

МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ



Материалы докладов

VIII всероссийской научно-практической конференции



Кафедра физики и методики обучения физике ВятГУ
Центр дополнительного образования одарённых школьников
Научная лаборатория «Моделирование процессов обучения физике»

МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

Материалы докладов
VIII всероссийской научно-практической конференции

Киров – 2019

УДК 165
ББК 74.262.23
М 74

Оргкомитет: член-корр. РАО, д-р пед. наук, профессор Ю. А. Сауров (председатель); канд. пед. наук, доцент К. А. Коханов (зам. председателя); канд. физ.-мат. наук А. Ю. Пентин (Москва, РАО); канд. пед. наук Г. Г. Никифоров (Москва, РАО); д-р пед. наук Я. Д. Лебедев (Вологда); д-р пед. наук Р. В. Майер (Глазов); д-р пед. наук О. В. Коршунова; канд. пед. наук, доцент Е. И. Вараксина (Глазов); канд. пед. наук, доцент Ю. В. Иванов (Глазов); канд. пед. наук О. Л. Лежепёкова (учитель физики); аспирант ВятГУ А. П. Сорокин; канд. пед. наук М. П. Уварова (учёный секретарь)

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

М 74 Модели и моделирование в методике обучения физике: *Материалы докладов VIII всероссийской научно-практической конференции: 8 ноября 2019 г.* – Киров: ООО «Издательство «РАДУГА-ПРЕСС», 2019. – 123 с.

ISBN 978-5-6042991-4-2

В очередной сборник включены материалы исследований по одному из перспективных направлений развития теории и методики обучения физике.

ББК 74.262.23

ISBN 978-5-6042991-4-2

© Кафедра физики и методики обучения физике ВятГУ, 2019
© Центр дополнительного образования одарённых школьников, 2019
© Научная лаборатория «Моделирование процессов обучения физике», 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Со времени первой конференции «Модели и моделирование в методике обучения физике» (1997) прошло более двадцати лет. И есть основание считать, что первый, в основном теоретический, этап освоения проблематики моделирования и использования моделей в обучении физике пройден. На повестке дня, на наш взгляд, стоит второй, практико-ориентированный, этап освоения темы. Он не менее, а даже более сложный. Он нуждается в большем вовлечении в эту работу с моделями практикующих методистов и учителей физики. Сейчас уже никто не сомневается в необходимости понимания и использования дидактического потенциала моделирования. И акцент в методической работе всё больше смещается на достижение содержательной ясности и простоты, реального освоения деятельности моделирования в учебном процессе. Вот почему статус конференции нуждается в уточнении – научно-практическая.

Исторически со времени В. А. Кондакова у нескольких поколений вятских методистов-физиков сохранялось приоритетное внимание к моделированию и конструированию. Свой вклад в освоении этой области деятельности внесли известный своими занимательными опытами Г. А. Горев, фундаментальными достижениями по содержанию физического образования В. В. Мултановский. Позднее эстафетную палочку познания подхватили Н. Н. Цвейтова (Новосёлова), Г. А. Бутырский, Ю. А. Сауров... Выпускник нашего пединститута В. Г. Разумовский получил старт на этой духовной почве и пошёл дальше, сохраняя познавательный интерес к моделированию, конструированию и, особенно, к экспериментированию до последних дней. Так создаётся и копится исторический опыт. И он востребован сейчас в среде всех субъектов образования – школьников, учителей, студентов, преподавателей. Нужна взаимная помощь в осмыслении и построении новых методических решений для массовой практики обучения физике. Словом, необходимы коллективные усилия для получения устойчивого образовательного эффекта.

Конференция продолжает собирать и представлять результаты поисков методистов и учителей разных регионов страны и ближнего зарубежья. Мы верим, что эта наша, хотя и скромная инициативная научно-методическая деятельность, в состоянии принести успехи в личном и коллективном творчестве в области моделей и моделирования.

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

Ю. А. Сауров
К. А. Коханов

І. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Ю. А. Сауров

Вятский государственный университет

МОДЕЛИ В НАУЧНОМ ТВОРЧЕСТВЕ В. Г. РАЗУМОВСКОГО

В статье на материале поисков В. Г. Разумовского задаётся вся сложная проблематика природы и использования, всегда дидактических по функциям, моделей в процессах обучения физике.

Ключевые слова: методология, науковедение, принцип цикличности, модели, моделирование, границы применимости.

Идейное введение. Довольно рано (по своему возрасту и по истории развития методики) В. Г. Разумовский занял принципиальную позицию по использованию моделей в обучении. В известном принципе цикличности в краткой форме «факты – модель – следствия – эксперимент» достаточно очевидно выделяется различие реальности (факты, эксперимент) и описаний (в виде моделей и выводов следствий). Модели подчёркнуто выделяются от всех других описаний. Но из известных текстов не ясно, почему это так [1–7]. Хотя это различие принципиально, в том числе и для дидактики физики.

Идейно нам импонирует позиция Г. П. Щедровицкого: «Знания не должны соответствовать реальности, модели не должны соответствовать натуре, поскольку, если бы они соответствовали, процедура моделирования была бы бессмысленной... модель в отношении как раз этих действий должна быть принципиально иным образованием, чем натура» [9, с. 532, 533]». Пусть сейчас в методике обучения физике это лишь гипотеза. Но её жёсткая формулировка в состоянии стимулировать поиски.

Отсюда и формулируется взгляд на отношение В. Г. Разумовского к моделям.

Материал. Во-первых, в автореферате докторской диссертации В. Г. Разумовский обозначил принципиальную позицию по отношению к моделям. Он писал:

- «Таким образом, эти переходы от фундаментальных опытов к абстрактной модели и от теоретически полученных следствий к их экспериментальной проверке являются как бы критическими точками творческого цикла: в первом случае от вещей и явлений материального мира, данных нам в ощущениях, к системе идей, а другом случае – от идей к действительности, к эксперименту, к явлениям объективного мира и их взаимосвязи» [1, с. 13]. При расшифровке возможны вопросы: чем отличается эксперимент в начале от эксперимента в конце? Во втором случае переход от идей не просто к действительности, но новой действительности «единства во многообразии».

- «История развития физики показывает, что всякая теория развивается из абстрактной модели, которая рождается на основе обобщения группы экспериментальных фактов» [1, с. 21]. Социально исторически,

это, по-видимому, действительно так. Но так ли это в обучении, в индивидуальной практике? И почему именно абстрактная модель? Обобщение группы фактов непосильно для одного субъекта всегда в кратковременном обучении.

• «Если новый экспериментальный факт, не укладывающийся в рамки теории, ведёт к её пересмотру, уточнению или замене, то и новая абстрактная модель служит источником новых знаний» [1, с. 25]. Удивительная, но верная, мысль автора: новые знания вырастают из старых знаний. Сейчас в практике обучения явно разрушается преемственность в усвоении знаний: на неусвоенные знания накладываются всё новые... Отсутствие отработки разрушает системы знаний. Во всяком случае, здесь есть о чём подумать.

Во-вторых, хотя В. Г. Разумовский специально не оставил крупных отдельных работ о моделях в методике физики, но никогда не забывал их принципиального значения. Ниже в качестве аргумента приводим доступные нам тексты.

05.12.1988

...Статью прочитал: она, конечно, сырая. Отстоять её в таком виде не смогу даже в «Физике в школе». Но почву под собой она имеет громадную, и я обязуюсь (если у Вас хватит терпения!) помогать Вам до самой победы.

Взяв за основу ядро статьи, Вам следует поднять проблему в целом: цикличность справедлива не только для методики физики, но для методики вообще. Она характерна и для научного познания индивидуального, и для научного познания исторического, и для научного познания индивидуально-учебного! Во-первых, это нужно распространить на все предметы. Во-вторых, нужно сказать, что суть состоит в осознании отделении абстракции от реальности. В-третьих, отсюда речь идёт об области и границах применимости. В-четвёртых, сейчас это архи важно, поскольку появляется возможность (с ЭВМ) ученику работать с идеальной моделью как с реальностью! Это грандиозно!

Это действительно новое направление развития дидактики и методик!

Обнимаю. В. Р.

09.08.1996

...Приветствую проведение конференции, и с удовольствием всячески буду содействовать. В Глазове, с моей подачи, в 1997 г., 25–26 января, будет международная конференция по физическому эксперименту.

Для предисловия к сборнику тезисов нужно знать главные идеи конференции, факты и имена учителей. При этих условиях, конечно, согласен написать предисловие. Название конференции я бы уточнил. В нём должна отражаться главная Ваша идея. Если изменить название уже поздно, то желательно добавить уточняющую фразу. Но может быть я не прав, если речь идёт об особенной вятской системе (подчёркнуто В. Г. – Ю. С.) физического образования.

А добавить можно было бы такую фразу: «Система школьного физического образования. Роль личности учителя физики». Сразу же будет ясно, что речь идёт о передовиках. Или... «Значение лабораторных работ» и т. д...

Комментарии

В 1996–1997 г. постепенно созревала необходимость проведения конференций, шёл поиск темы. В итоге первая Всероссийская научно-теоретическая (!) конференция «Модели и моделирование в методике обучения физике» прошла в 1997 году, а потом стала повторяться каждые три года. Предисловие Василий Григорьевич не написал, но статью в сборник дал.

30.10.1996

...Последние мои годы – борьба за полноценное среднее образование, дающее молодому человеку достаточно полную картину мира. Борюсь против примитивизма и убогого прагматизма. Преподаю в МПУ свой спецкурс: «Современные международные тенденции преподавания физики в школе». Главная тенденция: физика – общеобразовательный предмет, нужный и гуманитариям. Эйнштейн дал самую современную концепцию теории познания. Она совпадает с диалектической гносеологией. Но сверх того показывает:

- модельность всякого научного познания,
- ограниченность всякой модели,
- приоритет фактов над теорией,
- обречённость (историческую) всех моделей.

Педагогический вывод: можно сообщить и передать информацию, но нельзя вложить готовых знаний, но можно создать благоприятные предпосылки к их овладению...

01.09.2000

...Думаю, что всё-таки придётся сделать упор не на всю методику, а на организацию самостоятельной познавательной и творческой деятельности на основе модельных гипотез (хорошо бы взять и знаковые модели-формулы, но я ими занимался мало!).

Речь пойдёт о применении моделей:

1. Материальная точка (когда нет вращения).
2. Молекулярное строение вещества при изучении его свойств.
3. «Теплород – гидростатика».
4. Электростатика – гидростатика.
5. Ток в замкнутой цепи – гидродинамика.
6. Электромагнитное поле – силовые линии.
7. Оптика: шарики и волны.
8. Излучение квантами – падение шариков с фиксированной высоты.

ты.

Для этого у меня большой материал и есть идеи.

Вокруг этих моделей методика: проблема – выдвижение гипотезы – следствия: а) объяснение, б) предвидение, прогноз, экспериментальная проверка, в) творческое применение теории на практике – дивергенция.

Хорошо бы на Вашем семинаре нам выступить вместе. Попробуйте написать проект наших тезисов...

Р. С. Вы правы, надо нам встретиться. Мне нужно передать Вам необходимые материалы по применению всех этих моделей. И знаковых тоже!

Комментарии

По каким-то причинам (обычно из-за нагрузки) по моделям совместной работы не получилось. Но тему В. Г. понимал глубоко. Она и сейчас актуальна.

14.03.2005

...Писать так и нужно, медленно. Быстро хорошо не бывает. Золотые Ваши слова: авторы вводят модели и не знают, что с ними делать! Этого нам допускать нельзя. Модели – дело вспомогательное, должны работать. Если этого нет, то они не нужны.

31.03.2005

...Меня волнует несколько другой ракурс вещей. Во-первых, общая нацеленность курса для школы. В школе мы должны учить основам науки, процессу познания научным методом. Объектом нашего познания должна быть природа, метод познания и, уж, потом здание науки. Во-вторых, что изучать? Мир вещей или мир понятий. Безусловно, изучать надо реальный мир, пользуясь миром понятий, миром моделей (потому что это упрощает, делает недоступное доступным!) с обязательным возвращением к реальному миру.

Мощь и красота науки в объяснении непонятного и в предвидении неочевидного. Совпадение результатов теории и эксперимента – вот радость жизни! «Наука сокращает нам опыты быстротекущей жизни». Думаю, что в Вашем проекте не хватает педагогических проблем и их решения. Статья носит характер назидательной критики и наставлений. Советую поправить и самому опубликовать в журнале «Физика в школе»...

08.02.2008

...Я не философ, но думаю, что безоговорочно отделить модели от мира реальности при обучении не удастся никогда. «Модели моделей» тоже будут всегда. Авторы учебников и учителя строят модели по ситуации, ориентируясь на подготовленность ученика к данному моменту, а не вообще на вечные времена. Так это происходит и в науке...

Отказываясь от соавторства по этой статье, я вовсе не хочу сказать, что Вам этой проблемой заниматься не стоит. Но я к этому не готов.

С приветом и уважением В. Разумовский.

17.10.2011

Чтобы написать интересную и актуальную статью, нужно сформулировать проблему улучшения качества обучения школьников, решением которой является методология. Без этого ничего не получится. Надо быть очень осторожными в употреблении слов, чтобы не скомпрометировать идею. Сейчас много болтунов, которые ратуют за «примитивизацию» курса. «Физика нужна только для будущих учёных» (которым они будут платить по 10 тыс. рублей...).

У А. А. Пинского «болели металлические зубы» от упоминания «методологии». Поэтому нужно людей приводить самих к этой идее че-

рез анализ трудностей и недостатков обучения физике. **Нужно исходить из этого анализа!..** Рад Вашему письму. В. Р.

18.10.2011

...Просто требовать различать модели от явлений бесполезно. Люди даже не могут понять, чего от них хотят: «все задачи они умеют решать». Они умеют их решать, поскольку все наши задачи на подстановку данных в формулу, это алгебра, а не физика. Вся трудность состоит в том, что в жизни сначала надо распознать физическое явление, все данные проблемы перевести в понятия физики, и только потом заниматься уравнениями...

Пока не будет экспериментальных исследований явлений, пока не научим переходить с бытового языка на язык понятий и обратно, нечего говорить о различии моделей и объектов. В создавшейся ситуации учебы по картинкам и требований ЕГЭ методология не востребована.

18.10.2011

Дорогой Василий Григорьевич!

1. Прежде всего, я рад за Вас, рад за то, что вы не потеряли чутьё и бойцовские качества в отношении возможностей методологии познания для обучения физике. (Годы есть годы. И они, увы, приносят проблемы.)

Да, судя по эффекту при обучении студентов и учителей, с одной стороны, это воспринимается хорошо, с интересом, с другой стороны, – осваивается медленно. Даже различение объектов и моделей при обучении физике далеко от практического решения. Только в одном этом – революция взглядов. А мы здесь опоздали лет на 20–25.

2. Методологическая безграмотность идеологически выгодна. Управлять умными людьми труднее. А наши менеджеры этого не умеют. Сам свою нишу где-то лет 15 назад стал осознавать, как миссию по методологическому образованию учителей, студентов, школьников. Но вот этот идёт весьма медленно. И в этой работе мы единомышленники. Пусть опыт и видение и приводят нас иногда к различиям в решениях. Ну, и что. Есть главное... Спасибо за письмо. Ваш Ю. С.

Заключение. На наш взгляд, отношение к моделям в методике обучения физике определяет целый этап в развитии этой науки. Пока на должном уровне для прикладной науки в теории он не разработан, тем более не внедрён. Индивидуально, вне научных программ коллективов, это трудно сделать. Но в освоении научного метода познания В. Г. Разумовский смело шёл вперёд и оставил для нас много продуктивных решений [8].

Литература

1. Разумовский В. Г. Проблема развития творческих способностей учащихся в процессе обучения физике: автореф. дис. ... д-ра пед. н. – М., 1972. – 63 с.
2. Разумовский В. Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике. – М.: Просвещение, 1975. – 272 с.
3. Разумовский В. Г. Проблемы теории и практики школьного физического образования: Избранные научные статьи / сост. Ю. А. Сауров. – М.: ФГБНУ «Институт стратегии развития образования РАО», 2016. – 196 с.

4. Сауров Ю. А. Принцип цикличности в методике обучения физике: историко-методологический анализ: монография. – Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2008. – 224 с.
5. Сауров Ю. А., Андреева И. Г. Академическая научная школа профессора В. Г. Разумовского как механизм развития физического образования // Физика в школе. – 2016. – № 7. – С. 11–17.
6. Сауров Ю. А. Вопросы методологии и содержание физического смысла в обучении // Учебная физика. – 2018. – № 2. – С. 47–63.
7. Сауров Ю. А. О границах применимости принципов, понятий и законов при изучении механики // Физика в школе. – 2018. – № 3. – С. 14–19.
8. Сауров Ю. А., Синенко В. Я. Выдающийся мыслитель в дидактике физики: к 90-летию академика РАО В. Г. Разумовского // Сибирский учитель. – 2019. – № 4. – С. 5–13.
9. Щедровицкий Г. П. Философия, наука, методология. – М.: Школа культурной политики, 1997. – 656 с.

Р. В. Майер

Глазовский государственный педагогический институт им. В. Г. Короленко

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЛОЖНОСТИ УЧЕБНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ТЕКСТА

Показано, что дидактическую сложность учебного текста следует рассчитывать как произведение структурной сложности (учитывающей длину слов и предложений) и семантической сложности (зависящей от количества и степени абстрактности терминов). Для определения семантической сложности используется специальная компьютерная программа.

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

Учебным текстом (УТ) будем называть текст, предназначенный для обучения, и соответствующий требованиям научности, логической непротиворечивости и лаконичности. Как правило, УТ по физике не содержит художественных образов, иносказаний и метафор; он состоит из определений, теорем, законов, описаний опытов, логических рассуждений, формул, рисунков и т. д. Важными характеристиками УТ и других дидактических объектов (рисунков, таблиц, формул) являются объём и дидактическая сложность [3–8]. **Актуальность проблемы** оценки сложности УТ обусловлена тем, что: 1) реализация принципа «от простого к сложному» требует изучения вопросов в порядке возрастания их сложности; 2) сложность учебного материала должна соответствовать способностям ученика; 3) сложность (информативность) учебного материала может рассматриваться как характеристика интеллектуального уровня школьника, способного его усвоить. Решение обозначенной проблемы связано со следующими вопросами: семантическая информация и её обработка [1, 2], смысловая структура текста [9], читабельность текста [11], метод контент-анализа [10].

Сложность текста – объективная многофакторная количественная характеристика текста, зависящая от его объёма, структуры и степени абстрактности. В общем случае УТ содержит текстовую составляющую

щую, графическую (рисунки) и формульную (математическую) составляющие. Можно считать, что сложность текста равна сумме общей (или интегральной) сложности текстовой составляющей, общей сложности рисунков и общей сложности формульной составляющей. Общая сложность текстовой составляющей зависит от объёма текста и средней сложности предложений, которая в свою очередь тем выше, чем больше средняя абстрактность понятий, средняя длина слов и предложений, доля сложных предложений и доля рассуждений в тексте. Общая сложность рисунков зависит от количества изображённых на них объектов и связей, а также от степени их абстрактности. Общая сложность формул определяется их количеством, средним числом символов и сложностью используемых математических функций.

При оценке дидактической сложности УТ важно выбрать правильную математическую модель. Сложность УТ как и трудность работы с ним в первую очередь зависят от: 1) его структуры, определяемой количеством и длиной слов в предложениях; 2) степени абстрактности используемых терминов, количества и плотности семантической информации. Логично считать, что дидактическая сложность текста S равна произведению его структурной S_{str} и семантической сложностей S_{sem} : $S = S_{str} \cdot S_{sem}$.

Для определения **структурной сложности** текста (без учёта логических связей) применяют формулу Ю. А. Тулдавы [11]:

$$S_{str} = \frac{N_{слогов}}{N_{слов}} \ln \left(\frac{N_{слов}}{N_{предл}} \right) = D_{слов} \ln(D_{предл}), \quad \text{где} \quad D_{слов} = N_{слогов} / N_{слов}$$

$D_{предл} = N_{слов} / N_{предл}$ – средняя длина слова в слогах, и среднее число слов в предложении. Эта формула даёт неразумный результат для предложений из одного слова. По **закону Хика**, время реакции человека (которое пропорционально сложности задачи) на N раздражителей (слов в предложении) пропорционально $\ln(N+1)$. Чем больше информации поступает в мозг человека, тем больше времени требуется для её обработки при прочих равных условиях. Отсюда следует, что индекс сложности конкретного предложения или текста из нескольких предложений следует вычислять так: $I_S = D_{слов} \ln(D_{предл} + 1)$.

У старшеклассников и студентов хорошо развиты навыки чтения, поэтому на трудность понимания УТ по математике, физике, химии, биологии и т. д. в первую очередь влияет не **структурная сложность** (средняя длина слов и предложений, логические связи), а **семантическая** или **смысловая сложность**, зависящая от количества научных терминов и степени их абстрактности [1, 2].

Семантическую сложность слова или его информативность можно охарактеризовать **коэффициентом свёрнутости информации** (КСИ) относительно уровня знаний Z_0 . Он показывает степень концентрации информации в соответствующем понятии и равен числу слов, ко-

торое необходимо произнести, чтобы объяснить сущность понятия человеку со знаниями Z_0 . КСИ термина T относительно уровня Z_0 равен количеству слов в объяснении термина T , содержащем только слова из тезауруса Z_0 . То есть необходимо дать определение O термину T , а также определения терминам T_1' , T_2' , ..., которые входят в определение O , используя слова из тезауруса Z_0 .

Будем считать, что УТ соответствует тезаурусу Z_0 , если он содержит слова, входящие в тезаурус Z_0 , или слова, объяснённые в данном тексте. Информативность фрагмента УТ относительно тезауруса Z_0 равна объёму текста минимальной длины, соответствующему тезаурусу Z_0 , и содержащему ту же полезную информацию. Среднее арифметическое значение КСИ всех слов в УТ будем называть средней информационной свёрнутостью текста или **средней плотностью информации**.

Если речь идёт о курсе физики, то за Z_0 удобно выбрать знания ученика 5 класса, так как он не изучал эту дисциплину. Он хорошо владеет арифметическими действиями, но его тезаурус не содержит понятий «производная», «интеграл» и т. д. Из физических понятий ему хорошо известны понятия «время», «расстояние», «скорость», но понятия «электрическое поле», «показатель преломления», «дефект масс» не входят в его тезаурус и нуждаются в определении и объяснении. Для нахождения КСИ необходимо сосчитать количество слов в объяснении данного термина, которое содержит понятия из тезауруса Z_0 . Например, «ускорение – отношение изменения скорости к соответствующему промежутку времени». Если не расшифровывать понятие «скорость», то КСИ понятия «ускорение» равно шести. Чем выше уровень абстрактности обозначаемого понятия, тем больше семантическая сложность слова. При этом информационные ёмкости однокоренных слов, относящихся к одной или разным частям речи (например, «дифракция», «дифракционный», «дифрагировать»), примерно одинаковы, так как они являются составляющими одного концепта.

В общих чертах **методика оценки семантической сложности** текстовой составляющей УТ относительно тезауруса Z_0 состоит в следующем: 1) из исходного текста удаляют повторы, стоп-слова, заменяют местоимения соответствующими терминами; 2) добавляют формулировки законов, теорем и другие предложения, которые заполняют смысловые пустоты и помогают ученику с тезаурусом Z_0 понять УТ; 3) выявляют логические связи и вместо них в текст добавляют слова типа: «потому что», «следовательно» и т. д.; 4) определяют количество значимых слов в тексте, характеризующие объём текстовой выборки $V_T = N_{\text{слов}}$. 5) составляют список используемых научных терминов (их количество обозначим через N), его помещают в текстовый файл slovar.txt; 6) путём подсчёта числа слов в определениях терминов находят их сложности s_i ($i = 1, 2, \dots, N$), которые записывают в файл slovar.txt; 7) с помощью специальной

компьютерной программы, обращающейся к файлу slovar.txt, проводят контент-анализ УТ и подсчитывают количество n_i упоминаний каждого i -ого термина и число обычных слов N' , сложность которых равна 1; 8) суммируя сложности всех терминов и остальных слов, определяют семантическую сложность текста: $S_{sem} = N' + n_1s_1 + n_2s_2 + \dots + n_Ns_N$; 9) вычисляют коэффициент свёрнутости информации для текстовой составляющей учебного материала или среднюю информативность слова для данного УТ: $I_{cp} = Inf / V_T$; 10) для нахождения информативности формул или рисунков, заменяют их максимально кратким описанием и оценивают его сложность тем же методом.

Рассмотренным выше способом оценена дидактическая сложность и информативность основных положений школьного курса математики [3, 4, 6], сложность изучения электрического и магнитных полей в различных учебниках физики [5], сложность математической информации в школьных учебниках физики [7], сложность объяснения физической задачи [8].

Литература

1. Зеркаль О. В. Семантическая информация и подходы к её оценке. Часть 1. Семантико–прагматическая информация и логико-семантическая концепция // Философия науки. – 2014. № 1. – С. 53–69.
2. Кузнецов И. П. Механизмы обработки семантической информации. – М.: Наука, 1978. – 174 с.
3. Майер Р. В. Метод оценки дидактической сложности некоторых вопросов школьного курса математики // Стандарты и мониторинг в образовании. – 2017. № 6. – С. 51–56.
4. Майер Р. В. Оценка сложности основных положений математики в 5–11-х классах общеобразовательной школы // Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования. – 2018. – № 3 (20). – С. 147–150.
5. Майер Р. В. Количественная оценка сложности изучения электрического и магнитных полей в различных учебниках физики // НИР. Социально-гуманитарные исследования и технологии. – 2019. № 1. – С. 11–16.
6. Майер Р. В. Оценка информативности основных положений школьного курса математики // Стандарты и мониторинг в образовании. – 2019. – № 2. – С. 38–45.
7. Майер Р. В. Оценка сложности математической информации в школьных учебниках физики // Ярославский педагогический вестник – 2019. – № 3. – С. 26–32.
8. Майер Р. В. Оценка сложности объяснения задачи: Тезаурусный подход // Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования. 2019. № 2. – С. 119–123.
9. Черняховская Л. А. Смысловая структура текста и её единицы // Вопросы языкознания. – 1983. – № 6. – С. 117–126.
10. Шалак В. И. Современный контент-анализ. Приложения в области: политологии, психологии, социологии, культурологии, экономики, рекламы. – М.: Омега-Л, 2004. – 272 с.
11. Солнышкина С. И., Кисельников А. С. Сложность текста: Этапы изучения в отечественном и прикладном языкознании // Вестник Томского государственного университета. Филология. – 2015. – № 6 (38). – С. 86–99.

К. А. Коханов

Центр дополнительного образования одарённых школьников, Киров **ФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В «НАЧАЛАХ» И. НЬЮТОНА**

Показано, что в фундаментальном труде по классической механике большое внимание уделено методологии познавательной деятельности, что может быть использовано в обучении физике в школе.

Ключевые слова: модели классической механики.

Раздел классической механики в школьном курсе физики является одним из самых методически стройных, устоявшихся. Ключевую роль здесь играет как «возраст» самой классической механики, так и кропотливая работа над содержанием многих поколений учёных и методистов. Но с позиции решения современных задач обучения раздел устарел: за страницами учебников остаются вопросы методологии классической механики, за рамками уроков – организация познавательной деятельности (моделирования...).

Между тем в «Математических началах натуральной философии» (1687 г.) И. Ньютона обсуждение проблем соответствия реальности и средств описания, методологии научного исследования занимает одно из центральных мест. Немаловажно, что и содержание книги представлено в логике: *объекты изучения* → *модели* → *следствия* → *практика*. Всё это позволяет организовать изучение соответствующих вопросов в школе на основе оригинального материала (см. табл.), сохранив оригинальность и историко-методологическую цельность раздела.

Таблица. Логика построения «Начал»

Объекты	Реальные объекты и явления	• Время, пространство, движение тела, положение тела • <i>Действие</i> (см. и ниже!)
↓		
Модели	Средства описания объектов и явлений Фундаментальные законы	• Абсолютные время, пространство, координата • <i>Действие</i>, сила • Три закона
↓		
Следствия	Принципы (следствия) Частные законы Поучения (ключевые задачи механики)	• Принцип суперпозиции • Правило рычага • Сохранение количества движения при действии внутренних сил • Сохранение положения центра масс при отсутствии внешних сил - И др.
↓		
Практика	Ключевые задачи Эксперимент	• Описание криволинейного движения тела • Нахождение центростремительных сил - И др.

Далее приведена расшифровка таблицы и ряд соответствующих примеров.

Два мира механики

Классическая механика Ньютона выстроена с учётом двух принципиальных позиций. Первая заключается в утверждении необходимости разделения разных по природе объектов познания – реальных и средств описания, – а вслед и соответствующих процедур деятельности. Область существования идеальных объектов (математических оснований физики...) – «рациональная механика», реальных (полученных «при исполнении ремесла») – «практическая». Ньютон: основная задача и «трудность» физики состоит в установлении взаимосвязи между двумя мирами объектов, в необходимости по реальным «явлениям движения распознать силы природы, а затем по этим силам объяснить остальные явления» [1, с. 3]. Трудность начинается уже с того, что «отличительной чертой практической механики являются погрешности...», тогда как объектами рациональной механики являются идеальные «движения, производимые какими бы то ни было силами», и силы, требуемые «для производства каких бы то ни было движений» (с. 1).

Вторая – в признании обязательного наличия у физических законов границ применимости. Ньютон: «В опытной физике предложения, выведенные из совершающихся явлений ... должны быть почитаемы за верные или в точности, или приближённо, пока не обнаружатся такие явления, которыми они ещё более уточнятся или же окажутся подтверждёнными исключениями.» (Правило IV, с. 504). То есть, границы применимости закона всегда определены измерительными процедурами, при этом в рамках действующей теории – погрешностями измерений, а за её рамками – результатами измерений, повторяющимся, но не вписывающимся в данную теорию.

Объекты и средства описания

В «Началах» даны определения всех используемых в механике понятий и величин. Большинство из них имеют практически современный вид, но некоторые – существенно иной, видимо, из-за последовательных изменений под учебные задачи курсов классической механики.

Остановимся на **ключевом понятии классической механики – силе**. В «Началах» – это универсальное средство описания всех наблюдаемых в природе «действий», включая непривычную для нас способность тела сохранять состояние покоя и прямолинейного и равномерного движения при отсутствии действия как такового. Вот два определения.

1) *Приложенная сила* – это «действие, производимое над телом, чтобы изменить его состояние покоя или равномерного прямолинейного движения» (с. 26). Обратим внимание на двойное название величины: так Ньютон, во-первых, делает явный акцент на неотделимость силы от объекта приложения (сила – приложенная), во-вторых, исключает некорректное использование понятий равнодействующей или центрост-

ремительной силы, порой не описывающие конкретное действие или явление. Далее Ньютон фиксирует единство силы с явлением: «сила проявляется единственно только при действии, и по прекращению действия в теле не остаётся», а вместе с этим отдельность от него – «она проявляется лишь при действии» (там же), то есть сама по себе не действует, являясь лишь индикатором явления, средством описания.

2) *Врождённая сила материи* – это средство описания явления инерции, величина, пропорциональная массе, которая «если и отличается от инерции массы, то только воззрением на неё» (с. 25). «Это присущая ей способность сопротивления, по которой всякое отдельно взятое тело... удерживает своё состояние покоя или равномерного прямолинейного движения» (Там же).

Таким образом сила – идеализированное средство описания всех видимых явлений. Принципиальным является заданное Ньютоном определение области «существования» такого рода объектов – это **идеальные условия абсолютного и неподвижного пространства-времени**. По Ньютону такие время, пространство (и координаты, движения) существуют в виде математических абстракций (в уравнении времени, с. 30) – моделей, отделённых от практики; в опыте фиксируются только относительные или «кажущиеся» (с. 30) величины. Здесь относительное время – это «... постигаемая чувствами... мера продолжительности...»; его относительность – в неотделимости от пространства: «относительное, кажущееся... время есть... постигаемая чувствами, внешняя, совершаемая при посредничестве какого-либо движения, мера продолжительности, употребляемая... вместо истинного математического времени...». **То есть в главном:** абсолютное пространство и время не столько идеальная реальность (вопреки общепринятой трактовке!), сколько идеальное описание (!) этой реальности, задающее область существования моделей механики, в том числе сил.

Законы

Принципиально и на первый взгляд неожиданно, что для формулировки первых трёх законов Ньютон напрямую не определяет *модели физических тел*, в том числе материальную точку, но использует средства описания (модели) явлений (равномерное и прямолинейное движение, сила, количество движения). Но противоречий в изложении законов при этом не возникает: Ньютоном задано, что область существования законов – идеальный мир, поэтому строго им подчинены только объекты рациональной механики. И по умолчанию всегда так! Читаем:

Закон I: всякое тело продолжает удерживаться в своём состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние.

Закон II: изменение количества движения пропорционально движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует.

Закон III: действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе – взаимодействия двух тел друг на друга между собою равны и направлены в противоположные стороны (с. 39-41).

Дополнительно обратим внимание на следующие особенности оригинальных формулировок.

В первом законе

1) напрямую не задана модель ИСО, но использовано средство описания явления – приложенная сила. Сила – идеальный объект, поэтому имеет область применения идеальный мир абсолютного (неподвижного) пространства-времени; фактически модель ИСО задана в силе: идеальная сила вызывает изменение движения тела в идеальных условиях;

2) напрямую не предусмотрена возможность отсутствия действия на тело силы: даже если тело находится в состоянии покоя, то приложенные силы есть, но они не изменяют это состояние (скомпенсированы);

3) фактически задано условие равновесия любого тела, а не только материальной точки. В таком виде закон предусматривает математическое обобщение как для случая равновесия материальной точки, так и для твёрдого тела.

Во втором законе также не выделена модель объекта (нет ни материальной точки, ни твёрдого тела). Но в таком виде закон математически обобщается на описание всех случаев движения как материальной

точки, так и твёрдого тела: $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$ и $\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}$.

В третьем законе не использовано понятие силы, вместо него – действие. В таком виде закон даёт больше, чем утверждение о математическом равенстве сил. В нём появляется фундаментальное понятие **взаимодействия**, которое носит всеобщий характер. Кроме того, при математическом описании (моделировании действия силами) закон справедлив независимо от системы отсчёта, в которой рассматривается.

Применение законов на практике: следствия, поучения и мысленные эксперименты

Следствия в работе Ньютона занимают особое место. Фактически в них заданы правила применения законов, типизация решаемых механикой задач, ключевые модели их решений. С одной стороны, следствия вытекают из трёх законов, с другой – дополняют их и определяют принципы

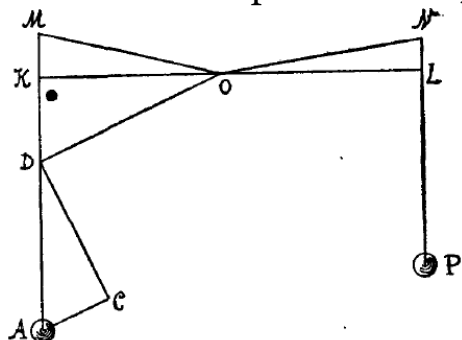


Рис. Действия на рычаг

использования, задают простые правила и технологии поиска ответа. Ключевую роль в конкретизации следствий играют мысленные эксперименты и геометрические построения, моделирующие явления.

