3 — линейка с миллиметровыми делениями, 4 — собирающая линза с увеличением  $4\times$ , 5 — белый полупрозрачный экран с миллиметровой шкалой, установленный в фокальной плоскости линзы. Все элементы модели закреплены в держателях, вырезанных из изолона — материала, из которого изготавливают туристические коврики.

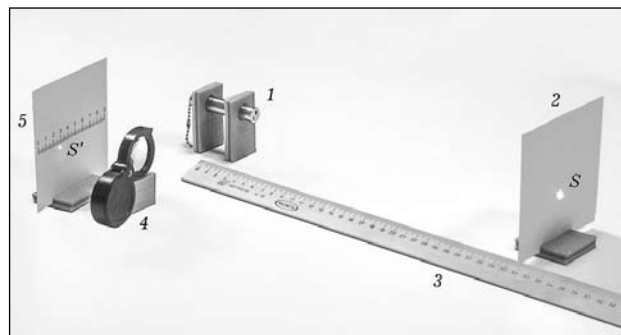


Рис. 4. Учебная модель инфракрасного датчика расстояния, позволяющая изучить метод триангуляции

В модели источником света служит не инфракрасный светодиод, а полупроводниковый лазер, дающий узконаправленное красное излучение. Пятно этого излучения  $S$  даже на свету хорошо видно на моделирующем предмете экране 2. Полупрозрачный экран 5 моделирует светочувствительную линейку  $PSD$ -детектора. Получающееся на нем изображение  $S'$  пятна на предмете  $S$  также наблюдается без труда.

Приближая и удаляя предмет (экран 2) от модели датчика расстояния, учащиеся наблюдают, как перемещается по экрану 5 изображение  $S'$  красного пятна  $S$  созданного лазером на предмете.

Затем переходят к количественному исследованию. С этой целью предмет удаляют на расстояние 2–3 м от линзы, и полупрозрачный экран перемещают до тех пор, пока на нем не получится резкое изображение красного пятна на предмете. Расчет по формуле линзы показывает, что в этом



случае допустимо считать изображение находящимся практически в фокусе линзы. Приближая предмет к модели датчика, в таблицу заносят значения расстояний  $s$  до предмета  $S$  и соответствующие им значения расстояний  $l$  от фокуса линзы  $F$  до изображения  $S'$  (рис. 3).

По полученным данным вручную или с помощью электронных таблиц строят график зависимости  $l = l(s)$ . По внешнему виду графика (рис. 5а) высказывают предположение, что он представляет собой гиперболу. Чтобы проверить это предположение, строят график зависимости  $l = l(1/s)$  и, увидев, что получается прямая (рис. 5б), убеждаются в справедливости сделанного предположения.

В заключение, измерив фокусное расстояние линзы и расстояние от главной оптической оси линзы до светового пучка, убеждаются, что в пределах погрешности измерений формула (2) справедлива.

## 5. Исследование модели позиционно чувствительного детектора

Для построения модели позиционно чувствительного детектора нужно догадаться, что приведенную на рис. 2 схему можно

упростить так, как это показано на рис. 6. Здесь полупроводник  $p$ -типа представляет собой прозрачный слой 1 фотодиода, выполняющий функцию постоянного резистора. Полупроводник  $n$ -типа 2 с небольшой концентрацией донорной примеси в отсутствие освещения является диэлектриком. Полупроводник  $n$ -типа 3 с высокой концентрацией донорной примеси фактически является проводником и совместно с полупроводником  $p$ -типа образует фотодиод. На этот фотодиод подается напряжение в обратном направлении, поэтому ток через него не идет.

Когда на слое 1 появляется небольшое инфракрасное пятно, в области этого пятна за счет внутреннего фотоэффекта возникают свободные носители заряда, которые под действием приложенного напряжения перемещаются через слой 2. В цепи появляется электрический ток, причем через слой 2 он идет только в области инфракрасного пятна. Вне этой области указанный слой остается диэлектриком.

Теперь понятно, что прозрачный слой 1 полупроводника  $p$ -типа можно смоделировать постоянным резистором, а слой 3 полупроводника  $n$ -типа — проводником, рас-

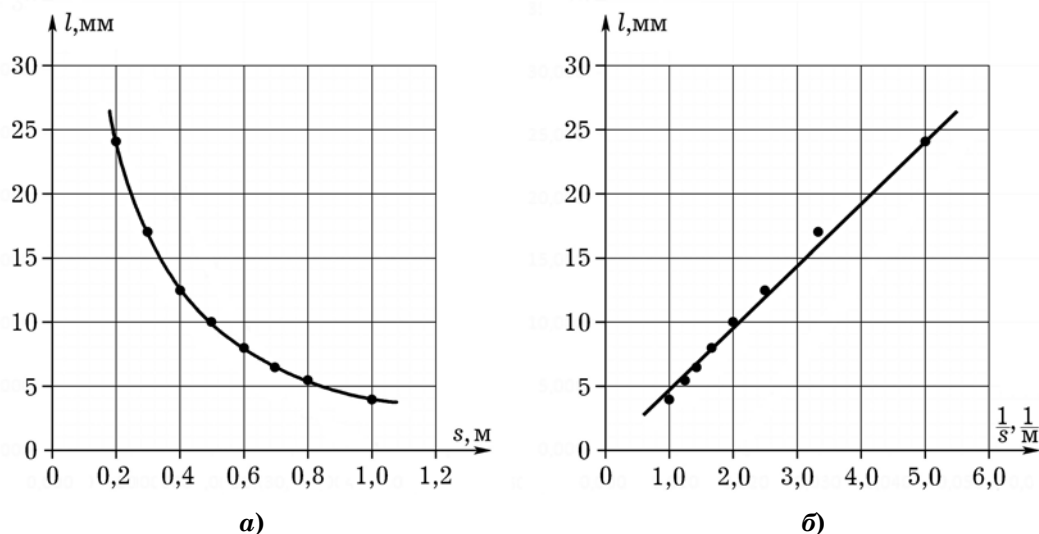


Рис. 5. Результаты одного из наших опытов: а — зависимость смещения  $l$  изображения  $S'$  от расстояния  $s$  между линзой и предметом; б — зависимость смещения  $l$  изображения  $S'$  от величины  $1/s$ , обратной расстоянию  $s$  между линзой и предметом

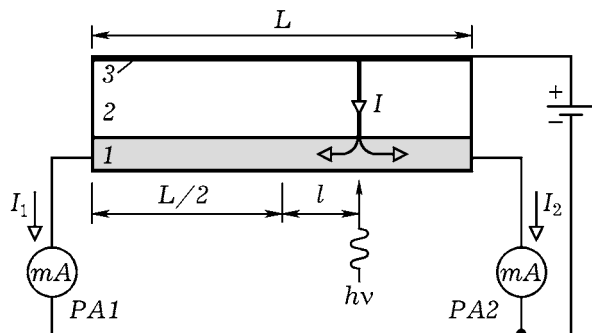


Рис. 6. Физическая модель позиционно чувствительного детектора

положенным параллельно резистору. Моделью слоя 2 при этом будет диэлектрик, а образование носителей заряда при освещении PSD-детектора можно смоделировать замыканием резистора 1 с проводником 3.

Из этого описания видно, что прекрасной моделью PSD-детектора является привычный школьный реостат.

На рис. 7 приведены фотографии экспериментальной установки, соответствующие изображенной на рис. 6 схеме. Слой 1 моделируется обмоткой реостата сопротивлением 1 кОм. Токи измеряются мультиметрами, источником питания служит батарея гальванических элементов на 4,5 В. Соединения проводами приборов с источником понятны из фотографий. Символическое изображение фотона сделано на плотной бумаге и двусторонним скотчем приклеено к движку реостата. Место падения света на PSD-детектор удобно отсчитывать от середины светочувствительной линейки. Поэтому к обмотке реостата скотчем приклеена шкала с миллиметровыми делениями, начало которой совпадает с серединой обмотки.

Ток  $I$  разветвляется на токи  $I_1$  и  $I_2$ , которые идут по участкам цепи, соединенным параллельно. Поэтому напряжения на этих участках одинаковы и равны

$$I_1 \left( \frac{L}{2} + l \right) R_0 = I_2 \left( \frac{L}{2} - l \right) R_0,$$

где  $R_0$  — сопротивление единицы длины

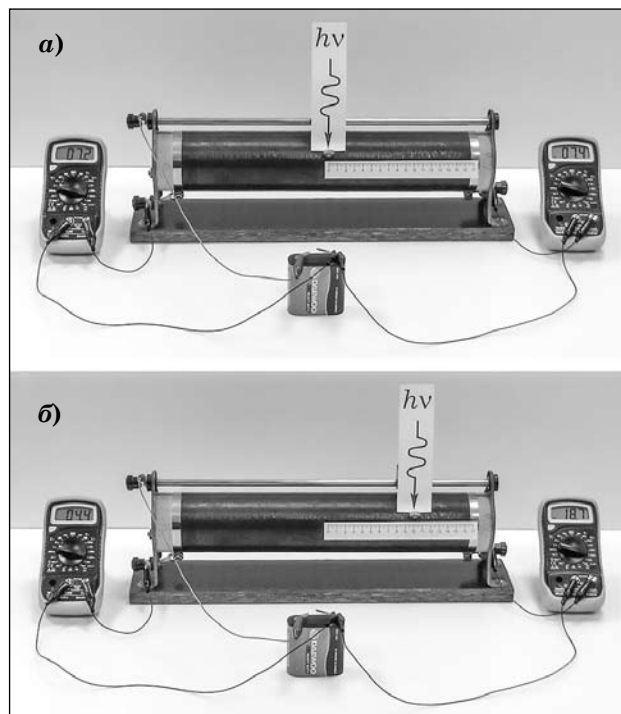


Рис. 7. Моделирование позиционно чувствительного детектора реостатом: а — движок реостата, моделирующий пучок света, находится посередине реостата, силы токов  $I_1$  и  $I_2$  примерно одинаковы; б — при смещении движка в сторону силы токов изменяются, вычисленное по формуле (1) значение координаты движка в пределах погрешности равно значению, найденному по закрепленной на реостате шкале

слоя 1. Отсюда немедленно получается формула (1):

$$l = \frac{I_2 - I_1}{I_1 + I_2} \cdot \frac{L}{2}.$$

Чтобы подтвердить эту формулу в эксперименте, достаточно измерить силы токов при нескольких положениях движка реостата и свести полученные и вычисленные результаты в таблицу.

## 6. Исследование реального инфракрасного датчика

Завершением исследовательского проекта группы учащихся является сопоставле-

ние результатов, полученных в модельных опытах, с работой реального датчика. Мы использовали доступный инфракрасный датчик расстояния [4].

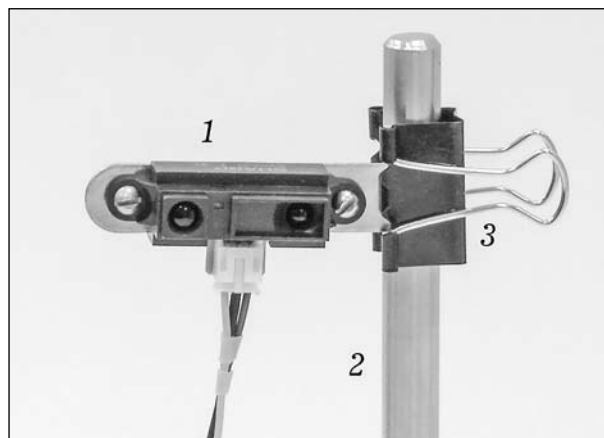


Рис. 8. Внешний вид датчика, используемого в эксперименте

Для опытов датчик 1 закрепляют на стойке штатива 2, например, канцелярским зажимом 3 (рис. 8) и собирают экспериментальную установку в соответствии с фотографией, приведенной на рис. 9. На этом

рисунке обозначены: 1 — датчик типа *Sharp GP2Y0A21YK*, 2 — предмет, в качестве которого использован белый рассеивающий свет экран, 3 — линейка с миллиметровыми делениями, 4 — батарея на 4,5 В в качестве источника питания, 5 — мультиметр, переведенный в режим вольтметра.

Учащиеся исследуют зависимость напряжения  $U$  на выходе датчика от расстояния до предмета  $s$ , изменяя это расстояние в пределах примерно от 0,01 до 1,50 м. По полученным данным они строят графики вручную или с помощью электронных таблиц.

На рис. 10а показана зависимость  $U = U(s)$ , полученная нами в одном из экспериментов. Из графика видно, что по мере удаления предмета на расстояние до 10 см от датчика напряжение на его выходе растет. При дальнейшем удалении предмета напряжение нелинейно уменьшается. Понятно, что рабочим участком датчика служит тот диапазон расстояний, на котором зависимость выходного напряжения от расстояния до предмета однозначно определяется простой функцией.

