

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

МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

Материалы докладов
VII всероссийской научно-теоретической конференции

Киров – 2016

ББК 74.262.23
М74

Печатается по рекомендации научного совета
Вятского государственного университета

Оргкомитет: член-корр. РАО, д-р пед. наук, профессор Ю. А. Сауров (председатель), канд. пед. наук, доцент К. А. Коханов (зам. председателя), д-р пед. наук Я. Д. Лебедев (Вологда), д-р пед. наук Р. В. Майер (Глазов), д-р пед. наук, профессор И. В. Гребенев (Н. Новгород), канд. пед. наук, доцент Е. И. Вараксина (Глазов), канд. пед. наук, доцент Ю. В. Иванов (Глазов), канд. пед. наук О. Л. Лежепекова (учитель физики), аспирант М. П. Позолотина (уче-
ный секретарь)

Ответственный редактор – Ю. А. Сауров

М74 Модели и моделирование в методике обучения физике: Материа-
лы докладов VII всероссийской научно–теоретической конференции / [отв. ред.
Ю. А. Сауров]. – Киров: ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС», 2016. – 94 с.

ISBN 978–5–9908874–8–0

В сборник включены материалы исследований по одному из перспектив-
ных направлений развития теории и методики обучения физике.

ББК 74.262.23

ISBN 978–5–9908874–8–0

- © Вятский государственный университет, 2016
- © Центр дополнительного образования одаренных школьников, 2016
- © Научная лаборатория «Моделирование про-
цессов обучения физике», 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

С начала подготовки первой конференции «Модели и моделирование в методике обучения физике» прошло около двадцати лет, а сама конференция состоялась в Кировском областном институте усовершенствования учителей осенью 1997 года. Тогда в ней приняли участие известные методисты-физики страны: академик РАО В. Г. Разумовский, профессора В. В. Мултановский, Л. И. Анциферов, Ю. А. Сауров, В. А. Бетев, В. С. Данюшенков, К. В. Любимов, Н. Н. Тулькибаева, А. А. Червова, С. А. Хорошавин, доктор педагогических наук И. И. Нурминский, доценты Г. А. Бутырский, В. Н. Горшенков, Е. И. Ковязин, П. Я. Кантор, И. А. Иродова, В. В. Майер, Р. В. Майер, В. Ф. Шилов, Н. Н. Цвейтова, О. А. Яворук, с.н.с. Н. К. Гладышева, учителя Ю. Б. Альтшуллер, К. И. Гридина, К. А. Коханов, аспиранты К. А. Колесников, Л. В. Полев и др. И хотя издание тезисов было тогда явно несовершенным, но и сейчас эти тексты остаются интересными и полезными для исследователей. Не случайно позднее многие участники конференции стали кандидатами и докторами наук.

Время подтвердило актуальность выбранной темы исследований, во-первых, с точки зрения подготовки кадров методистов-физиков на хорошем содержательном физическом материале, во-вторых, моделирование стало в Кировской области инструментом решения перспективных задач совершенствования обучения физике в школе, в-третьих, все эти годы только расширялось и обогащалось отношение к физическим и методическим моделям в системах школьного и высшего образования. И сейчас мы видим свою миссию в дальнейшем активном воспроизводстве этой деятельности среди всех субъектов образования – школьников, учителей, студентов, преподавателей...

Чтобы Дело оставалось долгое время живым, необходимо не только выбрать фундаментальную по возможным результатам стезю исследований, но и постоянно получать новые интересные познавательные результаты для себя и для других. Причём вовлекая в творчество всё новых и новых участников. Смею надеяться, что нам это удавалось. Для успехов как всегда остаётся только одно – настойчиво и нравственно думать и делать...

Организаторы конференции рассчитывают на творческое отношение участников к поставленным в докладах научным проблемам и предлагаемым решениям.

Ю. А. Сауров

І. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

И. В. Гребенев, С. В. Полушкина

*Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н. И. Лобачевского*

МОДЕЛЬ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПО УСВОЕНИЮ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗНАНИЙ УЧАЩИМИСЯ НА ОСНОВЕ ШКОЛЬНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

В статье предложена дидактическая модель организации учебного процесса по освоению научного метода познания физических явлений.

Ключевые слова: модель, учебный процесс, результаты деятельности, физический эксперимент.

Внедрение федерального государственного образовательного стандарта задаёт новые цели, учебные задачи и требования к организации учебного процесса, которые должны быть реализованы в ближайшей перспективе.

Отличительной особенностью ФГОС являются изменения требований к результатам освоения основной образовательной программы. Система образования уходит от традиционного представления результатов обучения в виде знаний, умений и навыков. Формулировки стандарта указывают реальные виды деятельности, которыми учащийся должен овладеть к концу обучения.

Анализируя планируемые результаты обучения, можно сделать вывод о том, что учащиеся должны овладеть навыками самостоятельного приобретения новых знаний в процессе собственной учебно-познавательной деятельности, в ходе которой они усваивают не только содержание, но и процесс получения нового познавательного результата, а также они должны чётко осознать весь познавательный путь, который им пришлось пройти для получения этого физического знания, с тем, чтобы воспроизвести его далее в самостоятельной деятельности.

Требуемый подход к организации обучения позволяет учащимся выходить на новый уровень усвоения учебного материала, который, с нашей точки зрения, становится дополнением к известной классификации уровней усвоения знаний – таксономии Б. Блума. Первая таксономия включает шесть категорий:

- 1) **знание** конкретного материала, терминологии, фактов, определений;
- 2) **понимание**, объяснение, интерпретация, экстраполяция;
- 3) **применение** полученных знаний;
- 4) **анализ** взаимосвязей, принципов построения;
- 5) **синтез**, разработка плана и возможной системы действий, получение системы абстрактных отношений;
- 6) **оценка**, суждение на основе имеющихся данных, суждение на основе внешних критериев.

Сходные уровни усвоения знаний предлагаются В. П. Беспалько [1]. Детализируя этот подход, В. П. Симонов показал, что шкала показателей уровней

обученности выражается зависимостью близкой к линейной, а вклады отдельных уровней суммируются [2].

В связи с новым пониманием задач обучения по ФГОС, мы считаем, что усвоение нового физического содержания проявляется в следующих результатах деятельности учащихся:

- 1) усвоение знаний;
- 2) усвоение способа деятельности;
- 3) усвоение способа получения знаний;

4) получение нового знания в самостоятельной деятельности по применению способа получения знаний.

Перечисленные результаты деятельности учащихся образуют систему уровней, переход к каждому последующему уровню может осуществляться только при наличии предыдущего.

Возникает новая методическая проблема – как организовать усвоение способа получения нового знания и реализовать его в самостоятельной учебной деятельности. Нами предложена модель учебного процесса по усвоению способа получения знаний учащимися на основе школьного физического эксперимента, как ведущего метода обучения физике (табл.1).

Таблица 1. Модель учебного процесса по усвоению способа получения знаний учащимися на основе школьного физического эксперимента

Демонстрационный эксперимент	Фронтальные лабораторные работы	Физический практикум
Этап входного контроля		
Выявление исходного уровня знаний и умений учащихся, необходимого для изучения нового физического содержания с помощью разработанных тестовых заданий	Выявление уровня знаний и умений учащихся, готовность к сознательному выполнению работы с помощью разработанных заданий с открытым ответом	
Мотивационный этап		
Обсуждение с учащимися цели эксперимента в ходе эвристической беседы; постановка проблемной ситуации, определение способов её решения. Результаты обсуждений фиксируются учащимися в тетрадях или рабочих листах		Определение цели работы учащимися самостоятельно с последующим контролем учителем, постановка исследовательской задачи. Цель работы фиксируется учащимися в тетрадях или рабочих листах
Технический этап		
Обсуждение с учащимися вариантов экспериментальных установок, подбор необходимого оборудования для решения поставленной задачи. Определение готовности учащихся к экспериментированию.		
Экспериментальный этап		
– Обсуждение возможных результатов наблюдений наблюдение эксперимента – организация выполнения	– Обсуждения плана проведения экспериментальной работы в ходе эвристической беседы	– Самостоятельное составление учащимися плана проведения работы для достижения поставленной цели

упражнений, позволяющих учащимся проанализировать увиденное явление (что Вы увидели, что это означает, какие Ваши знания получили подтверждение, достигну ли цель опыта?) – определение возможности достижения цели при изменении параметров исследуемой системы для извлечения из эксперимента максимального физического содержания	– обсуждение возможных результатов эксперимента – выполнение эксперимента – организация заполнения соответствующих таблиц, отражающих результаты эксперимента – обработка результатов, формулировка результатов эксперимента в символической, графической, математической форме – фиксация полученных выводов учащимися в тетрадях с последующим коллективным обсуждением	(контролируется учителем) – составление ряда гипотез учащимися – выполнение работы – проверка выдвинутых гипотез, обоснование подтверждения или опровержения каждой из них – составление отчётов о проведённой работе, фиксация полученных выводов учащимися
Этап анализа результатов		
– Выделение нового физического знания (для учащихся) – выявление противоречий между первоначальным и полученным знаниями – формулировка учащимися под контролем учителя новых законов, явлений, определений	– Выявление противоречий между первоначальным и полученным знаниями – анализ полученных физических результатов, сравнение их с табличными значениями, расчет погрешностей.	обобщение, применение и распространение в новую познавательную ситуацию полученных и имеющихся знаний
Этап рефлексии за усвоением знаний и способов деятельности		
выполнение учащимися заданий аналогичных образцу и содержащих дополнительные условия, требующих прямого применения полученного знания и умения		организация кратких выступлений учащихся по результатам выполненной работы, которые затем обсуждаются на семинарах
Этап контроля усвоения способа получения знаний		
индивидуальное выполнение заданий, требующих самостоятельной разработки способов решения поставленной задачи (прохождение аналогичного пути получения знания)	выполнение дополнительного экспериментального задания требующего самостоятельной разработки способов решения поставленной задачи (прохождение аналогичного пути получения знания)	

В представленной модели описана деятельность учителя и учащихся в ходе учебного процесса по физике с использованием стандартных видов школьного физического эксперимента. Модель состоит из семи этапов, прохождение каждого из которых позволяет повысить эффективность обучения физике и выполнить новые требования ФГОС:

1) **этап входного контроля** – проверяет владение основами предыдущего физического материала. Его значение состоит в том, чтобы в ходе анализа результата выполнения задания отделить эффекты, связанные с методикой проведения экспериментов в ходе урока, от неспособности учащего усвоить эти результаты в силу собственной неподготовленности;

2) **мотивационный этап** нацелен на стимулирование устойчивого интереса учащихся к изучаемой проблеме;

3) **технический этап** определяет готовность учащихся к экспериментированию как практической деятельности;

4) **экспериментальный этап** – описана деятельность учителя и учащихся до, во время и после эксперимента, позволяющая учителю организовать максимально возможную познавательную деятельность учащихся (в том числе самостоятельную), а учащимся усвоить всё возможное на данном этапе изучения физики знание и умение;

5) **этап анализа результатов** позволяет учащимся оценить правильность полученных ими экспериментальных результатов, выявление противоречий между первоначальным и полученным знаниями;

6) на **этапе рефлексии за усвоением знаний и способов деятельности** проверяется успешность выполненного эксперимента с точки зрения понимания учащимися нового физического знания и приобретённого умения;

7) на **этапе контроля усвоения способа получения знаний** учитель определяет, усвоен ли учащимися путь получения нового знания и способность самостоятельного применения этого умения в новой познавательной ситуации.

Модель учебного процесса по усвоению способа получения знаний учащимися на основе ШФЭ была реализована нами в педагогическом эксперименте. На её основе были составлены рабочие листы, фиксирующие познавательную деятельность учащихся до, во время и после эксперимента как демонстрационного, так и лабораторного.

В качестве экспериментальных групп использовались классы, в которых уроки физики проводили учителя-участники педагогического эксперимента по разработанной в настоящей работе модели обучения. В контрольных группах обучение проводилось с использованием традиционных методов и средств обучения.

Результаты обработки рабочих листов представлены на рис. 1, 2:

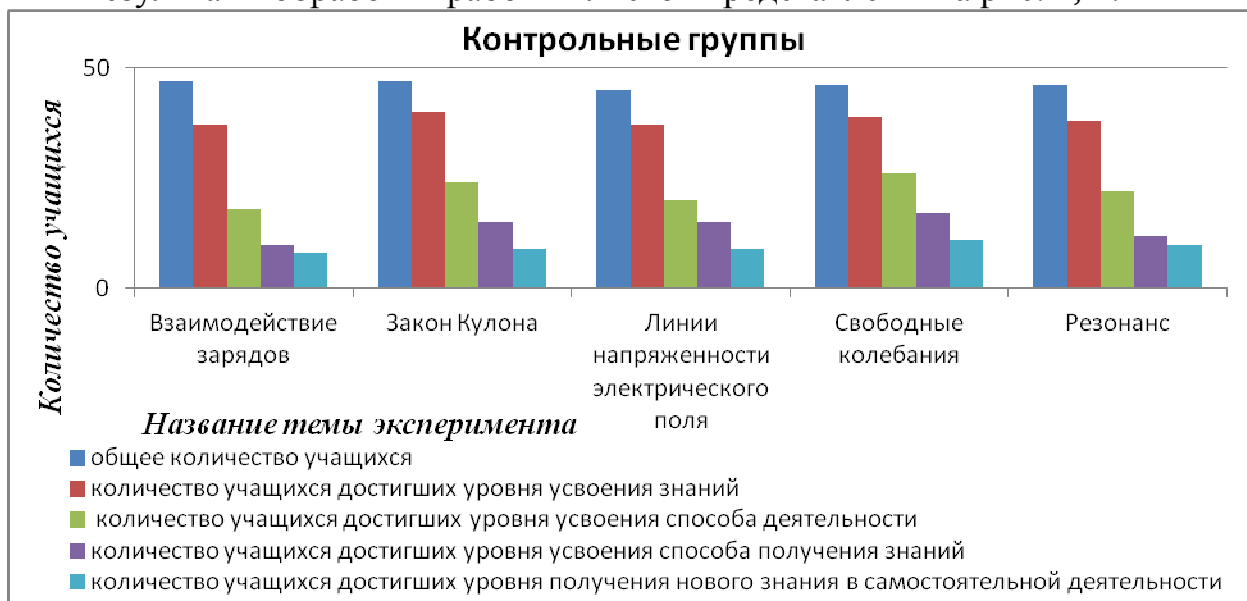


Рис. 1. Результаты контрольного этапа педагогического эксперимента контрольной группы учащихся

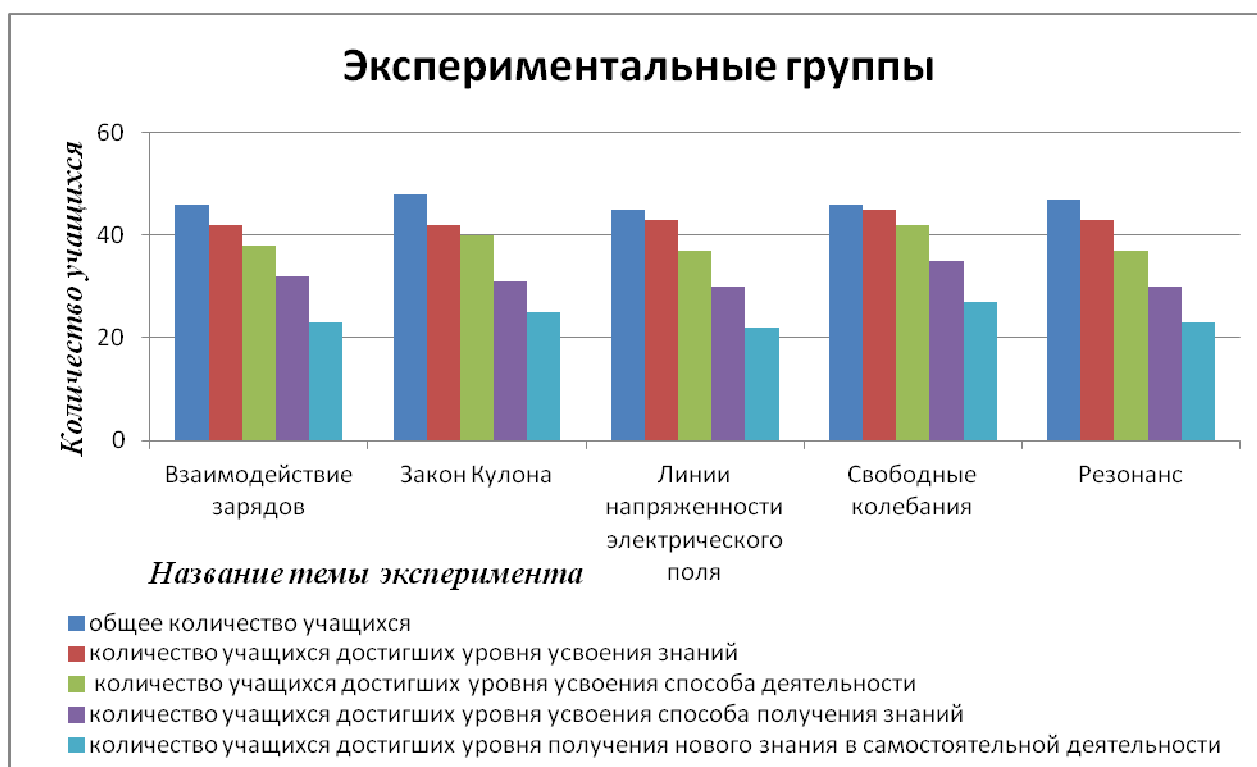


Рис. 2. Результаты контрольного этапа педагогического эксперимента
экспериментальной группы учащихся

Расчёт критерия χ^2 показал, что при сопоставлении распределений результатов деятельности учащихся контрольной группы различия между распределениями отсутствуют на уровне статистической значимости 0,95. Аналогичный результат наблюдается при сопоставлении распределений результатов деятельности учащихся экспериментальной группы. Однако, как видно из гистограмм, больше половины учащихся экспериментальной группы смогли достигнуть самого высокого уровня – усвоения способа получения знания и получение нового знания в самостоятельной деятельности, требуемого ФГОС. В контрольной группе только единицы смогли достигнуть аналогичного уровня.

Примечания

1. Беспалько В. П. Проблемы общеобразовательных стандартов США и России // Педагогика. – 1995. – №1. – С. 89–94.
2. Симонов В. П. На что опереться образовательному стандарту // Народное образование. – 1997. – №6. – С. 55–58.

Р. В. Майер

Глазовский государственный педагогический институт им. В. Г. Короленко

ПРОВЕРКА ТРЕТЬЕГО ОБОБЩЕННОГО ЗАКОНА КЕПЛЕРА МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В статье рассматривается метод компьютерного моделирования для освоения небесной механики в вузовском курсе астрономии.

Ключевые слова: движение планеты, закон Кеплера, компьютерная модель.

Одно из направлений информатизации образования заключается в применении компьютерных технологий в преподавании конкретных учебных дис-

циplin. Это предполагает разработку и использование простых компьютерных моделей физических, астрономических и других явлений природы, которые были бы понятны студентам и школьникам [3–5]. Метод компьютерного моделирования целесообразно применять тогда, когда аналитический метод не позволяет исследовать поведение рассматриваемой системы и решить задачу.

В настоящее время созданы различные компьютерные модели Солнечной системы, с помощью которых можно изучить целую совокупность астрономических явлений, начиная от Солнечных и Лунных затмений и заканчивая прохождением той или иной кометы мимо Юпитера. Они созданы профессиональными программистами и имеют несомненные преимущества [2]. Вместе с тем определённый интерес представляет собой компьютерное моделирование движения планеты, расчёт её перемещений по небесной сфере и решение других задач с помощью несложных программ, созданных студентами или преподавателями на учебных занятиях или в рамках учебно-исследовательской работы.

При изучении небесной механики в вузовском курсе астрономии возникает необходимость проверки основных законов и их следствий. Очевидно, что студент не сможет проверить законы Кеплера и другие соотношения с помощью результатов астрономических наблюдений или физического эксперимента. Убедиться в справедливости законов небесной механики можно только с помощью вычислительного эксперимента.

В [4] показано, как, используя электронные таблицы Excel, можно промоделировать движение частицы в центрально-симметричном поле и проверить третий закон Кеплера $T^2 / a^3 = 4\pi^2 / (GM_C)$, где M_C – масса Солнца. Третий обобщённый закон Кеплера формулируется так: для любых двух небесных тел массами m_1 и m_2 ,

обращающихся вокруг общего центра масс, выполняется: $\frac{T^2(m_1 + m_2)}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G}$, где

T – период обращения, a – большая полуось орбиты одного тела в системе отсчёта другого [1, с. 32]. Для проверки этого утверждения необходимо промоделировать движение двух небесных тел (например, звёзд) и, определив параметры орбиты и их период обращения, доказать данное соотношение.

Рассмотрим движение двух частиц m_1 и m_2 , притягивающихся с силой $F = Gm_1m_2 / r^2$. Расстояние между частицами $r = ((x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2)^{0,5}$, где (x_1, y_1) и (x_2, y_2) – их координаты. Пусть $x_2 > x_1$ и $y_2 > y_1$, тогда проекции сил притяжения равны: $F_{1x} = F \cos \alpha$, $F_{1y} = F \sin \alpha$, $F_{2x} = -F_{1x}$, $F_{2y} = -F_{1y}$, где $\cos \alpha = (x_2 - x_1) / r$, $\sin \alpha = (y_2 - y_1) / r$. Проекции ускорений, скоростей и координаты частицы вычисляются по формулам: $a_{ix}^{t+1} = F_{ix}^{t+1} / m_i$, $v_{ix}^{t+1} = v_{ix}^t + a_{ix}^{t+1} \Delta t$, $x_i^{t+1} = x_i^t + v_{ix}^{t+1} \Delta t$, $a_{iy}^{t+1} = F_{iy}^{t+1} / m_i$, $v_{iy}^{t+1} = v_{iy}^t + a_{iy}^{t+1} \Delta t$, $y_i^{t+1} = y_i^t + v_{iy}^{t+1} \Delta t$, $i = 1, 2$.

Программа 1

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
dt = 0.00005: m1 = 10: m2 = 1: x1 = 0: x2 = 13: y1 = 0: y2 = 0  
v2y = 15: v1y = -m2 * v2y / m1: a = (13 + 2.48) / 2  
While (flag = 0)  
t = t + dt: i = i + 1
```