Остановимся на некоторых из них. В первых двух следствиях задан принцип суперпозиции сил: в первом установлена зависимость между действием на тело несколь-

ких сил и получаемым в результате этого движением, во втором дано правило нахождения равнодействующей силы (правило разложения или составления силы). Для их иллюстрации Ньютон приводит мысленные эксперименты с рычагами. На рис. KL – однородный рычаг (в практике – диаметр колеса), KA – действие силы, приложенной телом A ; показано, что действие силы KA можно заменить меньшим действием силы DC , приложенной перпендикулярно плечу OD .

В следующих двух рассмотрены случаи движения тел при действии только внутренних сил: *следствие III*: количество движения, получаемое беря сумму количеств движения, когда они совершаются в одну сторону, и разность, когда они совершаются в стороны противоположные, не изменяются от взаимодействия тел между собою (с. 45); *следствие IV*: центр тяжести системы двух или нескольких тел от взаимодействия тел друг на друга не изменяет ни своего состояния покоя, ни движения; поэтому центр тяжести системы всех действующих друг на друга тел (при отсутствии внешних действий и препятствий) или находится в покое, или движется равномерно и прямолинейно (с. 47).

Фактически видим формулировки закона сохранения импульса в замкнутой системе и часто применяемого при решении задач принципа сохранения положения центра масс при отсутствии действия на систему внешних сил.

В **поучениях** Ньютона показано применение законов и следствий в решении частных задач механики, в числе которых задача Галилея о криволинейном движении тела в поле тяготения, расчёт движения (импульса) при «ударах и отражениях тел», расчёт действия клина, раскалывающего дерево (Ньютон: силы, с коими клин раздвигает две части раскалываемого дерева, так относятся к силе молота, бьющего по клину, как скорость перемещения клина в направлении действующей от бьющего его молота силы относится к скоростям, с которыми части дерева уступают клину, причём эти скорости надо брать по направлениям, перпендикулярным к щекам клина, с. 56) и др.

Значительное внимание в поучениях уделено обсуждению *проблемы совпадения результатов конкретных опытов с предсказаниями теории*. Сам Ньютон пишет об этом так: «Ошибки в один или два дюйма при измерениях следует приписать трудности произвести их достаточно точно. ... трудность при изучении столкновения маятников состоит, например, и в том, чтобы пустить оба тела ... одновременно приходили в низшее своё положение... Неравномерное распределение плотности и неравномерность строения тел, происходящие от случайных величин, приводят также к погрешностям» (с. 53).

Использование цикла познания в построении новых законов. Логика построения знания по циклу познания раскрыта на примере большого числа практических задач [2]. Многие из них могут с успехом решаться на уроках физики. Но особо познавательная сила такой схемы раскрывается при конструировании закона Всемирного тяготения

ния. Вначале следует выделить и всесторонняя *фиксация явления*: «1. Спутники Юпитера описывают радиусами, проведёнными к его центру, площади, пропорциональные временам; времена их обращений по отношению к неподвижным звёздам находятся в полукубическом отношении их расстояний до того же центра.» (с. 504, аналогично читаем для Сатурна, Луны вокруг Земли, Земли и других «главных планет» вокруг Солнца). На основе явлений выстраиваются *гипотезы* (их Ньютон называет предложениями-теоремами): «1. Силы, которыми спутники Юпитера постоянно отклоняются от прямолинейного движения и удерживаются на своих орбитах, направлены к центру Юпитера и обратно пропорциональны квадратам расстояний мест до этого центра... 7. Тяготение существует ко всем телам вообще и пропорционально массе каждого из них» (с. 510, 518). Далее гипотезы *доказываются* в логике математических теорем, на основе мысленных и натуральных экспериментов, геометрических построений, ссылок на доказанные ранее предложения.

Заключение. В «Началах» Ньютона чётко зафиксирована методология научно-исследовательской деятельности, характерная для классической физики и активно внедряемая сегодня в процесс обучения физике. Использование исторического материала «Начал» Ньютона может способствовать более эффективному внедрению представлений и моделей и моделированию в процесс обучения физике.

Литература

1. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. – М. Наука, 1989.
2. Разумовский В. Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике. – М.: Просвещение, 1975.
3. Коханов К. А., Сауров Ю. А. Методология функционирования и развития школьного физического образования: монография. – Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2012.

Ю. В. Иванов

Глазовский государственный педагогический институт им. В. Г. Короленко

СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ В ЗАРУБЕЖНОЙ ПРАКТИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

В статье представлены некоторые направления использования моделей в обучении физике на основе анализа зарубежной практики обучения физике.

Ключевые слова: процесс познания, модели, моделирование, научная деятельность.

В июле 2019 года в Европейской организации по ядерным исследованиям (ЦЕРН) была организована Международная программа для учителей старших классов, в которой приняли участие 43 учителя физики из 33 стран мира. Лекторами являлись как учёные ЦЕРНа, так и приглашённые учёные из США и Канады. В настоящей работе обобщён опыт, полученный в рамках участия в этой Программе.

В Программе особое внимание уделялось вопросом методики обучения физике на современном этапе развития человечества, учителям также приходилось решать задачи интеграции программ обучения физике с учётом национальных стандартов. В последние годы в ЦЕРНе все больше активизируется внимание обучению физике. Это можно пронаблюдать по их публикационной активности в этой области [1-5], а также по содержанию образовательных программ, которые ежегодно проводит ЦЕРН для тысяч учителей, студентов и школьников со всего мира [6]. Одна из причин этой инициативы состоит в том, что в ЦЕРНе отчётливо понимают, что без современного обновления содержания и методов обучения физике невозможно будет подготовить необходимый кадровый научный резерв, который будет обеспечивать поступательное развитие науки в будущем. Уже сейчас многие научные центры испытывают кадровый голод в специалистах-физиках, недостаточной остаётся подготовка выпускников школ и вузов в области физики. Поэтому учёные пытаются сформировать новые подходы к обучению физике, которые, по их мнению, будут способствовать эффективному воспроизводству научного знания. Совершенно очевидно, что в основу новых методик обучения учёные закладывают специфические для физики содержание и виды деятельности. Одним из таких видов деятельности является моделирование.

Моделирование является одним из важнейших этапов понимания того, что происходит в детекторах Большого адронного коллайдера (БАК). Физики-теоретики на основе математических уравнений моделируют ситуации, которые могут возникнуть при столкновении протонов в коллайдере. Это позволяет лучше понять в каком диапазоне энергий и импульсов следует искать интересующие физиков события. После обработки экспериментальных данных проводится сравнение предсказанных при моделировании событий с реальными результатами. По сути, эксперименты в БАК выстраиваются под проверку той, или иной модели. В настоящее время проводимые исследования связаны с различными интерпретациями Стандартной модели, моделями темной материи, а также космологическими моделями. Моделирование и верификация моделей являются для учёных научной рутинной, однако в большинстве случаев в школьном и вузовском образовании во всём мире это не является содержанием, подлежащим усвоению. В связи с этим в ЦЕРНе стали разрабатывать содержание и методики подготовки школьников и студентов, которые отвечали бы требованиям одного из ведущих мировых центров науки.

Рассмотрим некоторые примеры использования понятий моделей и моделирования в методике обучения физике, которые предлагаются в ЦЕРНе для обновления содержания физического образования.

1. Моделирование влияния тёмной материи на скорость вращения галактик. Школьники, интересующиеся вопросами современной космологии, не могли не слышать о таком понятии как тёмная материя. В на-

учно-популярных статьях историю открытия темной материи объясняют на примере расхождения расчётных и реально измеренных скоростей вращения галактик. Если бы галактики состояли только из обычного вещества, то скорость их вращения была бы меньше. Отсюда следует вывод о том, что дополнительная скрытая масса галактик содержится в темной материи, не взаимодействующей с привычной нам видимой материей. Этот вывод, очевидный для учёных, не всегда очевиден для школьников, не имеющих необходимого эмпирического базиса для представления наглядной картины явления. Учёные из канадского института теоретической физики *Perimeter Institute* [7] предлагают провести эксперимент, моделирующий вращение галактики, и демонстрирующий зависимость скорости вращения от величины гравитационных сил, действующих внутри галактики. Для этого опыта используется нить, которую продевают через небольшую пластмассовую трубку. К одному концу нити привязывают резиновую пробку, а к другому – небольшой конверт, в котором находится несколько одинаковых металлических гаек. Экспериментатор, держа трубку в руке, раскручивает нить с закреплённой на конце пробкой так, чтобы нить вращалась равномерно в горизонтальной плоскости. Помощник измеряет частоту вращения с помощью секундомера. Опыт повторяют при больших значениях массы груза в конверте, добавляя в него гайки. После этого строится график зависимости скорости вращения от массы грузов. Из анализа графика делают вывод, что чем больше масса груза в конверте, тем больше скорость вращения. В этом опыте влияние массы видимого вещества галактики и тёмная материя моделируются грузом в конверте. Следует отметить, что в отечественной методической литературе этот эксперимент описан в [8, с. 106], однако он не был связан с моделированием вращения галактики, а использовался в решении творческой задачи по изучению вращательного движения.

2. Моделирование эффектов глобального потепления. Одной из важных функций физического образования в современном мире является объяснение явлений, окружающих учащегося в повседневной жизни. Школьники всех стран всё чаще сталкиваются с понятием глобального потепления, однако далеко не все понимают причины нарастания этого феномена. Они лишь слышат, что, например, таяние полярных льдов ускоряет глобальное потепление. Для объяснения этого эффекта предлагается провести следующий эксперимент [7]. Берут два одинаковых прозрачных стакана, в один из них помещается небольшой тёмный камень. В стаканы наливают одинаковое количество холодной воды, в воду добавляется одинаковое количество кубиков льда, в стаканы помещают термометры. Обращают внимание, что температура в обоих стаканах в начале опыта равна 0 °С. Оба стакана ставят на одинаковом расстоянии от горячей лампы накаливания. Спустя некоторое время замечают, что в стакане, в котором находился камень, лёд растаял, и температура воды в нем становится выше 0 °С, тогда как в другом стакане остаётся лёд. Результат опыта школьники могут легко объяснить, опираясь на знание

школьного курса физики. Из опыта следует и объяснение того, почему таяние полярных льдов усиливает поглощение солнечной энергии.

3. *Моделирование деятельности учёных.* Как уже отмечалось выше, по мнению методистов ЦЕРНа необходимо предпринимать дополнительные усилия для привлечения молодёжи в науку. Для этого предлагается на уроках физики моделировать деятельность учёных. В начале этой работы необходимо организовать со школьниками дискуссию о том, чем занимаются учёные. Учитель должен подвести учеников к мысли о том, что одним из видов деятельности учёных является построение и модернизация моделей [7]. Также школьники должны понимать, что одному учёному справиться с современными проблемами науки невозможно, поэтому учёные объединяются в коллаборации. Для моделирования такой работы учёных класс делят на группы по четыре-пять человек. Всем группам дают решить одно и то же задание. Это может быть задача на определение устройства «чёрного ящика», задача на определение сложных закономерностей, задачи на классификацию объектов и т. д. Вначале предлагается решить эти задания каждому учащемуся отдельно. После этого происходит обмен идеями в своей группе. Каждая группа по итогам обсуждения формирует краткий отчёт, в котором представляет свой вариант решения, либо, если решения не найдено, наиболее продуктивные идеи, которые были обсуждены. На следующем этапе группы обмениваются своими отчётами и проводят анализ отчётов своих коллег из соседних групп. Результаты анализа должны быть использованы либо для улучшения своего решения, либо для опровержения решения. По итогам этой работы группы снова формируют и представляют итоговый отчёт, в котором отмечают своё окончательное мнение по поводу решения задачи. Как показывает практика применения такого рода коллективного решения, большинство групп находят правильное решение. Рефлексия участников позволяет осознать, что на первом этапе практически ни одна группа не находит верного решения. Именно работа в группе и обмен идеями является решающим фактором, приводящим к верному решению.

Здесь следует отметить, что в отечественной методике обучения физике феномен коллективной познавательной деятельности учащихся известен и продолжает изучаться в настоящее время [9].

4. *Моделирование работы элементов экспериментальных установок, используемых в физике элементарных частиц.* В ЦЕРНе существует лаборатория *S'Cool LAB* [10], в которой проходят мастер-классы для учителей, студентов и школьников. В основном мастер-классы посвящены обучению слушателей проведению самостоятельных экспериментов на основе простого оборудования, которые позволяют понять физические принципы работы детекторов частиц, ускорителей и т. д. В частности, в арсенале *S'Cool LAB* можно найти опыты по моделированию работы ловушки для антиматерии, моделированию магнитной системы детектора *ATLAS*. Кроме того, посетители могут собрать установку

и провести эксперимент с моделью датчика элементарных частиц, а также воспроизвести модельный эксперимент, иллюстрирующий опыт Резерфорда по рассеянию альфа-частиц.

5. *Организация познавательной деятельности учащихся на основе использования моделей.* На протяжении всей работы Международной программы в ЦЕРНе проводились методические сессии для учителей, в ходе которых неоднократно поднимался вопрос об использовании моделей в обучении физике. Так, в частности, методисты ЦЕРНа неоднократно подчёркивали, что на уроках физики необходимо добиваться усвоения понятия модели, и понимания того, что «реальность описывается через модели» [3, с. 3]. Ученики должны понимать, что именно описывает конкретная модель, что позволяет предсказать, каковы границы её применимости. Познавательную работу со школьниками на уроках физики учёные из *Perimetr Institute* [7] предлагают проводить по схеме: «Предсказание – Наблюдение – Объяснение», также основываясь на модельном представлении об объектах и явлениях. Многократное применение такого подхода к описанию явлений, по мнению авторов этой методики, будет способствовать усвоению школьниками самой идеи моделирования и возможностей моделей для понимания явлений и предсказания поведения различных систем.

Анализ опыта использования моделей и моделирования при изучении физики в международной практике обучения показывает, что западная методическая наука относительно недавно пришла к пониманию необходимости и возможности использования моделей в обучении. Это подтверждают и опыт участия в Международной программе в ЦЕРНе, и анализ содержания значительного числа программ обучения физике в различных странах, в которых модельный подход представлен слабо. Заметно, что опыт использования моделей в обучении физике за рубежом накапливается медленно, им не хватает фундаментальных методологических основ этой деятельности, разработанных в России за последние десятилетия [11]. Важно отметить, что активные исследования, проводимые в России и за рубежом, в области использования моделей в обучении свидетельствует об объективной необходимости включения этих вопросов в содержание обучения физике. Это, в свою очередь, требует существенной модернизации физического образования. Перспективным можно было бы считать создание международной коллаборации, объединяющей усилия учёных, методистов и учителей из разных стран по решению этих проблем.

Литература

1. Wiener G., Woithe J., Brown A., Jende K. Introducing the LHC in the classroom: an overview of education resources available // *Physics Education*. – 2016. – Т. 51. – № 3.
2. Woithe J., Wiener G., Van der Veken F. Let's have a coffee with the Standard Model of particle physics! // *Physics Education*. 2017. – 52. – № 3.
3. Wiener G. J., Schmeling S. M. & Hopf M. Introducing 12-year-olds to elementary particles // *Physics Education*, 2017. 52 – № 4. – Pp. 1–8.

4. Wiener G. J., Schmeling S. M. & Hopf M. The technique of probing acceptance as a tool for teachers' professional development: A PCK study // Journal of Research in Science Teaching. – 2018. 55. – № 6. – Pp. 849–875.
5. Alexopoulos A., Pavlidou M., Cherouvis S. 'Playing with Protons': a training course for primary school teachers at CERN // Physics Education. – 2019. – P. 54.
6. CERN Teacher Programmes. URL: <https://teachers.cern>.
7. Perimeter Institute for Theoretical Physics. URL: www.perimeterinstitute.ca.
8. Разумовский В. Г. Творческие задачи по физике в средней школе. – М.: Просвещение, 1966. – 155 с.
9. Коханов К. А. Практика освоения норм познавательной деятельности при обучении физике // Модели и моделирование в методике обучения физике: Материалы докладов VII всероссийской научно-практической конференции. – Киров: ООО «Изд-во «Радуга-Пресс», 2016. – С. 30–34.
10. S'Cool LAB. URL: <https://home.cern/tags/scool-lab>.
11. Сауров Ю. А. Модели и моделирование в методике обучения физике: логико-методологические поиски: монография. – Киров: ООО «Изд-во «Радуга-Пресс», 2016. – 216 с.

Е. И. Вараксина

Глазовский государственный педагогический институт им. В. Г. Короленко

ИССЛЕДОВАНИЯ УЧЕБНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА КАК РЕСУРС ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИКИ В ШКОЛЕ

Дано понятие экспериментального изучения физического явления. Перечислены направления и результаты научных исследований в области учебного физического эксперимента, раскрыта их специфика. Теоретические идеи обоснованы фактами, полученными в исследованиях учебного эксперимента с электромагнитными волнами.

Ключевые слова: экспериментальное изучение, учебный физический эксперимент, электромагнитные волны.

1. Экспериментальное изучение физического явления

Под *экспериментальным изучением физического явления* мы понимаем процесс получения об объекте изучения субъективно нового знания, который осуществляется методом учебного экспериментирования и имеет своей целью доказательство факта существования явления, построение его физической и математической моделей, обоснование справедливости этих моделей в границах их применимости.

В современном школьном физическом образовании реализация экспериментального изучения физических явлений связана с необходимостью «преодоления ключевых проблем системы учебного физического эксперимента», подробно проанализированных в статье Г. Г. Никифорова [1]. В ней предлагается механизм совершенствования материально-технического оснащения кабинета физики. Методологические проблемы экспериментального изучения физических явлений, связанные с «...переосмыслением всего содержания курса физики...» [2, с. 118] с целью реализации метода научного познания, изучены В.В. Майером [3], В. Г. Разумовским [4], Ю. А. Сауровым [2] и другими учёными.

Наше исследование показало, что экспериментальное изучение физических явлений в школе может быть обеспечено, если в теории и

практике обучения физике развивать систему ресурсов, включающих: 1) научную деятельность в области учебного физического эксперимента; 2) экспериментальную компетенцию учителя; 3) совместную проектную деятельность учителя и его учеников. В этой статье мы ограничимся рассмотрением первого из указанных ресурсов.

2. Научная деятельность в области учебного физического эксперимента

Анализ содержания школьных учебников и пособий по учебному эксперименту приводит к выявлению следующих фактов дидактики физики:

- тексты учебников (например, [5] и др.) не всегда нацеливают на изучение физических явлений в натурном учебном эксперименте даже при наличии в них описаний опытов;
- системы опытов для экспериментального изучения физических явлений, описанные в классических пособиях [6, 7], не соответствуют современным возможностям кабинета физики и школьного учителя;
- система школьного физического эксперимента, доступная для массовой школы, недостаточно обеспечена информационно, содержательно и методически.

Отсюда следует, что важнейшим ресурсом экспериментального изучения физических явлений в школе является научная деятельность в области учебного физического эксперимента. Научные исследования в этой области *осуществляют*: методисты, преподаватели физики, студенты педагогических вузов, учителя, школьники и другие субъекты физического образования. Проводимые ими исследования *направлены* на поиск, воспроизведение, критический анализ, совершенствование, создание и описание новых приборов, опытов, экспериментальных установок и методик их применения в учебном процессе.

Основными результатами научной деятельности по развитию учебного физического эксперимента мы считаем: *новый эксперимент*, позволяющий обучающимся наблюдать и всесторонне исследовать явления, которые обычно изучаются умозрительно; *новый прибор*, обеспечивающий современную, безопасную и доступную демонстрацию физического явления; *новую систему опытов* для получения фактов и обоснования следствий одной из рассматриваемых в школе фундаментальных физических теорий.

Эти и другие результаты исследований учебного эксперимента систематически публикуются в отечественных и зарубежных научных журналах, посвящённых проблемам дидактики физики. Чтобы достижения науки могли быть использованы в учебном процессе, информация о них должна быть доступна учителю физики.

Научная деятельность в области учебного физического эксперимента обладает спецификой, которая нередко не учитывается в отечественной дидактике физики (см. табл.).

Рассмотренные в этой таблице особенности научной работы в области учебного физического эксперимента сходны с теми, которые выделил П. Л. Капица, анализируя отставание советской экспериментальной физики по сравнению с теоретической [8, с. 142–148]. Существующее положение приводит к вытеснению научных исследований учебного эксперимента из отечественной дидактики физики.

Таблица. Специфика научной деятельности в области учебного физического эксперимента

Специфика	Обоснование специфики	Проблемы
Равнозначность всех этапов исследования	Все этапы работы: теоретический анализ, идея и её реализация, изготовление и исследование приборов, описание конструкций, фотографирование явлений, апробация в учебном процессе и т. д. – равнозначимы и в равной степени определяют результативность научного исследования	При оценке научной работы по дидактике физики нередко многие из важнейших этапов исследования причисляются к чисто техническим и поэтому не имеющим отношения к педагогической науке вообще, к теории и методике обучения физике в частности
Системность и систематичность исследований	Наблюдения показывают, что экспериментальная компетенция развивается при постоянном применении. Уровень квалификации быстро снижается при отсутствии систематического использования сформированных интеллектуальных умений и экспериментальных навыков. Определяющее значение для оценки новизны и оригинальности полученных результатов имеет систематическое изучение доступных источников информации	Завышенные требования, предъявляемые к педагогической терминологии при оценке результатов исследований в области учебного эксперимента, снижают качество и количество таких исследований. Негативное влияние оказывает также желание оценить новый учебный эксперимент по количеству обучающихся, охваченных педагогическим экспериментом
Коллективность исследований	Экспериментальная деятельность требует разносторонних теоретических знаний, экспериментальных умений, методических навыков, мотивов, способностей и опыта. Поэтому решающее значение в достижении поставленной цели имеет деятельность коллектива исследователей	В дидактике физики искусственно предпочтение отдаётся единоличным публикациям, вычисляется индивидуальный вклад каждого автора, не признаётся равнозначимость труда всех авторов выполненного исследования учебного эксперимента

3. Научное исследование системы демонстрационного эксперимента с электромагнитными волнами

Теория электромагнитного излучения, созданная Дж. К. Максвеллом, является одной из фундаментальных теорий, основы которой обучающиеся усваивают в школьном курсе физики [5, с. 140–169]. Эта теория имеет важное значение для формирования физического мировоззрения школьников. Покажем, что только научное исследование системы демонстрационного эксперимента позволяет реализовать экспериментальное изучение электромагнитных волн на уроках физики.

В настоящее время для экспериментального обоснования теории Максвелла в школах используется разработанный Н. М. Шахмаевым [9, с. 98–113] учебный эксперимент с электромагнитными волнами сантиметрового диапазона ($\lambda = 3$ см), который обеспечивается генератором и приёмником с волноводами и рупорными антеннами [5, с. 157–159; 7, с. 301–304]. С методической точки зрения соответствующая система опытов обладает недостатками: 1) она никак не связана с изученными школьниками явлениями электродинамики, в частности, с явлением электромагнитной индукции; 2) обучающиеся не могут понять, что именно является источником электромагнитного излучения; 3) демонстрационные установки для опытов со звуковыми и электромагнитными волнами внешне выглядят одинаково, поэтому многие школьники до конца не осознают, что это волны разной физической природы.

Указанные недостатки отсутствуют в системе учебных опытов, в которых для излучения и приёма электромагнитных волн используются полуволновые диполи [7, с. 287–300]. Отечественный комплект приборов для таких опытов с метровыми волнами был разработан в послевоенные годы Б. С. Зворыкиным [10]. Для получения волн использовался ламповый генератор частотой $\nu = 150$ МГц, дающий электромагнитное излучение с длиной волны $\lambda = 2$ м. Этот комплект изготавливался промышленностью и несколько десятилетий применялся на школьных уроках и в лекционных демонстрациях вузовских курсов общей физики. Недостатки этого комплекта состоят в большой длине волны и значительной мощности излучения. Первый недостаток затрудняет постановку учебных опытов, второй – представляет собой помеху для радиотехнических средств связи и других устройств.

Поэтому с конца шестидесятых годов прошлого века исследователями [11] разрабатывались ламповые генераторы дециметровых радиоволн на разрешённую для радиолюбителей частоту 430 МГц ($\lambda = 66$ см). Позже выполнялись исследования возможности применения транзисторных генераторов взамен ламповых [12]¹, проанализированные в статье [13].

Систематические исследования, проводившиеся в Глазовском педагогическом институте в течение трёх десятков лет, привели к созданию комплекта приборов, обеспечивающего исчерпывающее экспериментальное обоснование теории электромагнитных волн на школьном и вузовском уровнях [14–16]. Этот комплект неоднократно упоминался в работах, посвящённых современному школьному кабинету физики [17, с. 308–311], как основа «ключевого эксперимента» [1] при изучении электромагнитных волн.

¹Ссылка по книге: Шахмаев Н. М., Павлов Н. И., Тыщук В. И. Физический эксперимент в средней школе: Колебания и волны. Квантовая физика. – М.: Просвещение, 1991. – С. 200–202.

Однако в массовой школе ламповые генераторы электромагнитных волн в настоящее время не используются, так как они не удовлетворяют общепринятым санитарным нормам, дают значительные помехи и требуют применения сетевых источников питания. Поэтому исследования, направленные на создание простого, доступного и безопасного комплекта приборов для изучения электромагнитных волн, продолжаются [13, 18]. Решению данной проблемы посвящена одна из магистерских диссертаций, подготовленных на кафедре физики и дидактики физики Глазовского пединститута [19]. Автор этого исследования изучил возможность применения в учебном эксперименте распространённого и доступного по цене современного электронного прибора – микромощного источника электромагнитного излучения. Выполненные ранее работы [20, 21] способствовали созданию простого, надёжного и доступного для школы индикатора электромагнитных волн. Основные результаты проведённого коллективом авторов комплексного исследования опубликованы в статье [22].

Современный комплект приборов для экспериментального изучения электромагнитных волн, разработанный и исследованный в Глазовском пединституте (см. на рис.: генератор и приёмник), изготовлен учителем и учащейся одной из глазовских школ, благодаря чему система эксперимента с его использованием внедрена в учебный процесс школы № 14 г. Глазова [23].

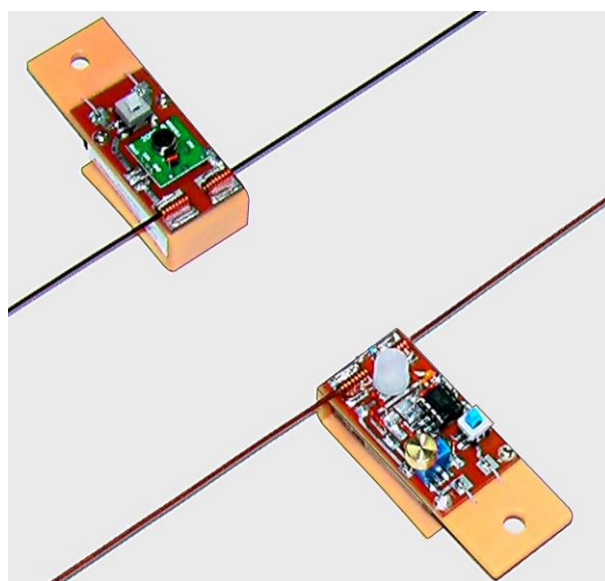


Рис. Комплект приборов

4. Заключение

Рассмотренные выше исследования учебного физического эксперимента с электромагнитными волнами убедительно показывают следующее. Научная деятельность в области учебного физического эксперимента является одним из основных ресурсов экспериментального изучения физических явлений в современной отечественной школе. Два других ресурса, обеспечивающие вместе с первым необходимый уровень учебного эксперимента на уроках, – это экспериментальная компетенция учителя физики и совместная проектная деятельность учителя и его учеников, направленная на совершенствование учебных опытов.

Научные исследования учебного физического эксперимента относятся к дидактике физики и выполняются авторскими коллективами. Каждый из авторов решает конкретную задачу, преследуя общую цель. Результаты решения этих задач в равной степени определяют успех дидактического исследования научной проблемы. Другими составляющи-

ми успеха являются системность и систематичность проводимых исследований.

Значимость результатов научного исследования учебного физического эксперимента определяется их новизной, доступностью и эффективностью. Новизна разработанного учебного эксперимента устанавливается при сравнении его с существующим. Доступность и эффективность проверяются в педагогическом эксперименте с ограниченным числом участников.

Литература

1. Никифоров Г. Г. Обновление механизмов преодоления ключевых проблем системы учебного физического эксперимента // Учебная физика. – 2017. – № 2. – С. 50–61.
2. Сауров Ю. А. Принцип цикличности в методике обучения физике: Историко-методологический анализ. – Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2008. – 224 с.
3. Майер В. В. Элементы учебной физики как основа организации процесса научного познания в современной системе физического образования: дис. ... д-ра пед. наук. – Глазов, 2000. – 409 с.
4. Разумовский В. Г., Майер В. В., Вараксина Е. И. ФГОС и изучение физики в школе: о научной грамотности и развитии познавательной и творческой активности школьников: монография. – М.; СПб.: Нестор-История, 2014. – 208 с.
5. Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б., Чарутин В. М. Физика. 11 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень / под ред. Н.А. Парфентьевой. – М.: Просвещение, 2016. – 432 с.
6. Буров В. А., Зворыкин Б. С., Кузьмин А. П., Покровский А. А., Румянцев И. М. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. Т. 1. Механика, теплота. Пособие для учителей / под ред. А. А. Покровского. – М.: Просвещение, 1971. – 368 с.
7. Буров В. А., Зворыкин Б. С., Кузьмин А. П., Покровский А. А., Румянцев И. М. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. Т. 2. Электричество. Оптика. Физика атома. Пособие для учителей / под ред. А. А. Покровского. – М.: Просвещение, 1972. – 448 с.
8. Капица П. Л. Эксперимент. Теория. Практика. – М.: Наука, 1977. – 352 с.
9. Шахмаев Н. М. Оборудование кабинета физики с электротехнической лабораторией (Из опыта работы 215-й школы Москвы). – М.: Изд-во АПН РСФСР, 1962. – 192 с.
10. Зворыкин Б. С. Электромагнитные колебания и волны в курсе физики средней школы. – М.: Академия педагогических наук, 1955. – 100 с.
11. Шахмаев Н. М. Об едином подходе к изучению колебательных и волновых процессов // Физика в школе. – 1967. – № 6. – С. 59–65.
12. Миргородский Б. Ю., Шабаль В. К. Демонстрационный эксперимент по физике. Колебания и волны. – Киев: Радянська школа, 1985.
13. Майер В. В., Вараксина Е. И. Генератор УВЧ на транзисторе: дидактическое исследование // Учебная физика. – 2017. – № 3. – С. 23–34.
14. Майер В. В. Генератор ультравысокой частоты // Учебная физика. – 2003. – № 2. – С. 31–37.
15. Майер В. В. Электромагнитные волны // Учебная физика. – 2006. – № 1. – С. 147–220.
16. Чирков Ал. Е. Система учебного физического эксперимента как средство формирования понятия электромагнитной волны: дис. ... канд. пед. наук. – Глазов, 2006. – 192 с.

17. Учебное оборудование для кабинетов физики общеобразовательных учреждений / Ю. И. Дик, Ю. С. Песоцкий, Г. Г. Никифоров и др.; под ред. Г. Г. Никифорова. – М.: Дрофа, 2005. – 396 с.
18. Майер В. В., Кощеев Г. В. Микромощный передатчик для опытов с волнами дециметрового диапазона // Учебная физика. – 2018. – № 2. – С. 25–27.
19. Кощеев Г. В. Методика изучения электромагнитных волн в курсе общей физики: магистерская диссертация. – Глазов, 2019. – 111 с.
20. Майер В. В., Вараксина Е. И. Учебно-исследовательский проект: индикатор разности потенциалов // Учебная физика. – 2015. – № 2. – С. 3–5.
21. Майер В. В., Вараксина Е. И. Усилитель постоянного тока для школьного гальванометра // Учебная физика. – 2018. – № 2. – С. 22–24.
22. Майер В. В., Вараксина Е. И., Васильев И. А., Кощеев Г. В. Комплект приборов для демонстрационных опытов с электромагнитными волнами // Физика в школе. – 2019. – № 4. – С. 41–46.
23. Гильманова Е. Н., Веретенникова Е. А. Электромагнитные волны и их свойства на школьном уроке // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Вып. 30. – М.: ИСРО РАО, 2019. – С. 12–14.

Е. Б. Петрова

*Московский педагогический государственный университет,
гл. ред. журнала «Физика в школе»*

ПРОБЛЕМАТИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ НА СТРАНИЦАХ ЖУРНАЛА «ФИЗИКА В ШКОЛЕ»

В статье на документальном материале анализируется актуальность метода моделирования в обучении физике. Раскрываются возможности моделирования в разнообразной учебной деятельности.

Ключевые слова: деятельность, статьи, модели, моделирование, метод.

Одним из основных универсальных методов естествознания является метод моделирования.

Требования федерального государственного образовательного стандарта предполагают подготовку обучающихся к решению различных исследовательских задач, поэтому необходимо их ознакомление с методологией научного познания, в том числе с использованием простейшего моделирования и проектирования природных и др. процессов. Изучение обучающимися методов научного познания способствует развитию теоретического мышления и повышению их общего интеллектуального уровня.

Научное знание имеет, как известно, деятельностную природу, обуславливающую деятельностный подход в обучении как один из важнейших факторов, влияющих на действенность системы обучения в целом. Поэтому процесс обучения необходимо приблизить к логике научных исследований и обучить обобщённым методам познания окружающего мира, в том числе – **методу моделирования**.

Метод моделирования следует особо выделить среди множества научных методов исследования, как метод, широко применяемый в настоящее время во всех научных областях. Моделирование как метод научного познания, рождённый естествознанием и опирающийся на со-

временный математический аппарат, даёт существенный вклад в развитие современной науки.

Метод моделирования и виды моделей, используемые в различных науках, многообразны. Существуют модели, близкие по структуре и применяемые в различных научных областях (например, математические модели, основанные на дифференциальных уравнениях). Другие модели существенно отличаются друг от друга и характерны для конкретной науки (например, топографические модели).

Таким образом, проблема моделирования не может не обсуждаться в журнале «Физика в школе». В статьях, опубликованных в нем, отражены самые разные её аспекты. Ряд статей посвящён рассмотрению уроков как способа развития умений моделирования. Так в статье авторов К. Р. Глазковой и С. А. Живодробовой¹ приведена цитата Антуана де Сент-Экзюпери из эссе «Цитадель»²: «Не снабжайте детей готовыми формулами, формулы – пустота, обогатите их образами и картинками, на которых видны связующие нити. Не отягощайте детей мёртвым грузом фактов, обучите их приёмам и способам, которые помогут им постигать. Не судите о способностях по лёгкости усвоения. Успешнее и дальше идёт тот, кто мучительно преодолевает себя и препятствия. Любовь к познанию – вот главное мерило».

Следуя этому принципу, авторы разработали серию уроков-исследований, на которых обучающимся представляется возможным получить начальные практические умения в обращении с экспериментальной установкой, почувствовать «вкус» исследовательской работы. Благодаря введению такой формы работы, авторам удаётся включить в поиски решения той или иной задачи одновременно весь класс, пробудить у обучающихся интерес к экспериментальной деятельности. На уроках-исследованиях у обучающихся формируются навыки моделирования природных явлений и процессов, а также они получают представление о проектировании этапов исследования.