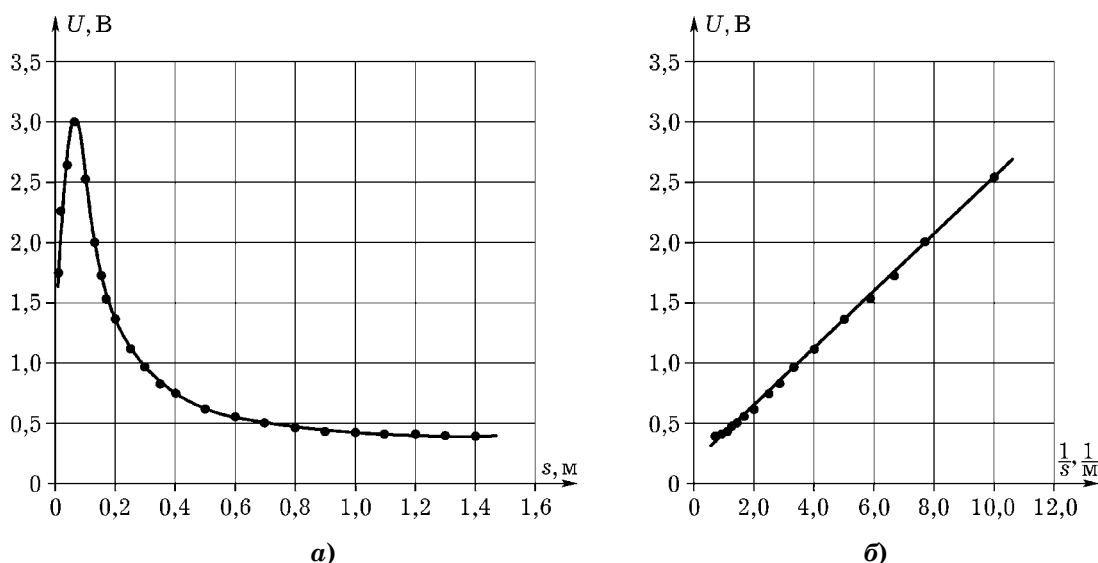


Рис. 10. Результаты одного из наших опытов: а — зависимость напряжения на выходе датчика от расстояния между датчиком и предметом; б — зависимость напряжения на выходе датчика от величины, обратной расстоянию между датчиком и предметом, постороенная в рабочем диапазоне расстояний

Используемый датчик сравнительно точно определяет расстояние до предмета, если оно превышает 10 см. Зная принцип работы датчика, нетрудно заключить, что при расстоянии между датчиком и предметом меньшем 10 см отраженный предметом инфракрасный свет фокусируется не в точку, а в протяженную область. При расстоянии от датчика до предмета более 10 см график зависимости выходного напряжения от этого расстояния представляет собой гиперболу (рис. 10а). Чтобы убедиться в этом, школьники строят график зависимости выходного напряжения датчика  $U$  от величины, обратной расстоянию  $1/s$ :  $U = U(1/s)$ , как это показано на рис. 10б.

Сравнивая эти графики с теми, которые получены в модельных опытах, учащиеся приходят к выводу, что физическое моделирование верно отражает сущность процессов, имеющих место при работе инфракрасного датчика расстояния.

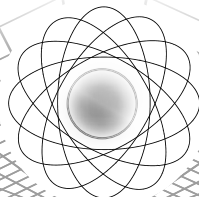
## 7. Заключение

Предложенные в статье простые эксперименты, моделирующие устройство и принцип действия инфракрасного датчика расстояния, обеспечивают использование понятий и законов школьного курса физики в проектной деятельности обучаемых по созданию учебных роботов. Самостоятельное экспериментирование способствует развитию физического мышления, поскольку учащиеся создают такие условия опытов, которые позволяют увидеть и осознать, как именно происходят физические явления в сложном элементе робототехники. Выполненный школьниками проект имеет потенциал развития: следующий шаг заключается в выводе формулы, по которой вычисляется выходное напряжение датчика расстояния, и разработке программ, обеспечивающих практическое применение этого датчика в учебных роботах.

Работа поддержана Министерством образования и науки РФ, проект № 3027.

## Литература

1. Майер В.В. Учебный эксперимент как основа развития физического мышления учащихся // Учебный физический эксперимент: Актуальные проблемы. Современные решения: Программа и материалы шестнадцатой Всероссийской научно-практической конференции. — Глазов: ГПИ, 2011. — С. 15–16.
2. Мякишев Г.Я. Физика: учеб. для 11 кл. общеобразоват. организаций с прил. на электрон. носителе: базовый и профил. уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин; под ред. Н.А. Парфентьевой. — М.: Просвещение, 2014. — 399 с.
3. Разумовский В.Г. О стратегии развития школьного естественнонаучного образования // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 25. — М.: ИСМО РАО, 2015. — С. 3–5.
4. GP2Y0A21YK Optoelectronic Device. — Электрон. дан. — Режим доступа: [http://www.sharpsma.com/webfm\\_send/1208](http://www.sharpsma.com/webfm_send/1208), свободный. Загл. с экрана.
5. Самарин А. Позиционно-чувствительные фотодатчики // Электронные компоненты. — 2003. — № 7. — С. 103–108. — Электрон. дан. — М.: 2003. — Режим доступа: <http://www.photodiode.ru/psd-text.pdf>, свободный. Загл. с экрана.
6. Абакшина О.А. Разработка и исследование методов и средств измерения на основе позиционно-чувствительных фотоприемников: Дисс.... канд. тех. наук. — СПб., 2014. — 123 с.
7. Инфракрасный датчик расстояния. [http://home.roboticlab.eu/ru/examples/sensor/ir\\_distance](http://home.roboticlab.eu/ru/examples/sensor/ir_distance) (дата обращения 16.07.2015)
8. Триангуляционный датчик. <http://www.sensorika.com/content/view/89/159/> (дата обращения 16.07.2015).
9. Позиционно-чувствительные детекторы. <http://zadocs.ru/fizika/8556/index.html?page=4> (дата обращения 16.07.2015).



## ЭКСПЕРИМЕНТ

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ ОТ «НАУЧНЫХ РАЗВЛЕЧЕНИЙ» В МАССОВОЙ ШКОЛЕ И УЧРЕЖДЕНИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

<b>А.И. Заболотный</b> , учитель физики МБОУ СОШ № 3, г. Ханты-Мансийск	<b>A.I. Zabolotnyi</b> , Physics Teacher of Municipal Budgetary General Education Institution «Secondary General School No.3», Khanty-Mansisk
<b>Н.К. Ханнанов</b> , педагог дополнительного образования ГБОУ ЦРТДиЮ «Технорама на Юго-Востоке», г. Москва	<b>N.K. Khannanov</b> , Extended Education Teacher of the State Budgetary Educational Institution Youthhood and Childhood Development Centre «Technorama in the South East», Moscow
<b>Ключевые слова:</b> преподавание физики, физический эксперимент, компьютер в преподавании физики	<b>Keywords:</b> teaching of physics, physical experiment, computer in teaching of physics
В работе показано, что работы цифровой лаборатории базового уровня, разработанные российской фирмой «Научные развлечения» могут успешно использоваться для проведения фронтальных лабораторных работ с учащимися VIII–X классов как в общеобразовательной школе, так и в учреждении дополнительного образования. Использование компьютеризированных работ с частичной автоматизацией обработки эксперимента повышает мотивацию учащихся к выполнению экспериментальных исследований, знакомит их с современными методами изучения физических явлений, вносит в образовательную практику школьников новый феномен – электронный отчет о лабораторной работе	The work shows that the works of the basic level digital laboratory developed by the Russian company «Scientific Entertainment» can be successfully used for front end laboratory works with students of classes VIII–X in both, general educational school, and in extended education establishment. The use of the computer-based operations with partial automation of the experiment enhances the students' motivation to carry out experimental studies, presents to them the modern study methods of physical phenomena, introduce in the educational practices of the students a new phenomenon – an electronic record of the laboratory work

**Введение.** Помимо нового ФГОС в среднюю школу начинают входить цифровые лаборатории. Входят они по-разному: где-то превалирует административный нажим, и закупленные «сверху» датчики лежат по нескольку лет нетронутые, а где-то учителям и администрации школ удается познакомиться с несколькими вариантами реализации использования в школе современных методик преподавания предметов на основе ИКТ и выбрать наиболее оптимальный вариант для включения нового оборудования в учебный процесс.

Оптимальность для учителя не только в техническом совершенстве и современном дизайне оборудования, она еще в наличии методик его использования, возможности получить консультацию о том, как преодолеть технические и методические трудности, если они возникли, удобстве хранения оборудования и подготовки его к уроку и т.д.

В данной публикации мы проанализируем опыт использования оборудования в двух вариантах. В какой-то степени они отражают и оба способа внедрения современной техники в учебные заведения (сверху и сни-

зу), и оба варианта работы преподавателя физики с новым оборудованием (с нуля и с опытом разработчика). Объединяет авторов то, что и тот, и другой понимают, как меняет живой эксперимент отношение учащихся к предмету, и оба были заинтересованы в том, чтобы имеющееся в учреждении оборудование было использовано максимально эффективно.

Демонстрационное и лабораторное оборудование фирмы «Научные развлечения» (далее «НР») в московское учреждение дополнительного образования «Технорама на Юго-Востоке» поступило в рамках инициативы методического центра при правительстве Москвы «Курчатовский проект конвергентного образования» одновременно с 37 московскими школами. То есть это был массовый проект внедрения современного оборудования сверху. В школе № 3 г. Ханты-Мансийска долго перебирали варианты приобретения оборудования для кабинетов физики, химии и биологии, позволявшие уложиться в приемлемые суммы и позволяющие перейти на качественно новый уровень преподавания естественнонаучных предметов.

Авторы встретились на семинаре в г. Ханты-Мансийске, где один гостеприимно принимал коллег из других школ, пришедших познакомиться с полученным богатством, а второй — помогал распознать это богатство, разместить его в пределах кабинета физики, заполненного оборудованием предыдущих поколений, и, как представитель поставщика, рассказывал и показывал возможности нового оборудования в рамках мастер-класса и однодневного обучения. Затем авторы расстались.

Один с твердым убеждением, что демонстрационное оборудование на основе датчиков и компьютерной программы для демонстрационного эксперимента от «НР» он будет использовать на уроках, так же как наборы «ГИА-лаборатории», являющиеся современным вариантом аналогового оборудования. А вот «Цифровую лабораторию. Базовый

уровень», также рассчитанную разработчиками на фронтальную работу в классе, вряд ли в течении года раскроет еще раз.

Второй — с твердым желанием показать, что цифровая лаборатория может быть использована в повседневной практике преподавателя физики, если не в массовой школе, то хотя бы в учреждении дополнительного образования, где наполняемость групп до 16 человек.

Прошло три месяца...

Второй получил письмо от первого. Помимо готовности поделиться опытом использования демонстрационным оборудованием на основе датчиков, интерактивной доски и программы «Демонстрационный эксперимент» (рис. 1), в письме содержались вопросы по цифровой лаборатории для фронтальных работ.

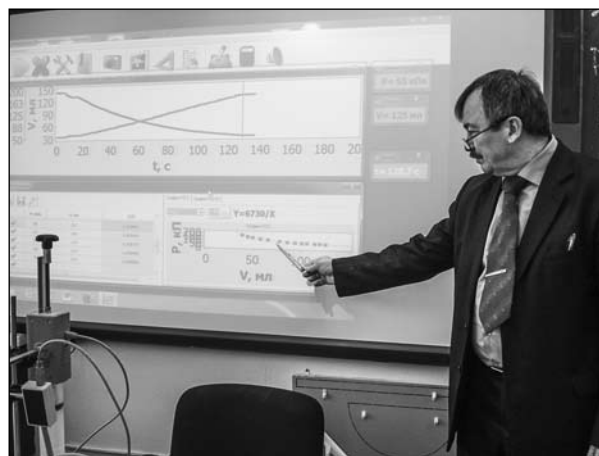


Рис. 1

Творческий человек, Учитель, ощутив наглядность, простоту и современность демонстрационного эксперимента, захотел потратить свое время на освоение и подготовку лабораторных работ с использованием датчиков и компьютера. Фраза из письма недавнего скептика в отношении цифровой лаборатории: «*Это оборудование на порядок выше, за ним будущее. Старое — вчерашний день*», написанная после проведения нескольких лабораторных работ в цифровой лаборатории «НР» с обучающимися VIII и

X классов дает надежду, что материал об опыте работы с ней будет интересен нашим коллегам, читающим журнал «Физика в школе».

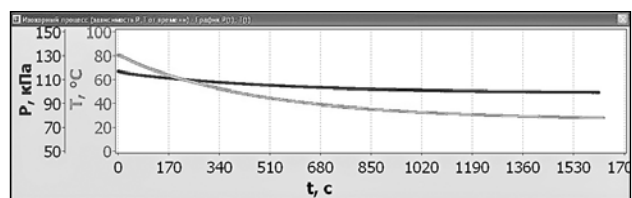
**Новые возможности демонстрационного эксперимента.** Остановимся на теме «Газовые законы». Об опыте использования демонстрационных установок по газовым законам в практикуме по физике для X класса говорилось в [1]. В статье [2] отмечалось, что демонстрационное оборудование «НР» нового поколения с новым интерфейсом демонстрационной программы позволяет в ходе демонстрации трактовать сигналы с датчиков, получать качественные зависимости исследуемых величин, формировать таблицы на основе измерений, строить на их основе графики, подбирать с помощью компьютера аналитические зависимости, которые наилучшим образом описывают экспериментальные данные. Поскольку учитель проводит все эти операции по ходу демонстрации, то, без сомнения, такой демонстрационный эксперимент учит детей этапам экспериментальной исследовательской деятельности. Особенно если после осмысления его в ходе ознакомления с материалом учебника дома, ученики проводят изучение тех же законов в ходе выполнения самостоятельного эксперимента на другом (лабораторном) оборудовании.



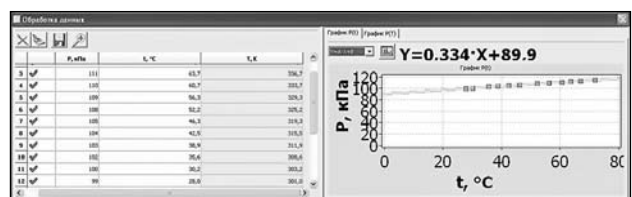
Рис. 2

Возможность проведения демонстрационного эксперимента, обучающего этапам количественного изучения явления, с использованием установок «Изохора», «Изобара», «Изотерма» от «НР» (рис. 2) реализуется за счет одновременного использования в них двух датчиков (температуры и давления, объема и температуры, объема и давления).

