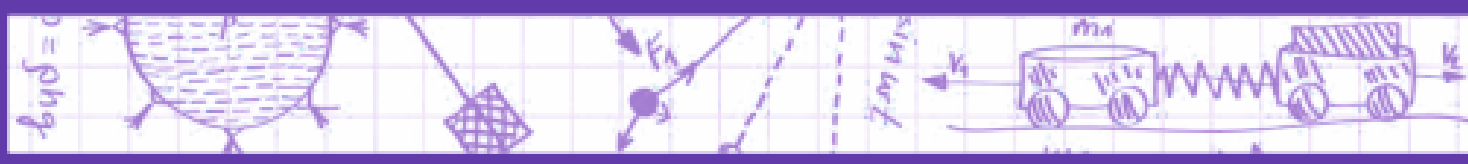
МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

Материалы докладов
IX всероссийской научно-практической конференции



Центр дополнительного образования одарённых школьников
Научная лаборатория «Моделирование процессов обучения физике»

МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

В МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

Материалы докладов
IX всероссийской научно-практической конференции

Киров – 2022

УДК 372.853
ББК 74.262.23
М 74

Оргкомитет: доцент К. А. Коханов (председатель), член-корреспондент РАО, доктор педагогических наук, профессор Ю. А. Сауров, доктор педагогических наук Е. Б. Петрова (Москва), доктор педагогических наук Р. В. Майер (Глазов), кандидат педагогических наук, доцент Е. И. Вараксина (Глазов), кандидат педагогических наук, доцент Ю. В. Иванов (Глазов), старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук, А. Ю. Пентин (Москва, РАО), кандидат педагогических наук М. В. Исупов, кандидат педагогических наук Д. В. Перевощиков, преподаватель-исследователь А. П. Сорокин, кандидат педагогических наук М. П. Уварова (учёный секретарь).

Редакционная коллегия: К. А. Коханов (ответственный редактор), Ю. А. Сауров, М. П. Уварова.

М 74 **Модели и моделирование в методике обучения физике:** *Материалы докладов IX всероссийской научно–практической конференции.* – Киров: ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС», 2022. – 86 с.

ISBN 978-5-6048229-7-5

В сборнике представлены материалы исследований по одному из перспективных направлений развития теории и методики обучения физике.

УДК 372.853
ББК 74.262.23

ISBN 978-5-6048229-7-5

© Центр дополнительного образования одарённых школьников, 2022
© Научная лаборатория «Моделирование процессов обучения физике», 2022

ПРЕДИСЛОВИЕ

Научная деятельность – тоже практика, правда, особого рода. И с этой точки зрения практика (фактически жизнь) выше науки. Методика обучения физике как прикладная наука существенно больше связана с практикой. Но, конечно, не сливается с ней. Это различение важно понимать, уважать и принимать.

Без языка науки в принципе нет современной практики. Наука с помощью понятий несёт метод видения реальности. Как можно понять падение тела без понятия механического движения? А без модели не определить свободное движение... Практика, конечно, субъекта учит. Но качество этого учения зависит от присвоения языка науки. Именно по этому поводу говорят «идеи правят миром». И в методике обучения физике это тоже точно так.

Наша конференция, зарождаясь как научно-теоретическая, закономерно выросла до научно-прикладной. Мы стремимся довести теоретические идеи до простого прикладного воплощения, мы стремимся вовлечь практиков в разработку и внедрение методических идей. Постепенно тема моделей и моделирования стала тенденцией, в её успешности мало кто сомневается. На идее построения методических моделей выросла программа «моделей уроков», она признана в стране, общий тираж пособий для учителей достиг 100 тысяч. А на очереди разработка нового поколения моделей уроков. Отсюда для учёных-методистов явно актуальная задача теоретически осмыслить эти новые технологические решения для нового поколения учителей физики.

Одна из фундаментальных функций науки – исследование реальности. Наша образовательная реальность – рукотворная реальность. Её особенности мы ещё недостаточно фиксируем, на языке науки в прямом смысле плохо знаем, отсюда слабо учитываем при создании методических решений. Поле деятельности здесь необозримое. Задумаемся: одно дело нормативно что-то формировать и в итоге зафиксировать эффект, но другое дело – что в итоге по структуре и содержанию присвоено субъектом. Почти банально: реальность выше научных представлений. В парадигме моделей объекты – это всегда суперпозиция предметов (или моделей).

Различных, фундаментальных и прикладных, аспектов рассмотрения физических моделей и моделирования, как учебной деятельности, неопределенно много. Пока их достаточно на любой творческий вкус методистов и учителей. А, если это так, то давайте уже сейчас готовить юбилейную, десятую, конференцию по моделям. И пусть от этого будет лучше нашей науке и нашему физическому образованию.

Ю. А. Сауров
К. А. Коханов

I. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Ю. А. Сауров
Вятский государственный университет

МОДЕЛИ КАК ЗНАНИЯ НА ЭТАПЕ ПОСТНЕКЛАССИЧЕСКОЙ РАЦИОНАЛЬНОСТИ

В статье раскрывается образовательный потенциал моделей и моделирования в методике обучения физике на новом этапе её развития.

Ключевые слова: методология, познание, модели, системы, границы применимости.

Постановка проблемы. Надо всегда идти вперёд. Другого не дано. Но куда, зачем и как идти – вечные вопросы. Их тонкий баланс – между нормами и новыми поисками (творчеством). Ресурсы профессионального движения (и развития) приходят извне, от идей, явных или неявных потребностей (заказа). И они для успеха требуют воли, труда. Вот и на новом этапе развития, если его принять, надо в нашей области деятельности разрабатывать и разрабатывать приёмы учебной деятельности. На определение этого формата деятельности с моделями и моделированием направлена статья.

Теоретические установки. На этапе постнеклассической парадигмы в развитии образования [1, 7] вновь, как это было и раньше, ставится вопрос об учёте изменения познавательных норм для совершенствования научной, производственной, культурной деятельности людей.

Выделим в тезисах основные направления поисков.

- Настойчивое систематическое использование языка моделей в построении содержания физического образования во всех видах деятельности – научно-методической, методической, учебной... для формирования современного мышления и мировоззрения.
- Рассмотрение всех процессов и явлений через выделение открытых систем (физических, социальных, методических). Их понимание (оправдание) в новом, более глубоком и точном описании реальностей мира, но всё равно на языке моделей. Замкнутая система, изолированный объект – хорошие модели. Но их уже недостаточно для успешного современного мышления и мировоззрения. Универсальной становится познавательная позиция: Объект = Суперпозиции Предметов. В познании – это бесконечный ряд приближений, в его рамках периодически происходит свертывание представлений (онтологизация, овеществление). Это даёт понимание исторического движения: новая модель опирается на старые модели [2, 5]...
- Какие бы сложные системы и их взаимодействия ни были (а это так в образовании), всё равно для познания (описания) необходим поиск инвариантов [1, 4]. Он идёт, во-первых, через жёсткое нормирование видения (метода), во-вторых, через эмпирически устойчивые практики.

И то, и другое невозможно без системы модельных представлений. И модели, несомненно, – некие инварианты познавательной деятельности.

• Последовательное использование системы моделей естественно требует постановки и рассмотрения всего комплекса вопросов о границах применимости всех научных образований (принципов, понятий, величин, законов, теорий...), в том числе в прямом смысле моделей объектов и явлений [2–3, 6].

Гносеологическая природа моделей и моделирования, центрирование в обучении на функциональность моделей (любой объект может быть моделью другого объекта) создают дидактические сложности в аккуратном использовании моделей. Освоение этой культуры становится нормой.

• В жизни происходит непрерывное усложнение научных систем знаний, а параллельно с необходимостью усложнение познавательных норм (методов, принципов и др.). И в методике обучения встает задача максимально упростить формулирование и усвоение этих сложных представлений. Это тоже было всегда. Роль практики в этом процессе велика.

Практическая методика. Успехи в освоении моделирования могут быть только в результате длительной целенаправленной работы больших коллективов методистов и учителей. Без внешней (государственной) организационной помощи это трудно. Здесь определим, на наш взгляд, наиболее рациональные методические проекты.

1. Фундаментальных физических объектов в школьном курсе физики не так много, для них надо обязательно определить модели и сформировать практику их использования. Например, объект – тело. Его макроскопическая модель – материальная точка, она описывает все движения тела за исключением вращения вокруг оси, проходящей через тело. При таком движении тела его моделирование материальной точкой невозможно, вводят новую модель – абсолютно твёрдое тело. При дальнейшем изучении тел, например, в случае явления электрического тока, используют микроскопическую модель – систему точечных зарядов.

2. Типичных физических явлений в школе изучается не так много. И в каждом случае желательно в явном виде задавать, сначала качественную (онтологическую) модель явления, а потом и количественную (гносеологическую) модель. Надо признать, что эта работа существенно труднее. Например, при решении большинства задач строится модель явления. Для задачи плавания тела на поверхности воды получаем: а) явление плавания тела качественно причинно объясняется действием Земли на тело и действием воды на тело, на этом языке это онтологическая модель явления, б) действия описываются силами, тогда и получаем количественную модель (а далее модели) явления $mg = F_A$ на уровне закона. Только при таком отношении к явлению мы обеспечиваем его физическое понимание. Иного просто не дано.

3. Незамкнутые физические системы – это неопределенно сложные образования (представления), они по определению адекватно соответствуют на сегодня подавляющему большинству физических объектов. И такие представления определяют реальность. Точнее: они ближе к реальности. (Но кто знает, что мы откроем через несколько лет!?)

Можно рассматривать незамкнутые системы и как модели объектов и явлений. Например, в механике это может быть механическое движение тела по наклонной плоскости в условиях трения: механическая энергия не сохраняется, находится энергетическое описание явления с учётом работы силы трения. Ещё пример: в природе нет замкнутых термодинамических систем – это идеализация для цели описания; но при некоторых условиях (любой быстрый процесс) она хорошо подходит. Границы такого модельного описания очевидны, их обозначение принципиально для понимания явления.

4. На наш взгляд, для практического успеха, что в итоге самое главное, надо построить программу проектов с чётким разделением областей приложения. Во-первых, надо настойчиво продолжать теоретическую работу для методистов и исследователей. Во-вторых, развернуть работу для учителей и студентов, в частности, вернуться к программе конструирования моделей уроков для учителей физики. С одной стороны, там должны быть заданы доступные системы учебных знаний, с другой стороны, – это формирование модельного мышления самого учителя. В-третьих, сделать новый шаг в построении научно-популярных книг для школьников. Необходимы талантливые, современные по стилю и оформлению, книги для разных групп школьников. Например, о приключении Модели (скажем, материальной точки) в Физической Природе. Ещё вариант: жизнь моделей в занимательных опытах...

Заключение. Значимость знаний в форме гипотез и моделей, несомненно, растёт. Но уравнивать эти знания со знаниями о физической реальности недопустимо. Полноценное формирование таких фундаментальных образований субъекта как мышление и мировоззрение без системы знаний об объектах и их описаниях невозможно. Значит, надо, эти учебные системы знаний настойчиво строить, а затем без перерыва создавать и отрабатывать приёмы учебной деятельности.

Литература

1. Сауров Ю. А. Построение постнеклассической методики обучения физике: методологический и методический синтез: монография. – Киров: Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2022. – 212 с.

2. Сауров Ю. А. Модели и моделирование в методике обучения физике: логико-методологические поиски: монография. – Киров: Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. – 216 с.

3. Сауров Ю. А., Уварова М. П. О проблеме границ применимости знаний в методике обучения физике // Педагогика. – 2020. – № 10. – С. 24–36.

4. Сауров Ю. А., Уварова М. П. Нормативная и творческая деятельность в обучении: различение и согласование // Педагогика. – 2021. – № 8. – С. 5–15.

5. Сауров Ю. А., Петрова Е. Б. Знаки и чувства в обучении физике // Физика в школе. – 2021. – № 2. – С. 3–11.

6. Сауров Ю. А. Вопросы содержания, методов и приёмов формирования физического миропонимания // Физика в школе. – 2021. – № 5. – С. 20–29.

7. Степин В. С. Философия и методология науки. Избранное. – М.: Академический проект, 2015. – 716 с.

Р. В. Майер

Глазовский государственный педагогический институт им. В. Г. Короленко

ОЦЕНКА ОБОСНОВАННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ

Проанализирована проблема обоснованности математических моделей (формул), изучаемых на уроках физики. Предложена методика оценки убедительности экспериментального и логико-математического обоснования (УЭО и УЛМО), разработаны соответствующие шкалы. Для 55 формул из школьного курса физики произведена оценка их семантической сложности, УЭО и УЛМО, установлены соответствующие статистические закономерности.

Ключевые слова: абстрактность, дидактика, модель, плотность информации, семантическая информация, система, сложность, структура, текст.

Одна из задач учителя – формировать у учеников научное мышление и логическую культуру. Важной чертой правильного мышления является его доказательность. Это означает, что ученик не только может сформулировать истины (факты, законы, принципы), но и владеет способами их обоснования. Как следует из закона достаточного основания, сформулированного Лейбницем в XVII веке, всякая истинная мысль должна быть обоснована, то есть должно быть доказано её соответствие действительности [1]. Всё это в полной мере относится к фактам существования функциональных зависимостей, выражающихся формулами, каждая из которых является математической моделью соответствующего явления. Речь идёт не об определениях типа $v = s/t$ или $C = q/U$, а о таких зависимостях, как $p = nkT$ или $I = U/R$.

Обосновать на уроке все научные положения, изучаемые в школьном курсе физики, не так просто. Некоторые факты могут быть доказаны строго, другие – обоснованы учебными опытами на качественном уровне, либо связаны с какими-то явлениями логическими или ассоциативными связями. Например, закон сохранения механической энергии в сознании ученика может быть связан с падением тела в поле тяжести Земли или колебаниями пружинного маятника. Школьник, обсуждая переход потенциальной энергии в кинетическую, и наоборот, может понимать методы косвенного измерения этих величин и обоснования соответствующего утверждения, хотя никогда этим не занимался. Наконец, существуют математические модели, которые на уроке могут быть обоснованы только умозрительно, путём изучения описаний экспериментов и наблюдений, проведённых учёными (релятивистское замедление времени, энергетический выход ядерной реакции и т. д.).

Под доказательством (обоснованием) понимают любую процедуру установления истинности высказываемого положения, которая может

быть реализована на основе логических рассуждений или чувственных восприятий объектов и явлений непосредственно или опосредовано через приборы [3]. Теоретическое обоснование той или иной формулы (функциональной зависимости) сводится к объяснению, в результате которого ученику становится ясно, как доказываемая зависимость логически следует из некоторых общих положений, считающихся истинными. Под обоснованием научного положения П на уроке физики часто понимается не строгое доказательство, а установление логических связей между П и физическим экспериментом или наблюдением, подтверждающим или иллюстрирующим доказываемое суждение П хотя бы на качественном уровне. Примерами такой связи являются закон сохранения импульса и явление отдачи при выстреле, формула Джоуля-Ленца и нагревание спирали протекающим током, закон электромагнитной индукции и опыт Фарадея с обмоткой, в которую с разными скоростями вносят магнит.

Экспериментальное обоснование тем убедительнее, чем оно проще, чем короче путь от общеизвестных истин до доказываемого утверждения. Наличие большого числа логических или математических шагов уменьшает вероятность понимания и усвоения логических рассуждений среднестатистическим школьником. В соответствии с принципом экономии мышления ученик и учитель ищут наиболее простой и короткий путь обоснования того или иного суждения [4]. Понятия, усвоенные в результате опытов и наблюдений, выполняемых школьником, выступают в качестве ключевых или базисных, вокруг них строится система других понятий и знаний.

Цель статьи: 1) предложить методы оценки убедительности экспериментального и логико-математического обоснования (УЭО и УЛМО) математических моделей, входящих в школьный курс физики; 2) осуществить оценку семантической сложности (далее – SC, от semantic complexity), УЭО и УЛМО различных физических формул; 3) определить корреляцию между УЭО, УЛМО и SC; 4) установить степень обоснованности М-моделей из различных разделов физики.

Ниже представлены шкалы для определения УЭО и УЛМО М-моделей (формул), использующихся в школьном курсе физики.

1. Шкала убедительности экспериментального обоснования (УЭО) формул, выражающих зависимости между физическими величинами

УЭО = 5 – очень высокая: ученик самостоятельно может выполнить опыт и провести измерения, доказывающие закон (формулу) на количественном уровне; УЭО = 4 – высокая: для выполнения опыта и проведения измерений необходимо оборудование, которое в принципе можно купить (например, опыты с авометром); УЭО = 3 – средняя: ученик может выполнить опыт, провести измерения и количественно доказать формулу только в кабинете физики, используя стандартное школьное оборудование; УЭО = 2 – низкая: для обоснования факта на количе-

ственном уровне требуется недорогое стандартное оборудование для вуза; УЭО = 1 – очень низкая: формулу возможно экспериментально проверить с помощью уникального дорогостоящего оборудования описанным в учебнике способом; УЭО = 0 – обоснование отсутствует, формула сообщается, но не объясняется способ экспериментального обоснования. Если формулу можно обосновать только качественно, то показатель УЭО уменьшается на 0,5.

2. Шкала убедительности логико-математического обоснования (УЛМО) формул, выражающих зависимости между физическими величинами

УЛМО = 5 – очень высокая: для обоснования достаточно обобщить результаты простых опытов или наблюдений (например, М-модели: $\vec{F} = m\vec{a}$, $F_x = -kx$); УЛМО = 4 – высокая: требуется провести не очень сложные рассуждения и алгебраические преобразования, записав 2–3 формулы (вывод формулы $p = \rho gh$); УЛМО = 3 – средняя: необходимо провести достаточно сложные алгебраические преобразования и логические рассуждения, записав 4–6 формул (вывод формулы $p = nkT$); УЛМО = 2 – низкая: требуется выполнить сложные математические и логические рассуждения с производными, интегралами, векторами (вывод формулы $\omega = 1/\sqrt{LC}$); УЛМО = 1 – очень низкая: необходимо провести очень абстрактные и громоздкие математические рассуждения, записав 7 и более формул (вывод уравнения Бальмера); УЛМО = 0 – обоснование формулы отсутствует; приведены ссылки на научные теории, которые слишком сложны, чтобы их изучать в школе.

Для определения семантической сложности функциональных зависимостей используется следующий метод: 1) формулы представляют в текстовой форме ($E_K = mv^2/2$ => кин_энергия = масса * скорость квадрат / число) и записывают в текстовый файле FFF.txt; 2) с помощью скаченной из Интернета программы Text_analyzer.exe анализируют файл FFF.txt, получая список терминов, входящих в формулы; 3) все понятия разделяют на 6–7 групп в зависимости от их сложности (как описано в [2]) и создают файл slovar.txt, содержащий список терминов с указанием их сложностей *s*; 4) с помощью специальной компьютерной программы, обращающейся к файлу slovar.txt, анализируют файл FFF.txt, определяя суммарную сложность понятий, составляющих формулу 1, формулу 2 … формулу N. Других способов нахождения УЭО, УЛМО и SC не известно, поэтому будем считать, что: 1) рассмотренные выше методы оценки являются определениями перечисленных характеристик; 2) все три шкалы приближённо являются шкалами отношений [5].

В результате анализа школьных учебников физики были выписаны 55 основных физических формул, выражающих функциональные зависимости между величинами и являющихся М-моделями соответствующих объектов или явлений. Для каждой из них произведена оценка УЭО, УЛМО и SC. С помощью таблиц Excel установлено, что:

1. Высокая SC формул, как правило, сочетается с низкой УЭО (или высокой сложностью экспериментального доказательства). Если используемые в формулах понятия имеют высокую SC (например, «энергия связи»), то измерить обозначаемые ими физические величины довольно сложно. Формул с одновременно высокими SC и УЭО не существует.

2. Коэффициент корреляции между УЭО и УЛМО формул равен 0,70; соответствующее распределение точек на плоскости показано на рис. 1 а. Их число меньше 55, потому что некоторые точки совпадают.

3. Для М-моделей уменьшение УЭО сопровождается ростом SC. Это приводит к тому, что уровень понимания электродинамики, квантовой физики и ЧТО оказывается ниже: используемые в этих разделах формулы сложнее обосновать опытом, связь теоретических знаний ученика с эмпирическими слабая.

4. Для каждого раздела физики были определены средние значения УЭО, УЛМО и SC формул. Если результаты записать в формате «Раздел (УЭО, УЛМО, SC)», то получится так: М (4,6; 3,9; 24), МФ+Т (3,3; 3,1; 44), Э (3,6; 3,1; 55), О (3,5; 3,3; 56), КФ (1,7; 1,3; 120), ЧТО (0,88; 0,88; 69). На рис. 1 б показано распределение разделов физики в пространстве признаков УЭО, УЛМО для формул. Для описания явлений механики (М), молекулярной физики и термодинамики (МФ+Т) достаточно простых математических рассуждений; вывести формулы квантовой физики (КФ) и частной теории относительности (ЧТО) гораздо сложнее.

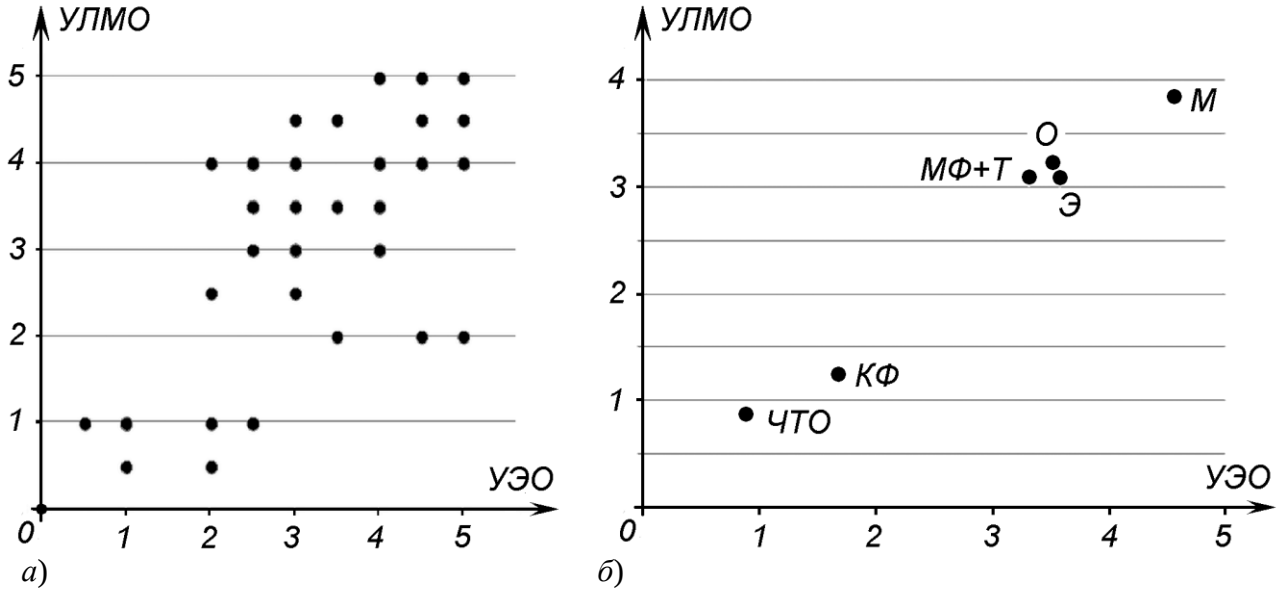


Рис. 1. *Распределение объектов в пространстве «УЛМО – УЭО»*

Таким образом, установлено, что: 1) увеличение убедительности экспериментального обоснования формул связано с повышением убедительности их логико-математического обоснования; 2) для средних значений, вычисленных для каждого раздела физики, увеличение убедительности экспериментального обоснования М-моделей приводит к росту убедительности их логико-математического обоснования и снижению семантической сложности; 3) к наиболее сложным и менее обосно-

ванным разделам курса физики относятся КФ и ЧТО, к наиболее обоснованным – М, и в меньшей степени – О, ЭД, МФ+Т. Последнее объясняется тем, что человеческий опыт распространяется на объекты макромира, движущиеся с небольшими скоростями, органы чувств не воспринимают микрообъекты, поэтому М-модели, относящиеся к ЧТО и КФ, экспериментально обосновать сложнее.

Литература

1. Гетманова А. Д. Учебник логики. Со сборником задач: учебник. – М.: КНОРУС, 2011. – 368 с.

2. Майер Р. В. Дидактическая сложность учебных текстов и её оценка [Электронный ресурс]: монография. – Глазов: ГГПИ, 2020. – 149 с.

3. Маневич Л. И. О доказательности в физике // Эпистемология и философия науки, 2012. – Т. XXXII. – № 2. – С. 156–167.

4. Ополев П. В. Логический принцип простоты // Вестник Омского ун-та. 2014. – № 4. – С. 87–90.

5. Torgerson W. S. Scaling. Theory and Method of Scaling // The British Journal of Sociology. – Vol. 12 – No. 1 (Mar., 1961). – P. 88–89.

И. В. Гребенев, И. Ю. Зворыкин

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

МОДЕЛЬ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ПРАКТИКУМОМ И ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПРИ ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОМ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

Предлагается модель, описывающая детали взаимодействия между физическим практикумом и проектной деятельностью по физике в рамках проектно-ориентированного обучения физике. Указаны три проблемы, возникающие при реализации данной модели.

Ключевые слова: проектно-ориентированное обучение физике, проектная деятельность, физический практикум.

Проектная деятельность привлекает внимание учителей физики и исследователей как в силу требований ФГОС, так и по причине естественного желания получить определённый прирост предметных знаний и умений учащихся в ходе подготовки и выполнения соответствующих проектов. Однако, по нашему мнению, желаемый прирост не происходит сам по себе и требует определённой методики, интегрирующей урок и внеурочную или внешкольную работу над проектом. Одним из вариантов может стать проектно-ориентированное обучение физике [1, 2]. Общую модель такого обучения легко представить на конкретном примере. Такая модель для темы «Электромагнитная индукция» приведена в публикации в журнале «Физика в школе» [2, с. 13].

В качестве существенного дополнения к данному описанию приведём общую модель взаимосвязи между практикумом и проектной деятельностью при проектно-ориентированном обучении физике (рис. 1).

Практикум как элективный курс проводится и организуется силами педагога дополнительного образования во внеурочное время с необходимым сопряжением его с основной деятельностью учащихся на уро-

ке, организованной учителем. Задача практикума решается учащимися в группах. Практикум может быть организован с использованием проблемного метода в его практическом самостоятельном варианте. Проблема может возникнуть в ходе фронтального эксперимента на уроке, результаты которого не соответствуют предполагаемым результатам, основанным на имеющихся у учащихся знаниях об изучаемом явлении и функционировании элементов экспериментальной установки. Эксперимент повторяется на практикуме, и таким образом наличие проблемы актуализируется в группе. Учащимися выдвигаются различные гипотезы и способы их подтверждения или опровержения. Педагог может взять на себя функцию модератора дискуссии. В итоге, остаётся лишь одна подтверждённая и не опровергнутая гипотеза. При необходимости немедленно проводится соответствующий контрольный эксперимент. В отчёт о выполнении работы обязательно входит описание обнаруженного эффекта, являющегося источником возникшей при выполнении задачи практикума проблемы. Этот отчёт представляется учащимися на уроке. Особое значение это имеет в случае, когда проблема возникла именно на уроке, то есть для всех учащихся класса она может оставаться актуальной.