```

r = Sqr((x1 - x2) * (x1 - x2) + (y1 - y2) * (y1 - y2))
sinal = (y2 - y1) / r: cosal = (x2 - x1) / r
F = -1000 * m1 * m2 / r / r: F1x = -F * cosal: F2x = F * cosal
F1y = -F * sinal: F2y = F * sinal: a1x = F1x / m1: a1y = F1y / m1
a2x = F2x / m2: a2y = F2y / m2: v1x = v1x + a1x * dt
v1y = v1y + a1y * dt: v2x = v2x + a2x * dt: v2y = v2y + a2y * dt
x1 = x1 + v1x * dt: y1 = y1 + v1y * dt: x2 = x2 + v2x * dt
y2 = y2 + v2y * dt: cosal = v1x / Sqr(v1x * v1x + v1y * v1y)
cosa2 = v2x / Sqr(v2x * v2x + v2y * v2y)
vv1 = v1x * v1x + v1y * v1y: vv2 = v2x * v2x + v2y * v2y
If (v2x > 0) And (v2y < 0) Then fl = 1
If (v2x < -2) And (fl = 1) Or (i > 50000) Then flag = 1
If i Mod 100 = 0 Then
Cells(i / 100, 1) = t: Cells(i / 100, 2) = x1
Cells(i / 100, 3) = y1: Cells(i / 100, 4) = x2
Cells(i / 100, 5) = y2: Cells(i / 100, 6) = r
Cells(i / 100, 7) = vv1: Cells(i / 100, 8) = vv2
Cells(i / 100, 9) = 1000 * (m1 + m2) * (2 / r - 1 / a): End If
Wend
End Sub

```

Таблица 1. Результаты вычислений

N	τ	x_1	y_1	x_2	y_2	r	v_1^2	v_2^2	v_T	v_{om}	v_{om}^2	δ
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	0,005	0,0001	-0,0150	12,9993	0,0750	12,9994	9,0023	225,06	309,74	18,00	324,08	0,0442
2	0,010	0,0006	-0,0300	12,9970	0,1500	12,9977	9,0091	225,23	309,99	18,01	324,33	0,0442
3	0,015	0,0013	-0,0450	12,9933	0,2250	12,9948	9,0205	225,51	310,40	18,02	324,74	0,0442
4	0,020	0,0024	-0,0600	12,9881	0,2999	12,9908	9,0364	225,91	310,97	18,04	325,31	0,0441
5	0,025	0,0037	-0,0750	12,9815	0,3748	12,9856	9,0569	226,42	311,71	18,06	326,05	0,0440
6	0,030	0,0053	-0,0899	12,9733	0,4496	12,9793	9,0820	227,05	312,61	18,08	326,95	0,0439
7	0,035	0,0073	-0,1049	12,9637	0,5244	12,9718	9,1117	227,79	313,68	18,11	328,02	0,0437
8	0,040	0,0095	-0,1198	12,9526	0,5991	12,9631	9,1460	228,65	314,91	18,15	329,26	0,0436
9	0,045	0,0120	-0,1348	12,9400	0,6738	12,9533	9,1850	229,62	316,31	18,18	330,66	0,0434
10	0,050	0,0148	-0,1497	12,9259	0,7483	12,9424	9,2286	230,72	317,88	18,23	332,23	0,0432
11	0,055	0,0179	-0,1645	12,9103	0,8227	12,9302	9,2769	231,92	319,62	18,27	333,97	0,0430
12	0,060	0,0214	-0,1794	12,8932	0,8970	12,9170	9,3300	233,25	321,53	18,33	335,88	0,0427

Используемая программа 1 содержит цикл, в котором пересчитываются проекции действующей силы, ускорения, скорости, координаты тел в последовательные моменты времени $\tau_i = i \cdot \Delta t$; результаты выводятся в таблицу, подобную табл. 1. На её основе, используя стандартные средства Excel, можно построить траектории движения (рис. 1). В наших расчётах массы звёзд, их координаты, скорости и гравитационная постоянная измеряются в условных единицах. Эта компьютерная модель также позволяет изучить центральное и нецентральное взаимодействие частиц, движение частицы в заданном поле центральных сил притяжения и отталкивания [5, с. 47–50].

Проверка третьего обобщённого закона Кеплера сводится к проведению серии вычислительных экспериментов при различных массах тел m_1 и m_2 , начальных скоростях и расстояниях между ними. Пусть первое тело при $t = 0$ всегда находится в начале координат O ($x_1^0 = 0$, $y_1^0 = 0$), а второе – в точке B на оси Ox ($y_2^0 = 0$). Тогда расстояние r между телами в начальный момент вре-

мени равно x_2^0 . Для удобства предлагается задавать только начальную скорость второго тела: $v_{2x}^0 = 0$ и v_{2y}^0 . Начальная скорость первого тела вычисляется из закона сохранения импульса так, чтобы центр масс системы оставался неподвижным относительно выбранной системы координат: $v_{1y}^0 = -m_2 v_{2y}^0 / m_1$. Программа рассчитывает только один оборот системы из двух тел. По получающейся таблице 1 определяют период T и среднее расстояние a между телами, которое равно полусумме максимального и минимального расстояний в моменты, когда тела пересекают ось Ox : $a = (r_{\max} + r_{\min}) / 2$. В обоих случаях, когда траектории тел не пересекаются (рис. 1.1) и пересекаются (рис. 1.2), среднее расстояние $a = (|OB| + |AC|) / 2$.

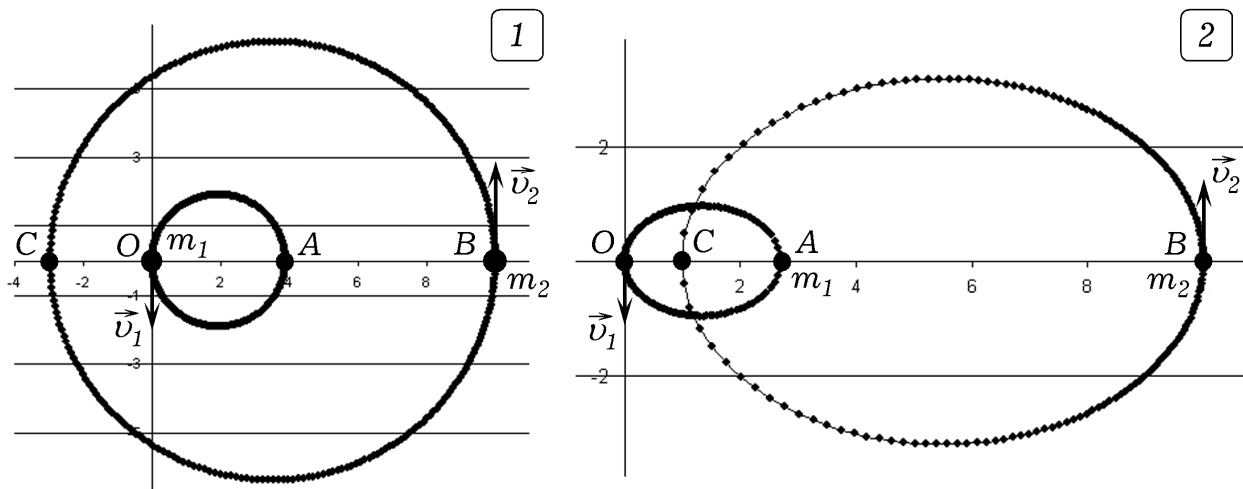


Рис. 1. Вращение двух небесных тел вокруг общего центра масс

По полученным результатам вычисляют значение $C = T^2(m_1 + m_2) / a^3$ и убеждаются в том, что оно независимо от масс звёзд, начальных расстояний, скоростей и траекторий движения имеет одно и то же значение (табл. 2). Величина C точно совпадает с теоретически ожидаемым $C_T = 4\pi^2 / G = 0,03948$ (в программе $G = 1000$ усл. ед.). Расхождение между C и C_T в третьем знаке объясняется погрешностями численного решения уравнений движения.

Таблица 2. Проверка третьего закона Кеплера

N	m_1	m_2	x_2^0	v_{2y}^0	T	a	C
1	10	0,2	10	25	1,235	7,3390	0,03936
2	10	0,5	10	25	1,245	7,4395	0,03953
3	10	0,5	10	30	1,790	9,4780	0,03951
4	10	1	10	20	0,970	6,4095	0,03931
5	10	1	15	15	1,675	9,2075	0,03954
6	10	2	10	15	0,795	5,7770	0,03934
7	10	2	15	15	1,655	9,4040	0,03952
8	10	3	10	25	1,345	8,4205	0,03939
9	10	3	10	15	0,780	5,8565	0,03937
10	10	5	10	25	1,480	9,4110	0,03942
11	10	10	15	10	0,905	7,4690	0,03931
12	10	10	10	25	2,165	13,3300	0,03958

Рассматриваемая компьютерная модель позволяет проверить формулу для расчёта линейной скорости лёгкого тела относительно тяжёлого (центрального) тела: $v_T^2 = G(m_1 + m_2)(2/r - 1/a)$, где r – расстояние между телами, a – большая полуось орбиты лёгкого тела. Программа выводит в 7 и 8 столбцы значения квадратов скоростей v_1^2 и v_2^2 обоих тел, а в столбец 9 – теоретически ожидаемое значение v_T . Так как в ц-системе отсчёта в каждый момент времени тела движутся в противоположных направлениях, то их относительная скорость равна $v_{отн} = \sqrt{v_1^2} + \sqrt{v_2^2}$. Среднее относительное отклонение $v_{отн}^2$ от теоретически ожидаемого v_T^2 не превышает $\delta_{cp} = 2\%$. Использование рассмотренных выше компьютерных моделей позволяет сформировать у студентов более глубокое понимание законов небесной механики.

Примечания

1. Воронцов-Вельяминов Б. А., Страут Е. К. Астрономия. 11 кл.: Учеб. для общеобразоват. учреждений. – М.: Дрофа, 2004. – 224 с.
2. Емец Н. П. Использование интерактивных компьютерных моделей в обучении астрономии студентов физических специальностей педагогических вузов: диссертация ... канд. пед. наук. – РГПУ: Санкт-Петербург, 2010. – 138 с.
3. Майер Р. В. Использование компьютерных моделей при изучении астрономии: расчет движения Марса по небесной сфере // Современная педагогика. 2014. № 12. URL: <http://pedagogika.snauka.ru/2014/12/3138>
4. Майер Р. В. Методика проведения лабораторной работы «Движение точки в поле центральной силы» в электронных таблицах EXCEL // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 12 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/12/41592>
5. Майер Р. В. Решение физических задач в электронных таблицах Excel: учебное пособие [Электронное учебное издание на компакт-диске]. – Глазов: Глазов. гос. пед. ин-т, 2016. – 148 с. – 14,0 Мб.

Е. И. Вараксина, И. В. Салтыков

Глазовский государственный педагогический институт им. В. Г. Короленко

ПРОДУКТИВНЫЕ УЧЕНИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ ПО ФИЗИКЕ В ОСНОВНОЙ ШКОЛЕ

Обсуждается проблема организации продуктивной внеурочной деятельности учащихся основной школы, представлена гипотеза и кратко описано содержание проводимого педагогического эксперимента.

Ключевые слова: основная школа, интерес к физике, внеурочная деятельность, учебные проекты.

Хорошо известно, что интерес к изучению физики в отечественной школе неуклонно снижается. Причина этого состоит в том, что за отведённое учебное время при существующей методике обучения школьники не в состоянии усвоить предусмотренный программой учебный материал. Поэтому необходимы внеурочные индивидуальные или в малых группах занятия с учащимися.

Мы *предположили*, что для организации внеурочной проектной деятельности по физике в массовой школе нужно создать такие условия, при которых учитель без значительных временных и материальных затрат организует дея-

тельность учащихся, результаты которой найдут непосредственное применение на уроках. Для проверки этого предположения мы разработали специальные дидактические ресурсы проектной деятельности (ДРПД) [1] объёмом не более одной страницы, которые включают: 1) название ученического проекта; 2) цель проекта; 3) проблему учебного исследования; 4) возможный вариант решения проблемы; 5) перечень оборудования, необходимого для выполнения проекта; 6) систему заданий, последовательное выполнение которой приводит к решению проблемы и достижению цели проекта; 7) рекомендации по подготовке презентации проекта; 8) список источников информации. Эти ресурсы можно интерпретировать как методические модели продуктивной внеурочной деятельности учащихся по подготовке учебного физического эксперимента для уроков физики.

В таблице 1 приведены класс, название выполняемого учащимися проекта и параграф школьного учебника [2-4], при изучении которого на уроке планируется применять полученные в проектной деятельности результаты. Для отбора доступных для учителя и школьников проблем учебных проектов и разработки ДРПД были использованы материалы журналов «Физика в школе», «Учебная физика», «Потенциал», сборника научных трудов «Проблемы учебного физического эксперимента».

Гипотеза проводимого нами педагогического эксперимента состоит в следующем: учителю физики достаточно бегло ознакомиться с разработанным заранее ДРПД, оценить целесообразность осуществления проекта, передать ДРПД звену из двух заинтересованных в учебном исследовании школьников и составить расписание встреч с ними – все остальное учащиеся сделают самостоятельно.

Первые результаты педагогического эксперимента обнадеживают. Для встреч с выполняющими проекты школьниками выделено по одному часу времени в три дня недели. К выполнению проектов в сентябре текущего года приступили 17 звеньев из учащихся 7–9 классов, всего 33 человека. Все школьники изучили предоставленные им ресурсы проектной деятельности, приняли цели проектов и осознали проблемы предстоящих учебных исследований. На встречах с учителем учащимся были даны ответы на многочисленные вопросы о возможных вариантах решения проблем и советы по поводу необходимого для выполнения проектов оборудования. Школьники самостоятельно подбирают материалы и инструменты, в домашних условиях полностью или частично изготавливают приборы, в кабинете физики собирают экспериментальные установки, подготавливают презентации выполненных проектов и с полученными результатами выступают перед классом. Чистое время, затрачиваемое учителем на руководство одним проектом, не превышает 2 часов.

Таблица 1

№	Тема проекта	Параграф учебника
7 класс		
1	Капельница как отметчик равных промежутков времени	Механическое движение
2	Экран для визуализации траекторий движения тел с помощью капельницы	Равномерное и неравномерное движение

№	Тема проекта	Параграф учебника
3	Эффектная демонстрация инерции: излом висящего на бумажных кольцах стержня резким ударом	Инерция
4	Демонстрация взаимодействия тел с помощью самодельных тележек	Взаимодействие тел
5	Подъем системы блоков по канату вверх, когда его конец тянут вниз	Применение правила равновесия рычага к блоку
6	Обоснование правила моментов с помощью воздушного сегнерова колеса	Момент силы
8 класс		
7	Демонстрация вращательного движения ракеты на парах спирта	Закон сохранения и превращения энергии в механических и тепловых процессах
8	Конденсация насыщенного пара при его охлаждении	Испарение. Насыщенный и ненасыщенный пар
9	Демонстрация действующей модели гейзера	Кипение
10	Моделирование парореактивного движителя лодки	Двигатель внутреннего сгорания
11	Демонстрация отражения света от зеркала в мутной среде	Отражение света. Закон отражения света
12	Демонстрация преломления света на границе раздела мутных сред	Преломление света. Закон преломления света
9 класс		
13	Демонстрация перегрузок и невесомости посредством взаимодействующих магнитов	Движение тела, брошенного вертикально вверх. Невесомость

Практически значимыми результатами трёх полностью завершённых в этом учебном году проектов учащихся 8 класса являются: 1) действующая модель гейзера, 2) установка для демонстрации конденсации насыщенного водяного пара и 3) ракета на парах спирта с бифилярным подвесом. Эти результаты были представлены исполнителями проектов на уроках физики. Реакция класса была положительной и весьма эмоциональной.

Таким образом, педагогический эксперимент в целом подтверждает перспективность исследования, направленного на создание дидактических ресурсов продуктивных ученических проектов по физике для основной школы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ и Удмуртской Республики в рамках научного проекта № 16-16-18008.

Примечания

1. Майер В. В., Варакина Е. И. Образовательные ресурсы проектной деятельности школьников по физике: монография. – М.: ФЛИНТА: Наука, 2015. – 224 с.

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

3. Перишкин А. В. Физика. 8 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений. – М.: Дрофа, 2013. – 237 с.

4. Перишкин А. В., Гутник Е. М. Физика. 9 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений. – М.: Дрофа, 2014. – 319 с.

Е. И. Вараксина, В. В. Майер

Глазовский государственный педагогический институт им. В. Г. Короленко

МОДЕЛЬ УЧЕНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМУ ОБОСНОВАНИЮ ПРАВИЛА ЛЕНЦА

Разработано содержание ученического проекта, результаты которого могут быть использованы на уроке физики в основной и старшей школе для экспериментального обоснования правила Ленца.

Ключевые слова: ученический проект, индикатор тока, правило Ленца, экспериментальное обоснование.

В статье [1] отмечается: «Все попытки разработать методику изучения *правила Ленца* в основной школе пока не увенчались успехом». Далее делается вывод, с которым трудно согласиться: *«Поэтому его нецелесообразно изучать в основной школе. Достаточно ограничиться исследованием зависимости индукционного тока от условий его получения»*. Однако обозначенная здесь проблема имеет решение, и оно может быть получено при реализации во внеурочной проектной деятельности *педагогической технологии развития способностей школьников самостоятельно учиться, научно мыслить и творчески действовать на основе метода научного познания*, которая создана академиком РАО В. Г. Разумовским [2].

Мы предлагаем дидактическую модель ученического проекта по экспериментальному обоснованию правила Ленца на уроке физики в основной и старшей школе. Исполнителями проекта могут быть учащиеся 11 класса, так как на его выполнение требуется не более 6 часов чистого времени. Но проект вполне по силам и учащимся 8 класса, если учитель будет своевременно снимать возникающие у них трудности. Опыт работы показывает, что оптимально, если учебно-исследовательский проект выполняет звено из двух школьников.

1. Проблема. Согласно правилу Ленца индукционный ток имеет такое направление, что своим магнитным полем противодействует вызвавшей его причине. Проблема исследования заключается в ответе на вопрос: какой должна быть серия опытов, демонстрация которых на уроке убедительно покажет учащимся основной школы, что: 1) в замкнутом проводящем контуре при изменении пронизывающего его магнитного потока действительно возникает электрический ток, вызванный ЭДС электромагнитной индукции; 2) направление индукционного тока в контуре зависит от направления скорости изменения индукции магнитного поля и определяется правилом левого винта; 3) магнитное поле индукционного тока противодействует причине, вызвавшей его появление?

2. Оборудование: 1) два цилиндрических неодимовых магнита диаметром 20 мм и длиной 20 мм каждый; 2) прозрачная пластиковая пробирка внутренним диаметром 22 мм и длиной 240 мм; 3) медный провод диаметром 0,35 мм в лаковой изоляции; 4) лампочка накаливания на 2,5 или 3,5 В; 5) магнитная стрелка или компас; 6) операционный усилитель ОР07; красный и зелёный светодиоды; резисторы сопротивлением 1,8 Ом (двухваттный), 47 Ом, 1 кОм (три шт.), 1 МОм, конденсатор 1000 пФ; две батареи типа BF22 на 9 В;

соединительные провода, крокодилы, паяльные и монтажные инструменты; 7) изолон, картон, клей ПВА, ножницы, нож.

3. Приборы. Для выполнения исследовательского проекта необходимо изготовить два прибора.

1) *Электромагнитный генератор Фарадея.* Из тонкого картона склейте цилиндрический каркас катушки так, чтобы он мог свободно скользить по пробирке, и его длина была равна длине одного неодимового магнита. На каркас аккуратно виток к витку намотайте обмотку из примерно 1000 витков медного провода в изоляции. Выводы обмотки сделайте тонкими многожильными проводами в хлорвиниловой изоляции. Продумайте способ быстрого крепления катушки посередине пробирки. Если вам не удалось приобрести нужную по размерам прозрачную пробирку, попробуйте сделать самостоятельно прозрачную трубку из полиэфирного стекла толщиной около 0,5 мм.

2) *Индикатор направления электрического тока.* Направление электрического тока в катушке генератора Фарадея можно определить с помощью светодиода, который загорается, если ток идёт от анода светодиода к его катоду. Но сопротивление даже горящего светодиода довольно велико, что ограничивает силу тока в катушке генератора. Поэтому для индикатора направления тока лучше изготовить простой усилитель с небольшим входным сопротивлением.

Принципиальная схема прибора изображена на рис.1. Чтобы разобраться в

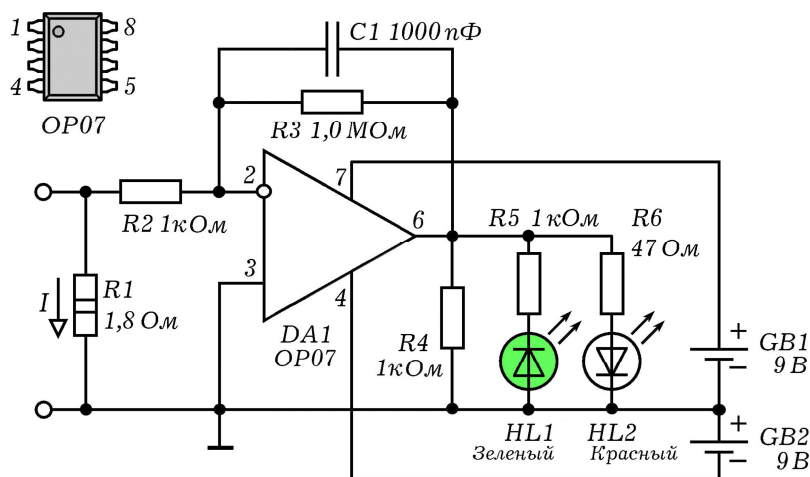


Рис.1

работе этой схемы, найдите и изучите информацию о принципе действия операционного усилителя. При правильной сборке никакого налаживания индикатор направления тока не требует. Так как усилитель в индикаторе играет вспомогательную роль, то для демонстрационных опытов лучше на переднюю панель прибора вывести зелёный и

красный светодиоды *HL1* и *HL2* и изобразить две стрелки, соответствующие направлениям тока *I* (рис.2). На рис.1 окраской обозначен светодиод, загорающийся при указанном направлении тока *I* через входной резистор *R1* индикатора. При противоположном направлении тока загорается другой светодиод.

4. Эксперимент. В серии экспериментов с изготовленными приборами изучите явление электромагнитной индукции. Для этого нужно чётко выделять условия каждого опыта, внимательно наблюдать получающиеся результаты и, пользуясь законами электродинамики, правильно их объяснять.

Опыт 1. Возникновение индукционного тока. Соберите электромагнитный генератор Фарадея. Для этого на дно пробирки положите амортизатор, вырезанный из изолона, внутрь пробирки введите систему из двух неодимовых магнитов, закройте отверстие пробирки пробкой или крышкой с амортизато-

ром, наденьте на пробирку катушку и закрепите ее посередине пробирки. К выводам катушки подключите лампочку накаливания. Взяв прибор в руку, приведите его в колебательное движение так, чтобы магнит пролетал сквозь катушку. Вы увидите, что при этом лампочка загорается. Если магнит находится внутри катушки неподвижно, то лампочка не горит. Пронаблюдайте, опишите и объясните все детали обнаруженного в опыте явления.

Опыт 2. Направление индукционного тока. Вместо лампочки к выводам катушки подключите индикатор направления тока. Наклоните генератор Фарадея так, чтобы составной магнит быстро скользил внутри пробирки. Вы будете наблюдать, что при приближении магнита к катушке загорается один из светодиодов, а при удалении – другой. По свечению светодиодов определите направление электрического тока в катушке. Убедитесь, что результаты эксперимента соответствуют закону Фарадея электромагнитной индукции.

Опыт 3. Правило Ленца. Выводы катушки оставьте разомкнутыми. Наклоняя генератор Фарадея, убедитесь, что магнит движется внутри пробирки от верхнего её конца к нижнему без торможения. Точно так же он движется, если вообще снять катушку с пробирки. Наденьте катушку обратно и замкните накоротко её выводы. В этом случае движение магнита при приближении к катушке и удалении от неё заметно замедляется. Отсюда и из предыдущих опытов следует предположение, что в катушке при изменении пронизывающего её магнитного потока возникает индукционный ток, магнитное поле которого препятствует движению магнита. Это предположение нуждается в экспериментальной проверке.

Опыт 4. Направление магнитного поля индукционного тока. К катушке подключите индикатор направления тока и наклоните генератор Фарадея так, чтобы магнит сравнительно медленно скользил внутри пробирки. Теперь вы можете уверенно наблюдать, что при приближении магнита к катушке он затормаживается, и загорается, например, красный светодиод (рис. 2 а). Выходя из катушки, магнит снова затормаживается, и загорается зелёный светодиод (рис. 2 б). Следовательно, торможение движущегося сквозь катушку магнита связано с направлением индукционного тока в катушке. Определите направление намотки катушки. Зная направления индукционного тока, найдите соответствующие направления магнитного поля катушки и убедитесь, что это поле направлено противоположно изменению вызвавшего его поля неодимового магнита.

Опыт 5. Взаимодействие постоянного магнита и катушки с током. Окончательно убедиться в правильности теории явления электромагнитной индукции вы сможете, если ток в катушке получите от внешнего источника и обнаружите, что он действует на магнит точно так же, как индукционный ток. Например, вы заметили, что при приближении к катушке магнит тормозится, и загорается красный светодиод (рис. 2 а). Подключите батарею гальванических элементов так, чтобы ток через катушку шёл в том же направлении, то есть обозначался красным светодиодом. Немедленно вы убедитесь, что ток такого направления действительно отталкивает магнит от катушки (рис. 2 в)! Теперь ток пустите через катушку в противоположном направлении, и вы увидите, что он не выпускает магнит из катушки (рис. 2 г). Понятно, что в отличие от опыта с внешним источником индукционный ток не может остановить магнит, так как неподвижный относительно катушки магнит никакого тока не возбуждает.

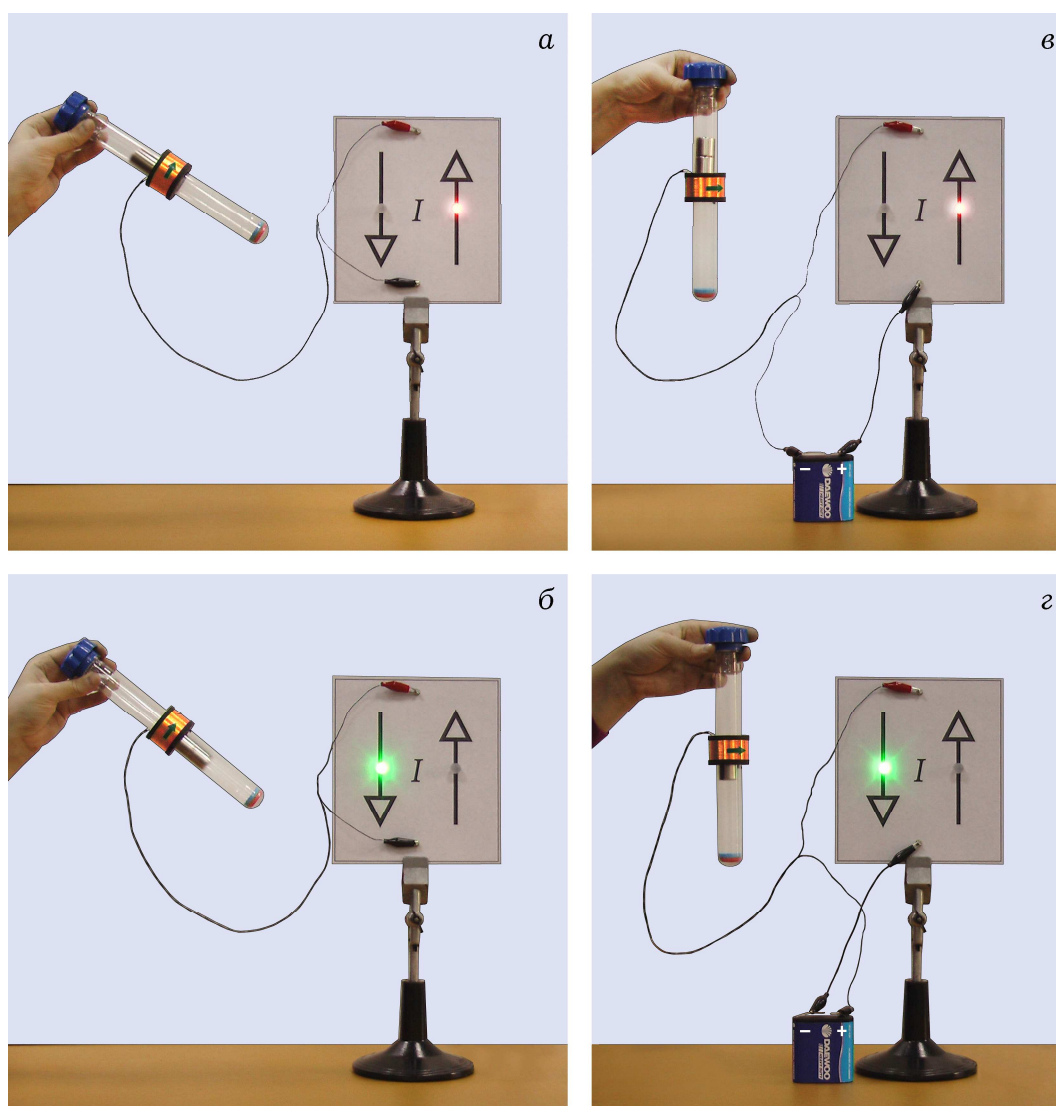


Рис. 2

Опыт 6. Принцип относительности в электродинамике. Двумя полосками изолона закрепите магнит посередине пробирки. Катушку освободите от крепления так, чтобы она могла свободно скользить по пробирке. Повторите описанные выше опыты с катушкой, движущейся относительно магнита, и сделайте соответствующие выводы.

5. Презентация. Выберите из сделанных вами опытов те, которые можно быстро и убедительно продемонстрировать на уроке. Потренируйтесь в постановке опытов. Научитесь давать краткие и точные объяснения наблюдаемым явлениям. Выступите перед классом с результатами выполненного вами исследовательского проекта.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ и Удмуртской Республики в рамках научного проекта № 16-16-18008.

Примечания

1. Никифоров Г. Г. Физика в основной школе: «проблема 2-2-2» и возможные направления её решения // Физика в школе. – 2014. – № 7. – С. 17–27.

2. Разумовский В. Г. Проблемы теории и практики школьного физического образования: избранные научные статьи / В. Г. Разумовский; составитель Ю. А. Сауров. – М.: Изд-во РАО, 2016. – 196 с. (С.65–72).

С. И. Калинин, Д. В. Перевощиков

Вятский государственный университет, Кировский ЦДООШ

К ПРОБЛЕМЕ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ В ШКОЛЬНЫХ КУРСАХ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ

В статье авторы излагают свой критический взгляд на существующие проблемы межпредметных связей в школьных курсах физики и математики, рассматривается подход к введению в курсе физики X класса понятия мгновенной скорости.

Ключевые слова: физика, математика, межпредметные связи, вектор, производная функции, скорость.

Математика и физика обычно считаются наиболее трудными школьными предметами. История их преподавания указывает нам на то, что эти направления подготовки учащихся развивались взаимосвязано, стимулируя обоюдный процесс. Сегодня же в образовательной практике считается, что в школьном образовании интеграция физики и математики возможна только в классах с углублённым изучением этих предметов. Что касается физики, то многие элементы такой интеграции могут, на наш взгляд, сделать её изложение более ясным и доступным на всех уровнях школьного образования.

Общение со школьниками показывает, что непонимание ими какого-либо вопроса из курса физики часто связано с отсутствием навыков анализа функциональных зависимостей, составления и решения математических уравнений, неумением проводить алгебраические преобразования и выполнять геометрические построения.

Школьная же математика нам представляется, к сожалению, оторванной от потребностей физики как по отбору материала, так и по его трактовкам, постановке задач и развитию творческих навыков учащихся.

Наблюдаемое невнимание к физике со стороны авторов учебников по математике причиняет урон и самому обучению математике – затрудняет её понимание школьниками, притупляет к ней интерес, принижает роль математики как фундаментальной науки. Нередко не используемый в физике математический аппарат плохо держится в памяти.

Современное преподавание разделов физики требует органичного сочетания экспериментального и теоретического методов изучения данной дисциплины, выявления сути физических законов на основе доступных школьникам понятий и методов элементарной математики. Такой подход одновременно обеспечивает повышение уровня математических знаний, более эффективно формирует логическое мышление, осознание единства материального мира. В представленных условиях школьники испытывают удовлетворение от получаемых знаний, они замечают, что абстрактные математические формулы и уравнения имеют реальное воплощение в физических явлениях и процессах. Учащиеся начинают чувствовать прикладной характер математики.

Анализ практики обучения школьников физике и математике показывает, что учитель математики, как правило, не соглашается ввести понятия вектора в начале 7 класса, понятия производной и интеграла – в начале 10 класса, когда упоминаемые понятия нужны учителю физики для рационального изложения физических вопросов, таких как сила, средняя скорость, мгновенная скорость,

ускорение, работа и т. д. Учителя физики считают, что изучать в 11 классе дифференцирование и интегрирование функций слишком поздно, и в этом есть доля истины. Математики же не без основания возражают, что нельзя поступать последовательностью и строгостью изложения материала – этим был бы непоправимо испорчен познавательный интерес школьников к математике.

Рассмотрим отмечаемые выше проблемы подробнее на примере самого распространённого учебника физики для 10 класса Г. Я. Мякишева [1], акцентируя внимание лишь на введении понятия скорости. В этом учебнике понятие мгновенной скорости вводится после фиксирования понятия средней скорости. Прочитируем определение: «Мгновенная скорость точки есть величина, равная пределу отношения перемещения $\Delta \vec{r}$ к промежутку времени Δt , в течение которого это перемещение произошло, при стремлении промежутка Δt к нулю». Также особое внимание уделяется направлению данного вектора: «Выясним теперь, как направлен вектор мгновенной скорости. В любой точке траектории вектор мгновенной скорости направлен так, как в пределе, при стремлении промежутка времени Δt к нулю, направлена средняя скорость перемещения. Эта средняя скорость направлена так, как направлен вектор перемещения $\Delta \vec{r}$. При уменьшении промежутка времени Δt вектор $\Delta \vec{r}$, уменьшая свою длину, одновременно поворачивается. Чем короче становится вектор $\Delta \vec{r}$, тем ближе он к касательной, проведённой к траектории в данной точке. Следовательно, мгновенная скорость направлена по касательной к траектории». Исходя из цитат, можно говорить, что понятие мгновенной скорости в данном учебнике вводится словесно на основании понятия стремления переменной к нулю, однако не совсем ясным предстаёт в этих рассуждениях зависимость $\Delta \vec{r}$ от Δt .

Обратимся также к профильному учебнику физики для 10 класса В. А. Касьянова [2]. Прочитируем определение мгновенной скорости из этого учебника: «Способ расчёта мгновенной скорости движения не был известен вплоть до середины XVII в., когда Ньютоном было точно определено одно из самых поэтических понятий — мгновение как предельно (бесконечно) малый интервал времени. Чем меньше этот интервал, тем меньше за это время успевают измениться скорость, тем точнее её можно определить. Если за промежуток времени Δt частица проходит путь Δl , то модуль мгновенной скорости (или просто скорости) определяется следующим образом: $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta l}{\Delta t}$ ».

Как видим, скорость снова определяется посредством предела переменной величины, который выражает производную соответствующей функции. Однако понятия предела и производной в начале 10 класса не являются учащимися изученными. Возникает проблема понимания одного из фундаментальных понятий в физике.

В школьном курсе алгебры и начал математического анализа для 11 класса введение понятия производной, как правило, предваряется рассмотрением задачи об определении мгновенной скорости тела (материальной точки) в фиксированный момент времени t_0 , когда тело совершает неравномерное движение вдоль прямой. Закон движения при этом описывается функцией $s(t)$, которая

задаёт путь, проходимый к моменту t . При решении данной задачи авторы учебников с точностью до обозначений сначала рассматривают среднюю скорость тела (точки) во временном промежутке $[t_0; t_0 + \Delta t]$ ($\Delta t > 0$):

$$v_{cp} = \frac{s(t_0 + \Delta t) - s(t_0)}{\Delta t}, \text{ а затем – мгновенную: } v(t_0) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{s(t_0 + \Delta t) - s(t_0)}{\Delta t}.$$

Далее ими оговаривается, что так определяемая мгновенная скорость $v(t_0)$ есть производная функции $s(t)$ в точке t_0 , которая обозначается символом $s'(t_0)$.

Например, в учебнике [3] для базового и углублённого уровней изучения математики авторы на с. 70 сначала рассматривают равномерное движение тела вдоль прямой $s(t) = s_0 + v_0 t$, где s_0 – расстояние от точки отсчёта в момент $t = 0$. Скорость равномерного движения ими определяется формулой $v_0 = \frac{s(t_2) - s(t_1)}{t_2 - t_1}$, где t_1, t_2 ($t_1 < t_2$) – фиксированные моменты времени.

Затем рассматривается неравномерное движение. В этом случае авторы среднюю скорость v_{cp} на промежутке времени $[t_1; t_2]$ определяют разностным отношением: $v_{cp} = \frac{s(t_2) - s(t_1)}{t_2 - t_1}$. Фиксируя t_0 из временного промежутка $[t_1; t_2]$,

они ставят вопрос вычисления предела $\lim_{t \rightarrow t_0} \frac{s(t) - s(t_0)}{t - t_0}$. Если данный предел существует, то его значение v_0 называют мгновенной скоростью в момент t_0 .

Авторы учебника адресуют учащимся вопрос: какую мгновенную скорость будет иметь тело через 5 с после начала движения, если $s(t) = s_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$, где $s_0 = 8$ м, $v_0 = -4$ м/с, $a = 10$ м/с².

После представленного материала в учебнике [3] вводится понятие так называемого производного числа $f'(x_0)$ функции f в точке x_0 :

$$f'(x_0) = \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}.$$

Заметим, что производное число определяется и в терминах отношения разностей значений функции и ее аргумента, и в терминах приращений.

В другом учебнике [4] серии «МГУ – школе» изучение производной начинается с рассмотрения на с. 89 закона движения тела вдоль прямой, задаваемого формулой $s(t) = 4t^2$. Фиксируя временной промежуток $[t; t + \Delta t]$, авторы находят выражение средней скорости на этом промежутке: $v_{cp} = 8t + 4\Delta t$. Подчёркивается, что при стремлении Δt к нулю это выражение имеет предел $8t$, который указывает на значение мгновенной скорости в момент t .