Так в установке «Изохора» после нагревания сосуда с воздухом в горячей воде, он медленно остывает на воздухе, при этом одновременно регистрируются и выводятся на интерактивную доску показания датчика давления и температуры (рис. 3а). Далее, устанавливая на экране вертикальный маркер, учитель снимает показания при нескольких значениях температуры, значения  $p$  и  $T$  выводятся в отдельные окошки. Учитель «перетаскивает» числовые значения величин из окошек в таблицу (рис. 3б), показывая, как формируется таблица. Устанавливая галочки в соответствующих строках таблицы, можно перенести соответствующие значения на график  $p(T)$  и подобрать уравнение прямой, максимально близко проходящей через экспериментальные точки (по методу наименьших квадратов).



а)



б)

Рис. 3

Как видно на рис. 3б, коэффициент пропорциональности между температурой в

градусах Цельсия и давлением достаточно близок к теоретическому  $1/273 \approx 0,0366$ . Таким образом, ученик сначала наблюдает на зависимостях давления и температуры от времени (рис. 3а), что обе физические величины синхронно снижаются, а затем — как формируется и доказывается, что зависимость одной величины от другой прямая.

Аналогично устроен интерфейс для обработки результатов при реализации изотермического и изобарного процессов.

**От демонстрационного к лабораторному компьютеризированному эксперименту.** Ознакомление учащихся с регистрацией физических величин с помощью датчиков в ходе демонстрационного эксперимента позволяет на следующих занятиях провести изучение изотермического и изохорного процессов в ходе самостоятельных лабораторных работ с использованием датчиков и оборудования «НР», входящих в набор «Цифровая лаборатория. Базовый уровень». Работы выполняются в парах, поэтому на каждой парте должен находиться компьютер (ноутбук, нетбук). Учитель должен быть знаком с интерфейсом программы, уметь отвечать на вопросы о выполнении той или иной операции, описанной в методических указаниях для ученика [3]. При выполнении первой работы, например, часто задают вопросы: почему не открывается таблица, как в нее войти сразу, как скопировать правильно в отчет и т.д. Поэтому полезно сделать заготовку с пояснением функций кнопок, которые понадобятся использовать в данной работе (рис. 4).

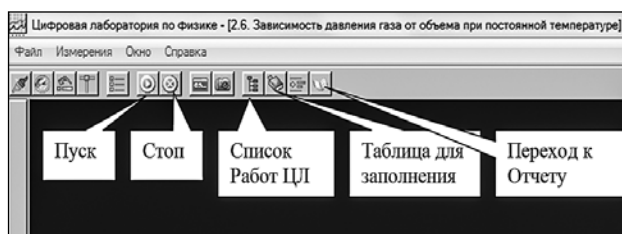


Рис. 4

Ясно, что подготовка к такому занятию требует затрат личного времени на выполнение работы учителем первый раз самостоятельно (около 3 часов). Ясно, что любое новое всегда требует отдачи, однако всякий учитель знает, когда видишь удовлетворение со стороны детей, открывается второе дыхание, появляется удовлетворенность своей работой.

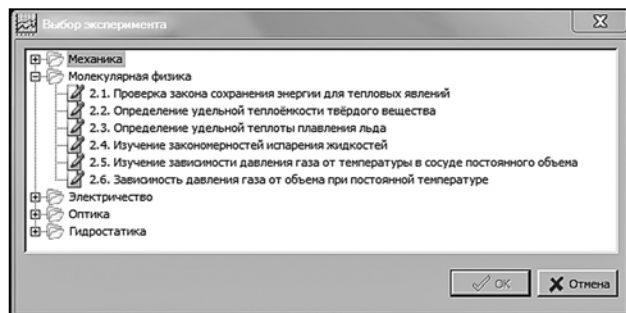
В составе работ «ЦЛ Базовый уровень» есть специальная работа по ознакомлению с интерфейсом программы при работе с оборудованием по механике. Ее проведение требует специального урока в начале учебного года. Если учитель захочет подключить работы с ЦЛ в середине учебного года (получил оборудование только в сентябре или считает, что работы первого полугодия лучше проводить с традиционным оборудованием), нужно быть готовым, что первую лабораторную работу придется провести как обучение, выполняя с учениками пошагово операции, предусмотренные в сценарии работы.

Так в ЦЛ имеется 2 работы по газовым законам (всего 30 работ по всем разделам курса физики). В предыдущих поколениях фронтальных лабораторных работ [4] работ по этой теме не было вообще. Хотя в методических указаниях для ученика пошагово описаны все процедуры, мы использовали работу 2.6 «Изучение зависимости давления газа от объема при постоянной температуре» (рис. 5) для ознакомления с интерфейсом программы и идеологией организации компьютеризированных работ ЦЛ. Эта работа чрезвычайно проста в приборном исполнении, не требует работы с водой, поэтому позволяет сосредоточиться именно на ознакомлении с особенностями программного обеспечения.

Компьютер учителя должен быть подключен к проектору, а датчики к учительскому компьютеру, чтобы любую операцию можно было показать на экране интерактивной доски. В противном случае для ее выполнения, скорее всего, не хватит време-



ни одного урока (при знании интерфейса и основных операций, повторяющихся в разных работах, на ее выполнение хватает и 15 мин).



а)



б)

Рис. 5

В ходе выполнения этой работы предстоит измерять давление воздуха в шприце, соединенном коротким шлангом с датчиком давления (рис. 5б). Поршень шприца перемещается в различные положения, при

которых объем воздуха под поршнем можно считать по делениям на корпусе шприца. Удерживая поршень в определенном положении, добиваются, чтобы показания датчика давления не менялись. В результате в окне регистрации данных возникает ступенчатая кривая, каждая ступенька на которой соответствует определенному значению давления  $p$  и объему воздуха в шприце  $V$  (рис. 6).

Устанавливая вертикальный маркер на разных участках кривой и нажимая кнопку на экране, переносят значения давления на каждой «ступеньке» в таблицу (рис. 6). Заполнение колонки « $V$ , мл» в таблице производится учащимися вручную с клавиатуры. Так в работах ЦЛ реализуется принцип разумного сочетания автоматического и ручного заполнения таблиц в ходе выполнения работы. Первое ускоряет процесс рутинных операций и контролирует, что учащиеся заносят в таблицу только реально полученные результаты, второе — заставляет сознательно привести в соответствие наблюдаемое явление (сжатие газа до определенного объема) и показание датчика.

Следующий этап — подбор функции, наилучшим способом описывающий полученную экспериментальную зависимость. Переход на вкладку «График  $p(V)$ » в сценарии показывает, как располагаются данные, занесенные в таблицу, на графике. Неправильное заполнение третьей колонки таблицы приведет к неверному расположе-

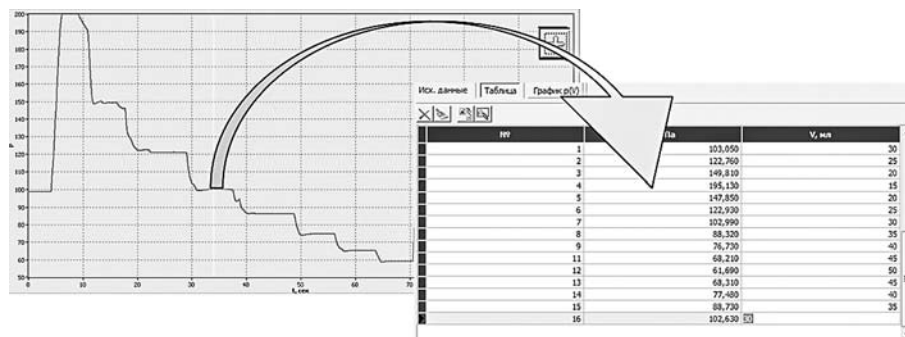


Рис. 6

нию точек на графике на следующем этапе. Выпадение точек из «плавной» зависимости должно сразу насторожить учащихся. Если этого не происходит, значит, ощущение «физичности» зависимости еще не сформировано у учащихся.

Иногда методисты и учителя возражают против того, что перенос данных из таблицы на график производится в ЦЛ автоматически. На наш взгляд, тезис об обучении детей этому процессу в X классе несостоятелен. При системном подходе к обучению физике этот навык должен быть сформирован в основной школе. Для «отстающих» можно порекомендовать для отработки этого навыка интерактивные компьютерные задания из электронного издания «1С: Школа. Физика. 7 кл.» [5].

В ЦЛ акцент смещен на выбор функции, график которой оказывается «наиболее близким» к экспериментальным точкам. После нанесения точек ученик в выпадающем списке может выбрать одну из предлагаемых функций (рис. 7) и нажатием кнопки инициировать компьютерный подбор наилучших коэффициентов A и B по методу наименьших квадратов.

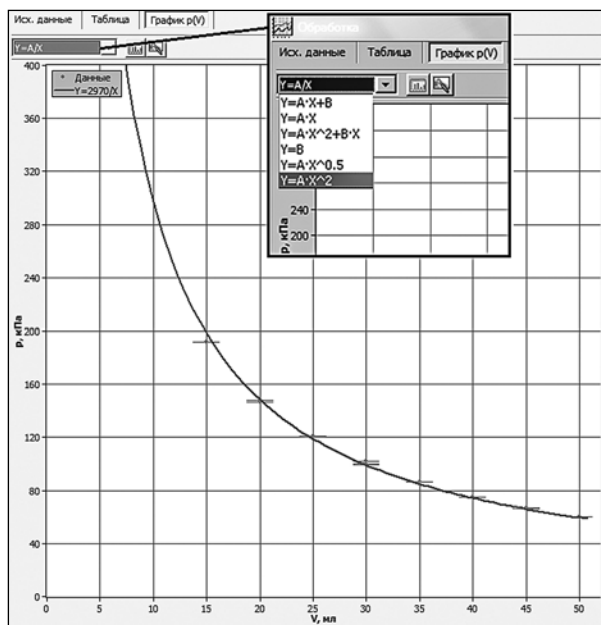


Рис. 7

Как видно из рис. 7, список функций ограничен функциями, известными из курса алгебры, и нужную функцию ( $A/X$ ) можно найти и перебором. В сценарии работы базового уровня важно, что компьютер может подобрать наилучшую «гиперболу», не уводя работу в сторону математических ухищрений по линейаризации зависимости, то есть переходу к графику сложной функции  $p(X)$  где  $X = 1/V$ . Учащиеся имеют возможность увидеть реальное совпадение экспериментальной функции с гиперболической зависимостью, вытекающей из уравнения Менделеева–Клапейрона. Если работа строится не как проверка этого уравнения (то есть до обсуждения закона Бойля–Мариотта), а как экспериментальное исследование зависимости  $p(V)$ , то результат подбора гиперболической функции будет для учителя хорошим началом к обсуждению графиков изопроцессов на основе теоретического анализа газовых законов.

После получения экспериментальной кривой, заполненной таблицы (рис. 6) и графика (рис. 7) учащиеся должны сформировать электронный отчет, в который помимо этих трех элементов исследования и вывода, набираемого с клавиатуры, должны включить свою фотографию с установкой, на которой получены данные. Вывод формулируется учащимися по-разному, но смысл их примерно следующий:

- Чем больше объем газа, тем меньше давление;
- С ростом объема давление газа падает;
- Зависимость  $p(V)$  обратно пропорциональная;
- График зависимости  $p(V)$  — гипербола;
- $pV = \text{const}$ .

Все они могут быть признаны правильными, в зависимости от того, какую цель ставит учитель, проводя такую работу, и на каком этапе изучения темы она проводится.

Фотография установки, выполняемая с помощью вебкамеры, является заменой традиционного пункта лабораторных ра-

бот — схемы установки. С одной стороны, она — еще одно подтверждение реальности выполненной конкретными учениками данной работы. С другой стороны, — это эмоциональная точка в выполнении самостоятельной работы учащихся. Фотографии, включенные в отчеты работ и в Москве, и в Ханты-Мансийске, не оставляют сомнения, что деятельность в ходе выполнения работы оставила у детей только положительные эмоции (рис. 8)



Рис. 8

Отчет в виде rtf-файла с локальных компьютеров по локальной сети пересылается на компьютер учителя или на школьный сервер в директорию, указанную учителем.

Учитель в ходе проверки отчетов имеет возможность оценить и соответствие исходной кривой заполненной таблице, и указание погрешности измерений объема (рис. 7), и соответствие вывода полученному графику, и глубину текста вывода, и работу учащихся в ходе работы. Помимо умения самостоятельно планировать и проводить эксперимент, важно оценить и тщательность выполнения эксперимента, понимание факторов, влияющих на точность эксперимента. Например, удерживание шприца в руках в ходе сжатия, приводит к менее точным результатам за счет нагрева воздуха в шприце руками. Иногда учащиеся, ошибаясь при

внесении данных об объеме шприца при определенном давлении, получают отнюдь не гиперболическую зависимость  $p(V)$ . При этом компьютер подбирает «наилучшую» гиперболу к такой «зависимости». И хотя точки не ложатся на аппроксимирующую кривую, ученики, «зная ответ», делают вывод о том, что графиком является гипербола. Главное в школьном исследовании — чтобы ученик делал правильные выводы, исходя из только из полученных им лично данных.

Вторая работа 2.5 «Изучение зависимости давления газа от температуры в сосуде постоянного объема» также может быть проведена как проверка известного закона или как фронтальное исследование «неизвестного закона». Она предполагает работу с двумя датчиками (температуры и давления), многократное добавление и отбор воды из калориметра рядом с компьютером. Однако, как показала практика, проходит гораздо легче, так как учащиеся уже знакомы с интерфейсом программы.