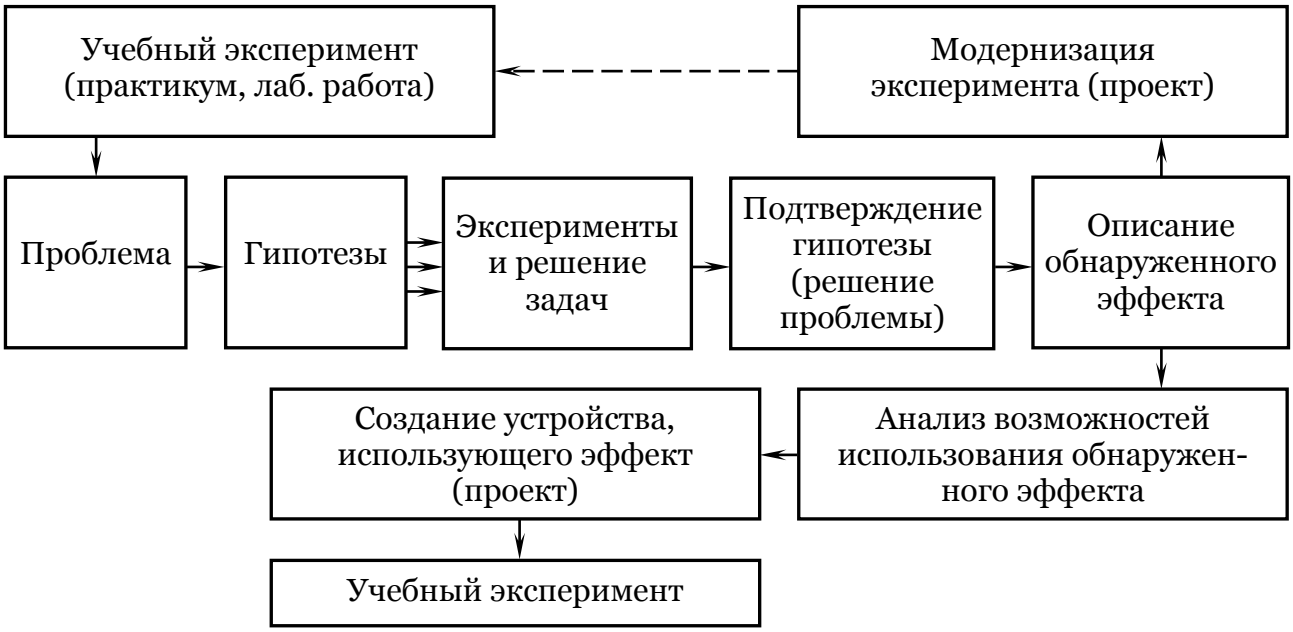


Рис. 1. *Модель взаимосвязи между практикумом и проектной деятельностью при проектно-ориентированном обучении физике*

В этот момент возникает возможность сформулировать две темы для выполнения проектов. Первой станет тема, в которой предлагается способ устранения влияния данного эффекта на результаты эксперимента и, в конечном счёте, способ практической модернизации уже имеющейся экспериментальной установки, и сама эта модернизация. Второй может стать тема, в которой обнаруженный эффект используется для создания новой полезной экспериментальной установки (прибора, технического решения узла более сложного устройства и пр.), действие которой основано на обнаруженном эффекте.

В ряде случаев, исходя из описанной модели, число проектов может быть как больше двух, при возможности реализовать конкурентные варианты модернизации или различные виды полезных применений эффекта, так и всего один в случае, когда иные варианты слишком сложны для выполнения или, наоборот, банальны и выполнимы в рамках того же практикума.

Проект выполняется под руководством педагога дополнительного образования во внеурочное время как во внеурочной деятельности в школе, так и в системе дополнительного образования. Подробные планы выполнения этих проектов, а возможно и их результаты, если они уже получены, докладываются учащимися в конце изучения на уроках соответствующего раздела физики. И планы, и результаты, таким образом, совершенно понятны всем выполнявшим работу практикума за это время. Если проект длительный, то окончательный доклад по итогам его выполнения учащиеся услышат и увидят на уроке в конце четверти, полугодия или учебного года. По итогам этого доклада они также получат оценку по предмету «Индивидуальный проект», если такая оценка требуется в данном учебном заведении. И этот доклад также будет понятен одноклассникам докладчика, изучавшим физику вместе с ним на уроках и в ходе выполнения работ внеурочного практикума.

На рис. 1 отображены три проблемы, относящиеся к описываемой модели: проблема, возникшая у учащихся при выполнении исходного эксперимента, проблема модернизации экспериментальной установки для устранения обнаруженного эффекта и проблема поиска пути возможного полезного использования обнаруженного эффекта. Первая проблема относится к реализации проблемного метода при выполнении задачи практикума, а две другие – уже к реализации самих проектов.

Если соотнести приведённую модель с описанным в литературе определением проекта как «особого способа постановки и решения проблем» [3], то можно предположить, что решение проблемы для учащихся не должно заканчиваться на этапе описания обнаруженного эффекта, а должно вести дальше к вариантам практического действия, связанного с обнаруженным эффектом. Такие варианты – это уже решение собственной, чисто проектной проблемы. Другой вопрос, что решать эту проблему будут только задействованные в выполнении проекта.

Иначе говоря, в предлагаемой методике школьный проект по физике начинается там, где появляется проблема, решение которой имеет некоторое практическое значение и реализуемо в виде конкретного объекта (проектного продукта). При этом появление этой проблемы имеет источником ситуацию, возникшую при выполнении эксперимента, который, в свою очередь, связан с соответствующими уроками физики.

Имея знания, полученные на уроках физики, и, возможно, умения, полученные в ходе выполнения различных лабораторных работ, учащиеся смогут выполнить работу практикума, оказавшись в описанной проблемной ситуации. Выполнив эту работу, учащиеся смогут использовать

для выполнения проекта помимо изученного на уроках физики также и результаты практикума, и доложить о выполнении проекта на уроке, предоставив классу новые и доступные для усвоения всем классом знания по предмету.

Литература

1. Гребенев И. В., Чупрунов Е. В., Зворыкин И. Ю. Модель проектно-ориентированного обучения физике // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2021. – № 3 (63). – С. 165–172.
2. Гребенев И. В., Зворыкин И. Ю. Проектно-ориентированное обучение в системе основного и дополнительного образования // Физика в школе. – 2021. – № 7. – С. 9–16.
3. Лазарев В. С. Новое понимание метода проектов в образовании // Проблемы современного образования. – 2011. – № 6.– С. 33–39.

Н. А. Антонова

Южно-Уральский государственный
гуманитарно-педагогический университет, Челябинск

ФОРМИРОВАНИЯ ЧИТАТЕЛЬСКОЙ ГРАМОТНОСТИ В РАМКАХ ПРЕДМЕТА «ФИЗИКА»

В статье представлен анализ опыта по исследованию использования различных методических приёмов формирования читательской грамотности при обучении физике в школе. Использование разработанных нами методических приёмов и дидактических материалов на уроках физики в течение одного учебного года позволило сформировать у обучающихся умения, лежащие в основе читательской грамотности, с коэффициентом эффективности 0,7.

Ключевые слова: читательская грамотность, читательские умения, обучение физике, тексты физического содержания, школьники.

Проблема повышения читательской грамотности школьников, студентов колледжей и вузов, возникшая вначале 90-х годов XX века, остаётся актуальной и в наши дни. Одной из целей государственной программы РФ «Развитие образования» (Постановление Правительства РФ от 26 декабря 2017 г. № 1642) является сохранение лидирующих мест в мировом рейтинге читательских способностей. Реализация этой программы опирается на планируемые результаты обучения, заложенные во ФГОС всех уровней общего образования, в том числе в области читательской грамотности.

Характерные черты читательской грамотности, проявляющиеся у обучающихся при изучении предмета «Физика», фиксируются во владении такими группами читательских умений, как:

– осуществление поиска информации; ориентирование в содержании текста, ответах на вопросы при использовании явно (неявно) заданной в тексте информации; оценивание достоверности предложенной информации;

– высказывание оценочных суждений на основе текста;

– создание собственных текстов, применение информации из текста при решении учебно-практических задач.

Анализ возможностей формирования читательской грамотности при изучении физики в основной школе [1, 2, 6] позволяет предложить обучающимся на уроке:

– работу с текстами физического содержания и задания к ним [4, 5], в частности, задание на дополнение текста словами из предложенного списка;

– участие в проектной деятельности;

– выполнения заданий с использованием электронной формы учебника (ЭФУ);

– работу с энциклопедиями [3].

В процессе нашего исследования, цель которого состоит в поиске рациональных методических подходов для формирования читательской грамотности у школьников, мы провели уроки с организацией вышеперечисленных видов работ в 8-х классах МАОУ «СОШ № 84 г. Челябинска» (с сентябрь 2020 года по май 2021 года) при изучении физики (табл. 1). Итогом стала контрольная работа, предложенная обучающимся 9-х классов – участникам педагогического эксперимента (май, 2022) результаты которой показали, что читательские умения освоены 67,14% обучающихся (табл. 2).

Табл. 1. Анализ сформированности читательской грамотности у школьников

Проверяемые результаты обучения		*Понятия*	*% полноты выполнения*		
Предметные	*Метапредметные*		*8А*	*8Б*	*8Г*
Распознавать и понимать различия между понятиями	Владение умениями строить логическое рассуждение и делать выводы на основе текстовой информации; сравнивать объекты на основе известных характерных свойств	«физические тела», «вещество», «явление» и «материя»	100	100	76
		«физическая величина» и «единица измерения»	100	100	66
Способность распознавать и объяснять на основе имеющихся знаний основные свойства или условия протекания этих явлений	Владение умениями строить логическое рассуждение и делать выводы на основе текстовой информации	Механическое движение	96	87	77
		Теплопроводность веществ	96	57	74
		Теплопередача	50	50	41
		Конвекция	77	92	69
		Туман	60	71	55
		Кристаллизация	75	50	60
		Взаимодействие зарядов	100	100	67
		Электризация тел	77	53	83
		Электрический ток	96	96	83
		Молния	60	60	41
		Электрическая дуга	60	60	56
		Магнитное поле	50	50	41
		Магнитные линии	56	56	36

Проверяемые результаты обучения		*Понятия*	*% полноты выполнения*		
Предметные	*Метапредметные*		*8А*	*8Б*	*8Г*
		Магнитное поле постоянных магнитов	50	50	41
		Источники света	88	100	73
		Отражение света	75	75	67
		Дальтонизм	56	50	36
Способность описывать изученные свойства тел и явления, используя физические величины	Владение умениями строить логическое рассуждение и делать выводы на основе текстовой информации	Скорость	80	80	73
		Сила	56	56	41
		Сила тяжести	80	80	73
		Сила упругости	80	80	67
		Механическая работа	86	80	73
		Мощность	96	100	67
		Энергия	77	77	44
		Потенциальная и кинетическая энергия	77	67	41
		Температура	91	100	94
		Количество теплоты	100	82	73
		Удельная теплота плавления	86	82	36
		Удельная теплота парообразования	91	91	52
		Удельная теплоёмкость вещества	91	65	56
		Удельная теплота сгорания топлива	82	85	67
		Электрический заряд	96	97	71
		Сила тока	96	96	83
		Напряжение	100	100	75
		Электрическое сопротивление	86	86	67
		Удельное сопротивление	72	78	67
		Работа электрического тока	78	78	67
		Мощность	78	78	64
		Оптическая сила линзы	98	98	87
Способность использовать знания о явлениях в повседневной жизни для обеспечения безопасности при обращении с приборами и техническими устройствами	Владение умениями строить логическое рассуждение и делать выводы на основе текстовой информации и информации с рисунка	Динамометр	86	96	75
		Термос	72	67	36
		Психрометр	30	78	46
		Паровая турбина	69	54	46
		Электрометр, электроскоп	62	80	58
		Амперметр	96	100	75
		Вольтметр	96	96	75
		Коллайдер	60	60	46
		Магнитная подвеска	60	60	46
Способность анализировать свойства тел, электрические явле-	Владение умениями строить логическое рассуждение и делать выводы на основе	Закон сохранения механической энергии	36	82	9
		Закон сохранения электрического заряда	60	69	75

Проверяемые результаты обучения		*Понятия*	*% полноты выполнения*		
Предметные	*Метапредметные*		*8А*	*8Б*	*8Г*
ния и процессы, используя физические законы	текстовой информации	Закон последовательного и параллельного соединения	60	60	46
		Закон преломления света	75	60	60
Умения использовать полученные знания, умения и навыки в повседневной жизни	Владение умениями строить логическое рассуждение и делать выводы на основе текстовой информации и информации с рисунка	Глаз и зрение	60	60	46
		Близорукость и дальнозоркость, очки	75	75	60

Табл. 2. Анализ диагностики читательской грамотности у школьников по результатам обучения в 9-м классе

Проверяемые знания и умения	*% выполнения*
Осуществлять поиск информации	76,7
Ориентироваться в содержании текста, отвечать на вопросы, используя явно (неявно) заданную в тексте информацию	74,3
Оценивать достоверность предложенной информации	61,2
Высказывать оценочные суждения на основе текста	62,3
Создавать собственные тексты, применять информацию из текста при решении учебно-практических задач	61,2

Учитывая, что формирование регулятивных универсальных учебных действий, в частности, самоанализа, является одним из важнейших компонентов самостоятельной учебно-познавательной деятельности обучающихся, формируемых согласно требованиям ФГОС, нами была составлена карточка самоанализа обучающимися результативности изучения предмета «Физика». Анализ заполнения карточки обучающимися, принявшими участие в нашем исследовании, представлен в табл. 3.

Табл. 3. Самоанализ результативности формирования читательской грамотности у школьников

Вопросы	*Ответы, %*		
Интересно ли было Вам осуществлять работу с заданиями к текстам физического содержания, в частности, задания с пропусками?	Да		Нет
	100		0
Пригодятся ли Вам знания, полученные при работе с текстами физического содержания, в повседневной жизни?	Да		Нет
	65		35
Испытывали ли Вы трудности при выполнении заданий к тестам физического содержания?	Да		Нет
	55		45
Скорость Вашей работы над заданиями с пропусками к текстам физического содержания по сравнению с работой над другими заданиями (например, решение задач и т. д.)…	возросла	уменьшилась	не изменилась
	40	20	40
Как Вы считаете, сформировалась ли у Вас читательская грамотность?	Да		Нет
	80		20

Вопросы	*Ответы, %*		
Какова общая удовлетворённость результативностью работы с научно-популярной информацией и выполнением заданий к текстам физического содержания?	Высокая	Средняя	Низкая
	30	50	20

Таким образом, организация учебного процесса требует увеличения числа заданий, способствующих формированию читательской грамотности у обучающихся; результаты выполнения работ показывают, что читательские умения освоены 67,14% школьников. Работа по формированию читательской грамотности позволяет создать дидактические материалы и разработать методику формирования читательской грамотности.

Литература

1. Антонова Н. А. Анализ возможности формирования читательской грамотности при обучении физике / Н. А. Антонова // Технологии в образовании-2020: сборник материалов Международной научно-методической конференции. 21–30 апреля 2020 г.; АНОО ВО Центросоюза РФ «СибУПК». – Новосибирск, 2020. – С. 347–353.

2. Антонова Н. А. Проблема формирования читательской грамотности при обучении физике / Н. А. Антонова // Инновации в образовании. – 2021. – № 1. – С. 25–38.

3. Антонова Н. А. Работа по формированию читательской грамотности в рамках дисциплины «Естествознание» у студентов колледжа / Н. А. Антонова // Технологии в образовании-2022: сборник материалов Международной научно-методической конференции. 20–24 апреля 2022 г.; АНОО ВО Центросоюза РФ «СибУПК». – Новосибирск, 2022. – С. 124–128.

4. Шефер О. Р. Использование научно-популярной информации для формирования у учащихся умения конструировать задания к текстам физического содержания / О. Р. Шефер, В. В. Шахматова, Е. П. Вихарева // Инновации в образовании. – 2014. – № 2. – С. 119–129.

5. Шефер О. Р. Тексты физического содержания как средство формирования у учащихся умения работать с научно-популярной информацией: монография / О. Р. Шефер, Е. П. Вихарева. – Челябинск: Край Ра, 2013. – 148 с.

6. Antonova N. A., Shefer O. R., Lebedeva T. N., Kraineva S. V., Belousova N. A. Analysis of Reading Literacy in Schoolchildren When Teaching Physics in The Conditions of Delayed Control // Proceedings of the 37th International Business Information Management Association (IBIMA), 30-31 May 2021, Cordoba, Spain. – P. 8689–8694.

II. МОДЕЛИ В МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ КАК НАУКЕ

В. В. Майер, Е. И. Вараксина
Глазовский государственный педагогический институт имени В.Г. Короленко

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШКОЛЬНОГО УЧИТЕЛЯ ФИЗИКИ

На конкретном примере раскрыто содержание деятельности моделирования и экспериментирования при подготовке школьного учителя к уроку физики.

Ключевые слова: моделирование и экспериментирование, школьный учитель, урок физики, деятельность подготовки, плоский конденсатор.

Юрию Аркадьевичу Саурову,
учителю и другу, посвящается

1. Введение. В. Г. Разумовский, используя мысли А. Эйнштейна о сущности научного познания, доказал, что эффективная познавательная деятельность обучающихся при изучении физики в школе носит циклический характер и может быть представлена удобной для усвоения схемой: факты → модель → следствия → эксперимент [1]. Подробные исследования различных аспектов методологии дидактики физики выполнены Ю. А. Сауровым. Они, в частности, показывают, что одно из следствий познавательного цикла Разумовского может быть сформулировано так: основными видами учебной деятельности субъектов физического образования в современной школе должны быть моделирование и экспериментирование [2–4].

Однако школьная практика бесконечно далека от дидактической теории. Формально физический эксперимент в учебниках и на уроках, разумеется, есть. Но под экспериментом в обучении обычно понимается более или менее зрелищная иллюстрация, оживляющая речь учителя или текст учебника. К сожалению, ушло со сцены поколение тех энтузиастов, которые считали своей личной обязанностью постоянное совершенствование учебного физического эксперимента для урочной и внеурочной деятельности учителя и его учеников.

В этой работе на конкретном примере раскрыто наше понимание теоретического моделирования и натурного экспериментирования при подготовке учителя физики к школьному уроку.

2. Проблема изучения конденсатора на уроке физики. Сформулируем эту проблему следующим образом: на каком уровне в современной школе нужно изучать плоский конденсатор?

В учебнике физики для 8-го класса вводится понятие конденсатора и описана серия качественных опытов, показывающих, что ёмкость плоского конденсатора прямо пропорциональна площади его пластин, обратно пропорциональна расстоянию между пластинами и увеличивается при введении между пластинами диэлектрика [5, с. 149–154].

В учебнике физики для 10-го класса без вывода приводится формула $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$ (1), которая используется в многочисленных задачах, и читателям предлагается учебные опыты с конденсатором выполнить самостоятельно [6, с. 321–324].

Если в обучении ограничиться сведениями из школьных учебников, то ничего особенного делать не нужно. Учителю достаточно внимательно прочитать соответствующие параграфы и в том или ином виде воспроизвести их содержание на уроках.

Мы, однако, исходим из того, что при изучении физики в школе обучающиеся должны получить, помимо прочего, *убедительное экспериментальное доказательство* справедливости формулы (1). Рассмотрим подготовку учителя к уроку, на котором поставленная задача может быть решена.

3. Теоретическое моделирование. Для экспериментального обоснования формулы (1) необходимо использовать определение ёмкости конденсатора: $C = \frac{q}{U}$ (2). Измерив заряд конденсатора q и напряжение U на нём, можно вычислить ёмкость C. Это позволит определить зависимость ёмкости конденсатора от всех величин, входящих в формулу (1).

Но в школе есть только один электроизмерительный прибор, который предназначен для демонстрационных опытов по электростатике – это электрометр. Его можно превратить в вольтметр, если отградуировать шкалу этого прибора в вольтах. Измерение ёмкости электрометра подходящим мультиметром позволяет произвести градуировку той же самой шкалы прибора в кулонах [7]. Итак, один и тот же прибор в принципе можно использовать как измеритель напряжения, так и заряда. Но не получим ли мы порочный круг, когда одна физическая величина определяется через вторую, а вторая – через первую?

В опытах электрометр, внутреннее сопротивление которого бесконечно велико, должен быть подключён к заряженному конденсатору. Эта система с окружающими телами электрически не взаимодействует, поэтому может считаться замкнутой. По закону сохранения заряда в замкнутой системе заряд не изменяется. Значит, заряд q из формулы (2) можно исключить и для обоснования формулы (1) достаточно в серии опытов показать, что выполняется соотношение: $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d} \sim \frac{1}{U}$ (3).

Вывод: формула (1) получит экспериментальное обоснование, если на опыте школьники убедятся, что уменьшение площади S пластин заряженного конденсатора и увеличение расстояния d между ними ведёт к пропорциональному росту напряжения U между пластинами, а введение в конденсатор диэлектрика уменьшает это напряжение пропорционально его диэлектрической проницаемости ε·

4. Натурное экспериментирование. Соберём демонстрационные установки в соответствии с рекомендациями учебника [5]. Для этого используем школьный разборный конденсатор с круглыми пластинами диаметром $D = 23$ см и установим их в штативах вертикально на расстоянии $d = 1$ см друг от друга. При выполнении опытов обнаруживается следующее.

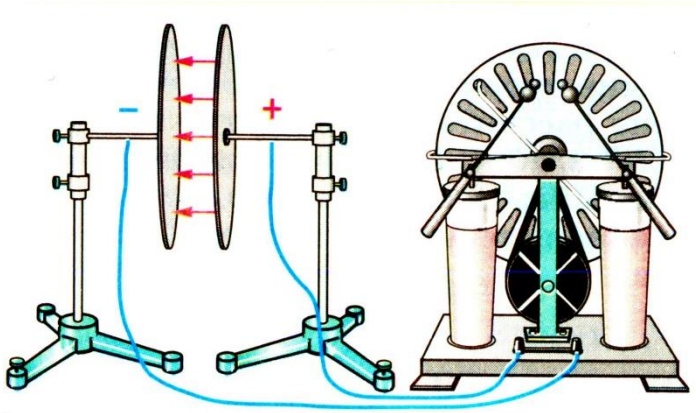
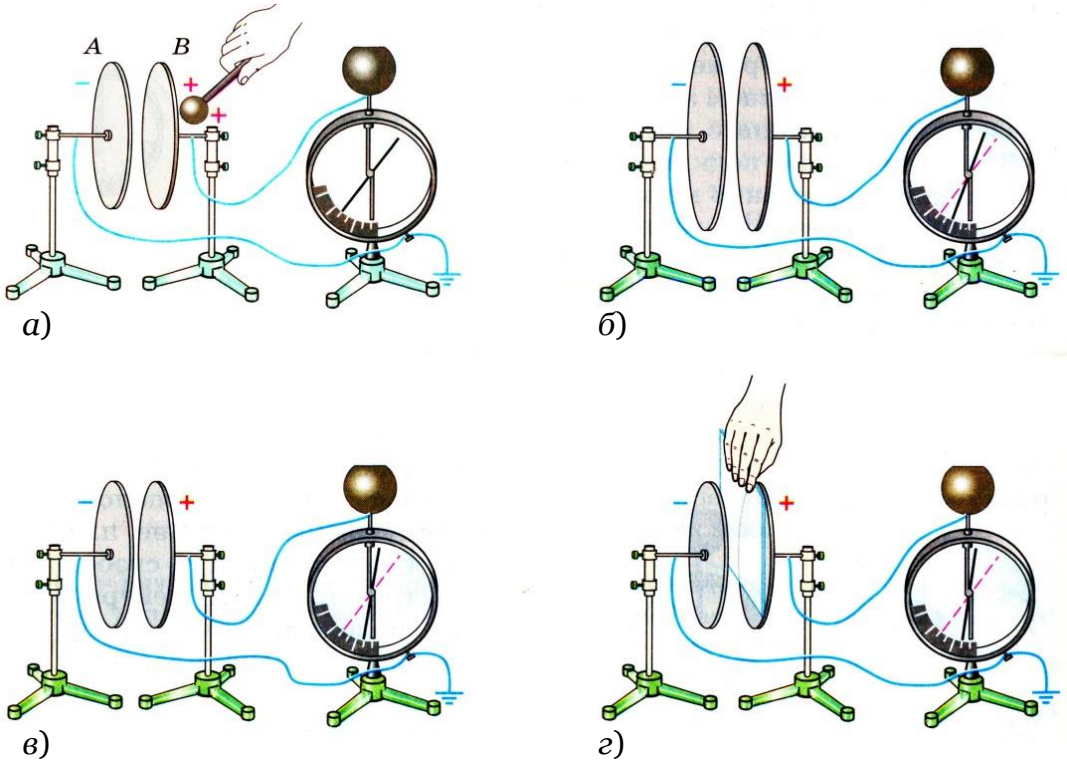


Рис. 1

1) Установка, изображённая на рис. 1, неработоспособна, так как в ней демонстрационный конденсатор замкнут накоротко металлической перемычкой между лейденскими банками электрофорной машины [5, с. 150].



а) *б*) *в*) *г*)

Рис. 2

2) В установке, показанной на рис. 2 а, заряд сообщается конденсатору прикосновением «наэлектризованным шаром» к внешней стороне обкладки конденсатора. Однако в опытах обнаруживается, что однократное прикосновение металлическим шаром диаметром 25 мм, заряженным даже от электрофорной машины до потенциала примерно 25 кВ, не приводит к отклонению стрелки электрометра. Это и понятно, так как на стержне электрометра находится шар диаметром 100 мм, поэтому ёмкость электрометра сравнительно велика. Измерения мультиметром типа *DT9208A* дают следующие значения: $C_1 = 40$ пФ – ёмкость демонстрационного конденсатора указанных выше параметров;

C_2 = 7 пФ – ёмкость электрометра без шара; C_3 = 19 пФ – ёмкость электрометра с шаром.

3) В установке, показанной на рис. 2 б, пластины конденсатора заменены другими, большего диаметра. Даже если это удастся сделать на уроке, то сравнение с исходным конденсатором (рис. 2 а) станет невозможным.

4) Проверка показывает, что заземлять корпус электрометра, как это изображено на рис. 2, не нужно.

5) Закреплённые в штативах вертикально пластины конденсатора (рис. 2) трудно установить параллельно на определённом расстоянии и сдвигать одну относительно другой поступательно. Поэтому убедительность демонстрационных опытов на такой установке невелика.

6) Если расстояние между пластинами конденсатора значительно больше толщины вводимого между ними диэлектрика (рис. 2 г), то ёмкость конденсатора практически не изменяется.

Обнаруженные в натурном эксперименте недостатки демонстрационной установки и техники выполнения опытов приводят к мысли использовать электрометр, отградуированный по заряду и напряжению [7], повернуть конденсатор из вертикального положения в горизонтальное, расстояние между его пластинами изменять дискретно одинаковыми по толщине изолирующими прокладками и зарядку конденсатора производить посредством электрофора.

Демонстрационная установка и необходимые для выполнения опытов принадлежности показаны на рис. 3: *1* – демонстрационный конденсатор, пластины которого расположены горизонтально; *2* – демонстрационный электрометр, подключённый параллельно конденсатору; *3* – электрофор, состоящий из пластины изолона и меха; *4* – лист стекла; *5* – изолирующие прокладки из винипласта одинаковой толщины. Экспериментальная проверка этой установки показывает, что в ней устранены все обнаруженные при подготовке недостатки опытов, описанных в учебнике [5]. Если предварительно проведена градуировка электрометра по напряжению и заряду, то эта установка позволяет

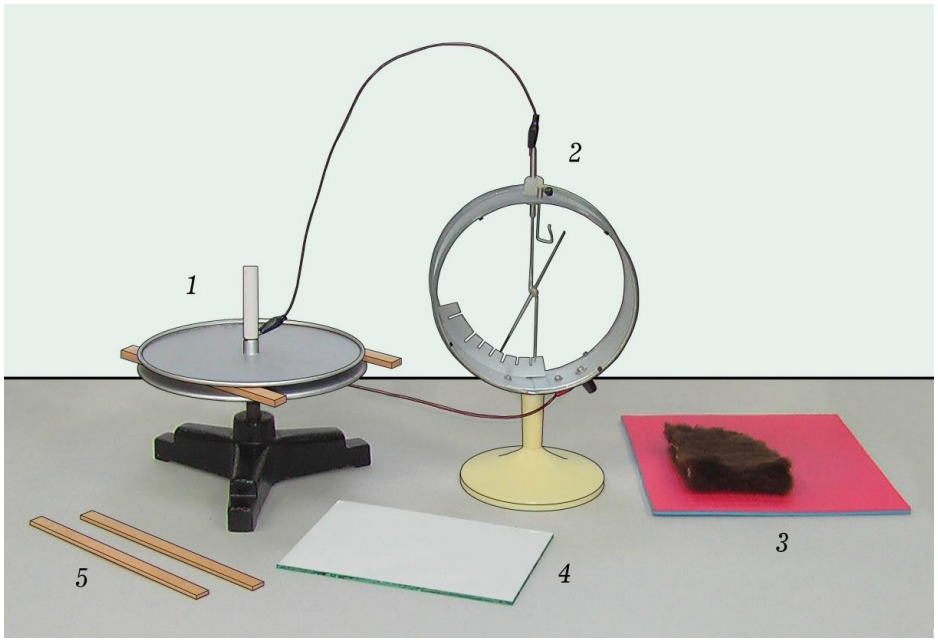


Рис. 3

быстро решить проблему экспериментального обоснования формулы плоского конденсатора (1) на школьном уроке.

5. Заключение. Фундаментальные исследования деятельности субъектов физического образования в учебно-воспитательном процессе средней школы, выполненные В. Г. Разумовским и Ю. А. Сауровым, обозначают стратегическое направление, в котором должно идти решение конкретных проблем современной дидактики физики. Удачное решение даже небольшой проблемы – это шаг в нужную сторону на том пути, который необходимо пройти, если мы хотим получить любознательное, умное, честное и деятельное поколение.

Литература

1. Разумовский В. Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике: пособ. для учителей. – М.: Просвещение, 1975. – 272 с.

2. Сауров Ю. А. Вопросы методологии и содержание физического смысла в обучении // Учебная физика. – 2018. – № 2. – С. 47–63.

3. Сауров Ю. А. Актуальный дидактический потенциал методологии деятельности в методике обучения физике // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 33. – М.: ИСРО РАО, 2021. – С. 5–6.