Развитие компьютерных технологий предоставило учителю ещё один мощный инструмент, требующий разработки новых методик. Результатом этого стал ряд статей, в которых авторы описывают возможности компьютерно-математических моделей как метода исследования. Так в статье И. А. Анцупова³ даны общие подходы к применению этого инструмента в экспериментальных исследованиях. Г. Л. Абдулгалимов с коллегами предлагает для создания компьютерно-математических моделей использовать различные программные продукты (в программу

¹Глазкова К. Р., Живодробова С. А. Возможности уроков-исследований для развития умений моделирования // Физика в школе. – 2008. – № 5. – С. 31.

²Сент-Экзюпери А. Сочинения в 3-х томах: Т. 2. – Изд-во «Полярис», 1997. – С. 107.

³Анцупов И. А. Компьютерное моделирование как метод исследования // Физика в школе. – 2008. – № 2. – С. 29.

«Anylogic»¹, систему Comsol Multiphysics², среду LabView³). Авторы А. Б. Морозов и А. А. Морозов⁴ предлагают использовать программную среду LabView для создания виртуальных приборов. Во многих случаях такая компьютерно-математическая модель бывает очень полезной, так как не всегда учебный эксперимент можно обеспечить необходимым оборудованием. Возможность создания прибора с любыми характеристиками, необходимыми экспериментатору, существенно расширяют границы проектных ученических исследований.

С. А. Живодрובה⁵, Л. А. Ларченкова и В. О. Шурухин⁶ рассматривают возможности метода моделирования для решения задач. Особый интерес представляет статья В. Б. Коробова и М. К. Есеева⁷, в которой авторы анализируют содержание задач, часто встречающихся в школьных задачниках по физике, и указывают на возможность введения в их содержание элементов других дисциплин (например, географии). Сам факт создания межпредметных заданий и задач не является новым, однако авторы указывают на ошибки, которые возникают в результате создания не очень точных моделей. В статье приведена задача о плавлении льда и дано сравнение особенностей этого процесса для пресной и солёной воды. Авторы, будучи специалистами в области исследования Арктики, уточняют и дополняют модель процесса, исследуемого в задаче.

Интересный подход по освоению метода обратного моделирования описан в статье К. А. Попова⁸.

У авторов журнала «Физика в школе» по-прежнему популярна тематика, связанная с созданием и исследованием моделей различных устройств. Н. И. Шефер^{9, 10} предлагает сконструировать и испытать мо-

¹Абдулгалимов Г. Л., Калугин А. И., Косино О. А. Изучение пружинного маятника средствами компьютерного моделирования в программе «Anylogic» // Физика в школе. – 2018. – № 5. – С. 45.

²Абдулгалимов Г. Л., Калугин А. И., Косино О. А. Моделирование физического маятника в системе Comsol Multiphysics // Физика в школе. – 2019. – № 2. – С. 53.

³Абдулгалимов Г. Л., Холмогорова Е. Г., Еременко Н. О. Программирование в среде LabView виртуального прибора для исследования термистора // Физика в школе. – 2019. – № 5. – С. 30.

⁴Морозов А. Б., Морозов А. А. Виртуальный прибор – это всегда уместно // Физика в школе. – 2012. – № 1. – С. 47.

⁵Живодрובה С. А. Построение иерархии математических моделей при обучении решению физических задач // Физика в школе. – 2009. – № 8.

⁶Ларченкова Л. А., Шурухин В. О. Обучение учащихся элементам моделирования в ходе решения задач на электрические схемы с конденсаторами // Физика в школе. – 2016. – № 3. – С. 48.

⁷Коробов В. Б., Есеев М. К. География в задачах физики // Физика в школе. – 2017. – № 8. – С. 33.

⁸Попов К. А. Об использовании метода обратного моделирования в процессе решения задач по физике // Физика в школе. – 2019. – № 1. – С. 33.

⁹Шефер Н. И. Конструирование и испытание модели электромагнитной пушки // Физика в Школе. – 2008. – № 8.

¹⁰Шефер Н. И. Изготовление моделей автоматических устройств на основе стартера лампы дневного света // Физика в школе. – 2011. – № 2. – С. 44.

дель электромагнитной пушки, модели автоматического устройства на основе стартера лампы дневного света, С. И. Официн¹ и С. Н. Орлов исследуют модель усилителя мощности на интегральных схемах, а В. В. Николаев² модель генератора стоячей волны.

По-прежнему большое внимание уделяется моделированию и исследованию самых разных явлений и процессов. Причём, эти модели бывают созданы из самых простых материалов и исследуются наглядными и доступными для обучающихся способами. Примерами таких статей являются работы О. П. Мардановой³, Г. Г. Никифорова⁴, Е. Б. Петровой⁵, В. Л. Рыппо с соавторами⁶. Нельзя не отметить статьи В. В. Майера и Е. И. Вараксиной^{7, 8, 9}, в которых описаны, как правило, несложные для изготовления, но чрезвычайно наглядные модели различных физических процессов и явлений.

Отдельный интерес представляют статьи по моделированию самого учебного процесса. Модели позволяют не только совершенствовать традиционные формы занятий, но и создавать новые. Об этом можно прочесть в статьях М. С. Атаманской¹⁰, И. В. Гребенева¹¹, Н. И. Одинцовой¹² с соавторами, В. В. Кудрявцева¹³.

¹Официн С. И., Орлов С. Н. Модель усилителя мощности на интегральной схеме // Физика в школе. – 2008. – № 4. – С. 54.

²Николаев В. В. Модель генератора поперечной стоячей волны // Физика в школе. – 2009. – № 3. – С. 46.

³Марданова О. П. Учебные модели из подручных материалов // Физика в школе. – 2009. – № 5. – с. 53.

⁴Никифоров Г. Г. От измерения шариков к измерению атомов (Работа: измерение размеров малых тел) // Физика в школе. – 2018. – № 8.

⁵Петрова Е. Б. Исследование дефектов зрения // Физика в школе. – 2008. – № 3. – С. 53.

⁶Рыппо В. Л., Усатов И. И., Рудковская В. И. От физических демонстраций к реальным конструкциям и технологиям // Физика в школе. – 2018. – № 1. – С. 47.

⁷Майер В. В., Вараксина Е. И., Демьянова О. Н. Повышение интереса к физике при изучении математического маятника // Физика в школе. – 2009. – № 3. – С. 36.

⁸Майер В. В., Вараксина Е. И., Наговицына Е. А. Дидактический ресурс ученического проекта: исследование свободного движения тела в поле тяжести Земли // Физика в школе. – 2015. – № 1. – С. 30.

⁹Майер В. В., Вараксина Е. И. Дидактический ресурс ученического проекта: демонстрация передачи электроэнергии на расстояние // Физика в школе. – 2017. – № 8. – С. 3.

¹⁰Атаманская М. С. Модель совместного чтения: конструирование учебного текста в процессе решения задач // Физика в школе. – 2013. – № 4. – С. 15.

¹¹Гребенев И. В. О предмете и метапредметности. Научные основы моделирования учебного процесса // Физика в школе. – 2013. – № 2. – С. 21.

¹²Одинцова Н. И., Старцева Е. В., Беляева Ж. В. Естественнонаучные проекты: система работы «преподаватель–магистрант–учитель–ученик» // Физика в школе. – 2012. – № 3. – С. 9.

¹³Кудрявцев В. В., Орлов В. А., Михайлишина Г. Ф. Модель методической системы изучения элективных курсов по современной физике в профильной школе // Физика в школе. – 2011. – № 6.

Полезными являются также публикации об использовании метода моделирования при проведении лабораторных¹ и факультативных занятий², элективных курсов, учебно-исследовательской деятельности.

Как было указано выше, моделирование – универсальный метод естествознания, поэтому для наших читателей интересны и публикации с описанием моделей и других естественнонаучных дисциплин (особенно астрономии, так как её преподавание также является задачей учителя физики). Поэтому обратим внимание и на использование метода моделирования в астрономии. Например, интересны публикации О. В. Лебедевой и С. М. Пономарева³, Ю. В. Казаковой⁴.

Тема моделирования неисчерпаема. Приведённые выше материалы – это лишь малая часть из того, что было опубликовано в журнале «Физика в школе» за годы его существования.

Редакция журнала и впредь будет знакомить своих читателей с передовым педагогическим и методическим опытом. Будем рады, если и вам захочется поделиться с коллегами своими достижениями на страницах нашего журнала.

Литература

1. Королев М. Ю. Моделирование как метод научного познания: Монография. – М., 2010.
2. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования. ПРИКАЗ от 6 октября 2009 г. № 413.
3. Королев М. Ю. Общонаучные аспекты метода моделирования // Школа будущего. – 2011. – № 4. – С. 13–21.
4. Штофф В.А. Роль моделей в познании. – Л.: ЛГУ, 1963. – 128 с.
5. Уемов А. И. Логические основы метода моделирования. – М.: Мысль, 1971. – 311 с.

¹Галкина Т. А., Петрова Е. Б. Новые возможности лабораторной работы «Определение удельного сопротивления проводника» // Физика в школе. – 2012. – № 1. – С. 65.

²Гордон Г. В. Использование компьютерных моделей при проведении факультативных занятий по физике // Физика в школе. – 2011. – № 1. – С. 12.

³Пономарев С. М., Лебедева О. В. Учебно-исследовательская деятельность школьников в области астрономии // Физика в школе. – 2018. – № 7. – С. 52.

⁴Казакова Ю. В. Проект «Искусственная Луна» // Физика в школе. – 2019. – № 2. – С. 63.

II. МОДЕЛИ В МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ КАК НАУКЕ

Я. Д. Лебедев

Вологда

К ВОПРОСУ О МОДЕЛИРОВАНИИ В КУРСЕ ФИЗИКИ

В статье рассматриваются принципиальные вопросы процесса моделирования при изучении физики в школе и вузе. Фактически показывается фундаментальный характер деятельности моделирования в познании и обучении.

Ключевые слова: познание, моделирование, модели, границы применимости моделей.

Об основах, порождающих модели познания. В работах Л. С. Выгодского находим мысли: «Слова являются с самого начала... как бы выходами, установленными на его, обучаемого ребёнка, пути для приобретения им опыта. Заметим, ...слово играет центральную роль в сознании в целом, но не в его отдельных функциях. Иными словами, ...мышление и речь – ключ к пониманию сознания человека обучающегося» [1, с. 678; 509].

Не противоречат этим утверждениям и исследования В. С. Рамачандран. В частности, он пишет: «Язык не является специальным механизмом, основанным на мозговых модулях. ... Наоборот, язык представляет собой частную реализацию более общего механизма, который развился ранее для других причин, а именно – мышления. Обратим внимание ...Язык произошёл из *системы* (мышление – авт.), которая дала нашим предкам более сложный способ мысленно представлять мир, способ представлять самих себя внутри этого представления. С этой точки зрения мышление – механизм, который изначально развился для одной цели, а затем дал возможность развиваться чему-то совершенно другому, а именно, – языку. Таким образом, ...природа и воспитание дополняют друг друга. А именно, ...гены задают эмоциональные и корковые мозговые сети лишь до определённой степени, а затем уступают место окружению, которое формирует мозг человека дальше, образуя его как индивида» [2, с. 196, 198; с. 256]. Итак, человеческий мозг, получив почти современные размеры и, возможно, современные мыслительные способности около 300 тысяч лет назад, всё-таки приобрёл исключительно человеческие черты лишь 75 тысяч лет назад [2, с. 141].

Естественно допустить, моделирование в курсе физики основано на нейрофизиологическом субстрате, отвечающем за поступление зрительной, слуховой, тактильной информации извне, и её обработку. Слуховой канал, обеспечивающий речевое общение, основан на языке. Способность усваивать законы языка у человека врождённая. Тем не менее, воздействие языка необходимо, чтобы овладеть реальными законами языка. Почему? На трёх различных аспектах языка – слова (лексика); значение (семантика); синтаксис (грамматика) – специализируются различные части мозга [2, с. 193].

О проблеме выбора модели познания в учебном процессе.

То, что наука на данном этапе становится производительной силой, а среди естественных наук физика занимает центральное место, – общеизвестно. Поэтому освоение физики важнейший элемент духовной культуры человека, фундамент его естественнонаучного мировоззрения. Поскольку математика – язык науки, а полное рассмотрение любого явления природы средствами математики невозможно, в физике принято иметь дело не с материальными объектами, а с идеализированными моделями этих объектов [3]. Физическая модель материального объекта отражает свойства реального объекта, процесса без деталей, не существенных для наблюдаемой закономерности, но с сохранением её характерных свойств. Поэтому в разных условиях с одним и тем же объектом, процессом сопоставляются различные модели. Таким образом, **история физики – это история перехода в описании реальности от простых моделей к более сложным и многообразным моделям.** При этом более простые модели не отбрасываются полностью, а сохраняют свою ценность. Поэтому по методу исследования физика – наука о моделях. Они просты для математического описания и реальны, чтобы особенности этих моделей можно было воспроизвести в лаборатории с достаточной степенью точности. Убедимся в этом на уравнении Ван-Дер-Ваальса. Известно, с повышением давления и уменьшением температуры *реального газа* малой плотности наблюдаются значительные отклонения от уравнения состояния для идеального газа $pV = (m/\mu)RT$. Естественно предположить, что причины отступления характеристик реального газа от характеристик идеального газа обусловлены простотой модели последнего, где наиболее подходящей является модель частицы, *материальной точки*, поскольку её состояние фиксируется всего лишь двумя независимыми параметрами – массой и сортностью вещества, определяющими все остальные характеристики.

О природе становления процесса моделирования. Любая наука, и физика не исключение, в своей исторической генеалогии развивается в последовательности накопления знаний о реальности. И здесь обозначенный в названии вопрос неплохо коррелирует с категориями (понятиями) современного знания о живой материи. Поскольку жизнь – процесс развития и усложнения биосистем (человека подрастающего), биосферы в целом, это и представляет собой эволюционный процесс [4]. Естественно, это относится и к эволюции развития обозначенного уравнения идеального газа, формирующегося и материализующегося в процессе понимания реальности познающим субъектом.

Действительно, деятельность по отражению реальности, или научная деятельность, прежде всего, проявляется в концептуальном аппарате науки. В 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 ре-

альности. Поскольку построение образа окружающей действительности и его математическое описание требуют выполнения определённых действий, то 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 математическое описание для идеального газа здесь наиболее подходящее и даёт надежду на уточнение обозначенного уравнения.

Логико-методологическая природа модели материальной точки. Материальная точка – это идеальное образование что-то обозначающее и, несомненно, – *понятие*. Оно «живёт» в мире понятий и через них проявляется. Понимание понятия *материальной точки* начинается при наблюдении простейших движений объектов действительности и, как следует из предыдущих рассуждений, типично при изучении уравнения Ван-Дер-Ваальса. Иначе, движущимся объектам (атомам) непроизвольно, ещё неосознанно ставится в соответствие модель *частицы, материальной точки*. Почему? Не принимается во внимание размер молекул; рассматривается одноатомный газ из нейтральных атомов малой плотности (*слово, рассуждения*); расстояние между атомами значительно превышает размеры частиц; на эффективное расстояние взаимодействия одновременно сближается не более двух атомов, учитываются только парные взаимодействия атомов; пренебрегается взаимодействием трёх и более атомов одновременно; внутренним движением в атомах (молекулах) также пренебрегается (*образ*). В такой системе возможен переход от учёта кулоновских сил к *нефундаментальным* межатомным силам взаимодействия (*символ*). Теоретические расчёты ведут к выражению для энергии (*продукт*).

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 в процедуре 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*. Уместно заметить, результатом рассуждений (*знак/символ*) и размышлений обучаемого (*предмет/образ*) на уровне микромира устанавливаются взаимосвязи между нейронами, что ведёт к формированию следов памяти [1, 2], а исследования по движению потоков информационных сигналов по иерархически организованным сенсорным зонам [7] этому не противоречат. На уровне макромира слово (*знак*) уже выступает как часть объекта. Здесь слово существует вне связи с другими словами, оно не входит в знаковую систему, но принадлежит только объ-

екту (вещи). Таким образом, методологическая природа построения такой модели объекта-тела связана с задачей описания движения с опорой на систему отсчёта, например, 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 [8]. Продуктивность такого подхода была выяснена Декартом при конструировании системы отсчёта как самой по себе некой модели для описания движений.

«Жизнь» и функционирование материальной точки. Обратимся к первому аспекту, обозначенному выше. 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 потребует 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» [3], а анализ *движения материальной точки*, частицы, 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 [3] 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. 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 материальный объект, моделируемый *материальной точкой*, характеристики состояния которого изменяются со временем. Другой – все остальные, существенно коллективные материальные объекты, создающие неизменное внешнее воздействие и являющиеся объектом исследования. 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 заключение заметим, если в механике как макротeorии 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 характеристик 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 применять и результат хороший – её применяют, если нет – изменяют, отбрасывают, заменяют, дополняют и т. д.

Типичная пограничная ситуация: 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. Необходима более сложная модель, например, система материальных точек.

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

В заключение уместно заметить, в специальной теории относительности объект моделируется материальной *точкой* – *бесструктурным объектом*, 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» – объекту, которым тестируется пространство-время. Подобного рода бесструктурные объекты могут проявляться и в электродинамике.

Литература

1. Выгодский Л. С. Психология. – М.: Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2000. – 1008 с.
2. Рамачандран В. С. Мозг рассказывает. Что делает нас людьми. – М.: Карьера Пресс, 2012. – 422 с.
3. Суханов А. Д. Фундаментальный курс физики. Учеб. пособие для вузов. В 4-х т. Т. 1. Корпускулярная физика. – М.: Агар, 1996. – 536 с.
4. Яшин А. А. Живая материя: Физика живого и эволюционных процессов. – М.: Изд-во ЛКИ, 2007. – 264 с.
5. Лебедев Я. Д., Сауров Ю. А. Методические и методологические идеи конструирования учебного пособия по физике для студентов // East European Scientific Journal. – 2016. – № 9. – Ч. 3. – 99–105.
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. Хокинс Дж., Блейкли С. Об интеллекте. – М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2007. – 240 с.
8. Мултановский В. В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. – М.: Просвещение, 1977. – 168 с.

С. М. Андрюшечкин
МОДЕЛЬ ДИДАКТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ «ФИЗИКА – 7–9»

Указаны базовые идеи теоретической концепции системы дидактических средств проблемного обучения, рассмотрены результаты моделирования, позволившие определить требования к предметному наполнению методических и учебных пособий – элементов комплекса.

Ключевые слова: проблемное обучение, дидактический комплекс, модель комплекса.

Уже более двадцати лет тому назад известный педагог В. Г. Разумовский указывал, что «в результате обучения школьники должны в первую очередь: приобрести навыки решения проблем коммуникации ... и моделирования...; понимать и усвоить понятия, теории, принципы и практические применения науки; стать уверенными и ответственными гражданами в быстро меняющемся мире» [3, с. 62–63]. Эта точка зрения в полной мере соответствует требованиям современного федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования, в основу которого положен системно-деятельностный подход и идеи личностно ориентированного развивающего образования, когда «учебный материал выступает уже не как самоцель, а как средство и инструмент, создающие условия для полноценного проявления и развития личностных качеств субъектов образовательного процесса» [2, с. 1].

Одним из средств, позволяющим оптимальным образом достигнуть цели личностно ориентированного образования, является проблемное обучение, когда в процессе разрешения учебной проблемы учеником создаётся субъективно новый продукт умственной и (или) практической деятельности. Такая особо значимая роль проблемного обучения обусловлена тем, что оно соответствует объективным законам психического развития. При этом первоочерёдное значение имеет закон, который «включает в себя представление о базисной роли во всех областях развития процессов дифференциации и непрерывно связанных с ними интеграционных процессов» [5, с. 15]. Известный психолог Н. И. Чуприкова подчёркивает, что «всякое развитие есть развитие некоторой исходной «примитивной» целостности и идёт в направлении от общего к частному, от целого к частям, от состояний и форм глобально-целостных к состояниям и формам всё более внутренне дифференцированным и иерархически упорядоченным» [4, с. 9].

При применении проблемного обучения учебный процесс как раз и разворачивается в логике теории умственного развития: постановка проблемы, анализ, а затем синтез нового знания, что полностью соответствует принципу системной дифференциации.

Проблемное обучение наиболее эффективно, если оно охватывает все стороны многогранной деятельности учителя. Это делает актуальной

задачу разработки соответствующего дидактического инструментария системного характера, «заточенного» под проблемное обучение.

Первоначальным этапом разработки системы дидактических средств проблемного обучения является, безусловно, этап теоретического осмысления принципов создания таких средств. В основу разработанной нами теоретической концепции положен следующий постулат: реализация развивающего образования на основе проблемного обучения требует создания специального комплекса дидактических средств. При этом, по нашему мнению, дидактический комплекс должен базироваться на следующих идеях: идее системности дидактического комплекса, идее технологичности обучения, идее нравственного и умственного развития ученика средствами учебного предмета.

При разработке теоретической концепции каждая из идей конкретизирована в совокупность принципов, а именно:

1) идея системности дидактического комплекса:

- принцип единой образовательной цели,
- принцип взаимосвязанных дидактических модулей,
- принцип взаимодействия с определённой образовательной системой,
- принцип ранжирования элементов системы дидактических средств;

2) идея технологичности обучения:

- принцип педагогического проектирования образовательного процесса и планирования деятельности учителя,
- принцип реализации личностно ориентированного образовательного процесса,
- принцип обратной связи;

3) идея нравственного и умственного развития ученика средствами учебного предмета:

- принцип личностного роста ученика,
- принцип формирования регулятивных универсальных учебных действий (УУД),
- принцип формирования познавательных УУД,
- принцип формирования коммуникативных УУД [1, с. 24–88].

Вслед за В. А. Штоффом примем следующее определение: модель – это «мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что её изучение даёт нам новую информацию об этом объекте» [6, с. 19]. Проведя моделирование, мы установили, что идея системности дидактического комплекса находит своё отражение в концептуально-нормативном блоке, содержащем модуль системности и модуль открытости; идея технологичности обучения – в информационно-технологическом блоке, который включает организационный модуль, модуль базовой информации, модуль контроля, модуль формирования повышенного уровня компетентности учащихся. Идея же нравст-

венного и умственного развития ученика средствами учебного предмета учтена в принципах построения и содержании отдельных дидактических пособий – элементах модулей.

В случае дидактического комплекса, предназначенного для обеспечения проблемного обучения в рамках курса физики основной школы, отдельные модули содержат следующие элементы:

1.1. Модуль системности:

– *концепция* Образовательной системы «Школа 2100» (базируется на государственно общественном характере образования, на развивающей парадигме, на принципах «педагогике здравого смысла»),

– *авторская программа* по учебному предмету (при разработке программы были соблюдены следующие принципы: содержание учебного материала программы должно соответствовать требованиям стандарта образования; планируемый программой уровень предъявления учебного материала должен соответствовать бюджету учебного времени, отводимого на его усвоение стандартом образования, возрастным особенностям учащихся, их математической подготовке и познавательным возможностям; содержание и структура программы должны позволять организовать ориентированное на личность развивающее обучение).

1.2. Модуль открытости:

– *сайт* Образовательной системы «Школа 2100»,

– *электронные формы учебников.*

2.1. Организационный модуль:

– *методические пособия для учителя* (принципы построения методических пособий следующие: в пособиях должна быть изложена концепция Образовательной системы «Школа 2100» как методологическая основа построения личностно ориентированного образования; пособия должны знакомить учителя с основными понятиями теории проблемного обучения, организацией контроля и самоконтроля предметных знаний, факультативных занятий и внеурочной работы по предмету; в пособиях должны быть приведены примеры возможной реализации проблемного обучения в соответствии с принятым поурочным планированием; должны быть приведены материалы справочного и вспомогательного характера, в первую очередь связанные с организацией демонстрационного эксперимента);

– *тематические тетради* (построены на следующих принципах: в тетрадях должно быть приведено планирование учебной работы и домашнее задание к каждому уроку в соответствии с принципом минимакса; тематические тетради должны содержать сведения о формах и уровне текущего и тематического контроля знаний по предмету; в структуре и содержании тетрадей должны быть предусмотрены возможности систематизации и обобщения предметного материала).

2.2. Модуль базовой информации:

– *учебники физики* (разработаны в соответствии со следующими принципами: методологический учёт принципов и технологий образо-

вательной системы «Школа 2100», должны иметь развёрнутый аппарат усвоения знаний; в структуре и содержании учебников учтено, что они являются не изолированными дидактическими пособиями, а ядром дидактического комплекса);

– *сборники многовариантных задач* (требования, предъявляемые к сборникам: тематика задач, порядок их следования определяются основными элементами дидактического комплекса – программой, учебниками, методическими пособиями для учителя; решение задач из сборника позволяет проверить усвоение учеником только базовых понятий курса физики; многовариантность задач при условии их одинаковой сложности).

2.3. Модуль контроля:

– *материалы для проведения текущего контроля* – примерные варианты самостоятельных работ в тематических тетрадах, самостоятельные работы в сборниках самостоятельных и контрольных работ (требования к материалам для проведения текущего контроля: возможность осуществления учеником самоконтроля и самооценки успешности текущей учебной работы; согласованность содержания дидактических материалов для проведения текущего контроля с другими элементами дидактического комплекса; количество вариантов дидактических материалов должно обеспечивать объективность текущего контроля и самостоятельность учеников при его проведении при условии одинакового уровня сложности всех вариантов);

– *материалы для проведения тематического контроля* – примерные варианты тестов и контрольных работ, материалы к зачётам в тематических тетрадах, варианты контрольных работ из сборников самостоятельных и контрольных работ (требования к материалам для проведения тематического контроля: возможность использовать различные формы тематического контроля; возможность осуществления учеником самоконтроля и самооценки успешности усвоения им определённого раздела школьного курса физики; согласованность содержания дидактических материалов для проведения тематического контроля с другими элементами дидактического комплекса; количество вариантов дидактических материалов должно обеспечивать объективность тематического контроля и самостоятельность учеников при его проведении, варианты контрольно-измерительных материалов должны быть дифференцированы по уровню сложности).

2.4. Модуль формирования повышенного уровня компетентности учащихся:

– *пособия для факультативных занятий* (подготовлены с учётом принципа углубления, принципа продуктивной деятельности, принципа опоры на метод научного познания);

– *книги для дополнительного чтения* (при подготовке этих элементов автор-составитель исходил из следующих требований: порядок следования материала в книге для дополнительного чтения должен со-

ответствовать учебной программе, а его содержание не должно дублировать содержание учебника физики; материал должен быть доступен и интересен ученикам; в книгу для чтения должны быть включены продуктивные занятия, способствующие достижению личностных и метапредметных результатов освоения основной образовательной программы основного общего образования).

В ходе проведённой автором экспериментально-опытной работы комплекс проблемного обучения «Физика – 7–9» показал высокую дидактическую эффективность и перечисленные выше элементы комплекса (дидактические пособия) получили одобрение со стороны учителей физики, применяющих их в своей работе.

Литература

1. Андрияшечкин С. М. Дидактический комплекс проблемного обучения: теория, модель, практическая реализация: монография. – М.: Баласс, 2018. – 151 с.
2. Бунеев Р. Н. Личностно ориентированное образование // Начальная школа плюс До и После. – 2003. – № 2. – С. 1–2.
3. Разумовский В. Г. Физика: международный бакалавриат для средних классов // Физика в школе. – 1997. – № 1. – С. 62–66.
4. Чуприкова Н. И. Всеобщий универсальный дифференционно-интеграционный закон развития как основа междисциплинарной парадигмальной теории развития // Доклады участников конференции. Теория развития: дифференционно-интеграционная парадигма /сост. Н. И. Чуприкова. – М.: Языки славянских культур, 2009. – С. 7–16 с.
5. Чуприкова Н. И. Психология умственного развития: Принцип дифференциации. – М.: АО «Столетие», 1997. – 480 с.
6. Штофф В. А. Моделирование и философия. – М.–Л.: Наука, 1966. – 147 с.

В. А. Савош

Волынский институт последипломного педагогического образования, Украина

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ СРЕДСТВАМИ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Содержательный контент педагогических условий определён с учётом трактовки феномена «моделирование» как метода научного познания, как средства организации самостоятельной познавательной деятельности старшеклассников и как вида познавательной деятельности, которая направлена на построение учебной модели и её изучение.

Ключевые слова: самостоятельная познавательная деятельность, готовность учителей физики, педагогические условия, средства моделирования.

Ориентированность старшеклассников на самостоятельную познавательную деятельность и её практическое осуществление коррелируется как с желанием педагогов организовывать таким образом деятельность учащихся, так и с осведомлённостью учителей с процессом организации этого вида деятельности в старшей школе и видами моделирования, которые способствуют результативной самостоятельной познавательной деятельности учащихся.

Моделирование – это замена изучения явления в натуре изучением аналогичного явления на модели, которая выступает как «мысленная или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна заменить его так, что её изучение приводит к получению новой информации об объекте» [1].

Процесс использования учителями физики моделирования как средства организации самостоятельной познавательной деятельности старшеклассников должен осуществляться с соблюдением ряда **педагогических условий**.

Первое педагогическое условие: *формулирование цели организации самостоятельной познавательной деятельности старшеклассников средствами моделирования согласно социальному заказу и с учётом личностного смысла активности каждого участника деятельности.*

Социальным заказом на образованность подрастающего поколения предусмотрено выстраивание образовательной практики с учётом компетентностного подхода. К ведущим идеям этого подхода можно отнести как актуализацию проблемы внесения личностного смысла в образовательном процессе, так и содействие её разрешения путём признания результатов образования, имеющих значимость в самой системе, а также за её пределами, то есть в повседневной жизни.

Второе педагогическое условие: *полимотивированность к осуществлению моделирования на уроке, на уроке с продолжением во внеурочное время, во внеурочное время с презентацией на уроке, во внеурочное время с последующим участием в интеллектуальных соревнованиях государственного и международного уровней.*

Исходя из того, что понятием «мотивация» обозначается совокупность побудительных факторов, которые определяют активность личности, акцентируем внимание на том, что в подавляющем большинстве случаев мотивы педагогов определяют мотивы учащихся, т. е. вызывают негативное, нейтральное или положительное отношение к осуществлению самостоятельной познавательной деятельности средствами моделирования. В данной статье обращено внимание на *мотив достижения*, который выражается в стремлении достичь высоких результатов в профессиональной деятельности (относительно педагога) и в самостоятельной познавательной деятельности (относительно старшеклассников). Уровень проявления мотива достижения определяется осознанием личностью желательности будущего успеха, наличием надежды на успех, оценкой вероятности его достижения.

Третье педагогическое условие: *отбор средств моделирования с учётом цели организации самостоятельной познавательной деятельности учащихся и познавательной проблемы, содержанием*

которой определяется способ построения модели и (или) её использования.

Использование различных видов моделирования как средств организации самостоятельной познавательной деятельности предполагает непосредственные действия ученика с учебной моделью. Направленность действий ученика определяется как целью деятельности, так и познавательной проблемой, заблаговременно сформулированной учителем таким образом, чтобы привести к возникновению познавательной проблемной ситуации.

В контексте организации самостоятельной познавательной деятельности старшеклассников средствами моделирования, познавательная проблемная ситуация возникает как осознанное учениками состояние интеллектуального затруднения, преодоление которого требует поиска субъективно новых знаний, умений и способов действий. Основой для возникновения познавательной проблемной ситуации является наличие противоречий между содержанием познавательной проблемной ситуации и готовностью школьников к её решению, что, по С. Рубинштейну, «порождает процесс мышления, направленный на «снятие» противоречий» [2, с.102]. Учитывая сказанное выше, познавательную проблемную ситуацию следует рассматривать как явление объективное и субъективное.

Познавательная проблемная ситуация как субъективное явление, во-первых, возникает только в процессе включения учащихся в деятельность, восприятие и осознание ими проблемы; во-вторых, вызывается осознанием старшеклассником состояния интеллектуального затруднения, преодоление которого требует субъективно новых знаний, умений, навыков, способов деятельности.

Четвёртое педагогическое условие: *целесообразное использование нескольких средств моделирования и установление последовательности их введения при организации самостоятельной познавательной деятельности учащихся.*

Соблюдением этого условия предусматривается установление учителем соответствия между объектом познания и 1) главным ожидаемым результатом деятельности учащихся; 2) обучаемостью школьников; 3) условиями, в которых организовывается самостоятельная познавательная деятельность учащихся; 4) возможностью визуализации объекта познания одним или несколькими средствами моделирования; 5) целесообразностью использования нескольких средств моделирования в целях повышения продуктивности познавательного процесса, оптимального использования интеллектуальных и временных ресурсов при достижении главного ожидаемого результата деятельности учащихся; 6) последовательностью введения различных средств моделирования на основе движения от простого к сложному; 7) синергетическим усилением результатов деятельности учащихся с учётом того, что

суммарная эффективность использования различных средств моделирования значительно выше, чем эффективность одного отдельно взятого (например, физического моделирования или компьютерного).

Целесообразное использование нескольких видов моделирования должно способствовать созданию нового целого дидактического инструментария, введение которого будет служить созданию оптимального варианта результативного и динамического осуществления старшеклассником самостоятельной познавательной деятельности.

Пятое педагогическое условие: *использование моделирования в процессе актуализации знаний старшеклассников, предвидения будущей деятельности, обработки условия задачи (задания), решение задачи (задания).*

Построение учеником модели во время актуализации знаний, с одной стороны, служит выявлению сформированных знаний старшеклассников в процессе самостоятельной познавательной деятельности, а с другой, рассматривается как пропедевтика дальнейшей результативной работы, поскольку вовремя обнаруженные пробелы в знаниях не будут вызывать затруднения в познания новых понятий, логически связанных с актуализированными при построении модели.

Прогнозирование результатов будущей деятельности (то есть моделирование-прогнозирование) осуществляется как поэтапный процесс, включающий в себя визуализацию учеником в модели собственных соображений и гипотез с наступающим проговариванием изображённого. Результативность осуществления моделирования-прогнозирования обоснована психологической теорией межполушарной функциональной асимметрии мозга («относительного доминирования левого и правого полушария») [3, с. 15].

Организация моделирования при *работе с условием задачи (задания)*, то есть моделирование задачной ситуации, осуществляется на основе её абстрагирования и замены идеализированной моделью, для описания которой используются соответствующие уравнения и законы известные ученикам. Такой подход служит осознанной работе с содержанием условия задачи (задания), выделению основных элементов условия (именуемых нами «смысловыми единицами») для построения модели, отображения связей и отношений между смысловыми единицами в модели, предвидения перспективы использования смысловых единиц и установленных связей и отношений при решении задачи или выполнения задания.

Моделированием решения задачи (задания) предусматривается осуществление перекодирования информации условия задачи, которое служит основой фиксирования в модели изменения и развития знакового представления. То есть осуществляется целенаправленная поэтапная многократная переформулировка информационного

контента условия задачи, которая состоит в постоянном согласовании с требованием задачи и приводит к её решению. [4]

Шестое педагогическое условие: *использование модели, построенной учеником, для выявления его готовности к восприятию нового учебного материала, понимания условия задачи (задания) и хода её (его) решения (выполнения).*

Содержание познавательной проблемы, сформулированной учителем, может направлять действия ученика на: 1) припоминания знаний по определённой учебной теме и отражения их в модели (I вариант); 2) работу с содержанием условия задачи (задания) и оформление её (его) в виде модели (II вариант); 3) обдумывание хода решения задачи или последовательности выполнения задания (III вариант). Самостоятельно созданная учеником модель используется учителем физики как средство выяснения готовности ученика к восприятию нового материала (I вариант), как свидетельство понимания (непонимания) им условия задачи (задания) (II вариант) и хода её (его) решения (выполнения) (III вариант).