Сосуд, герметично соединенный с датчиком давления, погружается в калориметр с водой определенной температуры. Достижение выхода температуры в сосуде стационарного значения, измеряемого датчиком температуры, фиксируется по окончании повышения давления в сосуде с газом. С методикой выполнения работы можно ознакомиться на видео, снятом методистами фирмы «Научные развлечения» и находящегося в открытом доступе на сайтах [www.nau-ra.ru](http://www.nau-ra.ru) и [www.td-school.ru](http://www.td-school.ru). Отформатированный отчет о работе, полученный учащимися Ха класса школы № 3 г. Ханты-Мансийска, приведен на рис. 9.

Только у двух пар, выполнявших работу, температурный коэффициент давления при изохорном процессе оказался близок к теоретическому. Линейность зависимости  $p(t^0)$  получили все.

После удачного опыта по использованию ЦЛ со старшеклассниками, были проведены занятия и с учащимися основной школы. В школе № 3 г. Ханты-Мансийска это



Рис. 9

были 2 работы по электричеству с VIII классом. В них было интересно использовать в качестве источника тока USB-компьютера (что позволяет оборудовать цифровую лабораторию) и катушки-мотки в качестве ре-

зисторов (рис. 10а). В «Технораме на Юго-Востоке» (г. Москва) учащиеся IX класса, проделали несколько работ по механике с использованием герконовых датчиков положения (рис. 10б).



а)



б)

Рис. 10

И в этом случае первое занятие проводится как обучение использованию интерфейса и датчика, а второе — как самостоятельная работа. После апробации работ были сформулированы предложения фирме «НР» по видоизменению методики проведения некоторых работ.

Следует отметить, что освоение цифровой лаборатории преподавателем сразу вызывает интерес у коллег. Мы оба уже дали по несколько мастер классов для преподавателей школ Ханты-Мансийска и Москвы.

### Методические выводы.

Работы по использованию ЦЛ от «НР» можно начинать уже в основной школе.

Работы по газовым законам ЦЛ «НР» оказалось вполне возможным уместить в одно занятие длительностью 45 мин. Работа может быть поставлена и как проверка газового закона, и как изучение неизвестной зависимости в ходе фронтальной работы.

Выполнение работ с использованием датчиков и компьютера повышает мотивацию учащихся к выполнению экспериментальных заданий, создает у них ощущение близости физики к окружающей действительности.

При переходе на выполнение лабораторных работ с использованием цифровой лаборатории требуется одно занятие по обучению использованию интерфейса работы.

Освоение цифровых лабораторий повышает авторитет учителя не только среди учащихся, но и среди коллег, которые просят поделиться опытом работы.

### Литература

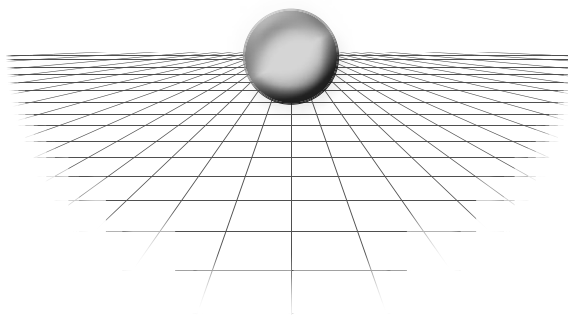
1. Громов Б.И., Грушин В.В., Королев Н.А., Ольчак А.С. Опыт адаптации компьютеризованного лабораторного практикума // Физика в школе, 2009. — № 3. — С. 14–17.

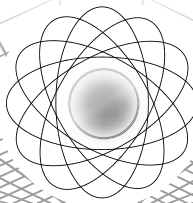
2. Поваляев О.А., Ханнанов Н.К., Хоменко С.В. Обучение школьников навыкам исследовательской деятельности с использованием различных наборов от «Научных развлечений» // Физика в школе, 2013. — № 6. — С. 31–45.

3. Поваляев О. А., Ханнанов Н. К., Хоменко С.В. Цифровая лаборатория по физике. Базовый уровень: Методическое руководство по работе с комплектом оборудования и программным обеспечением фирмы «Научные развлечения», 2-е изд., испр. и перераб. — М.: ООО «МАКС-СПЕЙС», 2013.

4. Буров В.А., Дик Ю.И., Зворыкин Б.С. и др. Фронтальные лабораторные занятия по физике в 7–11 классах общеобразовательных учреждений: Кн. для учителя. — М.: Просвещение, 1996.

5. Ханнанова Т.А., Ханнанов Н.К., Методика использования электронного издания «1С: Школа. Физика 7 кл.» для формирования частнопредметных и общеучебных умений // Физика в школе, 2011. — № 7. — С. 37–50.





## ИНФОРМАЦИЯ

# ФЕСТИВАЛЬ ШКОЛЬНЫХ УЧИТЕЛЕЙ В ЕЛАБУГЕ

<b>Е.Б. Петрова</b> , д.п.н., профессор, зам. гл. редактора журнала «Физика в школе», профессор МПГУ; Москва; eb.petrova@mpgu.edu	<b>E.B. Petrova</b> , Ed.D., Professor, Deputy Chief Editor of «Physics in School» magazine, Professor of Moscow State Pedagogical University; Moscow; eb.petrova@mpgu.edu
<b>Ф.М. Сабирова</b> , к.ф.-м.н., зав. кафедрой физики Елабужского института Казанского федерального университета, г. Елабуга; fairuza2000@mail.ru	<b>F.M. Sabirova</b> , Cand. Cs. in Physics, Chairman of. Department of Physics, Elabuzhsky Institute at Kazan Federal University, Yelabuga; fairuza2000@mail.ru
<b>Ключевые слова:</b> повышение квалификации учителей, фестиваль школьных учителей, современные образовательные технологии	<b>Keywords:</b> teacher advance training, school teachers' festival, modern educational technology
Эта статья представляет собой обзор мастер-классов, составивших основу Международного фестиваля школьных учителей. Помимо этого рассказано о собственных впечатлениях о Фестивале и наблюдениях авторов	This article provides an overview of master-classes constituting a basis of the International Festival of School Teachers. In addition, it describes the authors' own impressions and observations about the Festival

С 10 по 12 августа 2015 г. в Елабуге происходил ставший теперь уже традиционным VI Международный фестиваль школьных учителей (ФШУ).

Мероприятие, которое собирает несколько сотен учителей, специалистов в области психологии и педагогики из разных стран — ведущих мастер-классов.

Успешность фестиваля, на наш взгляд, определяется тем вниманием, которое уделяется ему Министерством образования и науки Республики Татарстан, руководством Казанского (Приволжского) Федерального Университета (КФУ), в частности ректором И.Р. Гафуровым. Особую благодарность следует выразить директору Елабужского института КФУ Елене Ефимовне Мерзон, которая всегда с успехом выполняет роль гостеприимной хозяйки фестиваля. Заметим, что ФШУ ожидают не только учителя, которые приезжают из различных городов России (Москва, Пермь, Владивосток и многие другие), но и жители города. Ведь помимо различных форм повышения ква-

лификации в это время проходят концерты на площади перед институтом, экскурсии по городу (а в Елабуге есть что посмотреть), а также великолепный фейерверк. Многолетним участником мероприятия является джазовый ансамбль «Визит» из г. Набережные Челны.

Итак, VI Международный фестиваль школьных учителей (ФШУ) в этом году традиционно был открыт выступлениями официальных лиц: зам. Премьер-министра Республики Татарстан — министра образования и науки Э.Н. Фаттахова, ректора Казанского федерального университета, председателя Совета ректоров вузов Республики Татарстан И.Р. Гафурова и директора Елабужского института КФУ Е.Е. Мерзон. В своих приветственных речах они выразили свое отношение к образованию в Республике, которое кратко можно выразить так: в Республике Татарстан взят курс на поддержку образования и учительства. *«Мы в нашей республике поставили амбициозную задачу — стать лидерами*

*в новых образовательных технологиях, в модернизации российской системы образования. Безусловно, важнейшая роль в этом — у учительского сообщества...». В соответствии со сказанным, на Фестивале были созданы все условия для повышения квалификации учителей, освоения ими новых образовательных технологий, обмена опытом... обретения новых друзей.*



**Выступление И.Р. Гафурова и Е.Е. Мерзон**

Основной формой работы с учителями являются мастер-классы, которые проводятся модераторами из разных стран, а следовательно, специалистами, владеющими методиками, отличающимися от традиционных для школ России. Среди модераторов этого года были представители Азербайджана, США, Латвии, Германии, Молдавии, Армении, России, а также большая делегация из Крыма. Вопросы, обсуждаемые на мастер-классах, чрезвычайно разнообразны. Это и проблемы современного образования, профессиональной идентичности учителя, модульных игровых технологий, использования дидактических возможностей интегрированного урока, возможностей поликультурного образования, инноваций в инклюзивном образовании, конструктивизма как новой философии образования США и многое другое. Представлены были и многие школьные предметы, в том числе и физика.

Мастер-классы физической тематики «Физика в природе» и «Датчиковые системы на основе нанотехнологий» были восприняты учителями с большой заинтересованностью и вызвали оживленную дискуссию. Было очевидно, что методических проблем, требующих обсуждения, еще много. Одним из наиболее сложных вопросов, очевидно, является организация проектной деятельности, которая связана, в основном, с поиском тематики для новых и интересных для учащихся исследований.

После мастер-классов было проведено анкетирование учителей для того, чтобы очертить круг вопросов, требующих решения совместно с методистами и специалистами в области предметной подготовки. Поскольку среди участников фестиваля оказалось немало читателей нашего журнала, то полученные в результате анкетирования ответы помогут в дальнейшей работе и редакции журнала.



**Мастер-классы**

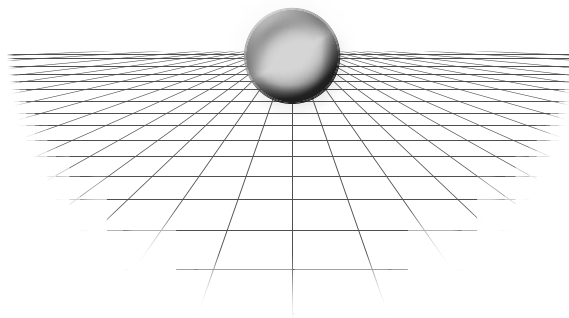
Будучи участниками и предыдущих фестивалей, сотрудники журнала «Физика в школе» хотели бы отметить и ряд новых интересных положительных моментов в развитии этого мероприятия [1, 2]. Одним из них стало приглашение в качестве модераторов ученых-специалистов. В качестве примера приведем мастер-класс доктора физико-математических наук, профессора МПГУ Г.М. Чулковой, которая познакомила учителей с новыми направлениями микроэлектроники. Разумеется, этот материал был нов для учителей, но с другой стороны очевидна необходимость повышения квалификации педагогов не только в области новых образовательных технологий, но в области фундаментальной предметной подготовки. Второй мастер-класс назывался «Физика в природе» и был, в основном, посвящен проблемам бионики (см. статьи Г.М. Чулковой и Е.Б. Петровой в этом номере журнала).

В предыдущие годы знакомству будущих учителей с вопросами современной науки уделялось достаточно много внимания. Создавались, например, специальные практикумы [3], посвященные проблемам современной физики. К сожалению, в настоящее время многие педагогические вузы вынуждены уменьшать число часов, отводимых на предметную подготовку, что не раз обсуждалось на профессиональных конференциях и в соответствующих публикациях [4, 5].

Редакция журнала «Физика в школе» желает новых интересных и полезных встреч в Елабужском институте КФУ. Каждый из читателей может стать участником этого замечательного мероприятия, результаты которого вселяют оптимизм и надежду, что российское физическое образование еще вернется в когорту ведущих и наиболее востребованных школьных и вузовских дисциплин.

### Литература

1. *Краснова Л.А.* IV Международный фестиваль школьных учителей в Елабуге // Физика в школе. — 2013. — № 7. — С. 61–62.
2. *Краснова Л.А.* Физика вокруг нас // Физика в школе. — 2014. — № 3. — С. 60–61.
3. *Петрова Е.Б.* Специальный практикум по физике педагогического вуза: концепция и воплощение. Автореф. дис. ... канд. пед. наук. — М.: МПГУ, 1995. — 16 с.
4. *Королев М.Ю., Королева Л.В.* Дисциплина «Физика» в системе подготовки бакалавров математических и естественнонаучных профилей по направлению «Педагогическое образование» // Физическое образование в вузах. — 2013. — Т. 19. — № 2. — С. 143–147.
5. *Королева Л.В., Петрова Е.Б., Королев М.Ю., Заварыкина Л.Н., Одинцова Н.И.* Подготовка магистров в области естествознания в рамках компетентностного подхода. — М.: Карпов Е.В., 2015. — 128 с.