4. Сауров Ю. А. Об идеях реформирования школьного физического образования // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 35. – М.: ИСРО РАО, 2022. – С. 3–5.

5. Перышкин А. В. Физика. 8 класс: учебник / А. В. Перышкин. – М.: Дрофа, 2019. – 240 с.

6. Мякишев Г. Я. Физика. 10 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. – М.: Просвещение, 2016. – 416 с.

7. Майер В. В., Вараксина Е. И. Школьный демонстрационный электрометр как электроизмерительный прибор // Учебная физика. – 2016. – № 4. – С. 15–21.

Д. В. Перевощиков

Вятский государственный университет

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РЕСУРС УСВОЕНИЯ ШКОЛЬНИКАМИ НАУЧНОГО МЕТОДА ПОЗНАНИЯ

В статье рассматриваются вопросы современного использования учебной деятельности моделирования при обучении физике, связанные с компетенциями по освоению научного метода познания, а также соответствующие методологические и содержательные смыслы моделирования в контексте освоения научного метода познания.

Ключевые слова: методология познания, обучение физике, деятельность моделирования, научный метод познания.

Физика сочетает в себе результат знания и процесс научного познания, что имеет фундаментальное дидактическое значение для обучения. В современной школьной физике овладение школьниками *научным методом познания* окружающей действительности (получившем в физике признание благодаря идеям Г. Галилея и А. Эйнштейна) несёт глубокий образовательный и развивающий потенциал, накладывает

значимый отпечаток на весь образовательном процесс, задаёт высокий научный уровень обучения. А с точки зрения методологии является обоснованным фактором эффективности.

В обучении физике для управления деятельностью по освоению научного метода познания на помощь приходит логическая ориентировка в виде схемы «факты – модель – следствие – эксперимент» (В. Г. Разумовский, [8]). Познавательная логика в таком виде нацеливает на изучение основ науки, на процесс познания природы научным методом через востребованные методологические ориентировки деятельности в форме устойчивых универсальных учебных действий моделирования и экспериментирования. Механизм схемы соответствует актуальной для физического образования деятельностной парадигме. Такой подход, в дополнение к традиционному накоплению знаний, создаёт оптимальные условия для последовательного развития каждым школьником всех необходимых базовых учебных умений и навыков, возможность связать теорию с практикой, а для методики обучения физике – изменить подходы к учебной деятельности.

Научный метод познания тесно связан *с моделированием*. Отчётливое осознание модельного характера познания окружающей природы, описываемого с помощью разнообразных языковых средств разными моделями, является принципиальным моментом современного развития школьной физики и оценивается как «стратегическая задача», однако, «здесь ещё много даже не сформулированных проблем» [12, с. 11, 17]. «Отношение к моделям в методике обучения физике, определяет целый этап в развитии этой науки. И он пока «на должном уровне для прикладной науки в теории не разработан», в частности, деятельность моделирования в контексте освоения научного метода познания [13, с. 8]. В широкой школьной практике обучения физике работа с моделями используется. Но чаще всего не соотносится с научным методом познания (логикой, содержанием, циклом познания). Знание о содержании и характере моделирования, об особенностях применения моделей в экспериментальной учебной деятельности по логике научного метода познания пока слабо распространено. Отсюда не формируется стиль научного мышления работы с моделями. Это одна из центральных проблем введения моделей, тесно связанная с актуальной проблемой широкого освоения научного метода познания в практике обучения физике.

Посмотрим на разные виды учебной деятельности, и в качестве примера обратим внимание на востребованную и распространённую на сегодня учебную проектную деятельность, которая выступает неотъемлемой частью современного образовательного процесса и одним из средств повышения его качества по ФГОС СОО.

Несомненно, потенциал использования научного метода познания в виде усвоения процессов моделирования в проектной деятельности значителен [4, с. 124]. Концепция преподавания физики – документ, направляющий на совершенствование преподавания, выделяет освое-

ние учащимися научного метода познания при разнообразных видах учебной деятельности в качестве одной из современных и востребованных целей обучения [1]. Поэтому взгляд на учебную деятельность моделирования как выразителя методологических знаний, связанных с компетенциями по освоению учебного метода познания, положительно скажется на преобразовательных изменениях в обучении физике.

Методологические смыслы деятельности моделирования, связанные с освоением научного метода познания

– С дидактической точки зрения моделирование выступает как частный ***принцип-правило дидактики физики*** [11, с. 13–14]. Во-первых, в этом качестве и по своей познавательной природе (как все принципы обучения) он несёт теоретическое обобщение. При этом в зависимости от конкретной цели или определённой задачи (освоение разных видов учебной деятельности, построение методики и т. д.) имеет основное или дополнительное, вспомогательное значение. В нашем случае цель – освоение научного метода познания. По ресурсу использования принцип моделирования непосредственно связан с «системой принципов» дидактики физики: принципом цикличности для организации освоения научного метода познания, принципом различения реальности и описаний, связи теории с практикой и др. [11, с. 14] Такая система принципов (общих по задачам и целям) способна продуктивно задавать «некую онтологию образовательной реальности, на основе которой можно строить технологии» [16, с. 172], частные методики.

– Безусловно, понятия «модель» и «деятельность моделирования» исходно следует оценивать как устойчивые образования, как ***инвариант***. Фундаментальные модели нужно относить к «методологическим инвариантам» – «инвариантам знаний и деятельности уровня мегаобобщения» [16, с. 172]. Как инвариант деятельности, моделирование может «регулировать разные аспекты: онтологические представления, структуру и содержание, процессы» [16, с. 172]. Так же, как в случае согласования принципов познания, идея инвариантности позволяет согласовать инвариантные теоретические знания (к которым относится и научный метод познания), а также объединить разные по содержанию методические средства моделирования (инструментальные, языковые, компьютерные и пр.) с методическими схемами научного метода познания (полными и сокращёнными [4, 5, 14]). Таким образом, для организации устойчивого образовательного процесса моделирование как инвариант способно обеспечить построение современных разнообразных методик, которые в итоге формируют практику освоения научного метода познания.

– Содержательно моделирование находится в непосредственном соотношении с общей ориентировкой научного метода познания как один из конкретных ***познавательных этапов*** логики цикла познания. В. Г. Разумовский упоминал о «посреднической роли» моделей в научном познании [8, с. 67]. И в то же время, очевидно, что моделирование может рассматриваться и использоваться, как независимый и ***самостоя-***

тельный процесс познания. Это достаточно интересный и ёмкий биполярный аспект моделирования в отношении метода познания (в сочетании и тесной взаимосвязи общего и частного) – познавательный для практики обучения. В. Г. Разумовский в разработанной концепции познавательной и творческой самостоятельности учащихся на основе научного метода познания («факты – модель – следствие – эксперимент») писал: «Главное в методе и общее состоит в его неразрывной связи общего и конкретного… Это общее проявляется… (и это главное!) в каждом звене в отдельности» (В. Г. Разумовский, письмо от 03.01.2017) [17].

– Моделирование можно охарактеризовать как одно из ***методических или инструментальных средств*** реализации современной актуальной образовательной задачи освоения учащимися логики, содержания и умений научного метода познания, поскольку модель всегда выступает в качестве средства познания – восприятия, изучения и исследования объектов и явлений окружающего мира. В. А. Штофф, описывая роль модели в познании, отмечал, что она не только является «объектом изучения (поскольку она замещает другой, подлинный (объект)», но и «средством познания этого объекта» [19, с. 97]. Более точно, модель выступает как «инструментальное средство познания» [7, с. 2].

– Следовательно, принципиально и продуктивно для практики обучения то, что учебную деятельность моделирования следует расценивать как одно из условий, обеспечивающих ***деятельностный, познавательный и творческий характер познания*** (для методики обучения физике наибольший интерес представляет деятельностная функция методологии). Сами знания в широком смысле всегда определяются как результат деятельности, поэтому – вторичны [3, с. 23]. Для успешного обучения требуется не только сообщать учащимся готовые знания, но и формировать у них системы познавательных умений и навыков (в нашем случае навыков и умений моделирования) (А. В. Усова) [18]. Моделирование как принцип – всегда *правило-норма для построения деятельности* (и учебной, и познавательной) [16, с. 172].

– Осмысление места моделирования при обучении физике ***как ведущей учебной деятельности*** наряду с экспериментированием, в ракурсе освоения научного метода познания и его умений становится все более значимым. В методологическом отношении сделаем упор на теоретико-методической идее *согласования* учебных деятельностей моделирования и экспериментирования под цель освоения научного метода познания [4, с. 71]. Специалисты оценивают экспериментирование и моделирование как «стратегический ресурс развития физического образования» [9, с. 113], как «инструмент решения перспективных задач совершенствования обучения физике в школе» [9, с. 3], как «вектор методического движения» [2, с. 9]. Опираемся на авторитетное мнение учёных: «Без деятельности экспериментирования невозможно представить освоение метода научного познания» [9, с. 90]. В. Г. Разумовский «на протя-

жении многих лет устно и письменно признавал эту рукотворную реальность физического образования. Все остальные ресурсы объединяются вокруг этих реальностей или их конкретизируют, обеспечивают, характеризуют» [2, с. 8].

Для практики обучения моделированию заслуживают отдельного пристального методического внимания и рассмотрения вопросы, касающиеся экспериментирования с моделями на этапе исследования моделей.

– Содержательно-углублённо моделирование в деятельности раскрывается ***как производная мышления***. Среди множества факторов, характеризующих научный метод познания окружающего мира, В. Г. Разумовский всегда выделял развитие интуитивного творческого мышления наряду с логическим мышлением [8, с. 91]. В учебном моделировании с увязкой к освоению метода познания, мыслительной деятельности, творческому физическому мышлению в форме деятельности принадлежит особая – ведущая роль. Когда происходит «интериоризация – преобразование структуры внешней предметной деятельности школьника во внутренний план его сознания», это можно рассматривать как «первый, начальный этап познания явления» [8, с. 94]. Далее осмысливаются и осваиваются содержательные познавательные переходы «реальность – модель – реальность». В. Г. Разумовский описывал их как «критические точки творческого цикла (познания)» [13, с. 4]. В таком соотношении осваивается важнейшая для процесса моделирования деятельность согласования и различения реальности (объектов, явлений) и их описания (модели). В целом подобная деятельность хорошо нормирует логику научного метода познания.

Разнообразны подходы специалистов: идеи для построения технологии формирования физического мышления через организацию деятельности моделирования (М. П. Уварова) [6]; вопросы развёртывания и формирования фундаментального понятия–категории «экспериментальное мышление» (В. В. Майер, Ю. А. Сауров) [15, с. 47]; размышления о «знаковом мышлении» [7]; методическая реализация структуры мысленного моделирования и соответствующая схема-модель методики освоения научного метода познания [4, с. 108, 111–113]; опыт виртуального моделирования физических процессов (Р. В. Майер).

Заключение. Представленные теоретико-методологические позиции формируют углублённый взгляд на деятельность моделирования с перспективой усвоения научного метода познания (логики, этапов, структурных элементов и их содержания), создают предпосылки более полного раскрытия дидактически мощного потенциала моделирования, стимулируют направленность развития умений моделирования на владение научным методом познания. Что, в конечном счёте, приведёт к новым качественным образовательным результатам: формированию у школьников старшей школы опыта экспериментирующего мышления, основ методологической культуры по ФГОС и дальнейшему росту «естественнонаучной грамотности» (PISA-2021) [10].

Литература

1. Концепция преподавания учебного предмета «Физика» в образовательных организациях Российской Федерации, реализующих основные общеобразовательные программы. Документ принят: 03 декабря 2019.

2. Майер В. В., Сауров Ю. А. Духовное завещание – программа профессора В. Г. Разумовского // Учебная физика. – 2017. – № 1. – С. 3–23.

3. Орлов В. А., Сауров Ю. А. Проблема использования современной методологии познания для развития физического образования // Физика в школе. – 2011. – № 7. – С. 23.

4. Перевощиков Д. В. Освоение научного метода познания при организации межпредметных связей физики с астрономией: дис. … канд. пед. наук – Челябинск: ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет», 2020. – 244 с.

5. Позолотина М. П. Методика освоения норм физического мышления учащимися основной школы в условиях дополнительного дистанционного образования: дис. … канд. пед. наук. – Челябинск: ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет», 2018. – 159 с.

6. Позолотина М. П. О формировании физического мышления средствами моделирования / «Модели и моделирование в методике обучения физике». Материалы докладов …. – Киров: ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС», 2019. – С. 82–87.

7. Разумовский В. Г., Сауров Ю. А., Синенко В. Я. Деятельность моделирования как фундаментальная учебная деятельность// Сибирский учитель. – 2013. – № 2. – С. 5–16.

8. Разумовский В. Г. Проблемы теории и практики школьного физического образования: избранные научные статьи; сост. Ю. А. Сауров. – М.: Изд-во РАО, 2016. – 196 с.

9. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Майер В. В., Сауров Ю. А. Стратегическое проектирование развития физического образования: монография – Киров: ИРО Кировской области, 2012. – 179 с.

10. Результаты общероссийской оценки по модели PISA-2021. – ФГБУ ФИОКО, 2022.

11. Сауров Ю. А. Методика обучения физике: поиски смыслов – люди и идеи… Вопросы науковедения: монография. – Киров: Кировская областная типография, 2017. – 356 с.

12. Сауров Ю. А. Модели и моделирование в методике обучения физике: логико-методологические поиски: монография. – Киров: ООО «Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. – 216 с.

13. Сауров Ю. А. Модели в научном творчестве В. Г. Разумовского // Модели и моделирование в методике обучения физике: Материалы докладов VIII всероссийской научно-теоретической конференции. – Киров: ООО «Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2019. – С. 8.

14. Сауров Ю. А., Гридина К. И. и др. Задачи по физике с методологическим содержанием: Пособие для учителей / под ред. Ю. А. Саурова. – Киров, 2000. – 66 с.

15. Сауров Ю. А., Майер В. В. Экспериментальное мышление: смыслы – ценности, черты, технология формирования // Учебная физика. – 2018. – № 4. – С. 45–65.

16. Сауров Ю. А., Перевощиков Д. В., Уварова М. П. Язык инвариантов как инструмент построения методики в дидактике физики // Вестник Томского государственного университета. – 2020. – № 451. –С. 170–178. Doi:10.17223/15617793/451/23.

17. Сауров Ю. А., Петрова Е. Б. Мысли об учителях физики нового поколения // Физика в школе. – 2018. – № 4. – С. 4.

18. Усова А. В. Формирование учебно-познавательных умений // Учебно–методическая газета «Физика», 2006. – № 16. – Режим доступа: https://fiz.1sept.ru/article.php?ID=200601602.

19. Штофф В. А. Моделирование и философия. – М.; Л.: Наука, 1966. – 147 с.

М. П. Уварова
Вятский государственный университет

О ПРОБЛЕМЕ ПОСТРОЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛИ СОВРЕМЕННОГО УЧИТЕЛЯ ФИЗИКИ

Обозначена проблема построения модели современного учителя физики как средства изучения, развития и совершенствования высшего и среднего физического образования.

Ключевые слова: дидактическая модель, учитель физики, физическое образование.

О необходимости построения модели современного учителя физики. В период постоянного реформирования среднего и высшего образования, введения ФГОС новых поколений требуется, с одной стороны, сохранение традиций в подготовке учителей физики, с другой стороны, не формальное, а качественное изменение ряда составляющих образовательного процесса студентов с учётом реалий современного мира.

На практике существует множество противоречий между готовностью студентов к профессиональному становлению и организацией учебного процесса в вузе, между потребностями учителей в повышении квалификации и уровнем организации подобных курсов, между потребностью общества в квалифицированных учителях физики и недостаточным количеством эффективных программ их подготовки и переподготовки. Одной из причин возникновения этих противоречий является недостаточная проработка системного подхода к процессам подготовки и развития учителей в целом, отсутствие модели современного учителя физики. Внимание к выработке концепции обучения педагогов усиливается и на уровне Российской академии образования: в марте 2022 года началось масштабное исследование «Портрет современного студента – будущего педагога» [1]. Однако требуются системные, фундаментальные исследования.

Идеи научно-теоретических и практических поисков. Без выработки концепции обучения учителей многие проводимые «модернизации» являются стихийными, неэффективными, оторванными от реальных потребностей практики. Обозначим ряд возможных направлений теоретической и практической работы методистов.

1. Поиск стержневой идеи для построения модели современного учителя физики. Существует достаточно большое количество исследований данного вопроса. Например, определены составляющие структуры модели специалиста (общекультурный, психолого-педагогический, предметно-специфический, методический блоки) [2], составляющие структуры педагогического профессионализма преподавателя (профессиональная позиция преподавателя, профессиональная компетентность: научно-теоретическая, методическая, психолого-педагогическая) [3] и др. Но стоит отметить, что лишь в некоторых исследованиях делается акцент на комплексной проработке всех составляющих подготовки спе-

циалистов, в основном большее внимание уделяется каким-то определённым аспектам. При этом исследованию запроса на повышение квалификации уже действующих учителей физики уделяются единицы работ. Всё это указывает на необходимость разработки ключевой линии становления, функционирования и развития учителей, в рамках которой будет строиться не только вузовское образование, но и постдипломное сопровождение учителя.

На данный момент одним из перспективных исследований в этой области является *программа формирования методологической культуры* всех субъектов образования [4]. Методологическая культура в области физического образования предполагает освоение опыта отношения к естественнонаучному познанию, отношения к собственно методическому и исследовательскому познанию самого учителя, освоение различных норм деятельности, опыта творческой деятельности, то есть данное понятие носит комплексный характер. Концепция, модели, имеющие в своём ядре принципы данной программы, могут быть уточнены на разных уровнях и будут охватывать различные области деятельности субъектов образования, то есть образуют стройную систему.

В зависимости от целей и задач в основу ядра концепции также могут быть заложены представления о формировании *профессионального мышления учителя*, представляющего собой единство физического, научно-исследовательского, методического мышлений. Ориентация на формирование именно мышления, а не сообщение студентам совокупности знаний, позволяет сформировать учителя, имеющего хорошую методологическую, предметную и методическую подготовку, сформированную научную картину мира, способность к непрерывному профессиональному росту и развитию.

Вопрос разработки стержневой идеи подготовки учителя остаётся открытым. Требуется серьёзная коллективная работа методистов и учителей, которая будет опираться и на уже имеющиеся достижения методологии, дидактики и других наук, и на анализ реальной практики подготовки и работы учителя физики.

2. Исследование практики обучения студентов и коррекция учебных планов. Исследование практики обучения учителей позволит не только накопить эмпирический материал для анализа при построении модели учителя физики, но и может выявить необходимость корректировки учебных планов.

Приведём пример. Был проведён опрос студентов первого и второго курсов, изучающих общую физику в вузе (табл. 1). Как мы видим, вне зависимости от того, сдавали студенты ЕГЭ по физике или нет, они испытывают затруднения при изучении физики в вузе, и им требуется дополнительная помощь. Однако, учебный план не предусматривает каких-либо дополнительных курсов по освоению элементарной физики даже в форме факультативов. В итоге проблемы накапливаются, и курсы общей и теоретической физики осваиваются неэффективно.

Табл. 1. *Фрагмент результатов опроса студентов 1 и 2-го курсов, изучающих курс общей физики*

Вопрос анкеты	*Сдавали ЕГЭ по физике (206 чел.), %*	*Не сдавали ЕГЭ по физике (124 чел.), %*
1. С какими трудностями Вы сталкиваетесь при изучении физики?		
А) Не могу запомнить теоретический материал	38	34
Б) Не умею решать задачи по физике (не знаю методы решений и др.)	37	54
В) Не знаю формулы, не умею выражать из формулы искомые величины	26	25
Г) Не помню основные школьные знания – понятия, законы и др.	23	42
Д) Изучение физики не вызывает трудностей	22	6
2. Требуется ли Вам дополнительная помощь при изучении физики?		
А) Да	46	60
Б) Нет	31	17
В) Затрудняюсь ответить	23	23

3. Отбор содержания и разработка методического обеспечения учебного процесса. С учётом построенной модели современного учителя физики потребуется отбор содержания образования и подбор методов и средств организации деятельности студентов по его освоению. Например, на занятиях по философии полезно со студентами рассматривать материал, связанный с развитием методологии, истории физики, что позволит формировать научную картину мира, повысит мотивацию студентов. Так, законы диалектики можно изучить на материале раздела физики, в частности, механики. Это вовлечёт студентов в активную мыслительную и познавательную деятельность, будет способствовать восприятию всех изучаемых дисциплин как необходимых составляющих единого образовательного процесса.

В ходе вузовского обучения наряду с методическими умениями у учителя должно продолжаться формирование физического мышления. Для этого важно в нужной логике строить лекции не только методических дисциплин, но и лекции по физике. Например, с точки зрения организации мышления и передачи опыта проведения занятий по физике, в школе эффективной будет являться следующая логика построения лекций:

– выделение изучаемых объектов, классов явлений;

– постановка проблемы, её обсуждение, формулирование гипотезы;

– построение или выбор моделей объектов и явлений, работа с ними;

– теоретический вывод и обсуждение полученного результата;

– экспериментальная проверка результата;

– обсуждение вопросов применения знаний, формулировка итогов.

Также в зависимости от темы и логики работы на занятии важно включать элементы истории физики, чтобы у студентов не было ощущения работы с готовым материалом, чтобы они видели процессы становления и развития физической мысли [5].

4. Построение инвариантов–норм профессиональной деятельности учителей для их технологичного и эффективного освоения при обучении. Зачастую молодые учителя испытывают трудности на всех этапах деятельности преподавания: подготовительном, этапе реализации учебного процесса и подведения итогов. Освоение студентами норм, ориентировок и инвариантов организации учебной деятельности позволит решить эту проблему и будет способствовать развитию творчества учителя физики.

Также в условиях ограничения количества аудиторных занятий требуется поиск эффективных инструментов организации деятельности студентов, методик проведения занятий. С этой точки зрения эффективным является проведение ряда семинарских занятий по методике обучения физике в формате WorldSkills Russia. Технология проведения таких семинаров предполагает: активную домашнюю работу по подготовке фрагмента урока, проведение этого урока на занятии, при этом одногруппники играют роль учащихся, последующее обсуждение урока и его оценка одногруппниками по известным критериям. Занятия такого формата активизируют самостоятельную работу студентов, позволяют им отработать необходимые навыки в комфортной учебной обстановке, получить оценку своей деятельности, отзывы коллег. Всё это способствует развитию методической культуры студентов и рефлексии, освоению инвариантов профессиональной деятельности.

Таким образом, требуется объединение усилий исследователей, преподавателей, учителей и методистов для поиска эффективных научно обоснованных и методически проработанных решений по подготовке современных учителей физики, разработке такой модели учителя, которая бы отвечала не только запросам настоящего времени, но и могла «предсказать» потребности ближайшего будущего.

Литература

1. В России будет создан «Портрет будущего педагога» [Электронный ресурс]: https://na.ria.ru/20220322/portret_buduschego_pedagoga-1779413836.html.

2. Земцова В. И. Теоретические основы методической подготовки учителя физики: дис. … д-ра. пед. наук. – СПб, 1995. – 309 с.

3. Гребенев И. В. Формирование педагогического профессионализма преподавателей в условиях классического университета (На материале подготовки преподавателей физики): автореф. дис. … д-ра. пед. наук. – Н. Новгород, 2008. – 50 с.

4. Коханов К. А., Сауров Ю. А. Методология функционирования и развития школьного физического образования: монография. – Киров: Изд-во ООО Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2012. – 326 с.

5. Иванов М. Г. Физика как способ размышлять. – СПб: Образовательные проекты, 2020. – 656 с.

В. В. Голикова
Гимназия №46 города Кирова

О ПОСТРОЕНИИ СХЕМЫ-МОДЕЛИ ПРОВЕДЕНИЯ ОБОБЩАЮЩЕ-ПОВТОРИТЕЛЬНЫХ УРОКОВ ФИЗИКИ В ОСНОВНОЙ И СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

В статье представлена схема-модель методики организации обобщающе-повторительных уроков физики в основной и средней школе, отражающая ключевые представления о проведении такого типа уроков в соответствии с возрастными особенностями учащихся, наиболее интересного им вида деятельности и уровней изучения материала.

Ключевые слова: обобщающе-повторительный урок, схема-модель, урок физики, основная школа, средняя школа, возрастные особенности.

Школьный курс физики является системообразующим для естественнонаучных учебных предметов, потому как физические законы лежат в основе содержания курсов других школьных предметов. Поэтому от качества преподавания физики зависит уровень владения учеником знаниями из естественных наук. Анализ практики обучения показывает, что имеются трудности в усвоении школьниками курса физики. Это связано со снижением мотивации к обучению в подростковом возрасте, а также с наличием в курсе физики сложного и абстрактного материала, требующего напряжения интеллектуальных способностей учащихся. Именно поэтому в обучении особую роль играет поддержание познавательного интереса, а также выбор форм и методов организации деятельности учащихся.

При обучении физике одним из важнейших условий для осознанного и глубокого усвоения материала является систематизация и обобщение знаний учащихся. Одной из форм занятий, на которых осуществляется систематизация материала, является обобщающе-повторительный урок. Однако, на практике зачастую учителя пренебрегают проведением таких уроков, заменяя их уроками решения задач, на которых не происходит обобщения пройденного материала. В результате знания учащихся оказываются отрывочными, несистемными, поверхностными.

В ходе анализа психолого-педагогической литературы, а также нашего педагогического опыта были выделены основные факторы, которые необходимо учитывать при планировании таких уроков:

1) возрастные особенности учащихся,

2) особенности предметного материала,

3) наиболее интересный для учащихся вид деятельности.

Кратко охарактеризуем эти факторы. Школьный курс физики делится на основную (7–9-е классы) и среднюю (10–11-е классы) школы. Основными характеристиками возраста, соответствующего основной школе, являются развитие творческих, организаторских способностей, фантазии, а также возникновение желания самоутвердиться и завоевать авторитет перед сверстниками [2]. В основной школе формируется фундамент, на основании которого в дальнейшем учащиеся будут изучать более сложный материал. Поэтому физика изучается на уровне законов, явлений и процессов, понятий и величин.

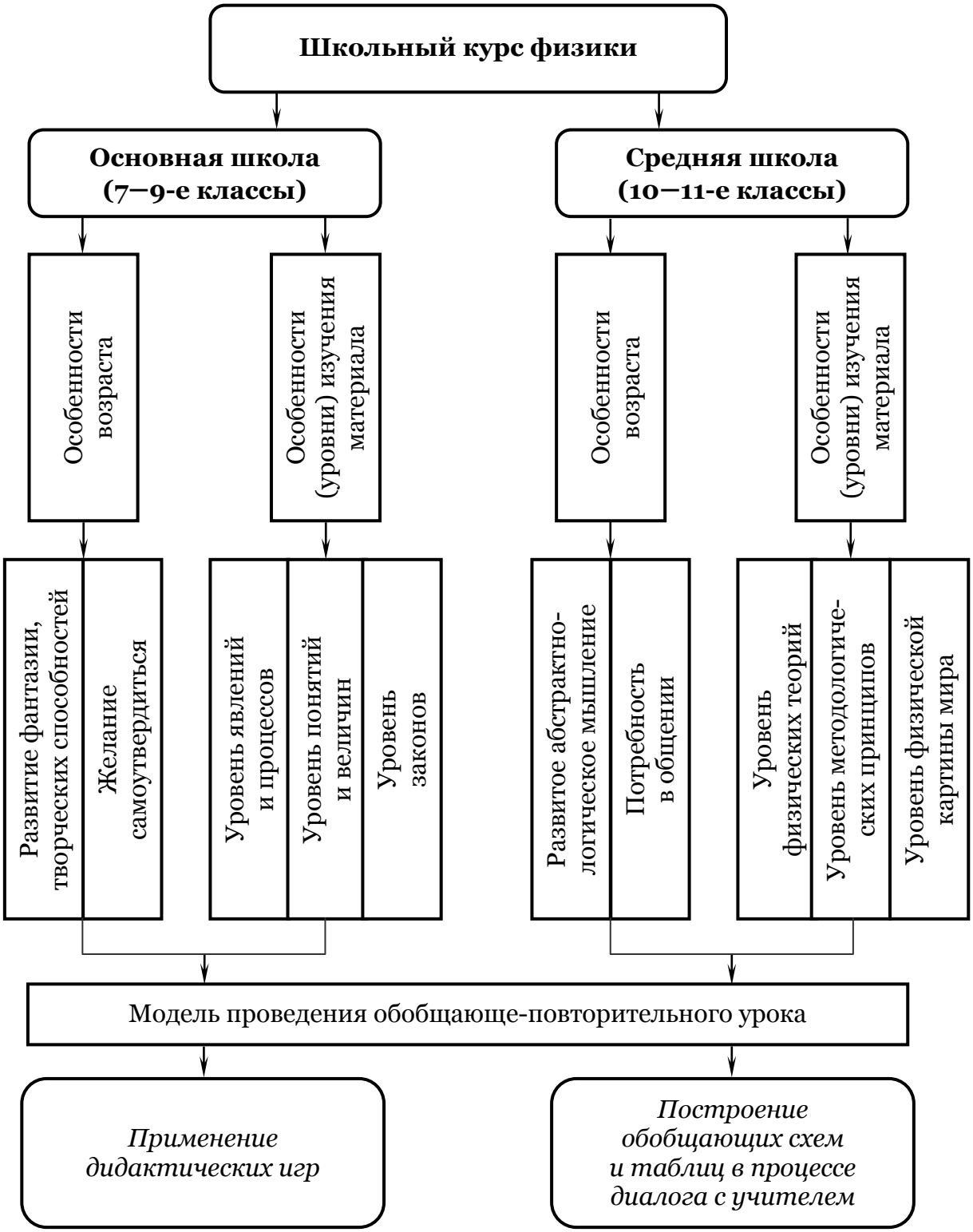


Рис. 1

Характерными чертами старшего школьного возраста являются развитое абстрактно-логическое мышление и потребность в общении с окружающими людьми. В средней школе материал по физике усложняется и становится более абстрактным, требует глубокого осмысления и больших интеллектуальных усилий. Физика в старшей школе изучается на уровне физических теорий, физической картины мира, а также на уровне общенаучных методологических принципов [1].