По нашему убеждению, ***моделирование следует рассматривать и как метод научного познания, и как средство организации самостоятельной познавательной деятельности старшеклассников, и как вид познавательной деятельности учащихся***, которая направлена на построение учебной модели и её изучение. Такая палитра подходов к раскрытию сути моделирования способствовала формулированию нами педагогических условий, а также актуализировала необходимость в их соблюдении, учитывая актуальность организации учителями физики результативной самостоятельной познавательной деятельности старшеклассников средствами моделирования.

Литература

1. Штофф В. А. Моделирование и философия. – М. – Л.; Наука, 1966. – 147 с.
2. Рубинштейн С. Л. Принцип творческой самодеятельности // Вопросы психологии. – 1986. – № 4. – С. 102.
3. Поддьяков А. Н. Исследовательское поведение: стратегия познания, мощь, противодействие, конфликт: монография. – М.: ПЕР СЭ, 2006. – 240 с.
4. Сауров Ю. А. О смыслах моделирования в обучении физике // Модели и моделирование в методике обучения физике: Материалы докладов VI всероссийской научно-теоретической конференции. – Киров: Изд-во ИРО Кировской области, 2013. – С. 49.

О. В. Коршунова

Вятский государственный университет

МЕТОДИЧЕСКАЯ СЕМИОТИКА: ПОНЯТИЕ, ВОЗМОЖНЫЕ ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ

Основной целью статьи является постановка дискуссионного вопроса о становлении новой ветви методического знания – методической семиотики. Определены её признаки, которые возможно рассматривать как сущностные, а также направ-

ления и тенденции возможной трансформации в контексте векторов развития современной педагогики, дидактики, методики физики.

Ключевые слова: семиотика образования, методическая семиотика, школьная физика, методика обучения и воспитания, язык науки, цифровые технологии, информация, знак, знаковая система.

В первых десятилетиях XXI века продолжается процесс взрывоподобного увеличения информации, являющейся, по сути, совокупностью знаковых систем, текстов различной природы. С высокой интенсивностью развиваются цифровые технологии, которые прочно и глубоко вошли и в сферу образования. Сегодня немыслимо проведение учебного занятия по физике без использования компьютерной техники: либо на этапе подготовки, либо на этапе реализации или на этапе анализа учебного занятия учитель обязательно применяет компьютер. Информация и цифровая коммуникация начинают играть в нашей жизни всё более значительную роль. Увеличивается нелинейность и степень неопределённости нашего мира. Новые процессы и тенденции развития цивилизации требуют осмысления проникновения их в сферу образования [8; 12], адекватного реагирования на новые вызовы времени.

Одним из новых направлений развития педагогической науки и образования учёные называют педагогическую семиотику (или семиотику образования), рассматриваемую либо как прикладную часть междисциплинарной научной области – семиотики, либо как вектор развития философии образования. На возможность использования семиотического подхода в педагогике внимание было обращено конце 1970-х (М. Бенс, С. М. Лэмб, Т. Себёк). Сформулированы идеи о том, что именно семиотика является фундаментальной основой для педагогики, так как теория знаков позволяет развивать когнитивные способности учащихся относительно всех сенсорных модальностей и предлагает общую теорию коммуникации, необходимую для методологии образования; что образование попадает в самое ядро семиотики, потому что представляет собой преимущественно обработку информации. Семиотика помогает учащимся сделать это «...при помощи инструментов анализа в обучении различных дисциплин, связанных с вербальными, невербальными или визуальными языками» [20, с. 14].

Исследования в области педагогики и образования с позиций семиотики ведут А. А. Веряев [2], Н. Н. Королева [4], М. А. Лукацкий [5], С. Ю. Полянкина [9], А. Б. Соломоник [14], И. И. Сулима [15; 16] (герменевтика образования) и др. Понятие семиотики образования (англ. *edusemiotics*) появилось сравнительно недавно, благодаря работам таких учёных, как Дж. Дили и М. Данези [20; 21] (сентябрь 2014 г. на 12-м Всемирном Конгрессе Международной ассоциации семиотических исследований в г. София (Болгария)). Семиотика образования приоритетно рассматривает экзистенциальные вопросы значения и смыслов, представляющих особую ценность в образовании, исходит из принципов приоритета процесса образования над результатом; отвержения логики «исключённой середины» (т. е. прямой передачи знаний или навыков от

преподавателя обучающемуся, минуя стадию их интерпретации); холистического подхода к образованию и этики интеграции; непрерывности образования [21]. Данные принципы приветствуют человеческую субъективность в образовании. Позиция семиотики – образование есть процесс непрерывного взаимодействия с различными знаками, которые наполняют жизнь человека, а также умение работать с ними. Привычное мышление и образ мышления постепенно трансформируются. Задача обучающихся – нахождение смысла и значения знаков, а педагогов – создание насыщенной знаковой среды.

Итак, под семиотикой понимается наука о знаках и знаковых системах, исследующая закономерности их строения, означивания смыслов (поиск интерпретант) и определения практической ценности. Соответственно в структуре семиотики выделяют синтактику, семантику, прагматику, дополнительно – герменевтику. *Знак* – основное понятие семиотики, и одновременно – фундаментальная, предельно общая философская категория. В широком смысле знак понимается как материальный объект, которому при определённых условиях (в конкретной знаковой ситуации) соответствует определённое «значение», способное быть чем угодно – реальным или вымышленным объектом, явлением, процессом, абстрактным понятием. Совокупность связанных друг с другом по определённым правилам синтактики различных знаков, несущих некоторый смысл и имеющих практическую пользу для человека, называют языком. Язык служит основой для создания текста определённой природы. У науки «физика» также есть свой «язык», спецификой которого выступает одновременное применение нескольких языков, построенных на различных группах знаков: естественных, функциональных, конвенциональных (или условных) иконических, вербальных (или естественных языков) и знаковых систем записи.

Методика физики как наука, исследующая закономерности учебного познания субъектов различных возрастных групп, оперирует также множеством знаков, различных языков, текстов различной природы. Например, в методике физики возможно выделение некоторых семиотических доминант:

- знаковые системы, лежащие в основе «большой» науки «физики» (физические фундаментальные теории, математический язык выражения их основных законов и принципов);

- знаковые системы, отражающие психолого-педагогическую базу методики физики (знания о процессе обучения, его закономерностях и принципах, дидактической системе и её компонентах, современных технологиях обучения, психологические закономерности учебного познания, педагогического общения как частного случая семиозиса с приоритетом обязательной обратной связи и смены позиций адресата-адресанта – диалоговостью, специфика возрастных особенностей обучающихся и вытекающих из них особенностей учебного познания и общения на разных возрастных этапах и др.);

– знаковые системы, выражающие собственно знание самой методики физики:

– *научоведческие*: методологические системы и проблемы методики физики; модель методической системы, методики обучения-воспитания в процессе усвоения физики как учебного предмета, технологии обучения физике в статусе частнодидактических систем; их структура и взаимосвязи компонентов в структуре; закономерности методики физики как научной отрасли; средства описания методической деятельности; семиотическая сущность профессиональных затруднений учителей физики при работе с методическими моделями и учебными моделями, предназначенными для обучающихся и используемых в процессе обучения предмету, и др.

– *отражающие содержание физического образования*: системы знаков для описания и задания различных физических объектов и явлений, которые должны усваиваться обучающимися в процессе изучения физики и резонируют с требованиями ФГОС; оптимальное описание феномена (модели) современной физической картины мира; системы знаков и текстов, которым отдаётся (и должен отдаваться в связи с тенденциями развития цифровизации жизни) приоритет в современных учебниках по физике, цифровых источниках предметной информации, на учебном и внеучебном занятии по предмету, в дидактических материалах для учащихся [12].

– *отражающие процесс обучения физике*: технологии обучения физике в статусе более конкретных уровней методической деятельности – технологии анализа параграфа учебника физики учителем; технологии решения физической задачи (качественной, расчётной, экспериментальной; технологии постановки демонстрационного эксперимента, лабораторного, фронтального и индивидуальных экспериментов; организации деятельности с виртуальным экспериментом; технологии применения электронных датчиков, телефона, планшета, электронной доски; технологии изучения физического теории, закона, явления (процесса), объекта, измерительного прибора, устройства, физической величины; технология разработки учебной программы по физике; технология разработки учебного занятия, а далее – по этапам урока, самостоятельной работе и др.).

Можно возразить: всё это и ранее было в методике физики и связывание её знания с семиотическими смыслами внесёт только новую терминологию, выражающую уже известные смыслы. Однако это не совсем так: семиотический подход позволит с новых позиций оценить имеющиеся достижения методики физики, более глубоко понять специфику её языка, являющегося, по сути, интегративным, и смыслы как самой методической деятельности, так и образовательной деятельности обучающихся. Например, знание невербальной семиотики может сыграть значительную роль в повышении качества выстраивания педагогического взаимодействия и общения на уроке физики; учёт познаватель-

ного стиля обучающегося учителем позволит создавать более комфортные системы представления предметного знания для усвоения его обучающимися; умение педагога «видеть» структуру, предметные и методические смыслы и значимость учебных текстов для понимания того, какие трудности могут возникнуть у школьников при их освоении, будет способствовать трансформированию форматов их кодирования и представления в наиболее оптимальном виде в соответствии с выявленными обстоятельствами.

Любая модель в методике физике – это комплексный сложный знак, живущий и развивающийся по семиотическим законам. Поэтому познание семиотической сути моделей методики физики для нас представляется также одним из перспективных векторов развития методической отрасли. Сегодня возможно заявлять о том, что настало время становления методической семиотики, которая представляется отраслью методики физики, предметом исследования которой выступает методическая действительность, исследуемая с позиций семиотики и её закономерностей.

Так, в действующем ФГОС ООО [17] и примерных основных программах по физике [11] семиотические умения явно «просвечивают» в формулировках универсальных учебных действий как требованиях к образовательным результатам: умение создавать, применять и преобразовывать знаки и символы, модели и схемы для решения учебных и познавательных задач; умения смыслового чтения; умение работать индивидуально и в группе; развитие ИКТ-компетенции; развитие мотивации к овладению культурой активного пользования словарями и другими поисковыми системами. Содержание ФГОС среднего общего образования (СОО) [18] в контексте обозначения семиотических компонентов по многим позициям развивает положения ФГОС ООО, но акцент на приобретение знаний о семиотике смещён на предметные результаты.

Таким образом, актуальной на сегодняшний день является проблема формирования семиотической компетенции как педагога, так и обучающихся, которая понимается как ядерная, транспрофессиональная ключевая готовность любого человека [7]. Это ключевая междисциплинарная компетентность человека, в которую входят знания, умения, навыки и личностные качества, заключающиеся в понимании знаков и знаковых систем, использовании и применении их в широком спектре задач, умении оперировать их значениями и смыслами, интерпретациями, которые помогают быстро адаптироваться к изменениям в определённой деятельности и ответственно принимать решения [4]. Семиотическая компетентность выполняет функции развития смысловых механизмов восприятия личности (педагога и обучающихся); обнаружения и овладения закономерностями сочетаний и отношений знаков и знаковых систем (для всех субъектов образования); развития семиотических видов деятельности (оперирования значениями и смыслами, примене-

ния правил порождения смыслов, использования знаков и знаковых систем для решения широкого спектра образовательных задач).

Сегодня начата разработка образовательных технологий, прямо ориентированных на развитие семиотических умений обучающихся. Здесь приведём примеры названий некоторых из подобных дидактических систем: технология семиотической дидактики [3]; технология развития информационно-коммуникационной компетентности (ТРИИК) [6; 13]; технология позиционного обучения [1; 19]; технология обучения знаково-схематической деятельности, различные web-квесты, технологии интеллект-карт и др.

В заключение хотелось бы заметить, что высказанные в статье идеи носят дискуссионный характер и требуют глубокой научной дискуссии по обозначенному проблемному полю методической семиотики.

Литература

1. Веракса Н., Шиян И., Шиян О. Методика позиционного обучения студентов // Вісник інституту розвитку дитини. – 2010. – № 12. – С. 109–115.
2. Веряев А. А. Семиотический подход к образованию в информационном обществе: дис. ... д-ра. пед. наук. – Барнаул, 2000. – 367 с.
3. Галактионова, Т. Г. Педагогика текста: опыт семиотического решения: коллективная монография. – СПб, 2013. – 379 с.
4. Гончаров С. А., Гончарова О. М., Королева Н. Н. Семиотическая компетентность в образовании и социуме // Universum: Вестник Герценовского университета. – 2011. – № 8. – С. 75–76.
5. Лукацкий М. А. Педагогическая семиология: контуры становления // Ценности и смыслы. – 2015. – №6 (40). – С. 56–64.
6. Матвеева Т. Е., Сапон С. А., Панфилова Т. Г. Технология развития информационно-интеллектуальной компетентности – современное средство для реализации требований ФГОС в школьном образовании // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2013. – Т. 5. – С. 116–120.
7. Мещеряков В. Б. Педагогические условия формирования семиотической компетентности будущих специалистов социокультурной сферы. – Челябинск, 2005. – 181 с.
8. Осмоловская И. М., Краснова Л. А. Проблема междисциплинарности в исследованиях процесса обучения // Образование и наука. – 2017. – 19(7):9-24. URL: <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2017-7-9-24> (дата обращения: 28.05.2019).
9. Полянкина С. Ю. Семиотический подход к разрешению ключевых противоречий современной системы образования // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. – 2018. – № 41. – С. 64–71.
10. Примерная программа среднего (полного) общего образования. 10-11 классы (Базовый уровень). Физика. – URL: <https://gigabaza.ru/download/88443.html>.
11. Рабочая программа. Физика. 7–9 класс. УМК Перышкина А. В. – URL: <https://rosuchebnik.ru/material/rabochaya-programma-fizika-7-9-klassy-peryshkin/> <https://rosuchebnik.ru/material/rabochaya-programma-fizika-7-9-klassy-peryshkin/> (дата обращения: 25.09.2019).
12. Роберт И. В. Развитие дидактики в условиях реализации возможностей цифровых информационных технологий // Современные Web-технологии в цифровом образовании: значение, возможности, реализация: сб. ст. участников V-й Междунар. науч.-практ. конф. (17-18 мая 2019 г.) / науч. ред. С.В. Миронова, отв. ред. С. В. Напалков. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2019. – С. 27–41.
13. Сергеева Т. И. Внедрение технологии развития информационно-интеллектуальной компетентности (ТРИИК) в образовательный процесс представи-

телей поколения Z // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – Т. 25. – С. 250–252. – URL: <http://e-koncept.ru/2017/770570.htm> (дата обращения 11.04.2018).

14. Соломоник А. Б. Семиотика и её педагогические продолжения // Проблемы современного образования. – 2010. – № 2. – С. 41–49.

15. Сулима И. И. Бытийный статус образования. Герменевтическая концепция: дис. ... д-ра филос. наук. – Н. Новгород, 2004. – 355 с.

16. Сулима И. И. Герменевтика и понимающие подходы в гуманизации образования: дис. ... канд. филос. наук. – Н. Новгород, 1996. – 193 с.

17. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. URL: <https://минобрнауки.рф/документы/938> (дата обращения: 9.02.2019).

18. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования. URL: https://минобрнауки.рф/документы/2365#_ftn1 (дата обращения: 9.02.2019).

19. Чернявская А. П., Байбородов Л. В., Харисова И. Г. Технологии педагогической деятельности. Часть 1. Образовательные технологии: учебное пособие / под общ. ред. А. П. Чернявской, Л. В. Байбородовой. – Ярославль: РИО ГПУ, 2016. – 332 с.

20. Danesi, M. Foreword: Edusemiotics. In I. Semetsky (Ed.), Semiotics education experience. Rotterdam: Sense Publishers. – 2010. – Pp. VII–XI.

21. Deely J., Semetsky I. Semiotics, edusemiotics and the culture of education // Educational Philosophy and Theory. – № 49 (3). – 2016. – Pp. 1–13.

В. Н. Бакулин, М. И. Толмачева

Вятский государственный университет

ПРОБЛЕМА ИЗУЧЕНИЯ ГРАНИЦ ПРИМЕНИМОСТИ МОДЕЛЕЙ В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

Обсуждается модельная природа законов физики, справедливых в тех или иных условиях с определённой точностью. Анализируются причины разных видов ошибок при математическом моделировании физических явлений и при решении задач. Анализируются результаты опроса студентов физиков четырёх курсов по обоснованию критериев выбора и применимости различных моделей.

Ключевые слова: пределы применимости, физические модели, точечные модели, идеальные процессы, математическое моделирование.

Постановка научно-методической проблемы. Чтобы выжить в борьбе за существование при не очень дружественной окружающей среде человек накапливал опыт и передавал его следующим поколениям в виде определённых правил поведения в стереотипных ситуациях, которыми мы пользуемся и сейчас, не осознавая их почти инстинктивной природы. Благодаря речи мы с детства усваиваем этот опыт предыдущих поколений через общение с родителями, сверстниками, через книги и средства массовой информации, а также через сказки, притчи, пословицы и поговорки: без труда не выловишь и рыбку из пруда. За двумя зайцами погонишься – ни одного не поймаешь. Лбом стены не прошибёшь. Не зная броду, не суйся в воду. Не руби сук, на котором сидишь. Нет дыма без огня. Повторение – мать учения. Шила в мешке не утаишь. Яблоко от яблони недалеко падает. Под лежащий камень и вода не течёт. Узок

путь зимою, а жидок – весной. Где снег, там и след. В лесу тень весь день. Не всё то золото, что блестит.

С современной точки зрения мы располагаем в виде пословиц огромным запасом древних качественных моделей явлений природы и правил поведения человека (часто имеющих метафорический смысл), что позволяет нам предвидеть будущее или последствия наших действий.

Появление письменности, математики, совершенствование технологий и измерительных инструментов сопровождаются зарождением науки и формированием первых простых пропорциональных зависимостей. Приведём примеры: где тонко, там и рвётся. Чем дальше в лес, тем больше дров. Тише едешь – дальше будешь. Семь раз отмерь – один раз отрежь. Клин клином вышибают. Куй железо, пока горячо. Вода камень точит. Мороз и железо рвёт, и на лету птицу бьёт.

Современные математические модели явлений природы или работы технических устройств гораздо сложнее таких линейных зависимостей, но основной их задачей остаётся по-прежнему предвидение будущего с той или иной точностью. Критерием пригодности той или иной модели является величина допустимого в каждом конкретном случае отклонения результатов расчётов от потребностей практики.

По Декарту современное состояние Вселенной содержит в себе всю информацию о её прошлом и будущем, но нас интересуют процессы, ограниченные во времени и в пространстве – локальные модели. По выражению Д. И. Менделеева «Модель – поиск конечного в бесконечном». В модель мы включаем только существенные параметры и отбрасываем бесконечное большинство второстепенных для конкретной задачи.

Модели в обучении. Модели могут быть феноменологические и абстрактные; активные и пассивные; статические и динамические; дискретные и непрерывные; детерминированные и стохастические; функциональные и объектные [3]. Для учебного процесса основную роль играют математические модели.

Физика как наука и как учебный предмет имеют дело с законами природы, выведенными и справедливыми в локальном однородном и изотропном (евклидовом) пространстве-времени. Эти законы также являются моделями явлений природы и имеют свои границы применимости.

При решении учебных физических задач, прежде всего, необходимо заменить реальные природные объекты и процессы идеальными и собрать соответствующую им модель, а именно:

1. Выбрать подходящие элементарные модельные объекты из стандартного набора: материальная точка, абсолютно твёрдое тело, невесомая пружина, невесомая нить, нерастяжимая нить, упругая нить, гладкая поверхность, идеальный газ, точечный заряд, абсолютно чёрное тело, точечный источник света и др.

2. Скомбинировать из них систему, отвечающую условиям задачи, и определить процессы взаимодействия между элементами системы: пружинный маятник, математический маятник, физический маятник, отсутствие или наличие сил трения, однородное силовое поле, равномерное движение, равнопеременное движение, абсолютно упругий или абсолютно неупругий удар и др.

3. Разработать соответствующую математическую модель с идеализированными параметрами (малые колебания, независящие от скорости величины коэффициентов сухого или вязкого трения, постоянство температуры и др.) для получения количественных данных и оценить её качество сравнением результатов расчётов с экспериментом, жизненным опытом или, по крайней мере, со здравым смыслом.

В задачах выбор некоторых элементов подходящей модели задаётся обычно самим условием: «трением пренебречь», «массу пружины не учитывать», «два точечных заряда ...» и т. п.

Все модели, как и результаты эксперимента дают количественные результаты в виде: $x = A \pm \Delta A$. В процессе решения задач и в учебном лабораторном практикуме по физике нас удовлетворяет результат с 2–3 значащими цифрами, где ΔA по крайней мере на 1–2 порядка меньше A . Это вполне соответствует классу точности большинства обычных измерительных приборов и обычной житейской практике. Такие же требования мы предъявляем обычно и к качеству моделей. В противном случае это не количественное предсказание, а прогноз (погоды, экономики, результатов выборов, ...).

Как оценить точность ΔA предсказаний выбранной нами модели? Проще всего провести натурный эксперимент и сравнить результаты расчётов с показаниями измерительных приборов (при прямых измерениях). Если они совпадают в пределах точности используемой аппаратуры, то модель принимается. Однако такая проверка возможна далеко не всегда из-за стоимости эксперимента, его опасности, продолжительности или кратковременности, пространственных масштабов и т. п. Остаётся сравнивать модели разного уровня сложности и выбирать оптимальный вариант. Это приемлемо в науке и технике, а в учебном процессе качество модели оценивается интуитивно или на основании опыта и литературных данных.

Следует отметить, что большинство используемых нами в процессе обучения моделей относятся к статическим, равновесным состояниям или к стационарным, установившимся процессам. Важные для практики и понимания физики явлений процессы перехода между ними обычно даже не упоминаются. Это можно понять на первоначальном уровне изучения предмета из-за ограниченности возможностей школьного математического аппарата, но в ВУЗе не стоит пренебрегать возможностями рассмотрения процессов перехода из одного состояния системы в другое, оценками времени релаксации.

Например: что происходит с элементами электрической цепи при замыкании рубильника, почему электрические лампочки накаливания чаще всего перегорают при их включении, за какое время лампочка начинает светить полным накалом и во сколько раз при этом увеличивается её сопротивление?

Равномерное движение – это тоже идеальная модель реального процесса передвижения по дороге пешехода или велосипедиста. Если мы хотим определить реальное время и место их встречи, то нужно учесть огромное количество факторов (помех), которые определяют расхождение расчётных величин и теоретических (смотри интересные примеры в учебном курсе О. И. Мухина [1]).

Модель «равномерное движение» использует понятие средней скорости, и мы спокойно рисуем графики пути равномерного движения из отрезков прямых с изломами, пренебрегая опять же переходными процессами – участками разгона и торможения. Строго говоря, график зависимости пути от времени должен быть гладкой кривой с непрерывной первой производной. Сглаживание мы делаем обычно с помощью парабол или моделей равноускоренного движения, опять же искажая реальные процессы.

О практической важности переходных процессов свидетельствуют толчки, испытываемые нами в транспорте в начале и конце периодов разгона и торможения. Каким должен быть закон движения, чтобы этих толчков не было? Придётся потребовать непрерывности и второй производной зависимости координаты от времени.

Самые большие отступления от реальности мы допускаем при стыковке разных моделей, например, при переходе скатывающегося с наклонной плоскости тела на горизонтальный участок пути с заданными коэффициентами трения. Иногда авторы таких задач что-то говорят о «плавном» переходе с одного участка пути на другой без потери скорости.

Если сгладить излом траектории окружностью, то катаясь с горки, мы будем испытывать перегрузки тем большие, чем меньше радиус закругления. При этом изменение направления вектора скорости под действием направленного к центру импульса силы будет сопровождаться потерей скорости на повороте, если не сделать его идеально гладким.

Факты реальности обучения. К сожалению, обоснованию критериев при выборе модельного объекта и математической модели его поведения, обсуждению границ их применимости при обучении в школе и ВУЗе не уделяется достаточно внимания, а ведь это составляет основу выработки физического мышления и является средством развития критичности мышления учащихся.

Нами был проведён опрос студентов-физиков в октябре 2019 года.

1. Когда тело можно считать материальной точкой?

2. Перечислите основные модели, используемые при решении задач по механике.

3. При каких условиях вместо модели нерастяжимой нити приходится учитывать её упругие свойства?
4. Перечислите основные модели электростатики.
5. Перечислите основные модели, используемые в оптике.
6. При каких условиях не работает закон Гука?
7. Когда нарушается закон Ома?
8. Можно ли считать солнце точечным источником?
9. При каких условиях матовая электрическая лампочка не может считаться точечным источником света

В таблице приведено число «отказов» отвечать на соответствующие вопросы по курсам.

Таблица

Курс	Кол.	Номер вопроса									Сумма
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	20	–	3	14	4	3	3	6	1	13	47
2	15	–	–	10	5	3	8	10	3	11	50
3	13	–	–	7	2	5	7	9	2	9	41
4	7	–	–	2	2	1	3	1	–	2	10
Сумма	55	0	3	33	13	12	21	26	6	35	148

Создаётся впечатление, что большинство студентов не осознают модельного характера естественнонаучных законов. Об этом говорит отсутствие разумных рассуждений и отказ почти половины опрошенных отвечать на шестой и седьмой вопросы. Один из студентов третьего курса на вопрос «Когда нарушается закон Ома?» уверенно отвечает: «Никогда!».

С законом Гука ситуация примерно такая же. Только 4 человека ссылаются на большие деформации, 6 на абсолютно твёрдое тело, 4 на отсутствие пружины, 10 на ненулевые силы. Нет разумных ответов и на третий вопрос об условиях учёта упругих свойств нити.

И если абсолютизация в макромире законов сохранения энергии, импульса, момента импульса и заряда ещё допустимы, то возвеличивание частных линейных моделей, называемых по традиции «Законами», вызывает недоумение.

Что касается модели «материальная точка», то подавляющее большинство студентов считают, что это тело, имеющее массу, но размерами и формой его (в данной задаче) можно пренебречь. Только трое первокурсников отметили, что это возможно при малости размеров тела по сравнению с длиной пройденного пути, а один из них упомянул одинаковость траекторий всех точек тела. Последнее эквивалентно условию плоскопараллельного движения тела [2].

Отсутствие чётких критериев применимости точечных моделей проявилось и при ответах на последние два вопроса. Готовы считать солнце точечным источником света 22 человека и против этого – 27 студентов. Аргументацию приводят только 11 из них: «так как солнце очень большое (или «солнце слишком близко»), нельзя считать его точечным

источником света», если «достаточно далеко» – «можно». С матовой лампочкой ещё сложнее. Только пять человек упоминают отношение размера лампочки и расстояния до неё, в половине случаев выводы противоположные друг другу.

Распределение по курсам среднего количества названных моделей составляет: по механике примерно $5 : 3 : 3 : 2$, по электростатике и оптике $3 : 1 : 1 : 1$, то есть первокурсники перечисляют больше разнообразных моделей, чем старшекурсники, которые отмечают в основном модели текущего раздела курса общей физики.

Можно сделать **вывод**, что в процессе изучения курса общей физики вопросам выбора и обоснования применимости даже простых математических моделей физических явлений уделяется недостаточно внимания, мало решается задач олимпиадного уровня, требующих изобретательности и творчества.

Литература

1. Мухин О. И. Моделирование систем.
URL: <http://stratum.ac.ru/education/textbooks/modelir/lection01.html>.
2. Бакулин В. Н. Математические и компьютерные модели в обучении физике // Модели и моделирование в обучении физике. – Киров, 2016. – С. 50–53.
3. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М.: Физматлит, 2001. – 320 с.

III. МОДЕЛИ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСА ФИЗИКИ

П. Я. Кантор

Вятский государственный университет

М. Н. Втюрина

Вятская государственная сельскохозяйственная академия

ХИМИЯ И ФИЗИКА: ПРОБЛЕМА СОГЛАСОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ АТОМА

Обсуждаются вопросы корректности моделей атома, используемых в физике и в химии. Рассматриваются границы допустимых упрощений при адаптации научных представлений к учебному курсу средней школы.

Ключевые слова: атом, орбиталь, химическая связь, модели.

В школьной и вузовской практике изучения атома сложилась проблемная ситуация, касающаяся интерпретации его строения и свойств в физике и химии. Собственно проблема заключается в том, что изучение этих дисциплин в школе начинается почти одновременно; и в той и в другой фигурирует понятие атома, однако в физике он рассматривается, главным образом, как некоторая вещь себе, а в химии – как наделённый внутренней структурой объект, способный благодаря её наличию соединяться с другими атомами, образуя молекулу; внутренняя структура атома в курсе физике изучается только во втором полугодии 11 класса, причём в очень примитивном варианте. Для существования этой проблемы, по-видимому, есть объективные основания: после того как в начале 30-х гг. XX века трудами, главным образом, В. Гейзенберга, Л. Полинга, В. Гайтлера и Ф. Лондона были заложены основы квантовой химии, изучать химию, даже в школьном варианте, игнорируя атомно-молекулярные представления было бы абсурдно. В этой ситуации у учащихся, которые не только зубрят содержание школьных учебников, но и пытаются проникнуть в суть вещей, возникает риск развития когнитивного диссонанса.

В настоящей статье мы обращаем внимание на те аспекты свойств атома, которые, на наш взгляд, требуют корректировки при изучении в школьном курсе химии. Поскольку атом, являющийся сугубо квантовым объектом, невозможно «подержать в руках», речь идёт о различных интерпретациях моделей атома, рассматриваемых в физике и в химии.

1. В школьном учебнике для углублённого изучения химии читаем: «Он (электрон – авт.) может находиться в любой части окружающего ядро пространства, и совокупность различных положений его рассматривают как *электронное облако* с определённой плотностью отрицательного заряда. Образно это можно представить себе так: если бы удалось каждую сотую или миллионную долю секунды фотографировать положение электрона в атоме, как при фотофинише, то на таких фотографиях электрон был бы представлен в виде точек.» [1, с. 5].

Здесь неверно или бессмысленно всё, кроме первой части первого предложения. По-видимому, авторы здесь, стремясь облегчить понима-

ние вероятностного смысла волновой функции, использовали некоторую вульгаризацию, ибо если речь идёт о стационарном состоянии электрона, то его квантовомеханическое поведение представляет собой совершенно особый тип движения, не имеющий классического аналога, и, стало быть, бессмысленно говорить о том, что в то или иное мгновение или в течение того или иного промежутка времени электрон находится в определённой точке пространства. Что же касается плотности отрицательного электрического заряда, о которой авторы пишут, как о вполне определённой физической величине, то в действительности это не более чем классическая интерпретация выражения $-e|\psi|^2$, возникающего при расчётах атомов или молекул методами самосогласованного поля. Здесь ψ – волновая функция, e – модуль заряда электрона.

2. Важным средством наглядности в химии, особенно органической, является «форма электронного облака» или орбиталь. Следует отметить, что в физике это понятие практически не используется, а в химии чёткого определения этого понятия не даётся. Принято считать, что химическая активность атомов обусловлена перестройкой s - и p -орбиталей. s -орбиталь обычно изображается в виде круга, и обозначение s иногда ассоциируется со словом «сфера». Тогда как в действительности s представляет собой первую букву слова «sharp», означающего резкую серию спектральных линий.

3. Другая нелепость, практикуемая в химии и имеющая отношение к орбиталям, связана с классификацией электронных состояний с помощью четырёх квантовых чисел. Позволим себе ещё раз процитировать вышеупомянутое пособие: «Энергия электрона и размер электронного облака характеризуются **главным квантовым числом n** , которое принимает целочисленные значения: 1, 2, 3, 4,» [1, с. 6]. Далее, на с. 9, приводится утверждение о том, что в основном состоянии атома каждый электрон располагается так, чтобы его энергия была минимальной; сразу после него следует правило Клечковского, согласно которому оказывается, что энергия определяется всё-таки суммой $n + l$, где l – орбитальное или по химической терминологии побочное квантовое число. Возникает вопрос: чему верить?

4. Приходится с сожалением констатировать, что из учебника в учебник кочует ошибка, связанная с интерпретацией геометрии p -орбиталей ($l = 1$) и физическим смыслом магнитного квантового числа m . Это число было введено в физический обиход предположительно А. Зоммерфельдом в 1916 г. для интерпретации (в рамках квантовой теории) эффекта Зеемана. В строгой квантовой теории это число приобрело более определённый смысл: оно выражает факт жёсткого квантования проекции момента импульса микрочастицы (электрона) на выделенную ось, под которой обычно понимается ось z : $L_z = m\hbar$. В учебниках же химии число m связывается с ориентацией гантелеобразного электронного облака: $m = 1$ соответствует «гантели», вытянутой вдоль оси x , а $m = -1$ – вдоль оси y . Такого рода представление, встречающееся помимо уже ци-

тированного учебника [1] также и в других учебных пособиях по химии, например, [2, с. 44], принципиально неверно. Ибо на самом деле форму «гантели» или «восьмерки», ориентированной по оси z имеет только орбиталь с $m = 0$, определяемая в традиционной сферической системе координат функцией $\cos\theta$, тогда как орбитали с $m = \pm 1$, описываемые функциями вида $Y_{1\pm 1} = A \sin\theta e^{\pm i\varphi}$, имеют форму, больше похожую на тороид, лежащий в плоскости xy , чем на гантель. Разумеется, из вышеуказанных волновых функций, согласно принципу суперпозиции, можно составить линейные комбинации вида $B \sin\theta \cos\varphi$, $B \sin\theta \sin\varphi$, соответствующие орбиталям, ориентированным по осям x и y , но такие состояния будут лишены определённого значения z -проекции орбитального момента и, стало быть, определённого значения числа m в его традиционном физическом понимании. По-видимому, для химии указанные некорректности не играют существенной роли. Но тогда возникает вопрос относительно целесообразности чересчур вольной интерпретации магнитного числа в учебной литературе по химии.

5. Известно, что любая финитная квантовая система, не подвергаемая внешнему воздействию, независимо от исходного состояния в конечном итоге переходит в основное энергетическое состояние и далее из него не выходит. Это утверждение, известное в химии как принцип минимума энергии, бесспорно и достаточно очевидно. Конкретные же реализации этого принципа (например, вышеупомянутое правило Клечковского) значительно менее очевидны, и в учебниках химии их объяснение, как правило, либо отсутствует, либо оказывается очень невнятным. Так, правило Хунда гласит, что наименьшей энергией обладает терм с наибольшим возможным при данной электронной конфигурации значением полного спина S системы электронов и наибольшим (возможным при данном S) значением орбитального момента L . Иными словами, минимальной энергией обладает состояние, в котором спины эквивалентных электронов направлены в одну и ту же сторону. С другой стороны, известно, что в основном состоянии молекулы с ковалентной связью спины электронов, образующих связь, направлены в противоположные стороны. Вопрос о том, почему условия минимальности энергии в двух приведённых примерах прямо противоречат друг другу, при чтении учебной литературы, как правило, остаётся без ответа.