# СОВРЕМЕННЫЕ СВЕРХПРОВОДНИКОВЫЕ УСТРОЙСТВА

<p><b>Г.М. Чулкова</b>, д.ф.-м.н., профессор МПГУ; профессор МИЭМ НИУ ВШЭ; chulkova@rplab.ru</p>	<p><b>G.M. Chulkova</b>, Dr.Sci. in Physics and Mathematics, Professor of Moscow State Pedagogical University; Professor of Moscow Institute of Electronics and Mathematics (HSE); chulkova@rplab.ru</p>
<p><b>Ключевые слова:</b> микроэлектроника, сверхпроводимость, болометр</p>	<p><b>Keywords:</b> microelectronics, superconductivity, bolometer</p>
<p>В статье рассказано об одном из современных направлений микроэлектроники, которое может стать основой для создания элективных курсов или проектных исследований учащихся. В статье даны основные теоретические положения и практические применения</p>	<p>The article treats of one of the current trends of microelectronics, which can be a basis for creation of elective courses or project studies of the students. The article gives the basic theoretical principles and practical applications</p>

## Введение

В последнее время техника физического эксперимента предоставила исследователям и инженерам возможность манипулирования с одиночными атомными объектами — атомами и фотонами. Это открывает новые горизонты в развитии техники, но требует чрезвычайно чувствительной регистрирующей аппаратуры. В целом ряде случаев на помощь приходят современные сверхпроводниковые технологии, которые помогают регистрировать отдельные фотоны. О таких устройствах и пойдет речь дальше. Заметим, что эти приборы нужны не только для решения научных задач, они имеют и целый ряд приложений, которые уже сейчас реализованы на практике — здесь можно упомянуть о тестировании полупроводниковых устройств и создании систем квантовой криптографии.

Вообще говоря, прямо или косвенно отдельные фотоны регистрировались уже давно, почти целый век, но это были фотоны рентгеновской области спектра, которые обладают достаточно большой энергией. Этой энергии хватает, чтобы ионизовать атомы в газе и результат этой ионизации может быть зарегистрирован по увеличению тока электрического газового разряда. Так работает счетчик Гейгера. Другое дело видимый или инфракрасный диапазон (а также и более длинноволновое излучение) — фотоны в этих

диапазонах не могут ионизовать атомы, и для их регистрации нужны другие подходы.

## Болометр

Еще в последней четверти XIX в. американский исследователь и изобретатель С.П. Лэнгли сконструировал прибор для измерения потока солнечной радиации в видимой и инфракрасной областях спектра и назвал его болометром. Болометр — металлическая полоска, сопротивление которой зависит от температуры в соответствии с известным законом

$$\Delta R = R_0 \alpha_T \Delta T,$$

где:  $R_0$  — сопротивление проводника при температуре  $T_0$ ,  $\alpha_T$  — температурный коэффициент сопротивления (ТКС). При поглощении излучения температура полоски повышается, а ее сопротивление растёт, что достаточно легко регистрируется с помощью моста Уинстона. Недостатком такого болометра является малая величина ТКС (это характерно для металлов) и большая инерционность. Впоследствии, с развитием технологии, для болометров начали использовать полупроводниковые материалы и оксиды металлов, которые имели в 10–100 раз больший ТКС. Благодаря этому чувствительность болометров резко возросла, однако их инерционность продолжала существенно ограничивать область применения.

Настоящий прорыв был совершен полвека тому назад. Ученые обнаружили, что в полупроводниках при выполнении ряда условий при низких температурах электроны (от которых и зависит величина сопротивления полупроводника) могут нагреваться под действием излучения, не меняя температуру самого полупроводникового материала. Такое явление называется электронным разогревом и его использовали для создания болометров нового типа. Так как при низких температурах электронная теплоемкость очень мала, то быстродействие таких болометров оказывается намного выше, чем у традиционных устройств, при той же самой чувствительности. Однако и у полупроводниковых болометров на электронном разогреве есть свои недостатки — чем короче длина волны принимаемого излучения, тем хуже греются электроны, и тем хуже параметры приемного устройства. В результате такие болометры удовлетворительно работают лишь на самом длинноволновом краю инфракрасного спектра, когда длина волны составляет десятые доли миллиметра. Для регистрации более коротких волн необходимы были другие идеи.

### Сверхпроводниковые болометры

Что нужно, чтобы электроны хорошо поглощали электромагнитное излучение? Для этого необходимо, чтобы электрон успевал рассеяться на примеси в течение одного периода электромагнитной волны, иначе половину периода электрон будет получать энергию от волны, а другую половину — отдавать энергию обратно волне. То есть нужны примеси, если речь идет о низких температурах. Но при низких температурах ТКС примесного металла очень мал. Именно поэтому для низкотемпературных болометров используют чистые металлы (например, платину).

При низких температурах существует явление, которое приводит к появлению у металлов очень высокого ТКС. Это яв-

ление, сверхпроводимость, открыто в начале прошлого века. В сверхпроводящем состоянии, ниже некоторой критической температуры  $T_C$ , сопротивление металла обращается в нуль (о теории сверхпроводимости см. [1]). При более высокой температуре сопротивление резко увеличивается до значения в нормальном (несверхпроводящем) состоянии. Причем этот переход происходит по-разному, что определяется чистотой образца.

На рис. 1 показаны сверхпроводящие переходы для материалов разной чистоты: для относительно чистых — кривая 1, для менее чистых — кривая 2.

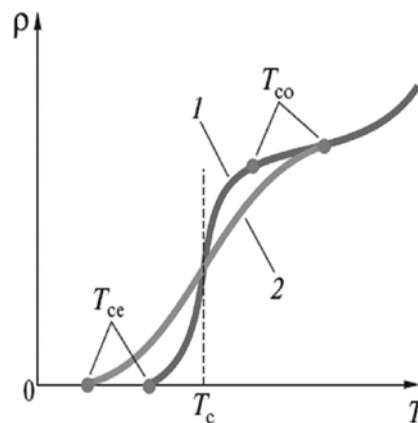


Рис. 1

Таким образом, болометр из сверхпроводящего материала будет хорошо поглощать излучение и одновременно обладать высоким ТКС. Такие болометры для приема инфракрасного излучения были реализованы достаточно давно (в 40-х г. XX в.), но они страдали хроническим недостатком традиционных болометров — были медленными, электроны в сверхпроводниках охотно отдавали свою энергию окружению, а не нагревались. И только спустя более 30 лет стало понятно, что нужно сделать, чтобы повысить быстродействие — для этого необходимо еще больше увеличить число примесей. Дело в том, что в чистом металле электроны почти не взаимодействуют друг с другом — справедливо так называемое приближение

свободных электронов. В металлах при увеличении концентрации примесей начинает расти частота столкновений электронов друг с другом, в которых они могут обмениваться энергией. Как раз это и необходимо для реализации электронного разогрева — электроны будут обмениваться энергией между собой, а не отдавать ее окружению. В результате были разработаны чувствительные приемные устройства, получившие название «сверхпроводниковых болометров на горячих электронах». Они представляют узкую и очень тонкую сверхпроводниковую пленку, через которую течет ток, близкий к критическому току, при котором только начинает разрушаться сверхпроводимость. Сопротивление пленки при этом существенно меньше сопротивления в нормальном состоянии. Такое состояние называется резистивным, т.е. обладающим сопротивлением. На первом этапе, поглотивший световой квант электрон в результате непосредственного столкновения с другими электронами передает им избыток своей энергии. Когда большое число электронов приобретет энергию, соответствующую по порядку максимальной энергии кванта колебаний решетки (фонона), эффективным становится следующий механизм перераспределения энергии, связанный с испусканием высокоэнергичных фононов. Быстро поглощаясь другими электронами, они вовлекают в процесс перераспределения энергии еще большее количество носителей заряда (рис. 2).

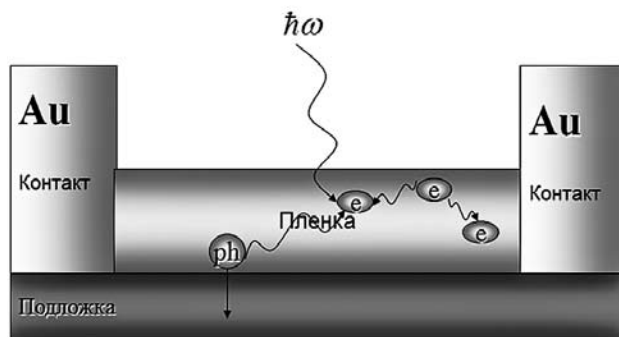


Рис. 2

В результате этого процесса эффективная температура электронов увеличивается и сопротивление пленки увеличивается, что и регистрируется по увеличению напряжения на пленке. Следует отметить, что под действием излучения изменяется температура только электронов, а не самой пленки и ее окружения. Время ответа (быстродействие) такого болометра может быть менее 1 нс в зависимости от используемого материала. Такие болометры одинаково хорошо работают в широком спектре — от дальнего инфракрасного диапазона до видимого света. Единственным недостатком таких устройств является требование низких температур (порядка 10 К), но использование высокотемпературных сверхпроводников может смягчить это требование.

Рассмотрим теперь возможные применения сверхпроводниковых болометров. Принцип их использования основан на том, что предметы, окружающие нас излучают в инфракрасном диапазоне. Человек в этом смысле не является исключением. Это значит, что имея прибор такой чувствительности в инфракрасном диапазоне можно решить ряд медицинских задач.

Первое — обнаружение нагретых участков на некоторой глубине в человеческом теле. Если будет возможным их «видеть», то станет значительно легче обнаружить некоторые виды рака на ранней стадии. Другое направление — тонкий анализ выдыхаемого воздуха. Здесь тоже можно обнаружить некоторые болезни на ранней стадии, когда человек еще не подозревает о начале болезни. Подчеркнем, что оба метода относятся к так называемым неинвазивным (без вторжения в организм человека) методам исследования, которым в настоящее время отдает предпочтение медицинская практика.

Еще одно применение могут найти эти наноструктуры в системах безопасности. ИК-излучение человека естественно поглощается одеждой, предметами, находящимися в карманах и т.п. Болометр позволяет

«увидеть» спрятанные под одеждой предметы и скрытно идентифицировать оружие, наркотики, взрывчатку и т.д. (рис. 3).



Рис. 3

### Супергетеродинный приемник терагерцового диапазона

Терагерцовый диапазон очень интенсивно развивается последние два десятилетия. Он соответствует частотам от 1 ТГц до 10 ТГц (длины волн от 300 мкм до 30 мкм, соответственно). Именно в этом диапазоне лежат характерные частоты молекулярных газов.

Используя сверхпроводниковый болометр на горячих электронах как смеситель (устройство, дающее на выходе сигнал с частотой равной разности частот двух сигналов, которые подаются на вход), был создан супергетеродинный приемник терагерцового диапазона с рекордной чувствительностью.

В начале 1990-х гг. супергетеродинный приемник терагерцового диапазона был включен в европейский космический проект — Космическую обсерваторию «Гершель» (она была запущена в 2009 г.). С его помощью ученые получили много интересных астрономических данных. Этот приемник позволяет исследовать спектр принимаемого излучения и определять состав газов, присутствующих в космосе, а также их темпера-

туру и скорость движения молекул. К примеру, было установлено наличие паров воды, кислорода или углекислого газа, что может свидетельствовать о возможности жизни.

С другой стороны, информация о газах, содержащихся в пылевых облаках, из которых образуются звезды, позволяет судить о происходящих в них процессах, исследовать объекты возрастом, отстающим от нашей эпохи на миллиарды лет.

Среди перспективных исследований с помощью супергетеродинных приемников терагерцового диапазона — поиск планет земного типа в далеком космосе, детальное исследование процессов образования звезд и планет, наблюдение очень далеких объектов (находящихся на краю Вселенной и появившихся, тем самым, вскоре после рождения Вселенной в результате Большого взрыва) и, наконец, исследование так называемых темной материи и темной энергии.

### Сверхпроводниковые однофотонные детекторы

Здесь следует отметить, что болометры являются классическими устройствами — они реагируют на величину общего потока энергии излучения, а не на отдельные кванты. Для того чтобы сверхпроводниковый болометр реагировал на отдельные кванты можно идти двумя путями.

Первый путь традиционный — необходимо уменьшить теплоемкость системы и уменьшить теплоотвод в окружающую среду. Тогда даже ничтожная энергия одного единственного фотона изменит температуру болометра. Необходимое уменьшение и теплоемкости, и теплоотвода достигается уменьшением температуры до уровня милликельвинов. Этим путем пошли ученые из США. В качестве материала для болометра был взят специальный сверхпроводник с очень низкой критической температурой. В результате им удалось создать приемник для космического телескопа, который будет чувствовать даже отдельные фотоны терагерцового излучения. Но для этого при-

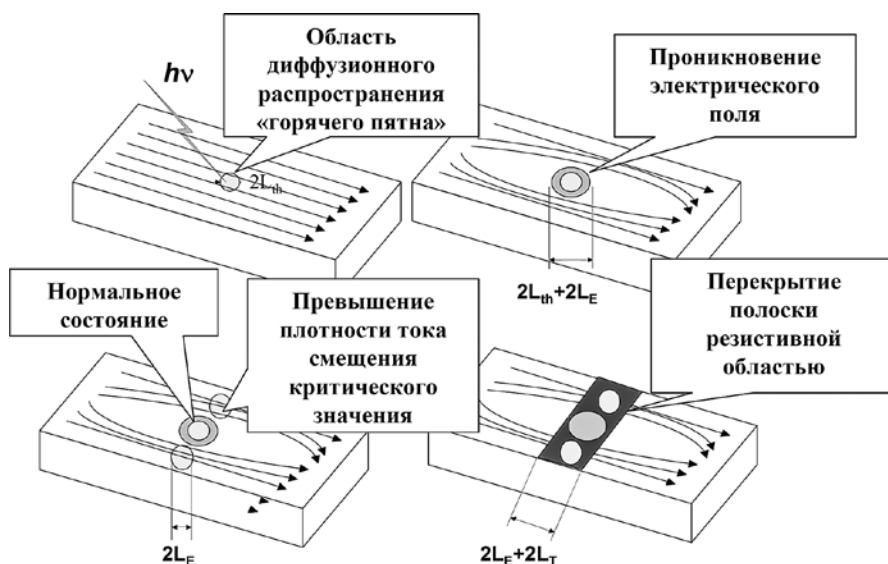


Рис. 4

шлось пожертвовать быстродействием — приемник получился очень инерционным.