Затем в учебнике предлагается общее определение мгновенной скорости $v(t)$ в момент t для закона движения $s = f(t)$ в терминах отношения приращения пути к приращению времени: $v(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} v_{cp} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{f(t + \Delta t) - f(t)}{\Delta t}$.

После рассмотрения материала из физики внимание учащихся обращается на осмысление определения понятия производной функции в точке.

Аналогичный подход к введению понятия производной функции реализуется и в других действующих учебниках алгебры и начал математического анализа для учащихся 11-го класса – сначала осмысливается определение мгновенной скорости, а потом вводится определение производной функции. Рекомендуем читателю обратиться к учебникам [5–7].

Подчеркнём ещё раз, что во всех цитируемых учебниках математики представленный содержательный материал изучается в 11 классе, в то время как понятие мгновенной скорости в курсе физики учащиеся осваивают в 10 классе, когда им ещё совсем не знакомо понятие предела функции, к тому же, в векторной форме.

Как следует из анализа цитируемых учебников физики и математики, межпредметные связи данных дисциплин, безусловно, имеют место. Но как они реализуются с точки зрения эффективности обучения этим дисциплинам?

Представляется целесообразным понятие мгновенной скорости учащимся 10 класса вводить в курсе физики следующим образом. Пусть закон движения тела в пространстве с системой координат $Oxuz$ задаётся векторной величиной $\vec{r} = \vec{r}(t)$, где t – время, а $\vec{r}(t)$ – вектор, начало которого совпадает с началом O системы координат, а конец совпадает с положением тела в пространстве в момент времени t . Пусть t_0 – фиксированный момент времени. Свяжем с ним две произвольные последовательности t'_n ($t'_n \leq t_0$) и t''_n ($t''_n \geq t_0$), $t'_n \neq t''_n$ ($n = 1, 2, \dots$), стремящиеся к t_0 при $n \rightarrow \infty$. Каждому n будет отвечать тогда перемещение $\Delta_n \vec{r} = \vec{r}(t''_n) - \vec{r}(t'_n)$ тела во временном промежутке $[t'_n; t''_n]$.

Мгновенной скоростью движущегося тела в момент t_0 назовём предел $\vec{v}(t_0) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\Delta_n \vec{r}}{t''_n - t'_n}$ (1). Если вектор $\vec{r}(t)$ имеет координаты $x(t), y(t), z(t)$, а вектор $\vec{v}(t_0)$ – координаты $v_x(t_0), v_y(t_0), v_z(t_0)$, то соотношение (1) равносильно за-

данию соотношений $v_x(t_0) = \lim_{t \rightarrow t_0} \frac{x(t''_n) - x(t'_n)}{t''_n - t'_n}, \quad v_y(t_0) = \lim_{t \rightarrow t_0} \frac{y(t''_n) - y(t'_n)}{t''_n - t'_n},$

$v_z(t_0) = \lim_{t \rightarrow t_0} \frac{z(t''_n) - z(t'_n)}{t''_n - t'_n}$ (2).

Формулы (1)–(2) используют понятие предела числовой последовательности. Его десятиклассникам освоить проще, нежели понятие предела функции (и вектор-функции) в точке. И ввести данное понятие можно на уроке физики. Проиллюстрируем последнее.

Пусть имеется числовая последовательность $\{x_n\}$. Будем говорить, что число a есть предел данной последовательности при $n \rightarrow \infty$, если какую бы ок-

рестность $u_\varepsilon(a) = (a - \varepsilon; a + \varepsilon)$ точки a мы не взяли, начиная с некоторого номера, все члены последовательности будут попадать в эту окрестность. Предел обозначают символами $a = \lim_{n \rightarrow \infty} x_n$, $x_n \rightarrow a$.

Можно привести следующий пример, иллюстрирующий приведённое определение. Пусть $x_n = (-1)^n \frac{1}{n}$. Покажем, что $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = 0$.

Действительно, попадание точки x_n в окрестность $u_\varepsilon(0) = (-\varepsilon; \varepsilon)$ равносильно выполнению неравенства $1/n < \varepsilon$, которое, в свою очередь, равносильно неравенству $n > 1/\varepsilon$. Следовательно, все члены рассматриваемой последовательности, у которых номера превосходят число $1/\varepsilon$, будут попадать в окрестность $u_\varepsilon(0)$. Наименьшим из таких номеров будет $[1/\varepsilon] + 1$.

Следует отметить, что пределы (1)–(2) определяют так называемые двусторонние производные рассматриваемых функций в точке t_0 , если они не зависят от выбора последовательностей t'_n и t''_n . Известно [8, с. 12], что если функция определена в окрестности фиксированной точки, то она в данной точке дифференцируема в обычном смысле тогда и только тогда, когда она в этой точке обладает двусторонней производной. В приводимых условиях обычная производная функции в рассматриваемой точке и ее двусторонняя производная совпадают. Таким образом, мы можем говорить о корректности предлагаемого подхода к введению понятия мгновенной скорости тела. Наш подход не противоречит традиционному подходу.

Примечания

1. Мякишев Г. Я. Физика. 10 класс : учеб. для общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. В. И. Николаева, Н. А. Парфентьевой. — 19-е изд. — М. : Просвещение, 2010. — 366 с.
2. Касьянов В. А. Физика. 10 класс. Профильный уровень. — М., 2013. — 432 с.
3. Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия: учебник для 11 класса общеобразовательных организаций. Базовый и углубл. уровни / В. В. Козлов, А. А. Никитин, В. С. Белоносов, А. А. Мальцев, А. С. Марковичев, Ю. В. Михеев, М. В. Фокин; под ред. В. В. Козлова, А. А. Никитина. — М.: ООО «Русское слово – учебник», 2015. — 400 с.
4. Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия. Алгебра и начала математического анализа. 11 класс: учебник для общеобразоват. организаций: базовый и углубл. уровни / [С. М. Никольский, М. К. Потапов, Н. Н. Решетников, А. В. Шевкин]. — М.: Просвещение, 2014. — 464 с.
5. Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия. Алгебра и начала математического анализа. 11 класс: учебник для общеобразоват. организаций: углубл. уровень / М. Я. Пратусевич, К. М. Столбов, А. Н. Головин. — М.: Просвещение, 2014. — 463 с.
6. Математика: алгебра и начала математического анализа, геометрия. Алгебра и начала математического анализа. 10–11 классы: учебник для общеобразоват. организаций: базовый и углубл. уровни / [Ш. А. Алимов, Ю. М. Колягин, М. В. Ткачева, Н. Е. Федорова, М. И. Шабунин]. — 2-е изд. — М.: Просвещение, 2015. — 463 с.
7. Математика. Алгебра. Начала математического анализа. Профильный уровень: учебник для 11 класса / М. И. Шабунин, А. А. Прокофьев. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: БИНОМ: Лаборатория знаний, 2012. — 391 с.
8. Попов В. А. Новые основы дифференциального исчисления. Учеб. пособие для спецкурсов. — Сыктывкар: «ПОЛИГРАФ-СЕРВИС», 2002. — 64 с.

М. П. Позолотина

Вятский государственный университет, Кировский ЦДООШ

О ПРОБЛЕМЕ ДИАГНОСТИКИ ФИЗИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ

В статье обозначена проблема диагностики физического мышления, представлены основные идеи решения указанной проблемы.

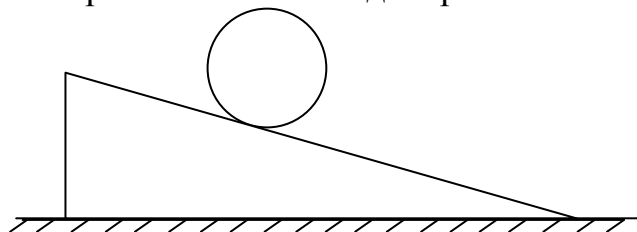
Ключевые слова: физическое мышление, нормы мыслительной деятельности, диагностика физического мышления.

Постановка научно-методической проблемы. Для достижения основных целей обучения физике – формирования мировоззрения и мышления школьников – образовательный процесс должен предусматривать постоянную обратную связь «ученик–учитель». На данный момент существует небольшое разнообразие методик для осуществления мониторинга развития школьников при обучении физике [1], они, в большинстве, сводятся к контролю текущих знаний и умений учащихся, а общепризнанные методики диагностики физического мышления практически отсутствуют. Все это отражается на результатах итоговой аттестации школьников.

Идеи диагностики мышления. Важно, чтобы методические решения были технологичными и эффективными. В нашем случае физическое мышление рассматривается в *двух главных аспектах*:

– мышление как мыслительная деятельность. Нормы мышления осваиваются в деятельности, основными видами которой являются моделирование и экспериментирование; мышления невозможно без норм, но прямо нормируется только мыслительная деятельность;

– физическое мышление – знаковое мышление. Использует обозначения-знаки явлений (например, рисунок, график), обозначения характеристик объектов (физические величины) и оперирует этими знаками при описании явлений, построении моделей. Мышление – это «замещение объектов знаками и действия со знаками, позволяющие раскрывать и создавать мысли и решать задачи» [2].



Диагностика не может быть нацелена на изучение физического мышления как феномена в целом. Диагностированию должно быть подвержено усвоение учащимися норм деятельности, сформулированных в методике обучения физике на языке умений.

Представим результаты диагностики мышления на примере решения одной **задачи**: «Опишите явления, происходящие с объектами (см. рис)». Время выполнения – 10 минут.

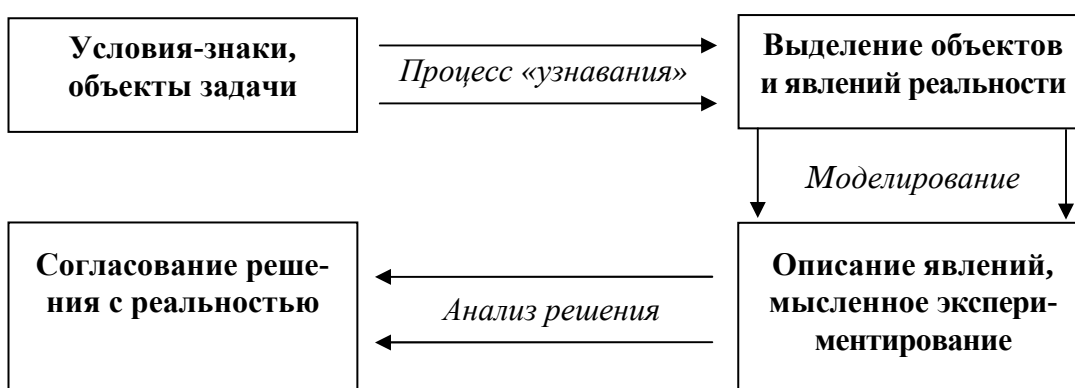
Задание было предложено учащимся 8–10 классов Кировской летней многопредметной школы (всего 58 школьников). Отметим, что данные школьники прошли конкурсный отбор для поступления в ЛМШ, имеют лучшую предметную подготовку по сравнению с учащимися обычных школ.

Особенности задания позволяют проследить осуществление процессов мышления при решении задачи (см. схему). Выделим следующие аспекты мышления, а также их нормы на языке умений:

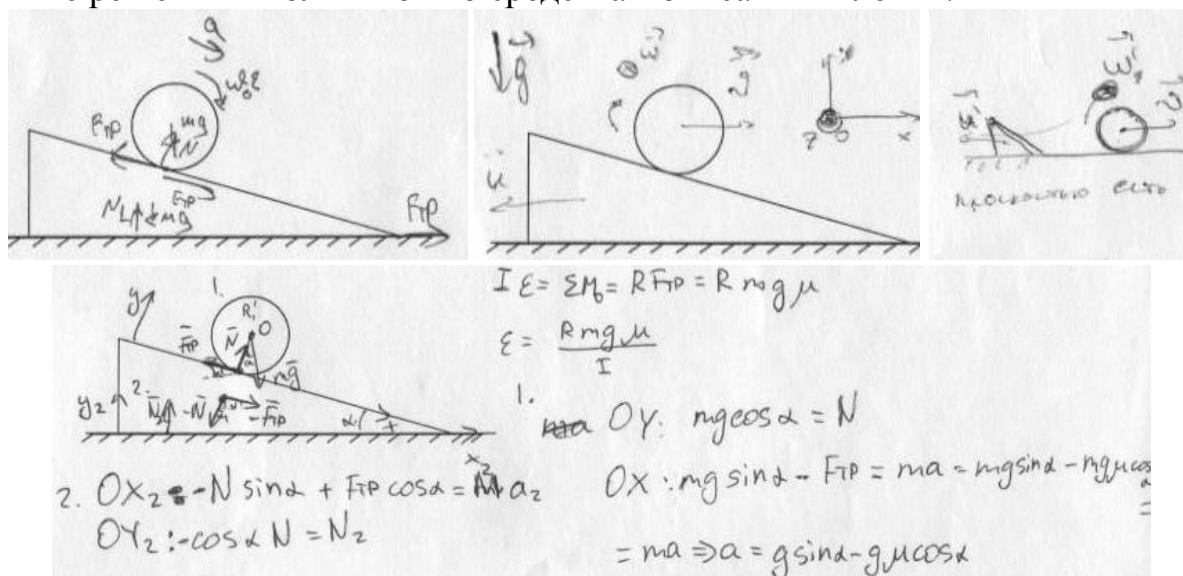
а) переход от абстрактных объектов задачи (знаков) к образам реальных объектов (умение выделять – находить «знакомые» – физические объекты и явления, необходимые для решения задачи);

б) затем в процессе деятельности моделирования осуществляется выделение и описание явлений физическими величинами, моделями, законами; мысленное экспериментирование с объектами: работа с описаниями, знаками-моделями (умение выделять или строить математическую или понятийно-знаковую – рисунок, блок-схема и др. – модель явления);

в) в итоге – выход на результат и его осознание (согласование решения с реальностью).



Представим примеры ответов учащихся по выделению физического явления: «Качение, трение, скольжение, давление, действие силы Архимеда» (10 класс); «Шар/цилиндр скатывается/скользит по наклонной плоскости» (9 класс); «Шарик скатывается вниз под действием силы тяжести. Возможно, клин будет двигаться в сторону, противоположную движению шарика, если сила трения между клином и поверхностью очень мала» (8 класс). Приведём типичные решения школьников по средствам описания явления.



Результаты анализа работ учащихся можно представить в виде таблицы.

Диагностируемый элемент	% полного освоения		
	8 класс ЛМШ	9 класс ЛМШ	10 класс ЛМШ
Выделен объект, проведена аналогия с объектами реальности	87	89	85
Выделено и описано одно явление			
- словесно	60	35	37
- с использованием рисунка	13	20	0
- математически	7	30	30
Названы и описаны 2 и более явления			
- словесно	20	15	26
- математически	0	0	7
Проведён анализ полученного результата	18	15	24

Интерпретация результатов.

– При выделении объектов только два школьника не связывали этот объект с реальностью, а оперировали термином «тело», 28 % указали на неоднозначность объекта, остальные учащиеся связали изображение с шаром и описывали происходящие явления. Это говорит о «наученности» школьников, они использовали, не задумываясь, привычные для них объекты. Но главного понимания объекта условия все же нет: почему шар, а не цилиндр и т. д.

– Деятельность моделирования осваивается трудно: в процессе мысленного экспериментирования с выделенными объектами лишь 20 % учащихся восьмого класса, 15 % девятиклассников и 26 % десятиклассников провели более одного мысленного эксперимента и описали соответствующие случаю явления. Критическую оценку, анализ собственного ответа на вопрос задачи проводит, в среднем, лишь пятая часть учащихся.

– Исследование показало, что «сильные» учащиеся, хорошо решающие задачи и успешно выступающие на олимпиадах, относятся к задачам подобного рода несерьёзно, считая, что они слишком простые. Из-за этого возникают ошибки. Это говорит от необходимости дифференцированной диагностики физического мышления.

Для сравнения результатов данная задача была предложена учащимся 6 класса (40 человек), посещающим общегородской кружок по физике. Школьники ещё только начинают изучать физику, они учатся выделять объекты и явления окружающего мира, описывают явления на качественном уровне, оперируя или ранее знакомыми или изученными понятиями. Анализ работ показал, что 94 % школьников выделяют при ответе на вопрос 2-5 явлений, но из-за недостатка знаний описать явление (словесно) смогли лишь 10 % шестиклассников.

Отсюда можно сделать вывод, что общие требования развития мышления необходимо конкретизировать вплоть до выделения норм знаний и умений, а затем, закладывая эти представления методику, достигнуть эффекта – освоения признанных норм физического мышления.

Примечания

1. Шахматова В. В., Шефер О. Р. Физика: Диагностические работы к учебнику А. В. Перышкина «Физика. 7 класс»: Учебно-методическое пособие. – М.: Дрофа, 2015. – 124 с.

2. Розин В. М. Эволюция представлений о мышлении Г. П. Щедровицкого [Электронный ресурс] // <http://www.fondgp.ru/lib/mmk/101>

Ю. В. Иванов

Глазовский государственный педагогический институт им. В. Г. Короленко

ПРИНЦИП ДОПОЛНИТЕЛЬНОСТИ В МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

В статье рассматривается проблема соотношения методических моделей, описывающих разные аспекты образовательной действительности.

Ключевые слова: принцип дополнительности, модели, репродуктивное обучение, творческая деятельность.

Принцип дополнительности, сформулированный Н. Бором для описания явлений квантовой физики и развитый им в концепцию дополнительности, применяемой в других науках [1, с. 95–104], является важным методологическим инструментом для понимания связи явлений и способов их описания. Распространение принципа дополнительности за пределы физической науки потребовало корректировки его формулировки в направлении обобщения и универсализации. Необходимость применения дополнительных наборов понятий для целостного описания явлений находит своё современное общефилософское обобщение в дополнительности друг к другу рациональной и иррациональной сторон действительности и их познания [2]. Соотношение дополнительности между понятиями, описывающими феномены действительности в различных областях знаний и человеческой деятельности, имеют с одной стороны, нормобразующую функцию, а с другой – гармонизирующую, приводящую различные противоречивые, парадоксальные подходы к единству понимания.

Процесс обучения физике, как объективный феномен, описывается разными моделями, соотношение между которыми также может быть получено в рамках идеи дополнительности. Рассмотрение вопроса о применении принципа дополнительности для описания процесса обучения физике можно рассматривать как одну из актуальных задач методологии дидактики физики, позволяющей формировать методологические ориентиры для построения новых методик обучения [3, с. 24].

Анализ существующих подходов к описанию процесса обучения физике позволяет выделить две группы моделей, находящихся в сложном противоречивом соотношении между собой. В глобальном смысле их можно разделить на модели, описывающие и реализующие преимущественно репродуктивные методы обучения, и модели, основанные на творческом подходе в обучении. В историческом контексте репродуктивное обучение рассматривается в рамках классической методики обучения физике, и находит своё отражение как в классических учебниках по физике (например [4]), так и в классических учебниках по теории и методике обучения физике [5]. Творческий подход в обучении рассматривается в рамках неклассического (инновационного) подхода в методике обучения физике [6], и встраивается в учебники физики нового поколения (например [7]).

В классическом подходе приоритетом являются усвоение учащимися знаний, формирование у них умений и навыков, в неклассическом подходе приоритетом является усвоение методов научного познания. Классический

подход описывает упорядоченную, непрерывную, инвариантную, предсказуемую, алгоритмическую составляющие процесса обучения, и отражает его рациональную сторону. Неклассический подход учитывает интуитивную, стихийную, неалгоритмическую стороны обучения, а также фрагментарность, вариативность и непредсказуемость результатов творческой составляющей процесса обучения физике; он отражает иррациональную сторону этого процесса. Здесь следует отметить, что, несмотря на противоречивость описания процесса обучения физике, его следует рассматривать как единый целостный феномен. Исходя из этого, классический и неклассический подходы в методике обучения физике нужно рассматривать как дополнительные.

Отражение принципа дополнительности в методике обучения физике можно найти и в отдельных составляющих описания процесса обучения физике: формах обучения, содержании образования, способах управления процессом обучения, процедурах оценивания, методиках решения физических задач и т.д. Рассмотрим его реализацию на конкретных примерах.

Обучение физике реализуется на уроках и во внеурочной деятельности. Урок чётко регламентирован по содержанию, времени, этапам, используемым приёмам обучения. На уроке в меньшей степени реализуется возможность творческого подхода в обучении. Различные формы внеурочной деятельности, напротив, имеют возможность варьировать содержание, время и методы обучения, имеют значительно больше возможностей для продуктивной деятельности. Это позволяет считать, что внеурочные формы обучения физике соотносятся с уроком в соответствии с принципом дополнительности.

Принципом дополнительности связаны инвариантная и вариативная части содержания образования. Содержание физического образования в его инвариантной части регламентируется образовательными стандартами, отражается, в основном, в учебниках по физике, но этим не исчерпывается. Дополнительное содержание физического образования представлено в журналах, книгах, пособиях, Интернет-ресурсах. Содержание дополнительного образования не регламентировано, в значительной части ориентировано на творческую деятельность учащегося, его усвоение носит ситуационный, непредсказуемый результат.

Управление процессом обучения физике в той его части, что не связана с творческими, исследовательскими видами деятельности, хорошо реализуется через алгоритмические схемы. По такому принципу, например, строятся классические лабораторные работы. В тех случаях, когда учащиеся выполняют исследовательскую работу, используют неалгоритмическое, ситуационное управление их деятельностью [8, с. 102]. В процессе обучения физике алгоритмическое и ситуационное управление дополняют друг друга.

Оценивание результатов обучения также имеет двойственную природу. Оценивание репродуктивной составляющей легко укладывается в алгоритмическую пятибалльную шкалу. По ней можно легко оценить знание физической теории, умение решать типовые задачи, умение выполнять лабораторную работу. Но как только возникает необходимость в оценивании ученического проекта, исследовательской работы, решения задачи повышенной сложности использовании пятибалльной шкалы становится затруднительным. В этом случае ис-

пользуют экспертную оценку, которую достаточно сложно формализовать и которая несёт в значительной степени интуитивную (иррациональную) составляющую. Таким образом, в оценочной деятельности также проявляются подходы, связанные соотношением дополнительности.

Идея дополнительности находит своё отражение и в описании процесса обучения решению физических задач. Из практики обучения решению физических задач известно, что чем сложнее задача, которую решает школьник, тем больше в успешности её решения играет его опыт, интуиция, и тем меньше – алгоритмы решения задач. Вместе с тем, успешное усвоение большинством учащихся решения типовых задач достигается за конечное число алгоритмических шагов. Обучение решению типовых задач является основой для освоения задач повышенной сложности, и может быть описано в рамках модели [5, с. 319], в которой понятие физической задачи даётся через описание рациональных действий – логических умозаключений и математических операций. Соответствующая технология решения физических задач включает только алгоритмические этапы [5, с. 328]. Другой подход к описанию решения физических задач можно встретить в [9, с. 143], где при решении задачи наряду с рациональным, алгоритмическим описанием этапов решения учитывается такой иррациональный этап, как выдвижение гипотезы решения. В рамках этой модели можно описать особенности решения задач повышенной сложности. Из анализа подходов к описанию процесса обучения решению физических задач можно сделать вывод о том, что алгоритмические (рациональные) приёмы решения типовых задач дополнительны к творческим (иррациональным) приёмам.

Рассмотренные примеры показывают, что описание и построение процесса обучения физике невозможно в рамках исключительно рациональных или иррациональных моделей. Таким образом, можно утверждать, что ни одна модель процесса обучения физике, отражающая только репродуктивную, или только творческую составляющие этого процесса, не может в полной мере описать все закономерности обучения, а, соответственно, и обеспечить построение эффективных методик обучения физике. Из последнего следует требование, что для построения эффективного процесса обучения физике необходимо конструирование методик на основе одновременного использования классического (рационального) и неклассического (иррационального) подходов.

Использование принципа дополнительности в методике обучения физики, конечно, не решает всех противоречий, имеющих в образовании, но, вместе с тем, принятие двойственности природы процесса обучения, его рациональной и иррациональной составляющих, позволяет лучше понимать этот процесс и выстраивать соответствующие методики обучения с учетом этого принципа.

Примечания

1. Бор Н. Атомная физика и человеческое познание. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1961. – 152 с.
2. Климец А. П. Наука и иррационализм // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. – 2004. – № 2. – С.49–63.
3. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Майер В. В., Сауров Ю. А. Стратегическое проектирование развития физического образования: монография. – Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2012. – 179 с.

4. Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б. Физика: Учеб. для 11 кл. сред. шк. – М.: Просвещение, 1993. – 254 с.
5. Теория и методика обучения физике в школе: Общие вопросы / С. Е. Каменецкий, Н. С. Пурышева, Н. Е. Важеевская и др.; под ред. С. Е. Каменецкого, Н. С. Пурышевой. – М.: ИЦ «Академия», 2000. – 368 с.
6. Разумовский В. Г., Майер В. В. Физика в школе. Научный метод познания и обучение. – М.: ВЛАДОС, 2004. – 463 с.
7. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Майер В. В., Сауров Ю. А. Физика: учеб. для уч-ся 11 кл. общеобразов. учреждений в двух частях. Часть 1 / под ред. В. Г. Разумовского, В. А. Орлова. – М.: Гуманит. изд. центр «ВЛАДОС», 2011. – 255 с.
8. Андреев В. И. Эвристическое программирование учебно-исследовательской деятельности. – М.: Высшая школа, 1981. – 240 с.
9. Сауров Ю. А. Принцип цикличности в методике обучения физике: историко-методологический анализ: монография. – Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2008. – 224 с.

К. А. Коханов

Кировский Центр дополнительного образования одарённых школьников

ПРАКТИКА ОСВОЕНИЯ НОРМ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

Практика нормирования деятельности рассмотрена на примерах решения задач, а также выполнения самостоятельного физического эксперимента.

Ключевые слова: физическая задача, учебный физический эксперимент, модели и моделирование.

В обучении физике среди норм познавательной деятельности выделяют ключевые процедуры учебной деятельности: моделирование, экспериментирование, а также системы знаний: учебные физические модели, понятия, законы, принципы. Перед методикой обучения физике стоят две принципиальные проблемы: во-первых, определение, выделение, отделение норм, во-вторых, организация деятельности по их освоению школьниками.

Несомненно, в современной методике проведена большая работа по нормированию систем знаний и умений. Однако, диагностики знаний и умений школьников не фиксируют существенных улучшений в качестве освоения норм, а в освоении фактического материала сохраняется угрожающая тенденция на ухудшение.

Проблема, очевидно, состоит в построении практики освоения норм. К сожалению, здесь в методической науке сделано меньше, чем в теории. В качестве достижений практики обучения нельзя рассматривать какие бы то ни было требования Стандарта, административные нормы и т.п. В школьных стандартах, программах разнообразные формы совместной (коллективной) деятельности лишь декларируются, а на практике ведут к непрерывному обострению следующих проблем: 1) тиражированию неэффективных коллективных формы работы (как то: заслушивание классом пересказа текста одного ученика, формальный просмотр демонстрации учителя, парное выполнение лабораторных работ при строгом соблюдении инструкции и др.); 2) представлению об индиви-

дуализации не как высшей формы организации учебной деятельности, а скорее административным ресурсом – управление деятельностью ученика вырождено в тоталитарный контроль, оценивание – в авторитарное, безапелляционное выставление учителем баллов и т.д.; 3) целому спектру и других несоответствий: учебная деятельность на уроке по форме организации выстраивается как коллективная классно-урочная, а по целям – задается индивидуализация; по содержанию заложено освоение общих, коллективных норм, а диагностики проверяют лишь индивидуальные качества и т. д.

Между тем в теории учебной деятельности (В. В. Давыдов) представлены методы и методики-образцы организации процесса освоения норм познавательной деятельности с доказанным положительным эффектом. Ключевой идеей выступает необходимость учёта коллективного характера освоения и применения соответствующих норм. Здесь, во-первых, *система знаний признаётся нормой* (нормируется), если пригодна для лаконичного описания (обслуживания) явления; *деятельность становится нормой*, если позволяет в оптимальные сроки достигать положительного результата при выполнении поставленных задач; во-вторых, принимается, что нормы присваиваются (формируются, оптимизируются, принимаются) в кооперированной практике, диалоге. Освоенные нормы выражены в качественном (в том числе и творческом) выполнении субъектом общественно-значимой (нормированной) деятельности. Например, одной из освоенных норм является владение субъектом понятийным аппаратом (языком) некой предметной области, в которой он выполняет свою трудовую (научную, учебную) деятельность.

Освоение норм в обучении физике может происходить только в деятельности, допускающей коммуникацию школьников (В. В. Давыдов [1], Г. П. Щедровицкий [2, 3]), и особенно успешно при решении задач, *совместном* экспериментировании.

Практика решения задач. Цель деятельности – усвоение физических представлений и моделей (объектов, явлений – законов), методологических ориентировок (в том числе правил использования моделей, технологий решения физических задач, образцов ответов и пр.), деятельности моделирования. Принципиально, что первична совместная деятельность учителя и ученика *по освоению технологии* решения того или иного класса задач. Повторение инвариантных процедур присваивается индивидуумом, трансформируется в инструмент решения задачи, а затем управляет освоением содержания в логике: факты – модель – следствия (В. Г. Разумовский).

При планировании практики решения задач эффективны следующие приёмы:

1) при подборе задачи группируются по технологиям решения, от простых к сложным (вплоть до задач заключительного этапа всероссийских и международных олимпиад). Школьники независимо от их подготовки могут опробовать (обсудить с учителем) метод решения на примере любой задачи;

2) освоение начинается с совместного с учителем решения задачи, позволяющего раскрыть метод, технологию деятельности. Ориентировка на этом этапе направлена не столько на изучаемый объект или явление, используемый

закон или полученный результат, сколько на необходимую последовательность действий. Например, при решении задачи на использование второго закона динамики вначале не нужно акцентировать внимание на допустимость замены бруска материальной точкой, на причины отсутствия трения и пр. Здесь важнее выделить инвариантную последовательность выполнения операций (например, запись данных, рисунок/чертёж, выбор необходимого закона, использование закона для описания явления);

3) обязателен этап «погружения» школьников в самостоятельное решение сходных задач с последующим разбором решений у доски. Здесь происходит сличение индивидуальных действий учащихся, собственно нормирование;

4) присвоенная (принятая) деятельность решения задачи *становится операцией* (А. Н. Леонтьев, [4]). На её основе осваиваются основные объекты физического содержания (объекты, явления, модели, законы), деятельность моделирования;

5) далее необходимо (важно!) знакомить школьника с разными методами решения одних и тех же задачных ситуаций. Причём, различие методов может быть как содержательным (основанным на разных физических законах), так и структурно-логическим (базирующихся на разной системе действий, необходимой для решения задачи). В большинстве случаев учитель не в состоянии реализовать этот приём. Необходимо включение школьника в систему факультативов и кружков, занятия которых ведут по возможности разные педагоги.

Приведём примеры задач, допускающие использование разных способов (используемых законов) решения. В частности, задачи 1–5 могут быть решены с использованием законов динамики, законов сохранения. Однако все они могут быть также решены с применением понятия центра масс, причем решение во втором случае оказывается существенно более простым.

1. Рыбак, находящийся в лодке, переходит с носа на корму. На какое расстояние переместится лодка длиной 5 м, если масса рыбака 70 кг, а масса лодки 280 кг? Лодка находится в стоячей воде.

Примечание. В школе эта задача чаще всего решается с использованием закона сохранения импульса, а из-за необходимости рассмотрения относительного движения осваивается очень небольшим числом учеников. Использование понятия центра масс делает эту задачу доступной практически для всех школьников. При решении школьники хорошо усваивают понятия центра масс, изолированной системы, координатного метода.

2. Небольшой шарик, имеющий массу $3m$ и заряд q , находится на высоте h над землей. На одной вертикали с ним на высоте $3h$ находится второй шарик массой $2m$ и зарядом q . Шарик одновременно бросили в одну сторону в горизонтальном направлении с одинаковыми скоростями v . Нижний шарик коснулся земли на расстоянии L от вертикали бросания. На какой высоте в этот момент находился второй шарик? Соппротивлением воздуха и влиянием индуцированных на земле зарядов пренебречь.

Примечание. Возможно решение задачи «в лоб», однако такое решение требует знания закона Кулона и построения интеграла движения. Использование понятия центра масс позволяет обойтись без закона и сложного математического аппарата.

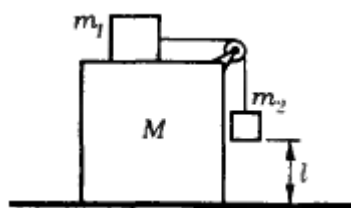


Рис. 1

3. Система грузов, показанная на рис. 1, стоит на гладком горизонтальном столе. Массы кубиков m_1 , m_2 и M . Кубик массы m_2 удерживается на высоте l над столом. Если систему предоставить самой себе, то она придёт в движение, причём