В качестве краткого резюме отметим, что задача квантовой химии по существу заключается в решении уравнения Шрёдингера для системы электронов, испытывающих кулоновское взаимодействие между собой и с одним ядром в случае атома или с несколькими ядрами в случае молекулы. Такая задача принципиально решается только численно с помощью тех или иных приближенных методов. Дополнительные трудности вносит то обстоятельство, что правильная волновая функция такой системы в соответствии с принципом Паули должна быть антисимметричной относительно перестановки любой пары электронов и содержать спиновую компоненту. Что же касается квантовых чисел, отра-

жающих характерную для микросистем дискретность физических величин, то они, строго говоря, относятся к состоянию системы в целом (именно такой смысл имеют числа L и S в п. 5). Следует понимать, что приписывание определённого квантового состояния, характеризуемого четвёркой квантовых чисел, каждому электрону – это не более чем вычислительный приём, практикуемый в расчётах методами самосогласованного поля, в которых в качестве базисных используются водородоподобные состояния и к которым относится обсуждаемое в данной статье конфигурационное приближение. Разумеется, сколько-нибудь серьёзное изучение квантовой химии на школьном уровне нереально. Однако, то обстоятельство, что при рассмотрении электронной структуры атома, записи его «электронной формулы» или её представлении в графическом виде используется примитивная химическая модель, должно осознаваться учащимися. Особенно при углублённом изучении химии.

Литература

1. Мякишев Г. Я., Синяков А. З. Физика. Оптика. Квантовая физика. 11 кл. Профильный уровень: учеб. для общеобразоват. учреждений. – М.: Дрофа, 2008. – 462 с.
2. Габриелян О. С., Лысова Г. Г. Химия. Углублённый уровень. 11 кл.: учебник. – М.: Дрофа, 2015. – 397 с.
3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: Учеб. пособие для вузов. Т. III. Квантовая механика (нерелятивистская теория). – М.: Физматлит, 2017. – 800 с.
4. Травень В. Ф. Органическая химия: Учебник для вузов: Т. 1. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 727 с.

И. В. Милютин

Удмуртский государственный университет

Р. А. Иванов

Удмуртский государственный университет

ЗАДАЧИ С УЧЁТОМ ГРАНИЦ ПРИМЕНИМОСТИ МОДЕЛЕЙ

При обучении физике в школе, после прохождения основного этапа изучения нового материала, целесообразно рассматривать задачи, в которых модели «работают» на пределе, либо перестают работать. Это позволяет убедиться в том, насколько усвоен материал обучающимися, проложить мостки к изучению проблемы в рамках более общей модели, и, если такая необходимость имеется, осуществлять работу с одарёнными учащимися.

Ключевые слова: модели в физике, границы применимости физических моделей, закрепление и обобщение учебного материала, организация работы с одарёнными детьми.

В широком смысле мы воспринимаем окружающее, мыслим, общаемся посредством моделей и модели и моделирование – основополагающие элементы научного метода. Специалисты утверждают: «Выявление в обучении границ применимости имеет важное мировоззренческое значение. Да и для формирования физического мышления это немаловажно» [1].

В преподавании школьного курса физики традиционно выделяют три типа моделей:

1) модели тел (материальная точка, точечная масса, математический маятник...);

2) модели вещества, или описание свойств веществ в рамках модельных представлений (идеальный газ, проводники-полупроводники-диэлектрики...);

3) модели процессов (процессы идеального газа, электропроводность).

В традиционно используемых в процессе преподавания физики в школе задачниках практически нет задач, требующих проанализировать применимость в рамках сформулированного условия той или иной модели. В то же время, такие задачи позволяют учителю многого добиться, особенно при работе с одарёнными детьми.

Если при решении конкретных физических учебных проблем обучающийся должен сделать вывод о том, применима ли конкретная модель в рамках сформулированной задачи, и делает это уверенно и обоснованно, опираясь на полученные знания – это уже достойный результат. Но есть возможность идти дальше – попытаться найти решение выходящей за рамки данной модели задачи, опираясь на весь объём накопленных знаний, или, как минимум, если речь идёт о подаче теоретического материала, проложить мостки от менее общей (или точной) модели к более общей (точной).

Таким образом, можно разделить интересующий нас класс задач на три группы:

1) задачи, выполнение которых требует предварительной оценки применимости выбранной модели при решении;

2) задачи, выполнение которых требует уточнения наших представлений об используемой модели, как правило, решаемые с привлечением знаний, полученных вне рамок материала, относящегося к данной модели;

3) задачи, демонстрирующие ограниченность принятой теоретической модели, ставящие вопрос о её уточнении или принципиальной замене.

Очевидно, что это условное деление: результат отнесения конкретной задачи к той или иной группе во многом зависит от того, как и с какой целью её предполагают использовать.

Относительно третьей группы задач, нам представляется интересным рассмотрение «исторических» моделей (теплород, флогистон, электрические и магнитные жидкости, эфир ...) с обоснованием их ограниченности на основе анализа экспериментов.

Несколько слов о задачах первой группы. Согласно А. И. Слободянюку [2], есть два критерия «правомочности использования модели» – качественный и количественный. Под качественным критерием понимается способность выбранной модели отражать значи-

мые для нас свойства тела/системы, под количественным – возможность получения результата с заданной погрешностью.

Подбирая такого рода задачи, их можно разделить по следующим признакам:

1) задачи на определение возможности применимости данной модели к решению данной задачи (количественный критерий);

2) задачи, при решении которых требуется дать ответ на вопрос о том, как изменится результат, если учесть наличие отклонений у объекта от свойств модели (теоретические задачи и экспериментальная проверка) (качественный критерий).

Рассмотрим варианты использования задач, относящихся ко второй группе, которые целесообразно использовать на этапе закрепления материала, реализации факультативных курсов, при подготовке участников олимпиад и реализации проектной деятельности учащихся.

Мы относим сюда и задачи, решение которых заметно упрощается при оптимальном выборе системы отсчёта, что можно рассматривать как смену модели рассмотрения, но в данной работе ограничимся «стандартной» их интерпретацией (см. выше).

На примере модели материальной точки и модели идеального газа (кстати, включающей в себя модель материальной точки) продемонстрируем, какого рода задачи мы предлагаем использовать.

Материальная точка. В рамках школьной программы главное внимание в вопросе применимости этой модели уделяют проверке условия, согласно которому модель применима, если расстояния, проходимые телом, много больше размеров тела. Можно предложить ряд задач, когда это условие выполняется, а модель неприменима, так как результат движения зависит от состояния движения тела. Например, «японская подача в волейболе», вертикальное падение закрученной шайбы (незеркальное отражение), движение закрученной шайбы по горизонтальной/наклонной плоскости...

Два последних примера могут быть предложены и как теоретические задания, и как задания для проектной деятельности учащихся. Визуализация ожидаемого после теоретического рассмотрения задачи эффекта – само по себе немало, а чтобы добиться её, потребуются значительные развивающие усилия.

Модель идеального газа. Уточняя её, учитывая наличие у молекул внутренних степеней свободы и то, что удары молекул о стенку necessarily происходят по законам упругого удара, можно рассматривать вопросы, связанные с объяснением значений теплоёмкости, тепловое скольжение, результат ударов молекул о стенку, имеющую температуру выше/ниже температуры газа, но это, исключая последнюю, задачи не для регулярного, стандартного учебного процесса.

В рамках стандартных школьных занятий рассматриваемые нами задачи также применимы. Например, изучая газовые законы, школьники изображают различные процессы идеального газа на различных диа-

граммах: pV , pT , TV , при этом, учитель обращает внимание, что модель идеального газа работает не во всех областях параметров и, начальную и конечную часть каждой линии процесса, в этой связи, выделяют штриховой линией. Можно предложить школьникам объяснить, какой/какие критерии идеальности газа не работают в этих областях (критериев два: кинетическая энергия молекул много больше энергии взаимодействия и средние расстояния между молекулами много больше размеров молекул). При этом обсуждаются и те варианты (например, область больших значений T и V на TV -диаграмме), когда оба критерия формально выполняются, а модель идеального газа не работает. Не на всяком подобном уроке, но иногда находится школьник, понимающий, что в этом случае уже рассматривается не идеальный газ, а другой физический объект – вакуум.

Литература

1. Сауров Ю. А. О границах применимости принципов, понятий и законов при изучении механики // Физика в школе. – 2018. – № 3. – С. 14–19.
2. Слободянюк А. И. Анализ применимости некоторых физических моделей // Фізика: проблеми викладання. – 1996. – Вып. 2. – С. 16–26.

Д. В. Перевощиков

Вятский государственный университет

ФАКТЫ ОСВОЕНИЯ НАУЧНОГО МЕТОДА ПОЗНАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ АСТРОНОМИИ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В статье выделяется проблема качества астрономических знаний школьников, построения теории и практики обучения астрономии через освоение естественнонаучного метода познания, вопросы деятельности моделирования и экспериментирования. Анализируются факты диагностики умений и навыков усвоения элементов и языка процессов научного метода познания при освоении деятельности моделирования.

Ключевые слова: обучение астрономии, естественнонаучный метод познания, моделирование, диагностика умений.

Постановка проблемы. После возвращения астрономии в школы (2017) обозначилась проблема повышения качества обучения, построения теории и практики обучения астрономии через методологические ориентировки деятельности взамен пассивного накопления знаний.

Согласно ФГОС, научный метод познания обоснованно считается фактором эффективности обучения. В. Г. Разумовский отмечал, что «Владение школьниками методом познания позволяет учителю организовать их (школьников) самостоятельную познавательную деятельность» [1, с.13]. Современное обучение в школе предполагает освоение научного метода познания через опыт учебной деятельности моделирования и экспериментирования (В. Г. Разумовский, В. В. Майер, Ю. А. Сауров, Г. Г. Никифоров, А. Ю. Пентин, И. В. Гребенев).

Эксперимент с использованием знаний научного метода познания значительно упорядочивает задачу экспериментирования. При этом значимой частью научного метода познания в учебном эксперименте остаётся деятельность моделирования для получения знаний об изучаемом объекте или системе. В обучении физике и астрономии деятельности «экспериментирование и моделирование рассматриваются как «ведущие учебные деятельности» [2, с. 44], причём «моделирование... ведёт экспериментирование», а иногда – наоборот (Ю. А. Сауров) [2, с. 24].

Анализ показывает, что при современном обучении астрономии в рамках освоения научного метода познания моделирование в экспериментальной деятельности представлено слабо, примеров освоения на практике не представлено, хотя сами модели используются.

В. Г. Разумовский писал, что научный метод познания «универсален», что «закономерности процесса научного познания везде одинаковы», хотя «в разных науках зависят от их особенностей» [1, с. 97]. Астрономия как одна из наиболее мировоззренческих естественнонаучных дисциплин располагает полноценными возможностями для освоения метода. Однако, специфика познания астрономии накладывает ограничения на изучение объектов и явлений астрономии в условиях учебного процесса. Отсюда сложности проведения учебного эксперимента. Рациональным методическим решением в рамках естественнонаучного метода познания будет проведение эксперимента с использованием моделей [3].

Нами сконструированы десять практических работ по астрономии для освоения деятельности моделирования и методика освоения научного метода познания для организации эксперимента при обучении астрономии в форме физико-астрономического практикума через взаимосвязанное изучение физики и астрономии. Данная методика с 2016 года в течение трёх лет последовательно осваивалась школьниками г. Кирова (271) на уроках астрономии и физики в рамках программы 10–11-х классов и на проводимом нами астрономическом факультативе, а результаты тщательно фиксировались и обрабатывались.

Диагностика освоения элементов научного метода познания при взаимосвязанном изучении физики и астрономии.

Школьниками был освоен курс из десяти практических работ из практикума. Для диагностики достижений были сформулированы 10 критериев умений, подлежащих отслеживанию. Поскольку качество диагностики усвоения знаний является актуальной проблемой методики обучения, был сконструирован новый метод фиксации фактов и обработки данных освоения знаний и умений *с учётом выявления динамики промежуточных результатов во времени* для объективных выводов и наглядности формирования устойчивых умений и навыков деятельности. Оценивание письменных отчётов проводилось методом поэлементного анализа в шкале интервалов с двумя вариантами оценки: 0 – не освоено; 1 – частично освоено, 2 – освоено, при этом каждое реализован-

ное умение мы рассматривали как *единичный факт* освоения определённого умения.

Представим первичные данные (см. табл. 1) и графики выборки по двум диагностируемым умениям (рис. 1, 2).

Таблица 1. Данные поэлементного анализа отчётов в процентах

Выделяемые умения и нормы для поэлементного анализа	Практическая работа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Умение выделять физические и астрономические объекты	18,3	19,7	22,0	23,8	24,4	25,5	26,4	26,9	27,5	28,0
Умение выделять явления с описанием характеристик	16,1	17,9	19,7	20,1	21,4	23,6	25,3	26,4	28,2	30,3
Умение различать физические и астрономические явления	6,8	7,7	9,4	10,1	10,3	11,8	12,2	12,5	13,5	15,1
Умение отделять основные явления	5,7	7,6	9,0	10,3	12,2	12,9	13,3	14,8	16,6	17,9
Умение строить модели (физические и астрономические)	5,0	5,7	7,0	7,7	8,9	10,3	11,8	12,4	13,5	14,6
Умение исследовать построенные модели	3,7	4,6	5,2	6,3	7,7	9,2	11,1	12,5	14,4	15,9
Получение новых знаний из деятельности по экспериментированию	2,4	2,8	3,0	3,9	4,2	5,0	5,5	6,5	7,7	8,7
Определение границ применимости построенной модели	4,8	5,5	5,9	6,6	7,6	8,1	9,0	9,4	10,1	10,7
Рефлексия деятельности по экспериментированию	2,2	2,6	3,0	3,3	3,9	4,1	4,4	4,8	5,2	5,7
Ответы на контрольные вопросы с обоснованием	8,3	10,0	10,1	10,9	11,6	13,3	13,8	14,8	16,8	18,5

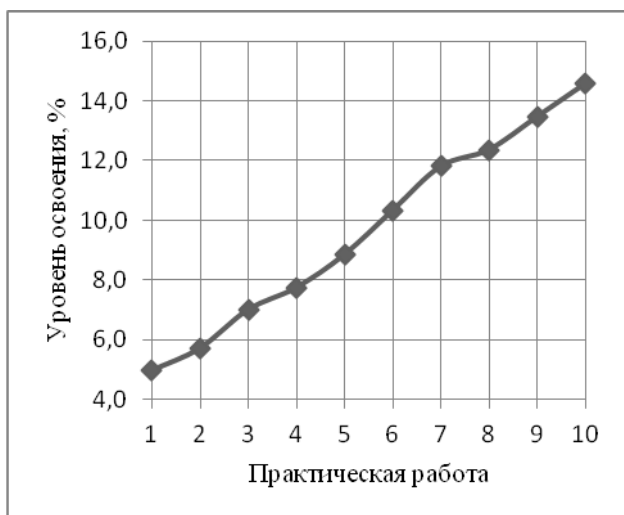


Рис. 1. Умение строить физические и астрономические модели

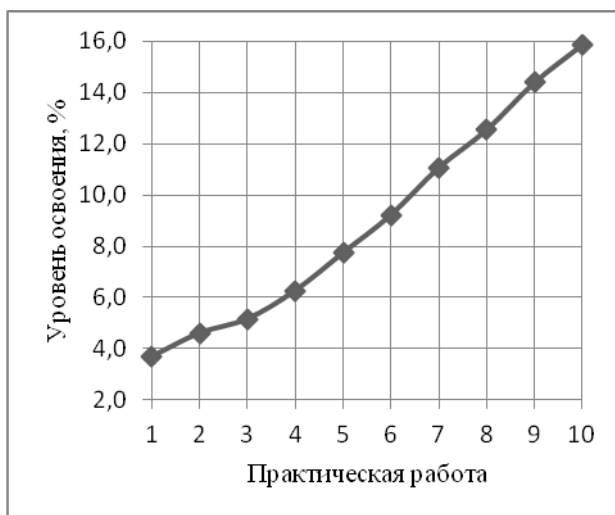


Рис. 2. Умение исследовать построенные модели

Интерпретация результатов исследования. Фиксируем, что в целом уровень сформированности умений и навыков освоения научного метода познания от первой к последней работе вырос. По умению *выделять физические и астрономические объекты* видим прирост в 1,5 раза,

что меньше, чем у других норм. Это объясняется тем, что данный базовый навык уже достаточно освоен. По этой причине зафиксирован его более высокий начальный уровень среди прочих умений. По более сложным операциям – умениям *отделять основные явления и различать астрономические и физические явления* начальные показатели ниже, но показали прирост в 2,5–3 раза. Соответственно, такой прирост оказал влияние на аналогичное увеличение показателей взаимозависимого умения строить физические и астрономические модели по выделенным основным явлениям.

Максимальный прирост фиксируем по наиболее сложным, но и более интересным умениям *исследовать построенные модели* (в том числе, по условию задачи, умение выдвигать гипотезу, подтверждать или опровергать её при исследовании модели) – в 4 раза; *получение новых знаний* из деятельности по экспериментированию – в 3,5 раза. По важным умениям *выделять явления с описанием характеристик, определять границы применимости* построенной модели и *ответы на контрольные вопросы с обоснованием* уровень освоения вырос в 2 раза, *рефлексии деятельности* по экспериментированию – в 2,5 раза. Графическое представление динамики освоения диагностируемых умений с фиксацией промежуточных результатов формирования знаний во времени наглядно демонстрирует рост умений.

Представим для сравнения результаты степени освоения умений и навыков деятельности в первой и последней работах курса (табл. 2).

Количество учеников с частичным освоением умений в целом изменилось незначительно. Не освоившие умения смогли преодолеть сложности и показали частичное освоение. Выделим важный факт, что фиксируется существенный прирост уровня *полного* освоения умений по различным нормам в 3–10 раз. С учётом специфики пространственно-временных характеристик при изучении астрономии, новизны осознания учащимися сложностей астрономического познания, уровень развития и сформированности умений определённо заметен.

При освоении научного метода познания динамика сформированности разных качеств с учётом промежуточных результатов от первой к последней работе показывает постепенный, но непрерывный рост. Учащиеся при выполнении работ на исследование сложных астрономических объектов и явлений в условиях школьного обучения продемонстрировали стабильный временной прирост уровня овладения элементами и языком процессов научного метода познания (метод, экспериментальный факт, средства описания, модель, гипотеза, следствие, анализ), освоили навыки моделирования, экспериментальной деятельности, расширили диапазон применения знаний и умений.

Таблица 2. Процент учеников, освоивших нормы при выполнении первой и десятой работы

Выделяемые умения и нормы	Практическая работа №1			Практическая работа №10		
	полное освоение, %	частичное освоение, %	всего, %	полное освоение, %	частичное освоение, %	всего, %
Умение выделять объекты	5,9	24,7	30,6	19,2	17,7	36,9
Умение выделять явления	5,4	21,0	26,4	20,1	19,9	40,0
Умение различать физические и астрономические явления	2,2	9,2	11,4	11,1	8,1	19,2
Умение отделять основные явления	1,8	7,7	9,6	12,9	10,0	22,9
Умение строить модели	1,7	6,3	7,9	10,1	8,5	18,6
Умение исследовать модели	1,1	5,2	6,3	10,5	10,3	20,8
Получение новых знаний из деятельности по экспериментированию	0,7	3,3	4,1	6,3	4,8	11,1
Определение границ применимости	1,5	6,6	8,1	7,4	6,6	14,0
Рефлексия деятельности	0,7	3,0	3,7	4,2	2,6	6,8
Ответы на контрольные вопросы	2,6	11,4	14,0	12,7	11,1	23,8

Закключение. Факты убеждают, что в школах недостаточно внимания уделяется деятельности по формированию логики научного метода познания. Опыт доказывает: элементы научного метода познания могут быть освоены при обучении астрономии, в частности при деятельности экспериментирования и моделирования, поэтому метод может и должен широко использоваться. В итоге это повысит качество познания физико-астрономических явлений для формирования целостного научного мировоззрения и научной грамотности школьников. Уверены, что методика взаимосвязанного изучения физики и астрономии на основе научного метода познания перспективна.

Литература

1. Разумовский В. Г. Проблемы теории и практики школьного физического образования: Избранные научные статьи / сост. Ю. А. Сауров. – М.: Институт стратегии развития образования РАО, 2016. – 196 с.
2. Сауров Ю. А. Модели и моделирование в методике обучения физике: логико-методологические поиски. – Киров: Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. – 216 с.
3. Перевощиков Д. В. Проблема использования мысленного эксперимента при решении физических задач с астрономическим содержанием // Проблемы учебного физического эксперимента: Сб. науч. тр. Вып. 27. – М.: ИСПО РАО, 2017. – С. 45–47.

Д. А. Кельдышев, Ю. В. Иванов

Глазовский государственный педагогический институт им. В. Г. Короленко
Физико-математический лицей г. Глазова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ УЧАЩИХСЯ О МОДЕЛИРОВАНИИ

В работе определены направления использования модельного подхода в образовательной робототехнике. Приведены примеры использования моделей для организации познавательной деятельности учащихся на занятиях по робототехнике.

Ключевые слова: образовательная робототехника, физика, процесс познания, моделирование.

Использование существующих образовательных робототехнических наборов позволяет решать широкий спектр образовательных задач, связанных в первую очередь с формированием предметных умений в области робототехники и информатики. Вместе с тем, значительный дидактический потенциал образовательная робототехника имеет и в смежных предметных областях, в частности, в физике.

Современные наборы по образовательной робототехнике, такие, как *LegoMindstorms*, или наборы на основе микроконтроллера *Arduino*, по своим характеристикам вплотную приблизились к точным научным приборам. Датчики, входящие в комплекты, либо совместимые с ними, наряду с программным и процессорным комплексами позволяют обеспечивать высокую точность проведения физических измерений, от которых, в свою очередь, зависит качество исполнения алгоритма управления роботом. Это показывает, что современные роботы, используемые в образовании, представляют собой достаточно сложные физические устройства. В связи с этим важно понимать, что проектирование робототехнических систем по своей природе не отличается от проектирования физических приборов или физического эксперимента. Решение конструкторских задач в образовательной робототехнике необходимо рассматривать не как алгоритмическую деятельность по инструкции, а, в первую очередь, как познавательную деятельность. Организация же познавательной деятельности неотрывно связана с деятельностью моделирования. Использование робототехнических наборов в образовании позволяет определить ещё одно из возможных направлений формирования представлений учащихся о процессах моделирования.

Деятельность моделирования в образовательной робототехнике реализуется в нескольких направлениях. Рассмотрим некоторые из них.

1. Использование робототехнических наборов для моделирования работы устройств, механизмов, явлений. При реализации этого направления учащиеся решают конструкторские задачи по созданию действующих моделей устройств [1]: *модель торгового автомата*, выполняющего какое-либо действие при попадании в него «монетки» с фиксированными размерами и массы, *модель ультразвукового дефекто-*

скопа, которая позволяет обнаруживать скрытые полости, определять их размер и форму, и выводить профиль полостей на экран компьютера; *модель электронно-механических часов со стрелками*, в которых секундная, минутная и часовая стрелки двигаются с помощью мотора от робототехнического набора; *модель стрелочного термометра*, выводящая информацию о температуре на стрелочную шкалу; *модель автомобиля*, в котором в качестве источника энергии используется деформированная резина, либо тело, поднятой на некоторую высоту. Во всех этих задачах нужно хорошо понимать принцип работы моделируемых устройств, а также работать в рамках модельных представлений о поведении отдельных элементов устройств.

2. *Использование цикла научного познания для решения робототехнических задач.* Цикл научного познания строится по формуле А. Эйнштейна, дидактически реконструированной В. Г. Разумовским в формулу «*факты – модель – следствия – эксперимент*». В работе [2] показано, что эта формула успешно работает при организации творческой работы при обучении физике. Наш многолетний опыт реализации образовательной робототехники показывает её эффективность и в этой сфере. Проиллюстрируем применение этой формулы в следующем примере.

Одной из классических задач образовательной робототехники, которую должны уметь решать учащиеся, является *задача об определении цвета объекта*. При решении этой задачи учащиеся конструируют робота, который при приближении к объекту останавливается, и с помощью данных от датчика цвета определяет цвет объекта. Несмотря на кажущуюся простоту алгоритма решения этой задачи учащиеся регулярно сталкиваются с ситуациями, когда робот не верно определяет цвет объекта. Это может привести учащихся к неверным представлениям о том, что испорчен датчик, или имеются ошибки в алгоритме программы.

Для воспитания правильного поведения обучаемых при возникновении подобных ситуаций необходимо формировать у них навык познавательной деятельности, а для этого необходимо усвоение принципов познания. Для этого им следует изучить схему познания «*факты – модель – следствия – эксперимент*». Применительно к рассматриваемой задаче эта схема работает следующим образом.

Первоначальное представление о работе робота строится на представлении о том, что его конструкцию можно описать моделью абсолютно твёрдого тела. Результаты эксперимента показывают, что эта модель не всегда даёт верное предсказание поведения робота, что требует совершенствования модели. Для получения новых фактов требуется провести дополнительное исследование движения робота. Учащиеся в ходе наблюдений могут заметить, что детали робота в процессе движения могут совершать колебания. Новая модель поведения робота строится на предположении о том, что конструкцию робота следует рассматривать как сложную колебательную систему.

Из этой модели можно получить и объяснение неудовлетворительной работы датчика: датчик цвета в момент остановки робота совершает колебания, вследствие чего данные, поступающие с него, программа обрабатывает неверно.

Из новой модели учащиеся выдвигают такое следствие: для того, чтобы датчик верно считал данные о цвете, необходимо, чтобы он не совершал колебаний. Для этого требуется поставить задержку времени считывания данных с датчика, за которое происходит затухание колебаний. Новый алгоритм обработки данных теперь работает следующим образом: робот подъезжает к объекту, останавливается, программа ожидает небольшое время, после чего считывает данные с датчика цвета. Экспериментальная проверка нового алгоритма показывает, что проблема с неверным определением цвета решена. Из этого ученики должны сделать вывод о том, что новая модель правильнее описывает поведение робота.

Опыт преподавания образовательной робототехники показывает, что усвоение цикла познания при решении конструкторских задач возможно лишь при организации регулярной деятельности в соответствии с формулой познания. Для этого учителю необходимо осуществлять постоянный поиск ситуаций, в которых учащиеся будут сталкиваться с необходимостью пользоваться циклом *«факты – модель – следствия – эксперимент»*.

3. Математическое моделирование при проектировании роботов. Использование робототехнических наборов позволяет показать учащимся на практике, что такое математическая модель, и как решение практической задачи связано с составлением математического выражения. Например, перед учащимися можно поставить задачу научить робота увеличивать свою мощность на моторах до необходимого значения на заданном расстоянии. Для решения этой задачи ученикам на основе своих физических знаний необходимо построить математическую модель, позволяющую описать процесс разгона робота. Следует отметить, что эта задача может быть решена с помощью различных математических моделей. Эффективность той или иной модели для разного типа конструкций роботов ученики проверяют в ходе эксперимента. В образовательной робототехнике также используются более сложные математические модели, описывающие условия оптимальности управления роботом.

В заключение следует отметить, что интеграция задач робототехники с предметными областями информатики, физики и математики может обеспечить ещё большее расширение возможностей для формирования представлений учащихся о моделировании.

Литература

1. Кельдышев Д. А., Иванов Ю. В., Саранин В. А. Робототехника в инженерных и физических проектах: Учебное пособие. – Глазов: ООО «ПринтТорг», 2018. – 84 с.
2. Разумовский В. Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике. – М.: Просвещение, 1975. – 272 с.

В. В. Майер, Е. И. Вараксина

Глазовский государственный педагогический институт им. В. Г. Короленко

МОДЕЛЬ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО РЕАЛИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОЕКТА

Предлагается технология педагогического эксперимента по проверке возможности и целесообразности реализации в школе ученического проекта, целью которого является учебное исследование конкретного физического явления, например, неупругого взаимодействия движущегося тела с неподвижным.

Ключевые слова: моделирование, педагогический эксперимент, исследовательский проект, неупругое взаимодействие, баллистический маятник.

Студенты прикладного бакалавриата в периоды педагогических практик обычно испытывают затруднения при планировании и проведении педагогического эксперимента, связанного с учебными исследованиями школьников. Зачастую они не могут определить, что именно должен доказать педагогический эксперимент и как это доказательство можно получить. Проще всего преодолеть эти трудности, если предложить студентам дидактическую модель, пользуясь которой они смогут самостоятельно разработать содержание и технологию выполнения собственного педагогического эксперимента.

1. Гипотеза педагогического эксперимента

Педагогический эксперимент должен *доказать возможность и целесообразность или необходимость* использования во внеурочной деятельности со школьниками предлагаемого студентом учебного исследования конкретного физического явления. В качестве такого явления в этой статье выбрано неупругое взаимодействие пули с грузом баллистического маятника.

Гипотеза педагогического эксперимента. Если звено из двух обучающихся старшей школы: 1) теоретически решит задачу ЕГЭ о неупругом взаимодействии движущегося тела с неподвижным; 2) получит необходимое для сборки экспериментальной установки оборудование; 3) обсудит с учителем последовательность выполнения предстоящего учебного исследования, то это звено с интересом и увлечённостью самостоятельно соберёт установку для опытов, состоящую из духового ружья и баллистического маятника, определит скорость вылетающей из ружья пули и подготовит презентацию своей работы для школьного урока.

2. Учебная теория физического явления

Оптимально, если учебная теория исследуемого физического явления изучена при решении стандартных задач школьного курса. В школьном учебнике [1, с. 26-27] рассмотрена, например, такая задача о неупругом взаимодействии движущегося тела с неподвижным: «Пуля массой m попадает в ящик с песком массой M , подвешенный на тросе. Максимальное отклонение ящика от положения равновесия после попадания пули таково, что его центр тяжести поднимается на высоту h от первоначального уровня. Определите скорость пули». Приведённое там же решение задачи даёт для скорости v пули выражение: $v = \frac{m+M}{m} \sqrt{2gh}$ (1), где

g – ускорение свободного падения. Та же самая задача решалась раньше в популярном учебнике Г. Я. Мякишева [2, с. 127].

Аналогичная задача имеется в заданиях к ЕГЭ: «Летящая горизонтально пластилиновая пуля массой 9 г попадает в неподвижно висящий на нити длиной 40 см груз массой 81 г, в результате чего груз с прилипшей к нему пулей начинает совершать колебания. Максимальный угол отклонения нити от вертикали при этом $\alpha = 60^\circ$. Какова скорость пули перед попаданием в груз? Ответ округлить до десятых» [3, с. 63].

Последнее существенно повышает значимость педагогического эксперимента для школьников и их родителей, так как планируемое экспериментальное исследование неупругого взаимодействия двух тел является прямой подготовкой к сдаче ЕГЭ.

3. Экспериментальная установка

Школьникам можно предложить ознакомиться с имеющейся в Интернете информацией об использовании баллистического маятника для определения скорости пули и найти описание наиболее доступной установки для выполнения учебного эксперимента [4]. В таком случае целью их исследования будет проверка достоверности информации, обнаруженной в Интернете.

Но в гипотезе педэксперимента предполагается, что обучающимся

выдаётся специально подготовленное для сборки экспериментальной установки оборудование (рис. 1): 1) толстостенная стеклянная трубка



Рис. 1

внутренним диаметром 16 мм и длиной 22 см; 2) резиновая груша объемом 250 мл; 3) набор пластилина массой 200 г; 4) толстая нить длиной 5 м; 5) гвоздь и канцелярские кнопки; 6) писчая бумага плотностью 80 г/м²; 7) шкала или линейка с миллиметровыми делениями и т. д.

Далее учащиеся получают задание: используя предоставленное оборудование, соберите экспериментальную установку, состоящую из массивного маятника и духового ружья, стреляющего бумажными пулями со стальными наконечниками. В опытах должно быть обеспечено кратковременное и неупругое соударение пули с маятником. Груз маятника при колебаниях должен перемещаться поступательно, не поворачиваясь относительно первоначального положения.

Выполнить это задание полностью самостоятельно за ограниченное время учащиеся вряд ли смогут. Поэтому экспериментальное задание нужно разбить на ряд посильных задач, которые удобно предлагать школьникам в форме вопросов. В неформальных беседах с практикантом школьники находят ответы на поставленные им вопросы, а практи-

кант оценивает степень самостоятельности полученных ответов и их правильность. Ниже приведена возможная серия вопросов с вариантами верных ответов, которая обеспечивает возможность осознанной и самостоятельной сборки учащимися экспериментальной установки.

1) Как определить высоту подъёма маятника после попадания пули в его груз? *Ответ:* лучше измерить смещение маятника по горизонтали, а высоту его подъёма вычислить.

2) Как измерить перемещение маятника в горизонтальном направлении? *Ответ:* точность измерения повысится, если маятник передвинет лёгкий указатель по горизонтально лежащей линейке.

3) Каким должен быть маятник, чтобы его груз не вращался при попадании в него пули? *Ответ:* груз нужно подвесить на четырёх одинаковых по длине нитях так, чтобы при колебаниях он двигался поступательно.

4) Из чего можно сделать груз маятника, чтобы в нем застревала пуля? *Ответ:* самый доступный материал для груза, попав в который пуля застрянет, – это пластилин.

5) Какой должна быть форма груза? *Ответ:* лучше всего груз сделать в форме плоскопараллельного бруска (школьники могут найти в Интернете видеоролик, в котором используется груз, подобный показанному на рис. 2).

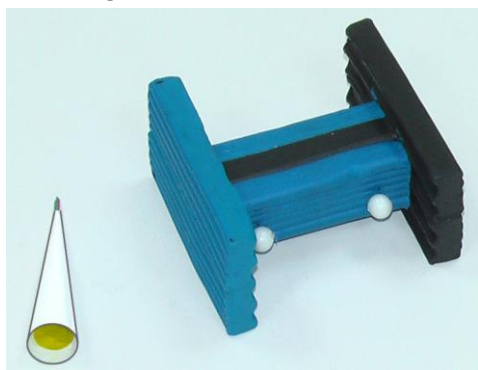


Рис. 2

6) Что нужно, чтобы подготовить необходимый для опытов маятник? *Ответ:* нужно на штативе на четырёх нитях одинаковой длины подвесить склеенное из пластилина прямоугольное тело, под него положить линейку, на линейку поставить лёгкий указатель; если теперь отклонить груз маятника и отпустить, то при первом колебании он переместит тело на максимальную величину, которую можно определить по шкале линейки.

7) Как сделать простое и безопасное духовое ружье? *Ответ:* в качестве ствола ружья можно взять стеклянную трубку, в неё ввести бумажную пулю и с трубкой соединить резиновую грушу.