Совершенно другим путем пошли российские исследователи. Ведь для того, чтобы уменьшить и теплоемкость, и теплоотвод, необходимо просто уменьшить размеры самого болометра, т.е. сверхпроводниковой пленки. Однако численные расчеты показывают, что размеры такого болометра должны быть порядка нескольких нанометров, т.е. необходимо реализовать наноболометр. Но в сверхпроводниках таких размеров из-за наличия границ практически невозможно получить высокое значение ТКС. Тогда появилась идея использовать основное свойство сверхпроводников — отсутствие у них сопротивления. Для этого необходимо взять ту же полоску сверхпроводника, что и для болометра на горячих электронах, но сделать ее существенно уже и тоньше, а длина пусть остается достаточно большой. Такая узкая и тонкая полоска называется квантовой проволокой. В такой полоске свойства сверхпроводника уже не будут зависеть от ширины и толщины, более того в равновесном, стационарном состоянии на данном участке полоски может быть только два состояния — нормальное (с удельным сопротивлением равным удельному сопротивле-

нию в нормальном состоянии) и сверхпроводящее (с удельным сопротивлением равным нулю). В рабочем режиме пленка находится в чисто сверхпроводящем состоянии и по ней проходит ток меньше критического. При поглощении фотона очень малая часть полоски переходит в нормальное состояние и работает как своеобразный наноболометр. Сопротивление этой малой части и приводит к возникновению импульса напряжения. Остальная часть пленки несколько не мешает процессу регистрации, так как остается в сверхпроводящем состоянии. Это позволило регистрировать отдельные кванты, сохранив высокое быстродействие, что является критичным для целого ряда приложений.

На самом деле физика перехода в нормальное состояние более сложна и последовательность процессов, протекающих в сверхпроводящей полоске после поглощения фотона, поясняет рис. 4.

Если энергия фотона достаточно велика, эффективная температура электронного газа в горячем пятне превосходит  $T_C$ . В результате диффузии нагретых электронов размеры нормальной области увеличиваются до размера  $L_T$ , а эффективная электронная температура в ее центре снижается. Го-

рячее пятно будет расширяться, оставаясь в нормальном состоянии, до тех пор, пока тепловой поток из центра к периферии сможет поддерживать на ее границах электронную температуру выше  $T_C$ . Дальнейшее остывание электронной подсистемы будет сопровождаться возвращением пленки в сверхпроводящее состояние. После поглощения фотона и образования «горячего пятна», транспортный ток перераспределяется по оставшемуся сверхпроводящему сечению пленки. В результате чего плотность тока становится выше критической плотности тока, и все сечение сверхпроводящей полоски перекрывается резистивной областью размером  $L_E$ . На детекторе возникает отклик на оптический сигнал в виде импульса напряжения величиной  $\Delta U$  и длительностью несколько наносекунд. Импульс имеет определенное время нарастания и спада. На рисунке 5 приведена осциллограмма отклика детектора с экрана скоростного осциллографа. Здесь приведены величины откликов от одного, двух, трех и четырех фотонов.

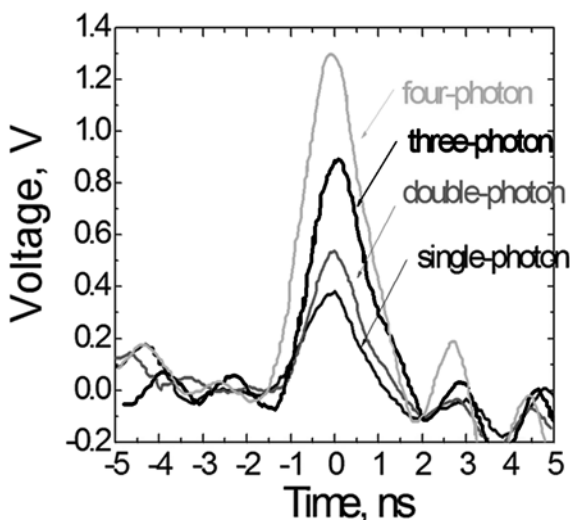


Рис. 5

Сверхпроводниковые однофотонные детекторы нужны во многих приложениях, имеющих дело с экстремально малыми оптическими сигналами, для регистрации которых необходимы сверхчувствительные

детекторы. Типичный пример — это различные задачи спектроскопии, в том числе астрономия, получение оптических изображений объектов, находящихся на больших расстояниях, медико-биологические приложения.

Особенно важно однофотонное детектирование для квантово-оптических методов, так бурно развивающихся в данный момент. Примером может служить квантовая криптография (шифрование сообщений). Так эффективность детекторов и шум на сегодняшний день ограничивают, максимальное расстояние квантово-криптографической связи 100 км. Это является одной из помех для более массового внедрения этой технологии. Различные метрологические приложения (оптическая томография) также нуждается в однофотонных детекторах.

В заключение отметим следующее. Разумеется, все рассказанное в этой статье — это сложный физический эксперимент, который вряд ли может быть повторен в школе. Тем не менее, примеры исследования сверхпроводимости в учебном эксперименте имеются [2]. Опыт показывает, что в проектной и исследовательской работе учащихся могут исследоваться разные модели, порой довольно сложные [3]. Для этого эти модели должны быть адаптированы для учебных целей. Конечно, основной труд здесь ложится на плечи учителя, но только так можно мотивировать учащихся к изучению дисциплины, которую мы с вами выбрали в качестве профессии.

### Литература

1. Кудрявцев В.В., Ильин В.А. Физические основы сверхпроводимости // Физика в школе. — 2015. — № 2. — С. 5–22.
2. Петрова Е.Б. Специальный практикум по физике педагогического вуза: концепция и воплощение. Автореф. дис. ... канд. пед. наук. — М.: МПГУ, 1995. — 16 с.
3. Петрова Е.Б. Проектная деятельность учащихся в условиях современной школы // Физика в школе. — 2012. — № 4. — С. 60–62.

## ФИЗИКА В ПРИРОДЕ: ФОТОННЫЕ ЧЕРНИЛА

<p><b>Е.Б. Петрова</b>, д.п.н., профессор, зам. гл. редактора журнала «Физика в школе», профессор МПГУ; Москва; eb.petrova@mpgu.edu</p>	<p><b>E.B. Petrova</b>, Ed.D., Professor, Deputy Chief Editor of «Physics in School» magazine, Professor of Moscow State Pedagogical University; Moscow; eb.petrova@mpgu.edu</p>
<p><b>Ключевые слова:</b> бионика, нанотехнологии, фотонно-кристаллические чернила, новые технологии</p>	<p><b>Keywords:</b> bionics, nanotechnology, photonic-crystal ink, new technology</p>
<p>В конце прошлого века бионика была очень популярной наукой. В последнее время публикаций по этому поводу, по крайней мере, в популярной литературе стало существенно меньше, хотя это вовсе не значит, что работы в этом направлении прекратились. В этой небольшой заметке опишем результаты нескольких исследований</p>	<p>At the end of the last century, the bionics was a very popular science. In these latter days, the number of publications on this subject, at least in popular literature became considerably less, although this does not mean that the works in this area ceased. This small article will describe the results of several studies</p>

Каждый из нас когда-то обращал внимание на разнообразие и величие окраски бабочек и насекомых. Многие из них не только имеют яркую и привлекательную окраску, но могут еще и изменять их в зависимости от некоторых внешних факторов. Кстати сказать, причина этого цветового многообразия не всегда связана с понятием цвета. Окраска насекомых может быть трех типов: пигментной (химической); структурной (оптической, физической) и комбинированной (смешанной). Пигментная окраска связана с наличием в покровах насекомых особых красящих веществ, и этот тип нас сейчас интересовать не будет. Физическая окраска обусловлена особым строением хитиновой оболочки, структура которой создает возможность для возникновения определенных оптических эффектов и не связана с наличием в ней пигментов (хотя их присутствие не исключается). Наличие в этих покровах светоотражающих и преломляющих частиц позволяет наблюдать явления рассеивания, интерференции и отражения, разлагающие белый свет на лучи разного спектра. Вспомните, что цвет некоторых жуков и бабочек может моментально изменяться при рассматривании их под разными углами, чего вряд ли можно достичь одним смешиванием цветов. Многообразие

цвета дополняется еще и тем, что вышечисленные оптические свойства зависят и от ряда внешних факторов, например, влажности окружающей среды.

Этим явлением заинтересовался когда-то английский физик XVII в. Роберт Гук. Он обнаружил, что при смачивании перьев птиц их цвета исчезали. Для более подробного изучения наблюдаемого явления Гук использовал изобретенный незадолго до этого микроскоп и увидел, что они покрыты крошечными гребнями, которые, по его мнению, и могли быть причиной создания различных цветов.

В настоящее время интерес к этому явлению не пропал, а возможности современной техники позволяют исследовать явление на более глубоком уровне. В качестве примера рассмотрим представителей семейства жуков усачей, которые способны изменять окраску в зависимости от влажности окружающей среды (с желтой на красную и обратно) (рис. 1).

Причиной этих способностей является способность многослойных чешуек (которые представляют собой наноструктуры), расположенных в надкрыльях жука, впитывать влагу. В результате этого изменяются их геометрические размеры и средняя величина показателя преломления. В результате чего изменяется угол, под которым отражается

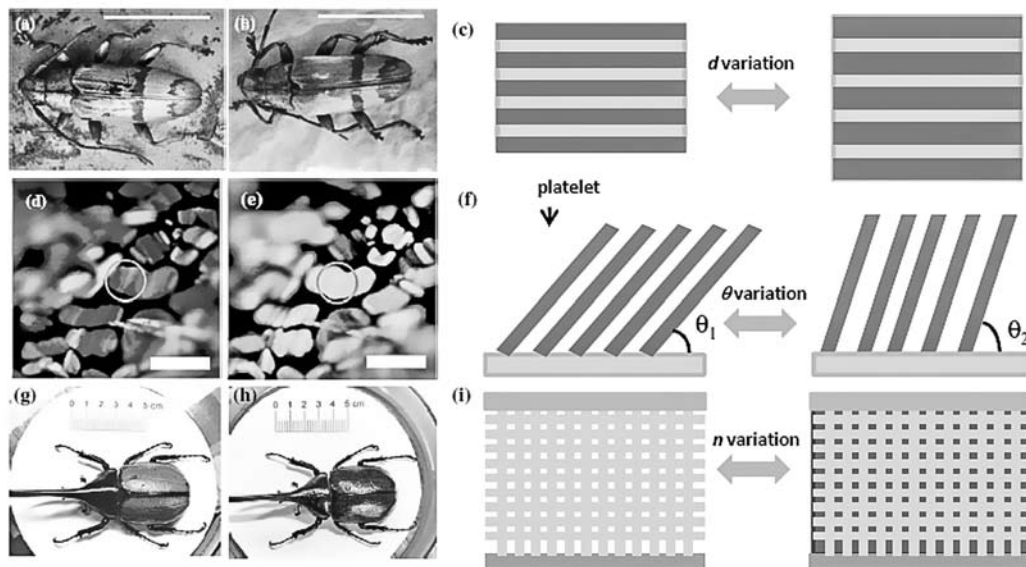


Рис. 1. На верхних рисунка показано изменение цвета надкрыльев, а на нижних изменение структуры чешуек (воспроизводится по [7])

излучение от надкрыльев, и наблюдается изменение их цвета.

На окраску наноструктур может значительно влиять не только влажность, но и концентрация и химический состав веществ, присутствующих в воздухе. Примером таких структур являются чешуйки, покрывающие крылья бабочек (рис. 2).

Структуры, созданные чешуйками, фактически являются дифракционными ре-

шетками (рис. 3), т.е. представляют собой структуры с периодически изменяющимися характеристиками.

Период этих дифракционных решеток соизмерим с длиной волны света. Дифракционные решетки, встречающиеся в природе, могут быть одномерными (перламутровое покрытие раковин моллюсков), двумерными (усики морской мыши) и трехмерными (радужная окраска бабочек). Все

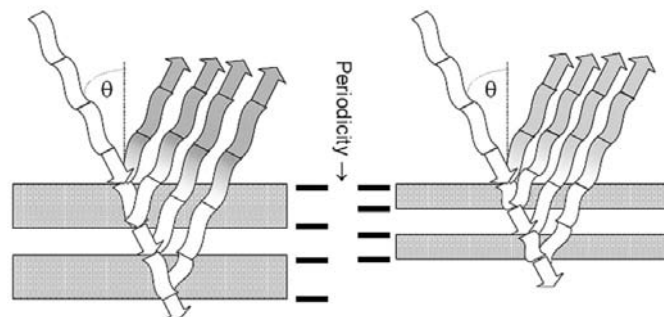
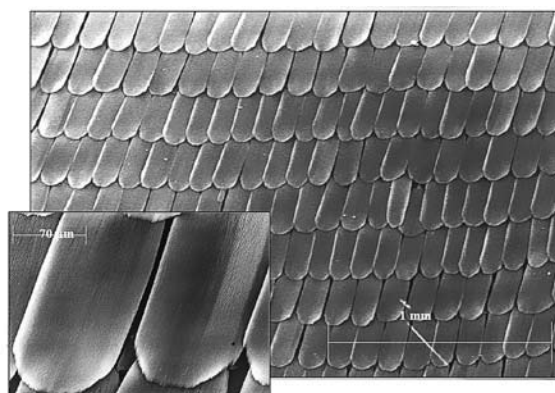
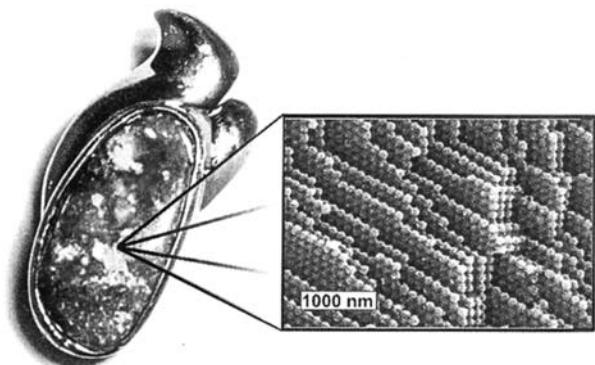


Рис. 2. Изображение чешуек крыла бабочки, полученное с помощью электронного микроскопа (справа); изменение цвета отраженного света при отражении от структуры, изменившей периодичность в результате воздействия внешних факторов (слева)



эти структуры называются фотонными кристаллами. По определению, данному в [3], фотонными кристаллами называют упорядоченные структуры, период которых сопоставим с длинами волн света в оптическом диапазоне. «Фотонные кристаллы — это оптическая среда, в которой происходит периодическое изменение коэффициента преломления на масштабе, сопоставимом с длиной волны света видимого или ближнего инфракрасного диапазонов» [3, с. 322–323].