Выделим важные особенности проведения обобщающе-повторительных уроков в основной и средней школах. В основной школе такие уроки можно проводить, используя игровые технологии, которые будут способствовать активизации познавательной деятельности учащихся, систематизации изученного материала, развитию организаторских и творческих способностей учащихся. В средней школе обобщающее-повторительные уроки следует проводить в форме беседы, в ходе которой будет осуществляться создание обобщающих схем и таблиц. Такая форма проведения обобщающе-повторительного урока должна способствовать развитию интеллектуальных способностей учащихся и прочному закреплению всех элементов пройденного материала.

Обобщающая схема-модель построения обобщающее-повторительных уроков физики показана на рис. 1. На основании этой схемы удаётся эффективно организовать учебный процесс, привнося подходящие для каждого класса конкретные методические приёмы. Применимость схемы подтверждена как при организации обобщающих повторений для закрепления представлений о физической картине мира, так и отдельных законов, как при обобщении целых разделов, так и отдельных тем.

Литература

1. Каменецкий С. Е. Теория и методика обучения физики в школе: Общие вопросы / С. Е. Каменецкий, Н. С. Пурышева, Н. Е. Важеевская и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2000. – 368 с.

2. Матюхина М. В Возрастная и педагогическая психология: учеб. пособие для студентов / М. В. Матюхина, Т. С. Михальчик, Н. Ф. Прокина. – М.: Просвещение, 1984. – 256 с.

III. МОДЕЛИ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСА ФИЗИКИ

В. И. Жаворонков
Вятский государственный университет

ИЗУЧЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ КАВИТАЦИИ НА УРОКАХ ФИЗИКИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Предложена эффективная установка для изучения на уроках физики свойств звуковых волн, а также явления кавитации. Описанные эксперименты могут быть использованы при углублённом изучении физики и для организации проектной деятельности.

Ключевые слова: кавитация, ультразвуковое излучение, звуколюминесценция, сонолюминесценция.

Явление кавитации – образование пузырьков в жидкости с последующим их схлопыванием – в явном виде в школьной физике не рассматривается, однако происходящие при кавитации процессы описываются при изучении кипения в 8-м классе. Считаем, что явление незаслуженно обделено вниманием, ведь его физическая модель может быть представлена достаточно внятно, а экспериментирование с явлением запустить полёт фантазии для разработки эффектных и поучительных демонстраций, оригинальных лабораторных работ и проектных исследований.

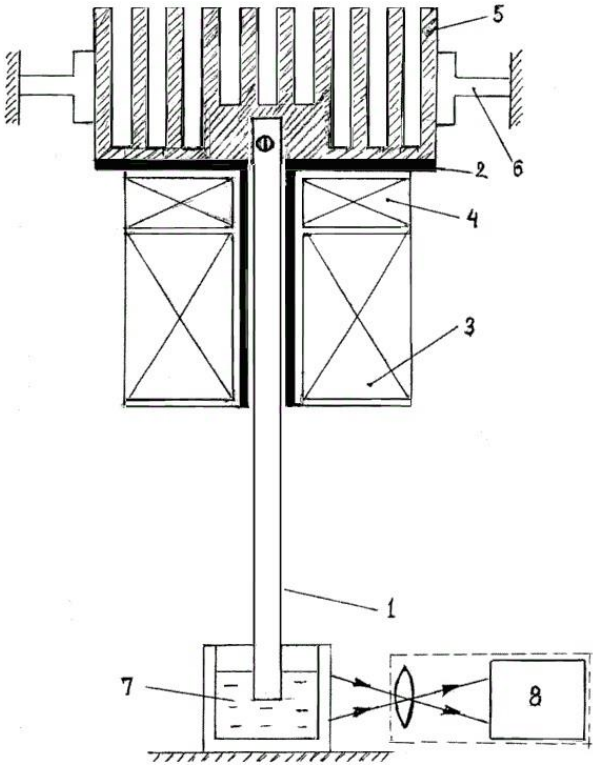


Рис. 1. *Схема магнитострикционного излучателя*
1) вибратор, 2) основа излучателя, 3) обмотка возбуждения (катушка индуктивности), 4) обмотка подмагничивания, 5) радиатор, 6) держатели (кронштейны) излучателя, 7) кювета из прозрачного материала с жидкостью, 8) цифровой фотоаппарат или ЭОП

Проявление кавитации в природе и технике весьма разнообразно. Кроме кипения её мы можем наблюдать даже при обычном размешивании чая, наполнении шприца водой, а более явно в жидкостных насосах, дизельных двигателях и даже в сосудистых тканях растений. Разрушительное действие кавитации хорошо иллюстрируется на примере работе гребных подводных винтов, а предотвращение разрушения винтов и борьба со звуком схлопывающихся около винтов пузырьков – это сложнейшие современные технологические задачи.

Считаем, что одной из причин малого внимания к явлению в школе является отсутствие добротной экспериментальной установки, которая позволила бы показывать эффектные демонстрации, а также использовать её для организации лабораторного практикума и проектной деятельности.

В нашей лаборатории разработан прибор, который может быть легко собран учителем самостоятельно или воспроизведён при массовом производстве, позволяющий проводить и наглядную демонстрацию явления, и научное изучение его основ или сопутствующих эффектов.

Основной частью прибора является магнитострикционный излучатель ультразвука с частотой до 50 кГц, содержащий вибратор, обмотку возбуждения, магниты или обмотку подмагничивания, резиновые колечки, изоленту (рис. 1). Вибратор выполнен в виде круглого ферритового стержня марки М400НН диаметром 8 мм и длиной 120 мм. Магнитострикционные колебания стержня происходят при взаимодействии переменного магнитного поля обмотки возбуждения, питающейся от генератора электрических сигналов, и постоянного магнитного поля, создаваемого плоским кольцевым магнитом, расположенном на верхнем конце ферритового стержня излучателя. Для успешной работы излучателя необходимо, чтобы вибратор не касался каркаса обмотки возбуждения.

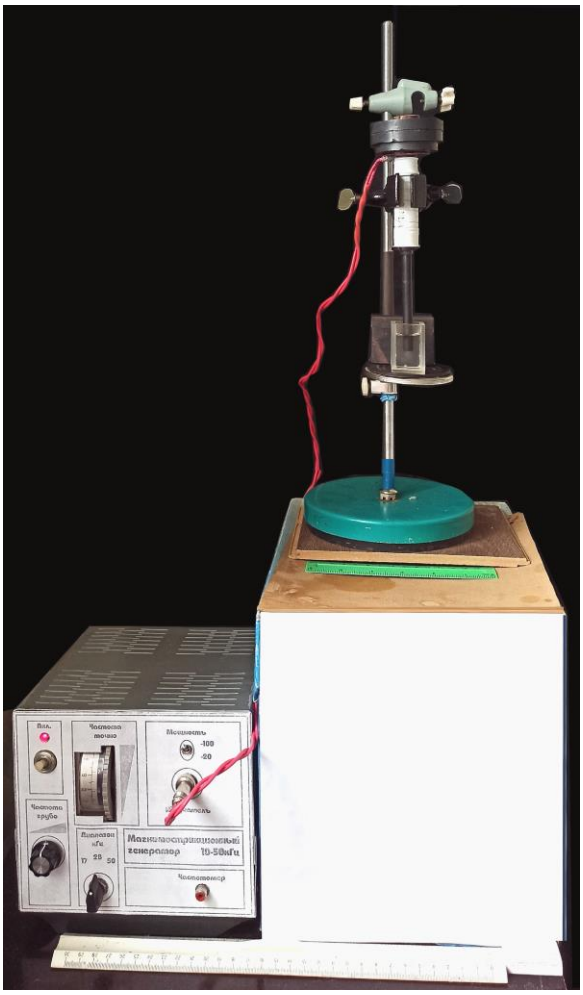


Рис. 2. Внешний вид экспериментальной установки

Изготовленный описанным способом излучатель подключают к выходу генератора электрических колебаний частотой в диапазоне 18-25 кГц (рис. 2). Для настройки магнитного вибратора на верхний торец стержня помещают каплю воды, и настраивают генератор в резонанс с вибратором. О нормальной работе всех приборов будет свидетельствовать интенсивное испарение капли воды.

Магнитный вибратор выполнен в виде ферритового или никелевого стержня, на котором намотана катушка из медного провода. Феррит – это спекшиеся окислы различных металлов, включая железо, никель, кобальт, которые, как известно, являются ферромагнетиками. Переменное магнитное поле, которое создаётся обмоткой возбуждения, приводит к магнитострикции

стержня и в конечном итоге к механическим вибрациям торца стержня, обеспечивая кавитацию в жидкости. В процессе кавитации при вибрации стержня-вибратора рабочая поверхность (торец стержня, опущенный в жидкость) постепенно разрушается с образованием каверн, а в исследуемой жидкости появляются частицы размером до десятка микрометров, которые осаждаются в виде тонкого слоя на дно кюветки. При экспериментировании нужно обратить внимание, что ферритовый стержень является хрупким материалом и при больших мощностях излучения может разрушаться (ломается на две части, особенно если стержень тонкий, то есть диаметром 8 мм).

В заключении остановимся на вопросе применения прибора для организации в школе учебной и проектной деятельности. Спектр использования прибора чрезвычайно широк. На уроках – это демонстрация красивых и вместе с тем труднонаблюдаемых явлений, таких как звуко- и сонолюминесценция (рис. 3). При организации исследовательской деятельности – изучение разрушительного действия кавитации и разработка методов борьбы с ним (установка позволяет наглядно демонстрировать разрушение ферритового стержня с образованием осадка из мельчайших частиц на дне пробирки (рис. 4)); разработка методов получения в растворах заданных размеров коллоидных частиц; создание современных аэрозолей, суспензий, прямых и обратных эмульсий; получение коллоидных растворов с заданными свойствами; повышения производительности электролиза; дегазации; ускорения химических реакций; обеззараживание воды; стерилизация, дезинфекция, пастеризация и много других.

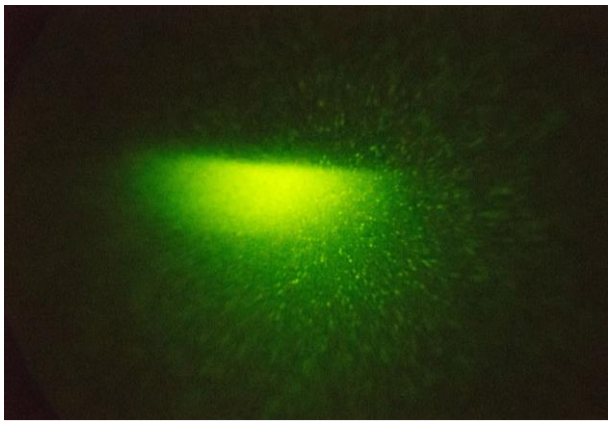


Рис. 3. Наблюдение на торце стержня сонолюминесценции мультипузырьковой кавитационной зоны в жидкости

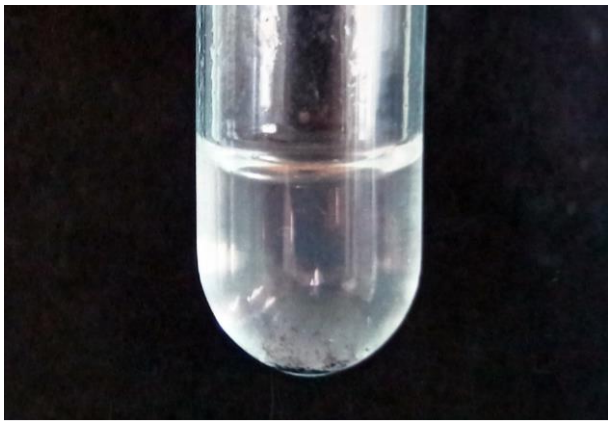


Рис. 4. На конце стержня создается локальная ударная волна, что приводит к образованию каверн и лунки на торце стержня и частиц различных размеров и форм на дне пробирки

Посвящаю статью брату С.И. Жаворонкову и благодарю за активное участие в разработке, создании и применении магнитострикционного генератора.

Литература

1. Горшечников М. В. Электронная оптика в учебном физическом эксперименте: автореф. дис. ... канд. пед. н. – Киров, 2006.

2. Григорьев В. В. Регулирование размера микро– и наночастиц диоксида германия в коллоидных растворах методом звуковой и ультразвуковой кавитации: выпускная квалификационная работа. – Киров: ВятГГУ, 2015.

3. Жаворонков В. И. Устройство для моделирования процессов кавитации // Информационный листок №43-032-10. – Киров: ВятГГУ, 2010.

4. Жаворонков В. И., Жаворонков С. И., Вохмянин В. Г. Способ бесконтактной активации жидкости и устройство для его осуществления // Патент на изобретение №2625106. – Киров: ГБОУ ВПО, КГМУ, 2016.

5. Жаворонков В. И., Жаворонков С. И., Сюткин В. М. Магнитострикционный генератор // Патент на полезную модель №153988. – 2015.

6. Жаворонков В. И., Резник Е. Н. Изучение кавитации в научно-исследовательской работе студентов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010. – № 12. – С. 142.

7. Майер В.В., Вараксина Е.И. Звук и ультразвук в учебных исследованиях. – Издательский Дом «Интеллект», 2012. – С. 109.

8. Усольцев А. М. Магнитострикционный генератор. Техническое описание. – 2022.

9. Яцын А. С. Изучение явления кавитации на основе разработанной конструкции установки: выпускная квалификационная работа. – Киров: ВятГГУ, 2006.

П. Я. Кантор

Вятский государственный университет

ОТНОСИТЕЛЬНО МОДЕЛЕЙ, ИНТУИЦИИ, ЕГЭ И КОРРЕКТНОСТИ УЧЕБНЫХ ЗАДАЧ

Рассматривается роль интуиции в процессе решения физических задач. Анализируются проблемы корректности учебных задач и их решений, границы применимости физических законов и моделей.

Ключевые слова: модели, интуиция, ЕГЭ, задачи.

По-видимому, бесспорным является утверждение, что физика имеет дело с моделями, позволяющими превратить наблюдаемую закономерность в формальное математическое равенство. Тогда как любой, даже фундаментальный, физический закон справедлив только в не очень чётко определённых границах его применимости или в предельном принципиально не реализуемом на практике варианте. Иными словами, ни один физический закон, строго говоря, не является точным. На этот счёт известно ироничное высказывание Л. Д. Ландау о том, что «единственное полностью строгое дисперсионное соотношение в этой теории есть 0 = 0» [1].

По существу, процесс решения научной физической задачи, как правило, начинается с построения адекватной физической модели. То же самое относится к решению учебной задачи, если конечно оно не сводится к подстановке двух заданных чисел в зазубриваемую формулу. И на этом этапе практически неизбежны некоторые ментальные построения на интуитивном уровне.

В целом можно утверждать, что интуитивные соображения играют в физике немаловажную роль. Так, в известном многотомнике «Фейнмановские лекции по физике» не содержится ни одного чётко сформулированного определения, подобного тому, которое в учебниках обычно

выделяется жирным шрифтом или курсивом. Аналогично обстоят дела в курсе теоретической физики Ландау и Лифшица, за исключением того, что в последнем ключевые понятия всё-таки выделены курсивом. Такой подход можно считать спорным, особенно применительно к школьной практике, но факт остаётся фактом: авторы наиболее серьёзной учебной литературы полагают, что смысл основных понятий в физике должен пониматься на интуитивном или полуинтуитивном уровне.

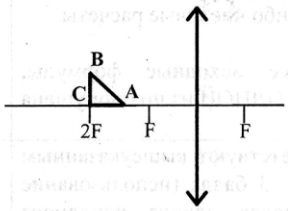
Самый эффективный способ решения задачи, по-видимому, заключается в том, что результат угадывается на интуитивном уровне, а далее строго доказывается, что он верен. Такой подход типичен для математики, где формулировки теорем представляют собой, по сути, некоторые гипотезы, справедливость которых далее подтверждаются обращением к общепринятым аксиомам. К сожалению, существующие учебники по физике мало стимулируют подобного рода образ действий.

Обращаясь к проблемам школьной педагогики, связанным, в частности, с ЕГЭ, мы вправе задать вопрос: насколько глубоко вышеуказанные соображения, касающиеся границ применимости физических законов и моделей и более или менее очевидные (хотя и не всегда) профессиональному физику, должны осознаваться выпускником средней школы? На наш взгляд, требовать от него строгого обоснования применения того или иного закона в описанной в условии задачи ситуации в значительной мере бессмысленно. Мы полагаем, что если экзаменуемый на интуитивном уровне осознает такую возможность, то это уже свидетельствует о наличии сформированного физического стиля мышления. В этом смысле состоявшееся в 2022 году добавление в КИМ ЕГЭ задачи № 30, в решении которой помимо всего прочего требуется обосновать применимость используемых законов, вряд ли можно считать оправданным.

Известно, что больше всего расхождений при проверке работ ЕГЭ вызывает оценка качественной задачи. Это может быть связано с тем обстоятельством, что одиннадцатиклассник не имеет достаточного опыта написания эссе на физические темы, и даже имея в голове вполне адекватный образ рассматриваемого феномена, не может облечь его в изящную словесную форму, тем более, в условиях возможного цейтнота. В ряде случаев последовательность и логика изложения экзаменуемого может не совпадать с тем, что прописано в каноническом решении. Указанное обстоятельство в значительной мере относится также и к решению задачи № 30. Имея почти 20-летний опыт проверки работ ЕГЭ, мы компетентно отмечаем, что эталонные критерии оценки второй части решения задачи № 30, связанной с обоснованием применимости используемых законов и приближений, нельзя считать удовлетворительными. (Равно как и саму идею требовать от экзаменующихся обоснования применяемых законов и приближений.) Так, в образцовых решениях [2] прописаны в одном случае 5, а в другом 6 положений, которые должны быть сформулированы для того, чтобы указанная часть реше-

ния была зачтена. Возникает ряд вопросов. Например, что делать, если в экзаменационной работе сформулировано несколько меньшее число требуемых утверждений? Насколько глубоко должны осознаваться экзаменующимся все нюансы и особенности используемых приближений и насколько подробно они должны описываться? В образцовых решениях обоснование начинается с фразы «1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной». А почему, собственно говоря, её можно считать инерциальной, если в любом учебнике по механике указывается, что она неинерциальна вследствие вращения Земли? Отметим также, что в цитируемых эталонных решениях встречаются странные, спорные и противоречивые утверждения. Например, говорится, что «единственная неконсервативная сила, действующая на шар, – сила натяжения нити – не совершает работы при движении шара по окружности, поскольку она всюду перпендикулярна скорости движения шара». Но если действие силы не приводит к нарушению закона сохранения механической энергии, то эта сила по определению является консервативной. Мы констатируем, что авторы эталонного решения (равно, впрочем, как и авторы многих учебников) путают понятия «неконсервативная сила» и «непотенциальная сила». Другая явная несуразность присутствует в решении задачи о равновесии груза, висящего на нити. Говорится, что «Груз может двигаться только поступательно вдоль вертикальной оси *Oy*, лежащей в плоскости рисунка», тогда как на самом деле ничто не мешает грузу совершать, например, колебательное движение.

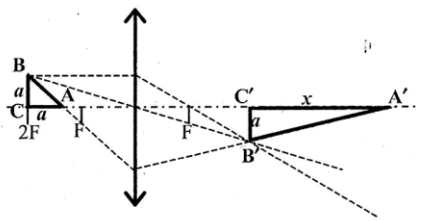
Мы констатируем также, что введение в КИМ ЕГЭ дополнительного задания, связанного с обоснованием применимости используемых законов, в имеющемся варианте вряд ли будет способствовать достижению поставленной цели, заключающейся в проверке методологических умений [3]. Ибо, поскольку примерный тип задачи № 30 заранее известен, школьник может просто вызубрить наизусть требуемые 5 или 6 положений, не особенно вникая в их физическую сущность. На наш взгляд, более целесообразной была бы кос-



Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC площадью 50 см^2 расположен перед тонкой собирающей линзой так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы. Фокусное расстояние линзы 50 см. Вершина прямого угла C лежит дальше от центра линзы, чем вершина острого угла A. Расстояние от центра линзы до точки C равно удвоенному фокусному расстоянию линзы (см. рисунок). Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.

Ответ:

Образец возможного решения (рисунок обязателен)



Длина катетов $AC = BC = a = \sqrt{2S} = 10$ см.

Длину x горизонтального катета $A'C'$ изображения находим по формуле линзы: $\frac{1}{2F-a}+\frac{1}{2F+x}=\frac{1}{F}$, откуда $x=\frac{aF}{F-a}$. Длина вертикального катета $B'C'$ изображения равна a, т.к. для него $d = f = 2F$.

Площадь изображения

$$S_1=\frac{1}{2}A'C'\cdot B'C'=\frac{a^2}{2}\cdot\frac{F}{F-a}=S\cdot\frac{F}{F-\sqrt{2S}}=\frac{5}{4}S\approx 62{,}5\ \text{см}^2.$$

Рис. 1

венная проверка соответствующих знаний и умений, например, в виде задач на анализ поведения физических объектов в ускоренно движущейся системе отсчёта, движение при наличии явно или неявно заданных диссипативных сил, с участием массивных нитей или блоков и т. п.

Абсурдно требовать от выпускника средней школы глубокого понимания указанных методологических аспектов физической науки, если сами составители заданий ЕГЭ их не всегда правильно понимают.

Проиллюстрируем высказанные соображения рядом конкретных примеров.

В основе «линзовой» геометрической оптики лежит тот факт, что параксиальные лучи, образующие параллельный пучок, собираются в фокальной плоскости линзы. И соответственно, непараксиальный луч, то есть идущий на достаточно большом расстоянии от главной оптической оси и/или под достаточно большим углом (для которого не соблюдается равенство $\alpha = \sin\alpha = \mathrm{tg}\alpha$) к главной оптической оси, этому правилу подчиняться не обязан. Рассмотрим с этой точки зрения образцовое решение задачи ЕГЭ (рис. 1), в которой помимо всего прочего требовалось построить соответствующий ход лучей. Приведённое в каноническом решении построение хода луча, являющегося продолжением гипотенузы *AB* треугольника и идущего под углом $\pi/4$ к оптической оси, то есть никоим образом не параксиального, нельзя считать корректным. С таким решением можно было бы согласиться в ученической работе, но не как с образцом правильного решения. Причём подобного рода построения с непараксиальными лучами встречаются в разные годы в образцах решения многих задач ЕГЭ по геометрической оптике и в эталонных пособиях для подготовки к ЕГЭ [4].

Обширная подборка некорректных физических задач, возникавших в разные годы в материалах ЕГЭ, приведена в материалах С. Д. Варламова [5].

В заключение в связи с обсуждаемыми проблемами хотелось бы отметить деятельность организации «Юрайт», которая пытается совместить функции издательства и образовательной платформы. Во входном тесте по физике для начинающих студентов, который предлагается вузам, из 25 предложенных вопросов 11 оказались некорректными. Реально большинство из них нацелены не на проверку знания и понимание физики, а на воспроизведение цитат из учебного пособия [6]. Мало того, что это пособие отсутствует в интернете в открытом доступе и предлагается исключительно как коммерческий продукт; судя по доступному фрагменту, оно изобилует неимоверным количеством ошибок, некорректностей и неточностей.

Литература

1. Ландау Л. Д. Об аналитических свойствах вершинных частей в квантовой теории поля // Л. Д. Ландау. Собрание трудов. – Т. 2. – М.: Наука, 1969. – С. 406–418.

2. https://fipi.ru/ege/demoversii-specifikacii-kodifikatory#!/tab/151883967-3

3. Демидова М. Ю., Грибов В. А. Экзаменационная модель КИМ ЕГЭ по физике, отвечающая требованиям ФГОС СОО // Педагогические измерения. – 2021. – № 2. – С. 59–69.

4. ЕГЭ. Физика: типовые экзаменационные варианты: 30 вариантов / Под. ред. М. Ю. Демидовой. – М.: Изд-во «Национальное образование», 2022. – 400 с.

5. https://internat.msu.ru/educational-projects/internet-resursy-sunts-mgu/uchebnye-materialy-sunts-mgu/metodicheskie-materialy-i-stati-sotrudnikov-sunts/materialy-sergeya-dmitrievicha-varlamova-fizika/

6. Васильев А. А. Физика: учебное пособие для среднего профессионального образования / А. А. Васильев, В. Е. Федоров, Л. Д. Храмов. – М.: Изд-во Юрайт, 2022. – 211 с.

В. Ф. Колупаев
Глазовский государственный педагогический институт им. В.Г. Короленко

НОВЫЕ МОДЕЛИ УРОКОВ ПО ЭЛЕКТРОСТАТИКЕ В 8-М КЛАССЕ

В докладе дан краткий анализ содержания главы «Электростатика» в учебнике физики для 8-го класса. Названы некоторые проблемы изучения понятия «электрический заряд», в частности, неправомерное присвоение электрическому заряду одновременно статусов реальности, свойства и физической величины. Предложены варианты решения этих проблем при строгом разделении объектов реальности и средств описания этой реальности.

Ключевые слова: электростатика, электрическое поле, электроны и протоны, электрический заряд.

Глава «Электростатика» в учебнике физики для 8-го класса А. В. Перышкина [1] начинается с понятия «электрический заряд». В § 25 читаем: «Стали говорить, что тело наэлектризовано или что ему сообщён электрический заряд». Физическое содержание этих словосочетаний никак не объясняется. Как изменилось тело? Что именно «сообщили» телу? Что такое электрический заряд? Однозначных ответов на все эти вопросы в первом параграфе в главе нет. В этом же параграфе читаем: «Электрический заряд может передаваться от одного тела к другому. Существует только два рода электрических зарядов». В этих утверждениях мы воспринимаем электрический заряд как реальный объект материи. Какова его структура? Как он связан с телом? Ответов на эти вопросы нет. «Электроскоп – это простейший прибор для обнаружения электрических зарядов и приблизительного определения их величин» (§ 26). Физическая величина – это количественная характеристика реального объекта или явления, то есть мы снова представляем электрический заряд как материальный объект или явление. В § 27 написано, что электрические заряды взаимодействуют на расстоянии. Поскольку взаимодействуют только реальные объекты, то электрическим зарядам фактически присвоен именно такой статус.

Попытка раскрыть содержание понятия «электрический заряд» содержится в § 28. «Электрический заряд – это одно из основных свойств электрона. Электрический заряд – это физическая величина. Электрон – частица с наименьшим электрическим зарядом. Его заряд равен $-1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл». Получается, что электрический заряд – это одновременно какой-то реальный объект, свойство и физическая величина. При этом описания электрического заряда как реального объекта нет, определения электрического заряда в статусе свойства нет, определения электрического заряда в качестве физической величины также нет. Такое изучение реальных объектов, физических явлений и средств описания реальности вряд ли может быть продуктивным.

Мы предлагаем модели уроков, в которых реальность и средства её описания строго разделены. Для выполнения экспериментов круглые палочки из эбонита и из органического стекла мы соединили с трубками из пластика. В середине соединения просверлено несквозное отверстие,

в которое вставляется вертикальное остриё на вертикальной стойке. Трубка из пластика позволяет легко устанавливать положение равновесия такого составного рычага на вертикальном острие движением внутри трубки цилиндра из оргстекла или другого материала. Диаметр цилиндра таков, что в установленном положении он остаётся внутри трубки неподвижным.