верхний кубик будет скользить по нижнему. Коэффициент трения между кубиками равен μ . На какое расстояние переместится нижний кубик к тому моменту, когда кубик массы m_2 , коснётся стола?

Примечание. Использование понятия центра масс не требует учёта действующих в системе сил, в том числе и силы трения.

4. Определите, на какое расстояние сместится тележка массой M , когда груз массой m_1 достигнет основания наклонной плоскости тележки (рис. 2). Считайте, что масса катушки m_2 равномерно распределена по её ободу радиусом R , внутренний радиус катушки, на который намотана нить, равен r . Коэффициент трения между грузом и тележкой равен μ . Груз массой m_1 достигает основания наклонной плоскости раньше, чем катушка окажется у любого из краёв горизонтального участка тележки, катушка при качении не проскальзывает. Необходимые геометрические размеры тел возьмите из рисунка.

Примечание. Приведём решение этой задачи с использованием понятия центра масс.

При движении груза и катушки тележка смещается так, что положение центра масс системы не меняется. Введём систему координат так, как показано на рис. 2. Начальное

положение центра масс таково: $x_{цм} = \frac{M \cdot x_0 + m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2}{M + m_1 + m_2}$ (1), где x_0, x_1, x_2 – положения цен-

тров масс входящих в систему тел.

Пусть после соскальзывания груза m_1 тележка сместилась на Δx . Тогда положение центра масс может быть выражено так:

$x_{цм} = \frac{M \cdot (x_0 + \Delta x) + m_1 \cdot (x_1 + \Delta x + b \cdot \cos \alpha) + m_2 \cdot (x_2 + \Delta x + \Delta x_2)}{M + m_1 + m_2}$ (2), где Δx_2 – смещение катуш-

ки относительно тележки, $b \cdot \cos \alpha$ – смещение груза m_1 относительно тележки вдоль оси Ox .

Учитывая, что при вращении катушки в любой момент времени $\frac{v_2}{R} = \frac{v_1}{R-r}$, где v_1 – скорость движения груза относительно тележки, v_2 – скорость движения катушки по тележке, полу-

чим, что $v_2 = \frac{v_1 R}{R-r}$ и $\Delta x_2 = b \frac{R}{R-r}$ (3). Приравнявая (1) к (2) с учётом (3), получим:

$$M \cdot x_0 + m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 = M \cdot (x_0 + \Delta x) + m_1 \cdot (x_1 + \Delta x + b \cdot \cos \alpha) + m_2 \cdot \left(x_2 + \Delta x + b \frac{R}{R-r} \right),$$

$$\Delta x = -b \frac{m_1 \cos \alpha + m_2 R / (R-r)}{M + m_1 + m_2}. \text{ Знак «минус» означает, что тележка сместится влево.}$$

Практика фронтального экспериментирования. Принципиально, что самостоятельный эксперимент школьников не должен (не может) ограничиваться лабораторным практикумом. В исследованиях [5–8] показано, как в 8 классе при изучении темы «Световые явления» может быть организована экспериментальная деятельность, в результате которой школьники осваивают все необходимые фактические знания и закономерности, а также методологические представления о моделях, законах, причём на уровне более глубоком, чем выпускники школ (см. результаты в указанных работах). Основные особенности методики таковы:

1) уроки целиком посвящены экспериментированию, состоят из этапов, обеспечивающих движение от коллективной (показательной, иллюстрированной учителем) деятельности к групповой, а затем и самостоятельной работе

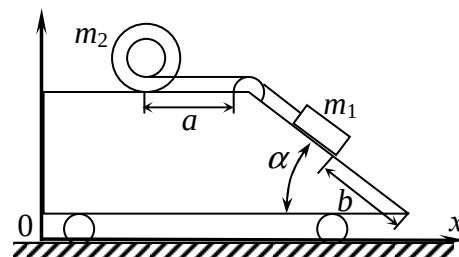


Рис. 2

школьников; задания адаптированы для совместной и индивидуальной деятельности; материал раскрывается через задания, нацеленные на внешние и внутренние диалоги ученика с учителем, соседями и самим собой; предусмотрено распределение обязанностей при экспериментировании;

2) логика построения содержания темы согласуется с циклом познания В.Г. Разумовского: «факты → модель → следствия, эксперимент»;

3) на каждом уроке изучения нового материала (первые 5–7 занятий) индивидуально или по группам выполняется от 4 до 8 *фронтальных экспериментов*, содержательно нацеленных на всестороннее изучение объекта, явления, а сущностно на формирование представлений о методе познания, модельных представлений и действий моделирования;

4) отработка (освоение) содержания выражена в логике восхождения от абстрактного к конкретному, от моделей к объяснению реальности;

5) При проверке знаний используются разнообразные формы контроля и оценки (ответы, отчёты, выступления, *соревнования*).

6) На решение задач отведены отдельные уроки;

Результаты испытания методики в реальном учебном процессе демонстрируют большие возможности подхода в решении проблем усвоения школьниками как основного (программного) содержания, так и более глубоких надпредметных методологических знаний.

Примечания

1. Давыдов В. В. Учебная деятельность: состояние и проблемы исследования // Вопросы психологии. – 1991. – № 6. – С. 6–14.

2. Щедровицкий Г. П. Жить – значит не трусить // Первое сентября: газета для учителя. – 2005. – № 18. – Электронный ресурс: (<http://ps.1september.ru/?year=2005&num=18>, <https://ps.1september.ru/article.php?ID=200501807>)

3. Щедровицкий Г. П. Проблемы логики научного исследования и анализ структуры науки. – М., 2004. – 404 с.

4. Коханов К. А. Учебное моделирование как действия, операции и деятельность // Модели и моделирование в методике обучения физике: М-лы докл. респуб. науч.-теор. конф. – Киров: Изд-во Вятского ГПУ, 2000. – С. 80-82.

5. Коханов К. А. Модели в физическом эксперименте по геометрической оптике // Вестник Вятского государственного гуманитарного университета. – 2002. – № 6. – С. 107-110.

6. Коханов К. А. Модели в физическом эксперименте // Физика в школе. – 2004. – № 4. – С. 36–38, 43–44. (было 9)

7. Коханов К. А., Сауров Ю. А. Световые явления – 8: модели и моделирование // Физика: Ежегод. прилож. к газете «Первое сентября». – 2000. – № 46. – С. 1–4; № 47. – С. 5–8; № 48. – С. 9–12.

8. Коханов К. А. Воспроизводство коллективной познавательной деятельности при обучении физике как условие индивидуального развития школьников / Педагогическое образование в России. № 12/2014. – Екатеринбург: Научное издание ФГБОУ ВПО «Уральский государственный педагогический университет». – С. 175–179.

II. МОДЕЛИ В МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ КАК НАУКЕ

О. В. Коришунова

Вятский государственный университет

МОДЕЛЬ МЕТАПРЕДМЕТНОСТИ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

В статье представлена авторская модель метапредметности в обучении физике, учитывающая идею ориентированности метапредметности на достижение формирования целостной картины мира у обучающегося.

Ключевые слова: метапредметность, теоретическое мышление, физика.

В связи с реализацией федеральных государственных образовательных стандартов в школе в процесс обучения физике входит многоаспектный феномен метапредметности, а с ним – ряд сопутствующих новых терминов и соответствующих им процессов. Ситуация осложняется тем, что при заявленной в нормативных документах обязательности формирования метапредметных результатов как одной из важнейших составляющих образовательных достижений школьников, в педагогике и методике физики параллельно сосуществуют различные подходы и трактовки к пониманию смысла феномена метапредметности. Однако учителю важно определиться в сложившейся ситуации и реализовывать достижение данной группы результатов обучения. В статье представлен вариант одной из моделей трактовки сущности метапредметности в обучении физике, который, однако, требует дальнейших научных дискуссий по поводу сущности исследуемого феномена.

Приставка «мета-» означает в переводе с греческого – «после», «за», «через», «между», «над» и означает универсальный, максимально обобщенный характер чего-то. «*Метапредметность*» буквально означает «надпредметность». Это то, что связано не только с самим предметом, но и с чем-то ещё сверх того. *Метапредметность* рассматривают как своеобразную «машину», «механизм» по удвоению производительности труда в рамках того же самого учебного времени при выполнении образовательной деятельности.

В контексте федеральных государственных образовательных стандартов для общеобразовательных организаций второго поколения – это позиция интеграции содержания образования, способ формирования универсальных учебных действий (УУД) и теоретического мышления, обеспечивающий создание целостной полноценной картины мира в детском сознании [1]. А раз так, то для формирования теоретического мышления необходимо хорошее владение интеллектуальными операциями, прежде всего, анализа, синтеза, обобщения, классификации, моделирования. Для реализации теоретического мышления человек обязан владеть необходимым запасом обобщённых универсальных терминов-категорий, с помощью которых и выражаются отношения между «всеобщим, особенным и единичным (конкретным)». Значит, овладение метазнаниями также является элементом метапредметности. Сегодня является доказанным факт, что проявление интеллектуальной инициативы определяется, прежде всего, ценностными установками и смыслами, которые приоритетны для обучающегося человека и рассматриваются в контексте

становления и развития его субъектности [2, 3]. Следовательно, ценности и смыслы также выступают составляющей метапредметности. Таким образом, основными компонентами метапредметности в обучении выступают философские, общенаучные и основополагающие (универсальные) категории, универсальные учебные действия (обобщённые способы деятельности), ценности и смыслы.

Так, в примерных программах по предмету «физика» в качестве ценностных ориентаций в основной и полной средней школе определены в первую очередь, объекты, которые изучаются в курсе предмета и к которым у обучающихся формируется определённое отношение. Поэтому ведущая роль отводится познавательным ценностям, основу которых составляют ценности научного знания, его практической значимости, достоверности; физических методов исследования природы; понимания сложности и противоречивости самого процесса познания как извечного стремления к Истине. Кроме того, в нормативных документах выделяются ценности труда и быта и группа коммуникативных ценностей (грамотное применение физической терминологии и символики, умение вести диалог, участвовать в дискуссии на физическую тему, открыто выражать свои мысли и аргументировано отстаивать свою точку зрения). Среди метапредметных результатов (универсальных учебных действий) при усвоении физики особо выделим понимание различий между исходными фактами и гипотезами для их объяснения, теоретическими моделями и реальными объектами, экспериментальной проверки выдвигаемых гипотез, разработки моделей процессов, явлений, объектов (основная школа), применение основных методов познания для изучения различных сторон окружающей жизни (полная школа).

Среди обобщённых универсальных терминов-категорий, которые составляют важную компоненту метапредметности и одновременно выступают как необходимые элементы содержания предмета «физика», назовём следующие: определение и понятие; рисунок и схема; знание и информация; цель и задача; роль и позиция; модель и способ; содержание и форма; знание и незнание; порядок и хаос; изменение и развитие; простое и сложное, проблема, гипотеза, факт, теория, человек, природа, время, движение, познание, развитие, эксперимент, опыт, наблюдение и др.

Для формирования метареультатов в процессе обучения физике возможно использование таких дидактических структур, как: элементы метапредметных программ, метакурсы (элективные, по выбору и т.д.), интегрированный урок, метапредметный урок (учебное занятие), предметный урок + метапредметная тема (учебное занятие с элементами метапредметного подхода), метапредметные (компетентностно-ориентированные) задания [4], межпредметные проблемные ситуации, межпредметные, надпредметные учебные проекты. На сегодняшний день в школе наиболее распространена форма обучения – предметный урок в сочетании с метапредметной темой, самая первая ступень к освоению метапредметности в школе.

Резюмируя все вышеизложенное, представим совокупность высказанных идей в едином «образе» метапредметности на рис. 1. Выполним необходимые пояснения. Содержание отдельных учебных предметов (в том числе и физики) пред-

ставлено на рисунке параллельными плоскостями. Внутри каждой такой плоскости, естественно, имеются внутрисвязи между компонентами содержания учебного предмета, которые можно рассматривать как «первую степень» (уровень) реализации метапредметности. Более высоким уровнем её реализации выступают межпредметные связи, изображенные на рисунке с помощью стрелок, соединяющих содержательные элементы различных учебных предметов, которые смоделированы параллельными плоскостями. Метапредметную область мы также представили в виде плоскости, пересекающей отдельные учебные предметы (плоскости) и имеющую с ними общие элементы, которые и выступают в качестве метапредметных результатов, формируемых в рамках данного предмета. Естественно, что в рамках уровней образования в школе мы не сможем обеспечить освоение обучающимися всех метапредметных компонентов, образующих вертикальную плоскость. Это дело будущего развития личности обучающегося, его мировоззрения, мышления, ценностей. Итог метапредметного подхода, отражающего явление метапредметности в обучении, это определенный уровень сформированности целостной картины мира и теоретического мышления школьника, возможный для данного возраста.

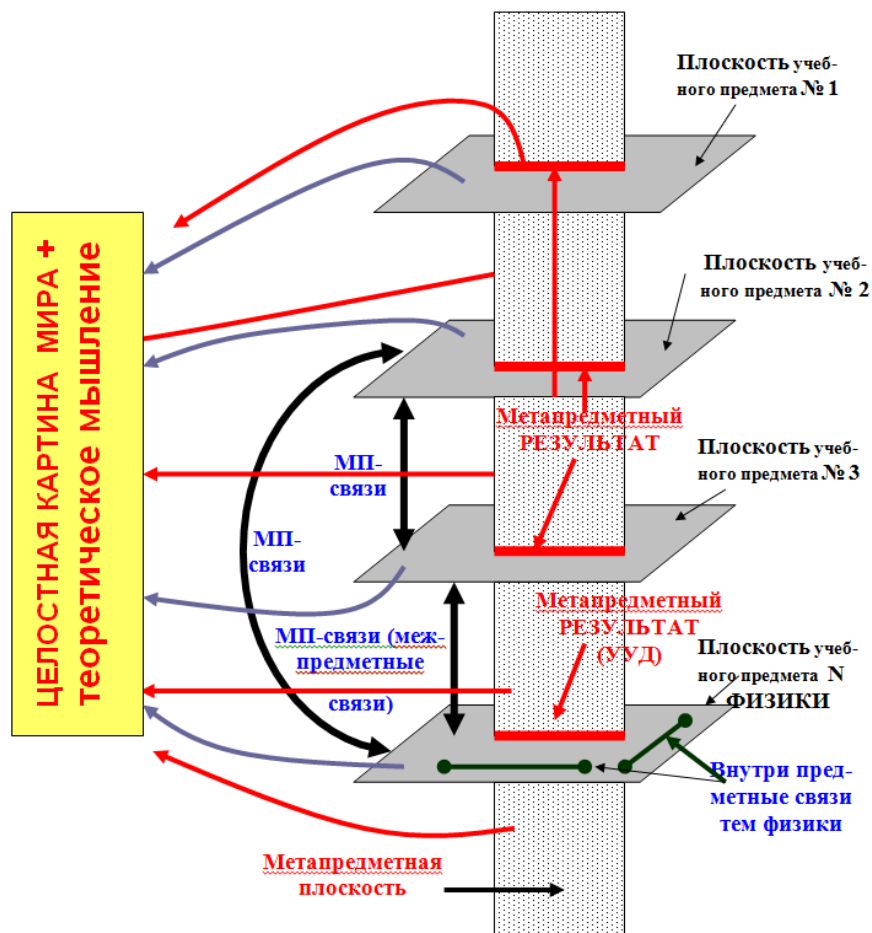


Рис. 1

Примечания

1. Лушикова К. С., Почерней И. Н. Метапредметность как условие восприятия целостной картины мира // «Magister Dixit» – научно-педагогический журнал Восточной Сибири Декабрь 2013. № 4 (12). [Электронный ресурс]. URL: <http://md.islu.ru/>.
2. Низовцева А. Н. Исследование математической одаренности: кросс-культурный подход // Образование личности. 2016. № 2. С. 88–98.
3. Селиванова О. Г. Метапредметность как новый дидактический принцип современного образования // Способы реализации принципа метапредметности в образовательном процессе: сборник научно-методических трудов // под ред. О.Г. Селивановой. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2016. С. 8–12.
4. Коршунова О. В. Компетентностно-ориентированные задания как средство достижения современных образовательных результатов // Концепт. 2016. Спецвыпуск № 01. ART 76002. URL: <http://e-koncept.ru/2016/76002.htm>. ISSN 2304-120X.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИСТОЧНИКА ТОКА

Кратко рассмотрено экспериментальное обоснование теоретической модели источника тока в процессе урочной и внеурочной учебно-исследовательской деятельности учащихся. В результате школьники подтверждают идентичность зарядов на кондукторах электрофорной машины и полюсах гальванического элемента, а также получают представления о порядках напряжений в опытах по электростатике и постоянному току.

Ключевые слова: источник тока, теоретическая модель, следствия, экспериментальное обоснование.

1. Введение. Академиком РАО В. Г. Разумовским разработана и в течение длительного времени совершенствуется *педагогическая технология развития способностей школьников самостоятельно учиться, научно мыслить и творчески действовать на основе метода научного познания* [1]. Центральная идея этой технологии состоит в том, что при изучении физической теории на уроках учащиеся в процессе деятельности по наблюдению демонстрируемых учителем явлений, конструированию теоретических моделей, получению из них следствий в форме решения физических задач и самостоятельному выполнению лабораторных экспериментов усваивают сущность метода научного познания. На этом этапе обучения главная задача учителя заключается в формировании у школьников твёрдого убеждения, что каждое положение физической теории и её следствий должно быть надёжно обосновано экспериментом. Далее во внеурочной деятельности школьники самостоятельно выполняют учебные исследования физических явлений, получая при этом практически значимые результаты, которые в дальнейшем могут быть использованы непосредственно на уроках физики.

Для успешной реализации этой педагогической технологии необходимы детальные методические разработки конкретного содержания учебных исследований школьников. В настоящей работе представлен возможный вариант экспериментального обоснования теоретической модели источника тока.

2. Проблема учебного исследования. В школьном курсе физики в качестве источника постоянного тока традиционно изучается гальванический элемент. Это изучение обычно носит умозрительный характер: учащиеся должны *поверить*, что в результате химических реакций на погруженных в электролит угольном и цинковом электродах возникают равные по величине положительный и отрицательный заряды. Сомнения у лучших из них, однако, остаются, так как эти заряды ведут себя совсем иначе, чем в опытах по электростатике: они не притягиваются, не отталкиваются и не нейтрализуются, но зато вызывают электрический ток, который, проходя по проводам, создаёт магнитное поле и нагревает их.

Как доказать, что на отрицательном полюсе гальванического элемента или батареи элементов действительно сосредоточен отрицательный заряд, а на положительном полюсе – положительный?

3. Теоретический анализ проблемы. Чтобы решить эту проблему, учащиеся должны *предположить*, что в опытах по электростатике используются значительно более высокие напряжения, чем в опытах с постоянным током. Следовательно, если требуется подтвердить идентичность зарядов, возникающих при работе, скажем, электрофорной машины и имеющихся на полюсах батареи гальванических элементов, нужно напряжение батареи увеличить в десятки, а возможно, и в сотни или в тысячи раз. Решённые на уроках задачи по электростатике подсказывают, что сделать это можно с помощью конденсатора.

Действительно, если в конденсаторе ёмкостью C сосредоточен заряд Q , то напряжение U между обкладками конденсатора равно $U = \frac{Q}{C}$ (1).

Отсюда следует, что при постоянном заряде напряжение на конденсаторе можно увеличить в нужное число раз, если во столько же раз уменьшить ёмкость конденсатора. В опытах можно попробовать использовать плоский конденсатор, ёмкость которого $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$ (2), нетрудно регулировать простым изменением расстояния d между пластинами.

4. Деятельность учащихся на уроке. Чтобы на уроке убедить школьников в сказанном, достаточно выполнить хорошо известный опыт, в котором на электрометре расположен разборный плоский конденсатор. Для этого предварительно готовят:

- 1) демонстрационный электрометр;
- 2) входящий в комплект к нему конденсатор из двух металлических пластин, покрытых шеллаком и снабжённых металлическими крючками;
- 3) два источника тока типа BF22 на 9 В;
- 4) мультиметр типа DT9208A;
- 5) соединительные провода с крокодилами.

Демонстрацию проводят следующим образом. На стержне электрометра закрепляют одну металлическую пластину и на нее кла-

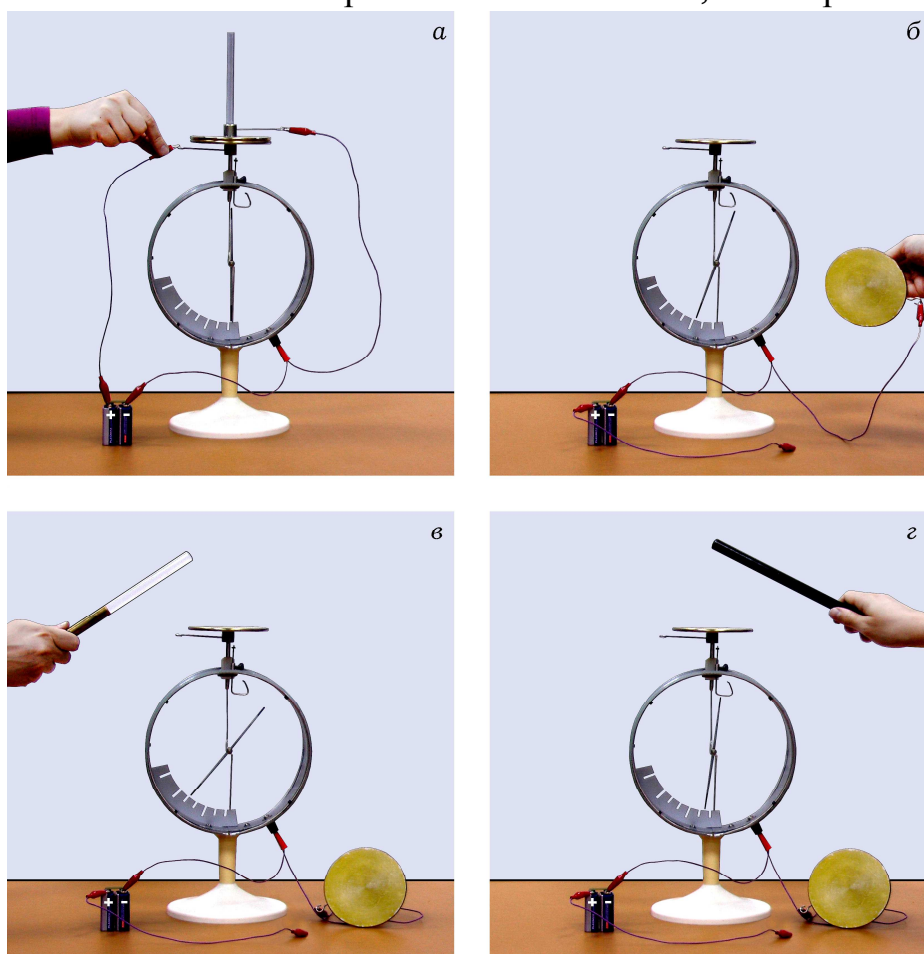


Рис. 1

дуг вторую пластину с ручкой так, чтобы получился конденсатор из двух проводящих пластин и диэлектрического слоя лака между ними. Верхнюю пластину конденсатора проводом соединяют с корпусом электрометра, к которому подключают также отрицательный полюс батареи, составленной из последовательно соединенных источников типа BF22. Положительный полюс батареи соединяют с проводом, и его концом на мгновение прикасаются к крючку, соединенному с нижней пластиной конденсатора (рис.1 а). Так как емкость конденсатора на электрометре сравнительно невелика, то он практически мгновенно заряжается до напряжения батареи. За изолирующую ручку снимают верхнюю пластину конденсатора с нижней и кладут ее на стол. При этом стрелка электрометра отклоняется примерно на два деления (рис.1 б). Подносят к пластине на электрометре наэлектризованные стеклянную и эбонитовую палочки. Учащиеся наблюдают, что в первом случае стрелка электрометра отклоняется сильнее (рис.1 в), а во втором – отклонение стрелки уменьшается (рис.1 г). Отсюда школьники делают вывод, что на электрометре и соединявшемся с ним полюсе батареи сосредоточен положительный заряд.

Повторяют опыт, переменяв полюса батареи, и показывают, что теперь при поднесении к находящейся на стержне электрометра пластине наэлектризованных стеклянной и эбонитовой палочек отклонение стрелки прибора соответственно уменьшается и увеличивается. Это свидетельствует о том, что второй полюс батареи гальванических элементов имеет отрицательный заряд.

Разряжают электрометр, соединив его стержень и корпус проводником. Наблюдают, что при этом стрелка электрометра возвращается на нуль. Делают вывод, что заряды на полюсах батареи при соединении их проводником нейтрализуют друг друга.

Таким образом, из проделанных опытов следует, что на полюсах гальванического источника тока сосредоточены такие же по свойствам и природе электрические заряды, как и те, которые наблюдаются в опытах по электростатике.

5. Внеурочное исследование школьников. Чтобы результаты эксперимента подтвердить количественно, учащиеся выполняют следующие действия.

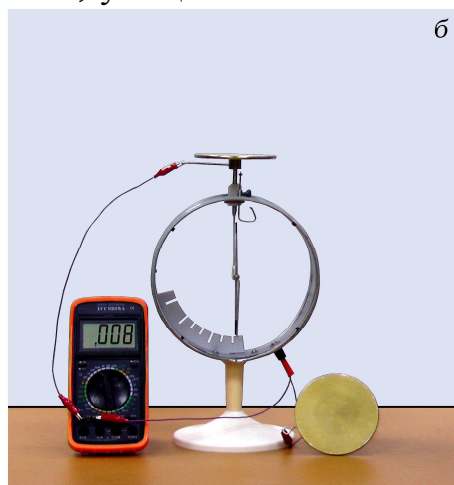


Рис. 2

Конденсатор на электрометре тщательно разряжают, соединив его пластины проводом. Затем вместо батареи включают мультиметр, переведённый в режим измерения ёмкости. Получают, что емкость конденсатора с электрометром

близка к значению $C_0 = 430$ пФ (рис. 2 а). Снимают верхнюю пластину кон-

денсатора с нижней и кладут на стол рядом с электрометром. Теперь ёмкость конденсатора становится равной $C = 8$ пФ. Мультиметром, переведённым в режим вольтметра, измеряют напряжение на батарее и получают значение $U_0 = 18$ В. Тогда напряжение, которое достигается в опыте при уменьшении ёмкости конденсатора от C_0 до C , должно согласно формуле (1) составлять

$$U = \frac{C_0}{C} U_0 \quad (3).$$

Подстановка в эту формулу соответствующих значений даёт для получающегося в опыте напряжения оценку $U = 960$ В. Понятно, что в подобных экспериментах школьники могут определить цену деления демонстрационного электрометра.

Из проделанной серии опытов учащиеся делают общий вывод, что заряды на полюсах батареи гальванических элементов ничем не отличаются от зарядов, получающихся при электризации тел; в школьных опытах по электростатике используются источники высокого напряжения (тысячи и десятки тысяч вольт), а в опытах с постоянным током – низкого (единицы и десятки вольт).

6. Практическое применение полученных результатов. Полученные в процессе внеурочной деятельности результаты учебно-исследовательского проекта необходимо использовать на уроках физики. Для этого исполнителям проекта достаточно выделять порядка 5 минут для выступлений перед классом. Школьники могут продемонстрировать опыт, детально объяснить его, создать проблемную ситуацию, сформулировать экспериментальную задачу, наконец, просто показать товарищам, какие знания и умения они приобрели, выполнив проект. Следует, однако, иметь в виду, что положительный эффект от таких выступлений может быть достигнут только при условии тщательной подготовки их перед уроком.

Примечания

1. Разумовский В. Г. Проблемы теории и практики школьного физического образования: Избранные научные статьи / В. Г. Разумовский; составитель Ю. А. Сауров. – М.: Изд-во РАО, 2016. – 196 с. (С.65–72).

О. Л. Леженёкова

МБОУ СОШ № 16, г. Киров

О РЕЗУЛЬТАТАХ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ВНЕДРЕНИИ УЧЕБНИКА ФИЗИКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В статье обозначены итоги многолетнего экспериментального исследования при использовании учебника физики нового поколения (ред. В. Г. Разумовский и В. А. Орлов).

Ключевые слова: учебник физики, дидактический эксперимент, мотивация, экспериментирование, моделирование.

Компетентностный подход в образовании определяет требования стандарта второго поколения к метапредметным результатам, выраженных в освоении универсальных учебных действий (познавательные, регулятивные, комму-

никативные). Под метапредметными результатами образовательной деятельности принят уровень развития фундаментальных (базовых) способностей учащихся: мышления, понимания, коммуникации, рефлексии, действия.

Вопрос о роли учебника в формировании универсальных учебных действий является достаточно острым и актуальным. Не смотря на модернизацию образования, его компьютеризацию, учебник по-прежнему остается важнейшим средством обучения. Кроме предметных функций учебник выполняет также функцию носителя видов деятельности (навыков и умений). Через него осуществляется организация процесса усвоения содержания образования в плане познавательной, самостоятельной, творческой деятельности учащихся. Не все современные учебники соответствуют этой педагогической доктрине. Очевидно существует и проблема эффективного использования учебника. Вот почему существует необходимость в проведении исследований влияния учебника на реальный учебный процесс.

С 2010 года по предложению лаборатории дидактики физики («Институт содержания и методов обучения» РАО) на базе МБОУ СОШ № 16 г. Кирова проводится педагогический эксперимент по использованию профильных учебников физики нового поколения для 10–11-го класса (авторы: В. Г. Разумовский, В. А. Орлов, Г. Г. Никифоров, В. В. Майер, Ю. А. Сауров, Е. К. Страут). Данные учебники выбраны не случайно. Основные положения концепции учебников следующие: 1) содержание учебника и методика подачи учебного материала направлены на приобретение опыта деятельности в сфере физики как науки и в сфере ее практического применения; 2) всё содержание учебника строится на основе современного метода научного познания (принцип цикличности); 3) подача учебного материала реализуется в форме экспериментальных и теоретических исследований для овладения школьниками научным методом познания; 4) признание опыта деятельности в сфере физики становится решающим фактором обучения и интеллектуального развития.

Основные цели длительного (2010–2017) педагогического эксперимента:

а) изучение развития творческих способностей учащихся при выполнении экспериментальных и теоретических исследований по концепции учебника физики для X и XI классов; б) исследование всех аспектов внедрения нового учебника в условиях профильного изучения физики в X и XI классах: развитие мотивации учения, формирование умений и др.

В нашем педагогическом эксперименте мы опирались на две группы методик: 1) диагностика качеств школьников (знаний и компетенций); 2) исследование текста учебника (структура, сравнение с другими текстами и т. п.).

1. Изучение мотивации школьников при использовании нового учебника.

Познавательная компетентность, как одна из составляющих метакомпетенции, характеризуется сформированными осознаваемыми установками на процесс познания – мотивацией. Исследование влияния учебника физики нового поколения на мотивацию учебно-познавательной деятельности старшеклассников мы проводим с помощью специального теста (Ю. А. Сауров). В тест входят вопросы на определение отношения учащихся 10-11-х классов к предмету, к учебному процессу, к теоретическому решению задач и к экспериментальному методу познания. За пять лет экспериментальной работы в тестирова-

нии приняли участие более 300 респондентов (10-е и 11-е классы) общеобразовательных школ Кировской области, обучающихся по учебнику физики Г. Я. Мякишева, Б. Б. Буховцева, Н. Н. Сотского и 120 учеников экспериментальных классов школы № 16 и № 58г. Кирова, обучающихся по учебнику физики нового поколения.

Результаты тестирования (2010-2016) показывают, что учащиеся 10-11-х классов проявляют достаточно высокий и устойчивый интерес к выполнению учебных исследований, постановке опытов, решению экспериментальных задач. Явно прослеживается потребность школьников в получении новых знаний, в более активных формах работы на уроке. Так, в 11-х экспериментальных классах интерес к работе с текстом учебника, к познанию природы явления, к выполнению учебных исследований примерно в два раза выше, чем в 10-х. Полученные экспериментальные факты подтверждают, что процессуальные стороны учебника (текст, экспериментальные исследования, вопросы, задачи) и методика организации учебной деятельности имеют больший потенциал для формирования положительного отношения к учению. В подтверждение этим фактам служит то, что с 2014 года по инициативе учащихся профильных 10-11 классов в школе проходят «экскурсии в мир науки – физика» для учеников начальной школы (1–4 классы). Сценарий мероприятия, эксперименты и оборудование старшеклассники готовят самостоятельно. В конце занятия учащиеся начальной школы выполняют фронтальное исследование. Такие пропедевтические мероприятия имеют большой потенциал для формирования мотивации к исследовательской учебной деятельности для обеих групп учащихся.

В 2016 году в МБОУСОШ №16 прошла первая общешкольная ученическая конференция «Школьный физический эксперимент в работе заслуженного учителя Российской Федерации В. Н. Патрушева». Учащиеся 10-11 классов представили свои исследовательские работы, выполненные на оборудовании, усовершенствованном и разработанным бывшим директором, учителем физики В. Н. Патрушевым. Здесь же часть учащихся представили свое оборудование для исследования явлений из разделов «Электростатика» и «Индукционный ток» (крутильные весы Кулона и индукционная кофеварка).

2. Изучение деятельности экспериментирования и моделирования.

Концепция учебников физики нового поколения (под ред. В. Г. Разумовского, В. А. Орлова) заключается в изменении учебной деятельности школьников не только представленными системами знаний, но и методикой организации этой деятельности, в частности деятельности экспериментирования и моделирования. Одна из основных форм изучения учебного материала в данных учебниках – это экспериментальные исследования (фронтальные лабораторные работы и домашние исследования). Через процедуру выполнения таких экспериментальных работ учащиеся достаточно осознанно усваивают логику научного познания. Для руководства учебной деятельностью учащихся мы специально разработали инструкции. Учащиеся выполняли все исследования (экспериментальные и теоретические) по схеме: определение физического объекта и явления, их моделей; выполнение необходимых измерений и вычислений; выводы по работе (установление причинно-следственных связей, выдвижение гипотез, определение границ применимости полученных знаний, сравнение физических величин, объектов). Предложенная схема организации учебной

деятельности соответствует логике познания: факты → модель → следствия → экспериментальная проверка. Накопленные экспериментальные данные за шесть лет показали, что предложенные инструкции позволяют управлять учебной деятельностью наиболее эффективно, так как идёт не только отработка экспериментальных умений на уровне конкретных действий, но и организуется работа с объектами науки (модели физических объектов и явлений).

Ежегодно в течение учебного года в 10–11 классах мы проводим контрольные работы «Экспериментальный метод научного познания». Цель этих работ – исследовать уровни усвоения учащимися методологических знаний и экспериментальных умений при выполнении учебных исследований. Первая часть работы составлена в форме теста и содержит задания о методах познания физических объектов и явлений. Вторая часть – это практическое задание на выполнение исследования.

Накопленные экспериментальные данные показывают, что вопросы по методологии научного познания усваиваются школьниками на вполне удовлетворительном уровне. Стабильность использования диагностических тестов и контрольных работ, инструкций к экспериментальным исследованиям. Практически по всем элементам методологических знаний на протяжении шести лет наблюдается устойчивый результат в ответах учащихся.

3. Методика эффективного использования учебника.