В мире неживой природы характерным примером таких структур является опал. Необычные свойства этого полудрагоценного камня — необычная игра света — обусловлены явлением дифракции на структуре, состоящей из упорядоченно расположенных микрошариков (рис. 3).



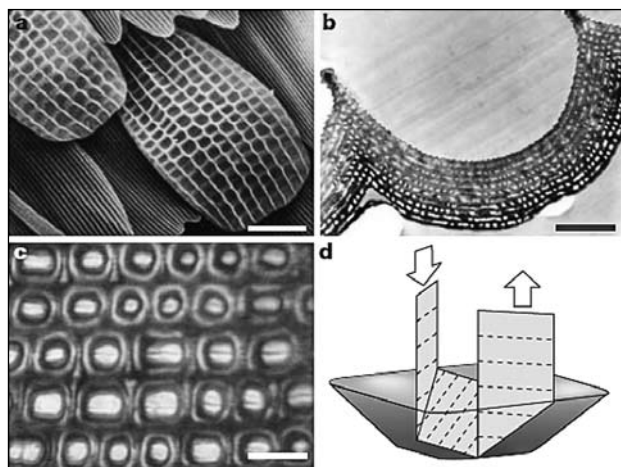
**Рис. 3. Натуральный опал и изображение его микроструктуры, состоящей из плотноупакованных сфер диоксида кремния, полученное с помощью электронного микроскопа**

В настоящее время эти структуры привлекают повышенный интерес ученых, который связан с перспективами их практических применений в нанофотонике и оптоэлектронике в качестве элементов, позволяющих эффективно управлять световыми потоками. По мнению ученых свойства фотонных кристаллов могут быть использованы при разработке чрезвычайно чувствительных химических датчиков (сенсоров), которые могли бы применяться в самых разных об-

ластях. Например, химической разведке и системах контроля производственных процессов, для изготовления самых разных медицинских приборов.

Кроме того, они являются перспективным объектом для изучения новых оптических явлений, имеющих фундаментальное научное значение.

Некоторые бабочки используют и другие оптические приспособления, которые также представляют собой упорядоченные структуры. Так ярко-зеленый цвет полос на крыльях бабочки *Papilio palinurus* из семейства парусников обусловлен наличием густой сетки чашеобразных углублений размером в несколько микрометров (рис. 4а). Эти углубления расположены вдоль слоев хитина, разделенных воздушными зазорами, и играют роль селективных отражателей (рис. 4б). Донные части углублений отражают только желтый цвет, а окружающая их периферийная часть — только синий (рис. 4с). Поскольку, как было сказано, масштаб этих объектов мал, глаз человека воспринимает это излучение как зеленый цвет. Кроме того, в результате отражения от этих структур происходит двойное отражение, в результате которого происходит поляризация синего света (рис. 4д), чего не происходит с желтым светом.



**Рис. 4. Изображение, полученное с помощью электронного микроскопа**

Как показывают недавние исследования британских ученых, эта бабочка использует технологию светодиодов (эти работы ведет группа П. Вуксича в Физической школе Университета г. Эксетера (Великобритания)) [8, 2].

Первые светодиоды, изобретенные, как известно, в 1960-х гг., были не очень яркими, но после того как в начале 90-х инженеры оснастили их миниатюрными зеркалами (рефлекторами) с микроскопическими отверстиями, интенсивность излучения удалось увеличить [4].

Чешуйки крыла бабочки содержат микроскопические структуры (фотонные кристаллы), которые действуют в точности так же, как и специальная система зеркал в светодиодах. Интересным обнаруженным учеными фактом оказалось, что фотонная система крылышек бабочек, в отличие от сложной системы в промышленных светодиодах, не является строго упорядоченной, и в то же время прекрасно работает.

Теперь покажем некоторые применения описанных выше возможностей фотонных кристаллов.

Эффект поляризации света вогнутыми упорядоченными структурами предложено использовать для создания опознавательных меток на кредитных карточках. При моделировании этого эффекта была создана модель в виде вогнутой чаши, дно которой покрыто чередующимися слоями титана и алюминия. В результате этого, что представляется простым зеленым отражающим покрытием, будет на самом деле содержать в себе две компоненты: неполяризованную желтую света и поляризованную синюю. Подделать такую метку практически невозможно.

В стадии разработки находится и система защиты бумажных денежных знаков, которая использует свойства фотонных кристаллов.

Так, исследовательская группа, работы которой более полно отражены в [5], задалась целью симитировать способность

жуков к изменению цвета (создать соответствующую модель). Основной причиной изменения геометрических размеров чешуек являлась их способность к поглощению воды, поэтому был найден материал, который мог очень хорошо впитывать влагу за счет большой площади поверхности — наночастицы мезопористого диоксида кремния. Другим привлекательным свойством для ученых стала возможность не очень сложного контроля за адсорбцией кристаллами воды.

На основе своих исследований ученые создали фотонно-кристаллические чернила. Используя их для печати с помощью струйного принтера, им удалось создать на поверхности уникальные изменяющиеся цветные узоры.

Далее, исследователи использовали полученные чернила для создания сложных рисунков на жестких и гибких материалах. Самое главное, ученые продемонстрировали, что цвета созданных чернил обратимы и точно поддаются контролю. Было показано, что варьируя, например, содержание в окружающей среде азота и паров этанола, цвет меняется с зеленого на красный или желтый. Они смогли даже продемонстрировать, как рисунки меняют свой цвет просто при дыхании на них. Из чего следует, что результаты этой перспективной работы могут найти применение в различных областях, включая создание фотонно-кристаллических индикаторов, переносных сенсоров. Способность фотонных кристаллов контролировать поток света делает их подходящим материалом при создании оптоволокон, биосенсоров и фотоэлементов и т.п.

Как одно из самых очевидных применений результатов этого исследования была предложена борьба с фальшивомонетчиками. Фотонно-кристаллические чернила, нанесенные на денежные купюры с помощью метода струйной печати, позволят проверить подлинность купюр (для этого достаточно будет лишь подышать на них).

В последнее время появились сообщения

о применении подобной технологии еще более оригинальным образом. Найти научное описание, технологии предложенной дизайнером, к сожалению, найти не удалось, но внешнее сходство определенно наблюдается.

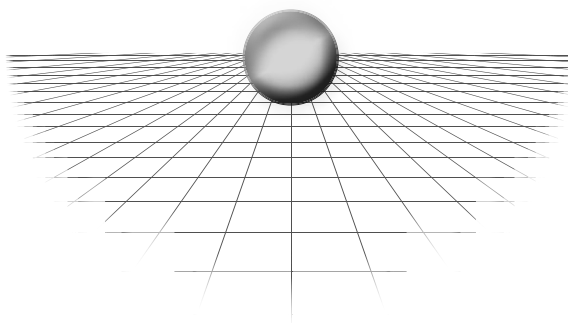
Лорен Боукер разработала необычные чернила, получившие кодовое название  $\text{PdCl}_2$ . Их необычность определялась свойством реагировать на загрязнения воздуха. Проведенные Лорен эксперименты показали, что если атмосфера богата автомобильными выхлопами или промышленными выбросами, содержащими отравляющие вещества, чернила приобретали черный цвет, если уровень атмосферного кислорода был в норме, то чернила приобретали желтый цвет. Дальнейшая работа над совершенствованием изобретения позволила добиться Л. Боукер еще более интересных результатов: чернила стали чувствительными не только к чистоте воздуха, но и к малейшим изменениям температуры, облучению ультрафиолетовыми лучами и даже воздействию трением.

Технология, мне кажется, чрезвычайно перспективной, так как могла бы помочь избежать массы конфликтов, возникающих в транспорте и других общественных местах. Известно, что самочувствие и настроение людей определяют их физиологические характеристики, такие как температура, влажность кожи и т.п. Поэтому цвет

одежды мог бы сразу предупреждать о том, стоит ли вступать в контакт с тем или иным человеком.

### Литература

1. Болл Ф. Феерия цвета // В мире науки. — 2012. — № 7. — С. 38–44.
2. Вукусич П., Барр Д. Биовдохновение и новые дизайны // Вестник оптометрии. — 2010. — № 5. [Электронный ресурс: [www.optometry.ru](http://www.optometry.ru)].
3. Нанотехнологии. Азбука для всех / Под ред. Ю.Д. Третьякова. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.
4. Петрова Е.Б. Принципы работы светодиода и не только...// Школа и производство. — 2014. — № 5. — С. 27–31.
5. Bai L., Gu Z., Xie Z., Wang W., Yuan Ch., Zhao Y., Mu Zh., Zhong Q. Bio-Inspired Vapor-Responsive Colloidal Photonic Crystal Patterns by Inkjet Printing // ACS Nano. — 2014. — 8 (11). — P. 11094–11100.
6. Barrows F.P., Bartl M.H. Photonic Structures in biology: a possible blueprint for nanotechnology// Nanomaterials and Nanotechnology. — 2014. — № 4. — Pp. 1–10.
7. Liu F., Dong B., Liu X. Bio-Inspired photonic structures: prototypes, fabrications and devices/ Optical devices in Communication and Computation. — Ch. 6. — 2012. — Pp. 107–126.
8. Vukusic P., Sambles R. Photonic structures in biology // Nature. — 2003. — V. 424. — Pp. 852–855.



## Указатель статей, опубликованных в журнале «Физика в школе» в 2015 году

### ДОСТИЖЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНИКИ

**Ильин В.А., Исаев Д.А., Кудрявцев В.В.** Прикладная сверхпроводимость. Часть I, № 3, с. 3.

**Ильин В.А., Кудрявцев В.В.** Сверхтекучесть. Физические основы, № 4, с. 3.

**Ильин В.А., Кудрявцев В.В., Самойленко П.И.** Термоядерный синтез: проблемы и перспективы, № 6, с. 3.

**Ильин В.А., Кудрявцев В.В.** Термоядерный синтез: проблемы и перспективы, № 7, с. 3.

**Кудрявцев В.В., Ильин В.А.** Физика и техника низких температур, № 1, с. 10.

**Кудрявцев В.В., Ильин В.А.** Физические основы сверхпроводимости, № 2, с. 5.

### Выдающиеся ученые

**Балюбаш Б.В.** Открытие эффекта замедленных нейтронов: страницы истории, № 8, с. 3.

**Щербаков Р.Н.** Г.С. Ландсберг: преподавать нужно именно физическую науку (или введение в нее), а не комплекс фактов и знаний, № 1, с. 3.

### ВОСПИТАНИЕ ШКОЛЬНИКОВ

**Глазунов А.Т., Токарева Н.С.** Воспитательный потенциал курса физики: новый стандарт и его реализация, № 2, с. 23.

**Щербаков Р.Н.** Мышление учителя и учащегося на уроках физики, № 8, с. 12.

### МЕТОДИКА. ОБМЕН ОПЫТОМ

**Аджемян Г.А.** Пропедевтика элементов физики на уроках математики в V-VI классах при формировании универсальных учебных действий, № 1, с. 38.

**Беленок И.Л., Ю.Б. Кляйн.** Сеть специализированных классов Новосибирской области, № 7, с. 27.

**Бордонская Л.А.** Методика преподава-

ния электродинамики — основное направление научной деятельности С.Е. Каменецкого, № 7, с. 14.

**Бордонская Л.А., Садыкова М.А.** Проекты по физике с использованием ИКТ на историко-биографическом материале, № 3, с. 17.

**Бражников М.А.** К постановке проблемы о «движущих силах» развития методики физики. Статья 4, № 3, с. 35, № 4, с. 43.

**Вараксина Е.И., Касаткин К.А., Майер В.В.** Развитие физического мышления учащихся при изучении элементов робототехники: учебное исследование инфракрасного датчика расстояния, № 8, с. 28.

**Величко А.Н., Габоян А.М., Киселева И.В., Безручко В.В.** Система оценивания предметных и метапредметных результатов естественнонаучного образования как ресурс повышения качества образовательной деятельности учащихся, № 5, с. 5.

**Величко А.Н., Шилкина И.Г.** Опыт организации внеурочной деятельности учащихся специализированных классов по физике в Новосибирской области, № 5, с. 20.

**Величко А.Н., Шилкина И.Г.** Экспериментальное задание ОГЭ по физике, опыт Новосибирской области, № 5, с. 26.

**Величко А.Н., Шилкина И.Г.** Рычаг в экспериментальных заданиях, № 5, с. 34.

**Грищенко В.В.** Изучение темы «Правило сложения скоростей тел, движущихся в плоскости», № 5, с. 42.

**Дегтярева А.П.** Востребованность учащимися непрофильных классов Интернет-поддержки школьного курса физики, № 7, с. 31.