Потрём мехом палочку из эбонита, подвесим рычаг с этой палочкой на остриё, и на некотором расстоянии от эбонитовой палочки будем держать лоскут меха. Лоскут меха притягивает к себе палочку. Потрём эбонитовую палочку лоскутом меха, повесим его на лёгких лентах на горизонтальный пруток штатива и приблизим к нему эбонитовую палочку. Эбонитовая палочка притягивает к себе лоскут меха. Эбонитовая палочка и лоскут меха действуют друг на друга с противоположно направленными силами притяжения. Потрём пластину из пеноплэкса мехом, повесим пластину и лоскут меха на лёгких лентах на горизонтальные прутки штативов. Расположим пластину и лоскут меха параллельно на расстоянии 15–20 см. Пластина и лоскут меха притягивают друг друга своими электрическими полями. Результаты этих опытов физики объясняют образованием электрических полей вокруг тел при трении тел друг о друга. *Если при трении двух разных тел друг о друга вокруг каждого тела образовалось электрическое поле, то эти тела, расположенные на небольшом расстоянии, действуют друг на друга своими электрическими полями с силами притяжения.* Тело и электрическое поле вокруг него неразрывно связаны друг с другом, это единое целое. Приведённые примеры являются экспериментальным доказательством существования электрических полей. *Электрическое поле – это реальный объект материи.*

Рассмотрим следующие варианты трения тел друг о друга и их последующего взаимодействия: два одинаковых тела потёрты одним и тем же третьим телом; два одинаковых тела потёрты разными телами; два разных тела потёрты одним и тем же третьим телом; два разных тела потёрты разными телами.

Потрём мехом две эбонитовые палочки, подвесим рычаги с этими палочками на острия и установим их параллельно друг другу на расстоянии 5–10 см. Палочки отталкивают друг друга. Два лоскута меха после трения о пластину из пеноплэкса повесим на лёгких лентах на горизонтальные прутки штативов и расположим их параллельно на расстоянии 5–10 см друг от друга. Два лоскута меха отталкивают друг друга. *Два тела из одного материала после трения с каким-нибудь третьим телом всегда отталкивают друг друга своими электрическими полями.* Потрём одну палочку из оргстекла шёлковой тряпочкой, а другую – полиэтиленовой плёнкой. Подвесим рычаги с этими палочками на острия и расположим их параллельно друг другу на расстоянии 5–10 см. Палочки отталкивают друг друга. Результат эксперимента: *два одинаковых тела,*

потёртые разными телами, своими электрическими полями отталкивают друг друга.

Потрём один брусок из пеноплэкса мехом, а второй – полиэтиленовой плёнкой. Бруски на лёгких лентах повесим на горизонтальные прутки штативов, расположим их параллельно друг другу на расстоянии 10–15 см. Бруски притягивают друг друга. Результат эксперимента: *два одинаковых тела, потёртые разными телами, притягивают друг друга своими электрическими полями.*

Опыты с другими наборами из двух одинаковых и двух разных тел подтверждают полученные результаты: *два одинаковых тела, потёртые разными телами, в одних случаях своими электрическими полями притягивают друг друга, а в других – отталкивают друг друга.* В каждом конкретном случае результат взаимодействия зависит от того, из какого материала изготовлены одинаковые тела, и какими разными телами они потёрты.

В двух оставшихся вариантах экспериментов получаются аналогичные результаты. Два разных тела, потёртые одним и тем же третьим телом, в одних случаях притягивают друг друга своими электрическими полями, а в других – отталкивают друг друга. В каждом конкретном случае результат зависит от того, из какого материала изготовлены разные тела, и какими телами они потёрты. *Два разных тела, потёртые также разными телами, в одних случаях своими электрическими полями притягивают друг друга, а в других – отталкивают друг друга.* В каждом конкретном случае результат зависит от того, из какого материала изготовлены разные тела, и какими телами они потёрты.

Из всех экспериментов следует, что *два тела своими электрическими полями либо притягивают друг друга, либо отталкивают друг друга. Иначе говоря, существует два вида взаимодействий тел с электрическими полями – притяжение и отталкивание.* В этом заключается принципиальное отличие электрических полей вокруг тел от гравитационных полей. Гравитационное взаимодействие – это всегда притяжение.

На втором уроке изучаем строение атома, взаимодействие на расстоянии протона и электрона, двух электронов и двух протонов. Объясняем эти взаимодействия существованием у электронов и протонов собственных электрических полей, неразрывно связанных с этими частицами. Рассматриваем образование ионов с лишним электроном и ионов с недостающим электроном. На третьем уроке изучаем модель процесса образования тел с электрическими полями, то есть образование электрических полей вокруг тел при переходах электронов от атомов поверхности одного тела к атомам поверхности другого тела. Например, при плотном контакте ворсинок меха с поверхностью пеноплэкса некоторые электроны от атомов ворсинок меха переходят к атомам поверхности пеноплэкса. В результате общее количество электронов в мехе

становится меньше количества протонов, а в пеноплэксе количество электронов становится больше количества протонов. Избыточным количеством электронов будем называть разность между количеством электронов и протонов в теле, а избыточным количеством протонов – разность между количеством протонов и электронов в теле. Электрическое поле вокруг лоскута меха образуется из электрических полей избыточных протонов, а электрическое поле вокруг пластины из пеноплэкса образуется из электрических полей избыточных электронов.

Эта модель позволяет объяснить два вида взаимодействия тел с электрическими полями. Два тела с электрическими полями избыточных электронов отталкивают друг друга, так как электроны своими электрическими полями отталкивают друг друга. Два тела с избыточным количеством протонов по этой же причине отталкивают друг друга. Тело с избыточным количеством протонов притягивает тело с избыточным количеством электронов, так как протон своим электрическим полем притягивает электрон. Потрём пластину из пеноплекса мехом и будем подносить к ней различные тела с электрическими полями. Электрические поля тел, отталкивающих пластину, образованы из электрических полей избыточных электронов. В этих телах количество электронов больше количества протонов. В телах, которые своими электрическими полями притягивают пластину, количество протонов больше количества электронов. Электрические поля этих тел образовались из электрических тел избыточных протонов.

На четвёртом уроке вводим количественную характеристику тела с электрическим полем. Потрём небольшую пластину из пеноплэкса мехом и повесим её на горизонтальный пруток штатива. Часть второй пластины больших размеров из того же материала слабо потрём мехом. Вторая пластина отталкивает первую с некоторой силой. Потрём всю поверхность второй пластины, плотно прижимая мех к пластине. Вторая пластина отталкивает первую с большей силой при том же расстоянии между ними. Говорят, что во втором случае электрическое поле вокруг второй пластины является более сильным. Это значит, что для тела с электрическим полем нужно вводить физическую величину, которая является количественной характеристикой этого тела. Эта величина названа электрическим зарядом. Во второй части опыта с поверхностью пластины соприкасалось существенно большее количество ворсинок меха, при этом на пластину перешло большее количество электронов. При большем количестве избыточных электронов на пластине её электрическое поле стало более сильным. Это значит, что электрический заряд тела должен быть связан с разностью между количеством протонов и электронов в этом теле.

Электрическим зарядом называется физическая величина, пропорциональная разности между количеством протонов во всех ядрах атомов и ионов тела и количеством всех электронов в этом теле: $q = e\left(N_p - N_e\right)$ (1).

В определении 1 q – электрический заряд тела, N_p – количество протонов во всех ядрах атомов и ионов тела, N_e – количество всех электронов в теле, e – коэффициент пропорциональности. Если $N_p > N_e$, то $q > 0$. Электрический заряд тела с электрическим полем избыточных протонов положителен. Если $N_p < N_e$, то $q < 0$. Электрический заряд тела с электрическим полем избыточных электронов отрицателен. Два тела с одноимёнными электрическими зарядами отталкивают друг друга, а два тела с разноимёнными электрическими зарядами притягивают друг друга.

Если $N_p = N_e$, то $q = 0$. В любом атоме $N_p = N_e$, поэтому в соответствии с определением (1) электрический заряд любого атома равен нулю. Электрический заряд любого тела, состоящего из атомов или молекул и не содержащего ни одного иона, равен нулю. Электрическое поле вокруг такого тела отсутствует.

Литература

1. Перышкин А. В. Физика, 8 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений / А. В. Перышкин. – М.: Дрофа, 2013. – 237 с.

Т. С. Шеромова, С. А. Елькина, Д. М. Рабаданова
Средняя школа № 56 города Кирова

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В 7-М КЛАССЕ

Возможности 3D-печати позволяют создавать новое оборудование для проведения лабораторных работ. Компьютерное моделирование, печать и практическое применение на уроках физики совершенствуют знания по предмету, развивают навыки в разных предметных областях.

Ключевые слова: аддитивные технологии, PLA-пластик, плотность, компьютерное моделирование.

Аддитивные технологии дают возможность реализовать самые креативные проекты школьников и учителей на основе компьютерных 3D-моделей. С. В. Новиков и К. Н. Рамазанов выделяют преимущества аддитивных технологий: улучшенные свойства готовой продукции, значительная экономия сырья, возможность изготовления изделий со сложной геометрией [1, с. 7–8]. Наблюдение за процессом послойной печати, «выращиванием» будущей конструкции является тоже интересным с точки зрения физики.

Идея проекта школьников С. Елькиной и Д. Рабадановой родилась из вопросов после прочтения ряда физических задач по теме «Плотность», в которых фигурировали «медный шар с полостью» и «чугунная болванка» [2, 3]. Современные школьники не сталкивались с такими объектами на практике. Более понятными в этом поле обсуждения для обучающихся являются продукты печати 3D-принтера. Готовые модели для уменьшения затрат пластика часто делают полыми внутри. Поэтому старшеклассниками был предложен вариант с компьютерным модели-

рованием и 3D-печатью комплекта занимательного оборудования для проведения лабораторных работ по физике.

Компьютерное моделирование является важным и первым этапом в создании продукта. С. Елькина выбрала для будущей фигурки нестандартную форму – матрёшка–кот (рис. 1). Высота изделия составляет 72 мм, максимальная ширина – 30 мм. В верхней части фигуры было создано отверстие для нити. Моделирование было проведено в программе Fusion 360 by Autodesk.

Для печати выбран PLA-пластик, потому что это экологичный, нетоксичный и биоразлагаемый полимер, с которым безопасно работать. Плотность PLA-пластика составляет от 1,23 до 1,25 г/см³, а температура плавления 173–178°C. Созданная компьютерная модель напечатана в трёх вариантах с разной степенью внутреннего заполнения: 100%, 60%, 30% (рис. 1). Чтобы отличать фигурки друг от друга, печать выполнена из красного, жёлтого и оранжевого цветов пластика. Поэтому печать моделей длилась поразному – от 2 часов 11 минут до 1 часа 31 минут. Затраты на длину пластиковой нити составили от 7,91 м до 3,20 м.

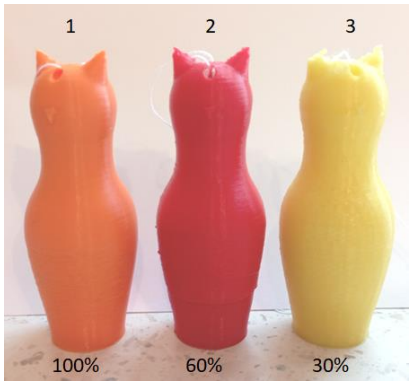


Рис. 1

В итоге напечатан комплект из трёх фигур одинакового внешнего объёма. Некоторые дефекты на поверхности незначительно сказались на объёме, погрешность составила не более 0,5 мм³. В фигурках имелись отверстия для нити.

Исследование 1. Определение плотности твёрдого тела

Оборудование: фигурка (с заполнением в 100%), цифровые весы, измерительный цилиндр (мензурка), вода.

А) Измерение массы фигурки на цифровых весах (результат: 27,13 г).

Б) Измерение начального объёма воды в мензурке ($V_0 = 200$ см³). Определение объёма воды с фигуркой ($V_1 = 225$ см³).

В) Вычисление объёма фигурки ($V = V_1 - V_0 = 25$ см³).

Г) Расчёт плотности фигурки: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{27{,}13\,\text{г}}{25\,\text{см}^3} = 1{,}09\,\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

Итоговая плотность фигурки (при стопроцентном заполнении пластиком) получилась ниже, чем плотность PLA-пластика. Данный результат связан с небольшой «усадкой» нити при остывании и отвердевании, и тем, что при наслоении материала, при печати, образуются небольшие полости. Вывод: плотность изделия отличается от плотности материала. Поэтому при дальнейших исследованиях используется средняя плотность фигурки 1,09 г/см³.

Исследование 2. Обнаружение полости

А) Внешние объёмы трёх фигур одинаковы ($V = 25$ см³).

Б) Измерение массы фигур на весах.

В) Расчёт теоретического объёма тела.

Г) Сравнение полученного объёма с найденным теоретически.

Д) Вывод о наличии полости.

Образец, % заполнения	*Объём, см³*	*Масса, г*	*Расчётный объём, см³*	*Полость*
1 – 100%	25	27,13	25	Нет
2 – 60%	25	20, 01	18,35	Есть
3 – 30%	25	11,67	10,71	Есть

В двух фигурках есть полости, размеры которых реально рассчитать. Визуально полости обнаружить нельзя, только через эксперимент.

Исследование 3. Определение силы Архимеда

А) Измерение начального объёма жидкости.

Б) Погружение фигурки, измерение объёма жидкости.

В) Вычисление объёма погруженной части тела.

Г) Вычисление силы Архимеда.

Образец, % заполнения	*Начальный объём жидкости, см³*	*Объём жидкости после погружения фигурки, см³*	*Объём погруженной части тела, см³*	*Сила Архимеда, Н*
1 – 100%	200	225	25	0,25
2 – 60%	200	215	15	0,15
3 – 30%	200	205	5	0,05

Тонет только фигурка со стопроцентным внутренним заполнением, фигурки с полостями, занимающими 60% и 30% внутреннего объёма, – плавают. Две фигурки обладают меньшей средней плотностью тела.

Анализ работы с комплектом оборудования, созданного на 3D-принтере, показывает, что школьникам интересен такой предмет исследования. Создание оборудования задействует умения из информатики и физики. Процесс подготовки и 3D-печати – дополнительный для учителя повод для обсуждения физических явлений на примере современных технологий.

Описанный проект на стадии теоретической концепции был разработан и представлен на Всероссийском форуме проектирования и профориентации «Проектория-2022». Критериями оценки проектов были новизна проекта, масштабируемость, проработка проекта, творческое решение, презентация. В результате презентации работа стала победителем кейс-чемпионата форума.

Литература

1. Новиков С. В., Рамазанов К. Н. Аддитивные технологии: состояние и перспективы: учебное пособие [Электронный ресурс] / Уфимск. гос. Авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2022.

2. Лукашик В. И., Иванова Е. В. Сборник задач по физике, 7–9 классы: пособие для учащихся общеобразоват. учреждений. – М: Просвещение, 2011.

3. Марон А.Е., Физика. 7 класс. Учебно-методическое пособие. – М.: Дрофа, 2013.

А. П. Сорокин
Центр дополнительного образования одарённых школьников, Киров

О ГРАНИЦАХ ПРИМЕНИМОСТИ МОДЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ДВУХ ЗАДАЧ ШКОЛЬНОГО УЧЕБНО-НАУЧНОГО ТУРНИРА ПО ФИЗИКЕ «ШУНТ»

В статье делается акцент на значимость обсуждения границ применимости моделей при выполнении творческих экспериментальных и исследовательских задач по физике, в частности, при рассмотрении граничных условий.

Ключевые слова: турнир по физике, границы применимости моделей, дополнительное образование детей, методика обучения физике, моделирование.

Анализируя более чем десятилетний опыт организации и проведения Всероссийских турниров по физике для учащихся 7–9-х классов, в очередной раз приходим к выводу, насколько важными и нужными оказываются разговоры и рассказы о границах применимости моделей в методике обучения физике.

Как только мы выходим за пределы кабинета физики, окружающая действительность начинает подбрасывать нам интересные и необычные «задачки», объяснить которые в рамках рассмотренных на уроке моделей порой бывает не просто. Конечно, обсуждать такие «задачки» на уроке физике дело тоже не простое и зачастую требующее дополнительной подготовки, но и без них, как показывает практика, процесс обучения будет не полным.

Иначе обстоят дела на состязаниях различного уровня по физике (турнирах, олимпиадах, конкурсах и т. д.). Чтобы «зажечь», заинтересовать детей, там, зачастую, такие «задачки» как раз и предлагаются школьникам для проведения исследований. Так, анализируя задания Всероссийского Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ», сразу бросается в глаза тот факт, что в большинстве задач приходится сталкиваться с граничными условиями, когда предложенная модель по тем или иным причинам перестаёт должным образом «работать». А на объяснение этих причин порой приходится тратить не меньше времени, чем на решение самой задачи.

В качестве примера остановимся на двух задачах турнира по физике ШУНТ 2021 года, которые показывают, как в процессе деятельности экспериментирования учащиеся могут знакомиться с проблемой наличия у моделей границ применимости и учиться решать эту проблему (привлекать для объяснения новую модель или уточнять правила работы со старой) при организации дополнительных исследований.

Пример 1. Задача «V – значит эбонит»

В опытах по электростатике мы привыкли к тому, что при электризации диэлектриков трением разноимённые заряды появляются на телах, выполненных из двух разных веществ. Например, при трении эбонитовой палочкой о шерсть избыточный отрицательный заряд скапливается на эбоните, а положительный – на шерсти.

К своему удивлению Шунтик обнаружил, что при трении одной незаряженной эбонитовой палочкой о другую такую же на них появляются избыточные разноимённые заряды (см. видео по ссылке https://youtu.be/3QuF3YO_VvQ).

А) Продемонстрируйте такой же эффект во время доклада. Определите, какой заряд скапливается на каждой из палочек.

Б) Объясните показанный эффект.

В) Экспериментируя с электрометрами, Шунтик снял серию опытов https://youtu.be/V094pL2_gTM, вот только в самом начале он забыл включить камеру. Восстановите начало видеофрагмента. Продемонстрируйте опыты во время доклада или представьте авторский видеофрагмент. Объясните наблюдаемые эффекты.

Прокомментируем решение задачи, связанное с п. Б. На первый взгляд, появление разноимённых зарядов на одинаковых палочках явно нарушает привычную модель электризации, и для объяснения наблюдаемого эффекта необходимо использовать знания, выходящие за рамки школьной программы, то есть более сложные модели. Однако, участники турнира после выполнения многочисленных экспериментов, совместного обсуждения проблемы друг с другом и учителем, дают верное объяснение явлению на основе имеющихся школьных знаний, то есть доказывают справедливость известной им модели

Они отметили, что, во-первых, при трении палочек друг о друга они могут проскальзывать в сухих ладошках, в результате чего каждая из них будет электризоваться, а, во-вторых, поверхности палочек не идеальные – на них немало неровностей, шероховатостей, пыли и других частиц, наличие которых также может приводить к тому, что при трении друг об друга на палочках будут накапливаться разноимённые заряды.

Пример 2. Задача «Калибровка заварки»

Каждый из нас хотя бы раз в жизни задумывался о том, как время заваривания чайного пакетика влияет на крепость чая. Чтобы определить крепость чая, изготовим простое электронное устройство, которое будет измерять способность чая пропускать свет.

Для проведения эксперимента возьмите цилиндрический сосуд (например, пластиковый мерный цилиндр объёмом 100 мл) и поместите на дно чувствительной стороной вверх фоторезистор. Например, можете проделать в основании цилиндра два небольших отверстия, вывести через них наружу ножки фоторезистора, после чего залить отверстия термоклеем. Затем подключите фоторезистор к мультиметру в режиме измерения сопротивления, после чего весь цилиндр, кроме горлышка, оберните фольгой. Установка готова.

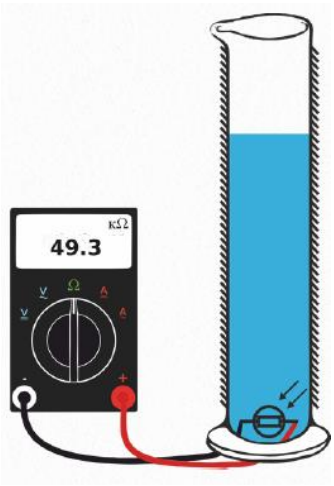


Рис. 1

А) Соберите установку и объясните принцип её действия (рис. 1).

Б) Исследуйте, как зависит сопротивление фоторезистора (а, следовательно, и крепость чая) от времени заваривания чайного пакетика.

В) Исследуйте, как зависит сопротивление фоторезистора от высоты столба воды, чая в цилиндре.

Г) Выясните, может ли данный метод быть использован для определения крепости кофе, процентного содержания сахара в воде, цвета слабого раствора акварельной краски.

Примечание: для экспериментов рекомендуется использовать чёрный чай, заваренный при температуре 90...95°С и охлаждённый до температуры 20...25°С, без добавок и ароматизаторов.

Прокомментируем решение задачи, обратив внимание только на п. В. Несложно догадаться, что при увеличении столба воды из-за преломления света большая часть лучей будет достигать дна сосуда, а, следовательно, и фоторезистора, поэтому его сопротивление будет уменьшаться. Результаты эксперимента полностью подтверждают теоретическое предположение. График зависимости сопротивления фоторезистора от объёма налитой воды показан на рис. 2.

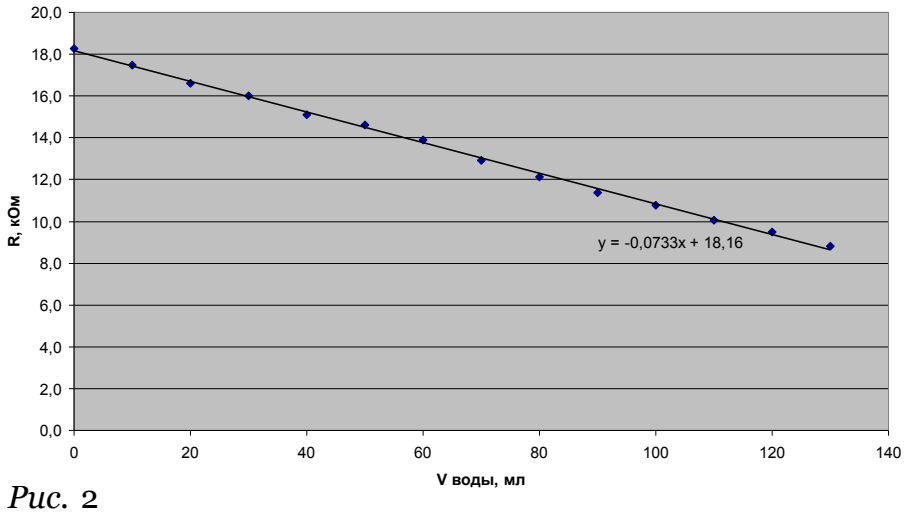


Рис. 2

В случае с чаем получается обратный эффект, нежели с водой, потому что чай поглощает часть падающего на него светового потока и этот эффект сказывается на результатах сильнее, чем предыдущий. График зависимости сопротивления фоторезистора от объёма налитого чая показан на рис. 3.

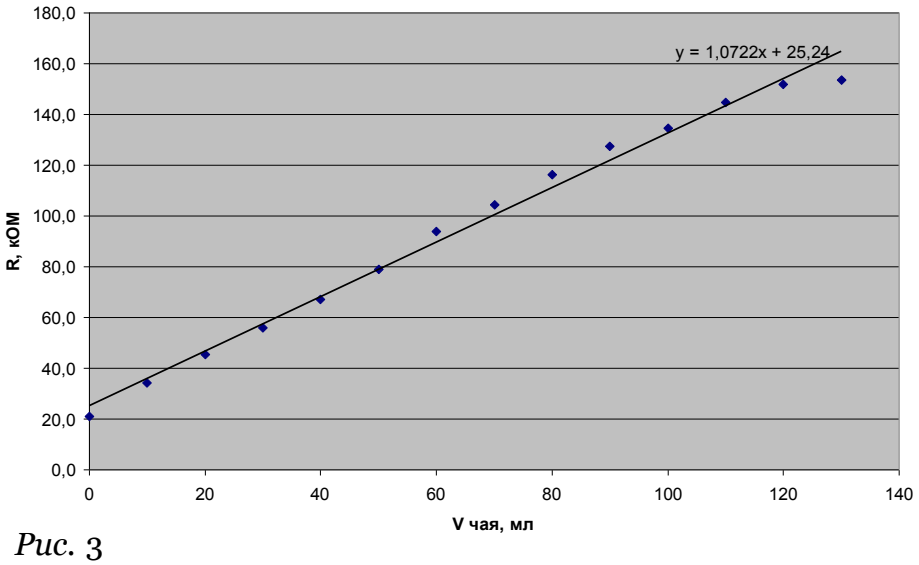


Рис. 3

Но внимательные экспериментаторы обратили внимание ещё и на последний участок графика: когда сосуд оказывается наполненным практически доверху, то показания мультиметра начинают меняться

менее значительно, чем ранее. Здесь и проявилось мастерство команд в поиске подходящей модели для описания обнаруженного эффекта.

Дело в том, что, когда сосуд оказывается заполненным жидкостью почти доверху, подавляющая часть направляемого светового потока преломляется и устремляется ко дну сосуда.

В заключение ещё раз подчеркнём возможность разработки и использования в обучении экспериментальных задач, позволяющих знакомить школьников с представлениями о границах применимости моделей. Удачной формой использования таких задач считаем турнирное движение.

Литература

1. Правила и задачи физических боёв Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ» (11–14 марта 2021 г.). – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2021. – 12 с.

В. Н. Бакулин, М. И. Толмачева
Вятский государственный университет

УДАР КАК ЯВЛЕНИЕ И МОДЕЛЬ

В учебной практике используется большое количество упрощённых моделей процессов и состояний физических объектов. Переходы из одного состояния в другое обычно считаются мгновенными. Для их описания используются модели идеального удара того или иного вида.

Ключевые слова. Удар, абсолютно неупругий, абсолютно упругий удар, прямой центральный удар, коэффициент восстановления, время удара.

При решении учебных задач по механике считается, что переход физической системы из одного состояния в другое происходит мгновенно в результате удара, однако пренебрежение временем перехода и созданием модели переходного процесса может привести к ошибкам [2, 3]. Классификация различных вариантов задач, решаемых с использованием моделей идеализированных видов удара приводится в работе Л. Ашкинази [1].

Абсолютно неупругий удар

Рассмотрим пример типичной задачи на прямой центральный абсолютно неупругий удар.

Задача 1 (из журнала «Квант», №3, 1994, с. 52 и 63). В небольшой шар массой M, подвешенный к потолку на невесомой нерастяжимой нити длиной L, попадает пуля массой m, летевшая со скоростью v под углом α к горизонту, и застревает в нём (рис. 1). Определите, на какой максимальный угол отклонится шар от вертикали.

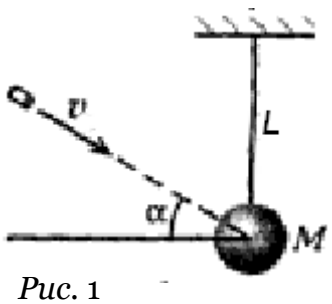


Рис. 1

Обычно мы учитываем только горизонтальную составляющую импульса и получаем ответ в виде $\varphi_{\max} = \arccos\left[1 - \dfrac{m^2 v^2 \cos^2\alpha}{2gL(m+M)}\right]$. Единственное ограничение на условия за-

дачи, чтобы шар с застрявшей пулей не ударился о потолок, то есть выражение в скобках не должно быть отрицательным.

А куда же девается вертикальная составляющая импульса пули? Для мгновенного погашения вертикальной составляющей импульса груза с пулей необходима бесконечно большая сила. В реальности удар занимает вполне определённое время.

Оценим длительность абсолютно неупругого удара пистолетной пули массой m = 5 г и имеющей скорость v = 400 м/с. Ясно, что стреляли не по яблоку и не по стальному или стеклянному шару. Пусть это будет достаточно мягкий и вязкий свинцовый шар массой M = 1 кг и радиусом примерно r = 8 см. Считаем движение пули до центра шара равнозамедленным со средней скоростью $v_{ср}$ = 200 м/с. Тогда длительность удара $\Delta t = r/\, v_{ср}$ составляет около 20 мкс ($2 \cdot 10^{-4}$ с), а ударная нагрузка на нить составит $F_{ср} = \dfrac{mv\sin\alpha}{\Delta t} = 5000$ Н при угле α = 30°. Не всякая нить и заделка в потолок выдержат рывок такой силы (полтонны веса)!

Учитывая, что это частный случай классического баллистического маятника, стоит проанализировать, при каких соотношениях параметров оружия, конструкции и массы маятника точность определения скорости пули наилучшая, почему иногда используется ящик с песком на двойном бифилярном подвесе и т. п. Эти вопросы могут быть темой для курсовых работ и научно-исследовательских проектов.

Кроме того, при неупругом ударе в нашем случае практически вся кинетическая энергия пули перейдёт в тепло и шар нагреется после выравнивания температур на ΔT градусов. Удельная теплоёмкость свинца c = 130 Дж/(кг·°С). Из уравнения теплового баланса $cM\Delta T = \dfrac{mv^2}{2}$ получим примерно ΔT = 3°С. Сразу же после удара пуля и внутренние слои пулевого канала нагревается за счёт работы силы трения примерно в 200 раз сильнее с учетом соотношения масс. Так как температура плавления свинца 327°С, можно полагать, что часть материала может даже расплавиться. Надо отметить, что рассмотренная нами модель протяженного во времени абсолютно неупругого удара годится только для скоростей сближения тел много меньше скорости звука в них. Дальше начинается гидродинамика.