Школьный учебник – одно из приоритетных средств обучения, которое позволяет учащимся работать с научной информацией. Обучение физике при эффективном, систематическом использовании учебника позволит сформировать устойчивые навыки самостоятельной работы с научной литературой, то есть информационную компетентность. Отличительная особенность учебника физики заключается в том, что ему присуща методологическая функция, которая, с одной стороны, реализуется путём включения в содержание учебника методологических знаний, а с другой – организации работы учащихся с этим содержанием. Эффект учебника заключается не только в его содержании, но и в методике организации работы учащихся с этим содержанием [1].

Одна из задач педагогического эксперимента «Структура, содержание и процессы обучения при внедрении учебника физики нового поколения для профильной школы» – это совершенствование содержания и методики использования учебника физики. Организация учебной деятельности школьников с системами знаний названного учебника осуществлялась с использованием комплекса простых методических приёмов, в которых усилено внимание к различению объектов науки и объектов природы. Система приёмов работы с учебником включает *три группы заданий*:

1) Приёмы работы с текстом, ориентированные на формирование методологических знаний: задания на работу со структурными формами научного знания – выделение в тексте физических объектов, явлений и средств их описания (моделей, принципов, физических величин, законов, теорий), в том числе на различение физических объектов и их моделей.

2) Приёмы работы на структурирование учебного материала по логике принципа научного познания «факты – гипотеза, модель – следствия – эксперимент», (освоение знаний о методе и формирование умений действовать согласно методу).

3) Приёмы, способствующие развитию познавательной активности школьников на основе проведения частных экспериментальных и теоретических исследований с доминирующим вниманием на освоение метода научного познания.

С целью выяснения отношения школьников к учебнику в ходе учебного процесса мы практикуем рецензирование отдельных параграфов и глав учебника. Причём школьники делают это в групповой работе. Рецензия обязательно письменная, структура включает 4 блока: отношением к тексту; к рисункам; к экспериментальным исследованиям; к вопросам; к упражнениям. Анализ рецензий показывает направления работы по совершенствованию методики работы с текстом учебника.

Формирование универсальных учебных действий непосредственно связано с освоением школьниками метазнаний: общенаучные понятия «пространство», «время», «движение»; методологические категории «гипотеза», «закон», «теория», «метод познания», «научная картина мира» и др. Учащиеся должны знать, как устроены и структурированы знания, как получают эти знания, то есть приёмы и методы познания и научиться работать со знаниями.

Учебники физики нового поколения (под ред. В. Г. Разумовского, В. А. Орлова) ориентируют школьников на усвоение метазнаний как в форме освоения метода познания, так и в форме изучения структур знаний, например, знаний о физической теории или картине мира. В этих учебниках усилено внимание к вопросам методологии познания: отбор методологических понятий, раскрытие их содержания; наращивание полноты содержания понятия и системности его представления; организация специальной учебной деятельности с методологическими понятиями.

В учебнике «Физика–11» (под ред. В. Г. Разумовского) включена глава «Фундаментальные обобщения», состоящая из 6 параграфов: «Физический мир и его познание»; «Элементарные частицы как физические объекты»; «Движение и взаимодействие элементарных частиц»; «Современная физическая картина мира»; «Физические теории и границы их применимости»; «Физика и техника». Для исследования уровня освоения учебного материала данной главы учащимися 11 классов, был разработан специальный тест «Фундаментальные обобщения» (Ю. А. Сауров). Структура теста включает три блока вопросов: о механической, электромагнитной и современной физической картине мира.

В целом результаты выполнения тестовых заданий (2011–2016) показывают, что методологические знания доступны учащимся и вызывают интерес. Заметим, что уроки обобщения теоретического материала на уровне физической теории и современной картины мира способствует осознанию учащимися методологических знаний, пониманию логики процесса познания. Таким образом, можно констатировать, что названные учебники позволяют обеспечить формирование метакомпетенций школьников, требуемых ФГОС.

4. Организация методической подготовки учителей.

Одна из проблем повышения качества физического образования связана с готовностью учителей применять новые методические решения в освоении научного метода познания. Необходима планомерная и целенаправленная работа с учителями по освоению вопросов методологии познавательной деятельности.

С 2011 года для учителей физики в рамках курсовой подготовки на базе кабинета физики МБОУ СОШ № 16 проводится цикл занятий (лекции, физический практикум, открытые уроки) по подготовке учителей к применению новых методик в учебном процессе, разработанных в рамках данного педагогического эксперимента. Лекционные занятия посвящены вопросам методологии научного познания, методикам эффективного использования учебника и физического эксперимента. Физический практикум проводится по экспериментальным исследованиям учебников «Физика–10» и «Физика–11». Ежегодно мы проводим открытые уроки – урок обобщения «Экспериментальный метод познания», урок – лабораторная работа и урок коллективного исследования. Проведение таких уроков обусловлено тем, что учителя испытывают определенные методические затруднения в организации учебной деятельности школьников, как на уровне теоретических обобщений, так и практических умений выполнять учебное исследование.

Примечания

1. Сауров Ю. А., Лежепёкова О. Л. Методика организации деятельности с учебником в старших классах // Физика в школе. – 2014. – № 3. – С. 28–35.

К. А. Колесников

Вятский социально-экономический институт, г. Киров

АЛГОРИМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СОВРЕМЕННОГО УРОКА ФИЗИКИ

В статье обосновывается актуальность и эффективность моделирования в форме блок-схем уроков физики разных типов.

Ключевые слова: модель урока, структура урока, алгоритмическая модель.

На протяжении ряда лет в педагогической науке активно обсуждается проблема моделирования образовательного процесса, при этом, среди видов моделей, на наш взгляд, незаслуженно обходят вниманием алгоритмические, которые могут описать принятым в информатике языком структуру урока или его этапа в соответствии с выбранным методическим подходом. В рамках настоящей конференции представляется наиболее интересным рассмотреть частные алгоритмы организации уроков физики с присущими этой науке характерными особенностями, а именно, наличием экспериментальной основы познавательной деятельности школьников. Основные элементы для изображения блок-схем, представленных ниже, описаны во многих учебниках информатики для средней школы.

Опираясь на алгоритмический подход, разработаем ряд моделей уроков, реализованных в различных педагогических парадигмах. Начнём с урока в традиционной его форме (блок-схема на рис. 1).



Рис. 1

На представленной блок-схеме видно, что данный урок разворачивается абсолютно линейно, никакой специфики предмета здесь не проявляется. Один его этап строго следует за другим, можно однозначно задать продолжительность каждого этапа. Под такой урок можно заготовить конспект и использовать его в своей педагогической практике сколько угодно раз. Данная модель, несмотря на её очевидную архаичность, активно используется в школьной практике по сей день, так как является наиболее простой и не требует от педагога высокой степени рефлексии своей деятельности.

Следующая модель урока имеет зачатки активной обратной связи (рис. 2), но они присутствуют в ней лишь как потенциальная возможность, а не как условие функционирования модели. На каждом этапе урока учителем может быть реализован свой сценарий, который можно также прописать в виде более сложного алгоритма, т.е. на месте каждого элемента может быть внедрён вложенный алгоритм любой сложности.

В следующей модели (рис. 3) используется алгоритм ветвления, который предполагает нелинейность процесса.



Рис. 2

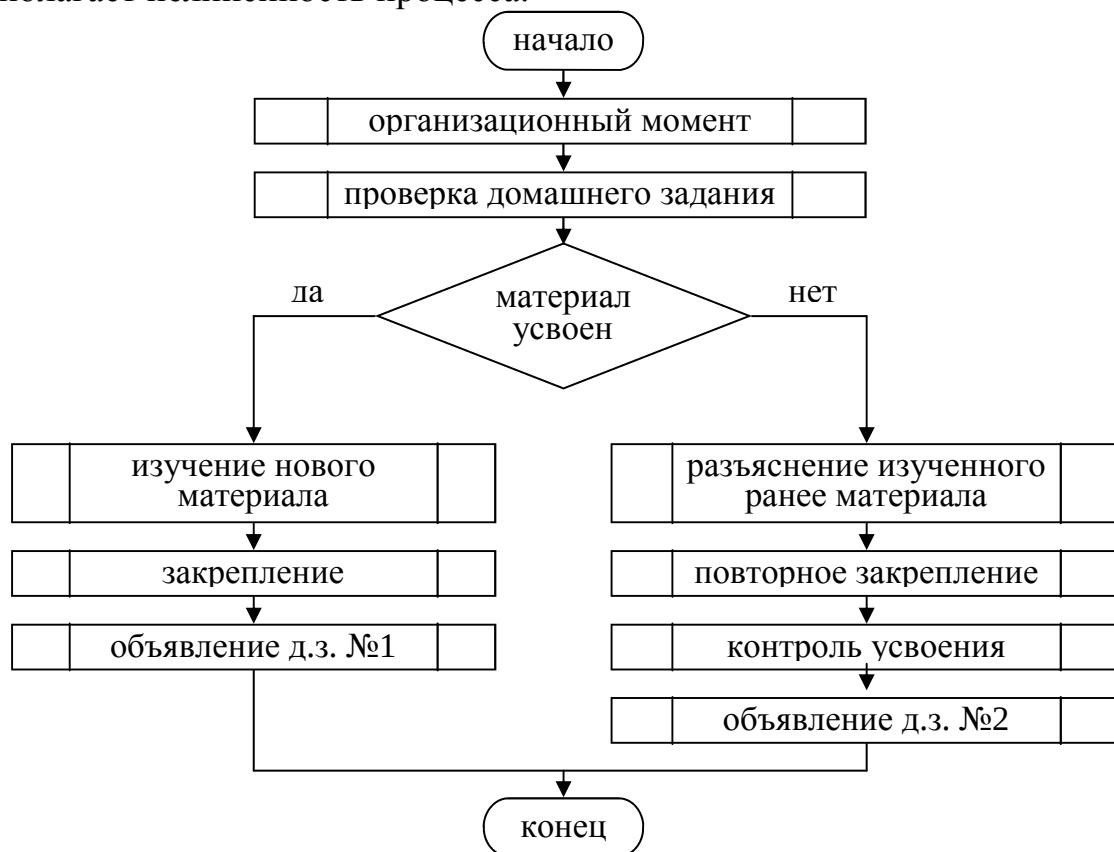


Рис. 3

Как видим, здесь в отличие от первых двух примеров мы имеем возможность по-разному завершить урок, в зависимости от того, по какой ветке пойдёт процесс, он завершится либо домашним заданием №1, либо домашним заданием №2.

Поняв принцип разработки моделей на основе алгоритма, попробуем представить несколько вариантов моделей уроков, типичных для физики:

1. Урок решения экспериментальных задач

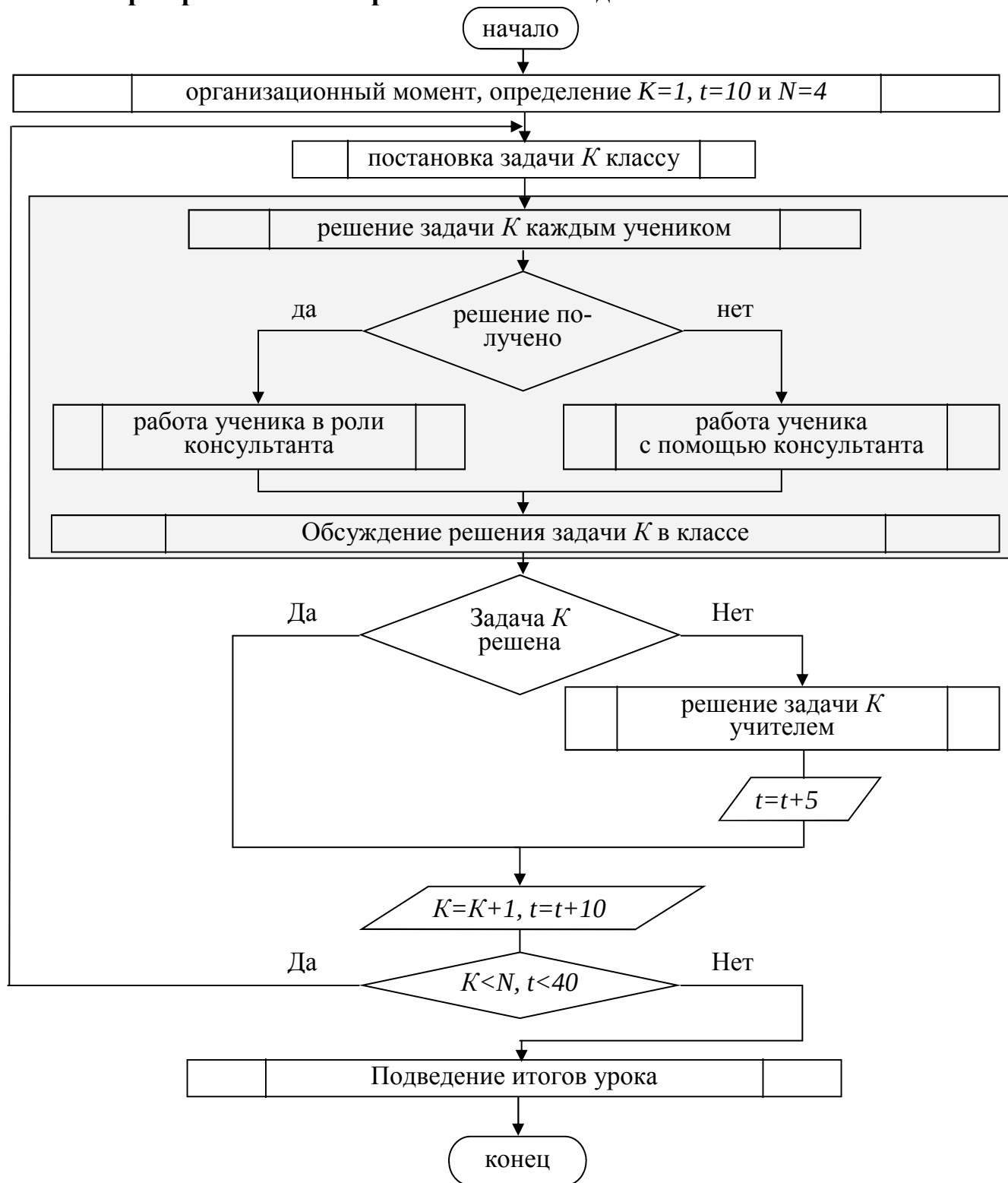


Рис. 4

2. Урок выполнения лабораторной работы

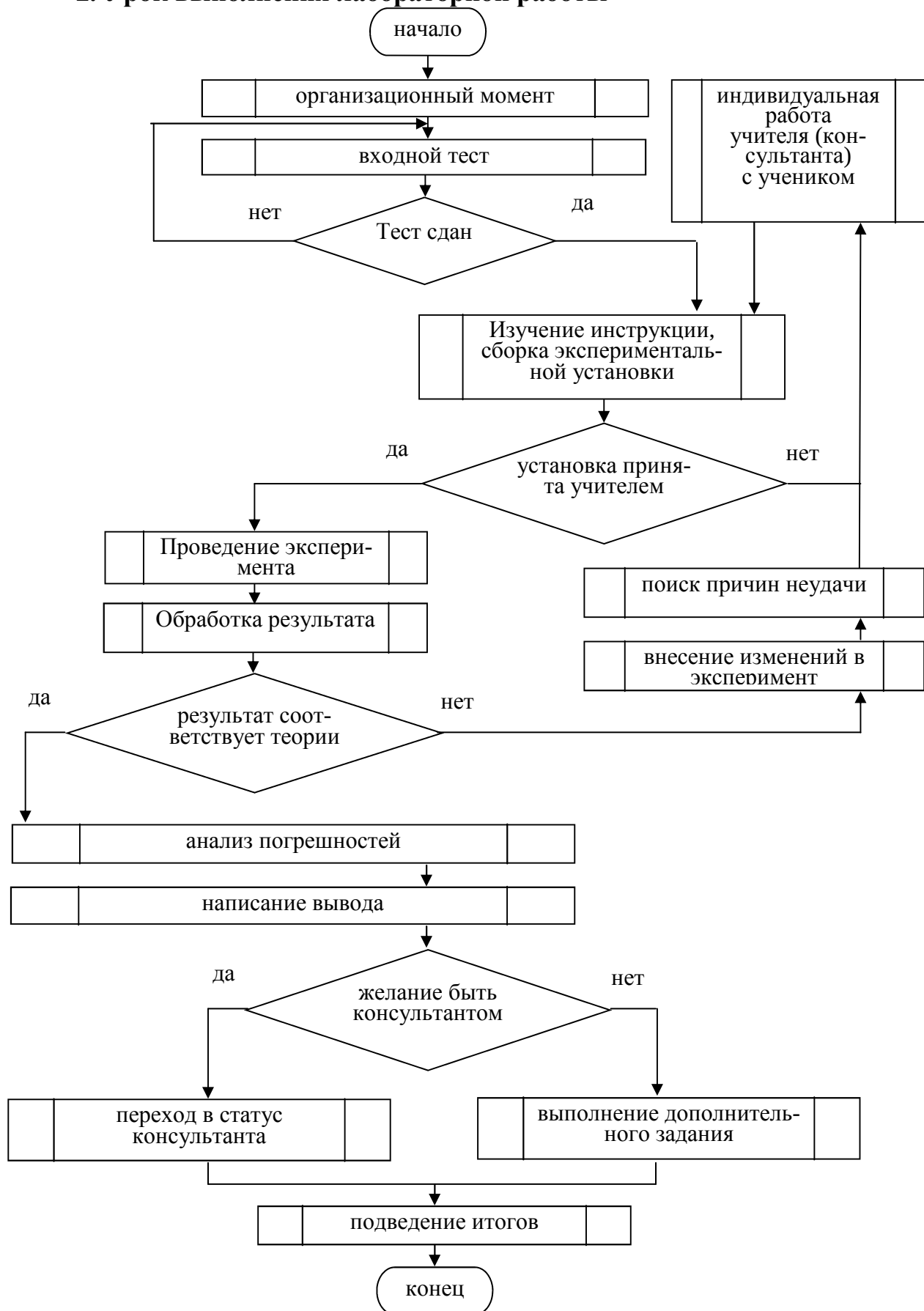


Рис. 5

Модель урока решения экспериментальных задач содержит несколько точек ветвления. Две из них принципиально важны как условия перехода на «следующий уровень» в первом случае, конкретного ученика, а во втором случае – всего класса. Модель обладает признаками универсальности, по такому принципу можно организовать много разных уроков. В представленном примере предполагается, что учитель последовательно ставит классу экспериментальные задачи, в процесс решения которых вовлекается каждый ученик. Очевидно, что от его способностей зависит время, необходимое на поиск решения, что учтено в модели.

Урок выполнения лабораторной работы, который идёт обычно совершенно линейно, здесь представлен как процесс с несколькими точками ветвления. В этой модели у более подготовленного ученика есть возможность стать консультантом или заняться совершенствованием своего уровня, при затруднениях получить индивидуальную консультацию учителя. Важно заметить, что при проектировании урока в модели появился такой элемент как входной тест, который может быть организован с использованием современных возможностей мобильных устройств или систем массового голосования. Однако при отсутствии такой возможности тест может быть исключён из модели и заменён другими формами допуска. Это иллюстрирует то, что алгоритмическая модель обладает гибкостью, её можно «настраивать» под те условия и задачи, в которых работает учитель.

Заключение. Представленный набор моделей не претендует на полноту. Нашей целью было лишь представить возможности алгоритмического подхода к моделированию педагогических явлений и процессов. На наш взгляд, данный подход обладает такими свойствами как наглядность и технологичность, что, несомненно, близко для практиков. С этой точки зрения модель, представленная в виде алгоритмической блок-схемы, абсолютно методична, так как позволяет теоретическую конструкцию превратить в деятельность педагога.

Данный подход конструктивен по отношению к феномену педагогической технологии, поскольку восполняет порой недостающую ему наглядность. Так, словесное описание педагогической технологии не позволяет её воспроизвести, так же как словесное описание технологии кройки и шитья не позволит создать изделие. Алгоритм же деятельности позволяет достичь желаемого результата.

В. Н. Бакулин

Вятский государственный университет

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

В статье из опыта работы рассматривается использование некоторых математических и компьютерных моделей физических явлений.

Ключевые слова: модели, функции, законы, графики, исследование.

При изучении физики в школе и в ВУЗе мы пользуемся ограниченным набором элементарных математических моделей – выражений, связывающих физические величины:

• Линейные функции вида $y = ax + b$ (арифметические прогрессии) при условии постоянства коэффициентов пропорциональности: $v = v_0 + at$, $F_x = -kx$, $U = Cq$, $p = nkT$.

• Обратно пропорциональные зависимости вида $y = k/x$: $I = U/R$.

• Зависимости от квадрата переменной величины $E = mv^2/2$, $x = a_xt^2/2$, $F = km_1m_2/r^2$ и обратные им зависимости $v = \sqrt{2gh}$.

Экспоненциальные зависимости вида $x = x_0 \exp(-kx)$ (геометрические прогрессии): $N = N_0 \exp(-\lambda t)$.

Это всё гладкие монотонно убывающие или возрастающие функции, качественно (количественно) описывающие зависимости между физическими величинами, которые иногда используются для сравнения скоростей их изменения в различных условиях.

Из тригонометрических функций в большинстве случаев используются только синусоидальные зависимости, описывающие гармонические колебания.

Большинство этих зависимостей являются следствиями математических преобразований из основных законов, а основные законы физики представляют собой упрощённые линейные модели связей между физическими величинами. Модели работают в ограниченном интервале значений параметров, определяющих их пригодность с точки зрения точности предсказания результатов эксперимента или природного явления.

Физику считают точной наукой не потому, что она обладает абсолютно точными знаниями о своих объектах, а потому, что знает степень неточности своих количественных данных о физических величинах. Результаты измерений и предсказаний поведения физических моделей выраженных математическими формулами всегда различаются по причине несовершенства тех и других. Мы знаем, что ошибаемся, но знаем величину ошибки и знаем, как ее уменьшить до приемлемого уровня.

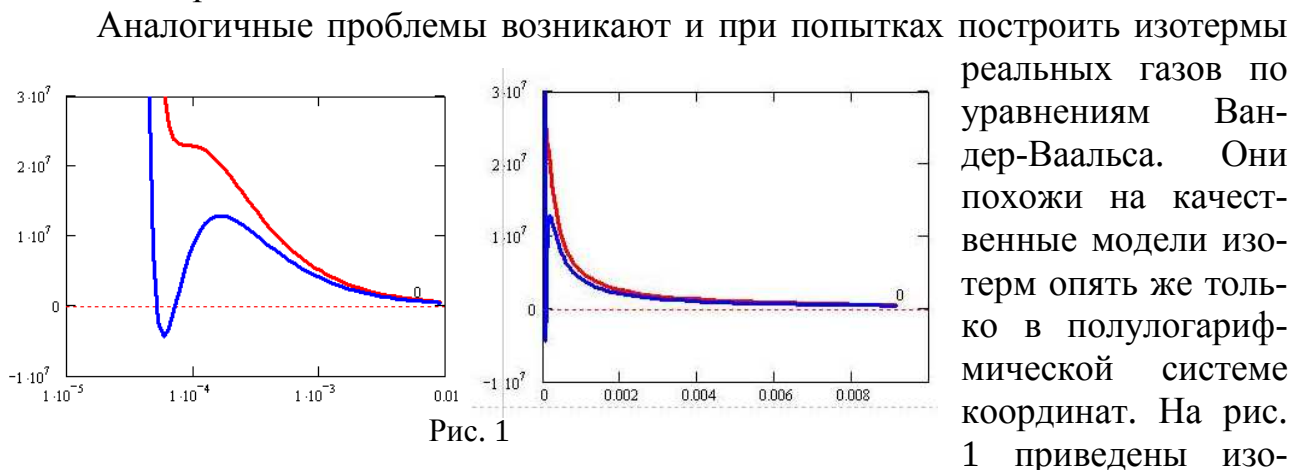
Рисунки, схемы, графики функциональных зависимостей между физическими величинами, используемые в преподавании физики, обычно являются качественными иллюстрациями и относятся к особому классу учебных моделей, рассчитанных на образное зрительное восприятие.

Изучение курсов физики сводится в большинстве случаев к формулировке основных законов в общем виде без количественного анализа даже полученных в аналитическом виде сравнительно простых математических моделей практических устройств, механизмов, явлений. Для анализа выведенных функциональных зависимостей (точки экстремума, перегиба, разрыва и т. п.) обычно не остаётся времени, особенно при необходимости использования для этого нестандартного математического аппарата или специальных функций.

В современных условиях имеется большой арсенал математических программ типа Mathcad, которые позволяют провести количественный анализ конкретных практических ситуаций и представить их в графическом виде с указанием масштабов по осям координат.

Возможности компьютерного моделирования вызывают соблазн построить, наконец, точные графические образы цикла Карно и других видов тепло-

вых машин. Только после этого становится понятным, почему реальные тепловые машины не используют идеальный цикл и довольствуются значительно меньшими коэффициентами полезного действия при аналогичных перепадах температур нагревателя и холодильника. Используемые в учебниках визуальные картинки цикла Карно сильно искажены и являются упрощенными графическими моделями моделей физических процессов в полулогарифмической системе координат.



термы для одного моля воды по Ван-дер-Ваальсу.

Упрощенные графические модели вполне годятся для первого качественного знакомства с явлениями, но для анализа реальных устройств на их основе, для разработки технических образцов, прототипов изделий требуются адекватные им количественные модели.

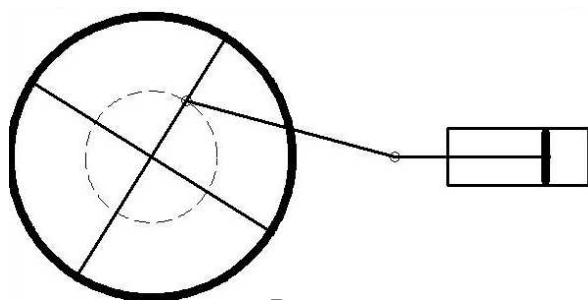


Рис. 2

Математические пакеты программ позволяют создавать динамические иллюстрации работы различных устройств или трудно представимых зависимостей физических величин от времени и изменяющихся параметров. Полезно учащимся самостоятельно разрабатывать и исследовать такие модели (паровая машина (рис. 2), связь равномерного движе-

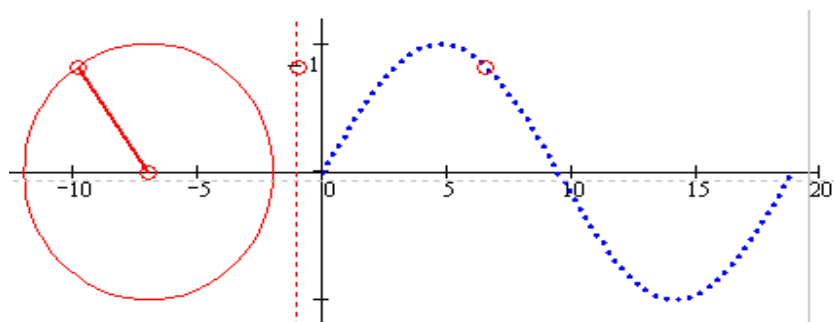


Рис. 3

ния по окружности и гармонических колебаний, фигуры Лиссажу и т.п. (рис. 3)).

В последние годы стали популярными виртуальные лабораторные работы по физике и другим дисциплинам, кото-

рые позволяют отработать некоторые практические навыки экспериментальных исследований. Думается, однако, что их эффективность будет удовлетворительной только с переходом их в высококачественную виртуальную реальность. В настоящее время представляет интерес использование вычислительно-

го эксперимента с традиционной записью промежуточных результатов и последующей обработкой полученных данных, построением графиков.

Например: построить траектории движения тела, брошенного под углом к горизонту, определить дальность полёта по графикам при разных углах бросания и построить зависимости дальности от угла бросания. Эти результаты можно сравнить с теорией – простыми школьными формулами. Гораздо интереснее построить баллистические траектории с учётом сопротивления воздуха и получить графики зависимости дальности полёта от угла бросания и от начальной скорости, да ещё и при наличии ветра. Получить аналитические выражения таких зависимостей без простого компьютерного поточечного снятия данных весьма сложно. На рис. 4 показаны для сравнения параболическая и баллистическая траектории теннисного мяча массой 7 г, брошенного под углом 45 градусов со скоростью 20 м/с.

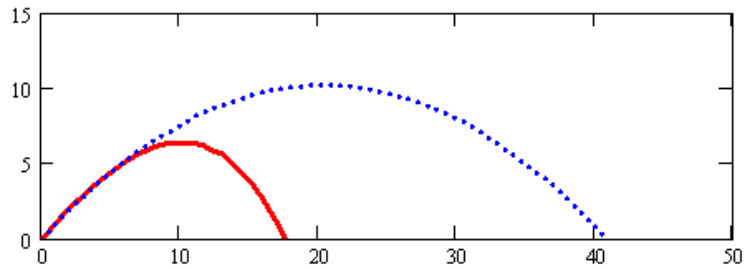


Рис. 4

Ещё пример. Рассмотрим цепь, состоящую из источника тока с заданными значениями ЭДС и внутреннего сопротивления. Построенные графики зависимости полезной мощности, КПД и силы тока от величины сопротивления нагрузки позволяют определить, например, при каких условиях система запуска автомобиля развивает максимальную мощность, как оптимизировать соотношение параметров аккумулятора и стартера, рассчитать скорость нагрева аккумулятора при коротком замыкании и т. п. Изменяя исходные данные параметров системы можно методом проб и ошибок оптимизировать её по различным критериям (рис. 5).

$\text{emf} := 5$ эдс источника тока и его
 $r := 5$ внутреннее сопротивление
 $R := 0, 0.1 \dots 30$ сопротивление нагрузки
 $I(R) := \frac{\text{emf}}{R + r}$ ток в цепи
 $\eta(R) := \frac{R}{R + r}$ кпд источника тока
 $N(R) := I(R)^2 R$ полезная мощность

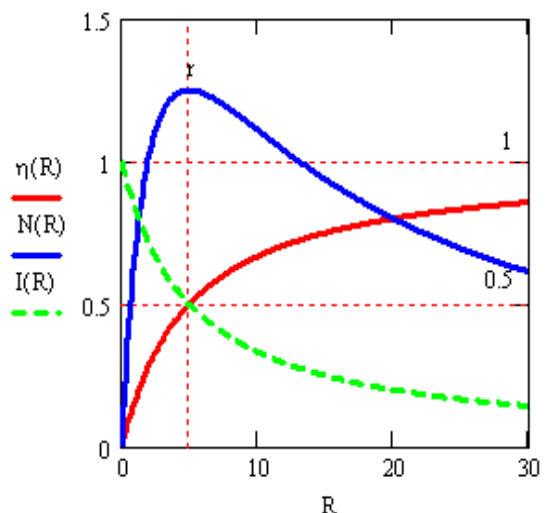


Рис. 5

Компьютерные модели физических явлений – полезное средство сопровождения учебного процесса, но наибольший эффект они дают, когда обучающийся сам сформулирует математическую задачу, переведёт её на один из языков программирования, проведёт модельный физический эксперимент и сделает выводы.

III. МОДЕЛИ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСА ФИЗИКИ

П. Я. Кантор

Вятский государственный университет

МАГНИТО-ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АНАЛОГИЯ И ФИКТИВНЫЕ ЗАРЯДЫ

В статье обосновывается и рассматривается дидактический потенциал изучения электрических и магнитных полей методом аналогии.

Ключевые слова: модель, стационарное поле, магнитный диполь, сила тока, потенциал.

Как известно, простейшая модель взаимодействия макроскопических объектов, базирующаяся на принципах относительности и наименьшего действия, требует введения соответствующего материального посредника, средством описания которого служит 4-мерное векторное поле, именуемое 4-потенциалом. В уравнения движения, получаемые из того же принципа наименьшего действия указанный вектор входит в виде комбинаций пространственных и временных производных первого порядка, которые отождествляются с электрическим и магнитным полями. В СИ соответствующие выражения

имеют вид: $\vec{E} = -\text{grad} \varphi - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}$, $\vec{B} = \text{rot} \vec{A}$, где φ – скалярный потенциал, представляющий собой (с точностью до постоянного множителя) временную компоненту 4-потенциала, $\vec{A}$ – векторный потенциал, совпадающий с совокупностью пространственных компонент. Выражения полей принципиально различны; в дидактическом аспекте обычно внимание акцентируется на том, что магнитное поле всегда соленоидально ($\text{div} \vec{B} = 0$), а электрическое – содержит потенциальную составляющую, которая, главным образом, изучается в школьном курсе физики.

В иных аспектах, однако, поля оказываются весьма сходными. Так, в пустом пространстве стационарные поля удовлетворяют одному и тому же уравнению Лапласа ($\Delta \vec{E} = 0$, $\Delta \vec{B} = 0$), откуда следует, что структуры полей идентичны. Это обстоятельство позволяет с некоторыми оговорками ввести скалярный магнитный потенциал φ_m , определяемый равенством $\vec{B} = -\text{grad} \varphi_m$, который широко используется в теоретической электротехнике для расчетов магнитных полей и магнитных цепей.

Обращает на себя внимание также абсолютное сходство магнитного и электрического полей в дипольном приближении, выражения для которых в СИ

имеют вид: $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3(\vec{r}\vec{p})\vec{r} - \vec{p}r^2}{r^5}$ (1), $\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{3(\vec{r}\vec{m})\vec{r} - \vec{m}r^2}{r^5}$ (2) ($\vec{p}$ – электрический,

$\vec{m}$ – магнитный дипольный момент системы; поле вычисляется на расстоянии $\vec{r}$ от неё). На этом основании можно ввести фиктивные магнитные заряды q_m , взаимодействующие по закону Кулона $F = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{|q_{m1}q_{m2}|}{r^2}$ (3), и предста-

вить магнитный дипольный момент в виде $\vec{m} = q_m \vec{a}$, где $\vec{a}$ – расстояние между

отрицательным и положительным магнитными зарядами. Тогда формула (2) получается как очевидный аналог формулы (1). Использование указанной аналогии позволяет, в частности, мгновенно получить практически важные формулы для энергии магнитного диполя во внешнем однородном или слабо-неоднородном магнитном поле $W = -(\vec{m}\vec{B})$ и механического момента, действующего на диполь, $\vec{M} = [\vec{m}\vec{B}]$; отметим, что прямой вывод последнего выражения обычно занимает около 2,5 страниц печатного текста.

Простейшая модель типовых полей, используемая в учебной практике (назовём её примитивной), сводится к следующему: внутри плоского конденсатора однородное поле пропорционально поверхностной плотности заряда σ : $E = \sigma/\epsilon_0$, снаружи поле равно нулю; магнитная индукция внутри соленоида выражается через ток I и плотность намотки n как $B = \mu_0 nI$, а за пределами соленоида поле отсутствует. Простая модель обычно используется для введения представления о собственной энергии поля как специфического материального объекта и получения выражения для плотности указанной энергии. Понятно, однако, что для решения других задач простая модель принципиально неприменима и должна быть заменена моделью более тонкой. Приведём несколько примеров.

Задача 1 (Окружная физическая олимпиада школьников, 2000 г.).

В электростатических полях Муха-Цокотуха умеет летать только по эквипотенциальным поверхностям. Её поместили между обкладками заряженного плоского конденсатора на оси OO' на расстоянии $\frac{9999}{20000}d$ от одной из них (d – расстояние между обкладками). Об-

кладки конденсатора имеют форму дисков радиуса R , причём $R \gg d$. На каком расстоянии r от конденсатора будет Муха, когда окажется вне конденсатора на его оси симметрии?

Легко видеть, что простая модель в описанной в задаче ситуации является абсолютно неадекватной, ибо предполагает постоянство (в силу того, что $\vec{E} = 0$) потенциала вне конденсатора. Ясно, что здесь следует использовать дипольную модель, причём применять формулу для потенциала в дипольном приближении $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(\vec{r}\vec{p})}{r^3}$ с учётом геометрического фактора нет необходимости;

достаточно смоделировать конденсатор системой двух точечных зарядов, расположенных на расстоянии d друг от друга, и рассчитать потенциал этой системы по стандартной школьной формуле.

Задача 2 (Международная физическая олимпиада, 2012 г.; рассматривается часть задачи, **представляющая интерес** в контексте рассматриваемых моделей).

Рассмотрим цилиндрическую трубку из сверхпроводящего материала. Длина трубки равна l , а её внутренний радиус r , причём $l \ll r$. Имеется магнитный поток Φ через центральное поперечное сечение трубки. Сверхпроводник – вещество полностью выталкивающее магнитное поле.... Имеется ещё одна трубка, идентичная и параллельная первой. Магнитное поле во второй трубке имеет противоположное направление; трубки лежат вдоль двух противоположных сторон квадрата. Определите силу магнитного взаимодействия F между двумя трубками.

Отметим, что авторское решение данной задачи содержит ряд неочевидных и малообоснованных, на наш взгляд, допущений. Очевидно, что в рамках примитивной модели задача принципиально не решается. Непосредственное применение дипольного приближения безосновательно, поскольку не соблюдено условие его применимости $l \ll r$.

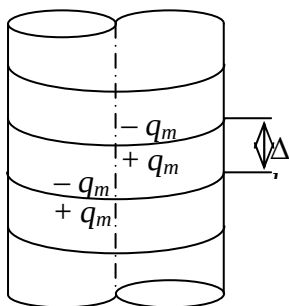


Рис. 1

Тем не менее, задача вполне корректно решается с помощью дипольной модели. С этой целью каждую трубку следует разбить на малые участки $\Delta l \ll l$, каждый из которых обладает малым магнитным дипольным моментом, и далее просуммировать векторы сил парного взаимодействия магнитных диполей, найденные по известной из классической электродинамики формуле. Очевидно, однако, что указанный путь окажется излишне трудоёмким; проблематичным будет также выражение искомой силы через заданные в условии величины.

Наше решение заключается в следующем.

Из закона полного тока следует, что по трубке циркулирует ток

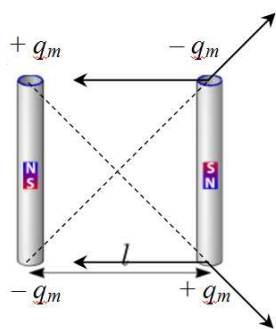


Рис. 2

$I = \frac{l}{\mu_0} \frac{\Phi}{\pi r^2}$, создающий магнитный дипольный момент

$m = \pi r^2 I = \frac{\Phi}{\mu_0} l$. В рамках рассматриваемой модели трубка

заменяется парой магнитных зарядов величиной $q_m = \pm \Phi / \mu_0$, расположенных на её концах, причём от длины трубки величина заряда не зависит. Каждый малый фрагмент трубки, характеризующийся малым магнитным моментом, заменяется парой разноимённых магнитных зарядов, и тогда задача сводится к суммированию сил притяжения и отталкивания между этими зарядами. Легко видеть, однако, что решение задачи радикально упрощается тем обстоятельством, что смежные положительные и отрицательные заряды (рис. 1) взаимно нейтрализуются. Некомпенсированными остаются только заряды на концах стержней (рис. 2), и для получения результата

$F = \frac{4 - \sqrt{2}}{8\pi\mu_0} \frac{\Phi^2}{l^2}$ достаточно осуществить векторное сложение сил притяжения и отталкивания между ними, найденных по закону Кулона (3).

Я. Д. Лебедев, Ю. А. Сауров

Вологодский государственный университет, Вятский государственный университет

К ВОПРОСУ О ФУНДАМЕНТАЛЬНОСТИ ПОНЯТИЯ «МАТЕРИАЛЬНАЯ ТОЧКА» В ОБУЧЕНИИ

В статье с разных точек зрения раскрывается фундаментальность модели «материальная точка» в описании физических объектов и явлений.

Ключевые слова: материальная точка как исходная модель, построение и выбор моделей объектов, границы применимости.

О проблеме выбора модели познания в учебном процессе. То, что фундаментальные свойства природы в больших масштабах определяются её микроскопическим строением, утверждал ещё Ньютон [1]. Однако свойства реальных элементарных объектов и ныне нам пока малоизвестны. Поэтому, следуя Ньютону, нам познающим приходится вместо реальных объектов природы выбирать на

роль таких кирпичиков мироздания их идеализированную модель [2]. Наиболее подходящей для этого оказалась модель частицы, *материальной точки* или корпускулы. Представление такой модели интуитивно присутствует у каждого человека. И хотя это, как правило, и не произносится, под ней подразумевается малая доля некоего материального объекта. Это легко обнаружить, наблюдая как маленькие дети, играя, припадают на коленки, «тестируя» внешнее воздействие *макротела* Земля на себя – *частицу* (в сравнении с Землёй). Так формируется первое восприятие воздействия в системе двух разных тел; иногда со слезами на глазах. Кстати, из физических моделей школьники, как правило, называют одну – материальную точку. Но понимают ли они её? Кроме того, почему из всех моделей фундаментальной называют одну – «*материальную точку*»? Какие принципиальные познавательные процедуры определяют введение этой модели? С нашей точки зрения, фундаментальной считается та модель, которая реализует (представляет) фундаментальные познавательные идеи. В нашем случае – это идея дискретности пространства, времени, материи. И, значит, предназначение такой модели – интеллектуальный прорыв в познании мира.

Почему и как характерные свойства обозначенной модели раскрываются познающим (припадающим) субъектом постепенно.

О природе становления процесса моделирования. Любая наука, и физика не исключение, исторически развивается в последовательности накопления знаний о реальности. И здесь обозначенный в названии вопрос неплохо коррелирует с категориями (понятиями) современного знания о живой материи, в частности, понимания категории «дление» [3]. Поскольку жизнь есть дление, а дление есть процесс развития и усложнения биосистем (человека подрастающего) и биосферы в целом, это представляет собой эволюционный процесс [4]. Естественно, это относится и к эволюции развития обозначенного физического понятия, формирующегося, возможно, и материализующегося в процессе отражения реальности познающим субъектом.

Действительно, деятельность по отражению реальности, или научная деятельность, прежде всего, проявляется в концептуальном аппарате науки. По физике она связана ещё и с количественной оценкой, а потому требует понимания концептуального аппарата математики. Очевидно, математический аппарат может быть применён только к идеализированной модели, являющейся объектом тестирования окружающей действительности. Поскольку построение образа окружающей реальности и его математическое описание требуют выполнения определённых действий, при рассмотрении всей проблематики моделирования важно учесть – мыслительная деятельность основана на четырёх видах информационных «алфавитов» – знаковом (словесном), образном, символическом, предметном [5, 6]. Через эти «языки» мышления сначала отражается, а затем проектируется и преобразуется окружающая реальность. Поэтому модель «*материальная точка*» является наиболее подходящей для этого, поскольку её состояние фиксируется всего лишь двумя независимыми параметрами, определяющими все остальные характеристики. И что не менее важно, изменение её состояния со временем сводится к наглядному процессу перемещения по линии-траектории в пространстве.

Логико-методологическая природа модели материальная точка. Материальная точка, *несомненно*, понятие; иными словами это идеальное образование о чём-то или что-то обозначающее. Оно «живёт» в мире понятий и через них проявляется. Понимание понятия *материальной точки* начинается при наблюдении и изучении простейших движений объектов действительности, например, при преодолении перекрёстка в повседневной жизни. Приближающийся объект здесь воспринимается пешеходом на интуитивном уровне в сопоставлении его с удалённостью до наблюдателя, и такой объект невольно рассматривается как некая небольшая точка (материальная). Другими словами, движущемуся объекту непроизвольно, ещё неосознанно ставится в соответствие материальная точка. Кроме того, опираясь на неё пешеход, преодолевающий перекрёсток, прилагает усилия по введению объективных характеристик пространства, времени и движения – далеко/близко, быстро/медленно, безопасно/небезопасно. Сопоставив движение, приближающегося объекта с необходимым движением для пешехода, по безопасному преодолению перекрёстка и, осознав себя неопасным пешеходом, пешеход принимает решение по его совершению. Здесь на простом и наглядном примере удаётся показать, как решается проблема появления физических характеристик, а вместе с этим и понятий, чувствительных (или нет) к выбору начала отсчёта; их сочетание в описании происходящего процесса, а также процедуры измерения. Иными словами, привлечение понятия *материальной точки* для изучения простейших движений, основанное на четырёх видах информационных «алфавитов» *символ/знак, предмет/образ*, позволяет получить дубликат внешней материальной деятельности, который выступает заместителем объектов *знак/символ*, а продуктом – *предмет/образ*. Таким образом, методологическая природа построения такой модели объекта-тела связана с задачей описания движения с опорой на систему отсчёта – математическую систему координат. Выделение геометрической точки как исходного элемента для определения (задания) модели пространства (времени) приводит здесь к фундаментальной абстракции точечного события, что позволяет различать события [7]. Продуктивность такого подхода была выяснена ещё Декартом при конструировании системы отсчёта как самой по себе некой модели для описания движений.