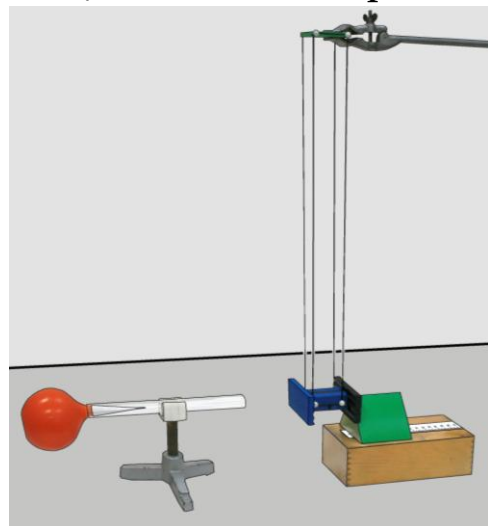


Рис. 3

8) Каким способом можно изготовить бумажные пули так, чтобы было обеспечено неупругое соударение их с маятником? *Ответ:* пули можно склеить из бумаги в виде конуса; в передний конец пули вставить гвоздь и закрепить его пластилином; для изменения массы пули можно использовать также пластилин (рис. 2, слева).

9) Как подготовить экспериментальную установку для предстоящего учебного ис-

следования? *Ответ:* нужно на небольшой подставке закрепить шкалу и поместить на неё указатель; затем на штативе подвесить маятник так, чтобы его пластилиновый груз касался указателя; после этого перед грузом расположить духовое ружье (рис. 3).

4. Выполнение учебного эксперимента

Этот этап также нуждается в предварительном обсуждении с обучающимися последовательности шагов, которые приведут к решению поставленной перед ними проблемы. Деятельность практиканта, выполняющего функции учителя, заключается в постановке перед школьниками вопросов, ведущих к достижению поставленной цели, и оценке правильности и самостоятельности данных учащимися ответов.

1) Какие физические величины можно измерить в эксперименте?

Ответ: в эксперименте можно измерить длину подвеса маятника l смещение маятника по горизонтали x , массу маятника M и массу пули m

2) Какова связь между смещением маятника по горизонтали x и подъёмом его на высоту h по вертикали? *Ответ:* по теореме Пифагора $l^2 = (l - h)^2 + x^2$, отсюда, пренебрегая малой по сравнению с другими ве-

личиной h^2 , получаем: $h = \frac{x^2}{2l}$ (2).

3) По какой формуле можно вычислить скорость пули? *Ответ:* подставляя в формулу (1) вместо h его выражение (2), получаем:

$$v = \frac{m + M}{m} \sqrt{\frac{g}{l}} x \quad (3).$$

4) Как избавиться от необходимости использовать табличное значение ускорения свободного падения g и измерять длину маятника l ?

Ответ: период колебаний математического маятника даётся формулой

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (4), \text{ отсюда и из формулы (3) скорость пули: } v = \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{m + M}{m} x \quad (5).$$

Таким образом, в эксперименте нужно измерить период колебаний маятника T , массу пули m , массу груза маятника M , смещение груза маятника x из положения равновесия.

5) Как определить погрешность измерения скорости пули? *Ответ:* для этого нужно прологарифмировать и продифференцировать уравнение (5), заменить дифференциалы приращениями, а отрицательные знаки положительными; в итоге получится формула для вычисления относительной погрешности скорости пули:

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta(m + M)}{m + M} + \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta T}{T} + \frac{\Delta x}{x} \quad (6).$$

Получив ответы на возникшие вопросы, школьники выполняют эксперимент

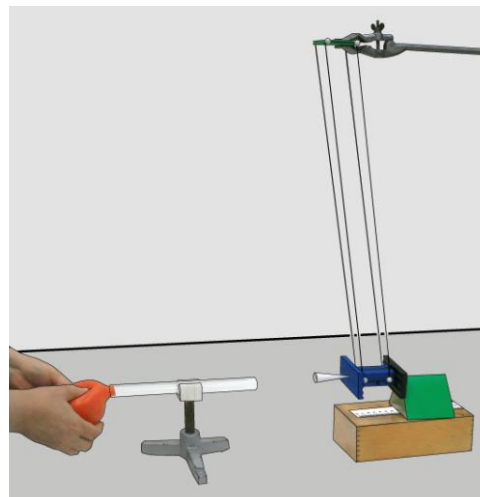


Рис. 4

(рис. 4), записывают получившееся значение скорости пули с абсолютной погрешностью и указывают относительную погрешность результата эксперимента.

б) Как убедиться, что в проделанном эксперименте найдено соответствующее реальности значение скорости пули духового ружья? *Ответ:* скорость пули можно определить, например, по дальности её полёта при выстреле в горизонтальном направлении.

5. Доказательство справедливости гипотезы педагогического эксперимента

Чтобы доказать справедливость сформулированной гипотезы педагогического эксперимента, нужно в первую очередь оценить *доступность* учебного экспериментального исследования физического явления по трём параметрам: 1) уровню интеллектуального развития обучающихся; 2) затратам времени на выполнение исследования; 3) материальным затратам на необходимое оборудование. Если учебное исследование обладает достаточно высокой доступностью, то его выполнение *возможно* в условиях современной школы.

Далее в педагогическом эксперименте требуется оценить проявленную школьниками самостоятельность, правильность данных ими решений возникающих задач, увлечённость школьников исследованием, проявленный интерес к физическим явлениям, к процессу их экспериментального изучения и т. д.

Достаточно высокие оценки этих характеристик учебно-исследовательской деятельности позволяют сделать заключение о *целесообразности* предлагаемого учебного исследования.

Необходимость подобной деятельности будет обоснована, если удастся доказать, что без самостоятельного выполнения экспериментального исследования невозможно достижение понимания школьниками сущности изучаемого физического явления, например, на уровне требований ЕГЭ.

Литература

1. Физика: Учеб. для 10 кл. шк. (кл.) с углубл. изуч. физики / А. К. Кикоин, И. К. Кикоин, С. Я. Шамаш, Э. Е. Эвенчик. – М.: Просвещение, 1998. – 304 с.
2. Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б., Сотский Н. Н. Физика: Учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений. – М.: Просвещение, 2004. – 336 с.
3. Демидова М. Ю., Грибов В. А. Физика. Типовые тестовые задания. – М.: Издательство «Экзамен», 2016. – 191 с.
4. Как измерить скорость пули в домашних условиях. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=jHcOAov5ses>.

IV. МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОЦЕССЕ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

О. Л. Леженёкова

МБОУ СОШ № 18, г. Киров

УЧЕБНИК ФИЗИКИ

И ПРОБЛЕМА ФОРМИРОВАНИЯ НАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ

В статье раскрывается актуальная проблема формирования научной грамотности школьников и её влияние на совершенствование методики организации учебной деятельности с текстами современного учебника физики.

Ключевые слова: научная грамотность, научный метод познания, методика эффективного использования учебника, педагогический эксперимент, система умений.

Главная цель национального проекта «Образование» – Россия должна войти в десятку ведущих стран мира по качеству общего образования. Обновлённые ФГОС начального и основной общего образования направлены на формирование так называемых «гибких» компетенции: умение непрерывно учиться, управлять временем, стрессом и эмоциями, коммуникабельность. Перед учителями стоит задача внедрения новых методов обучения и воспитания, образовательных технологий, которые обеспечат повышение мотивации школьников к обучению и их вовлеченности в образовательную деятельность. С 2019 года изменяется методология и критерии оценки качества общего образования в школе на основе практики международных исследований качества подготовки обучающихся. Общероссийская оценка качества образования будет проводиться по модели PISA (Programme for International Student Assessment) и TIMSS (Trends in Mathematics and Science Study).

Международные исследования направлены на оценку читательской, математической и естественнонаучной грамотности 15-летних учащихся. Согласно результатам 2015 года Россия занимает 26-е место по читательской грамотности, 23-е по математической грамотности и 32-е место по естественнонаучной грамотности школьников [2].

Естественнонаучная грамотность выражается в умениях использовать естественнонаучные знания, выявлять проблемы и делать обоснованные выводы, необходимые для понимания окружающего мира, и тех изменений, которые обусловлены деятельностью человека, и для принятия соответствующих решений. Уровень естественнонаучной грамотности определяется готовностью искать информацию, не только в своём учебнике, но в достаточно большом информационном пространстве. Для этого необходимо, чтобы учащиеся овладели базовыми умениями работы с информацией: сравнение, обобщение, классификация, анализ. Таким образом, организация эффективной работы с учебником на уроке имеет существенное значение для качества обучения.

Однако в практике обучения возможности учебника используются недостаточно полно. Анализ методической литературы показывает, что рекомендации по организации самостоятельной работы школьников с учебником на уроке и дома направлены в основном на реализацию его информационной функции. Их характер чаще всего сводится к организации различных видов и форм репродуктивного использования текста: выделение в тексте основных определений понятий, составление плана, ответы на вопросы, поставленные в конце параграфа, приведение примеров по аналогии. Обеднение функций учебника и недооценка учителями его роли на уроках отрицательно сказывается на эффективности обучения, на качестве знаний и умений учащихся [1].

В 2007–2018 годах в ряде школ г. Кирова были организованы два педагогических эксперимента по исследованию влияния современного учебника физики для основной и старшей школы (под ред. В. Г. Разумовского и В. А. Орлова) на качество обучения. В рамках этих экспериментов мы проводили исследования умений школьников основной и старшей школы работать с текстами учебника. Нами были зафиксированы следующие факты: учащиеся затрудняются самостоятельно выделять главную мысль текста, отличать в тексте параграфа (абзаце) просто знание от научного физического знания, обыденный факт от научного факта, использовать методы познания при изучении явления, не умеют работать с планами обобщённого характера [3, 4].

Также мы исследовали умения учителей организовывать учебную деятельность с текстами учебника. Анализ практики обучения показал следующие затруднения: организация работы с учебником носит эпизодический и случайный характер; отсутствует методика организации деятельности с материалом учебника под идеи деятельностной парадигмы.

В рамках длительного педагогического эксперимента, направленного на выяснение влияния современного учебника физики на учебный процесс, были разработаны методики использования учебника для основной и старшей школы. Данные методики включают:

- приёмы работы с текстом, ориентированные на формирование методологических знаний (выделение в тексте физических объектов, явлений и средств их описания, в том числе на различение физических объектов и их моделей);

- приёмы работы на структурирование учебного материала по логике принципа научного познания «факты – гипотеза, модель – следствие – эксперимент» (освоение знаний о методе научного познания и умений действовать согласно методу);

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

Важно отметить, что информационная грамотность школьника напрямую связана с уровнем его читательской функциональной грамотности.

сти. Предложенная система приёмов работы с текстами учебника позволяет сформировать читательские умения, которые проверяются тестами PISA: найти и извлечь информацию; интегрировать и интерпретировать сообщение; осмыслить и оценить сообщение.

Оценка естественнонаучной грамотности по тестам PISA включает четыре группы умений: научно объяснять явления, проводить научные исследования, интерпретировать научные данные и доказательства, обладать глубокими предметными знаниями. Результаты выполнения тестов PISA (2015) российскими школьниками обозначили одну из проблем – ученикам трудно применять знания в реальных или незнакомых ситуациях [2].

Концепция учебников физики нового поколения (под ред. В. Г. Разумовского, В. А. Орлова) как раз 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 эффективного управления экспериментальной учебной деятельностью учащихся мы разработали специальные инструкции в соответствии с логикой познания: факты (теория работы) → модель → следствия (выводы по работе) → экспериментальная проверка (контрольные вопросы). Инструкции имеют инвариантную структуру, включающую три блока: теория работы; ход и результаты исследования; выводы исследования. Задания первого блока способствуют актуализации знаний, мотивации учебной деятельности и целеполаганию. Второй блок включает последовательность действий для проведения исследования, различные формы фиксации полученной информации (таблицы, графики). Выполняя исследование, учащиеся осознают информацию, получаемую непосредственно из наблюдения, предметных действий, измерения физических величин. Задания третьей части работы направлены на формирование умения анализировать полученную информацию, делать выводы, оценивать свои действия. Учащимся предлагаются вопросы на установление причинно-следственных связей, на высказывание гипотез, на определение границ применимости полученных знаний, на сравнение физических величин, объектов. Данные задания не только проверяют уровень усвоения учебного материала, но и способствуют развитию творческих способностей ученика.

Результаты педагогического эксперимента с учебниками физики нового поколения для основной и старшей школы доказывают: целенаправленное методическое действие на формирование предметных знаний и учебных умений через систему творческих приёмов работы с тек-

стами учебника оказывает существенное влияние на формирование научной грамотности школьников.

Литература

1. Лежепёкова О. Л. Методика эффективного использования современного учебника физики в основной школе. – Киров: КИПК и ПРО, 2009. – 72 с.
2. Разумовский В. Г. Решение проблемы научной грамотности – неотложная перспектива развития содержания физического образования // Сибирский учитель. – 2012. – № 3. – С. 12–25.
3. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Сауров Ю. А., Лежепёкова О. Л. О программе экспериментального исследования учебника физики нового поколения // Исследование процесса обучения физике. – Киров, 2013. – Вып. 14. – С. 42–46.
4. Разумовский В. Г., Орлов В. А., Сауров Ю. А. Поисковое экспериментальное исследование научной грамотности школьников при обучении физике // Исследование процесса обучения физике. – 2013. – Вып. 15. – С. 15–24.
5. Сауров Ю. А., Лежепёкова О. Л. Методика организации деятельности с учебником в старших классах // Физика в школе. – 2014. – № 3. – С. 28–35.

М. П. Уварова

Вятский государственный университет

О ФОРМИРОВАНИИ ФИЗИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ СРЕДСТВАМИ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рассматриваются роль целенаправленной организации деятельности моделирования в формировании физического мышления учащихся, методические аспекты организации моделирования на уроках физики. Приводятся результаты экспериментального исследования знаний и умений учащихся средней школы.

Ключевые слова: физическое мышление, теоретическое и эмпирическое мышление, деятельность моделирования, нормы мыслительной деятельности.

Формирование физического мышления является одной из ключевых задач обучения физике в школе. Оно имеет несколько основных характеристик: проявляется и осваивается в деятельности, является предметным, знаковым и теоретическим. В рамках данной работы формирование физического мышления мы будем рассматривать через развитие черт теоретического мышления и работу со знаковыми системами.

При обучении физике и эмпирический и теоретический типы мышления играют большую роль, однако они имеют различные, особые типы абстрагирования и обобщения. Зачастую на практике большее внимание уделяется формированию эмпирического мышления: посредством наблюдения и сравнения учащиеся выделяют внешне сходные, общие признаки объектов и на основе этого классифицируют и распознают их. Например, при решении физических задач учащиеся с таким типом мышления каждую задачу определённого класса решают «как в первый раз», лишь постепенно накапливая представления о них и запоминая способ решения «формально». Сделанное обобщение выступает как эмпирическое знание, которое «отражает лишь внешние свойства предметов и явлений ... полностью опирается на наглядные представления» [1]. Подобные эмпирические обобщения не позволяют эффективно

осваивать методы решения физических задач, объяснять сущность явления, проводить анализ и выделять общее отношение между объектами: например, наблюдая за различными видами механического движения, невозможно вывести законы движения [4].

Теоретическое мышление, в свою очередь, позволяет выявить единую основу всех наблюдаемых явлений, «видеть» решения целого класса задач. При теоретическом обобщении производится анализ целостной системы объектов и явлений с целью «открытия генетически исходного, существенного, всеобщего отношения как основы её внутреннего единства» [2]. Главной особенностью теоретического мышления является то, что оно исследует сущность объектов и явлений, а не только учитывает их внешнее сходство или различие.

Согласно работам психологов (В. В. Давыдов и др.) теоретическое мышление имеет ряд компонентов: анализ, рефлексия и планирование. При теоретическом познании человек выполняет определённые познавательные действия: моделирует изучаемый объект или явление, анализирует влияние других объектов окружающего мира, фиксирует (анализирует) связи, осмысливает (рефлексирует) характер собственных познавательных действий, осуществляет внутренний план действий. То есть одним из главных действий при осуществлении мыслительной деятельности является моделирование, «замещение» объекта знаком или символом, отсюда мы можем сделать вывод, что при целенаправленной организации этой деятельности можно способствовать развитию черт теоретического мышления и в целом физического мышления учащихся.

О моделях и моделировании. В литературе описаны различные классификации моделей в зависимости от цели исследования. Например, по цели применения модели делятся на модели-замещения, модели-представления, модели-интерпретации, модели-исследования (Л. М. Фридман), по виду наглядности бывают предметные, рисуночно-фотографические, образные, символические модели (Н. А. Солодухин) и др. При обучении физике используются их различные виды, однако остаётся актуальным вопрос построения и применения этих моделей в непосредственной деятельности детей.

Психологами показано, что уже в младшем школьном возрасте при условии целенаправленного обучения возможно полноценное формирование моделирования как деятельности, однако на практике этому не уделяется должного внимания [5]. В обучении физике наблюдается та же тенденция: несмотря на то, что деятельности моделирования и экспериментирования являются ведущими [3], зачастую процесс обучения строится стихийно.

Такое предположение в той или иной мере подтверждается результатами проведённого исследования знаний и умений учащихся десятого класса трёх школ (выборка – 90 человек). Поскольку физическое мышление – это знаковое мышление, и, согласно требованиям ФГОС, при обучении учащийся должен научиться создавать, применять и преобра-

зовывать знаки, модели и схемы для решения учебных задач [8], одно из заданий было посвящено диагностике умения строить модель явления в виде рисунка.

Таблица. Обработка результатов

Содержание задания	% ответов		
	16 чел	13 чел	20 чел
Вариант 1. На шероховатой наклонной плоскости с помощи нити удерживают брусок. Опишите явление, изобразите силы.			
Выполнено верно	18	46	0
Выполнено неверно	25	8	10
Верно выполнены лишь отдельные шаги (указаны некоторые силы)	44	38	10
Не приступали к выполнению	13	8	80
Вариант 2. Брусок соскальзывает с шероховатой наклонной плоскости. Опишите движение тела, изобразите силы.			
	15 чел.	12 чел.	14 чел.
Выполнено верно	6	58	0
Выполнено неверно	27	0	29
Верно выполнены лишь отдельные шаги (указаны некоторые силы)	40	42	0
Не приступали к выполнению	27	0	71

Из анализа данных можно сделать вывод, что в некоторых школах у учащихся возникают трудности при работе с рисунком, и многие в целом не приступают к выполнению подобного рода заданий. Анализ ответов на другие вопросы теста, связанные с пониманием графиков, таблиц результатов эксперимента, также позволяют зафиксировать невысокий уровень умений. Учитывая, что педагогический стаж всех участвующих учителей составляет 5 лет, мы делаем вывод, что молодые педагоги нуждаются в помощи по организации деятельности детей, то есть требуется поиск, апробация и распространение технологичных методических решений.

Идеи для построения технологии формирования физического мышления через организацию деятельности моделирования. Технология обладает такими чертами как системность, определённая гарантированность результатов при выполнении необходимых действий. Опираясь на эти представления, технологию организации деятельности моделирования на уроках физики необходимо представлять конкретно. Ниже рассмотрены некоторые методические идеи для её построения.

1. Конкретная и диагностируемая постановка целей обучения. Такие крупные интегративные качества как компетенции сложно диагностировать, их необходимо представлять на более технологичном уровне. В исследовании [6] нами было показано, что эффективным подходом к рассмотрению физического мышления является его представление в виде норм мыслительной деятельности. Для удобства они сгруппированы на

основании выделения ведущих видов предметной деятельности – моделирования и экспериментирования.

Применительно к моделированию нормы деятельности (а значит, и конкретные цели) можно сформулировать так: умение выделять изучаемое физическое тело (объект) или физическое явление; умение выделять и определять физическое явление по рисунку, графику, таблице и другим средствам описания; умение выполнять решение задач по логике «выделение явления (объектов) – описание явления»; умение различать объекты и явления и их описания; умение строить (выбирать) модель физического объекта или явления; умение переходить от одних средств описания физических явлений к другим; умение оценивать статус научных знаний (определение, принцип, закон, модель, теория).

2. Освоение норм деятельности должно быть целенаправленным и управляемым. Управление освоением норм должно осуществляться на уровне содержания через отбор задач и построение системы заданий, а на уровне процесса – через организацию непосредственной учебной деятельности учащихся. Возможны следующие методические решения: а) предоставление учащимся ориентировок деятельности (алгоритмы, примеры решений, таблицы и пр.); б) обсуждение с учащимися всех этапов решения задачи, в том числе и самого первого – выделение объектов и явлений: какие физические тела и явления описаны в задаче; взаимодействие каких физических тел рассматривается в задаче?; в) логика решения задачи должна задавать логику мыслительной деятельности от выделения объектов к построению модели, работе с моделью и последующему соотношению полученных результатов с реальностью; г) учащимся необходимо давать конкретные знания о способах описания физических явлений и объектов (видах знаково-символических средств), показать логику замещения реальных объектов и явлений знаками (деятельность моделирования).

3. «Дети живут сегодняшним днём и хотят пожинать плоды своей деятельности уже сейчас». Для того, чтобы процесс освоения норм деятельности моделирования проходил успешно, необходимо демонстрировать учащимся значимость осуществления тех или иных действий, доказывать, что, например, грамотное выполнение рисунка к задаче на движение будет способствовать быстрому и верному решению задачи. Пример решения качественной задачи, иллюстрирующий важность выделения всех взаимодействующих объектов, более подробно представлен в публикации [7].

4. Ориентировка на прочное усвоение и овладение нормой деятельности моделирования. Усвоение нормы включает в себя понимание и запоминание, а овладение – освоение и применение на практике, в новой ситуации.

Пример организации деятельности учащихся при изучении нового материала. В целом деятельность моделирования можно охарактеризовать следующими этапами: А) Выделение объектов, их суще-

ственных черт, связей между ними (выделение явления). Б) Осуществление мысленного эксперимента по проверке применения известных понятий для описания объектов и явления, мысленное построение модели. В) Непосредственное моделирование: замещение объекта; описание явления с помощью физических величин и законов, например, действия на объект других тел характеризуются с помощью сил; определение (задание) отношений между объектами (построение физической модели; шаги могут фиксироваться в виде рисунка); построение математической модели (запись уравнений, их решение); анализ решения (проверка непротиворечивости, определение границ применимости модели).

Вначале учащимся достаточно выделить логику деятельности в виде двух этапов: 1) выделение физического явления: выделить явление и физические тела; подобрать модели объектов, выполнить рисунок; 2) описание физического явления с помощью физических величин, законов.

Тема – механическая работа.

Подготовка к изучению темы: повторение, обсуждение вопросов, например, что такое взаимодействие – явление или физическая величина? Взаимодействие – это физическое явление, для его описания было введено понятие физической величины – силы. В ходе беседы ещё раз обращаем внимание на логику изучения явления: *выделение → описание.*

Изучение нового материала:

а) выделение явления перемещения одного тела под действием другого тела, введение новой физической величины, характеризующей действие при перемещении, – механической работы;

б) рассмотрение частных случаев применимости формулы $A = FS$, определение знака работы на основе рисунков, то есть формирование умения фиксировать явление в изображении;

в) работа с текстом учебника, обсуждение логики решения задач;

г) выдвижение требования о том, что выполнение рисунка должно быть необходимым условием решения задачи; демонстрация важности построения рисунка на примере: вы идёте из школы и несёте стопку книг массой 4 кг. Вначале вы прошли 1 км от школы до дома, а затем поднялись с книгами по лестнице на 5 этаж на высоту 12,5 м. Какую работу вы совершили? После разбора задачи подобного рода учащиеся убеждаются в том, что создание рисунка является необходимым шагом в анализе условия задачи и её последующего решения;

д) групповое и самостоятельное решение задач с последующим обсуждением.

Организованная подобным образом деятельность учащихся способствует освоению норм деятельности моделирования, это позволяет быстрее и эффективнее усваивать новый материал и решать различного рода задачи за счёт «универсальности» выполняемых действий, «получения» теоретических обобщений.

Литература

1. Давыдов В. В. Виды обобщения в обучении. – М., 1972. – С. 323.
2. Давыдов В. В. Проблемы развивающего обучения. – М., 1986. – С. 127.

3. Коханов К. А., Сауров Ю. А. Проблема задания и формирования современной культуры физического мышления. – Киров, 2013. – 232 с.
4. Мултановский В. В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. – М., 1977. – 168 с.
5. Салмина Н. Г. Знак и символ в обучении. – М., 1988. – 288 с.
6. Позолотина М. П. Методика освоения норм физического мышления учащимися основной школы в условиях дополнительного дистанционного образования: дис. ... канд. пед. наук. – Киров, 2017. – 159 с.
7. Позолотина М. П. Приём организации деятельности учащихся при обучении физике в системе дистанционного образования // Проблемы учебного физического эксперимента. – Глазов, 2016. – Вып. 26. – С. 41–43.
8. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902254916>.

П. Я. Кантор

Вятский государственный университет

О ПРАКТИКЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ЕГЭ

Обсуждаются некоторые аспекты задач, предлагаемых на ЕГЭ по физике. Основное внимание уделяется проблеме построения адекватной физической модели при решении задач, содержащих неявные или скрытые условия. Обосновывается важность таких задач для диагностики уровня физической компетентности выпускника школы.

Ключевые слова: ЕГЭ, задачи, скрытые условия, физическая модель.

Постановка проблемы. Как известно, форма и содержание контрольно-измерительных материалов ЕГЭ по физике со временем подвергается определённой модификации [1]. Согласно сложившейся в последние годы практике, вариант КИМ содержит 26–27 сравнительно простых заданий, для успешного выполнения которых достаточно знать основные физические законы и границы их применимости, и 5–6 более сложных задач, требующих развёрнутого решения. Выпускниками школы, претендующими на поступление в ведущие вузы страны на физические специальности, задачи первой части, как правило, решаются со стопроцентным результатом, и, стало быть, отбор будущих студентов осуществляется, главным образом, по результатам решения последних пяти задач. Важно, чтобы эти задачи были сбалансированы по сложности: с одной стороны, их решение не должно быть абсолютно очевидным и сводиться к подстановке заданных значений в известную формулу; с другой стороны, желательно, чтобы в процессе решения присутствовал «инсайт», обычно необходимый при решении олимпиадных задач высокого уровня. Это либо задачи с комплексным содержанием, требующие использования закономерностей из нескольких разделов физики, либо задачи с нетривиальным математическим решением, либо задачи со скрытыми условиями. Настоящая статья посвящена анализу задач последнего типа. Работа выполнена в рамках ведущихся на кафедре физики и методики обучения

физике ВятГУ исследований по методике решения задач и соответствующему моделированию [2, 3].

Предъявляемый экзаменуемому текст задачи представляет собой некоторую знаковую систему. Эта система в процессе осмысления превращается в физическую модель, представленную формулами, выражающими физические закономерности, и комментариями, использующими общепринятую терминологию. Результат решения задачи (ответ) принципиально носит приближенный характер и имеет смысл в соответствующей семиотической конструкции.

Анализ сложившейся практики решения учебных физических задач позволяет выделить два уровня дополнительных данных (условий), в той или иной степени скрытых в условии задачи. Навык обнаружения подобного рода сигналов в значительной мере определяет успешность решения задачи и таким образом свидетельствует о степени развитости физического мышления выпускника школы.

К сигналам первого уровня относятся общепринятые термины, непосредственно определяющие характер модели, используемой для решения задачи. Чаще всего они выражаются прилагательными.

Так, в условии задачи может фигурировать *гладкий* объект (поверхность, стол, наклонная плоскость, жёлоб и т. п.) Наличие этого слова однозначно означает, что силами трения в данной задаче необходимо пренебречь и, как правило, использовать для решения закон сохранения механической энергии. В задачах на расчёт электрических цепей могут присутствовать *идеальные* амперметр и вольтметр, что означает соответственно нулевое и бесконечно большое внутреннее сопротивление прибора.

Физические закономерности второго уровня могут представлять собой менее очевидные скрытые условия, без выявления которых задача не решается.

Примеры задач. Условия всех задач, фигурирующих в данной статье, взяты из открытого источника – сайта ФИПИ <http://fipi.ru/ege-igve-11/demoversii-specifikacii-kodifikatory>.

1. Скрытый первый закон термодинамики

Подход к решению следующей задачи (демоверсия ЕГЭ 2014 г.) состоит в использовании уравнения, по существу аналогичного первому закону термодинамики.

В цепи, изображённой на рис. 1, ЭДС батареи равна 100 В, сопротивления резисторов $R_1 = 10$ Ом и $R_2 = 6$ Ом, а ёмкости конденсаторов

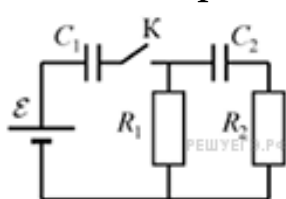


Рис. 1

$C_1 = 60$ мкФ и $C_2 = 100$ мкФ. В начальном состоянии ключ K разомкнут, а конденсаторы не заряжены. Через некоторое время после замыкания ключа в системе установится равновесие. Какое количество теплоты выделится в цепи к моменту установления равновесия?

Нестандартность приведённой задачи заключается в том, что она не решается «по алгоритму» или, иными словами, в Кодификаторе ЕГЭ отсутствует формула, воспользовавшись которой

можно было бы решить эту задачу. По существу она решается применением 1-го начала термодинамики, в котором под работой следует понимать произведение ЭДС и прошедшего через источник заряда (равного заряду конденсатора C_1), а под внутренней энергией – энергию того же конденсатора. То есть для решения задачи явно или неявно используется термодинамическая модель. Ещё одна не совсем очевидная особенность этой задачи заключается в том, что к моменту установления равновесия, а точнее, по завершении переходного процесса, конденсатор C_2 оказывается полностью разряженным и, следовательно, лишённым энергии. Успешное решение подобного рода задач позволяет однозначно судить о наличии у решающего сформированного физического мышления и неформальном понимании физики, по крайней мере, в части процессов, сопровождающихся сохранением или превращением энергии. На наш взгляд, при отсутствии профильного ЕГЭ по физике желательно, чтобы все пять или шесть последних задач из КИМа (задачи с развёрнутым решением) имели подобное содержание. Это позволило бы в зависимости от успешности их решения весьма чётко разделить будущих абитуриентов на физиков-прикладников («инженеров») и физиков-исследователей («учёных»).

Возвращаясь к содержанию рассмотренной задачи, следует отметить, что её каноническое решение, приведённое на сайте ФИПИ, выглядит не вполне корректным, поскольку ключевая формула в нем сопровождается жаргонной фразой «Эта работа переходит в энергию конденсатора и теплоту...». Ибо, согласно общепринятой терминологии, переходить может один вид энергии в другой, а работа представляет собой меру указанного перехода.

2. Сохранение заряда в изолированной части цепи

Для решения следующей задачи необходимо явным образом использовать закон сохранения электрического заряда той части электрической цепи, которая изолирована от других и, таким образом, представляет собой замкнутую систему.

Заряженный конденсатор $C_1 = 1 \text{ мкФ}$ включён в последовательную цепь из резистора $R = 300 \text{ Ом}$, незаряженного конденсатора $C_2 = 2 \text{ мкФ}$ и разомкнутого ключа K (рис. 2). После замыкания ключа в цепи выделяется количество теплоты $Q = 30 \text{ мДж}$. Чему равно первоначальное напряжение на конденсаторе C_1 ?

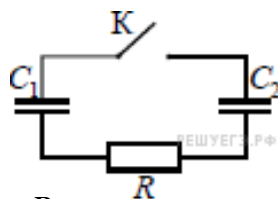


Рис. 2

В данном условии следует обратить внимание на термин «последовательная цепь». В связи с неоднозначностью ответа на вопрос о том, как в указанной ситуации включены конденсаторы: параллельно или последовательно. Если в схеме из двух резисторов вопроса о характере их соединения не возникает, то в случае конденсаторов ситуация не столь однозначна. В большинстве случаев параллельное соединение означает, что напряжения на конденсаторах одинаковы, а их заряды пропорциональны ёмкостям; при последовательном же соединении равны заряды конден-

саторов. Последнее, однако, верно лишь при условии, что конденсаторы не были заряжены до начала переходного процесса. В рассматриваемой задаче нужно иметь в виду, что после установления равновесия, т. е. прекращения тока через резистор, напряжения на конденсаторах одинаковы. И если решать задачу с использованием эквивалентной ёмкости, то конденсаторы после окончания переходного процесса, вопреки условию, следует считать соединёнными параллельно.

3. Сохранение (внутренней) энергии в теплоизолированной системе

Ещё один тип неочевидных задач, связанных с энергетическими превращениями, оперирует с абстрактной моделью системы, находящейся в жёсткой теплоизолирующей оболочке. В качестве примера приведём следующую задачу (демоверсия ЕГЭ 2017 г.).

Два одинаковых теплоизолированных сосуда соединены короткой трубкой с краном. Объём каждого сосуда $V = 1 \text{ м}^3$. В первом сосуде находится $\nu_1 = 1$ моль гелия при температуре $T_1 = 400 \text{ К}$; во втором – $\nu_2 = 3$ моль аргона при температуре T_2 . Кран открывают. После установления равновесного состояния давление в сосудах $p = 5,4 \text{ кПа}$. Определите первоначальную температуру аргона T_2 .

Единственное средство решения задач по термодинамике на количественном уровне, имеющееся в распоряжении выпускника школы, – это первый закон термодинамики. Легко видеть, что попытка решить задачу применением указанного закона в стандартном варианте, предполагающем расчёт изменения внутренней энергии, работы и теплоты, к обоим газам по отдельности обречена на неудачу. Задача, однако, легко решается, если учесть, что описываемая система термодинамически замкнута и её внутренняя энергия сохраняется.

4. Неявное движение по окружности

Задачи по динамике, в условиях которых явным образом фигурирует движение тела по окружности (круговому треку, мёртвой петле, сфере, поверхности цилиндра), особых затруднений не вызывают. Однако, если в условии говорится о системе типа математического маятника (груз на невесомой нерастяжимой нити), то применение для решения формулы центростремительного ускорения становится менее очевидным. Пример такого рода задачи приведён ниже (демоверсия ЕГЭ 2017 г.).

Маленький шарик массой $m = 0,3 \text{ кг}$ подвешен на лёгкой нерастяжимой нити длиной $l = 0,9 \text{ м}$, которая разрывается при силе натяжения $T_0 = 6 \text{ Н}$. Шарик отведён от положения равновесия (оно

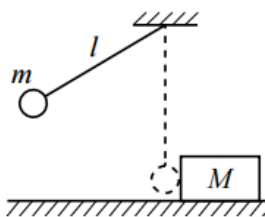


Рис. 3

показано на рис. 3 пунктиром) и отпущен. Когда шарик проходит положение равновесия, нить обрывается, и шарик тут же абсолютно неупруго сталкивается с бруском массой $M = 1,5 \text{ кг}$, лежащим неподвижно на гладкой горизонтальной поверхности стола. Какова скорость u бруска после удара? Считать, что брусок после удара движется поступательно.

Самым неочевидным этапом решения данной задачи оказывается написание уравнения второго закона Ньютона для шарика в нижнем положении с использованием формулы центростремительного ускорения.

5. *Неопределённость направления силы трения покоя.* Такого рода нюанс эксплуатируется, например, в следующей задаче (демоверсия ЕГЭ 2012 г.).

Грузы массами $M = 1$ кг и m связаны лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок, по которому нить может скользить без трения (см. рис.). Груз массой M находится на шероховатой наклонной плоскости (угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 30^\circ$, коэффициент трения $\mu = 0,3$). Чему равно максимальное значение массы m , при котором система грузов ещё не выходит из первоначального состояния покоя? Решение поясните схематичным рисунком с указанием используемых сил.