Абсолютно упругий удар

Рассмотрим теперь пример задачи на прямой центральный абсолютно упругий удар.

Задача 2 (Ф46 из журнала «Квант», № 8, 1970). На мячик с высоты 1 м падает кубик, подскакивающий потом почти на 1 м. На какую высоту подскакивает мячик? На какую высоту подскочит мячик, если на него с высоты 1 м упадёт точно такой же мячик?

Авторское решение задачи таково (из журнала «Квант», № 4, 1971). В тот момент, когда кубик отрывается от мяча, скорость кубика равна

скорости верхней точки мяча. Обозначим эту скорость v. Далее кубик движется свободно. Поэтому, записав для него закон сохранения энергии $\frac{Mv^2}{2} = Mgh$ (h – высота подъёма), найдём, что $v = \sqrt{2gh}$. Скорость нижней точки мяча в тот момент, когда кубик отрывается от него, равна нулю, а значит скорость центра мяча равна $v/2$. Записав для мяча закон сохранения энергии $\frac{m(v/2)^2}{2} = mgh_1$, где h_1 – высота подъёма кубика (**мяча** ?!), найдём $h_1 = h/4 \approx 25$ см. (Оставим за рамками статьи вопрос, как будет происходить столкновение мячиков.)

Здесь неявно предполагается, что кубик тяжелее мячика и является абсолютно жёстким, а упруго деформируется равномерно по всему объёму только мячик. Слово «почти» в условии задачи предполагает, что коэффициент восстановления, как и положено при абсолютно упругом ударе мячика, близок к единице 1. Возникает, однако, проблема с законом сохранения энергии. Откуда взялась энергия у мячика на прыжок, если кубик вернулся в исходное положение? Если масса кубика равна массе мячика, кубик должен недопрыгнуть по крайней мере на четверть первоначальной высоты.

Два мячика, согласно логике автора, должны испытывать при ударе одинаковые деформации и при «расставании» скорости их точек на линии контакта относительно центров должны составлять по одной трети от v. Значит, нижний мячик подскочит не на четверть высоты h, а на $h_2 = h/9 \approx 11$ см. Проблемы с законом сохранения энергии остаются и в этом случае. Кстати, эксперимент с падением одного сплошного шарика на другой показывает, что нижний шарик остаётся на месте. Что касается мячиков, то механика их упругих деформаций несколько иная, чем у литых шариков.

Механизмы реальных процессов при соударениях тел гораздо сложнее, чем идеализированные модели мгновенных ударов с бесконечно большими силами, ускорениями, скоростями распространения волн деформации. Плюс ещё акустические, тепловые и другие эффекты, которые при этом сопровождают процессы взаимодействия тел. Обзор литературы по теории удара представлен в достаточно популярной книге Я. Г. Пановко [4].

Согласно классической теории удара по Ньютону, коэффициент восстановления e практически не зависит от высоты падения h в пределах нескольких метров и может быть определён по общей длительности прыжков T, а время каждого последующего прыжка убывает в геометрической прогрессии [5]: $T = \frac{1+e}{1-e}\sqrt{\frac{2h}{g}}$.

Мы провели измерения длительности прыжков 6 различных шариков (рис. 2) и получили средние округлённые значения коэффициентов восстановления при падении с высоты 0,5 м на поверхность деревянного стола (табл. 1)

Рис. 2

Табл. 1

	Шарик 1, прыгун	*Шарик 2, резина*	*Шарик 3, резина*	*Мяч 4, пинг-понг*	*Шарик 5, резина*	*Мяч 6, пластик*
T, с	5,8	2,9	4,2	5,8	2,8	2,1
e	0,9	0,8	0,86	0,9	0,8	0,74

Конечно, это некоторые усреднённые значения коэффициентов восстановления. С уменьшением скорости соударения потери энергии при ударе несколько уменьшаются, и коэффициент восстановления возрастает к концу прыжкового времени.

Для исследования динамики изменения коэффициента восстановления в процессе серии прыжков до остановки был проведён анализ акустической картины ударов шариков о стол с помощью программы цифрового осциллографа «PowerGraph». Моменты удара шарика о поверхность стола хорошо регистрируются по пикам на записи акустического сигнала с точностью до долей миллисекунды. На рис. 3 и 4 представлены аудиограммы начала и конца серии прыжков шарика для пинг-понга.

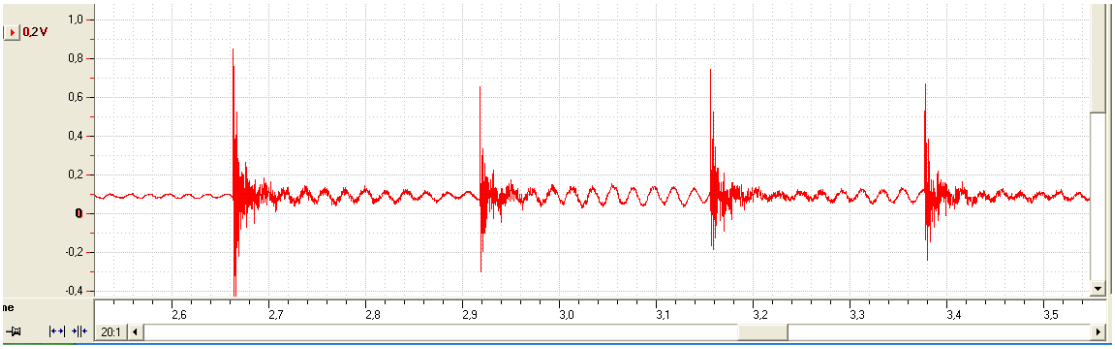


Рис. 3

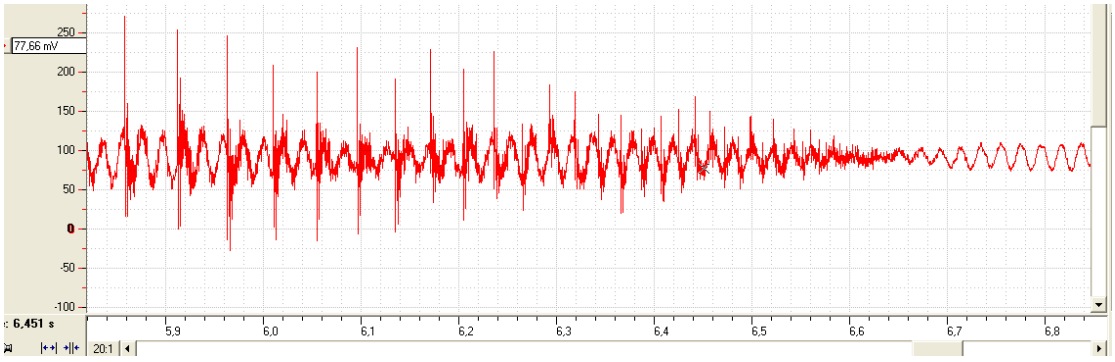


Рис. 4

На записи проявляется акустический и электромагнитный шум частотой 50 Гц. По длительности серии прыжков и по отношению длительностей соседних прыжков можно определить коэффициент восстановления, который оказывается примерно таким же. Если увеличить частоту сканирования и избавиться от шумов на частоте 50 Гц, можно исследовать зависимость коэффициента восстановления от скорости и попытаться измерить время удара.

Косой удар

Если удар непрямой и нецентральный, то идеализированные модели ещё больше отличаются от реальных процессов. При ударе мяча о стенку под некоторым углом нам интуитивно кажется, что, как и в оптике, угол падения равен углу отражения. Однако в оптике это справедливо только в рамках применимости модели геометрической оптики с лучами света и только при определённых соотношениях между длиной волны, размерами зеркала, качеством его обработки, периодом кристаллической решетки, если она есть, видом материала и многого другого. При отскоке мяча от поверхности коэффициенты отражения нормальной и тангенциальной составляющих скорости ведут себя по-разному. Анализ некоторых проблем косого удара описан в статье А. Стасенко [6].

Задача 3 (Ф142 из журнала «Квант», № 2, 1972, с. 43). Стальной шарик, подвешенный на нитке длины l, отклонили так, что нить приняла горизонтальное положение, и отпустили. В тот момент, когда нить составляла угол $\alpha = 30^\circ$ с вертикалью, шарик ударился о неподвижную стальную плиту (рис. 5). На какую высоту поднимется шарик после удара о плиту, если удар можно считать абсолютно упругим?

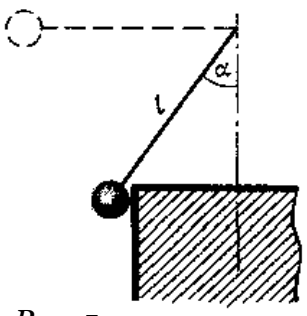


Рис. 5

Авторское решение задачи (в журнале «Квант», № 10, 1972, с. 42–43) подразумевает, что скорость шарика в момент его удара о плиту направлена перпендикулярно нити. Так как удар шарика абсолютно упругий и, следовательно, мгновенный, то при ударе шарик ведёт себя как свободный, не связанный с нитью. Поэтому скорость шарика при ударе меняется только по направлению, так что угол отражения шарика от плиты равен углу падения. Это означает, что после удара о плиту скорость шарика равна первоначальной и направлена под углом α к перпендикуляру к плите. Часть полной кинетической энергии шарика после удара перейдёт в энергию колебаний шарика вдоль нити или, в конечном счёте, в тепло. Здесь мы опять имеем проблему первой задачи и необходимость принимать стальную плиту гладкой – иначе зеркального отражения не будет.

Выводы

Из трёх этих задач, предложенных студентам 2-го курса, полностью все решили только первую на абсолютно неупругий удар двух фак-

тически материальных точек. Задача про мячики и абсолютно упругий удар вызвала появление нескольких фантастических, но ошибочных идей о распределении энергии удара по объёму деформированных тел. Третью задачу не решил никто. Попыток соотнести теоретические задачи с реальными физическими явлениями не было. Явления удара представляют сложности для учебной практики из-за противоречивости моделей мгновенного удара. Как и при изучении других физических явлений было бы полезно рассматривать практическое применение удара в науке и повседневных технических приложениях. Изучение удара может быть темой исследовательских проектов как для студентов, так и для школьников.

Литература

1. Ашкинази Л. Удар и его окрестности // Квант. – 2021. – № 5. – С. 3–9.

2. Бакулин В. Н., Толмачева М. И. Проблемы соответствия модельных объектов и процессов реальным физическим явлениям // Учебная физика. – 2020. – № 4. – С. 11–18.

3. Бакулин В. Н., Толмачева М. И. Верёвка – вервие не простое // Учебная физика. – 2022. – № 1. – С. 14–21.

4. Пановко Я. Г. Введение в теорию механического удара. – М.: Наука, 1977. – 224 с.

5. Панов Л. Прыгающий мячик и теория удара // Квант. — 1990. — № 8. — С. 2–9.

6. Стасенко А. Как шарик о плиту ударился. //Квант. — 2008. — № 5. — С. 40–43.

Ю. В. Иванов

Физико-математический лицей г. Глазова

ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ УЧАЩИХСЯ О МОДЕЛЯХ И МОДЕЛИРОВАНИИ В ЗАРУБЕЖНЫХ ШКОЛЬНЫХ ПРОГРАММАХ ПО ФИЗИКЕ

В работе приведены результаты исследования подходов в формировании представлений о моделях и моделировании в зарубежных школьных программах по физике.

Ключевые слова: методология науки, образовательные программы по физике, модели и моделирование.

Эволюция отечественных школьных предметных программ обусловлена рядом объективных причин, связанных как с изменением образовательных парадигм, так и развитием научного знания. Для сохранения конкурентоспособности отечественной системы образования совершенствование школьных программ должно учитывать, в том числе, и тенденции модернизации зарубежных учебных программ. Рассмотрим несколько примеров реализации задачи формирования у учащихся представлений о моделях и моделировании в зарубежных школьных программах по физике.

Прежде всего, следует отметить, что во многих странах мира образовательные системы допускают одновременное использование нескольких образовательных программ. Наряду с национальными про-

граммами на территории страны могут действовать и международные программы. В таких странах единое образовательное пространство не считается приоритетной нормой.

Общей чертой зарубежных образовательных программ является использование компетентностного подхода. В программах по физике последнего поколения значительно возрастает роль науковедческих компетенций школьников, в том числе, касающихся знаний о моделях и моделировании. В работе [1] приведены результаты сравнительного анализа содержания школьных программ по физике в различных странах. Исследовалась выборка школьных программ из 28 стран мира, охватывающих все континенты. Одним из критериев оценки являлось отражение в учебных программах функций и границ применимости моделей. Результаты этого исследования показали, что формирование представлений у школьников о моделях в школьном курсе физики является обязательным требованием в 86% стран. Для иллюстрации того, как в программах реализуется это требование, рассмотрим одну из национальных программ по физике ФРГ [2, 3] и одну из международных программ [4, 5].

На уровне общего образования [2] у школьников в Германии представление о моделях формируется при изучении моделей электрических цепей, моделей электрического тока, моделей света, моделей строения материи начиная от кварков и заканчивая простыми атомными моделями.

В старшей школе [3] требования к уровню усвоения представлений о моделях повышаются. В частности, на уроках физики в средней школе учащиеся должны получать представление об основных физических понятиях и моделях, устойчивость которых ставится под сомнение, чтобы определить пределы физического знания. Школьники при изучении физики должны усваивать структурные основы естествознания и должны представлять организацию физического знания на основе моделей. Ученики должны знать об использовании моделирования физических явлений в природе и технике. Изучение физики также должно способствовать формированию представлений о роли математического моделирования в познании природы.

По окончании школы учащиеся должны «иметь опыт работы со стратегиями получения знаний и решения задач на основе наблюдения, интуитивного умозрительного открытия, формулирования гипотез, индуктивного и дедуктивного подходов, построения моделей, работы с моделями и мышления в моделях» [3, с. 16].

Международные программы [4, 5] разработаны для углублённого изучения физики в старшей школе. Эти программы используются во многих школах стран Америки, Юго-Восточной Азии, Африки, Европы. Выпускники школ, обучающиеся по этим программам, получают сертификат международного образца, который позволяет им расширить свою академическую мобильность. Подобного рода программы создают свое-

образное международное единое образовательно пространство, с общими для выпускников требованиями к качеству освоения программ и широкой методической поддержкой учителей.

В обсуждаемых программах [4, 5] науковедческие компетенции выделены в отдельный блок «Научные практики». Программа построена так, что в каждой теме определяется материал, при изучении которого наилучшим образом формируются те или иные компетенции. Следует отметить, что компетенции блока «Научные практики» формируются во всех разделах курса физики.

Согласно требованиям к освоению блока «Научные практики», учащиеся должны уметь создавать, описывать и уточнять модели природных или искусственных явлений, использовать модели для анализа ситуаций или решения задач в количественном и качественном отношении. Учащиеся также должны уметь делать прогнозы о природных явлениях на основе научных теорий и моделей и связывать явления и модели в пространственных и временных масштабах.

При изучении механики [4] рассматриваются различные математические модели механического движения, усложняющиеся по мере изучения действия на тела различных сил. Законы сохранения рассматриваются как основополагающая модель физики. Изучение молекулярной физики и термодинамики основывается на моделях тепловых процессов и моделях строения вещества.

При изучении электромагнетизма [5] вводятся представления о полевой модели электромагнитного взаимодействия, двухзнаковой модели электрического заряда, модели точечного заряда, моделях электрических и магнитных диполей.

Изучение оптики и атомной физики основывается на использовании двух моделей излучения: волновой и фотонной [5]. Особое внимание уделяется формированию представлений у учащихся о границах применимости моделей излучения на основе понятия длины волны де-Бройля. Представления о строении атома, природе спектральных линий формируются на основе модели атома Бора.

Важная роль в формировании науковедческих знаний отводится физическому эксперименту. Программа физического практикума должна позволять школьникам в ходе подготовки эксперимента моделировать и проектировать лабораторную установку, предсказывать, как изменится результат эксперимента при изменении его условий или устройства лабораторной установки.

Для проверки освоения блока «Научные практики» авторами программы предлагается задавать школьникам следующие ключевые вопросы: «Какая модель была бы подходящей для данной физической системы? Какие физические характеристики могут быть смоделированы или представлены для этой физической ситуации? Какие допущения присущи данной модели? Как эти допущения могут быть изменены в модели? Как в этом случае выглядела бы модель? Какие модели могут

помочь связать эти явления с другими явлениями? Какие важные особенности моделей связывают явления в пространственном и временном масштабах?» [5, с. 199–200]. Ответы на эти вопросы учащиеся могут представлять в индивидуальных и коллективных формах работы.

Освоение программы [4, 5] завершается экзаменом по всем изучаемым разделам курса физики и блокам формируемых компетенций. Для проверки компетенций по блоку «Научные практики» составители программы рекомендуют следующее процентное соотношение заданий по отдельным разделам: моделирование (28–30%), математические процедуры (16–18%), экспериментальный метод (2–4%), анализ данных (10–12%), аргументация (26–28%), установление связей (12–16%).

Рассмотренные примеры зарубежных программ указывают на существование в образовательных системах тенденций к усилению роли методологических знаний при изучении физики. Однако в разных программах существуют различия в подходах к построению содержания и методов формирования представлений о моделях и моделировании. Различаются объём содержания и степень проработанности соответствующих методик обучения. Это касается и отечественных программ обучения физике. Для сравнения, в анализируемой международной программе по физике [4, 5] модели и моделирование упоминаются в уникальном контексте в семь раз больше, чем в отечественной программе по физике для углублённого уровня. Вместе с тем, так исторически сложилось, что в России существует фундаментальное теоретическое обоснование методик формирования представлений о моделях и моделировании, имеется богатый опыт реализации на практике этих методик. Поэтому, если при создании следующих поколений отечественных школьных программ по физике опираться на этот опыт, а также на опыт зарубежных образовательных систем, то возможно построение лидирующей в мире системы формирования методологических знаний.

Литература

1. Kranjc Horvat A. Particle Physics in High-School Education: What Should Students and Teachers Learn? Doctoral dissertation. Institut für Physik und Astronomie der Universität Potsdam. 2022. https://doi.org/10.25932/publishup-56026

2. Bildungsplan Gymnasium Sekundarstufe. Physik. – Hamburg: Behörde für Schule und Berufsbildung, 2011. URL: http://www.hamburg.de/bildungsplaene

3. Bildungsplan gymnasiale Oberstufe. Physik. – Hamburg: Behörde für Schule und Berufsbildung, 2009. URL: http://www.hamburg.de/bildungsplaene

4. AP Physics 1: Algebra-Based. Course and exam description. URL: https://apcentral.collegeboard.org/courses/ap-physics-1

5. AP Physics 2: Algebra-Based. Course and exam description. URL: https://apcentral.collegeboard.org/courses/ap-physics-2

IV. МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОЦЕССЕ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

Е. Б. Петрова, Е. С. Кочеткова
Московский педагогический государственный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СРЕДСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАГЛЯДНОСТИ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ МЕДИЦИНСКИХ КЛАССОВ

В статье описаны некоторые модели, которые могут быть полезны для учащихся медицинских классов. Дан обзор работ, в которых описаны наиболее удачные модели зрительной, сердечно-сосудистой и некоторых других систем человека. Модели, представленные в статье, были выбраны, исходя из возможности воспроизведения конструкции.

Ключевые слова: моделирование, медицинские классы, модели органов и систем человека.

Моделирование – один из важнейших инструментов естественных наук. Однако его освоение – весьма непростая задача, стоящая перед учителями естественных предметов. Как правило, большее внимание этой работе уделяется учителями физики, которые обсуждают на уроках различные виды моделей, акцентируют на них внимание учащихся при обсуждении теоретического материала и решении задач. Существует более или менее стандартный набор моделей, используемый учителем в обязательном порядке. Однако, когда речь идёт о профильном обучении, этот список может быть существенно расширен.

Ниже нами будут рассмотрены возможности моделирования при изучении специальных глав физики в медицинских классах [8, 9].

Наш опыт преподавания показывает, что моделирование процессов, например, происходящих в организме человека, представляет для учащихся определённые трудности. Это же можно сказать и о студентах биологических и медицинских факультетов. Проиллюстрируем возможности образовательного процесса по устранению этой проблемы.

В настоящее время производители учебного оборудования предлагают довольно интересные модели, которые могут сопровождать изложение курса биологии и биофизики. Кроме того, существуют ещё и медицинские классы, где преподавание физики ведётся по общепринятым программам, но дополняется рассмотрением наиболее важных вопросов о функционировании организма человека. Для более успешного усвоения этих вопросов было бы полезным их теоретическое рассмотрение сочетать с изучением соответствующих модельных экспериментов, которые можно использовать и для демонстраций, и для проведения небольших исследований. Взаимодействие со сложными объектами способствует повышению заинтересованности учащихся, позволяет освоить им недоступные в повседневной жизни понятия. Кроме того, выполнение исследований с помощью моделей реализуется в рамках деятель-

ностного подхода, подготавливает школьников к самостоятельному решению возникающих перед ними проблем.

Однако часто в школьном кабинете имеется лишь небольшое количество моделей такого рода. В основном это анатомические модели различных органов. Они, как правило, воспроизводят строение органа, но редко демонстрируют его функции. Наиболее интересной и совершенной в этом смысле является модель глаза, которая достаточно наглядна и может воспроизводить работу хрусталика (изменение его кривизны), то есть иллюстрирует прохождение света через различные отделы глаза и изображение, получаемое на сетчатке. Сложнее осуществить моделирование цветовоспринимающей системы глаза.

В публикации одного из авторов этой статьи сделана попытка восполнения этого пробела. В работе [6, 7] описана модель катаракты. Это заболевание, как известно, приводит к помутнению хрусталика и изменению спектра излучения, попадающего на сетчатку глаза. В итоге для человека, страдающего этим заболеванием, изменяется цвет предметов окружающего мира, а при сильном помутнении хрусталика может наступить слепота. В процессе моделирования учащиеся исследуют спектры различных сред: прозрачных, мутных, подкрашенных в оттенки жёлтого. В результате сравнения полученных спектров исследователи приходят к выводу о влиянии цвета среды на спектр излучения, попадающего на сетчатку глаза. Опыт использования этой модели в практике преподавания показал, что она понятна учащимся и способствует более глубокому усвоению соответствующей темы.

Помимо сенсорных систем организм человека содержит и другие, более сложные и менее наглядные системы. Например, сосудистую. Хотя значение её для организма несомненно велико. Одну из интересных моделей сосудистой системы авторы обнаружили в книге венгерского профессора И. Тарьяна [10]. В ней предлагается сравнить объёмы протекающей жидкости по двум геометрически одинаковым трубкам, имеющим различную жёсткость стенок. Нами была создана аналогичная установка и проведено исследование, которое показало, что при постоянном потоке объёмы протекающей жидкости одинаковы, а в случае прерывающегося потока через эластичную трубку протекает больший объём жидкости. Обсуждение этого результата позволяет сделать очень важные выводы о необходимости поддерживать эластичность сосудов, проблемах, возникающих в случае её утраты.

Разработкой моделей биологических систем занимаются преподаватели в разных странах, но, к сожалению, внедрение результатов этих исследований мало известно в России. Интересной работой в этом направлении является диссертационное исследование учёного из мюнхенского университета [1, 2], в котором представлено большое число таких моделей и даны рекомендации по их использованию.

Структура этой работы выбрана чрезвычайно удачно, так как она рассчитана в основном на учителей физики; описание каждой из моде-

лей предваряется кратким описанием биологической сути явления. Автор исследования подчёркивает, что биологические и медицинские вопросы описываются качественным образом, но, в то же время, позволяют овладеть учителю физики необходимыми терминами и базовыми знаниями. Предлагаемые эксперименты ясны и непосредственно относятся к важным физиологическим процессам. Они осуществляются простыми средствами (например, используются динамометры, имеющиеся в каждом кабинете физики; шланги и ручные насосы и т. п.). Работа с таким простым оборудованием позволяет учащимся быть активными участниками исследования. Они самостоятельно создают модели и проводят эксперименты с ними. Для большей наглядности разработанные модели сводятся к воспроизведению основных функций той или иной системы, поэтому возникающие эффекты легко узнаются учащимися.

Рассмотрим некоторые из описанных в [1] модели, так как они могут быть воспроизведены и с успехом использоваться и в российских школах. Поскольку сложность представленных моделей различна, то они могут быть использованы не только в профильных и медицинских классах, но и на уроках физики в основной школе. Так в этой работе описаны модели опорно-двигательной и жевательной систем. Рассматривается баланс руки человека, подробно описывается работа жевательного аппарата. Большое внимание автор исследования уделяет различным аспектам, связанным с сосудистой системой человека. Моделирование этой системы представляется очень непростым, так как она имеет слишком много параметров и подвержена влиянию очень большого числа внешних факторов. Например, влиянию гидростатического давления на кровеносный сосуд. Здесь хотелось бы упомянуть об эксперименте, описанном в [5], где рассмотрено влияние гидростатического давления на строение змей, отличающихся средой обитания (живущие на горизонтальной поверхности, деревьях и в воде). Этот эксперимент может быть легко воспроизведён в виде модели учебной лаборатории (она используется одним из авторов данной статьи в качестве демонстрационного эксперимента для студентов-биологов). Описанная в [1] модель глаза достаточно стандартна и доступна для приобретения в уч-коллекторах. Однако она дополнена ещё одним самодельным устройством, которое может быть интересно для учащихся, так как его использование даёт ответ на вопрос: «Как мы видим под водой?». Безусловно полезным является и рассмотрение некоторых приспособлений и процессов при проведении различных медицинских процедур. Например, предлагается подробное рассмотрение процессов, происходящих при внутривенном вливании лекарственных препаратов (высота размещения контейнера, установление частоты истечения капель препарата и т.п.). Безусловно, исследование, описанное в [1], представляет собой полезную коллекцию моделей для использования при обучении физике, особенно в медицинских классах.

Полезными представляются также статьи других немецких исследователей [3, 4], в которых описаны другие модели сосудистой системы человека. Конструктивно они более сложные, так как представляют собой сочленение трубок, насосов, клапанов и устройств для измерения скорости потока жидкости, расходомеров. Тем не менее, они могут быть использованы в качестве проектных работ. Эти модели позволяют рассмотреть различные варианты кровотока, позволяют учащимся понять назначение клапанов, объясняют, каким образом в организме человека обеспечивается непрерывный кровоток, как возникают различные сердечные патологии и многое другое. Важно, что все эти модели многофункциональны и позволяют учителю использовать их в самых разных контекстах.

В работе [4] также представлена модель сосудов, но здесь акцент делается на их взаимном расположении и взаимодействии. Подробно описано действие и показано значение венозных клапанов. В частности, учащиеся, знакомясь с устройством вены, понимают, что эти клапаны нужны для снижения гидростатического давления, а также они выполняют функцию «накачки».

Таким образом, в настоящее время имеется достаточно большое число моделей, которые могут существенно улучшить качество подготовки учащихся, обучающихся в медицинских классах. Конструкции моделей, описанных в данной статье, представляются нам вполне доступными для изготовления в условиях школьных кабинетов или с помощью учителей технологии.

Литература

1. Colicchia G. Die schwärze der pupille und die erfindung des augenspiegels // Physik und Didaktik in Schule und Hochschule. – 2005. – P. 23–29.

2. Colicchia G. Physikunterricht im Kontext von Medizin und Biologie: Dissertation der Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilian-Universität München. – München, 2002.

3. Elsholz M., Appold Fr., Trefzger Th. Physik mit Herz – Ein Lehr-Lern-Labor zur Biophysik // Didaktik der Physik. – 2011.

4. Gardill J., Meyn J.-P., Mecke Kl. Bau eines Experimentierkastens zum Thema Fluide // Didaktik der Physik. – 2011.

5. Лиллиуайт Х. Б. Сила тяжести и кровообращение у змей // В мире науки. – 1989. – № 2. – С. 56–63.

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

7. Петрова Е. Б. Исследование цветовоспринимающей системы глаза человека доступными средствами // Биология в школе. – 2015. – № 2. – С. 57–62.

8. Петрова Е. Б. Роль учебного эксперимента при профильном обучении // Физика в школе. – 2009. – № 6. – С. 38–44.

9. Петрова Е. Б., Снегирева Н. С., Федорова В. Н. Об особенностях изложения некоторых вопросов медицинской и биологической физики в профильных классах // Материалы III межд. научно-методической конференции «Новые технологии в преподавании физики: школа и вуз (НТПФ-III)», Москва, 11–14 марта 2002. – 2002. –С. 31.

10. Тарьян И. Физика для врачей и биологов. – Budapest: Akad. kiado, 1969.