«Жизнь» и функционирование материальной точки. Обратимся к первому аспекту, обозначенному в предыдущих разделах. В частности, к формирующемуся семантическому полю, отображающему через вводимые *физические понятия* движение *материальной точки*: её положение, характер движения и его направление. Это обозначает второй аспект представления движения – математический. И здесь не обойтись без понятия «*пространство*» и его графического отображения; необходимо понимание и категории «*время*», что требует введения модели течения реального процесса – *мгновение*, формирующего начало истечения времени отсчёта. Установив пространственные и временные отношения одного и того же события, обнаруживаем их общее свойство – *относительность* (зависимость от выбора начала отсчёта) и *однородность* (промежутки времени и расстояния неизменны – инвариантны по отношению к выбору начала отсчёта).

Поскольку не существует пространственных и временных отношений по отдельности, их вторым общим свойством является *взаимозависимость* (любой процесс происходит в пространстве в течение какого-то промежутка времени). Поэтому имеет смысл говорить о «пространственно-временных отношениях между событиями» [2], а анализ *движения материальной точки*, т.е. *изменение её состояния* со временем, действительно неизбежно сводится к наглядному процессу перемещения вдоль траектории в пространстве. Для этого декартова система координат связывается с материальным объектом – телом отсчёта; вместе с часами они образуют систему отсчёта, позволяющую каждому положению движущейся частицы, *материальной точке* поставить в соответствие два числа, например, $\{x_i, t_i\}$, играющих роль пространственно-временных координат события; в работе [2] эту точку принято называть *мировой точкой*. При последовательном описании движения частицы вдоль оси X на плоскости Xt движение материальной точки отображается совокупностью мировых событий или *мировой линией*, которая называется *графиком движения*. Это позволяет перейти к введению кинематических характеристик, отображающих характер движения частицы, в частности, скорости, которая может быть как положительной, так и отрицательной в зависимости от направления движения частицы вдоль оси X ; вместе с тем, её значение не зависит от выбора начала отсчёта как вдоль оси X , так и времени t . Таким образом, работая с аудиторией в разделе «кинематика», обучающий пытается «раскачать» в работающем слушателе четыре языка мышления – *символ/знак, предмет/образ* [6], не теряя, разумеется, концептуального аппарата математики.

В предыдущих рассуждениях при установлении взаимосвязей между свойствами пространства и времени с выходом на конструирование уравнений движения достаточно было бы и понятия математической (геометрической) точки. Действительно, первым шагом в построении модели является абстрагирование от размеров, а значит и от внутреннего строения объекта, движущегося тела. Это позволяло строить кинематику движения тела. Зачем же всё-таки необходимо понятие *материальной точки*?

Ньютон первым осознал, одних кинематических характеристик недостаточно для выяснения причин, вызывающих движение [1]. Нужна более общая, чем скорость, характеристика движения частицы. И здесь ему сгодились опыты Галилея; при наличии внешнего воздействия разные частицы, двигавшиеся первоначально с одинаковой скоростью, изменяют её по-разному; позднее это будет звучать как второй закон динамики. Так появляется первая динамическая характеристика, отличающая одну частицу от другой и играющая роль внутренней характеристики собственно материи. Введённое Ньютоном понятие массы, характеризующее инертные свойства тел, позволило ему ввести комплексную *характеристику* состояния частицы – импульс, *равную* произведению массы на скорость. Теперь уже наделённая массой точка – *материальная точка* позволяет исследовать как характер внешних воздействий, так и их взаимосвязь с установленными ранее свойствами пространства и времени. Это оказалось возможным благодаря тому, что физическая система может быть мысленно расчленена на две неравноправные части. Одной из них является ма-

териальный объект, моделируемый *материальной точкой*, характеристики состояния которого изменяются со временем. Другой – все остальные существенно коллективные материальные объекты, создающие неизменное внешнее воздействие. При этом обратное воздействие движущейся частицы на эти объекты не учитывается(!). Таким образом, модель – *материальная точка* является фундаментальным понятием, позволяющим устанавливать законы материального мира, описывать движение в системе взаимодействующих частиц при наличии внешнего воздействия.

В механике как макротеоории если модель тела – материальная точка, то в рамках концепции абсолютного и непрерывного пространства-времени получаем следующую модель движения тела: точка непрерывно переходит из одного положения в другое, причём траектория движения – гладкая кривая, т.е. её уравнения – функции координат от времени, дифференцируемы. Так мы, как следствие, получаем возможность ввести скорость и ускорение как математические модели движения.

О границах применимости. Сами по себе модели не живут и не умирают. Их создают (конструируют) и разрушают (декомпозируют). Основная причина при этом кроется в практике их применения: если модель можно применить и результат хороший – её применяют, если нет – изменяют, отбрасывают, заменяют, дополняют и т. д.

Типичная пограничная ситуация возникает, например, при переходе к макроскопическим объектам, содержащим огромное число частиц $N \sim N_A \gg 1$, ситуация меняется. Если объект исследования можно трактовать как газоподобную систему, его описание вблизи теплового равновесия удаётся с привлечением модели *материальной точки* (в таком объекте взаимодействие неинтенсивно). Ситуация существенно усложняется при исследовании, например, реальных газов. Модель *материальной точки* для газоподобных систем даёт сбой, поскольку указанный газ проявляет свойства физической системы с внутренней структурой. Разумеется, нужна более сложная модель, например, система материальных точек.

Здесь важно зафиксировать, во-первых, – модель материальной точки всё-таки привлекается; во-вторых, она привлекается только для построения новой модели. Не менее важным является то, что здесь впервые поднимается вопрос о различении понятий *физическая система* и *физическая частица* (объект).

В заключение полезно заметить, что в специальной теории относительности объект тоже моделируется *материальной точкой*, вместе с тем постулат постоянства скорости света «разрушает» ряд классических моделей описания движения: сложение скоростей в кинематике, основное уравнение Ньютона в динамике... Однако будем помнить, здесь всё-таки определяющими являются пространственно-временные интервалы, а они не чувствительны к «точке». В целом подобного рода бесструктурные объекты с необходимостью появляются в познании.

Примечания

1. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. – М.: Наука, 1989. – 687 с.

2. Суханов А. Д. Фундаментальный курс физики. Учеб. пособие для вузов. В 4-х т. Т. 1. Корпускулярная физика. – М.: Агар, 1996. – 536 с.
3. Казначеев В. П., Трофимов А. В. Очерки о природе живого вещества и интеллекта на планете Земля: Проблемы космопланетарной антропоэкологии – Новосибирск: Наука, 2004. – 312 с.
4. Яшин А. А. Живая материя: Физика живого и эволюционных процессов / А. А. Яшин. – М.: Изд-во ЛКИ, 2007. – 264 с.
5. Лебедев Я. Д., Сауров Ю. А. Методологические и методические идеи конструирования нового пособия для студентов // Вестник гуманитарного образования. – 2016. – № 1. – С. 6–11.
6. Лебедев Я. Д., Сауров Ю. А. Вопросы эпистемологии в методике обучения физике // Модели и моделирование в методике обучения физике. – Киров: КИПК и ПРО, 2007. – С. 23–27.
7. Мултановский В. В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. – М.: Просвещение, 1977. – 168 с.

А. М. Слободчиков

Вятский государственный гуманитарный университет

К ВОПРОСУ О МЕЖПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЯХ ФИЗИКИ И ХИМИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ДИССОЦИИАЦИИ

На примере явления электролитической диссоциации показывается дидактический потенциал межпредметных связей физики и химии.

Ключевые слова: ориентация, ионизация, диссоциация, сольватация, природа химической связи.

В основе химии лежат физические законы. М. В. Ломоносов писал: «Химик без знания физики подобен человеку, который всего должен искать ощупом. И сии две науки так соединены между собой, что одна без другой в совершенстве быть не могут».

Межпредметные связи способствует усвоению химических понятий путём переноса имеющихся знаний из курса физики в химию. В числе множества примеров темы: «Строение атома», «Газообразное состояние вещества», «Электролитическая диссоциация», «Основные закономерности протекания химических реакций». При изучении раздела «Первоначальные химические понятия» (8 класс) можно использовать знания учащихся важных понятий, сформированных в курсе физики 7 класса: вещество, атом, молекула, физические и химические явления, внутренняя энергия, температура. Из физики учащимся известны также общие сведения о строении твердых тел, жидкостей и газов, основные положения молекулярно-кинетической теории.

Для иллюстрации межпредметных связей физики и химии рассмотрим теорию электролитической диссоциации. При изучении электролитической диссоциации особое внимание следует уделить механизму растворения, природе химических связей взаимодействующих частиц и энергетике процесса. Процесс электролитической диссоциации можно условно разделить на четыре стадии: ориентация – ионизация – диссоциация – сольватация (гидратация).

Ориентация. Растворение веществ с ионной структурой. Когда кристалл соли, например, хлорида натрия NaCl, попадает в воду, то расположенные на его поверхности ионы притягивают к себе полярные молекулы воды (*ион-дипольное взаимодействие*). К ионам натрия молекулы воды притягиваются своими отрицательными полюсами, а к хлорид-ионам – положительными. Но если ионы притягивают к себе молекулы воды, то и молекулы воды с такой же силой притягивают к себе ионы. Адсорбированные молекулы воды испыты-

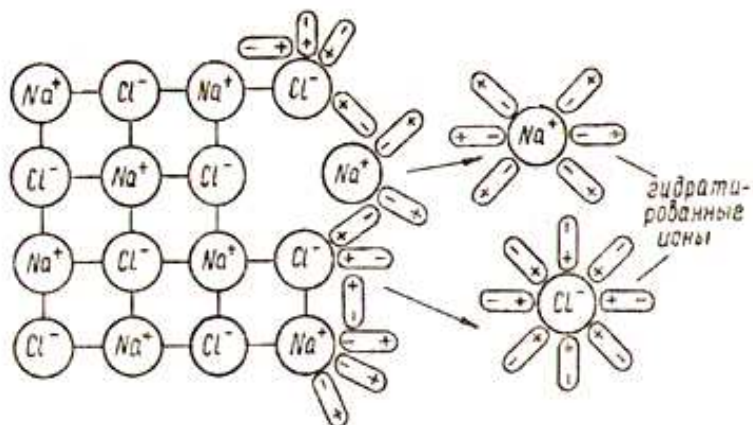


Рис. 1

вают «толчки» со стороны других молекул, находящихся в движении. Этих толчков вместе с тепловыми колебаниями ионов в кристалле оказывается достаточно для отделения ионов от кристалла и перехода их в раствор. Вслед за первым слоем ионов в раствор переходит следующий слой, и таким образом идёт постепенное рас-

творение кристалла. На схеме-модели рис. 1 представлен этот процесс.

$\text{Na}^{+0,80} \text{Cl}^{-0,80}$ – эффективный заряд ионов в кристалле NaCl (в зарядах е). Модель процесса: ориентация молекул H_2O на поверхности кристалла

$\text{NaCl} + \text{ag}(\text{H}_2\text{O}) + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ ионизация, диссоциация,

гидратация $\text{Na}^{+0,80} \rightarrow \text{Na}^{+1} \rightarrow \text{Na}^{+1} \rightarrow \text{Na}^{+1} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$;

$\text{Cl}^{-0,80} \rightarrow \text{Cl}^{-1} \rightarrow \text{Cl}^{-1} + 8\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}^{-1} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$.

Растворение веществ, состоящих из полярных молекул. При попадании полярной молекулы (например, хлороводорода HCl) в воду молекулы воды притягиваются к полюсам полярной молекулы (*диполь-дипольное взаимодействие*) и вызывают

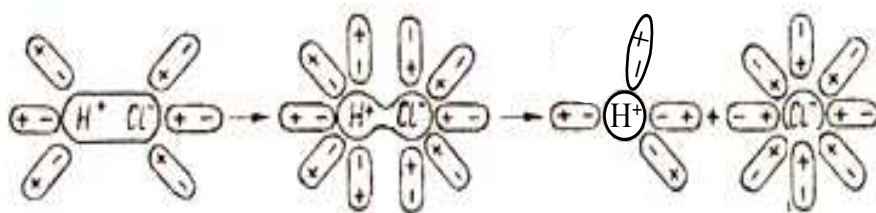


Рис. 2

дополнительную поляризацию молекулы хлороводорода. В результате связь из ковалентной полярной превращается в ион-

ную, а дальше молекула диссоциирует по типу ионного кристалла. Ориентация молекул растворителя по отношению к поверхности кристаллов и полярным молекулам растворяемого вещества определяется взаимодействием разноимённых зарядов.

Газ $\text{H}^{+0,19} \text{Cl}^{-0,19}$. Эффективный заряд атомов +0,19 и –0,19 в зарядах е. Модель процесса: газ $\text{H}^{+0,19} \text{Cl}^{-0,19} + \text{ag} \rightarrow$ раствор $\text{H}^{+1} \text{Cl}^{-1} \rightarrow \text{H}^{+1} + \text{Cl}^{-1} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^{+1} \cdot 3\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^{-1} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, то есть ориентация $\rightarrow$ ионизация $\rightarrow$ диссоциация $\rightarrow$ гидратация.

Ионизация. Под влиянием полярных молекул растворителя происходит дальнейшее разделение зарядов между ионами в кристалле или поляризованными атомами в молекуле. Например, при растворении хлорида натрия в воде эффективный заряд атома натрия возрастает от $+0,8$ в кристалле до $+1$ в растворе, атома хлора – от $-0,8$ до -1 ; а при растворении хлороводорода эффективные разноимённые заряды атомов водорода и хлора изменяются от $0,19$ в газе до 1 в растворе. Процесс возрастания дробного эффективного заряда до целочисленного значения (в зарядах электрона) под влиянием полярных молекул растворителя называется ионизацией. Ионизация происходит с поглощением энергии.

Диссоциация. После того как условно ионная или ковалентная полярная связь в структуре растворяемого вещества под влиянием растворителя превратится в чисто ионную, растворитель разрушит кристаллы или молекулы растворённого вещества до разноимённо заряженных ионов. Этот процесс называется диссоциацией, она сопровождается поглощением энергии.

Вещества, растворы и расплавы которых проводят электрический ток, называются электролитами. К электролитам относятся *соли, кислоты, основания*, вещества с ионной и ковалентной полярной связью, способные образовывать ионы в растворах и расплавах.

Для объяснения электропроводности растворов солей, кислот и оснований шведский учёный *С. Аррениус* создал **теорию электролитической диссоциации** (1887 г.). Согласно этой теории:

1. Электролиты при растворении в воде распадаются на ионы. Процесс распада электролитов на ионы под действием полярных молекул растворителя называется **электролитической диссоциацией**.

2. В растворе электролитов ионы движутся хаотически. При пропускании электрического тока через раствор положительно заряженные ионы перемещаются к отрицательному электроду (катоде), а отрицательно заряженные – к положительному электроду (аноду). Поэтому положительные ионы называются **катионами**, а отрицательные – **анионами**.

3. Диссоциация **слабых** электролитов – процесс обратимый. Это значит, что одновременно идут два противоположных процесса: распад молекул на ионы (диссоциация) и взаимодействие ионов с образованием исходных молекул (ассоциация).

Главной причиной диссоциации веществ в водных растворах является **взаимодействие электролитов с водой**. Первые три стадии: ориентация, ионизация и диссоциация в растворах протекают с поглощением энергии.

Теория электролитической диссоциации *С. Аррениуса* совершенно не учитывала явление сольватации ионов, то есть химического взаимодействия частиц растворённого вещества с молекулами растворителя.

Сольватация. Сольватную и гидратную теории растворов разработали наши соотечественники *Д. И. Менделеев, В. А. Кистяковский, И. А. Каблуков*. Получившиеся в результате диссоциации ионы вступают в химическое взаимодействие с молекулами растворителя, образуя сольват-ионы, в случае воды – гидрат-ионы.

Природа химической связи . Гидратация катионов осуществляется по донорно-акцепторному механизму образования ковалентной связи за счёт свободных атомных орбиталей катиона металла и неподелённых электронных пар кислорода в молекулах воды; анионы же присоединяют молекулы воды за счёт водородной межмолекулярной связи (см. рис.). Сольватация (гидратация) ионов сопровождается выделением энергии за счёт образования химических связей.

В растворах электролитов ионы образуют *гидрат-ионы или аквакомплексы*. Примеры: $\text{H}_3\text{O}^+ \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{OH}^- \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}^+ \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{K}^+ \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cl}^- \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, $[\text{Mg}(\text{H}_2\text{O})_6]^{+2}$, $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{O})_4]^{+2}$. Состав первичной гидратной оболочки ионов необходимо раскрывать-учитывать на рисунках, схемах, в презентациях и публикациях. Гидраты, как правило, нестойкие соединения, во многих случаях разлагаются уже при выпаривании растворов. Иногда гидраты настолько прочны, что при выделении растворенного вещества из раствора вода входит в состав его кристаллов. Вещества, в кристаллы которых входят молекулы воды, называются *кристаллогидратами*, а содержащаяся в них вода – *кристаллизационной*.

Энергетика процесса электролитической диссоциации. Вклад отече-

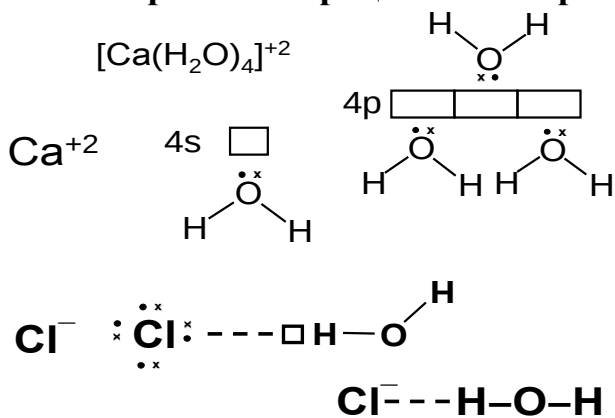


Рис. 3

ственных учёных в теорию электролитической диссоциации позволяет осознать энергетику процесса. Проиллюстрируем это на примерах. Энергия кристаллической решётки хлорида натрия равна примерно 800 кДж/ моль. Следовательно, для разрушения 58,5 г соли до ионов необходимо затратить 800 кДж энергии. В воображаемом эксперименте с помощью $2N_A$ тросов это смогут сделать 20 автомобилей. То же самое

с лёгкостью достигается добавлением к соли одного стакана воды. Учитывая только первые три стадии, при растворении одного моля хлорида натрия в одном литре воды температура раствора понизилась бы на 180 градусов от $+20$ до -160°C . При попытке посолить суп, он мгновенно превратился бы в глыбу льда. Так следует из теории Аррениуса, что противоречит действительности. Налицо границы применимости теории, что говорит о её модельном характере.

Продолжим рассуждения об энергии по теории И. А. Каблукова с учётом гидратации ионов в растворе. Теплоты гидратации ионов натрия и хлора соответственно равны 425 и 350 кДж/моль. В сумме энергия гидратации ионов составляет +775 кДж/моль. Таким образом, при растворении моля хлорида натрия в одном литре воды происходит небольшое охлаждение, температура понизится лишь на 6° . Энергия растворения хлорида натрия равна – 25 кДж/моль. При нагревании раствора до 20°C энтальпия системы (раствора) возрастает на 25 кДж/моль. Самопроизвольное растворение соли в воде происходит за счёт резкого возрастания энтропии при разрушении кристалла до ионов.

Энергия связи HCl составляет 1360 кДж/моль. Для разрушения 36,5 г газообразного хлороводорода на ионы требуется 1360 кДж энергии. Учитывая по теории Аррениуса пер-

вые три стадии процесса, при диссоциации одного моля HCl в 1 л воды температура раствора должна понизиться на 312° , например, от $+20$ до -292°C . Это противоречит реальности. Причина ошибки в расчётах заключается в том, что не учтено явление гидратации.

В действительности растворение хлороводорода в воде сопряжено с разогревом раствора. Теплота гидратации протона равна 1100 кДж/моль, а хлорид-иона – $+350$ кДж/моль. Следовательно энергия гидратации HCl в сумме равна 1450 кДж/моль. Это больше энергии связи на 90 кДж. При растворении 1 моля HCl в 1 л воды температура раствора повысится на 21° . При охлаждении до стандартной температуры энтальпия системы уменьшится на 90 кДж. Следовательно, определяющим фактором направления процесса диссоциации HCl в воде является уменьшение энтальпии реакционной системы. Термическая диссоциация – распад кристаллов электролитов на ионы в расплавах – осуществляется за счёт поглощения тепловой энергии извне.

При изучении полезно остановиться на особенностях диссоциации сильных электролитов. Сильные электролиты полностью распадаются на ионы, молекулы электролита в растворе отсутствуют. Теоретически степень диссоциации сильного электролита равна единице. Однако, экспериментально найденная степень диссоциации сильного электролита меньше единицы. В объяснении причин этого парадокса лежит суть теории сильных электролитов.

Вывод. В настоящее время общепризнанной является физико-химическая теория растворов и расплавов. Электролитическую диссоциацию необходимо рассматривать как сложный многостадийный физико-химический процесс. Отсюда и потребности в его описания моделями.

С. В. Малькова

Вятский государственный университет

О ВАЖНОСТИ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ МИРОПОНИМАНИЯ

В статье обосновывается необходимость использования физических моделей для решения задач миропонимания природы.

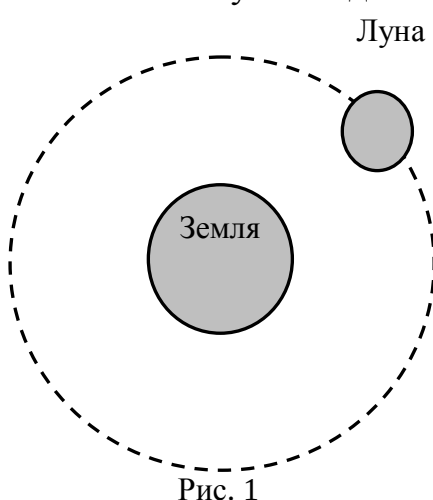
Ключевые слова: методология, взаимодействие как фундаментальное явление, модели взаимодействия.

Миропонимание и методология. В настоящее время в рамках целей формирования научного мировоззрения усиливается значение и роль методологии познания и усвоения знаний. Для обучения естественен и принципиально важен интерес к процессам получения, языкам выражения (прежде всего, математике), процедурам использования знаний, их старения и т. п. Методология конкретной науки – это система наиболее общих методов добывания, формирования и осмысления знаний, относящихся к данной науке. Изучение физики может стать основой формирования научного мировоззрения при условии, что материал курса физики будет осмыслен и проанализирован с методологических позиций. Речь идет о взаимосвязи эксперимента и теории в физике, о роли в ней математических моделей, об отношении таких общих принципов, как принципы относительности, симметрии, законы сохранения и т.д., к добыче новых знаний. Гносеологические линии в формировании мировоззрения заключаются в раскрытии общих закономерностей познания физических законов, приобретении и эволюции знания в социально-историческом процессе, трансформации его к современному виду.

Научное миропонимание есть синтез основных положений науки, обеспечивающих научно-теоретическую ориентацию, а методология и гносеология раскрывают способ осознания конкретной физической действительности. К моделям-идеям миропонимания в целом относят редукционизм, механицизм, позитивизм, материализм, системный подход, универсальный эволюционизм (Н. Моисеев, В. С. Степин), неклассическую эпистемологию (В. А. Лекторский), методологию деятельности (Г. П. Щедровицкий). Немаловажной составляющей миропонимания является **понятие о современном способе мышления**. Для учебного предмета физика способ мышления задается а) системами физических знаний (с психолого-педагогической точки зрения теоретическими обобщениями), б) структурами знаний, как курса в целом, так и его законченных частей – фундаментальных теорий, в) связями и интерпретациями знаний, г) приемами, правилами и механизмами работы со знаниями, их представлениями в разных языках.

Модели и миропонимание. Для формирования миропонимания принципиальным фактором является освоение фундаментальных моделей, которые пригодны для описания всех классов объектов и явлений. К таким относят материальную точку, непрерывную среду, законы сохранения (энергии, импульса, момента импульса, заряда), математические модели (дифференциальные уравнения) и др.

Встает методическая проблема определения, задания и использования фундаментальных моделей для формирования научной грамотности. Примером задач на оценку сформированности у школьников естественнонаучного миропонимания служат задания типа PISA и TIMSS.



Для примера обратимся к рассмотрению в обучении моделей физического взаимодействия. Физический мир (физическую реальность) составляют объекты, природного и антропогенного происхождения, и явления, которые определяются движением и взаимодействием объектов. Все физические явления сводятся, так или иначе, к взаимодействию отдельных объектов или групп объектов. Таково сейчас доминирующее понимание физических явлений. При обучении физике в школе важно учитывать фундаментальную роль взаимодействия в формировании мировоззрения. С нашей

точки зрения, впервые явно и системно о моделях (механизме) взаимодействия в методике физики заговорил В. В. Мултановский [2]. Итак, взаимодействие – фундаментальное явление, на основе которого должно строиться наша физическая картина мира, строиться физическое миропонимание, так как на этом уровне устанавливаются взаимосвязи явлений пространственно-временных уровней бытия. Взаимодействие – это взаимосвязанное изменение состояний физических объектов, вследствие чего меняется их состояние, характер движения. Исторически в физике сложилось несколько моделей описания взаимодействия.

Дальнодействие как модель взаимодействия. В связи с научной деятельностью И. Ньютона, в 1687 году выпустившем «Математические начала натурфилософии», сформировалась модель *дальнодействия*, или мгновенного действия. Из законов механики Ньютона следует, что взаимодействие между объектами происходит мгновенно, без посредников, например, считалось, что перемещение Земли должно сразу же приводить к изменению силы тяготения, действующей на Луну, т.е. $V_{\text{взаимодействия}} = \infty$. Согласно дальнодействию, всё связано со всем. Практическая ограниченность такого утверждения со временем стала очевидной. Но дальнодействие, как механизм взаимодействия, было самым простым (удобным, технологичным) для описания механического взаимодействия макротел.

Мир в системе Ньютона состоит из материи и пустоты и заполняет все пространство, благодаря чему взаимодействие передаётся мгновенно. Но постепенно сформировалось более точное представление: мир на самом деле пустоты не содержит, т.е. весь заполнен материей, частицы которой непрерывно взаимодействуют друг с другом. Такая концепция, получившая название «концепция близкодействия» имела место ещё в трудах Р. Декарта.

Близкодействие как модель взаимодействия. С возникновением электродинамики обнаружилось, что два объекта (заряда) на расстоянии взаимодействуют с помощью электромагнитного поля, которое распространяется с ограниченной скоростью. С развитием физики в рамках идеи **близкодействия** были определены **два механизма**: полевой и квантово-релятивистский.

Среда – материальный объект. Два объекта взаимодействуют на расстоянии посредством третьего, причем взаимодействие включает в себя действие первого и второго объекта на промежуточный объект M : $\text{Взаимодействие} = D_1 \text{ на } M + D_2 \text{ на } M$. Среда может быть вещественной (шарик) или – поле. $V_{\text{взаимодействия}} =$ конкретная величина.

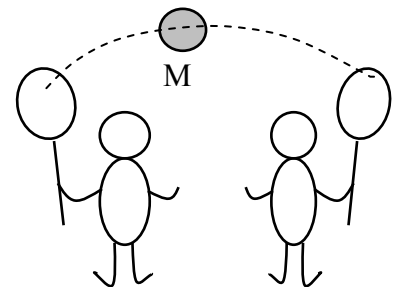


Рис. 2

Среда – материальное (электромагнитное) поле. Со времен создания Дж. Максвеллом своей теории электромагнетизма картезианская теория получила новое толкование: пустота, присущая ньютоновской концепции, заполнялась особым веществом – электромагнитным полем, в котором взаимодействие передается посредством электромагнитных волн. Взаимодействие происходит с конечной скоростью, максимальная скорость равна скорости света в вакууме, т.е. $V_{\text{взаимодействия}} = c$.

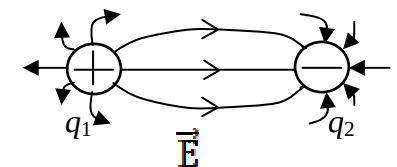


Рис. 3

Квантово-релятивистский механизм взаимодействия. Исследования в области квантовой физики, физики атома, атомного ядра и элементарных частиц позволяют сделать вывод, что действие одного объекта на другой передают материальные точки – частицы, из которых состоят все объекты материального мира. Максимально возможная скорость передачи взаимодействия – скорость света в вакууме. Согласно В. В. Мултановскому, элементарный акт взаимодей-

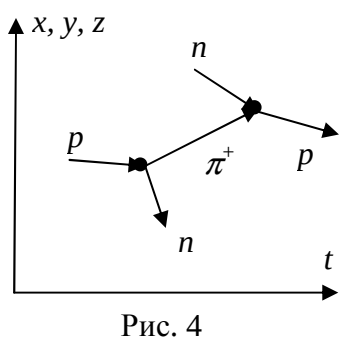


Рис. 4

ствия представляет собой поглощение или одной частицей другой частицы. Модель такого можно представить в виде диаграммы Фейнмана [4] (рис. 4).

По современным представлениям элементарные частицы (адроны) не являются точечными, т.е. состоят из более первичных частиц – кварков. Механизм их взаимодействия тоже представляется как обмен некими частицами (глюонами), и объясняет устойчивость адронов.

Закключение. В настоящий момент в школе выделяют и изучают четыре типа взаимодействия, которые характеризуются интенсивностью, радиусом действия и частицей переносчиком взаимодействия. Эти взаимодействия доминируют в своих пространственно-временных областях, какой тип выбрать для изучения определённого физического явления определяет задача, стоящая перед исследователем, и границы применимости физической теории. Выделение фундаментальных взаимодействий обеспечивает единство видения физического мира. Множество явлений определяется множеством объектов и разнообразием проявлений фундаментальных взаимодействий. Многообразие физических явлений при описании отражается в многообразии моделей.

Примечания

1. Коханов К. А., Сауров Ю. А. Методология функционирования и развития школьного физического образования: монография. – Киров: Радуга-ПРЕСС, 2012. – 326 с.
2. Мултановский В. В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. – М.: Просвещение, 1977. – 168 с.
3. Сауров Ю. А. Об оценке сформированности мировоззрения школьников // Физика в школе. – 1990. – № 5. – С. 31–34.
4. Сауров Ю. А., Мултановский В. В. Квантовая физика: модели уроков. – М.: Просвещение, 1996. – 272 с.
5. Голин Г. М. Вопросы методологии физики в курсе средней школы. – М.: Просвещение, 1987. – 127 с.
6. Мощанский В. Н. Формирование мировоззрения учащихся при изучении физики. – М.: Просвещение, 1989. – 191 с.
7. Сауров Ю. А. Основы методологии методики обучения физике: монография. – Киров, 2003. – 198 с.
8. Сауров Ю. А. Принцип цикличности в методике обучения физике: историко-методологический анализ: монография. – Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2008. – 224 с.
9. Степин В. С. Теоретическое знание. – М.: «Прогресс-Традиция», 2000. – 744 с.

IV. МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОЦЕССЕ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

О. В. Лебедева

Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ В СИСТЕМЕ УРОКОВ ФИЗИКИ

В статье раскрывается дидактический потенциал исследовательской деятельности школьников для освоения современных знаний и умений, рассматривается последовательность проектирования исследовательской деятельности учащихся в системе уроков.

Ключевые слова: исследование как деятельность, структура теории, проблемное обучение.

В современном школьном образовании все более явно проявляется интерес к исследовательскому обучению. Разработчики новых стандартов школьного образования уделяют организации исследовательской деятельности учащихся большое внимание, и на ступени основного общего образования программа направлена «на формирование у обучающихся основ культуры исследовательской и проектной деятельности» [1], в старшей школе результатом учебного процесса должно стать «формирование у обучающихся системных представлений и опыта применения методов, технологий и форм организации проектной и учебно-исследовательской деятельности» [2].