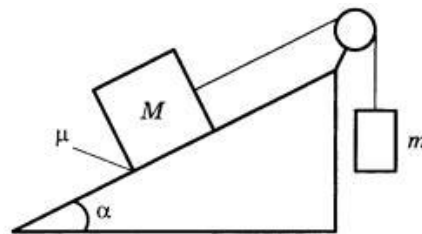


Рис. 4

Для получения правильного результата решающий помимо самой описанной в условии ситуации должен представить её модификацию – именно, состояние движения системы после того, как максимальное значение массы будет превышено. Только в результате указанной манипуляции будет правильно определено направление силы трения покоя в предельном случае.

Заключение. Для успешного решения задачи с нетривиальным содержанием первостепенное значение имеет этап формирования физической модели, который обязательно должен предшествовать написанию системы равенств. Успешность прохождения экзаменуемым этого этапа с выявлением дополнительных данных, скрытых в условии задачи, является надёжным индикатором развитости физического мышления.

Литература

1. Гиголо А. И., Демидова М. Ю. Особенности системы оценивания заданий с развёрнутым ответом в контрольных измерительных материалах по физике // Педагогические измерения. – 2019. – № 8. – С. 28–36.
2. Орлов В. А., Сауров Ю. А. Практика решения физических задач. 10-11 классы. Учебное пособие. – М.: Вентана-Граф, 2015. – 272 с.
3. Бутырский Г. А., Коршунова О. В. Подготовка к ЕГЭ по физике: учебное пособие. – Киров: ООО «Радуга-ПРЕСС», 2012. – 363 с.

А. П. Сорокин

Центр дополнительного образования одарённых школьников, Киров

О ПРОБЛЕМЕ ГРАНИЦ ПРИМЕНИМОСТИ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

В статье обозначена и расшифрована проблема границ применимости теоретических моделей при решении экспериментальных задач.

Ключевые слова: экспериментирование, моделирование, границы применимости, учебная деятельность, оценивание учащихся.

Зачастую решение идейных (!) экспериментальных задач по физике вызывает у учащихся большее затруднение, нежели решение теоретических, и тому есть объективные причины. Это, в большинстве случаев, и репродуктивный уровень выполнения лабораторных работ, и сокращение количества фронтальных и демонстрационных натуральных экспериментов на уроках, и излишне теоретизированный характер внеурочной деятельности.

И какими бы теоретическими познаниями не обладали школьники, научиться решать экспериментальные задачи они могут только на практике. Ведь только работая непосредственно с предложенным ограниченным набором оборудования, они начинают осваивать различные методы и приёмы, которые могут быть использованы для нахождения тех или иных физических величин. Этим экспериментальные задачи принципиально и отличаются от теоретических: в процессе их решения приходится не только получать конечные формулы и подставлять в них численные значения физических величин, но ещё и придумывать способы нахождения последних.

Кроме того, если при решении теоретических задач школьники регулярно используют те или иные физические модели (гладкая поверхность, невесомый рычаг и т. п.), то на практике всё это приходится учитывать (и шероховатость поверхности, и массу рычага и т. п.). И вот здесь школьники сталкиваются с проблемами. Конечно, все они разрешимы, но, чтобы уметь их преодолевать, необходимо, как уже было сказано, иметь определённый опыт – владеть определёнными методами и приёмами, а также иметь представление о том, какой из них и в каком случае лучше использовать. А для этого, несомненно, нужна практика. И чем больше, тем лучше.

А в силу уменьшения количества часов, отведённых на изучение курса физики, на уроках зачастую просто не удаётся выполнить даже экспериментальный минимум – все лабораторные работы, не говоря уже о решении творческих, нестандартных, а тем более задач повышенного уровня сложности, в том числе олимпиадных.

И когда школьники всё-таки начинают углублённо заниматься физикой, они начинают осваивать всё больше и больше разнообразных приёмов и методов решения экспериментальных задач, а точнее различных способов нахождения одних и тех же физических величин и рано или поздно сталкиваются с новой проблемой: границ применимости тех или иных теоретических моделей. И при решении очередной экспериментальной задачи, они оказываются перед выбором: какую из моделей использовать, чтобы попасть в так называемые «ворота» – диапазон верных значений физической величины – и это тоже проблема.

А ведь такое явление, когда одна и та же задача имеет несколько решений, на практике нередкое, и как в этом случае быть школьникам, особенно 7–8-х классов, которые пока ещё имеют слабые представления

о границах применимости того или иного приёма или метода, а точнее об их точности.

Рассмотрим обозначенную проблему на примере решения конкретной экспериментальной задачи, которая в тех или иных вариациях неоднократно встречалась на олимпиадах разного уровня.

Плотность монеты. Используя предложенное оборудование, определите плотность монеты номиналом 1 рубль.

Оборудование: деревянный брусок, прозрачный цилиндрический сосуд, деревянная линейка, 10 монет номиналом 1 рубль, вода, маркер.

Примечание: плотность воды $\rho_v = 1,0 \text{ г/см}^3$, площадь круга находится по формуле $S = \pi R^2$, где R – радиус.

Решение. Формула плотности $\rho_m = m_m / V_m$. Следовательно, для нахождения плотности монеты ρ_m необходимо найти её массу m_m и объём V_m .



Рис. Оборудование

Определение массы монеты m_m

Первый способ. Известно, что плавающее тело вытесняет жидкость по массе равную ему. Воспользуемся этим знанием. Поместим деревянный брусок с площадью основания ab в цилиндрический сосуд с водой. Отметим маркером глубину погруженной части бруска h_1 . После чего положим на него сверху k монет так, чтобы верхняя грань бруска всё ещё выступала над поверхностью воды. Отметим новый уровень глубины погруженной части бруска h_2 . По изменению глубины погружения бруска $(h_2 - h_1)$ вычислим массу одной монеты по формуле $m_m = ab(h_2 - h_1)\rho_v / k$.

Второй способ. Линейка, которая была использована для определения линейных размеров бруска, может быть использована в качестве рычага для определения массы монеты. Используя первый способ, определим массу деревянного бруска. Уравновесив линейку на краю стола, поместим на один из её концов n монет. На второй конец линейки положим брусок и будем сдвигать его вдоль линейки до тех пор, пока она не придёт в равновесие. Из правила моментов $nm_m g l_1 = m_b g l_2$ выразим массу монеты $m_m = m_b l_2 / (n l_1)$ и вычислим её.

Таким образом, используя предложенное оборудование, можно вычислить массу одной монеты двумя способами. И в каждом из них можно говорить о погрешностях измерения тех или иных физических величин (погрешность измерения линейных размеров бруска, впитывание воды бруском при погружении в воду и т. д.). Но, как нам кажется, оцениваться они должны одинаково, хотя бы потому что школьники догадываются до того, что для нахождения массы бруска в первом случае можно использовать условие плавания тел, а во втором – условие равновесия рычага. И это немаловажно, особенно если учитывать их возраст.

Определение объёма монеты V_m

Первый метод. Радиус монеты можно определить методом рядов. Совместив первую монету с нулевым делением шкалы линейки, будем класть монеты вплотную друг к другу на линейку до тех пор, пока очередная монета k не совпадёт с целым делением L на шкале. Тогда радиус одной монеты может быть найден по формуле $R_m = L/2k$. Толщину монеты также определим методом рядов. Сложив в стопку n монет, измерим её высоту H , тогда толщина одной монеты $h_m = H/n$. Так как форма монеты близка к цилиндрической, её объём – $V_m = \pi R_m^2 h_m$.

Второй метод. Известно, что тело, которое тонет, вытесняет жидкость равную ему по объёму. При помощи линейки определим радиус цилиндрического сосуда R_c . Налейм в сосуд воду и отметим маркером на его стенке уровень воды. Отпустим в воду k монет. Поставим на боковой поверхности вторую отметку уровня воды в сосуде. При помощи линейки определим изменение уровня воды в сосуде $h_{ж}$. Так как сосуд цилиндрической формы, объём одной монеты $V_m = \pi R_c^2 h_{ж} / k$.

Стоит отметить, что в первом методе мы пренебрегаем тем, что монета имеет ребра на боковой поверхности, а также углубления и выемки на стороне «орла» и «решки», с другой стороны, во втором методе нам приходится весьма грубо определять радиус цилиндрического сосуда. К тому же, если цилиндрический сосуд большого диаметра, то изменение уровня жидкости окажется незначительным, а, значит, погрешность метода будет большой. Но, так или иначе, вывод тот же: дети, находившие объём монеты первым или вторым способом, должны быть оценены одинаково.

Таким образом, определив массу и объём монеты одним из двух описанных выше способов, школьники смогут определить плотность монеты.

Заключение. С точки зрения школьников, методы определения массы и объёма тела абсолютно эквиваленты. Учитель в свою очередь должен помочь школьникам разобраться с тем, какие методы и когда лучше использовать, проанализировав совместно с учащимися их работы. Как уже было сказано, для школьников 7–8-го класса пока ещё сложно понять, какой из методов точнее и почему, в силу того, что их познания о погрешностях методов определения тех или иных физических величин ещё малы.

Литература

1. Разумовский В. Г., Сауров Ю. А. Методология деятельности экспериментирования как стратегического ресурса физического образования // Сибирский учитель. – 2012. – №2. – С. 5–13.
2. Майер В. В., Сауров Ю. А. Экспериментирование как методическая деятельность в обучении физике // Физическое образование в вузах. – 2018. – Т. 24, №2. – С. 5–18.
3. Сорокин А. П., Сауров Ю. А. О границах применимости эмпирического метода познания // Физика в школе. – 2019. – №2. – С. 21–26.

Л. В. Полев
КОГОВУ «Лицей № 9» города Слободского
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ
ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ**

В ходе решения задач возникает острая необходимость построения адекватной модели физических явлений и объектов в процессе деятельности по усвоению знаний.

Ключевые слова: физическая картина мира, принцип цикличности познания, этапы решения задач, универсальные учебные действия.

При реализации федерального государственного стандарта основного общего образования востребованы новые подходы к формированию знаний учащихся, основанные на предметных результатах и межпредметных понятиях. На первый план выступают универсальные учебные действия (УУД): личностные, регулятивные, познавательные и коммуникативные [5, с. 1].

Учебная деятельность по усвоению знаний может строиться на формировании умений моделировать физические явления и объекты при решении задач. Используя понятия физическая картина мира, метод цикличности познания, этапы решения задачи и универсальные учебные действия, можно построить систему деятельности по формированию умений моделирования явлений и объектов природы [4, с. 44].

Теоретическое содержание предмета, подтверждённое экспериментально, определяет механизмы формирования УУД и метапредметных знаний. В их основе лежит работа с физической задачей. Такая модель предполагает характер деятельности, отличающийся повышенной мотивацией, доступностью, сотрудничеством и открытостью.

Основными методами решения задач являются выделение – регулятивные УУД (умение самостоятельно планировать пути достижения целей), описание – регулятивные УУД (умение определять способы действий в рамках предложенных условий и требований), исследование – познавательные УУД (умение строить логическое рассуждение, умозаключение и делать выводы), экспериментальное моделирование физического явления – коммуникативные УУД (умение осознанно использовать речевые средства в соответствии с задачей коммуникации для выражения своих чувств, мыслей и потребностей для планирования и регуляции своей деятельности) [2, с. 89].

В основе модели формирования УУД и метапредметных знаний лежат взгляды на физическую картину мира [1, с. 7]. Цель заключается в формировании мировоззрения о познаваемости окружающего мира. Идеи, положенные в основу принципа цикличности [3, с. 3], и позволяют в полной мере реализовать поставленные задачи обучения и воспитания учащихся.

Физическая картина мира, принцип цикличности познания, этапы решения учебных задач и универсальные учебные действия можно объединить в теоретические и практические модели по каждой теме учеб-

ной программы основного общего образования в виде технологических карт (таблиц) в ходе подготовки и проведения учебных занятий, как для усвоения знаний, так и отработки практических навыков. Примером такой технологической карты урока может являться таблица, отражающая механическую картину мира.

Таблица

Механическая картина мира				
Механика	Теория	Принцип цикличности	Этапы решения задач	Универсальные учебные действия
Кинематика	Виды движения: • равномерное, • равноускоренное, • криволинейное, • колебательное	Факты	Анализ условия (выделение явления)	Личностные (владение навыками соотношения получаемой информации с принятыми в обществе моделями)
Динамика	Модели: • материальная точка, • твёрдое тело	Модель	Идея решения (графическое описание явления)	Регулятивные (умение самостоятельно планировать пути достижения целей)
Законы сохранения	Законы: • первый закон Ньютона, • второй закон Ньютона, • третий закон Ньютона, • закон всемирного тяготения, • закон Гука, • закон трения, • закон сохранения импульса, • закон сохранения энергии	Следствия	Решение (количественное описание явления)	Познавательные (умение применять знаки и символы, модели и схемы для решения учебных и познавательных задач)
Колебания и волны	Практическое обоснование: • опыты, • лабораторные работы, • исследовательские проекты, • компьютерное моделирование	Эксперимент	Анализ решения (исследование явления, модельный эксперимент)	Коммуникативные (умение организовывать учебное сотрудничество и совместную деятельность с учителем и сверстниками)

Построение таких моделей в процессе изучения теории, решения задачи, проведении эксперимента и исследования физического явления

позволяет в большей мере учитывать запросы общества на современном этапе развития образовательных стандартов. Учёт универсальных учебных действий, рассматриваемых в контексте принципа цикличности познания, позволит сформировать у школьников наиболее полную физическую картину мира.

Литература

1. Мултановский В. В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1977. – 168 с.
2. Полев Л. В. Физическая задача как средство формирования УУД и метапредметных знаний в сфере реализации ФГОС // Инновационные процессы в физико-математическом и информационно-технологическом образовании: Сборник материалов 1 областной научно-практической конференции учителей математики, информатики, физики, технологии /сост. М.В. Кузьмина, М.С. Давыдова. – Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2017. – 145 с.
3. Разумовский В. Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике. Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1975. – 272 с.
4. Сауров Ю. А., Сауров С. Ю. Научные картины мира: Элементы эпистемологии. – Киров, 2006. – 192 с.
5. Физика. 7–9 классы: рабочая программа к линии УМК А. В. Пёрышкина, Е. М. Гутник: учебно-методическое пособие / Н. В. Филонович, Е. М. Гутник. – М.: Дрофа, 2017. – 76 с.

Е. С. Седина

Вятский государственный университет

ОПЫТ КОНСТРУИРОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ В РАМКАХ ПРОЕКТА «САМОЛЁТ CESSNA 172»

В статье предлагается разработка ученического проекта в целях формирования познавательной активности школьников при конструировании моделей.

Ключевые слова: модели, конструирование, творческая деятельность, проект.

У большинства школьников познавательный интерес к изучению физики постепенно снижается. Это обусловлено разными факторами: строгим содержанием учебного материала, личными качествами учителя и ученика, недостаточностью времени для качественного усвоения учебного материала, влиянием окружающей среды (отношением родителей, знакомых, СМИ к данной области знаний), материально-технической базой и пр. [2]. Поэтому необходима внеурочная деятельность учащихся, участие школьников в различных олимпиадах и конкурсах, результатом которых станет развитие познавательной активности школьников, профессиональная ориентация учеников.

Мы предложили организацию внеурочной деятельности по физике в рамках проектной деятельности по конструированию моделей. Конструирование моделей позволит понимать устройство и принцип действия простых механизмов, их применение в быту. Чтобы реализовать проект, ученик под руководством учителя предварительно изучает литературу и создаёт конспект по следующему плану: название проекта, цель, оборудование, устройство, принцип действия модели, её применение. Данный

конспект ориентирует ученика чётко следовать технологии проекта. После его реализации, учащийся презентует проект перед аудиторией и отвечает на вопросы слушателей.

К концу учебного года мы попробовали представить несколько проектов учащихся МБОУ СОШ №14 на Всероссийском форуме «XV Молодёжные Циолковские Чтения» 2019 года. Одним из таких проектов стал проект «Самолёт CESSNA 172». Всероссийский форум включал в себя несколько секций: «Исследование космического пространства», «Философия космизма», «Космическая техника и технология», «История авиации и космонавтики», «Космос: медицина и экология», «Аэрокосмическое моделирование и макетирование», «Фантастика и космос». Наш проект соответствовал секции «Аэрокосмическое моделирование и макетирование», в которой рассматриваются модели и макеты дирижаблей, самолётов, вертолёт, ракетной и космической техники. «Самолёт CESSNA 172» был реализован ученицей 7 класса, входящей по положению форума в 1 возрастную категорию (от 14 до 18 лет). Выбор модели обусловлен тем, что Cessna 172 является самым массовым самолётом в истории авиации. Машина определила частную авиацию США и осуществила возможность простых людей пользоваться данным видом транспорта.

1. Цели и ценности. В ходе реализации проекта, нами была рассмотрена история и модификации самолёта [1], их отличия и ценовые категории. Цель проекта: создание модели самолёта Cessna 172, максимально похожего на оригинал. Для осуществления цели нами был выполнен эскиз модели, а также её чертёж с примерными расчётами: вид слева, вид сверху. Масштаб был выбран 1:20. В задачи проекта входили:

- установка и приведение в работу светодиодов на крыльях,
- установка и приведение в работу мотора (пропеллера),
- оформление работы.

2. Оборудование: картон, бутылка своеобразной формы, мотор, пенопласт, прозрачный пластик листовой, клей пистолет, гуашь чёрная и белая, акрил белый, текстурная паста, монеты (колеса), светодиоды, кнопки.

3. Принцип действия: на крыльях установлены красные светодиоды и пропеллер, которые приводятся в работу по нажатию кнопки, расположенной на боку самолёта. Объекты работают одновременно.

4. Особенности учебной деятельности при выполнении проекта. В деятельности учащихся при выполнении проекта выделяют три основных этапа: организационно-подготовительный, технологический, заключительный.

Организационно-подготовительный этап предполагает выбор и обоснование проекта, анализ планируемой деятельности. Анализ планируемой деятельности определил траекторию реализации технологического процесса. Конструкторско-технологическая документация отразила в выбранном масштабе эскизы и чертежи будущего проекта. В выполнении проекта самолёта Cessna 172 были выделены несколько моде-

лей, которые при объединении (обобщении) дают исходную модель: модель крыла самолёта, модель двигателя, модель освещения, модель колеса, модель корпуса самолёта.

После анализа планируемой деятельности определился выбор оптимального варианта конструкции, подбор материалов и др. Разработка отдельных моделей цельной конструкции реализована при помощи планирования технологического процесса.

Технологический этап предусматривает выполнение технологических операций над проектом, самоконтроль своей деятельности.

Заключительный этап предполагает контроль и испытание модели. Именно на этом этапе возможно выявление ошибок в работе изделия. По результатам испытаний работа дорабатывается или выносится на защиту. В проекте самолёта Cessna 172 в ходе испытаний было выявлено, что мощности двигателя недостаточно для обеспечения качественной яркости светодиодов в дневное время. Это позволило задуматься о доработке проекта. При подведении итогов недостаток был устранён путём замены двигателя на более мощный.

5. Презентация. Личное мнение ученицы: *«Над самолётом Cessna 172 я работала очень долго и старательно, пытаясь сделать его максимально похожим на оригинал! Я считаю, что выполнила все задачи, поставленные нами. Работа получилась яркая и интересная. Её увлекательно рассматривать, так как мы применили систему, приводящую механизмы в действие».*

6. Результат: в июне 2019 года проект «Самолёт CESSNA 172» был принят к рассмотрению и участию в заочном туре Всероссийского форума «XV Молодёжные Циолковские Чтения». В сентябре проект прошёл на очный этап, который состоит с 7 по 9 ноября 2019 года. На очном этапе форума будут выявлены победители. Конструирование модели позволило автору работы получить новые знания о реальном объекте, изучить простые механизмы, развить конструкторское мышление, фантазию. Это способствовало повышению познавательного интереса ученицы на уроках физики. В результате полученные знания, умения и навыки обеспечили быстрое и качественное усвоение содержания учебного материала в сравнении с другими учащимися 7 класса, повысилась успеваемость по предмету. Кроме того, конструирование моделей способствовало развитию личных качеств ученицы – аккуратности и старательности.

Литература

1. Корнеев В. М. Анализ конструкции и лётной эксплуатации функциональных систем самолёта Cessna 172. – М.: Изд-во: Издательские решения, 2018.



Рис. Внешний вид модели

2. Осяк С. А. Состояние проблемы познавательного интереса к физике в школьной практике // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015. – Т. 13. – С. 4201–4205. URL: <http://e-koncept.ru/2015/85841.htm>.

3. Сауров Ю. А., Коханов К. А. Экспериментирование и моделирование как коллективная познавательная деятельность в обучении физике // Вестник ВятГГУ. – 2014. – № 5. – С. 130–135. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentirovanie-i-modelirovanie-kak-kollektivnaya-poznavatel'naya-deyatelnost-v-obuchenii-fizike>.

Т. С. Шеромова, М. П. Уварова, А. А. Клименко

Вятский государственный университет

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАБОТЫ С МОДЕЛЬЮ РЕЗЕРФОРДА ПО РАССЕЯНИЮ АЛЬФА-ЧАСТИЦ

Обсуждаются методические аспекты работы с самодельной моделью опыта Резерфорда по рассеянию альфа-частиц.

Ключевые слова: строение атома, опыт Резерфорда, модель, моделирование, ситуационная задача с историческим содержанием.

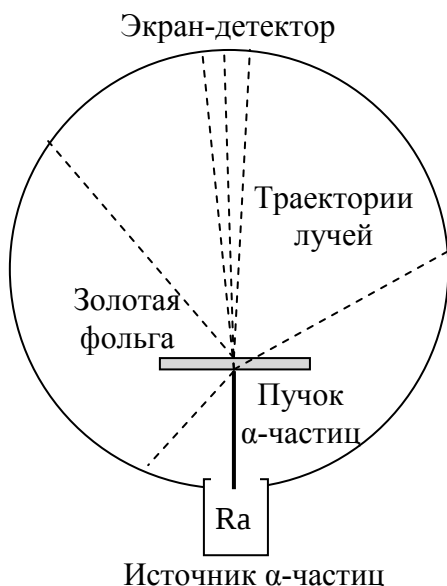


Рис. 1. Схема опыта



Рис. 2. Модель-установка

Моделирование как метод познания имеет большое значение при обучении физике, поскольку включает в себя построение или выбор готовых моделей и их изучение с целью получения новых знаний о физических явлениях. Зачастую по тем или иным причинам эксперимент не позволяет раскрыть нужные отношения между объектами, тогда мы переходим к модельному изучению явления. В этом случае моделировать мы можем лишь интересующие нас связи и процессы. Например, при изучении явлений микромира довольно трудно отобразить все процессы, и на учебной модели мы выделяем лишь существенные отношения, которые в довольно грубой форме позволят учащимся исследовать и объяснить изучаемое явление.

Существует большое разнообразие классификаций учебных моделей. В рамках публикации обсудим построение и применение конкретной физически подобной модели – модели строения атома, предложенной Э. Резерфордом.

Схема проведения опыта Резерфорда по исследованию строения атома представлена на рис. 1, фотография самодельной модели-установки – на рис. 2.

Технология изготовления модели под-

робно описана в публикации [1]. В качестве источника альфа-частиц используется «пушка», запускающая стеклянные шарики-частицы; золотую фольгу, ядра атомов имитируют тяжёлые металлические шарики; в качестве экрана-детектора используется специально изготовленная ловушка-приёмник с секциями. Наружная стенка приёмника закрыта прозрачной плёнкой для наблюдения статистики рассеяния.

Рассмотрим методические аспекты организации деятельности с моделью.

Модель можно использовать на уроках физики как в девятом, так и в одиннадцатом классе. Работа с ней предваряется рассказом учителя об истории развития представлений учёных об атоме, об открытии явления радиоактивности, о предположении Дж. Дж. Томсона по строению атома. При этом мы считаем, что для лучшего восприятия и дальнейшего понимания опытов по рассеянию альфа-частиц необходимо изобразить модель Томсона в виде рисунка (см. рис. 3), обратить внимание учащихся, что массы электронов, располагающихся в атоме незначительные.

Далее работа на уроке может строиться двумя разными способами: классическая беседа с классом или самостоятельная работа учащихся при решении ситуационной задачи с историческим содержанием.

Способ 1. Классическая структура урока

1. Рассказ учителя продолжается описанием различных экспериментов, проводимых Резерфордом с коллегами. Так, в 1907 году Резерфорд заметил, что направленные на слюду альфа-лучи отклонялись от своей траектории, однако найти причину этого явления в то время он не смог. Лишь в 1909 году вместе с Хансом Гейгером и студентом Эрнстом Марсденом Резерфорд возобновил эксперименты по направлению альфа-частиц на металлическую пластинку в вакуумной камере. Для того, чтобы альфа-частицы не полностью поглощались металлом, были использованы пластины из золотой фольги. Поскольку альфа-частицы непосредственно увидеть невозможно, для их фиксации использовался экран из сульфида цинка – при взаимодействии альфа-частиц с экраном наблюдались вспышки. Вся установка помещалась в сосуд, из которого был откачан воздух. *Вопрос для учащихся: почему из сосуда откачивали воздух? (Чтобы исключить рассеяние альфа-частиц за счёт их столкновения с молекулами воздуха.)* Учитель обсуждает схему опыта по рисунку и демонстрирует вещественную модель, однако при этом указывает, что на первоначальном этапе экран был расположен лишь позади пластинки, а не по всему периметру установки, как в модели.

2. Далее рассказ учитель может продолжать с применением модели. Вначале демонстрируется, что при отсутствии фольги траектории «шариков-частиц» остаются неизменными. Затем на пути распространения частиц «ставится фольга» – подвешиваются массивные металлические шарики. Проводится эксперимент, демонстрируется учащимся, что некоторые шарики изменили свою траекторию. Поясняем, что подобный результат всегда удивлял Резерфорда, поскольку эти незначи-

тельные отклонения противоречили модели атома Томсона. Возникали вопросы: если его модель верна, то с чем сталкивались частицы, что изменяло их траекторию? При обсуждении все результаты учитель должен фиксировать на доске в виде рисунка (рис. 4).

3. При размышлении над вопросами Резерфорд решил зафиксировать все возможные направления распространения альфа-частиц. Он поставил задачу перед Гейгером и Марсденом создать установку, в которой было бы расширено поле детектора вспышек. Так появилась та установка, которую мы видим (рис. 1 и 2). Дальнейшие эксперименты показали, что в некоторых случаях углы отклонения были от 90° до 180° , это доказывало, что строение атома не такое, как предсказывала модель Томсона. Было высказано предположение, что внутри атома есть что-то «твёрдое», но при этом оно занимает сравнительно небольшое пространство (рис. 5). Результаты эксперимента Гейгера и Марсдена были опубликованы в 1909 году.

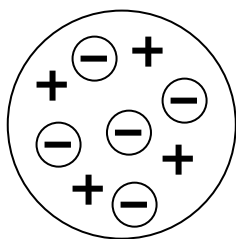


Рис. 3. Модель Томсона

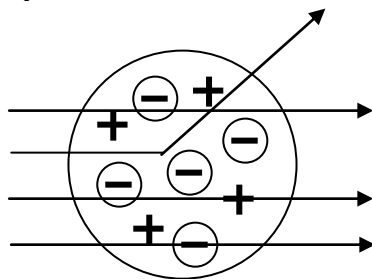


Рис. 4. Опыты по рассеянию частиц

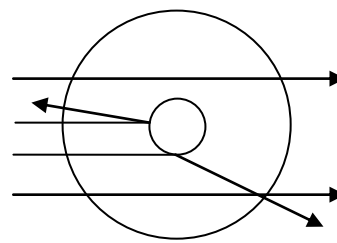


Рис. 5. Гипотеза Резерфорда

На этом этапе учащимся можно предложить поработать с моделью: «вместо золотой фольги использовать другой материал» повесить шарики с другими характеристиками – массой, размерами, расстоянием между частицами. Сделать выводы.

4. Резерфорд не мог интерпретировать результаты опубликованного эксперимента, поэтому, несмотря на полученную в 1908 году Нобелевскую премию, поступает в университет на курс теории вероятности и математической статистики. В итоге после обработки результатов Резерфорд пришёл к выводу, что существует небольшая внутренняя структура атома, и в 1911 году появилась статья «Рассеяние альфа- и бета-частиц веществом и структура атома». Но лишь спустя два года он ввёл понятие атомного ядра и предположил, что ядро имеет положительный заряд, а отрицательно заряженные частицы вращаются вокруг него. Этот вывод учитель фиксирует в виде рисунка и обращается к иллюстрации в учебнике.

Позднее, в 1918 году после обнаружения протона Резерфорд предположил, что атомное ядро нужно разделить на составляющие и изучить его строение.

5. В ходе работы с моделью, обсуждения результатов эксперимента делается вывод о важности следования научному методу познания и его потенциалу: сбор эмпирических и теоретических **фактов** – построение

той или иной **модели** – формулирование **следствий** – их **экспериментальная проверка**, нахождение границ применимости модели, дальнейшее уточнение модели или построение новой на основе новых фактов.

Способ 2. Решение ситуационной задачи с историческим содержанием [2, 3].

Ход урока в зависимости от особенностей детей может идти по разному плану. Учитель может разделить обучающихся на группы, например, по ведущим каналам восприятия информации: аудиалы, визуалы и кинестетики и, согласно особенностям, предложить логику деятельности, в которой начало работы соответствует основному каналу.

Вариативные методические алгоритмы работы с моделью.

Канал восприятия информации	1 этап	2 этап	3 этап	Рефлексия урока
Аудиалы	Эвристическая беседа	Ситуационная задача	Работа с моделью	
Визуалы	Ситуационная задача	Работа с моделью	Беседа, взаимопрос	
Кинестетики	Работа с моделью	Ситуационная задача	Беседа, взаимопрос	

Ситуационная задача «Опыт Резерфорда»

Давно известно, что любое тело состоит из молекул и атомов. Но из чего состоит атом, учёные смогли разгадать только в XX веке.

В 1906 году английский учёный Э. Резерфорд начал свои опыты. Конструкция экспериментальной установки была проста (рис. 1). Из цилиндрического сосуда с радиоактивным препаратом через узкое отверстие исходил поток α -частиц. Частицы затем попадали на золотую фольгу и, проходя через неё, ударялись о фотопластинку, на которой в местах удара частиц регистрировались вспышки света. Резерфорд заметил, что если в установке, в которой проводился эксперимент, находится воздух или какой-нибудь газ, то изображение вспышек становится размытым. Поэтому в конструкции был создан вакуум. Но даже в таких условиях некоторые α -частицы отскакивали от фольги назад. Такие результаты эксперимента заставили Резерфорда задуматься, от размышлял: «Неправдоподобно так же, как если бы вы выстрелили пятнадцатифутовым снарядом в папиросную бумагу, а снаряд отскочил бы обратно и убил бы вас самих!»

Объясняя результаты опытов, Резерфорд рассуждал следующим образом: α -частицы имеют положительный заряд. Если некоторые из них отталкиваются фольгой назад, то положительный заряд есть и в атомах фольги. Так как большая часть α -частиц пролетает сквозь фольгу, почти не отклоняясь, то положительный заряд атома занимает лишь малую часть каждого атома, это ядро атома. Посчитав частицы, отклоняющиеся после пролёта фольги на углы, определили приблизительные размеры ядра: около 10^{-14} м. Полученное число в 10 000 раз меньше размеров атома, поэтому Резерфорд предположил, что свободное пространство запол-

нено электронами. А вот каким образом в атоме расположены электроны и движутся ли они, в рамках своей модели Резерфорд не пояснял.

Экспериментальные результаты Резерфорда противоречили модели Томсона, согласно которым рассеяние частиц на большой угол является результатом их малых последовательных отклонений при столкновениях с атомами. Однако опыты Гейгера и Марсдена с очень тонкими фольгами неумолимо показывали, что большие отклонения α -частиц происходят при их однократном столкновении с атомами фольги.

Поэтому на основании проведённых опытов Резерфорд пришёл к выводам, что строение атома похоже на Солнечную систему. Ядро является аналогом Солнца, а электроны – планетами. Но планетарное строение атома лишь условно является сходным с Солнечной системой, и эта аналогия довольно обманчива.

Задания репродуктивного уровня (по тексту)

1. Выберите верные утверждения на основе текста.

А) Планетарная модель атома обоснована расчётами движения небесных тел.

Б) Планетарная модель атома обоснована расчётами опыта по рассеянию α -частиц.

В) Модель атома Резерфорда представляет атом как шар из протонов, окружённый поясом электронов.

Г) В опыте Резерфорда большая часть частиц не отклонялась, потому что ядро атома имеет положительный заряд.

Д) Планетарная модель атома основана на опытах по химическую получению новых веществ.

2. Объясните аналогию и суть высказывания Резерфорда про снаряд и бумагу.

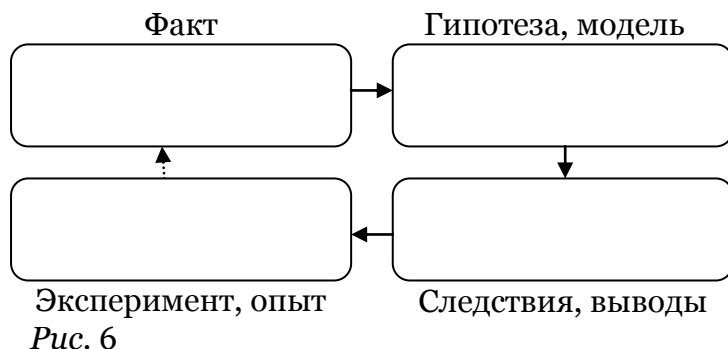
3. Что представлял собой атом согласно модели, представленной Э. Резерфордом? Укажите недостатки планетарной модели.

4. Заполните таблицу «Углы отклонения α -частиц».

Угол отклонения	$\sim 180^\circ$	$\sim 30^\circ$	$\sim 0^\circ$
Причина отклонения			

Задания, ориентированные на формирование метапредметных умений

5. Сформулируйте и сравните гипотезы Томсона и Резерфорда о строении атома. Укажите экспериментальные доказательства для подтверждения гипотез.



строении атома. Укажите экспериментальные доказательства для подтверждения гипотез.

6. Заполните схему «Цепочка научного познания» (рис. 6) для того факта, что часть α -частиц отскакивала назад от золотой фольги.

Групповая работа обучающихся

7. Поэтапно реконструируйте опыт Резерфорда, используя самодельную модель.

8. Продемонстрируйте на модели необходимость создания вакуума в установке. (Можно использовать дополнительные шарики для моделирования столкновений с частицами воздуха.)

9. Рассмотрите распределение частиц в ячейках приёмника. Почему большая часть частиц находится в середине? На что указывают отдельные частицы, находящиеся у источника частиц? Нарисуйте траекторию движения частиц.

10. Возможно ли с помощью данной модели ответить на вопросы: как расположены и как ведут себя электроны в атоме? Ответ продемонстрируйте.

11. Представьте, что вы α -частица. Вы пролетаете через узкое отверстие в пушке и стремитесь к золотой фольге. Напишите, что вы увидите вокруг, согласно современным представлениям о строении атома, и согласно планетарной модели Резерфорда. В чём различие?

Литература

1. Клименко А. А., Бутырский Г. А. Моделирование опытов Резерфорда по рассеиванию альфа-частиц // Познание процессов обучения. – 2013. – С. 33–34.