Л. В. Полев
Лицей № 9 города Слободского
А. В. Полева
Средняя школа № 5 города Слободского

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ У МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ СРЕДСТВАМИ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

Логика и структура познания начинает формироваться при первоначальном изучении базовых понятий школьниками первого года обучения на уроках физики.

Ключевые слова: федеральный государственный общеобразовательный стандарт третьего поколения, предметные результаты обучения, методологические знания, физическая картина мира.

В школьном курсе физики в соответствии с федеральным государственным общеобразовательным стандартом третьего поколения основного общего образования предметные результаты на базовом и углублённом уровне должны обеспечивать понимание роли физики в научной картине мира, владение основами методов научного познания, понимание характерных свойств физических моделей, умение объяснять физические процессы и свойства тел с опорой на изученные закономерности и модели, понимание характерных свойств и условий применимости физических моделей, умение применять физические модели для объяснения физических процессов и решения учебных задач [1, с. 63].

Так стоит ли знакомить школьников со структурой физических знаний? Несомненно, да! Исследование процесса обучения физике в контрольных и экспериментальных классах показывают устойчивое сохранение методологических знаний и применение их на практике младшими школьниками. Знания о структуре теории и эксперимента, о видах задач и этапах их решения, об определении физических величин, о количественном и качественном описании физических явлений, о средствах описания и исследования явлений природы, о физических моделях и математическом (компьютерном) моделировании позволяют лучше понять логику предмета и применить её на практике [2, с. 21].

Рассмотрим один из приёмов формирования методологических знаний учащихся. Методическая техника предполагает:

– формирование знаний о физических понятиях (объект, явление, физическая величина, понятие, гипотеза, закон);

– формирование знаний об учебной физической задаче (виды и типы, структура, этапы решения, методы);

– формирование умений по выделению явления (название этапа, содержание этапа, действия на этапе);

– формирование умений по описанию явления (название этапа, содержание этапа, действия на этапе);

– формирование умений исследовать изучаемое физическое явление при решении задач (название этапов, содержание исследования на этапах, действия по исследованию на каждом этапе).

Результаты могут быть получены с помощью отработки тестовых заданий. Приведём некоторые примеры.

Для отработки этих понятий используются тестовые задания такого типа.

В каком из ответов приведены лишь названия физических явлений?

А) Часы, объём, книга. Б) Вода, температура, линейка. В) Нагревание воды, движение автобуса, падение капли. Г) Нагревание воды, время, удар молнии. Д) Падение книги, движение автобуса, стеклянная палочка.

Чем отличается вещество в трех своих агрегатных состояниях?

А) Отличается частицами. Б) Отличается расположением частиц. В) Отличается движением частиц. Г) Отличается расположением, движением и взаимодействием частиц. Д) Отличается только взаимодействием частиц.

Какой вывод о строении вещества можно сделать, наблюдая явление диффузии?

А) Молекулы всех веществ неподвижны. Б) Молекулы всех веществ непрерывно движутся в одну сторону. В) Молекулы всех веществ движутся непрерывно и беспорядочно. Г) Скорость движения молекул не зависит от температуры. Д) Молекулы движутся только в жидкостях и газах.

Каким прибором измеряют атмосферное давление?

А) Динамометром. Б) Манометром. В) Барометром. Г) Термометром. Д) Ртутным термометром.

В приведённых высказываниях выделите ответ, в котором перечислены лишь объекты природы.

А) Твёрдое тело, пружина, ножницы. Б) Твёрдое тело, работа, ножницы. В) Работа, рычаг, момент силы. Г) Мощность, коэффициент полезного действия, джоуль. Д) Твёрдое тело, джоуль, момент силы.

Следующим шагом в отработке этих понятий является использование вопросов типа:

Какое из приведённых утверждений может быть отнесено к научному знанию?

А) Стол стоит на кухне. Б) На улице хорошая погода. В) Все тела состоят из частиц. Г) Только жидкости состоят из частиц. Д) По строению твёрдые тела не отличаются от газов.

Какое научное предположение (гипотеза) точнее позволяет объяснить явление диффузии?

А) Все тела состоят из частиц. Б) Все тела состоят из молекул. В) Частицы, из которых состоят тела, хаотически движутся. Г) Частицы, из которых состоят тела, взаимодействуют между собой. Д) В числе приведённых ответов нет верного.

Какое из предложенных высказываний определяет цель физической науки?

А) Изучение физических явлений. Б) Возникновение знаний. В) Обнаружение закономерностей при изучении технических устройств. Г) Открытие общих законов на основании изучения простых физических явлений. Д) Определение отличий одной науки от другой.

Что является источником физических знаний?

А) Собственные наблюдения людей. Б) Опыты. В) Наблюдения и измерения. Г) Опыты и измерения. Д) Наблюдения и опыты.

Какое из перечисленных физических знаний важнее всего?

А) Факт. Б) Гипотеза. В) Закон. Г) Определение. Д) Правило.

Какая из приведённых схем действий точнее отражает процесс познания физических явлений?

А) Эксперименты – следствия. Б) Факты – модель – следствия. В) Факты – гипотезы. Г) Закон – эксперименты. Д) Закон – эксперименты – следствия.

Каждый из этих вопросов заставляет рассуждать о том, чем отличается закон от гипотезы, наблюдения от опытов, теория от эксперимен-

та и т. д. Всё это побуждает задуматься, чем мотивировать использование именно этого термина, а не другого, почему так лучше и др. И вопрос уже стоит не в том, осознанно работает школьник или нет, а в том, как он работает, что с ним происходит, какие мысли им владеют, какой следующий шаг он сделает. Поэтому, закрепляя эти научные знания при помощи технологических карт, мы утверждаем, что таким образом можно сформировать начальные сведения о законе, принципе, модели, гипотезе и других понятиях, необходимых для исследования физического явления. [5, с. 95]

Представим следующий блок вопросов для формирования методологических знаний.

Что такое «сила»? Из приведённых ответов выберите наиболее полный и верный.

А) Сила – это действие одного тела на другое. Б) Сила – это причина изменения скорости тела. В) Сила – это физическая величина, характеризующая действие одного тела на другое. Г) Сила – это характеристика действия одного тела на другое. Д) Сила – это характеристика направленного действия одного тела на другое.

Что называют всемирным тяготением?

А) Силу тяжести. Б) Вес тела. В) Силу упругости. Г) Явление притяжения тел. Д) Нет верного ответа.

От каких физических величин зависит давление жидкости на дно сосуда?

А) От высоты столба жидкости. Б) От высоты столба жидкости и плотности жидкости. В) От плотности жидкости. Г) От плотности жидкости и от ускорения свободного падения. Д) В числе приведённых ответов нет верного.

Механическая работа – это физическая величина, равная произведению силы и пройденного пути. Это утверждение является ... (продолжите предложение).

А) определением. Б) физическим законом. В) опытным фактом. Г) названием явления. Д) гипотезой.

Мощность равна отношению работы ко времени, за которое она была совершена. Это утверждение является ... (продолжите предложение).

А) Определением. Б) Физическим законом. В) Опытным фактом. Г) Следствием из теории. Д) Гипотезой.

Отработка и закрепление знаний о структуре решения задач ведётся в виде тестовых заданий, которые мы предлагаем ниже.

Какие действия нужно выполнить, чтобы изучить физическое явление?

А) Выполнить рисунок. Б) Привести примеры явлений. В) Выяснить причину движения тела, определить его взаимодействие. Г) Выделить объект, охарактеризовать его движение, показать применение явления. Д) Выделить объект и его движение, провести опыты по наблюдению явления.

Какое научное знание точнее описывает действие рычага?

А) Момент силы равен $F \cdot l$. Б) Работа силы вычисляется по формуле $A = F \cdot s$. В) Плечо силы зависит от места её приложения. Г) Рычаг всегда имеет точку опоры. Д) Правило моментов.

Назовите закономерности физических явлений, если они изучались в теме.

А) Работа вычисляется по формуле $A = F \cdot s$. Б) Определение КПД. В) Золотое правило механики. Г) Энергия, которой обладает движущееся тело, называется кинетической. Д) Нет закономерностей.

Это только малая первоначальная часть по отработке методов научного познания, которая формируется для дальнейшего изучения физики в старшей школе, основанной, по нашему мнению, на формировании естественнонаучной картины мира и использованию принципа

цикличности познания [3, с. 23]. Пропедевтикой формирования методологических знаний младших школьников является тесное взаимодействие с предметной областью «Математика», как одной из моделей, а именно, математического описания физических явлений. Это и физические величины, единицы измерения физических величин, физические законы, формулы, таблицы, графики, схемы, компьютерное моделирование.

Ярким примером формирования научных знаний являются задачи на движение, рассматриваемые на уроках математики в 5 и 6-х классах, которые хорошо согласуются с механическим движением. Примерами таких задач являются задачи на движение в противоположных направлениях (на удаление, навстречу друг другу), на движение в одном направлении (с отставанием, вдогонку), обратная задача – навстречу друг другу, на движение по воде (по течению, против течения, в стоячей воде) [4, с. 77].

Особое внимание при решении задач на движение уделяется составлению математической модели задачи, которая определяет взаимосвязь между такими физическими величинами, как скорость, время и расстояние. Схема, чертёж, которые показывают направления движения объектов, позволяют сформировать осознанное применение формул скорости сближения при встречном движении и движении вдогонку тел; скорости их удаления при движении в противоположных направлениях и с отставанием. Важным моментом является соотнесение полученного результата со здравым смыслом.

Таким образом, школьников следует знакомить с методологическими знаниями о структуре теории, физических моделях, законах и экспериментальных методах познания, что позволит сформировать целостную естественнонаучную картину мира.

Литература

1. Министерство просвещения Российской Федерации, приказ от 31 мая 2021 г. № 287. Об утверждении федерального государственного общеобразовательного стандарта основного общего образования, с. 77.

2. Полев Л. В, Сауров Ю. А. Изучение умений школьников анализировать физические явления при решении задач // Исследование процесса обучения физике: Сб. науч. трудов. Вып. второй. – Киров, 1998. – С. 21–25.

3. Соколова Н. В. Методы научного познания: Электродинамика: X класс: Элективный курс. – Киров: Изд-во Кировского ИУУ, 2004. – 26 с.

4. Полева А. В. Использование ресурса российской образовательной платформы «Яндекс. Учебник» на уроках математики // Технология медиаобразования как средство реализации принципа метапредметности в образовательной деятельности школы: учебно-методическое пособие / авт.-сост. и научный ред. Г.Ф. Полушкина. – Киров: ООО «Полиграфовна», 2021. – 88 с. – (Серия «Региональные инновационные площадки»).

5. Полев Л. В. Моделирование физических явлений при решении задач // Модели и моделирование в методике обучения физике: Материалы докладов VIII всероссийской научно-практической конференции. – Киров: ООО «Радуга-Пресс», 2019. – С. 95–97.

А. В. Некрасова
Кировский экономико-правовой лицей

ИЗ ОПЫТА ОРГАНИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

В статье обозначаются проблемы организации деятельности учащихся в системе дистанционного обучения, приведены конкретные методические приёмы их решений.

Ключевые слова: дистанционное обучение, физика, экспериментирование, модельный рисунок.

Постановка научно-методической проблемы. Дистанционная форма обучения предполагает «взаимодействие учителя и учащихся между собой на расстоянии, отражающее все присущие учебному процессу компоненты (цели, содержание, методы, организационные формы, средства обучения), реализуемое средствами Интернет-технологий или другими средствами, предусматривающими интерактивность» [1]. Она пришла в обычные школы во время карантина, учителя и учащиеся были к ней не готовы.

Основные затруднения были в следующем. Учителя привыкли к классно-урочной системе обучения, при которой традиционно все ученики изучают одну тему, учитель имеет возможность влиять на организацию внимания учащихся, направлять их деятельность. В удалённом формате работы учителя лишались привычного контроля над процессом и итогом познавательной деятельности учащихся. В свою очередь, учащиеся были вынуждены самостоятельно организовывать учебно-познавательную деятельность дома, рядом с множеством отвлекающих факторов и отсутствием привычного контроля со стороны учителя. Однако, постепенно учителя и учащиеся искали пути решения возникающих проблем.

В настоящее время карантин завершился, однако дистанционное обучение по-прежнему остаётся востребованным из-за болезней детей, удалённости учащихся сельской местности от учителя-предметника, закрытия школы на мероприятия (сдача ЕГЭ и пр.). Поэтому проблема подбора и разработки методов и средств организации деятельности учащихся в системе дистанционного обучения до сих пор актуальна.

Представления о циклическом характере организации учебной деятельности. При организации дистанционного обучения следует иметь в виду, что, несмотря на наличие онлайн-занятий, учащимся большую часть времени приходится работать самостоятельно, поэтому изучаемый материал должен быть отобран, структурирован и логически устроен, система вопросов и заданий должна побуждать к активной познавательной деятельности. То есть при дистанционном обучении, чтобы ученик выполнял работу самостоятельно, необходим правильно заданный вопрос и у ученика должна быть возможность посмот-

реть изучаемый материал в любой момент времени. Через систему вопросов и заданий учитель управляет развитием ученика.

Однако, нужно иметь в виду, что учебный процесс есть двухстороннее взаимодействие ученика и учителя. На наш взгляд, этому поможет цикличное обучение. Оно даёт возможность организовать учебно-познавательную деятельность ученика через наблюдение, эксперимент, работу с книгой, систематизацию знаний и др. Цикл можно представить в виде спирали. В центре спирали базовое знание (знания), вокруг него и «ходим», углубляя понимание изучаемого и уже изученного материала. Благодаря последовательности небольших частей (задач, вопросов или экспериментов) можно осуществить переход на более высокий уровень, от количественного накопления знаний к готовности ученика решать учебные задачи высокого уровня сложности.

Основными компонентами цикла учебного процесса являются цель, средства и результат. Выбор цели определяет средства её достижения – методы и приёмы работы учителя. Цель не выдумывается, а диктуется планируемым результатом, при этом на каждой части спирали он свой. Отсюда следует, что учитель для достижения результатов должен подбирать «части спирали»: ставить вопросы, которые смогут организовать самостоятельную учебно-познавательную деятельность учащихся. При этом в дистанционном обучении, особенно если оно является дополнительным, у учащегося появляется возможность или остановиться на каком-то уровне или двигаться дальше – то есть процесс обучения дифференцируется в зависимости от потребностей и желания учащегося.

Из опыта организации дистанционного обучения физике. Согласно идее о цикличной организации дополнительного дистанционного обучения физике нами был построен краткосрочный дистанционный курс «Давление твёрдых тел, жидкостей и газов», проводимый на базе Кировского Центра дополнительного образования одарённых школьников. Кратко охарактеризуем наш опыт организации деятельности учащихся.

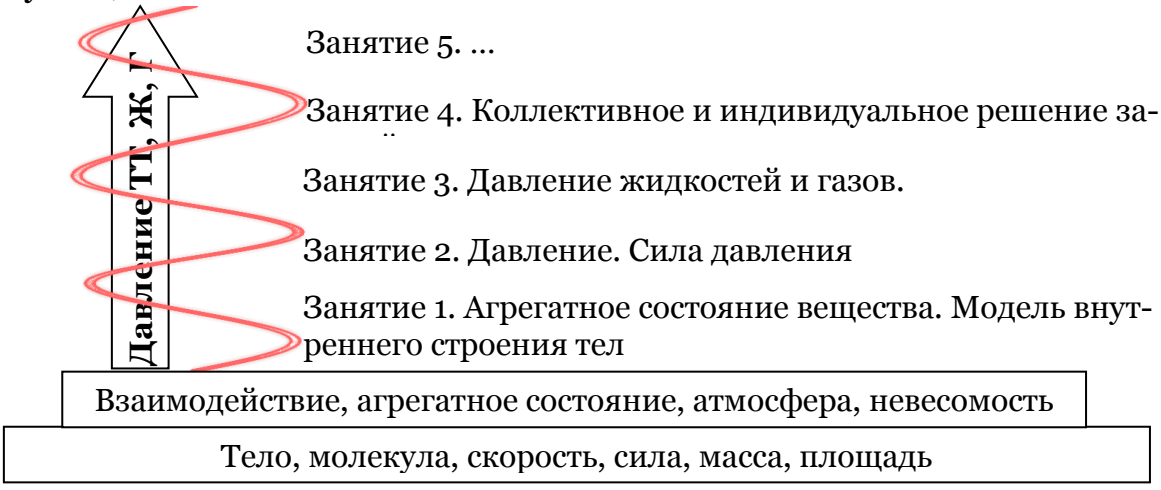


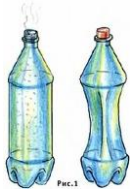
Рис. 1. *Схематичное представление спирального построения курса*

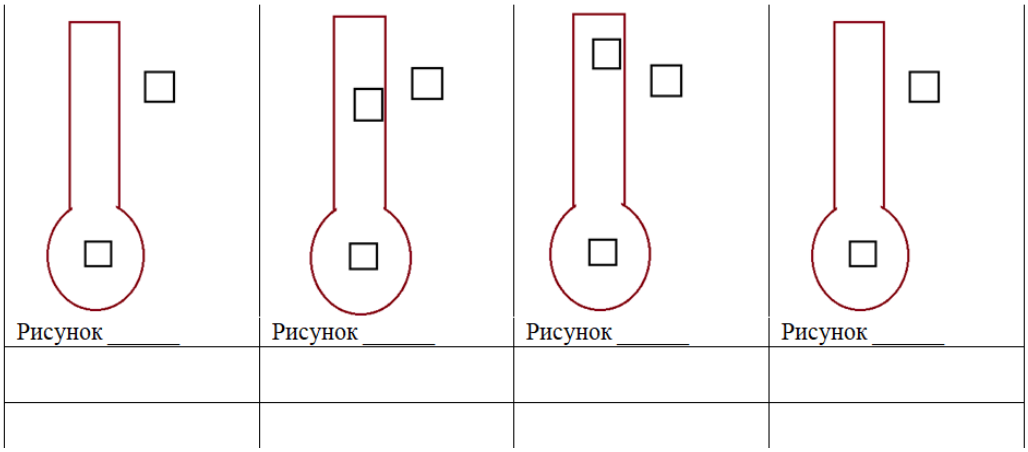
Курс был направлен на знакомство учащихся с простейшими явлениями механики жидкостей и газов, на изучение средств их описания,

на освоение ключевого понятия темы – давления, при этом процесс обучения строился на основе имеющихся знаний школьников. На каждом занятии учащиеся последовательно вспоминали и изучали материал, переходя на новый уровень представлений о данной теме. Этот процесс можно представить в виде схемы (рис. 1).

В системе дистанционного обучения учащиеся удалены от учителя, поэтому используемые методы и средства обучения направлены не только на усвоение материала, но и на вовлечение учащихся в деятельность. Здесь эффективными методами обучения являются эвристическая беседа, эксперимент, решение разного вида заданий. Стоит отметить, что при такой форме обучения следует особое внимание уделять обсуждению наблюдаемых явлений, построению системы вопросов для учащихся, а также построению рисунков, моделей происходящего с целью визуализации и более глубокого понимания. Приведём пример организации деятельности учащихся на дистанционном занятии (табл. 1).

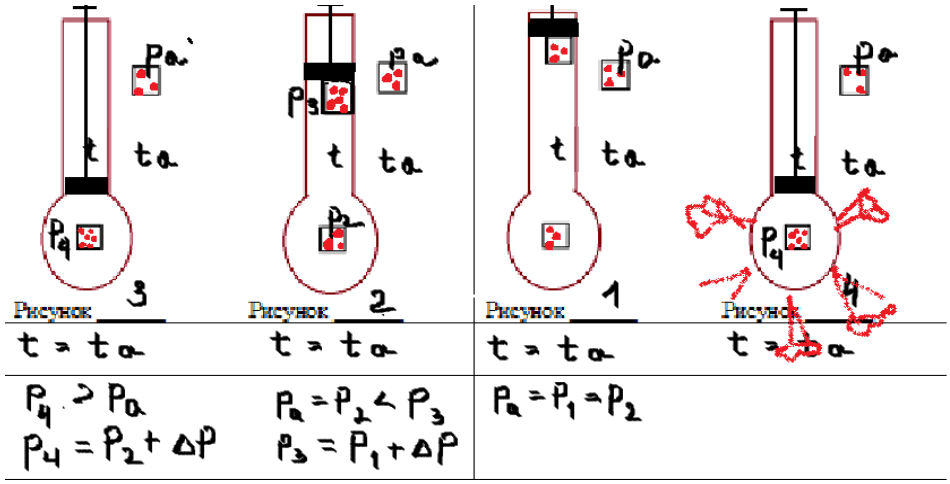
Табл. 1. *Фрагмент занятия по организации деятельности учащихся*

<table>
<tr><td colspan="2">Основные виды учебной деятельности ученика на занятии
(материал из требований ФГОС, стандарты второго поколения)
– объяснять: давление газа на стенки сосуда на основе теории строения вещества, причину передачи давления жидкостью или газом во все стороны;
– анализировать результаты эксперимента по изучению давления газа</td></tr>
<tr><td>Предварительная работа учащихся (д/з)</td><td>Заполните таблицы:
– Агрегатное строение вещества. Модель внутреннего строения тел.
– Давление. Давление твёрдых тел, жидкостей и газов</td></tr>
<tr><td>Вопросы и задания для организации учебной познавательной деятельности</td><td>1. Внимательно рассмотрите фотографии. Как обнаружить давление газа? Как изменить давление газа?
 
2. Обсуждение, фиксация на доске рассуждений.
$n_{молекул} = const$
Объем сосуда: $V_{сосуда} \downarrow => p_{газа} \uparrow$, кол-во молекул $n_{молекул} \downarrow => p_{газа} \downarrow$; $n_{молекул} \uparrow => p_{газа} \uparrow$.
$V_{сосуда} \uparrow => p_{газа} \downarrow$
Скорости движения молекул (температуры тел)
$T_{тела} \uparrow => \upsilon_{молекул} \uparrow => p_{газа} \uparrow$
$T_{тела} \downarrow => \upsilon_{молекул} \downarrow => p_{газа} \downarrow$.
3. Рассмотрите фотографию банки с шариком и ответьте на вопросы.
– Почему завязанный, ненадутый воздушный шарик «раздулся» в банке с горячей водой?
– Как шарик «сдуть», не доставая его из банки?
– Взаимодействие каких объектов связано с понятием давления газообразных тел?
 </td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">Организация экспериментальной деятельности учащихся.
Проведение мысленного эксперимента</th></tr>
<tr><td>Вопросы и задания для организации учебной познавательной деятельности</td><td>1. Выполнение эксперимента. Оборудование: шар Паскаля, заполненный газом (дымом).
Задание: Представьте, что вы проводите эксперимент с предложенным оборудованием. Пронумеруйте фразы в таком порядке, чтобы получился связанный рассказ об эксперименте.
– Давим на ручку, поршень движется вниз. Газ, находящийся непосредственно под поршнем, сжимается.
– Плотность и температура воздуха внутри и снаружи прибора одинаковая, поэтому среднее число ударов молекул газа о стенки прибора за один и тот же промежуток времени с обеих сторон одинаково, следовательно, одинаково и давление газа на стенки сосуда.
– Добавочное давление передаётся всем частицам дыма и на каждый квадратный сантиметр изнутри становится больше, чем снаружи. Из всех отверстий шара начнут выходить одинаковые струйки газа.
– Через некоторое время в каждом кубическом сантиметре пространства внутри прибора становится значительно больше молекул газа, чем снаружи. Число ударов молекул воздуха о стенки прибора за один и тот же промежуток времени с внутренней стороны становится больше, следовательно, давление газа внутри становится больше, чем снаружи.
2. Построение модели эксперимента в рисунках.
А) Согласно получившемуся рассказу, дорисуйте расположение поршня в приборе «шар Паскаля» и пронумеруйте рисунки.
 

Б) Нарисуйте расположение молекул газа точками внутри прямоугольников. Считайте, что прямоугольник является единичным объёмом.
В) Напишите под каждым рисунком, как меняется температура и давление газа.</td></tr>
<tr><th colspan="2">Организация экспериментальной деятельности учащихся.
Проведение натурного эксперимента</th></tr>
<tr><td>Оборудование</td><td>Шар Паскаля пластиковый с отверстиями по диаметру шара, мука, экран для демонстрации зелёный (любой тёмный), иголка</td></tr>
<tr><td>Подготовка эксперимента</td><td>Проверяем отверстия в шаре Паскаля, через все отверстия должна свободно проходить мука.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">Действия учителя на уроке</th></tr>
<tr><td>Ход эксперимента</td><td>Демонстрирует эксперимент на фоне доски.
 </td></tr>
<tr><td>Вопросы для организации деятельности</td><td>Можно ли утверждать, что данный эксперимент является иллюстрацией мысленного эксперимента, который вы недавно провели?</td></tr>
<tr><td>Объяснение результатов эксперимента</td><td>Да, можно.
Внутри полого жёлтого шара, находится мука. По диаметру шара находятся узкие отверстия. Перед экспериментом прибор «Шар Паскаля» встряхнули, чтобы мука перемешалась с воздухом.
К шару подсоединена труба, в которую вставлен поршень. Если поршень вдвинут в трубу, то из отверстий «выйдет» воздух вместе с мукой, увидим белые «облака».
В этом опыте поршень давит на воздух (в воздухе мука) в трубе. Частицы, находящиеся под поршнем, уплотняются, передают его давление другим слоям, лежащим глубже.
Таким образом, давление поршня передаётся в каждую точку газа, заполняющего шар. В результате часть воздуха с мукой выталкивается из шара в виде одинаковых белых струек, вылетающих из всех отверстий.
В ходе беседы выполняются рисунки.

Демонстрируются лучшие ответы учащихся с мысленным экспериментом.
 
Формулируется вывод: газы передают производимое на них давление во все стороны без изменения</td></tr>
</table>

Таким образом, разнообразная деятельность учащихся на занятии, организованная при концентрическом (спиральном) обращении к основным понятиям темы, способствует активизации деятельности учащихся, пониманию изученного материала даже в такой новой и трудной системе как дистанционное обучение детей.

Литература

1. Теория и практика дистанционного обучения: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учебн. заведений / Е. С. Полат, М. Ю. Бухаркина, М. В. Моисеева. Под ред. Е. С. Полат. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.

А.И. Рублев

«Лицей №21» города Кирова

ПРОБЛЕМА ИЗУЧЕНИЯ СИЛЫ АРХИМЕДА В ХОДЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

В статье показано, что содержание традиционной работы по изучению силы Архимеда недостаточно полно раскрывает его содержание.

Ключевые слова: закон Архимеда, измерительные процедуры.

Одной из проблем лабораторных работ, предлагаемых стабильным школьным учебником А. В. Перышкина [1], является их нацеленность на отработку школьниками простых измерительных процедур. Обратимся, например, к работе «Определение выталкивающей силы, действующей на погруженное в жидкость тело» (с. 210): от учеников требуется рассчитать «выталкивающее действие жидкости на погруженное в неё тело» (с. 210–211), при этом за рамками работы остаётся проверка, собственно закона Архимеда, то есть ключевой мысли о том, что «сила, выталкивающая целиком погруженное в жидкость или газ тело, равна весу жидкости или газа в объёме этого тела» (здесь же, с. 147). При выполнении работы школьники никак не убеждаются в том, что вес вытесненной жидкости равен изменению веса тела в жидкости!

Нами было разработано дополнение к традиционной работе, включающее систему вопросов и заданий для экспериментальной проверки. Вопросы предваряли каждую измерительную процедуру.

Ход работы:

1. Напишите ответы на вопросы: какой физической величиной характеризуется (описывается) в механике действие? Какой физической величиной описывается действие жидкости на погружённое в неё тело?

2. Подвесьте железный цилиндр к крючку динамометра. Посмотрите, как изменилось показание прибора. Какую физическую величину показывает динамометр? (Напишите её название и введите обозначение.) Запишите показания динамометра.

3. Медленно опуская цилиндр в стакан с водой, наблюдайте за показаниями динамометра. Напишите, как зависят показания динамометра от объёма погруженной части цилиндра. Какую физическую величину измеряет динамометр в этом случае? (Напишите и введите обозначе-

ние.) Запишите значение величины при полном погружении динамометра.

4. Напишите, что происходит с уровнем жидкости при погружении тела. Измерьте и запишите объём вытесненной жидкости при полном погружении тела. Вычислите вес вытесненной жидкости при полном погружении тела и запишите показания.

5. По показаниям пп. 2 и 3 рассчитайте силу Архимеда, то есть найдите разность показаний динамометра в воздухе и жидкости.

6. Сравните найденную силу Архимеда с весом вытесненной жидкости. Объясните, должны ли эти силы быть равны и почему. Объясните полученный вами экспериментальный результат.

7. Контрольные вопросы: зависит ли выталкивающая сила от глубины погружения тела в жидкость? В каком случае закон Архимеда может не выполняться?

Возможные дополнительные задания.

1. Поменяйте жидкость в мензурке и проделайте измерения по нахождению изменения веса тела в жидкости и веса вытесненной жидкости. Сделайте вывод о выполнимости закона Архимеда в этом случае.