Решение этих задач становится возможным только при систематическом и поэтапном включении учащихся в исследовательскую деятельность. В психолого-педагогической науке рассмотрены в основном внеурочные формы организации учебных исследований: факультативы, кружки, мастерские, конференции, конкурсы, молодежные объединения. Авторы публикаций отмечают, что классно-урочная система имеет гораздо меньшие возможности для реализации исследовательского обучения. Однако формирование исследовательских умений, требуемых образовательными стандартами школьного образования, предполагает исследовательскую деятельность учащихся именно на уроке, как основной форме организации учебного процесса в школе.

Рассмотрим последовательность проектирования исследовательской деятельности учащихся в системе уроков. Предметом проектирования являются три аспекта:

- 1) предметное содержание, логика его развертывания;
- 2) включение учащихся в учебное исследование и его развитие;
- 3) необходимые формы взаимодействия учитель – ученик, ученик – ученик, групповые, индивидуальные, фронтальные формы обучения.

Учителю при проектировании исследовательской деятельности учащихся на уроке надо осуществить *следующие этапы*:

- провести анализ предметного содержания и выделить содержание, на котором можно формировать исследовательские умения;
- выделить возможные формируемые определённые исследовательские умения на данном предметном содержании;

– определить степень самостоятельности учащихся при выполнении исследовательской деятельности с учётом заложенной (сформированной) ориентировочной основы действий;

– осуществить обоснованный выбор методов обучения, позволяющий реализовать исследовательскую деятельность учащихся на данном содержании;

– выбрать формы обучения учащихся при организации исследовательской деятельности (индивидуальная, групповая, фронтальная, их сочетание);

– отобрать средства обучения;

– рассмотреть организацию диагностики уровней формируемых умений и возможные способы коррекции деятельности учащихся по продвижению от одного уровня к другому.

Начинать необходимо с анализа содержания обучения, на основе которого определяем методы и формы обучения, а также те исследовательские умения, которые можно развивать, и уровень самостоятельности учащихся при организации исследовательской деятельности или её элементов. Акцентируем внимание на том, что необходимо проектировать не отдельный урок, а именно систему уроков в пределах темы, курса.

Научно-методический анализ темы курса рекомендуют проводить с трех позиций: значимость темы в общей системе знаний; новизна изучаемого материала; сложность изучаемого материала. На наш взгляд, для научно-методического анализа изучаемого материала в курсе физики необходимо добавить ещё одну позицию: положение изучаемого содержания в структуре физической теории, как того требуют принципы научности и контекстности [3]. Согласно этим принципам в содержании учебного материала можно выделить, как в соответствующей научной теории, основание, ядро и следствия. От того, какое место занимает изучаемое содержание в структуре теории, существенно зависит степень самостоятельности учащихся в учебном процессе, а, следовательно, и ведущие методы обучения при получении новых знаний, что отражено на схеме (рис. 1).

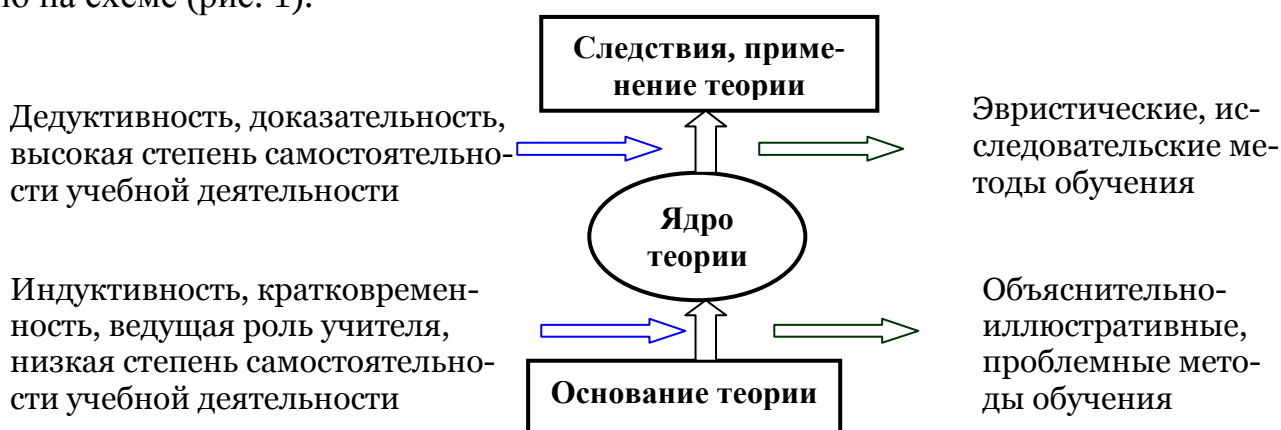


Рис. 1

Проведение научно-методического анализа с четырёх рассмотренных позиций даёт информацию для выбора обоснованного дидактического решения.

При формировании новых знаний, относящихся к ядру теории, организация полноценной исследовательской деятельности на уроке невозможна ввиду отсутствия знаний, необходимых, чтобы принять исследовательскую задачу, то

есть содержательного компонента ориентировочной основы, о котором говорилось выше. При изучении такого содержания возможно применение проблемного, объяснительно-иллюстративного методов, с включением элементов исследовательской деятельности при планировании эксперимента и его реализации. В целом, требования к учебному процессу при изучении этого содержания – «руководящая роль учителя, кратковременность, обоснованность».

На этапе перехода от ядра к следствиям, при применении изученных законов, необходимо выбирать методы обучения, которые обеспечивают максимально высокий уровень самостоятельности и познавательной активности (эвристический, исследовательский), именно на этом этапе необходимо включать исследовательскую деятельность учащихся в урок.

Алгоритм выбора метода обучения, исходя из анализа содержания обучения, сопоставления уровней исследовательской деятельности и методов обучения проведено нами в работе [4].

Покажем последовательность проектирования исследовательской деятельности учащихся в системе уроков физики на примере темы «Электромагнитная индукция» 11 класса, на изучение которой на профильном уровне отводится 10 академических часов, в том числе предусмотрено выполнение одной фронтальной лабораторной работы «Изучение явления электромагнитной индукции».

Выясним положение изучаемого в рассматриваемой теме содержания в структуре физической теории, выделив содержание, относящееся к основанию, теоретическому ядру и его следствиям (рис. 2).

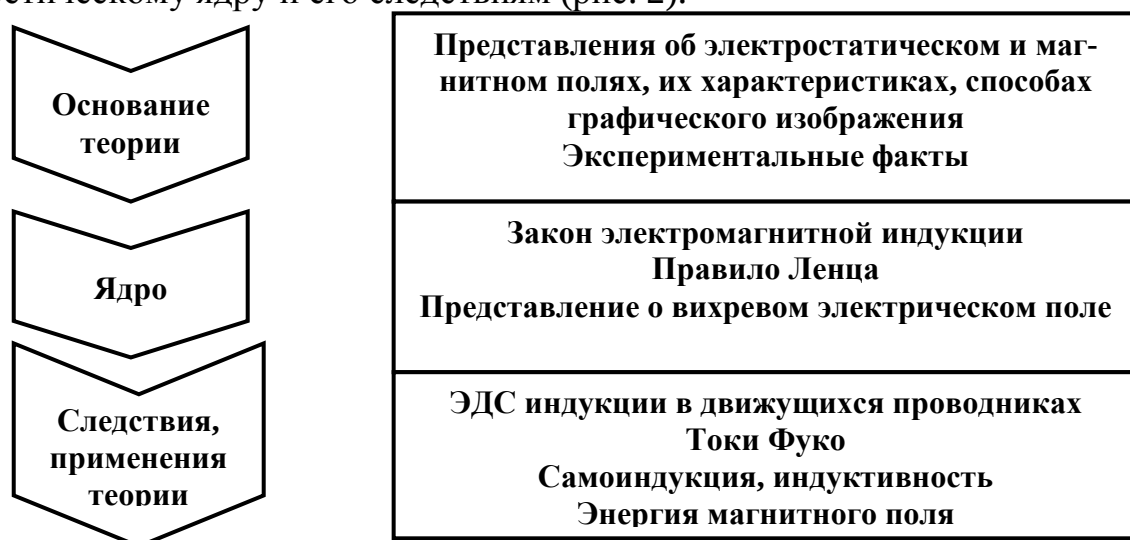


Рис. 2

Проведённый анализ позволяет выбрать соответствующие положению содержания в структуре физической теории методов обучения (рис. 1) и степени самостоятельности учащихся при организации элементов учебно-исследовательской деятельности на уроке. Согласно стандартному планированию темы, переходу «основание – ядро темы» отводится 3 урока, а применению сформированного теоретического ядра, следствиям теории – 7 уроков.

На первых трёх уроках темы формируются новый понятийный аппарат, теоретическое ядро темы. Возможно включение элементов учебно-исследовательской деятельности на основе проблемного метода обучения.

На этом этапе реализуется следующая цепочка: создание проблемной ситуации на основе демонстрационного эксперимента → постановка исследовательской задачи (при каких условиях в замкнутом проводнике появляется индукционный ток?) → сбор фактов на основе демонстрационных опытов → анализ полученных результатов → вывод → экспериментальная проверка следствий в ходе лабораторной работы.

Ещё раз подчеркнём, что изучаемое содержание является для учащихся новым, ведущую роль в организуемых элементах исследовательской деятельности играет учитель, метод обучения – проблемный, форма организации учащихся на уроке – фронтальная, за исключением непосредственно выполнения лабораторной работы.

На следующих уроках учащиеся должны применить полученные теоретические знания, получить следствия теории – ЭДС индукции в движущихся проводниках, токи Фуко, самоиндукция. Рекомендуемый метод обучения – эвристический, при соответствующей подготовке учащихся возможен исследовательский. Реализуется следующая цепочка: проблемная ситуация → исследовательская задача → теоретическое исследование → теоретическая модель → следствия → проверка в ходе демонстрационного эксперимента. Формы работы при выборе эвристического метода – фронтальная; при исследовательском методе обучения – сочетание работы в группах и фронтальной работы.

Мы проиллюстрировали проектирование учебно-исследовательской деятельности в рамках целой темы. Проектирование отдельного урока с выделением основных этапов исследования и формируемых исследовательских умений подробно показано в работе [5].

Примечания

1. Федеральные государственные стандарты основного общего образования <http://минобрнауки.рф/документы/543> (дата обращения: 10.10.2016)
2. Федеральные государственные стандарты среднего (полного) общего образования <http://минобрнауки.рф/документы/543> (дата обращения: 10.10.2016)
3. Гребенев И. В. Дидактика физики как основа конструирования учебного процесса: монография. – Н. Новгород: Изд-во НГУ им. Н.И. Лобачевского, 2005. – 247 с.
4. Лебедева О. В. Организация исследовательской деятельности учащихся в системе уроков физики // Физика в школе, 2011. – № 5. – С. 12–17.
5. Харитонов О. А., Лебедева О. В. Формирование исследовательских умений на уроке физики // Физика в школе, 2012. – № 2. – С. 22–26.

А. П. Сорокин

Кировский Центр дополнительного образования одарённых школьников

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОНИМАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ КОНКРЕТНОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ

В статье обозначена и рассмотрена роль моделирования при решении экспериментальной задачи.

Ключевые слова: деятельность экспериментирования, моделирование, понимание.

Понимание является неотъемлемой составляющей процесса познания человеком окружающей действительности. Понять то или иное явление, значит раскрыть его связь с другими явлениями природы, определить условия, при которых оно происходит, выяснить причины, которые его порождают. Словом, построить модель.

В обучении активное включение учащихся в процесс познания происходит в ходе преодоления ими ряда противоречий, которые, в частности, возникают при ответе учащимися на поставленные перед ними вопросы. Именно поэтому от того, насколько ясно и чётко будет сформулирован тот или иной вопрос, напрямую будет зависеть то, на какие стороны явления будет направлено внимание учащегося и процессы его мышления. Характер вопросов, на решение которых направлено понимание, безусловно, должен определяться той деятельностью, которой порождаются процессы понимания. Конечно, одной целенаправленной постановки вопроса недостаточно. Чтобы направить мыслительный процесс на понимание того или иного явления, необходимо еще и вызвать у учащихся стремление разобраться в этом вопросе, заинтересовать им. Одним из условий возникновения у учащихся интереса к явлениям окружающей действительности, несомненно, является их доступность для понимания, а отсюда возникает потребность в чувственных образах, в их живом созерцании на всем протяжении процесса обучения физике [1].

Следовательно, физический эксперимент в рамках метода познания должен стать не только и не сколько этапом представления содержания метода, но и процессом, пронизывающим все элементы учебной деятельности [7]. Должно сформироваться новое отношение к эксперименту, как к ведущей учебной деятельности – экспериментированию, которое интегрирует-объединяет предметно-практическую деятельность и деятельность по теоретическому описанию объектов и явлений.

Для практики обучения физике до сих пор остаётся актуальной проблема выработки современных схем организации экспериментирования при обучении физике. Например, практически редкими являются развёрнутые методические процедуры организации экспериментирования в рамках схемы *«факты – гипотеза, модель – следствие – эксперимент как практика»* (В. Г. Разумовский [5]). На практике мы сталкиваемся с проблемой, что часть «шагов-действий» в процессе обучения выпускается, так не уделяется адекватного внимания к процессам (процедурам) деятельности экспериментирования. И процессы учения при выполнении опытов слабо связываются с психолого-педагогическими особенностями учебной деятельности, с процессами мотивации, понимания, мышления, рефлексии [2], с научным методом познания, в частности, с аспектами моделирования [3]. Все это происходит не столько из-за нехватки времени, а, в основном, отсутствия необходимого опыта деятельности, ведь целое поколение учителей выросло в условиях резкого сокращения учебного эксперимента в школах, в условиях деградации материальной базы, а отсюда – и самой методики работы с опытами. Освоить же научный метод познания самостоятельно учащимся оказывается сложно: научиться выделять факты, а тем более, описывать в ходе самостоятельных исследований полученный результат и идентифи-

цировать его в явлениях природы – представляет для них большую трудность. А это приводит к проблемам для дальнейшего изучения курса физики, для формирования современного мышления и мировоззрения учащихся.



Рис. 1

погруженное в жидкость,

Рассмотрим организацию понимания **на примере решения экспериментальной задачи «водолазный колокол»**, которая предлагалась учащимся на турнире юных физиков «ШУНТ», традиционно проводимом на базе ЦДООШ г. Кирова [4]. Предложенная задача может быть использована в творческой коллективной познавательной деятельности при подготовке к олимпиадам и конкурсам.

Постановка проблемы-задачи: на дно сосуда с водой поставили шприцы без поршня с разным объёмом воздуха внутри. Какой из них всплывёт раньше (рис. 1)?

Идея-гипотеза первая. Она простая: на тело, погруженное в жидкость, жидкость действует; выталкивающее действие жидкости зависит от...

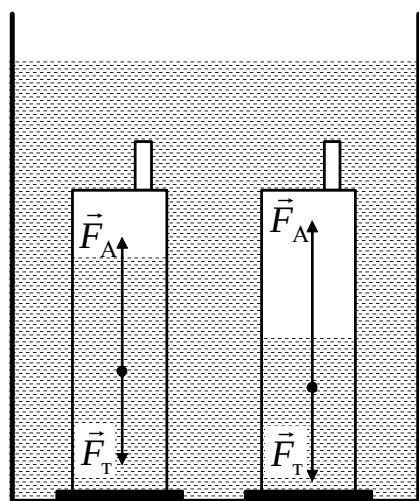


Рис. 2

Построение теоретической модели. Если пренебречь массой воздуха в шприце по сравнению с его собственной массой, то результирующая сила, действующая на каждый из шприцов, может быть найдена по формуле $F = \rho_{ж} g (V_{ш} + V_{в}) - m_{ш} g$ (рис. 2). Чем больше объем воздуха в шприце, тем больше результирующая сила, направленная вверх. Отсюда, шприц, в котором больше воздуха, всплывёт первым.

Экспериментальная проверка справедливости предложенной модели. Достанем из полимерных шприцов поршни. Заткнув узкие выходные отверстия пальцами, погрузим баллончики шприцов в сосуд с водой вертикально. Плотнo прижмём шприцы ко дну сосуда, уберём пальцы и, когда из шприцов начнут выходить пузырьки воздуха, отпустим их корпуса. Шприцы будут удерживаться у дна сосуда! Каждый из шприцов начинает подниматься только тогда, когда в нем остается совсем немного воздуха, который уже не выходит из него.

Оказывается, наш теоретический ответ (модель) оказался неправильным!

Идея-гипотеза вторая. При экспериментальной проверке первой идеи было замечено, что из шприцов выходят пузырьки воздуха. Следовательно, причиной может послужить тот факт, что в момент отрыва пузырька на шприц действует сила ре-

суд с водой вертикально.

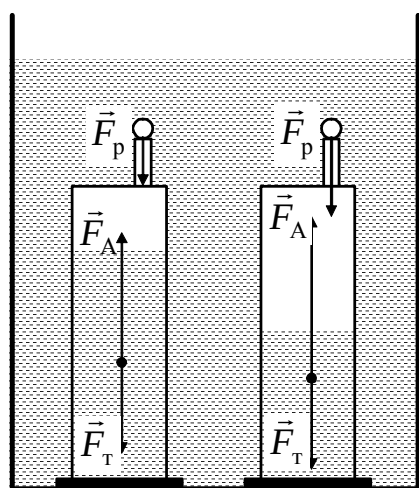


Рис. 3

акции, которая, вместе с силой тяжести, компенсирует действие силы Архимеда, в результате чего шприцы удерживаются у дна сосуда до тех пор, пока из них выходят пузырьки воздуха.

Построение теоретической модели. Так как шприцы находятся в состоянии равновесия у дна сосуда, значит, равнодействующая сил тяжести и реакции отделяющихся пузырьков должна быть больше силы Архимеда $m_{ш}g + F_p > \rho_{ж}g(V_{ш} + V_v)$, приложенной к корпусу шприца и воздуху внутри него. К тому же данный вывод не противоречит наблюдаемому эффекту: шприцы удерживаются у дна сосуда до тех пор, пока из них выходят пузырьки воздуха и всплывают ровно в тот момент, когда они перестают выходить.

Экспериментальная проверка справедливости предложенной модели. Для проверки второго предположения проведём эксперимент повторно. Для того, чтобы проверить, влияет ли сила реакции отделяющихся пузырьков воздуха на всплытие шприцов, заклеим их выходные отверстия, а отверстия для выхода пузырьков воздуха сделаем в верхних частях их боковых стенок.

Оказывается, представление о том, что шприцы удерживаются за счёт силы реакции отделяющихся пузырьков воздуха, тоже неправильно! Изменение расположения отверстия для выхода пузырьков воздуха никак не повлияло на результаты эксперимента. Вторая модель тоже не даёт теоретического понимания события.

Итоговое заключение. Иногда решение даже такой, на первый взгляд простой задачи, оказывается весьма не тривиальным. Чтобы выделить главную причину описанного явления приходится многократно уточнять и корректировать используемую для описания явления модель. Эксперимент в данном случае выступает уже не только в качестве источника теоретического конструирования, но и выполняет функции критерия истинности моделей. В нашем случае модель – сложная.

Как же все-таки можно объяснить это явление? Оказывается, что основная причина «прилипания» шприца ко дну сосуда состоит в том, что на место выходящего воздуха в шприц затекает вода. Поток воды через микроскопические щели между корпусом шприца и дном стакана притягивает к себе корпус шприца, прижимая его ко дну (в этом можно убедиться, наблюдая за движением примесей в толще воды, которые с большой скоростью устремляются внутрь шприца)! Возникает так называемый эффект Бернулли, который приводит к тому, что при большом количестве воздуха в шприце (и интенсивном затекании в него воды) всплытия не происходит. И пусть даже мы не построили окончательную модель, но пошаговая деятельность моделирования уже обеспечила понимание явления.

Итак, для полноценного дидактического эффекта при решении экспериментальной задачи необходимо экспериментирование как с идеями (моделирование), так и с реальными явлениями (собственно экспериментирование). Последнее для выбраковки модели для понимания реальности, запуска внутренней мотивации учения. При этом рефлексия «приобщает» индивидуальное мышление и индивидуальную деятельность к социальному, к общечеловеческому, к

тому, что создает социальную (коллективную) и общезначимую сторону мышления [6]. Несомненно, для достижения эффекта подобное использование задач должно иметь систематический характер.

Примечания

1. Костюк Г. С. Избранные психологические труды. – М.: Педагогика, 1998. – 304 с.
2. Давыдов В. В. Теория развивающего обучения. – М.: ИНТОР, 1996. – 544 с.
3. Разумовский В. Г., Сауров Ю. А. Методология деятельности экспериментирования как стратегического ресурса физического образования // Сибирский учитель. – 2012. – №2 (81). – С. 5–13.
4. Сорокин А. П., Позолотина М. П., Коханов К. А. Две задачи турнира по физике ШУНТ // Квантик. – 2016. – № 5. – С. 23–25.
5. Сауров Ю. А. Глазовская научная школа методистов-физиков: История и методология развития: Монография. – Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2009. – 208 с.
6. Щедровицкий Г. П. Философия. Наука. Методология / редакторы-составители А. А. Пископфель, В. Р. Рокитянский, Л. П. Щедровицкий. – М.: Шк.Культ.Политики, – 1997. – 656 с.
7. Разумовский В. Г. Стратегическое проектирование развития физического образования: монография / В. Г. Разумовский, В. А. Орлов, В. В. Майер, Ю. А. Сауров. – Киров: ИРО Кировской области, 2012. – 179 с.

Т. С. Шеромова

Вятский государственный университет, МБОУ СОШ № 56 г. Кирова

О МЕТОДЕ «ЯЩИКОВ» ПРИ РЕШЕНИИ СИТУАЦИОННЫХ ЗАДАЧ С ИСТОРИЧЕСКИМ СОДЕРЖАНИЕМ НА УРОКАХ ФИЗИКИ

В статье показывается развивающий потенциал ситуационных задач, в том числе для освоения физического мышления. Для этого, в частности, используется метод стратегии «белого», «серого» и «чёрного» ящиков.

Ключевые слова: модель явления, исторические задачи, блок-схемы решений задач.

Ситуационные задачи активно используются в современном образовательном процессе. Специфика данных задач заключается в явно выраженном практико-ориентированном характере. Ситуационные задачи способствуют становлению и развитию у учащихся собственного взгляда на окружающий мир. В сокращённом виде ситуационная задача соединяет в себе текст проблемного характера и набор вопросов и заданий. Причём вопросы и задания могут быть напрямую связаны как с текстом, так и с проблемой, о которой идёт речь в контексте.

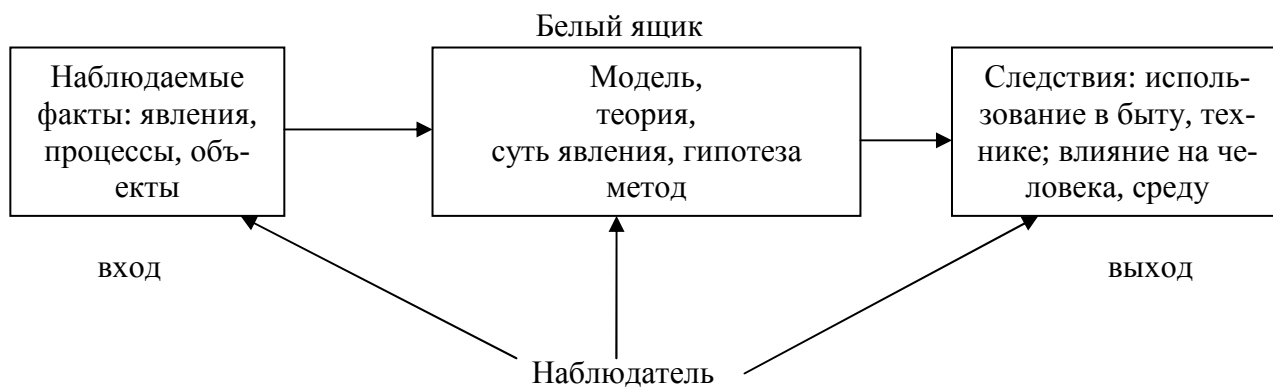
Для развития мышления, демонстрации методологического аппарата науки, её принципов, знакомства с историей предмета особо эффективными будут задачи с историческим содержанием. Текст, связанный с историей науки, быта людей всегда несёт в себе противоречие между старым и новым знанием, опытом ученика и опытом других людей на разных этапах развития общества, устаревшим и современным миропониманием. Противоречие вызывает личный осознанный интерес ученика к достижению результата – получению ответа.

При решении ситуационных задач учителя и учащиеся стремятся к разным целям. Для учащихся необходимо найти решение, соответствующее дан-

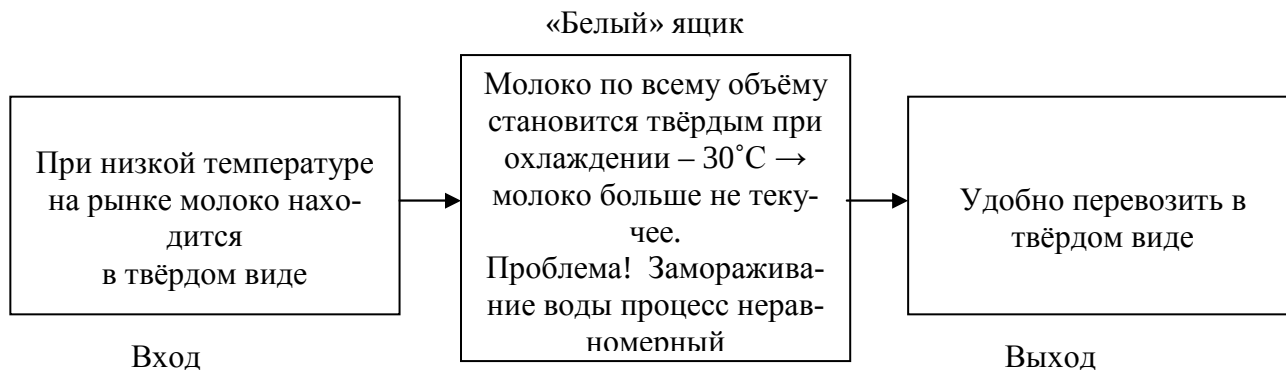
ной ситуации, построить модель явления. Цель учителя – создать такие условия, в которых учащимися будет освоен новый метод деятельности и осознана его сущность.

Решать задачи с историческим содержанием мы предлагаем по стратегиям «белого», «серого» и «чёрного» ящиков [1, с. 128]. Суть стратегии заключается в том, что ученик при работе с текстом выступает в качестве наблюдателя. На основе содержания текста строится модель из трёх компонентов: входная информация – ящик – выходная информация. Входная информация всегда имеется в тексте, под ней понимают описанные (наблюдаемые) факты, явления, процессы, объекты. Содержимое ящика представляет собой модели явления, теории, гипотезы, методы. «Вскрыть» содержимое ящика можно на основании противоречия, которое заложено в задаче. Выходная информация в тексте может отсутствовать, под ней мы понимаем использование явления в быту, в технике, влияние явлений на человека или окружающую среду.

«Белый» ящик имеет доступное для наблюдателя содержимое, в явном виде представленное в тексте задачи. Метод «белого ящика» позволяет предложить новые варианты следствий – выходной информации, сравнить явления, факты – перепроверить входную информацию (рис. 1). На основании принципа «белого ящика» предлагаются задачи тренировочного и контролирующего характера.



Приведём пример конкретной задачи (7 класс, тема «Агрегатные состояния вещества»).



«Известный советский фотограф Яков Рюмкин много путешествовал в 50-е годы XX века. В Якутии на колхозном рынке он сделал интересную фотографию. Температура воздуха была ниже – 53°C. На прилавках бойко продавали замороженное коровье молоко в виде

больших плошек или куличей. Его заворачивали в бумагу и клали в сумки, не боясь, что оно растечётся или расплещется. И действительно, мясо, овощи мороза не боятся, их заворачивали в меха, а вот молоком торговали в твёрдом виде. Эта идея принадлежит коренным жителям Якутии, они так вести рынок привыкли издавна. Якутяне шутят: Зима у нас продолжается только 9 месяцев в году, а остальное время – все лето, лето, лето». Но оказывается, это не только в Сибири возможно. В сильную стужу в Центральной России морозили в сковородах и мисках козье и коровье молоко, а потом скоблили ложкой в стружку и ели сразу с блинами [2]. Заполните для данной ситуации схему «белый» ящик (рис. 2)».

Вариант «серого» ящика предполагает, что содержание системы известно наблюдателю частично (рис. 3). Восполнить «серый ящик» возможно только путём получения новых знаний, в ходе эксперимента и обсуждения. Входная информация и послужит подспорьем для восстановления «ящика». Выходная информация может присутствовать в тексте, а может и отсутствовать. Такие задачи позволяют организовать мотивацию на уроке, используются для тренировки и творческой деятельности.

«Серый» ящик

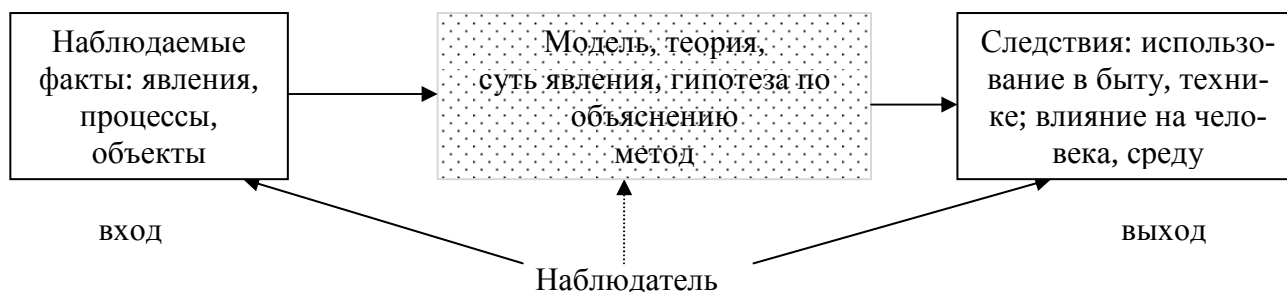


Рис.3

Приведём пример конкретной задачи (7 класс, тема «Агрегатные состояния вещества»). «Зимой в деревнях на Руси поговаривали о Морозе-Трескуне. Его дуновение производит сильную стужу, иней и сосульки представляются его слюнями, а снежные облака – волосами. Морозко зимою бегаёт по полям и улицам и стучит: от его стука начинаются трескучие морозы и оковываются реки льдами. А ударит Мороз в угол избы, то непременно бревно треснет. О каких физических явлениях идёт речь [3, с. 103]? Объясните с точки зрения физики «трескучий» эффект морозов. Заполните схему». (Пример заполненной схемы на рис. 4.)

«Серый» ящик

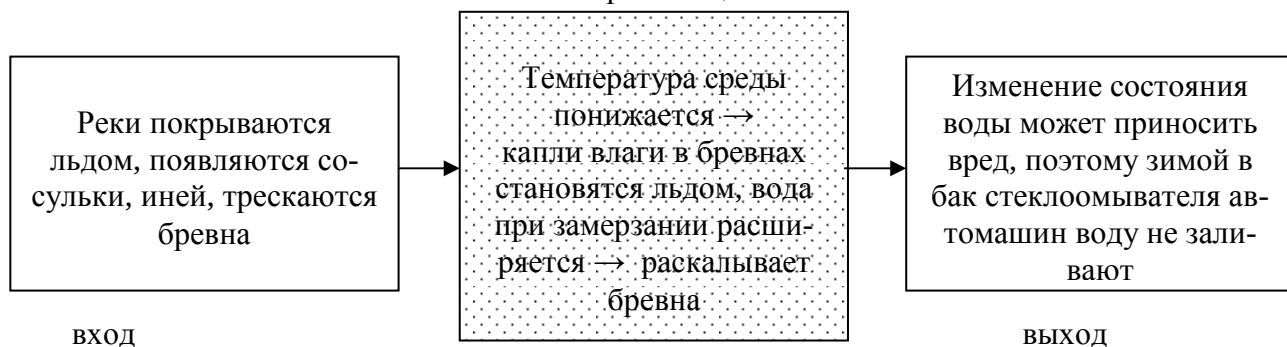


Рис. 4

«Чёрный ящик» не даёт наблюдателю сведений о сути явлений, не предлагает теорий либо методов. Для ученика известны входная и выходная информация (рис. 5). Такие задачи эффективны на уроках открытия нового знания и рефлексии. Задачи на «чёрный ящик» могут выступить в качестве загадки с отсроченной отгадкой, для мотивации и актуализации в начале урока.



Рис. 5

Приведём пример конкретной задачи (9 класс, тема «Распространение звука. Звуковые волны»). «Одной из особенностей новгородских, ростовских и древних киевских церквей являются голосники: горшки или кувшины, горизонтально вмазанные в стену. Вмazyвали их без всякой симметрии и в барабан купола. Диаметр некоторых из них доходил до двадцати с лишним сантиметров. Как вы думаете, какую роль такие горшки играли в храмах [4, с. 436]? Заполните схему». (Пример заполненной схемы на рис. 6.)

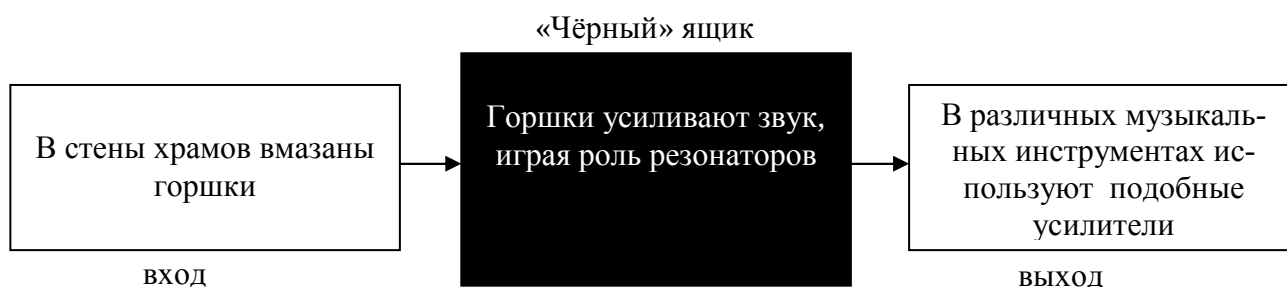


Рис. 6

Приведём пример конкретной задачи (9 класс, тема «Распространение звука. Звуковые волны»). «Жила в 20-е годы XX века в селе Тихие Овраги женщина Прасковья Комарова. Скопила она денег и обновила свою избу. Но несчастье случилось, все село бурлит, говорят, поселилась у неё в доме нечистая сила. Пакостит, ладно ещё, не каждый день, обычно вечерами, но зато лает, скулит, и стонет в доме так, что жизнь превратилась в сплошную муку. Решили комсомольцы разобраться с нечистой, а то совсем жизни не стало, все сельчане странный дом стороной обходят. Пришли молодые люди к избе Комарихи и приложились к стене. И сразу стена жалобно, надрывно застонала. Все испугались и убежали. Несколько дней гадали над тайной, обратились к местному плотнику. Оказалось, это плотник, который избу чинил, пошутил. В паз, у самого карниза он вставил бутылочное горлышко. Ветер дует – завывание, вздохи и прочая музыка, а бабы думали, что это домовый. Залепили парни хлебным мякишем бутылочное горлышко, и тихо стало в избе [5, с. 65]. Восстановите картину событий в цепочке «чёрного» ящика (рис. 7). Приведите свои примеры».

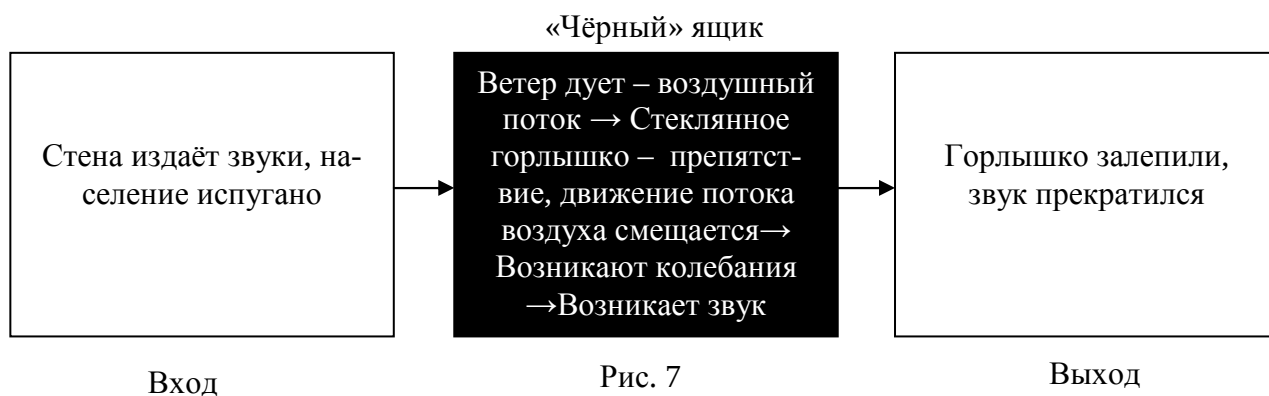


Рис. 7

Задача учеников, работая со схемами «ящиков», заполнять пропуски в схемах, проговаривать вслух входную, выходную информацию, и содержимое «ящиков», устанавливая причинно-следственные связи.

Применение стратегии «белого», «серого» и «чёрного» ящиков при решении ситуационных задач с историческим содержанием предполагает обучение школьников методологическим «операциям»: умение выделить факт, сформулировать и оценить гипотезу, предложить метод, обосновать научный вывод или эксперимент, трактовать, интерпретировать теорию. Использование ситуационных задач позволяет развивать научное мышление школьников.

Примечания

1. Росс Эшби У. Введение в кибернетику. – М.: Издательство иностранной литературы, 1959.
2. Твердое молоко [Электронный ресурс] URL: <http://reactor.cc/post/2457050> (дата обращения: 12.10.16).
3. Афанасьев А. Н. Мифология Древней Руси. – М.: Эксмо, 2007.
4. Гнедич П. П. История искусств. – СПб.: Полигон, 2009.
5. Кочин Н. И. Парни. Юность. – М.: Художественная литература, 1965.

А. И. Рублев

МОАУ «Лицей № 21», г. Киров

МЫСЛЕННОЕ ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАНИЕ КАК РАБОТА С МОДЕЛЯМИ

Статья посвящена проблеме организации творческой деятельности мысленного экспериментирования в обучении физике.

Ключевые слова: дидактические функции мысленного экспериментирования, построение и выбраковка моделей.

Постановка научно-методической проблемы. В Государственном образовательном стандарте [3] и основных образовательных программах [1] предусмотрено изучение методов научного познания, констатируется необходимость формирования у школьников представлений о роли моделирования явлений и объектов, области применения и границах применимости моделей. При этом, как отмечают методисты К. А. Коханов и Ю. А. Сауров [2], рационально в учебной деятельности выделять две фундаментальные деятельности – экспериментирование и моделирование. Уникальной в этом смысле является деятельность мысленного экспериментирования, которая сочетает в себе эти два вида деятельности.

Мысленный эксперимент – особая теоретическая процедура, заключающаяся в получении нового или проверке имеющегося знания путём конструирования идеализированных объектов и манипулирования (конструирования) ими в искусственно (виртуально) задаваемых ситуациях. Данный вид учебной деятельности пока встречается редко, не развёрнуто, но обладает существенным дидактическим потенциалом.

Об организации мысленного экспериментирования на практике. Еще двадцать лет назад в своей работе Д. Шодиев отмечал важность организации мысленных экспериментов на уроках физики: «В теоретическом методе исследования орудиями исследования служат различные формы логических построений, или формы теоретического мышления, одна из форм теоретического

мышления получила название мысленного эксперимента» [4]. Но, несмотря на общекультурную значимость использования этого вида деятельности на уроках физики, существует целый ряд проблем, из которых выделим следующие:

- недостаточное количество дидактической и методической литературы для учителей по организации мысленного эксперимента на уроке физики;
- отсюда вытекает проблема нехватки опыта у учителей при организации деятельности мысленного экспериментирования. И это влечёт за собой ряд проблем: мысленный эксперимент менее наглядный, чем натурный, и при неправильной подаче вызывает меньший интерес у учащихся; требуется адаптация мысленных экспериментов для учащихся, что вызывает затруднения у учителя;
- умение строить модели объектов и явлений является одним из требований для постановки мысленного эксперимента, но зачастую на практике даже сами учителя затрудняются при решении этой методической задачи. Отсюда следуют и проблемы при выбраковке моделей, при построении гипотез и логических цепочек мышления.

Дидактические функции МЭ. Для решения указанных проблем прежде всего стоит разобраться с понятием мысленного экспериментирования, но на языке учителей, то есть выделить его методические, дидактические функции.

- Мысленный эксперимент возможно провести всегда, даже когда нельзя организовать реальный эксперимент (проведение МЭ в СТО, квантовой механике, астрономии и т.д.).

- Мысленный эксперимент экономит время при проведении эксперимента; позволяет более четко разобрать структуру построения и проведения эксперимента (выбрать модель, определить явления).

- Мысленный эксперимент не требует экономических затрат на проведение (не нужно затрат на приобретение приборов, материалов для проведения эксперимента).

- Мысленный эксперимент – безопасен, что не всегда может быть обеспечено при проведении реального эксперимента.

- Мысленный эксперимент даёт возможность применять теоретические знания при построении модели эксперимента, при выдвижении гипотез, относительно явлений; способствует развитию мышления у школьников.

- Мысленный эксперимент способствует развитию диалога между учениками и учителем, при обсуждении эксперимента.

Методические приёмы решения деятельности мысленного экспериментирования.

Использование цикла научного познания. Экспериментирование как деятельность является основой развития физического мышления учащихся. В цикле научного познания (рис. 1) все переходы прямо или косвенно связаны с экспериментированием, поэтому именно так и задаётся формат физического мышления (В. Г. Разумовский,

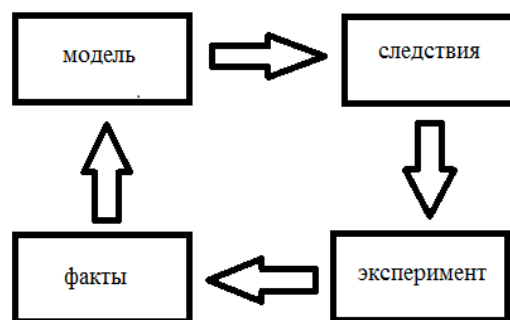


Рис. 1

В. В. Майер, Ю. А. Сауров и др.).

1. Построение и выбраковка моделей. При проведении МЭ одним из важнейших факторов является построение модели. В обучении следует мотивировать построение нескольких моделей, из которых необходимо выбрать наиболее подходящую. Для этого следует выполнить выбраковку, т. е. отсеять модели, которые в данных условиях будут работать некорректно. Так формируется важная метакомпетенция.

2. Создание условий для проведения мысленного эксперимента. Для проведения МЭ необходимо подготовить учащимся «наводящие» вопросы, с помощью которых они (учащиеся) будут строить свои модели, следственно-логические связи, совершенствовать эксперимент и др.