**Джораев Мухаматрасулжон, Ахмедов А.А.** Модернизация компетентности будущего учителя физики, № 7, с. 20.

**Емельянов В.С.** Изучение проблем солнечной энергетики на уроках физики, № 6, с. 30.

**Зиятдинов Ш.Г.** Еще раз о КПД тепловых машин, № 3, с. 20.

**Ивашкина Д.А.** Обучение учащихся исследовательской деятельности, № 7, с. 47.

**Казакова Ю.В., Петрова Е.Б.** Размышления учителя физики о состоянии и перспективах развития исследовательской деятельности учащихся, № 1, с. 53.

**Калашникова Л.А.** Формирование исследовательской компетентности обучающихся специализированных естественнонаучных классов, № 5, с. 47.

**Ковязин Е.И., Перевошиков Д.В., Сауров Ю.А.** Освоение идей ФГОС при изучении астрономии в школьном курсе физики, № 6, с. 26.

**Красин М.С.** Какой методологии обучать на уроках физики и как избежать перегрузки учащихся от потока методологической информации, № 8, с. 19.

**Майер В.В.** Экспериментальные доказательства в заданиях ЕГЭ, № 4, с. 20.

**Майер В.В., Вараксина Е.И., Наговицына Е.А.** Дидактический ресурс учебного проекта: исследование свободного движения тела в поле тяжести Земли, № 1, с. 30.

**Матвеева Е.В.** Опыт формирования проектной и исследовательской деятельности по физике, № 5, с. 54.

**Опарина А.В., Одинцова Н.И.** Преобразование научно-популярных материалов в деятельностную форму на уроках физики, № 4, с. 33.

**Пентин А.Ю.** Некоторые направления модернизации курса физики основной школы: формирование естественнонаучной грамотности учащихся, № 6, с. 10.

**Пичугина Г.В.** Пропедевтика физических знаний школьников на основе междисциплинарного подхода «наука-технология-общество»: опыт Финляндии, № 1, с. 23.

**Рыжиков С.Б.** Исследование явления преломления света с одаренными школьниками VIII класса, № 4, с. 38.

**Синенко В.Я.** Об условиях работы с интеллектуально-одаренными детьми в

специализированных классах, № 7, с. 23.

**Синенко В.Я., Глущенко Е.П.** Решение задач Турнира юных физиков как один из путей формирования исследовательских компетенций учащихся, № 5, с. 38.

**Слободянюк А.И., Филиппенко О.С.** Применение метода аналогий при изложении вопросов электростатики и гидростатики, № 7, с. 36.

**Спудай С.В.** Интересная задача: газовые законы, № 5, с. 61.

**Тихонов П.С., Черников Ю.А., Якута А.А., Зинковский В.И.** Учебно-методические комплекты для подготовки школьников к участию в экспериментальных турах олимпиад по физике, № 3, с. 30.

**Усанин В.Н.** Физический эксперимент в реализации частично-поискового и исследовательского методов в школьном курсе физики, № 1, с. 46.

**Чувелева Е.В., Шаронова Н.В.** Формирование представлений о нанотехнологиях на примере метаматериалов с отрицательным коэффициентом преломления, № 3, с. 25.

**Шеффер О.Р., Шахматова В.В.** Построение системы заданий, способствующей достижению обучающимися планируемых результатов освоения основной образовательной программы по физике, № 4, с. 27.

### Педагогические технологии

**Анохина Г.М.** Технология обучения, развития личности, формирования образовательной компетентности, № 3, с. 51.

### Учебники физики

**Гуревич А.Е.** Зачем нам нужна эта физика? № 3, с. 59.

### АСТРОНОМИЯ

**Королев М.Ю.** Строение и состав Солнечной системы: исторические аспекты и современные представления, № 6, с. 34.

**Страут Е.К.** Вещество времен рождения Земли, № 6, с. 41.

**Эскин Б.Б., Волобуева М.И., Тараканов П.А., Костина М.В.** Россия на между-

народных астрономических олимпиадах, № 6, с. 51.

### ЭКСПЕРИМЕНТ

**Акопов В.В.** Лабораторная работа практикума XI класса «Измерение магнитного сопротивления катушки», № 2, с. 39.

**Данилов И.А.** Модернизация лабораторной работы «Изучение движения тела под действием сил тяжести и упругости», № 2, с. 42.

**Жакин С.П.** Экспериментальная исследовательская задача по электродинамике, № 2, с. 46.

**Жакин С.П.** Экспериментальная исследовательская задача «Модуляция звуковых волн», № 4, с. 55.

**Заболотный А.И., Ханнанов Н.К.** Использование цифровой лаборатории от «Научных развлечений» в массовой школе и учреждении дополнительного образования, № 8, с. 37.

**Некрасов А.Г.** Определение КПД циклического процесса в газе с использованием лаборатории L-микро, № 1, с. 61.

**Телевинова Л.В., Алехина Т.Н.** Одновременная электризация двух тел при соприкосновении, № 2, с. 51.

**Хаджи П.И., Новицкая Н.С.** Колебания симметричных пружинных маятников, № 2, с. 31.

### Кабинет физики

**Киракозова Л.А., Восканян А.Г.** Рациональное размещение современного лабораторного оборудования в кабинете физики, № 2, с. 55.

### Предложения и советы

**Казакова Ю.В.** Неожиданный результат одной экспериментальной задачи, № 2, 2-3 сторона обложки.

### ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ

**Шафеев Р.Р., Шафеев Р.Г., Закирьянов Ф.К.** Изучение планеты Марс, № 6, с. 55.

### ИНФОРМАЦИЯ

**Петрова Е.Б.** Физика в природе: фотонные чернила, № 8, с. 55.

**Петрова Е.Б., Сабирова Ф.М.** Фестиваль школьных учителей в Елабуге, № 8, с. 46.

**Позолотина М.П., Сауров Ю.А.** Методология и методика экспериментирования на научной конференции в Глазовском педагогическом институте (опыт рефлексии феномена конференции), № 4, с. 61.

**Филиппова И.Я.** На экскурсии в музее истории физики физического факультета Томского университета, № 7, с. 62.

**Чулкова Г.М.** Современные сверхпроводниковые устройства, № 8, с. 49.

### Книжная полка

**Сауров Ю.А.** Сто лет автору знаменитой книги «Занимательные опыты по физике», № 2, с. 62.

### ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ К ЖУРНАЛУ «ФИЗИКА В ШКОЛЕ»

#### ДОСТИЖЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНИКИ

**Кудрявцев В.В., Ильин В.А.** Радиоастрономия: методы, инструментальная база, фундаментальные открытия (презентация к статье, «Физика в школе» № 7–2014), № 2.

**Кудрявцев В.В., Ильин В.А.** Современные методы ядерной геохронологии (презентация к статье, «Физика в школе» № 8-2014), № 2.

**Кудрявцев В.В., Ильин В.А.** Физика и техника низких температур (презентация к статье, «Физика в школе» № 1-2015), № 2.

**Кудрявцев В.В., Ильин В.А.** Физические основы сверхпроводимости (презентация к статье, «Физика в школе» № 2-2015), № 2.

**Кудрявцев В.В., Ильин В.А.** Сверхтекучесть. Физические основы (презентация к статье, «Физика в школе», № 4-2015), № 5.

**Кудрявцев В.В., Ильин В.А., Самойленко П.И.** Термоядерный синтез: пробле-

мы и перспективы (презентация к статье, «Физика в школе», № 6-2015), № 5.

**Кудрявцев В.В., Исаев Д.А., Ильин В.А.** Прикладная сверхпроводимость. Часть I (презентация к статье, «Физика в школе», № 3-2015), № 5.

### Выдающиеся ученые

**Барабанов Н.Н.** Научное наследие М.В. Ломоносова. Академик М.А. Леонтович. Штрихи к портрету ученого, № 5.

**Глазунов А.Т., Орлов В.А., Касьянов В.А.** 100 лет В.А. Фабриканту, № 2.

**Городец Б.С.** 140 лет со дня рождения патриарха Отечественной электроэнергетики (Г.М. Кржижановский), № 2.

**Королев Ю.А.** Технологические предсказания Роберта Бойля. Доминик Франсуа Араго

Основоположник электродинамики Андре Мари Ампер. Георг Симон Ом. Луиджи Гальвани. Эмилий Христианович Ленц. Его исследования привели к созданию радиотехники (А.С. Попов). Гениальный русский естествоиспытатель Д.И. Менделеев. Он заслужил высокое уважение в ученом мире (П.Н. Лебедев). Первый лауреат Нобелевской премии (В.К. Рентген). Основатель науки об атомном ядре (Э. Резерфорд). Майкл Фарадей

Основатель школы русских физиков (А.Г. Столетов). Д.А. Лачинов. Петр Петрович Лазарев. Лучший теплотехник России (Л.К. Рамзин). В.К. Лебединский. Макс Планк. Он был другом Фредерика Жолио-Кюри (Д.В. Скобельцын). Энрико Ферми — Прометей XX века. Академик Александр Александрович Михайлов. Многогранный талант (М.Д. Миллионщиков). Основоположник практической космонавтики. Игорь Васильевич Курчатов. Академик Н.Н. Боголюбов. Бруно Понтекорво. Ученый, труженик, солдат (К.И. Щелкин). Отношение ученых России к новым исследованиям и открытиям соотечественников. Главный конструктор ядерных установок (Н.А. Доллежал). Академик Петр Леонидович Ка-

пица. Секретный физик Я.Б. Зельдович. Илья Михайлович Франк. Ученик академика Ландау (А.А. Абрикосов). Создатель отечественного ядерного оружия (Ю.Б. Харитон). Он должен был быть Нобелевским лауреатом (В.И. Векслер). Создатель искусственных алмазов (Л.Ф. Верещагин). Густав Герц. Виталий Лазаревич Гинзбург. Главный теоретик космонавтики (М.В. Келдыш). Академик Евгений Велихов. Исаак Константинович Кикоин. Создатель первой атомной электростанции (Д.И. Блохинцев). Создатель ускорителей на встречных пучках (Г.И. Будкер). Ускоритель света (Н.Г. Басов), № 2.

**Разумовский В.Г.** О творчестве ученого и учителя (А.П. Александров). Борец за качество образования и воспитания детей (И.К. Кикоин), № 2.

**Сабирова Ф.М.** О российских физиках и нобелевских премиях, № 2.

**Фистуль В.И.** Озарение Рёмера, № 2.

**Щербаков Р.Н.** Роберт Гук. Шарль Огюстен Кулон. Михаил Васильевич Ломоносов (к 300-летию со дня рождения). Джозеф Джон Томсон. Генрих Герц. Нильс Бор и представления о микромире. Лев Андреевич Арцимович. Евгений Константинович Завойский, № 2.

### МЕТОДИКА. ОБМЕН ОПЫТОМ

**Браверман Э.М.** Формирование универсальных умений: планирование работы, типы заданий, краткая методика, № 5.

**Хидиятуллина З.А.** Компетентностно-ориентированные задания в пропедевтическом курсе физики для V-VI классов, № 5.

### ЭКСПЕРИМЕНТ

**Никифоров Г.Г., Азаренко Е.Ю., Вострокнутов И.Е., Трухманов В.Б.** Все-таки без вычислений изучать физику нельзя, а вычисления без калькуляторов — невозможны! № 5.

### УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**Атаманская М.С., Панченко М.Н.** Фи-

зика в задачах. Часть I. Кинематика. Динамика, № 5.

**Бордонская Л.А., Серебрякова С.С., Филиппова Т.Г.** История физики в контексте культуры: люди науки, № 2.

**Бордонская Л.А., Серебрякова С.С., Филиппова Т.Г.** Историко-биографическая составляющая физической науки, № 2.

**Бордонская Л.А., Серебрякова С.С., Филиппова Т.Г.** Демо-версия программы, предназначенной для проведения проектной деятельности, № 2.

### МОНОГРАФИЯ

**Сабирова Ф.М.** Развитие организационных форм физической науки (от научности до середины XX в.), № 2.

### КОНСУЛЬТАЦИЯ

**Филиппова И.Я.** Использование видеонализа в учебной деятельности, № 5.

### ИНФОРМАЦИЯ

**Сабирова Ф.М., Латипова Л.Н.** Актуальные проблемы истории естественно-математических и технических наук и образования: анализ и обобщение опыта, № 5.

### ДИДАКТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

#### Фильмы:

Дубна — город дружбы ученых (Москва, 1966), № 2.

Открытие радиоактивности, № 2.

#### Презентации:

Женщины-физики. Научные достижения женщин-физиков. Алферов Ж.И. Гинзбург В.Л. Ландсберг Г.С. Тамм И.Е. Шкловский И.С., № 2.

Магнитолевитационные транспортные системы и технологии, № 5.

#### Редкие фотографии и документы:

А. Эйнштейн (фото). Письмо А. Эйнштейна Генеральному секретарю Лиги Наций в Женеве (док.). Заявление А. Эйнштейна о принятии американского гражданства (док.). Мария Кюри (фото). Нобелевский диплом А.А. Абрикосова (фото). А. Александров (фото). Страницы из рабочих тетрадей Г. Галилея (док.), № 2.

### ФИЗИКА И МУЗЫКА

**Барабанов Н.Н.** Миры Александра Скрябина, № 2.

### ФИЗИКА И КИНО

**Барабанов Н.Н.** Встреча в Кембридже, или О чем говорили в 1929 г. П.Л. Капица и С.М. Эйзенштейн, № 5.

### КОЛЛЕКЦИОНЕРАМ

**Кудрявцев В.В.** Нобелевские лауреаты на почтовых марках, № 2

**Петрова Е.Б.** Ученые-физики на почтовых марках, № 2.