2. Замените тело на тело с другой плотностью, но такого же объёма и проделайте измерения, необходимые для нахождения силы Архимеда. Сделайте вывод о выполнимости закона Архимеда в этом случае.

Работа по предложенному плану выполнялась учениками Лицея №21 г. Кирова. Более 50% школьников получили при вычислении силы Архимеда через вес вытесненной жидкости такой же результат, как при вычислении через разницу показаний динамометра в воздухе и жидкости. Около 40% учащихся получили различные значения выталкивающей силы по результатам измерений показаний динамометра и объёма вытесненной жидкости; при этом все школьники верно аргументировали различия значений погрешностями, возникшими при выполнении работы. И менее 10% учащихся не справилась с данной работой из-за нехватки времени.

Можно сделать вывод, что школьникам вполне по силам такие работы, и при систематическом их использовании у обучающихся могут быть сформированы более глубокие предметные знания и экспериментальные навыки.

Литература

1. Перышкин А. В. Физика: 7 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений. – М.: Дрофа, 2013. – 221 с.

2. Сауров Ю. А., Рублев А. И. Лабораторное исследование явления действия жидкости на погруженное в неё тело (закон Архимеда)// Физика в школе. – 2022. – №2. – С. 17–19.

К. А. Коханов
Центр дополнительного образования одарённых школьников, Киров

ОСВОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРИ УГЛУБЛЁННОМ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ

В статье затронута проблема организации углублённого изучения физики в системе современного дополнительного образования. На частных примерах показано, что эффективное формирование знаний по физике основано на прямом освоении физических моделей и действий моделирования.

Ключевые слова: углублённое изучение физики, модель.

Современное дополнительное образование в России – это разветвлённая сеть образовательных организаций, поддерживаемых материально, нормативно и интеллектуально ведущими образовательными центрами страны. Его цель – помощь школьникам в глубоком освоении знаний, умений и навыков в области их интересов. Ощутимая системная государственная поддержка системы дополнительного образования дала в последнее десятилетие особенно заметные организационные эффекты (рост числа участников, участие в их обучении широкого круга специалистов и пр.) и привела к бурному развитию методических средств (сайтов [1, 2, 3], авторских методик и пособий, задачников). В содержание учебной физики входят новые элементы теории и формируются новые подходы к построению материала, использованию задач, организации экспериментальной деятельности. В учебной физической теории выражено стремление к ревизии, «чистке» содержания, в том числе устранению физических неточностей, ошибок и методических промахов, допущенных в учебниках, а главное, к аккуратности (строгости) использования физических моделей и действий моделирования.

Хотя процедуры моделирования и использования моделей в школьном курсе физики уже несколько десятилетий назад нормированы и технологично заданы (Разумовский В. Г., Мултановский В. В., Сауров Ю. А.), а сегодня уже закреплены в ФГОС и восприняты учительской средой, приходится констатировать, что реальную школьную практику они питают слабо, а при формальном (беглом) использовании дают слабые или даже негативные образовательные и мировоззренческие эффекты. Несколько продуктивнее процессы идут там, где для учителя созданы хотя бы минимальные благоприятные условия в виде достаточного количества часов или возможности вести дополнительные занятия для углублённого изучения предмета. Система дополнительного образования, остро «чувствуя» потребности школы, идёт по пути совершенствования содержания, реализуя принцип: глубокое понимание дисциплины формируется тогда, когда преподавание нацелено на строгое (логичное, научное, обоснованное) построение физических моделей с максимально широким (полным) применением средств математического аппарата (В.В. Мултановский, см. [4, с. 23]). Преподаватель, будучи творческим и увлечённым специалистом, стремящийся к максимально обоснованному введению физических моделей, использованию в обуче-

нии физических задач, при которых модель могла бы максимально раскрыться, «заиграть всеми красками», неизменно добивается высоких результатов в обучении.

Обратимся к примерам из практики. 1) Изучение колебаний в школе построено так, что модели объектов, явлений и математические средства описания представляются школьникам несвязанными элементами знаний. В частности, большинство школьников не может дать ответы на следующие вопросы: что описывает уравнение колебаний? Где в уравнении колебаний «спрятана» длина нити маятника и почему нить должна быть длинной? Где в уравнении колебаний представлены свойства пружины и почему пружина должна быть невесомой? Почему колебания должны быть малыми? Почему существенной характеристикой движения является период колебаний? Почему колебательное движение описывается тригонометрической функцией и функции синуса и косинуса оказываются равноценными? (Этот вопрос традиционно «снимается» формальным установлением аналогии между колебательным и вращательным движением или подстановкой уравнения колебаний в дифференциальное уравнение движения). Все поставленные вопросы устраняются при строгом решении задачи о колебаниях, отталкивающегося от использования второго закона Ньютона или закона сохранения энергии. Так, по второму закону Ньютона для пружинного маятника $m\ddot{x} = -kx$, $\ddot{x} = -\frac{k}{m}x$, $\frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t} = -\frac{k}{m}x$. Добавляя слева множитель $\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}x}$, получаем $\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}x}\frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t} = -\frac{k}{m}x$. После разделения переменных имеем $v_x\mathrm{d}v_x = -\frac{k}{m}x\mathrm{d}x$, тогда $\int\limits_{v_x}^{0} v_x\mathrm{d}v_x = -\int\limits_{x}^{A}\frac{k}{m}x\mathrm{d}x$, $\left.\frac{v_x^2}{2}\right|_{v_x}^{0} = -\left.\frac{kx^2}{2m}\right|_{x}^{A}$, $v_x = \sqrt{\frac{k}{m}\left(A^2 - x^2\right)}$. Далее вновь составляем дифференциальное уравнение $\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = \sqrt{\frac{k}{m}\left(A^2 - x^2\right)}$, откуда

$$\int\limits_{x_0}^{x}\frac{\mathrm{d}x}{\sqrt{A^2 - x^2}} = \int\limits_{0}^{t}\sqrt{\frac{k}{m}}\mathrm{d}t, \qquad \left.\arcsin\frac{x}{A}\right|_{x_0}^{x} = \sqrt{\frac{k}{m}}t, \qquad \arcsin\frac{x}{A} = \arcsin\frac{x_0}{A} + \sqrt{\frac{k}{m}}t,$$

$x = A\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t + \arcsin\frac{x}{A}\right)$. Это решение показывает, насколько «сильным» является второй закон Ньютона, предсказывающий поведение систем даже с непостоянной силой! Опыт показывает, что выполнение указанных математических операций школьникам вполне по силам, при этом ученики также получают необходимый опыт решения широкого круга подобных задач.

2) При изучении закона Всемирного тяготения традиционно за рамками обсуждения остаётся вопрос о границах применимости формулы $F = G\frac{m_1 m_2}{R^2}$: в заданном виде формула применима только для материальных точек или для однородных сферических тел. Она не может быть использована, например, для нахождения силы взаимодействия между центрами масс тел. В этом легко убедиться. Рассмотрим три материальные точки с равными массами m, лежащие на одной прямой на расстоянии R друг от друга; определим силу, с которой две точки притягивают третью, удалённую от двух других на расстояние R и $2R$ соответственно; искомая сила равна $F = \frac{Gm^2}{R^2}\left(1 + \frac{1}{4}\right) = \frac{5}{4}\frac{Gm^2}{R^2}$. Если рассчитать силу взаимодействия выбранной точки с

материальной точкой массой $2m$, находящейся в центре масс системы двух других (на расстоянии $3R/2$), то результат будет совсем другим: $F' = G\dfrac{m \cdot 2m}{\left(\dfrac{3R}{2}\right)^2} = \dfrac{8}{9}\dfrac{Gm^2}{R^2}$.

3) При изучении линзы любой учебник 11-го класса знакомит школьников с формулой тонкой линзы $\dfrac{1}{f} + \dfrac{1}{d} = \dfrac{1}{F}$. Проблема формулы состоит в том, что понятные, на первый взгляд, правила расстановки знаков, во-первых, создают впечатление слабости математического аппарата (знак величины зависит от некой «мнимости» предмета, изображения, фокуса), а во-вторых, приводят к сложностям при использовании формулы для расчёта изображений в оптических системах. Например, какой следует выбрать знак у величины f, если в качестве источника света мы будем брать мнимое изображение, полученное в другой линзе? Вопросов не возникнет, если школьники будут познакомлены с формулой линзы в виде: $-\dfrac{1}{a_x} + \dfrac{1}{b_x} = \dfrac{1}{F_x}$. Для применения формулы вводится система координат, совмещённая с главной оптической осью линзы (в этом случае a_x, b_x и F_x – проекции координат источника света, его изображения, а также действующего фокуса на направление оси Ox).

Координатный вид формулы позволяет впоследствии без труда перейти к формуле сферического зеркала $\dfrac{1}{a_x} + \dfrac{1}{b_x} = \dfrac{1}{F_x}$, а затем решать серьёзные практические и олимпиадные задачи. Например, такую: симметричная тонкая собирающая линза с оптической силой $D = 1$ дптр сделана из стекла с показателем преломления $n = 3/2$. Линза стоит на подставке посредине оптической скамьи, длина которой $L = 4$ м. На каком максимальном расстоянии от линзы на её главной оптической оси нужно поместить на скамью очень маленький источник света, чтобы одно из его действительных изображений попало в один из фокусов линзы? (Решение строится на понимании того, что свет от источника, попав на линзу, будет, во-первых, преломляться в ней, а во-вторых, отражаться от её поверхностей, как от сферических зеркал.)

Представленные примеры, однако, не следует принимать в качестве аргумента в пользу традиционного заблуждения о том, что углублённое изучение физики нацелено на знакомство школьников с более сложными моделями. Речь идёт об освоении заданных в школьных учебниках моделях, но с организацией более последовательной, осознанной, иногда более детальной (а иногда, наоборот, лаконичной) деятельности с ними. Для глубокого понимания предмета преподаватель стремится лишь расширить круг рассматриваемых задач, при необходимости знакомя школьников с новыми алгоритмами их решения и использования в них законов. Здесь показательны два примера из практики. 1) Нередко при изучении равнопеременного движения учитель старается научить школьников использовать закон движения в виде: $\vec{s} = \vec{v}_0 t + \dfrac{\vec{a}t^2}{2}$. Его аргумент в пользу выбора векторной записи закона движения такой: закон в векторном виде носит более общий характер по сравнению с координатным, поскольку выступает основной для построения уравнения в координатной форме [5, с. 6]. Следствием такого подхода являются многочисленные трудности у школьников, возникающие уже на этапе проецировании вектора перемещения, а затем при описании движения, меня-

ющегося по направлению. На дополнительных занятиях, наоборот, переход к использованию векторной формы записи закона происходит очень постепенно, после того, как будут отработаны все нюансы решения задач с использованием координатного вида $x = x_0 + \upsilon_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$, а только затем показаны случаи, когда векторная форма записи закона $\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{\upsilon}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$ даёт возможность быстро находить решения, а координатная «вязнет» в многочисленных математических преобразованиях.

2) Чтобы показать применимость законов динамики для сложных случаев равновесия, преподаватель может ввести, например, понятия конуса трения или виртуальных перемещений, позволяющих свернуть ряд громоздких промежуточных преобразований и быстро найти решение нетривиальной задачи.

Ещё меньше внимания к моделированию школьный учитель может уделить при организации экспериментальной деятельности. Учебная программа предусматривает в лучшем случае демонстрацию явления и организацию самостоятельного наблюдения процесса в лабораторном практикуме. Ни на обсуждение гипотез и конструирование установок, ни на осмысление наблюдаемых явлений и на теоретическую работу с полученными результатами... времени нет. А между тем, процедуры моделирования неразрывно сопровождают все этапы экспериментирования – моделирование есть и в конструировании установки, и в обработке и интерпретации экспериментальных результатов. Уместно вспомнить, что именно моделирование стало тем, что выделило экспериментальный метод Галилея от методов изучения природы его предшественников. Математическое моделирование солнечных пятен позволило Галилею доказать самым непримиримым оппонентам реальность наблюдаемых в телескопе явлений (а не иллюзорность, вызванную несовершенством линз, как утверждали оппоненты). Предварительный мысленный (модельный) эксперимент с падающими телами позволил Галилею разглядеть в хаосе фактов, полученных в ходе натурных экспериментов, едва уловимую закономерность. В заметках Галилея, касающихся проверки закона падения, мы обнаруживаем, что результатов, противоречащих выводам о независимости времени падения от размеров тел, было гораздо больше, чем подтверждающих их! Лишь теоретический взгляд на опытные результаты, порой прямо противоположные ожидаемым, позволил Галилею возвысить некоторые из них до опытного факта, а затем и до закона падения тел. Лишь «сильное пристрастие к новой теории сделало Галилея изобретательным в установлении обоснований, объясняющих, почему не обнаруживаются на деле рассчитанные следствия. Будучи уверенным в правоте своей теории, он оставлял без внимания явное противоречие с опытом» [5, с. 274].

Преодоление сложившейся ситуации может быть основано только на восстановлении ключевой взаимосвязи процессов моделирования и экспериментирования. Этой проблеме посвящены фундаментальные методические исследования, прежде всего, Глазовской школы методистов–физиков (Майер В. В., Вараксина Е. И., Иванов Ю. В.; см., например, [7]): здесь и в теории, и на практике убедительно показано, что продуктивная познавательная деятельность на уроке физики необходимо и достаточно должна быть организована в соответствие с циклом познания В. Г. Разумовского; освоение физического содержания при любом количестве учебного времени должно базироваться на эксперименте,

вполне определённо подтверждающем теоретическую модель. При явном недостатке учебного времени проблема должна решаться за счёт организации внеурочной и проектной деятельности. Обучение должно быть нацелено на усвоение школьниками представления о фундаментальной роли экспериментирования и моделирования в научном познании, на полноценное освоение экспериментального метода.

При углублённом изучении физики образовательные задачи, связанные с использованием экспериментирования и моделирования, одновременно и детализируются, и заметно расширяются. Ученики должны продолжать знакомиться с экспериментами, иллюстрирующими процессы, подтверждающими законы, и вместе с этим осваивать конструкторские и изобретательские умения, приобретать измерительные и оформительские навыки, изучать методы статистической обработки результатов и математического анализа выявленных закономерностей, приобретать навыки наблюдения долговременных или трудно фиксируемых процессов и др. В этой связи преподаватель ищет такие формы организации занятий и постановки конкретных задач, при которых формировались бы все заявленные умения обучающихся.

Проблема организации экспериментальной деятельности с учётом ведущей роли моделирования при углублённом изучении физики чрезвычайно многогранна. В завершении назовём основные направления поисков, а также некоторые решения, подчёркивающих широту рассматриваемых вопросов.

1) *Формы организации работы школьников с физическим оборудованием*. Превосходным инструментом мотивации школьников к экспериментальной деятельности, а затем и организации качественной экспериментальной подготовки, является их вовлечение в турнирное движение, связанное с решением экспериментальных задач в малых группах и дальнейшим их широким обсуждением в ходе физических боёв. При подготовке к турниру преподаватель может организовать цикл занятий, на которых предложенные на турнире задачи выступают некими ориентирами творческих поисков. В ходе подготовки докладов организуются исследования, направленные на построение моделей (или совокупности физических моделей) наблюдаемых явлений. [8]

Относительно новой и перспективной формой организации творческой экспериментальной работы является система занятий в рамках проектной деятельности. Здесь школьники вместе со своими наставниками могут пройти полный цикл научного познания и получить ценный опыт успешной практики [9, 10].

2) *Содержание экспериментальных задач.* Основой экспериментального практикума являются задачи, направленные на самостоятельное конструирование (моделирование) установок, в которых «необходимо получить решение, пользуясь лишь имеющимся оборудованием» [11, с. 7]. При выполнении работ школьники разрабатывают и создают такие конструкции (предлагают модели установок и реализуют их из имеющегося оборудования), которые позволят собрать факты для проверки/подтверждения/ теоретических предположений. Хорошей иллюстрацией является экспериментальная задача, предложенная на региональном этапе ВсОШ в 2009 году и ставшая классикой в системе экспериментальных задач курсов углублённого изучения физики: изготовьте маятник, период колебания которого равен $T = 5$ с (учитывая, что ни часы, ни тела малых размеров использовать в опыте не разрешается; экспериментатору доступны лишь штатив с лапкой, нить, три линейки). Идея её решения состоит в создании условий, при которых из предложенного оборудования можно было бы собрать установку, лучше всего удовлетворяющей условиям

математического маятника: линейка подвешивается на двух нитях одной длины l. При качании линейка ведёт себя как математический маятник с периодом колебаний $T = 2\pi\sqrt{l/g}$.

Также при выполнении экспериментальных работ школьники должны освоить необходимые навыки обработки экспериментальных данных, основанные на представлениях о границах применимости моделей. Как пишет А. Пуанкаре, «опыт даёт экспериментатору лишь несколько точек, их необходимо соединить непрерывной линией, и это – настоящее обобщение. Этого мало: проводимую кривую строят так, что она проходит между наблюдаемыми точками – близ них, но не через них. Таким образом, опыт не только обобщается, но и подвергается исправлению; если кто-то захочет воздержаться от этих поправок и на самом деле удовольствуется голым опытом, то ему придётся высказывать очень странные законы» [12, с. 118].

3) *Методика использования демонстрационного* эксперимента. Несомненно, значительное внимание на занятиях необходимо уделять воспроизводству достаточно сложных (тонких) процессов, для восприятия которых необходима хорошая теоретическая подготовка школьников. Чтобы видеть такие процессы школьник должен, прежде всего, понимать принципы действия используемых приборов, а только затем, собственно, выделять явление, осознавать его.

Однако, роль демонстрационного эксперимента при углублённом изучении предмета этим не ограничивается. Наш опыт показывает, что не меньшую значимость имеют демонстрации «очень простых» явлений, которые на уроках физики учитель по разным причинам показать не может.

Рис. 1. *Установка для демонстрации звукового эффекта Доплера*

Например, обсуждение математической модели эффекта Доплера идёт значительно проще, если ученикам будет показана демонстрация с использованием диска вращающегося и сотового телефона, на котором установлено приложение генератора звуковых колебаний (рис. 1). При вращении диска школьники явно и многократно слышат изменение высоты звука при приближении и удалении телефона.

Полезно даже показывать явления, которые школьники на уроках физики «видели» лишь теоретически, в мысленном эксперименте. Демонстрации при этом должны сопровождать вопросы, которые заставили бы школьников более осознанно подходить к наблюдаемому явлению. Например, большинству школьников, посещающих физические кружки, хорошо известна задача о прокатывании линейки по цилиндру (рис. 2). И на вопрос: «на какое расстояние переместится линейка, когда цилиндр сместится на расстояние 30 см?» ученики почти сразу отвечают: «на расстояние 60 см.». Результат следующего за этим вопросом опыта показан на рис. 3 *а*, *б*.

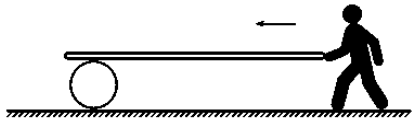
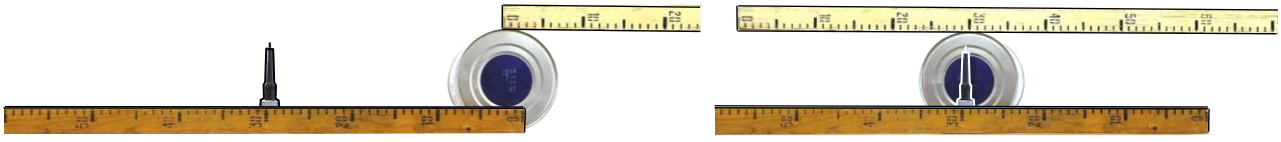


Рис. 2



а) *б*)

Рис. 3

Преподаватель вместе с учениками отмечает, что при прокатывании цилиндра на расстояние 30 см смещение верхней линейки, судя по её показаниям, также составляет 30 см… Как правило, школьники не сразу понимают, как получилось такое

противоречие. «Проблема» возникла из-за того, что даже при внутреннем ответе школьники не отмечают, о каком именно перемещении линейки идёт речь – относительно цилиндра или относительно стола. И когда внимание было обращено на смещение линейки относительно вращающегося цилиндра, смещение линейки оказалось меньше предсказанного в 2 раза. Конец же линейки (как, собственно, и отметка в 30 см) переместился относительно стола на расстояние 60 см.

Литература

1. Физтех регионам. URL: https://os.mipt.ru/#/ (На сайте представлены конспекты лекций по всем темам школьного курса физики, методики решения задача, а также олимпиадные задачи, разработанные сотрудниками МФТИ.)
2. Сайт информационной поддержки Всероссийской олимпиады школьников по физике. URL: http://4ipho.ru/ (Сайт поддержки учителей и школьников, готовящихся к физической олимпиаде.)
3. Олимпиады РОСАТОМ. URL: https://olymp.mephi.ru/rosatom/about (Сайт поддержки учителей и школьников, готовящихся к олимпиадам, проводимым корпорацией РОСАТОМ.)
4. Мултановский В. В. Физика как компонент естественнонаучной картины мира: библиотека учителя физики. – 2007. – 252 с.
5. Физика: Учебник для 10 класса школ (классов) с углублённым изучением физики / А. К. Кикоин, И. К. Кикоин, С. Я. Шамаш, Э. Е. Эвенчик. – М.: Просвещение, 2000. – 302 с.
6. Ахутин А. В. Эксперимент и природа. – СПб.: Наука, 2012. – 660 с.
5. Экспериментальная физика. 8 класс. Учебно-методическое пособие для учащихся образовательных учреждений. – М.: ООО «Азбука–2000», 2019. – 128 с.
6. Вараксина Е. И., Майер В. В. Учебные проекты по школьному физическому эксперименту: 7 класс. Дидактические ресурсы проектной деятельности. – М.: ФЛИНТА: Наука, 2017. – 172 с.
7. Разумовский В. Г., Майер В. В., Вараксина Е. И. ФГОС и изучение физики в школе: о научной грамотности и развитии познавательной и творческой активности школьников: монография. – М.; СПб: Нестор-История, 2014. – 208 с.
8. Сорокин А. П. Творческие экспериментальные задачи по физике: учебное пособие. – Киров: ООО «Кировская областная типография», 2019. – 52 с.
9. Творческие поиски лицеистов в мире физики и математики: Сб. учебно-исследовательских работ: Выпуск 1 // под. ред. Ю. В. Иванова, М. В. Исупова, Д. А. Кельдышева, Ю. А. Саурова. – Киров, Глазов: ООО Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2022. – 80 с.
10. Вараксина Е. И. Учебные проекты по школьному физическому эксперименту: 7 класс. Дидактические ресурсы проектной деятельности / Е. И. Вараксина, В. В. Майер. – М.: ФЛИНТА: Наука, 2017. – 172 с.
11. Экспериментальная физика. 8 класс. Учебно-методическое пособие для учащихся образовательных учреждений. – М.: ООО «Азбука–2000», 2019. – 128 с.
12. Пуанкаре А. О. О науке. – М.: Наука, 1990. – 736 с.

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

1. АНТОНОВА Надежда Анатольевна, аспирант 14
2. БАКУЛИН Владимир Николаевич, к. ф.-м. н., доцент . . . 53
3. ВАРАКСИНА Екатерина Ивановна, к. пед. н., доцент . . . 19
4. ГОЛИКОВА Виктория Вадимовна, учитель физики . . . 33
5. ГРЕБЕНЕВ Игорь Васильевич, д. пед. н., профессор . . . 11
6. ЕЛЬКИНА Стефания Александровна, ученица 47
7. ЗВОРЫКИН Илья Юрьевич, зав. лабораторией 11
8. ЖАВОРОНКОВ Владимир Иванович, д. тех. н., профессор . . 36
9. ИВАНОВ Юрий Владимирович, к. пед. н., доцент 58
10. КАНТОР Павел Яковлевич, к. ф.-м. н., доцент . . . 39
11. КОЛУПАЕВ Виктор Фёдорович, к. пед. наук, доцент . . . 43
12. КОХАНОВ Константин Анатольевич, к. пед. н., доцент . . . 77
13. КОЧЕТКОВА Елизавета Сергеевна, магистрант 62
14. МАЙЕР Валерий Вильгельмович, д. пед. н., профессор . . . 19
15. МАЙЕР Роберт Валерьевич, д. пед. н., доцент 7
16. НЕКРАСОВА Анжелика Викторовна, учитель физики . . . 70
17. ПЕТРОВА Елена Борисовна, д. пед. н., доцент 62
18. ПЕРЕВОЩИКОВ Денис Владимирович, к. пед. н. 23
19. ПОЛЕВ Леонид Васильевич, учитель физики 66
20. ПОЛЕВА Алевтина Владимировна, учитель математики . . . 66
21. РАБАДАНОВА Диана Магомедовна, ученица 47
22. РУБЛЕВ Андрей Иванович, учитель физики 75
23. САУРОВ Юрий Аркадьевич, д. пед. н., профессор 4
24. СОРОКИН Антон Петрович, педагог дополнительного образования . 50
25. ТОЛМАЧЕВА Марина Ивановна, старший преподаватель . . 53
26. УВАРОВА Марина Павловна, к. пед. н. 29
27. ШЕРОМОВА Татьяна Сергеевна, учитель физики . . . 47

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 3

I. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ 4
Сауров Ю. А. Модели как знания на этапе постнеклассической рациональности ... 4
Майер Р. В. Оценка обоснованности математических моделей, используемых в школьном курсе физики 7
Гребенев И. В. , Зворыкин И. Ю. Модель взаимосвязи между практикумом и проектной деятельностью при проектно-ориентированном обучении физике ... 11
Антонова Н. А. Формирования читательской грамотности в рамках предмета «физика» 14

II. МОДЕЛИ В МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ КАК НАУКЕ 19
Майер В. В., Вараксина Е. И. Моделирование и экспериментирование как основа профессиональной деятельности школьного учителя физики 19
Перевощиков Д. В. Методологические аспекты моделирования, определяющие ресурс усвоения школьниками научного метода познания 23
Уварова М. П. О проблеме построения и использования модели современного учителя физики 29
Голикова В. В. О построении схемы-модели проведения обобщающе-повторительных уроков физики в основной и средней школе 33

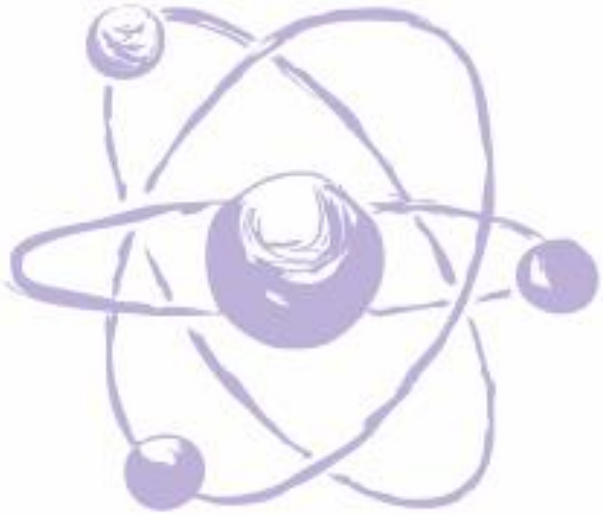
III. МОДЕЛИ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСА ФИЗИКИ 36
Жаворонков В. И. Изучение явления кавитации на уроках физики в средней школе 36
Кантор П. Я. Относительно моделей, интуиции, ЕГЭ и корректности учебных задач 39
Колупаев В. Ф. Новые модели уроков по электростатике в 8-м классе 43
Шеромова Т. С., Елькина С. А., Рабаданова Д. М. Опыт применения аддитивных технологий для проведения лабораторных работ в 7-м классе 47
Сорокин А. П. О границах применимости моделей на примере двух задач школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ» 50
Бакулин В. Н., Толмачева М. И. Удар! Удар как явлени и модель 53
Иванов Ю. В. Формирование представлений учащихся о моделях и моделировании в зарубежных школьных программах по физике 58

IV. МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОЦЕССЕ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ 62
Петрова Е. Б., Кочеткова Е. С. Моделирование как средство обеспечения наглядности для учащихся медицинских классов 62
Полев Л. В., Полева А. В. Формирование методологических знаний у младших школьников средствами учебного предмета 66
Некрасова А. В. Из опыта организации деятельности учащихся в системе дистанционного обучения физике 70
Рублев А. И. Проблема изучения силы Архимеда в ходе выполнения лабораторной работы 75
Коханов К. А. Освоение моделей при углублённом изучении физики 77

Научное издание

Модели и моделирование в методике обучения физике

Материалы представлены в авторской редакции

Сдано в набор 01.10.2022.
Подписано в печать 17.10.2022.
Формат 60 × 84 1/16.
Бумага типографская.
Усл. п. л. 5.
Тираж 100. Заказ 87.

Отпечатано в ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС»
610044, г. Киров, пос. Ганино, ул. Северная, 49А, т. +7(912) 828–4511