3. Подготовка традиционного эксперимента, с помощью МЭ. Перед проведением традиционного эксперимента провести мысленный эксперимент, тем самым подготовить «почву»: создать модель явления, провести выбраковку моделей, установить причинно-следственные связи, выяснить целесообразность эксперимента, предположить ожидаемый результат.

4. Усовершенствование проведённого опыта. После проведения опыта, можно перейти от реального эксперимента к мысленному эксперименту. Добавить в эксперимент ситуации, которых, в принципе, не могло произойти, разобрать полученный результат; предположить поведение модели при изменении условий эксперимента, продолжении эксперимента.

Примечания

1. Никифоров Г. Г., Орлов В. А., Пентин А. Ю., Разумовский В. Г., Фадеева А. А. Программа для 7-9 классов. Физика // Физика в школе. – 2016. – № 2. – С. 14–31.

2. Коханов К. А., Сауров Ю. А. Проблема задания и формирования современной культуры физического мышления: монография. – Киров: Изд-во ЦДООШ; «Типография «Старая Вятка», 2013. – 232 с.

3. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. – 2010. – 50 с.

4. Шодиев Д. Ш. Мысленный эксперимент в преподавании физики: кн. для учителя. – М.: Просвещение, 1987. – 95 с.

С. И. Арасланова, С. Н. Лютина

Кировский авиационный техникум, Кировский технологический колледж

РОЛИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

На основе опыта практики преподавания раскрывается потенциал использования моделей для повышения качества обучения физике.

Ключевые слова: модельный статус знаний, трудности использования моделей при решении задач, различение реальности и описаний при решении задач.

Смыслы. Каждый шаг в изучении природы – это приближение к истине. Приблизиться к истине бывает очень сложно. Введение физических моделей упрощает изучение физических систем и процессов.

Модельный статус знаний позволяет сознательно выделять и фиксировать наиболее существенные черты объектов и явлений, изучаемых в курсе физики,

понимать возможности знаний, эффективно использовать эти средства познания в науке и жизни, что бесспорно важно для осмысленного восприятия мира.

В последнее время в образовании вопросам моделирования уделяется всё большее значение. В обязательный минимум содержания образовательных программ введён раздел «Физика и методы научного познания». Обучающийся должен знать основные методологические понятия и уметь применять их при объяснении физических явлений и свойств тел, выполнении экспериментальных заданий.

Проблемы. При анализе методологических знаний выпускников, получивших основное среднее образование, было выявлено ряд проблем, связанных с формированием знаний о физических моделях. Об этом свидетельствуют результаты диагностирующих тестов с методологическим содержанием. Затруднения вызывают вопросы, где необходимо сделать выбор между физическим явлением (объектом) и моделью. Обучающиеся принимают описание физического явления за формулировку закона, а физические величины принимают за реально существующие объекты.

При изучении природных явлений (объектов) обучающимся сложно выделить их особенности и свойства.

Наибольшее затруднение у обучающихся вызывает решение задач с физическим содержанием. Они не умеют анализировать условие задачи, т.е. выделять явления (объекты) и делать их модельное описание.

При проведении экспериментальных исследований обучающиеся не способны организовать свою деятельность, так как большинство инструкций требуют выполнения действий на репродуктивном уровне по готовому плану.

Некоторые решения. Овладение обучающимися методологических знаний должно проводиться в системе, на различных типах учебного занятия: изучение нового материала, применение и закрепление новых знаний.

При изучении нового материала на этапе актуализации и мотивации знаний выделяются изучаемые физические явления (объекты). Для этого можно использовать постановку проблемного вопроса, эксперимент.

Например, при изучении явления взаимодействия заряженных тел проводится опыт, демонстрирующий притяжение и отталкивание наэлектризованных листочков бумаги. Задаются вопросы проблемного характера

Например: Что вы наблюдаете при проведении опыта? В результате чего стало возможным взаимодействие тел? Можно ли считать взаимодействие гравитационным?

Для описания физического явления (объекта) выдвигают модель данного явления (объекта). В процессе моделирования могут использоваться как предметные, так и информационные модели.

Например, при изучении явления постоянного электрического тока на участке цепи, вводятся физические величины, то есть характеристики электрического тока: сила тока I , плотность тока j , напряжение U ; закон Ома для участка цепи $I = U/R$; вольтамперная характеристика проводника; схема электрической цепи.

При работе с математическими моделями необходимо обращать внимание на существование функциональной зависимости между физическими величинами и границы применимости модели.

На этапе закрепления учебного материала используются вопросы и задания, связанные с различением моделей и объектов. Например: Термодинамическая система – это объект природы или объект теории? Можно ли это доказать? Какое физическое явление описывает закон Гука? Используется ли при его формулировке такая модель тела как материальная точка? В чем принципиальное отличие реального и идеального газов как моделей пара? Почему в установке Кулона использовались маленькие металлические шарики? Зачем в электростатике используют модель «точечный заряд»? Что такое однородное поле: материальный или идеальный объект? Каков физический смысл понятий «сила электрического тока», «работа электрического тока»?

Введение моделей позволяет изучить свойства реальных объектов и применять полученные знания на практике. На учебных занятиях по применению и закреплению новых знаний также используется модельный подход.

Задача: Поезд массой 2000 т после прекращения тяги электроваза останавливается в результате действия силы трения $2 \cdot 10^5$ Н через 60 с. Какова скорость поезда до начала торможения?

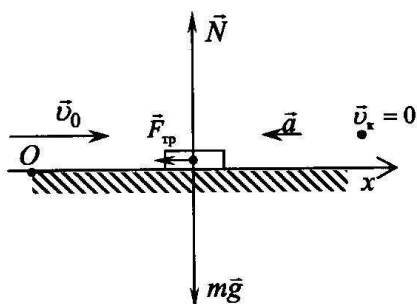


Рис. 1

Решение задачи начинается с анализа рассматриваемого явления, выделение объекта, построение модели.

Рассматриваемые явления: механическое движение, взаимодействие тел. Исследуемый объект – поезд.

Используемые модели: материальная точка, равнозамедленное движение материальной точки (поезда), действующие на объект силы, рисунок,

моделирующий условие задачи.

Для определения искомой величины применяем законы классической механики (т.е. тоже модели), описывающие данный вид движения.

При решении качественных задач введение модели позволяет наглядно представить и понять рассматриваемые явления. Например:

Почему стрелка электрометра отклоняется, если к нему поднести эбонитовую палочку, потёртую о мех, не прикасаясь к электрометру?

В задаче рассматривается явление электризации через влияние.

Объект: заряженная палочка, электрическое поле, стрелка электрометра.

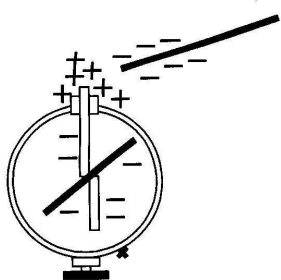


Рис. 2

Используемые модели: электрический заряд, однородное электрическое поле, механизм взаимодействия электрических зарядов.

Наибольшие затруднения у обучающихся вызывает планирование и проведение экспериментальных исследований.

Выделение исследуемого явления (объекта), построение их моделей позволяет обучающимся выбрать применяемый метод для проведения исследования и составить план самостоятельной деятельности.

Например, исследование в рамках лабораторной работы «Определение ускорения свободного падения при помощи маятника».

Наблюдаемое явление: колебательное движение тела. Исследуемый объект: нитяной маятник. Применяемые модели: математический маятник, параметры колебательного движения, закон математического маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.

При помощи модели – закона математического маятника – обучающиеся выбирают метод, разрабатывают план действий, подбирают оборудование, оценивают результаты исследований.

Выводы. Использование физических моделей в системе физического образования позволяет устранить часть трудностей в обеспечении упорядоченности и системности учебных знаний, приобретаемых обучающимися, что, в свою очередь, должно отразиться на уровне творческих возможностей обучающихся.

Моделирование способствует формированию современного мышления, обеспечивает возможность ориентироваться в большом многообразии физических объектов и явлений.

Примечания

1. Бутырский Г. А., Коршунова О. В. Подготовка к ЕГЭ по физике: учеб. пособие. – Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2012. – 363 с.

2. Экспериментальные исследования при изучении физики / под ред. Ю. А. Сауров. – Киров: ЦДООШ, 2013. – 20 с.

3. Элементарная физика: Справочные материалы / Ю. А. Сауров, С. И. Арасланова, С. Н. Лютина и др.; под ред. Ю. А. Саурова. – Киров: Изд-во ИПК и ПРО, 2008. – 132 с.

Д. В. Перевощиков

Вятский государственный университет, Кировский ЦДООШ

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С АСТРОНОМИЧЕСКИМ СОДЕРЖАНИЕМ

В статье обозначена научная проблема освоения методологических знаний при решении задач по физике. Сохранение единства учебного предмета, формирование интереса на основе внимания к вопросам мировоззрения, разнообразие видов учебной деятельности школьников – актуальные проблемы теории и практики при решении физических задач.

Ключевые слова: физика, методология, модель, моделирование, решение задач.

Решение задач при обучении физике является обязательным элементом учебного процесса, позволяющим надёжно усвоить и закрепить изучаемый материал, а также расширить естественнонаучный кругозор учащихся посредством широкого использования знаний из области математики, физики, астрономии, химии, биологии. Через решение качественных и количественных задач осуществляется связь теории с практикой, развивается самостоятельность и целеустремленность, а также рациональные приёмы мышления. Словом этот методический ресурс важный, но трудный.

При рефлексии подбора и составления физических задач с астрономическим содержанием мы выделяем следующие методические особенности (нормы, требования):

- Подбор и составление задач должны быть с учётом цели, например, в настоящее время современная дидактическая цель – освоение научного метода познания (В. Г. Разумовский) [2], что диктует требования к тексту задач.

- В случае межпредметных задач (физики и астрономии) рассматриваемая реальность усложняется, и при решении задач возникает сложность моделирования (язык, форма выражения, содержание и др.).

- Большинство учащихся при осуществлении самостоятельной деятельности по решению задач не следуют каким-либо внятным этапам деятельности, тем более по схеме метода познания, например, не «замечают» важный этап выявления фактов и выделения явлений. Зачастую этот этап имеет неопределённую сложность. Поэтому без чёткого и жёсткого нормирования деятельности на этом этапе успешное его завершение затруднено. Поскольку все этапы деятельности при решении задачи связаны, а последующие определяются предыдущими, то возникает проблема целостности этой деятельности. А значит, выражения некой целостности норм деятельности, т.е. методической модели [1].

- Следуя опыту решения задач на базовом уровне (М. П. Позолотина, Ю. А. Сауров [3]), мы и для случая старшей школы сокращаем структуру деятельности по решению задачи до двух этапов. Первым становится этап выделения объектов и явлений, второй этап заключается в конструировании подходящей *физической модели* объектов или явлений.

- Именно структура и содержание решения задачи определяют её дидактическую ценность, отсюда, например, важно ориентироваться на использование нескольких моделей явления. Причём особенностью данного правильного решения является необходимость жёсткого, знакового фиксирования каждого этапа деятельности по решению задачи. Только тогда освоение норм идёт в рамках цели и протекает эффективнее.

Такой подход *был реализован* при построении экспериментальных материалов для школьников 10–11 классов по организации «правильного» решения физических задач с астрономическим содержанием [4]. Эти задачи оказались сложными и трудными, и без чёткой установки и опоры на моделирование. Эти нормы по решению физических задач отражены в примерах решений, расположенных перед каждым разделом. Причём в них разобраны особенности задач каждого раздела. Эта ориентировка позволяет школьникам опираться на нее при прохождении всех этапов решения задач.

В решении любой задачи школьнику необходимо выделять объекты и явления представленные в задаче и в знаках их фиксировать. Далее выделяются особенности задачи – какие законы и действия необходимо учитывать, каковы границы применимости. На основании этих знаний ученик может сформировать модель сюжета. Исследуя эту модель, он может получить новые знания об объектах и явлениях (в целом субъективно, но иногда объективно). Одновременно осуществляется и рефлексия деятельности по решению задачи, чрезвычайно важен, но не осознан в полной мере.

Рассмотрим *два примера решения задач* под углом зрения, предлагаемого подхода.

Задача 1. Предложите и обоснуйте гипотезу, как изменится температура поверхности остывшей планеты, если на небе будут светить две звезды?

1. Выделение объектов и явлений

Это задача из разряда так называемых мысленных экспериментов. Поэтому она уже по формулировке носит модельный характер, но всё равно решаем мы её, следуя выделенным этапам. Прежде всего, мы можем выделить некоторые астрономические объекты, рассматриваемые в задаче: планета и звезда, а также и особый физический объект – атмосферу планеты. Для них типичны следующие физические явления как: излучение, поглощение света, теплопередача.

2. Построение модели явления

В задаче рассматривается два случая. Стандартный случай – планета и звезда. А также планета и две звезды. Причём во втором случае мы предполагаем, что мощность излучения от каждой звезды такая же, как и от первой, и они расположены на таком же расстоянии. Это предположение обеспечивает нам условие двукратного увеличения поступающей мощности излучения на планету. Также мы полагаем, что тепловая энергия распространяется равномерно.

Пусть от звезды на планету попадает фиксированная тепловая мощность, однако в соответствии постоянством температуры поверхности планеты (в установившемся режиме процесса поглощение-излучение), точно такую же мощность планета должна терять в виде рассеивания тепла. Мощность тепловых потерь можно рассчитать исходя из мощности излучения серого тела. Тогда при увеличении получаемой тепловой мощности в два раза, потери возрастут пропорционально, а в соответствии с формулой Стефана-Больцмана температура поверхности планеты увеличится в $\sqrt[4]{2}$ раз.

Задача 2. Планета видна на Земле в полночь. Ближе или дальше от Солнца, чем Земля, находится эта планета? Постройте модель события и обоснуйте ответ.

1. Выделение объектов и явлений

В задаче названы три астрономических объекта: Земля, Солнце и неизвестная планета. Можно выделить такие физические явления как: гравитационное взаимодействие, движение по окружности. А также астрономическое явление движения планет по орбитам.

2. Построение модели

Рассмотрим местоположение наблюдателя, расположенного на Земле в полночь (рис. 1). Он видит ту часть Солнечной системы, которая находится за пределами орбиты Земли. Следовательно, неизвестная планета должна находиться дальше от Солнца, чем Земля. Примером реального астрономического объекта в рамках построенной модели может являться планета Марс.

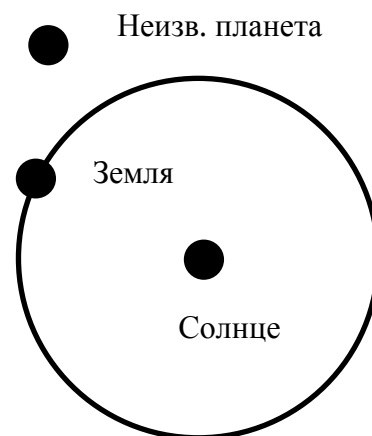


Рис. 1

Примечания

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

2. Разумовский В. Г. Методы научного познания и качество обучения // Учебная физика. – 2000. – №1. – С.70–77.

3. Позолотина М. П., Сауров Ю. А. О концепции формирования физического мышления при дистанционном обучении в основной школе // Вестник Вятского государственного гуманитарного университета. – 2015. – № 11. – С. 142–144.

4. Перовошиков Д. В. Физические задачи с астрономическим содержанием: экспериментальные материалы. – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2016. – 44 с.

V. НАША ПАМЯТЬ

АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ КАРАВАЕВ – ИСТОРИЧЕСКАЯ СУДЬБА ЗАМЕЧАТЕЛЬНОГО УЧИТЕЛЯ...

Конец пятидесятых – начало шестидесятых годов XX века отмечены в истории СССР и мировой истории огромными техническими достижениями: запусками первых искусственных спутников Земли, полётом Ю.А. Гагарина на корабле-спутнике «Восток», выходом в открытый космос советского космонавта А.А. Леонова. Это были подлинные чудеса науки и техники. И эти достижения, сначала на земле, а потом над планетой совершили впервые в мире советские люди. Весь мир ликовал в буквальном смысле слова!!! В определённой и немалой степени указанные и другие технические достижения этого периода (первая в мире атомная электростанция, атомный ледокол «Ленин», создание ускорителей элементарных частиц и др.) были предопределены успехами СССР в области образования, в том числе школьного. Кроме того, в стране работали сотни станций юных техников и домов пионеров, в которых техническим творчеством занимались многие тысячи школьников. Подобные кружки работали при школьных кабинетах физики. Стране нужны были кадры грамотных мастеровитых молодых учителей.

1964 год. В Кировском государственном педагогическом институте имени В.И. Ленина состоялся первый выпуск индустриально-педагогического факультета (во всей стране их открыто 20). Диплом № 1 (с отличием) получает Караваев Анатолий Иванович. Государственная комиссия по распределению направляет его на работу учителем физики в Речную среднюю школу Кумёнского района нашей области. Наверное, несколько неожиданным было это назначение и для самого выпускника. В институте он не изучал полного курса теоретической физики, кроме теоретической механики, не был ознакомлен с методикой обучения физике, с тонкостями преподавания предмета. Тем не менее, молодой учитель включился в работу: во многом самостоятельно осваивал, осваивал «премудрости» учителя физики. На первых порах помогло участие в работе курсов учителей физики областного института усовершенствования учителей.

Хорошо помню то время. Учебные заводы и комбинаты Министерства просвещения РСФСР выпускали серийно электронные приборы (генераторы звуковой частоты, осциллографы, СВЧ-генераторы с комплектом дополнительного оборудования, электронные секундомеры и стробоскопы, новые источники питания). Методисты кафедры общей физики под руководством Л.А. Горева в достаточно короткие сроки осваивали это оборудование, занимались исследовательской работой по расширению функций нового оборудования не только при проведении уроков изучения нового материала, но и при проведении физического практикума учащимися. Одновременно, совместно с институтом усовершенствования организовывались многочисленные курсы для учителей области. На одном из таких курсов в 1966-1967 учебном году я познакомился с Анатолием Ивановичем Караваевым. Это был приятного вида невысокий ху-

дощавый молодой человек, одетый в серый костюм с белой сорочкой и галстуком. Пряди густых русых волос часто спадали с головы учителя, поэтому в перерывах занятий он часто тщательно причёсывался. На самих занятиях он был достаточно активен, задавал разнообразные вопросы, на практических занятиях обсуждал результаты опытов, предлагал их варианты. Особенно тщательно изучал устройство приборов, принцип их работы, возможности самостоятельного изготовления и приобретения (покупки) для этой цели деталей.

Прошло несколько лет. И об учителе Караваеве стало известно в нашей области. Что привлекло внимание учителей и общественности? За достаточно короткий срок Анатолий Иванович совместно со школьниками построил УКВ-радиостанцию, оформил на неё необходимые документы и организовал кружок радиолюбителей. Школьники после занятий, обычно в вечерние часы, выходили в эфир и устанавливали связь с радиолюбителями не только нашей страны, но и всех континентов. Подтверждением радиосвязи является получение от лица, с которым устанавливали контакт, специальных карточек. Благодаря радиосвязи происходит обмен не только приветствиями, но и обмен информацией: по усовершенствованию радиостанции, по истории и культуре. Между прочим, освоение старшеклассниками работы на УКВ-радиостанции считается очень важным элементом подготовки к службе в армии. Десятки учеников Анатолия Ивановича приобщились к этому не только личному, но и общественному делу.

Другое важное направление деятельности А.И. Караваева – это самодельное приборостроение. К этому он тоже широко привлекает своих учеников. За время работы в школе изготовлены десятки приборов и приставок к заводскому оборудованию, имеющих важную учебно-методическую и техническую (прикладную) направленность. Приборы экспонируются на выставках детского технического творчества. Учитель посылает статьи в центральные журналы: «Школа и производство», «Профтехобразование», «Физика в школе». Немалую помощь в обсуждении работ и консультировании оказывал ему наш земляк, известный московский учитель и методист-физик Валентин Фёдорович Шилов. Творческая работа учителя идёт изо дня в день, постоянно, поднимаясь выше и выше. Не знает перерывов Анатолий Иванович, не знает отдыха, увлечён делом...

Помню, в один из приездов в посёлок Речной с заведующей кабинетом физики института усовершенствования учителей Кларой Ивановной Гридиной, после посещения уроков Анатолия Ивановича мы пришли пообедать в школьную столовую. Во время обеда к нам подошла директор школы и говорит: «Не знаю, что делать с Анатолием Ивановичем! Работает в школе до полуночи. Чтобы не будить домашних, принёс в школу раскладушку. Ложится спать в два часа ночи!»

Постепенно учитель создаёт целую авторскую систему. Её отличает особое структурирование материала на уроках, где находит постоянное место демонстрационный физический эксперимент на всех этапах (например, ответы учащихся у доски сопровождаются иллюстрацией экспериментом; при повторении теоретического материала используются экспериментальные задачи на базе основной демонстрационной установки). Много внимания при изучении

каждой темы уделяется практическим приложениям. Учитель пробует использовать опорные конспекты, создаёт систему иллюстраций (выполненных чёрной тушью на стёклах) по всему курсу физики; накапливает материал из научно-популярной литературы (журналы «Юный техник» и другие издания), чтобы школьники сами могли прочесть, отобрать материал, сделать небольшие технические обзоры по применению физических явлений и элементов теории в современной технике.

Вместе с тем, Анатолий Иванович – строгий учитель. Он часто проводит уплотнённый опрос, когда одновременно письменно отвечают до 10 учащихся, другие в это время самостоятельно решают задачи, часть школьников даёт устный ответ у доски. Нередко он контролирует усвоение текущего материала на данном уроке, предлагая фронтально варианты тестов. Но нет злоупотребления тестовой формой. Учителя едут толпами на уроки Анатолия Ивановича. Учиться у него есть смысл, но повторить Караваева невозможно. Обычно после таких посещений он спрашивает только об одном: «Скажите, что было плохо, нелогично? Что подлежит сомнению? Что надо исправить? Что улучшить?».

Новый прилив энергии придаёт Анатолию Ивановичу появление электронных микрокалькуляторов, а затем и компьютеров. Он отчётливо видит новые возможности в поднятии интереса школьников в урочной и внеклассной работе, в управлении учебным процессом. В течение одного-двух лет А. И. Караваев одним из первых в стране конструирует действующий демонстрационный микрокалькулятор, достаёт списанные отечественные (по современным представлениям – допотопные) компьютеры, ремонтирует их, и, накопив определённый опыт, по просьбе Министерства просвещения СССР дважды проводит курсы по применению электронных средств при обучении физике (1987 и 1988 годы). Возможности тех компьютеров ещё ограниченные (в основном, расчётные действия и контроль знаний), но у Анатолия Ивановича уже компьютерный класс совмещён с кабинетом физики. Где сейчас увидишь в Кировских школах такое? И это новшество он демонстрирует в условиях уроков. Курсанты, приезжавшие из разных мест от Бреста до Камчатки и Сахалина, с восхищением изучали опыт коллеги не только по внедрению электронной техники, но и по другим аспектам обучения физике.

Восьмидесятые годы имели и другую особенность. Под видом демократии в то время возникло «движение» по созданию альтернативных учебников по всем предметам, в том числе и по физике. Созданные на ходу коллективы и маститые одиночки устремились в короткое время написать значительно лучшие учебники. Министерство просвещения СССР было вынуждено создать экспертную комиссию по оценке качества новых учебников, в неё включили и Анатолия Ивановича Караваева. Эта работа требовала огромных усилий: физических, нравственных. Надо было квалифицированно, грамотно проанализировать структуру и содержание, методический аппарат (иллюстрации, вопросы, задачи, дополнительный материал, инструкции и задания к лабораторным работам и другое). Думаю, что эта ответственная работа не принесла особой радости. К тому же заканчивалась перестройка, наступало новое время, возникали новые события, новые трудности. Не обошли они и Анатолия Ивановича. Сначала сокращалось, а потом и вовсе закрылось базовое торфопредприятие. Посёлок стал пустеть: часть людей уезжала, другая часть устраивалась на работу в Кирово-Чепецк. Значительно сократилось число учащихся в школе. Должной нагрузки не стало, и Анатолий Иванович вынужден был окончательно выйти на пенсию и переехать в Киров к детям.

Потерю любимой работы он тяжёло переживал, и его быстро не стало. Но сохранилась память о настоящем Учителе, замечательном человеке, пионере многих дел и свершений. Государство высоко оценило его заслуги. Ему было присвоено звание Заслуженного учителя Российской Федерации. Он – кавалер ордена Трудового Красного Знамени. Но, прежде всего, он славен делами, неутомимым трудом, неустанной заботой о школе, о людях, о своих учениках. В глазах тех, кто его знал, он навсегда остался юным, очень уравновешенным, исключительно целеустремлённым, самоотверженным тружеником со страстью познания в глазах...

Примечание

1. Патрушев В. Н., Сауров Ю. А. Практика обучения как творчество: из опыта работы учителей физики / под ред. Ю. А. Саурова. – Киров: Изд-во ВятГПУ, 1998. – 112 с. (С. 38–43).

2. Сауров Ю. А. Великий подвижник физического образования Кировской области // Матрица Времени в лицах: смыслы и формы деятельности. – Киров: ИД «Герценка», 2012. – С. 99–101.

3. Караваев А. И. Базовый курс физики: модели уроков. Часть 1 / под ред. Ю. А. Саурова. – Киров: Изд-во КОИУУ, 1995. – 46 с.

4. Караваев А. И. Управление познавательной деятельностью: методологические ориентировки по физике / под ред. Ю. А. Саурова. – Киров: Изд-во КОИУУ, 1999. – 31 с.

Г. А. Бутырский

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

АРАСЛАНОВА Светлана Ивановна, преподаватель	.	.	.	82
БАКУЛИН Владимир Николаевич, к. физ.-мат. н., доц	.	.	.	50
БУТЫРСКИЙ Герман Александрович, к. пед. н., доц.	.	.	.	88
ВАРАКСИНА Екатерина Ивановна, к. пед. н., доц.	.	.	.	12, 15, 38
ГРЕБЕНЕВ Игорь Васильевич, д. пед. н., проф.	.	.	.	4
ИВАНОВ Юрий Владимирович, к. пед. н., доц.	.	.	.	27
КАЛИНИН Сергей Иванович, д. пед. н., проф.	.	.	.	19
КАНТОР Павел Яковлевич, к. ф.-м. н., доц.	.	.	.	54
КОЛЕСНИКОВ Константин Аристархович к. пед. н.	.	.	.	46
КОРШУНОВА Ольга Витальевна, д. пед. н., доц.	.	.	.	35
КОХАНОВ Константин Анатольевич, к. пед. н., доц.	.	.	.	30
ЛЕБЕДЕВ Яков Дмитриевич, д. пед. н., доц.	.	.	.	56
ЛЕБЕДЕВА Ольга Васильевна, к. пед. н., доц.	.	.	.	69
ЛЕЖЕПЕКОВА Ольга Леонидовна, к. пед. н.	.	.	.	41
ЛЮТИНА Светлана Николаевна, магистр образования	.	.	.	82
МАЙЕР Валерий Вильгельмович, д. пед. н., проф.	.	.	.	15, 38
МАЙЕР Роберт Валерьевич, д. пед. н., доц.	.	.	.	8
МАЛЬКОВА Светлана Владимировна, магистр образования	.	.	.	65
ПЕРЕВОЩИКОВ Денис Владимирович, аспирант	.	.	.	19, 85
ПОЗОЛОТИНА Марина Павловна, аспирант	.	.	.	24
ПОЛУШКИНА Светлана Владимировна, ассистент	.	.	.	4
РУБЛЁВ Андрей Иванович, магистр физики	.	.	.	80
САУРОВ Юрий Аркадьевич, д. пед. н., проф.	.	.	.	3, 56
САЛТЫКОВ Илья Васильевич, магистрант.	.	.	.	12
СЛОБОДЧИКОВ Аркадий Михайлович, к. хим. н., проф.	.	.	.	61
СОРОКИН Антон Петрович, аспирант.	.	.	.	72
ШЕРОМОВА Татьяна Сергеевна, аспирант	.	.	.	76

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
I. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ	4
Гребенев И. В., Полушкина С. В. Модель учебного процесса по усвоению способа получения знаний учащимися на основе школьного физического эксперимента.....	4
Майер Р. В. Проверка третьего обобщенного закона кеплера методом компьютерного моделирования.....	8
Вараксина Е. И., Салтыков И. В. Продуктивные ученические проекты по физике в основной школе	12
Вараксина Е. И., Майер В. В. Модель ученического проекта по экспериментальному обоснованию правила ленца.....	15
Калинин С. И., Перевоицков Д. В. К проблеме межпредметных связей в школьных курсах физики и математики.....	19
Позолотина М. П. О проблеме диагностики физического мышления при решении задач.....	24
Иванов Ю. В. Принцип дополнительности в методике обучения физике.....	27
Коханов К. А. Практика освоения норм познавательной деятельности при обучении физике.....	30
II. МОДЕЛИ В МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ КАК НАУКЕ.....	35
Коришнуова О. В. Модель метапредметности в обучении физике	35
Майер В. В., Вараксина Е. И. Экспериментальное обоснование теоретической модели источника тока.....	38
Лежесёкова О. Л. О результатах педагогического эксперимента при внедрении учебника физики нового поколения.....	41
Колесников К. А. Алгоритмические модели современного урока физики	46
Бакулин В. Н. Математические и компьютерные модели в обучении физике.....	50
III. МОДЕЛИ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСА ФИЗИКИ	54
Кантор П. Я. Магнито-электрическая аналогия и фиктивные заряды.....	54
Лебедев Я. Д., Сауров Ю. А. К вопросу о фундаментальности понятия «материальная точка» в обучении	56
Слободчиков А. М. К вопросу о межпредметных связях физики и химии при изучении электролитической диссоциации.....	61
Малькова С. В. О важности моделей для миропонимания.....	65
IV. МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОЦЕССЕ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ.....	69
Лебедева О. В. Проектирование исследовательской деятельности учащихся в системе уроков физики.....	69
Сорокин А. П. Организация понимания при решении конкретной экспериментальной задачи.....	72
Шеромова Т. С. О методе «ящиков» при решении ситуационных задач с историческим содержанием на уроках физики	76
Рублев А. И Мысленное экспериментирование как работа с моделями	80
Арасланова С. И., Лютина С. Н. Роли моделирования для процесса обучения физике.....	82
Перевоицков Д. В. Методические особенности решения физических задач с астрономическим содержанием	85
V. НАША ПАМЯТЬ	88
Анатолий Иванович Караваев – историческая судьба замечательного учителя... ..	88

Научное издание

**Модели и моделирование
в методике обучения физике**

Материалы представлены в авторской редакции

Сдано в набор 07.11.2016.
Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$.
Усл. п. л. 6,2.

Подписано в печать 15.11.2016.
Бумага типографская.
Тираж 100. Заказ 106.

Научное издательство ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС»
610029, г. Киров, п. Ганино, ул Северная 49А. (8332) 208-964
www.raduga-press.ru, e-mail: raduga-press@list.ru

Отпечатано в ООО «Радуга-ПРЕСС»
610044. Г. Киров, ул. Лепсе, 69 – 48, т. (8332) 208–964