2. Медведев Л. Н. Тексты избранных лекций по дисциплине «История и методология физики» для магистрантов. URL: http://bio.sfu-kras.ru/files/2514_Istoriya_i_metodologiya_fiziki.pdf (дата обращения: 09.10.2019).

3. Монастырский Л. М. Физика. 7–9 классы. Тематические тесты. Подготовка к ГИА-9. – Ростов н/Д: Легион, 2013. – С. 130.

А. И. Рублев

МОАУ Лицей № 21 г. Кирова

МЫСЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА

Рассматривается теория и практика организации мысленного экспериментирования на уроке физики.

Ключевые слова: ФГОС, мысленный эксперимент, моделирование.

Постановка научно-методической проблемы. Согласно требованиям ФГОС при обучении физике должны формироваться следующие ключевые умения: «исследовать и анализировать разнообразные физические явления и свойства объектов, выдвигать гипотезы на основе знания основополагающих физических закономерностей и законов, проверять их экспериментальными средствами, формулируя цель исследования; владеть методами самостоятельного планирования и проведения физических экспериментов, описания и анализа полученной информации; создавать, применять и преобразовывать знаки и символы, модели и схемы для решения учебных и познавательных задач» [4].

Мы считаем, что эффективным приёмом формирования указанных умений является проведение мысленных экспериментов.

Однако на протяжении последних десятилетий вопросу организации этой деятельности уделяется недостаточное внимание.

Понятие мысленного эксперимента (МЭ). В научно-методической литературе существует большое количество определений понятия МЭ, одно из которых выглядит следующим образом. Мысленный эксперимент – вид познавательной деятельности, в которой ключевая для той или иной научной теории ситуация разыгрывается не в реальном эксперименте, а в воображении [2].

Но все они имеют общий смысл: во-первых, МЭ имеет деятельностную характеристику, во-вторых, МЭ направлен на построение модели и работу с ней (выбраковка, проверка условий «работы» модели, определение её границ применимости и т. д.).

Для мысленного экспериментирования характерны следующие основные черты:

- в МЭ создаётся идеальная модель, т. е. происходит идеализация факторов;
- в ходе МЭ расширяются границы применимости законов;
- при работе с созданной моделью происходит «логическая игра», то есть последовательность действий логична, подчиняется законам логики;
- выполняет прогностическую функцию – работая с моделью объекта или явления можно предсказать его поведение при изменении тех или иных условий.

Изучение реальности. Таким образом, МЭ при обучении имеет широкие возможности для развития мыслительной деятельности учащихся. Однако, на основании анализа методической литературы мы пришли к выводу, что методика реализации МЭ на уроках физики практически не развита, учителя организуют его стихийно, не осознавая, что по сути проводят МЭ. Вследствие этого у учащихся нет чёткого алгоритма действий, то есть при решении задачи, в которой напрямую предлагается провести МЭ, учащиеся теряются, не зная, как организовать свою деятельность. Для проверки данного предположения был проведён педагогический эксперимент среди учащихся 10 класса в рамках изучения механики на примере МЭ Галилея об одновременном падении тел.

При проведении эксперимента, мы осознавали, что учащиеся не смогут сделать вывод подобно Галилею, но это и не было нашей целью. Цель данного педагогического эксперимента:

- зафиксировать, как учащиеся умеют строить модели явлений;
- увидеть, с чем учащиеся будут проводить работу (в данном эксперименте необходимо проводить работу с t (время), а не с массой, скоростью и ускорением тел);
- проверить понимание учащимися причинно-следственных связей.

Для решения была предложена следующая задача. Согласно взглядам Аристотеля тяжёлые тела (H) падают на землю быстрее, чем лёгкие (L): ($t_H < t_L$). Галилео Галилей попытался показать противоречивость этого утверждения с помощью мысленного эксперимента. Попробуйте воспроизвести мысленный эксперимент Галилея и проанализируйте его результаты [3].

Её решение выглядит следующим образом:

Соединим более тяжёлый объект (H), например, пушечное ядро, с более лёгким объектом (L), например, мушкетной пулей, в один составной объект ($H + L$). Такой составной объект должен падать с большей скоростью, чем пушечное ядро, взятое отдельно. С другой стороны, тот же самый составной объект ($H + L$) должен падать медленнее, чем пушечное ядро, так как мушкетная пуля (L) будет тормозить ядро (H). Таким образом, возникает противоречие: ($t_{H+L} > t_H$) и одновременно ($t_H > t_{H+L}$). Следовательно, необходимо отказаться от аристотелевской точки зрения и признать, что и лёгкие, и тяжёлые тела падают на землю с одинаковой скоростью ($t_H = t_L = t_{H+L}$)¹.

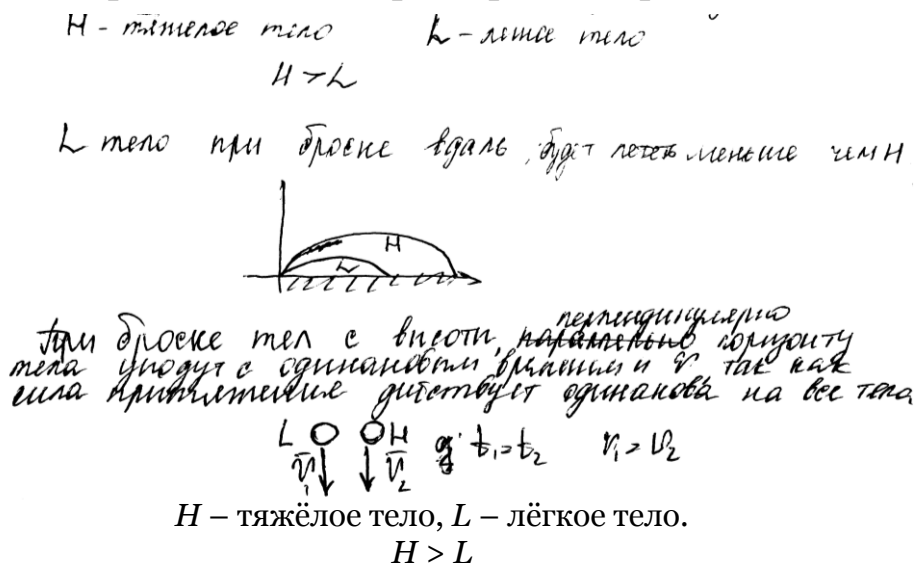
Анализ работ учащихся позволяет сделать следующие выводы.

1. Практически ни у кого не получилось доказать логическую противоречивость взглядов Аристотеля относительно скорости падения лёгких и тяжёлых тел, однако единичные учащиеся выполнили задание более успешно.

2. Учащиеся не умеют правильно выбирать модель: некоторые ученики лёгкое тело представляют в виде пушинки, а тяжёлое – в виде гири, вследствие такого выбора появляются факторы, которые влияют на исход эксперимента, например, появляется сопротивление воздуха.

3. Отсутствие или неверное выполнение иллюстрации (рис. 1).

4. Непонимание условия задачи, замена причины следствием. Предлагаемый мысленный эксперимент был направлен на то, чтобы доказать существование



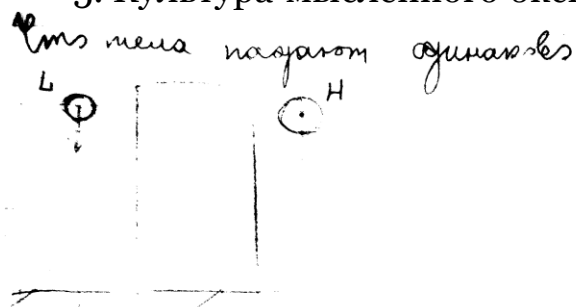
L тело при броске вдаль будет лететь меньше, чем H. При броске тел с высоты перпендикулярно горизонту тела упадут за одинаковое время одинаковой скоростью, так как сила сопротивления действует одинаково на все тела.

Рис. 1

¹<http://plato.stanford.edu/entries/thought-experiment/>

одинаковой причины падения лёгкого и тяжёлого тела. То есть на получение вывода о некой постоянной – ускорении свободного падения. Однако, при рассуждениях большинство учащихся пытались использовать знание об ускорении как готовое (рис. 2).

5. Культура мысленного эксперимента не сформирована, в частности, нарушается логика при рассуждениях, отсутствует знание последовательности выполняемых действий при решении подобных задач (рис. 2).



Земля притягивает тела с одинаковой силой. Тела в начале имеют нулевую скорость. Следовательно, все тела падают одинаково. Земля и влияет на их падение.

Тела падают одинаково.

Земля притягивает тела с одинаковой силой. Тела вначале имеют нулевую скорость. Следовательно, на тела действует только Земля, и она влияет на их падение.

Рис. 2

сти, нарушается логика при рассуждениях, отсутствует знание последовательности выполняемых действий при решении подобных задач (рис. 2).

Таким образом, педагогический эксперимент показал необходимость построения методики проведения мысленных экспериментов. На наш взгляд, можно предложить следующие идеи для её построения.

Методические решения по организации мысленного эксперимента на уроке физики

Поскольку, согласно требованиям ФГОС, у учащихся должна формироваться самостоятельность при выполнении учебных действий, важно научить их логике проведения МЭ. На определённом этапе роль учителя как источника знаний сменится на роль помощника и эксперта в отбраковке и корректировке построенной учащимися модели.

Необходимо повышение мотивации учащихся в использовании МЭ при решении задач, целенаправленное освоение деятельности моделирования.

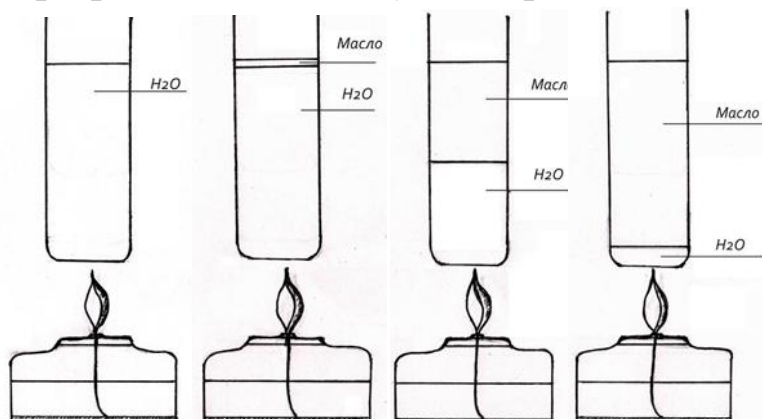


Рис. 3

Рис. 4

Рис. 5

Рис. 6

Учащиеся должны осознавать значимость проведения мысленного эксперимента, поэтому им необходимо предложить задачу, решение которой существенно упрощается при применении МЭ. Рассмотрим такой пример.

В первой пробирке налита только вода (рис. 3), во второй – вода с добавлени-

ем нескольких капель растительного масла (рис. 4), в третьей – вода с равным по объёму количеством масла (рис. 5), в четвертой – с большим, чем у воды, объёмом масла (рис. 6). Первоначальная температура во всех случаях одинакова.

К данному сюжету были поставлены следующие вопросы – гипотезы.

– В каком случае, и почему вода в пробирке закипит быстрее (рис. 3, рис. 4)?

– Что будет происходить с жидкостью при нагревании?

– Как влияет давление на кипении в пробирках?

– Будет ли одинаковой температура кипения жидкости во всех пробирках?

– Что будет происходить при кипении вещества в пробирках?

– Как будет происходить процесс кипения, если добавить внешний фактор (рис. 7)?

– Какие физические явления можно наблюдать в данном эксперименте?

– Изменится ли результат (скорость закипания), если увеличить/уменьшить объём воды в пробирках?

– Как изменится эксперимент, если вместо масла добавить в пробирку керосин?

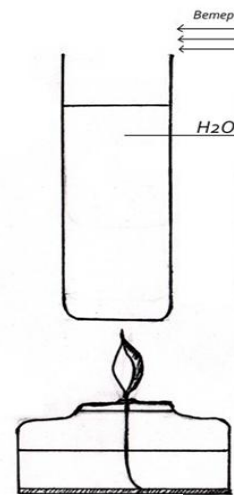


Рис. 7

Выводы. Таким образом, МЭ выполняет важнейшие познавательные функции:

1) интерпретации – данная функция даёт первичное понимания смысла физической теории;

2) анализа – в ходе проведения МЭ учащиеся анализируют явления, границы применимости законов и др.;

3) универсальности использования – МЭ можно использовать всегда;

4) самостоятельности – мысленный эксперимент проводится учащимся самостоятельно, учитель выступает лишь в роли наставника, помощника и эксперта.

Литература

1. Абушенко В. Л. Мысленный эксперимент // Философский словарь. URL: <http://bdn-steiner.ru/glossword/index.php/term/>.

2. Гелясин А. Е. Мысленный эксперимент в физике. URL: <http://www.alsak.ru/item/192-4.html>.

3. Илларионов С. В. Мысленный эксперимент в физике, его сущность и функции // Теория познания и философия науки. – М., 2007. – С. 379–397.

4. Примерная основная образовательная программа образовательного учреждения. Основная школа. – М.: Просвещение, 2011. – 342 с.

5. Рублев А. И. Методика использования мысленных экспериментов в курсе физики старшей школы: дипломная работа. – Киров, 2014. – 53 с.

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

Н. А. Антонова

Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет

О ФОРМИРОВАНИИ ГОТОВНОСТИ СТУДЕНТОВ К ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПО ФИЗИКЕ

В статье рассматривается особенность методической подготовки студентов бакалавриата и магистратуры по направлению «педагогическое образование». Выделены основные требования к деятельности учителя физики по решению учебных задач.

Ключевые слова: профильное обучение, химико-биологический профиль, студенты бакалавриата и магистратуры, знания, умения.

Постановка дидактической проблемы. Особенности организации учебного процесса по непрофильным дисциплинам в профильных классах заключаются в том, что процесс строится с учётом интересов обучающихся, межпредметных связей непрофильных и профильных предметов, возможностью формирования у обучающихся навыков самообразования и расширения кругозора, развития познавательного процесса, технического мышления [5, 7].

Анализ нормативных документов по подготовке педагогов, публикаций по формированию готовности будущих учителей физики к осуществлению своей профессиональной деятельности при организации учебного процесса по физике на базовом уровне в профильных классах, показал, **какими знаниями и умениями они должны владеть** [2, 3, 9]:

1. Знать особенности профильного и пред-профильного обучения физике в школе, в частности химико-биологического профиля (специфика, цели, требования к содержанию образования, методические приемы).

2. Осуществлять отбор учебного материала для осуществления межпредметных связей физики и химии-биологии.

3. Подбирать и конструировать задачи разного типа (в том числе экспериментальные и профессионально-ориентированные), учитывая специфику химико-биологического профиля.

4. Формировать у обучающихся умения решать экспериментальные и профессионально-ориентированные задачи. Эти умения определяются выделением следующих операций в структуре деятельности по решению задач:

- определять темы разделов школьного курса физики, в которых можно использовать экспериментальные и профессионально-ориентированные задачи;

- определить содержание материала (понятия, законы, модели, методы) из выделенных разделов школьного курса физики, используемого при выполнении экспериментальных и профессионально-ориентированных задач;

- знать особенности методики решения и методики обучения решению учебных физических задач, в том числе использование моделей при решении задач;

- сформировать у обучающихся структуру деятельности по решению экспериментальных и профессионально-ориентированных задач по всем разделам школьного курса физики;

- сформировать у обучающихся умение (самостоятельно) решать экспериментальные и профессионально-ориентированные задачи;

- определять уровень сформированности умения каждого обучающегося решать экспериментальные и профессионально-ориентированные задачи.

5. Формировать у обучающихся универсальные учебные действия, необходимые для выполнения проектной деятельности и решение экспериментальных и профессионально-ориентированных задач [1, 4, 6, 8].

Факты реального процесса. В процессе нашего исследования, с целью выяснения готовности будущих учителей организовывать учебный процесс по физике в химико-биологическом классе, мы предложили студентам бакалавриата (28 человек) и магистратуры (28 человек) выполнить задания по методике изучения темы «Оптика». Представим содержание этого задания:

1. Установите соответствие между видом задачи и её характеристикой. Ответ запишите в таблице ответов.

	<i>Вид задачи</i>		<i>Характеристика вида задачи</i>
А)	творческие задачи	1	задачи, условие и требование которых определяют собой модель некоторой ситуации, возникающей в профессиональной деятельности, а исследование этой ситуации средствами физики способствует профессиональному развитию личности обучающегося
Б)	профессионально-ориентированные задачи	2	это задачи, в которых сформулировано определенное требование, выполнимое на основе знания физических законов, но в которых отсутствуют какие-либо прямые и косвенные указания на те физические явления, законами которых следует воспользоваться для решения этих задач
В)	качественные задачи	3	задачи, в которых эксперимент служит средством определения некоторых исходных величин, необходимых, для решения; даёт ответ на поставленный в ней вопрос или является средством проверки сделанных согласно условию расчётов
Г)	экспериментальные задачи	4	задачи, в которой ставится для разрешения одна из проблем, связанная с качественной стороной рассматриваемого физического явления, которая решается путём логических умозаключений, основывающихся на законах физики, построения чертежа или выполнения эксперимента, но без применения математических действий

Таблица ответов:

А	Б	В	Г

2. Используя характеристику видов задач, распределите из предложенного списка задачи, указав их номера в таблице.

1) Врач осматривает гортань пациента с помощью плоского зеркала. На сколько отклонится отражённый от зеркала световой луч при повороте зеркала на 10° ?

2) Одним из ранних диагностических признаков возникновения катаракты (помутнение хрусталика) является то, что человек начинает видеть радужные кольца, окружающие источник света. В чём причина этого явления?

3) Определите оптическую силу глаза человека, если она для роговицы составляет +40 дптр, а для хрусталика +20 дптр.

4) Близорукий ученик воспринимает буквы, написанные на доске расплывчатыми, нечёткими. Ему приходится напрягать зрение, чтобы аккомодировать глаз то на доску, то на тетрадь, что вредно как для зрительной, так и для нервной системы. Предложите конструкцию таких очков для школьников, чтобы избежать напряжения при чтении текста с доски.

5) Предложите способ, с помощью которого можно определить, какой дефект зрения корректируют те или иные очки. Постарайтесь найти несколько разных очков (попросите у домашних, соседей и т. д.) и убедитесь в правильности своего способа.

6) Спланируйте и проведите опыт по проверке вида печатных букв русского алфавита, изображение которых при отражении не искажает информации в плоском зеркале. Сделайте вывод.

7) Напишите на листе бумаги (физика, оптика, школа и любые 2 слова). Лист с написанными словами расположите перед зеркалом. Какие трудности возникают при прочтении изображения слов, изображённых в зеркале? Напишите на этом же листе бумаги зеркальное изображение слов и снова поднесите их к зеркалу. Прочтите изображение написанного. Сделайте вывод, какое изображение даёт плоское зеркало.

8) Используя собирающую линзу, экран, линейку, лампу на подставке, источник тока, соединительные провода, ключ, соберите экспериментальную установку для определения фокусного расстояния линзы, и получите изображения, когда источник света расположен между фокусом и двойным фокусом и за двойным фокусом.

9) Находясь в комнате, освещённой электрической лампой, нужно узнать, какая из двух собирающих линз с одинаковыми диаметрами имеет большую оптическую силу. Никаких специальных приборов для этой цели не дано. Укажите способ решения.

10) Какими будут изображения букв этой строки, если рассматривать их с помощью рассеивающей линзы: прямыми или перевёрнутыми; увеличенными или уменьшенными; мнимыми или действительными?

11) Предложите, как экспериментально определить фокусное расстояние и оптическую силу линзы очков. Для каких очков это можно сделать?

12) Какова скорость света в алмазе, если показатель преломления равен 2,4?

13) Как нужно поставить плоское зеркало на нарисованный квадрат, чтобы получить изображения трёх-, четырёх- и пятиугольника?

14) В летний солнечный день асфальтовое шоссе кажется блестящим, если смотреть на него вдаль. Почему?

Пример профессионально-ориентированной задачи	Пример экспериментальной профессионально-ориентированной задачи

3. Учитывая дефиницию понятия «экспериментальная задача» и примеры данного вида задач, приведённые в задании 2, предложите алгоритм выполнения экспериментальных задач по теме «Изучение свойств изображения в плоском зеркале» и опишите методику ознакомления обучающихся с данным алгоритмом.

4. Учитывая дефиницию понятия «профессионально-ориентированная задача» и примеры данного вида задач, приведённые в задании 2, предложите алгоритм выполнения профессионально-ориентированных задач по теме «Оптические приборы. Очки» и опишите методику ознакомления обучающихся с данным алгоритмом.

5. Предложите фрагмент одного из этапов урока (вхождения, изучения, закрепления) по теме «Глаз и зрение», иллюстрирующий приём работы с профессионально-ориентированными задачами. Выделите планируемые результаты освоения материала.

Анализируя ответы на предложенные задания, мы установили, что респонденты испытывают затруднения:

1) в определении недостающих сведений для решения предлагаемой дидактической ситуации (бакалавры – 64,2 %, магистранты – 58,3%);

2) в проявлении творческого подхода к её решению (бакалавры – 58,3%, магистранты – 32,1%);

3) в применении требований ФГОС основного и среднего образования по физике (бакалавры – 58,3 %, магистранты – 28,6%);

4) в применении знаний о деятельности учителя по проектированию и организации учебных занятий и внеурочной деятельности по физике (бакалавры – 58,3 %, магистранты – 28,6%).

Итак, понимание проблем подготовки студентов позволяет эффективно планировать соответствующие средства обучения.

Литература

1. Антонова Н. А. Методическая подготовка студентов бакалавриата по направлению подготовки «педагогическое образование» средствами экспериментальных задач // Актуальные проблемы развития среднего и высшего образования: XIV Межвузовский сборник научных трудов. – Челябинск: Край Ра, 2018. – С. 223–229.

2. Антонова Н. А., Шефер О. Р. Анализ самооценки готовности студентов бакалавриата по направлению подготовки «педагогическое образование» к педагогической практике // Актуальные проблемы науки и образования в современном вузе: сборник трудов IV Международной научно-практической конференции, Республика

Башкортостан, в г. Стерлитамак, 23–25 мая 2019 г. Т. II / отв. ред. А. Л. Галиев. – Стерлитамак, 2019. – С. 386–391.

3. Даммер М. Д., Рогозин С. А., Шамаева Т. Н. Задания в тестовой форме как средство диагностики методической подготовки будущего учителя физики: монография. – Челябинск: Центр научного сотрудничества, 2013. – 118 с.

4. Даммер М. Д. Подготовка студентов к реализации метапредметности в обучении физике. – М.: ИСРО РАО, 2016. – С. 3–4.

5. Капралов А. И., Шефер О. Р. Реалии и перспективы сохранения в отечественной школе компонента политехнической направленности обучения физике // Инновации в образовании. – 2016. – №3. – С. 105–113.

6. Лебедева Т. Н., Шефер О. Р. Влияние внутриличностного конфликта на достижение планируемых результатов освоения основной образовательной программы бакалавров и магистрантов // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. – 2018. – №6. – С. 145–158.

7. Шефер О. Р., Антонова Н. А. Особенности преподавания физики в классах химико-биологического профиля // Физика в школе. – 2019. – № 3. – С. 31–38.

8. Шефер О. Р., Крайнева С. В. Подходы к психологическому исследованию формирования учебно-профессиональной мотивации высшего образования // Психология обучения. – 2017. – №12. – С. 82–94.

9. Шефер О. Р., Мокляк Д. С. Готовность будущих учителей к организации проектной деятельности обучающихся // Профессиональное образование. Столица. – 2018. – №8. – С. 40–42.

V. НАША ПАМЯТЬ

Ю. А. Сауров

Вятский государственный университет

ТВОРЧЕСТВО И ДЕЛА НАШЕГО ЗЕМЛЯКА ВИКТОРА АНАТОЛЬЕВИЧА КОНДАКОВА

(к 100-летию со дня рождения)

В статье на историческом материале публикаций задаётся обобщённый творческий и жизненный портрет известного методиста-физика В. А. Кондакова как талантливой мыслителя, исследователя, практикующего учёного.

Ключевые слова: методология, познание, дидактика физики, исследования, физические модели, управление учебной деятельностью.

Думается, достаточно обоснованно считать, что идейное становление вятской научной школы методистов-физиков связано с именем Виктора Анатольевича Кондакова (1920–1991).

1. Из истории жизни и деятельности в Кирове. Виктор Анатольевич Кондаков родился 21 сентября 1920 года в городе Яранске Кировской области. Его мать была учительницей, а отец, Анатолий Иванович, — один из первых выпускников Вятского учительского института, позднее стал выдающимся педагогом, известным всей стране как «вятский Макаренко». С 1939 по 1946 год Виктор Анатольевич проходил службу в армии, был награждён орденом «Красной Звезды», медалью «За победу над Германией», демобилизовался в звании капитана.

В 1946 году В. А. Кондаков становится студентом физико-математического факультета Кировского педагогического института. На протяжении всех лет обучения в институте он активно участвует в научной работе, выполняет различные общественные поручения: член партбюро, председатель Совета научного общества студентов института. Настойчивая работа приносит результаты: В. А. Кондаков — участник трёх научных студенческих конференций. На первой Всероссийской научной конференции студентов педвузов в 1948 году он сделал доклад на тему «Электрические аналогии механических и смешанных систем». На третьем курсе он участвует в исследовании научно-методического характера «Изучение гироскопических явлений на внеклассных занятиях в средней школе», которое получило положительный отзыв Министерства просвещения РСФСР. Летом 1949 года В. А. Кондаков принимал участие в работах кафедры над вопросами турбулентности приземного слоя атмосферы. Им проводились суточные наблюдения за скоростью ветра и вертикальным профилем температуры.

«Ярко выраженные стремления к научно-исследовательской работе, хорошее владение специальностью, умение самостоятельно ставить и разрешать научные проблемы даёт основание кафедре общей физики считать Кондакова В. А. достойным быть выдвинутым в число кандидатов в аспирантуру кафедры», — так было написано в рекомендации учёному Совету института, подписанной заведующим

кафедрой В. Б. Милиным и деканом факультета И. И. Бессоновым. С 1950 года по 1953 год В. А. Кондаков учится в аспирантуре кафедры общей физики по специальности «Методика преподавания физики» под научным руководством профессора В. Б. Милина. Одновременно Виктор Анатольевич работает учителем физики в базовой средней школе № 16 г. Кирова. После окончания аспирантуры он остаётся старшим преподавателем на кафедре общей физики и продолжает работу над кандидатской диссертацией по методике физики на тему «Использование геофизического материала на уроках и внеклассных занятиях по физике в средней школе». В 1954 году по результатам защиты диссертации В. А. Кондакову присуждена учёная степень кандидата педагогических наук, по конкурсу он избирается заведующим кафедрой общей физики. В 1956 году ему присуждается учёное звание доцента [1, с. 14–19].

Во время работы в институте Виктор Анатольевич читал лекционные курсы по методике физики, теоретической физике и оптике, проводил практические занятия по механике и теплоте, электричеству, методике и технике школьного физического эксперимента, руководил педагогической практикой студентов. Исполняя обязанности заведующего крупной кафедрой общей физики, он большое внимание уделял вопросам творческого содружества кафедры со школами области в подготовке студентов факультета к осуществлению политехнического обучения в школе. С самого начала своей научно-педагогической деятельности В. А. Кондаков проявляет себя как талантливый, хорошо подготовленный физик-методист, умеющий ставить педагогический эксперимент и вести научную работу по методике преподавания физики.

В эти годы на кафедре происходят существенные перемены. Большое внимание уделяется проблемам повышения эффективности обучения, поиску новых приёмов преподавания. Под непосредственным руководством Виктора Анатольевича на кафедре организована аспирантура по специальности «Методика преподавания физики». В аспирантуре учились Н. Н. Цвейтова (Новоселова), М. И. Борисова, Н. А. Кокорин, И. К. Капитонов, некоторое время – В. В. Мултановский, С. А. Хорошавин. Но удачно начатая в институте деятельность В. А. Кондакова прервалась, в 1961 году он уехал из Кирова. Сам Виктор Анатольевич оценивал годы работы в институте как «очень светлое, насыщенное активнейшей деятельностью, очень продуктивное и счастливое время». Отъезд В. А. Кондакова, естественно, осложнил положение аспирантов. Из них только И. К. Капитонов позднее защитил диссертацию под его научным руководством на тему «Роль и место кино в формировании физических понятий у учащихся общеобразовательной школы взрослых» (Куйбышев, 1965). Даже с позиций сегодняшнего времени эта диссертация выполнена качественно, на богатом, в том числе и зарубежном, материале, основные её положения не устарели. Сама постановка проблемы о формировании понятий характерна и для

других вятских методистов: этому посвящены кандидатские диссертации В. В. Мултановского, Н. А. Кокорина, Ю. А. Саурова.

2. Достижения в творчестве. Талант В. А. Кондакова в полной мере реализовался уже во время работы в Куйбышевском пединституте. Там в 60–70-х годах он основал и возглавил кафедру методики физики, одну из немногих в стране. Там он вёл аспирантуру, там вышли его основные труды. Но многие идеи, т. е. научный задел, возникли ещё в Кирове. Характерной чертой подавляющего числа публикаций В. А. Кондакова является сочетание «хорошей физики» с глубокими психолого-дидактическими представлениями об учебном процессе. В области методики он одним из первых развивает идеи системного подхода по описанию методических явлений, причём делает это с удивительной настойчивостью и последовательностью всю свою жизнь. Отсюда его постоянный интерес к методологическим проблемам методики физики, в частности к проведению экспериментального дидактического исследования. Более тридцати лет идеи В. А. Кондакова о построении систем знаний, о моделировании учебно-познавательных систем, о генерализации учебного материала не теряют своего научного значения. Фактически сознательно поставленную В. А. Кондаковым задачу создания общей теории моделирования психолого-педагогических объектов решали при выполнении докторских диссертаций и исследования В. В. Мултановского и Ю. А. Саурова. В частности, конструирование моделей уроков соответствует отмеченной ещё В. А. Кондаковым тенденции придания «интегрального вида» дидактическим моделям. И во многих других случаях обнаруживается удивительное единство идей, подходов, направлений в работах вятских методистов-физиков.

Обратимся к некоторым результатам научной работы В. А. Кондакова под этим углом зрения.

В кандидатской диссертации решались три основные задачи: раскрыть значение геофизического материала для обучения физике; подобрать доступный геофизический материал; разработать методику его использования в школе. В результате исследования был получен добротный материал для проведения занятий: тематика кружковых занятий, инструкций новых лабораторных работ, рекомендации по самостоятельному изготовлению оборудования и др. Главной особенностью работы В. А. Кондакова, по нашему мнению, является широкий взгляд на проблему: рассматривается большое количество тем, привлекается разнообразный физический материал, используется комплекс перспективных приёмов от наблюдения явлений в природе до уроков обобщений. В целом первый этап научной деятельности В. А. Кондакова характерен его интересом к использованию прикладного материала в обучении физике (статьи: «Внеклассное занятие на тему о физических свойствах полупроводников», «Опыт изучения основ промышленного производства на примере

станкостроительного завода» в сб. «Вопросы преподавания физики и математики в средней школе», Киров, 1959). При этом в полной мере проявляются широта его взглядов, владение материалом.

В 1970 году в издательстве «Просвещение» вышла книга В. А. Кондакова «Строение и свойства вещества». Она предназначалась для факультативов, но фактически была не востребована, хотя идеи и решения не потеряли своего значения до настоящего времени. В частности, свойства вещества рассматривались на квантово-механической основе. Характерна следующая позиция автора: «От того, что форма существования (движения) электрона в атоме отображается в науке с помощью понятий вероятности, электрон не теряет свою реальность, он продолжает быть именно частицей материи» (с. 78). Интересно сравнить такой взгляд с идеей статьи Ю. А. Саурова «О дуализме» (Физика в школе. 1991. № 2). В своей докторской диссертации В. В. Мултановский в одном из вариантов структуры школьного курса предлагал изучение свойств вещества после квантовой физики, что принципиальнее и последовательнее реализовывало подход В. А. Кондакова. Интерес вятских методистов к рассмотрению вопросов современной физики (СТО и квантовой физики) удивительно устойчиво сохраняется уже пятьдесят лет. И достижения здесь существенны для теории обучения физике.

В автореферате докторской диссертации Ю. А. Саурова достаточно обобщённо обозначена идейная позиция В. А. Кондакова в методической науке. Приведём её: «В дидактике при системном подходе к процессу обучения центральным звеном познавательной педагогической системы «учебное знание – ученик – учитель» является ученик. Изменение состояния такой системы происходит в результате учебной деятельности. Для целенаправленного изменения характеристик субъекта учебное знание и управление познавательной деятельностью должны удовлетворять ряду требований. В учебном знании должны найти отражение характеристики познавательной и управляющей деятельности – методы, виды, типы, приёмы деятельности (В. А. Кондаков). Ключом к пониманию изменения состояния педагогической системы является изменение состояний всех взаимодействующих элементов системы» [9, с. 4]. На протяжении многих лет В. А. Кондаков разрабатывал данный подход. Наиболее последовательно он раскрыт в курсе лекций «Дидактические основы построения учебных систем знаний по физике» (Куйбышев, 1977. 47 с.). В аннотации автор писал: «Спецкурс читается студентам-физикам пединститута с целью углубления их подготовки по теории обучения физике в школе. С позиции частной дидактики он раскрывает основы логической организации учебных систем знания, показывает перспективы совершенствования содержания учебного знания по физике... Курс вводит студентов в область современных методов частнодидактического исследования (системный подход, моделирование, качественно-

критериальный анализ, математический метод и другие)». Здесь же он обосновывает необходимость нового понятия в педагогике — «функциональность учебного знания». И хотя в наше время практически в каждом исследовании по теории и методике обучения физике используется этот взгляд, но должного осознания все же нет, на работы В. А. Кондакова редко делаются ссылки. А жаль. Объективно это объясняется тем, что в своих научных изысканиях В. А. Кондаков в определённой мере опередил время. Написанные на строгом, несколько сухом языке его работы рассчитаны не на лёгкое чтение. К тому же не было должной пропаганды его идей.

Только сейчас в массовой практике (не надо забывать, что методика физики – прикладная наука) начинает реализовываться подход сознательного управления учебным познанием. Ещё в 1974 году по этому поводу В. А. Кондаков занимал жёсткую позицию. Он писал: «Методика физики, как и другие частные дидактики, имеет тенденцию всё более превращаться в теорию управления обучением. Эффективность управления обучением сильно зависит от умения точно воссоздать и прогнозировать ход реального познавательного процесса (такое чёткое разделение реальности и средств описания в методике и сейчас встречается нечасто. Вставка наша. – Ю. С.). Перспективным путём повышения точности описания и прогнозирования дидактических процессов признается ныне моделирование, необходимым моментом которого является тщательный анализ структуры и функциональных свойств каждой из сторон исследуемого процесса. Результаты такого анализа могут быть достаточно полно и чётко синтезированы в функционально-структурных моделях класса «объект — субъект — управление». (Современные проблемы методики физики. Куйбышев, 1974. Вып. 3. С. 75.)

Заключение. По стилю научной деятельности В. А. Кондаков был одновременно и теоретиком, и практиком, сочетал в отношении к предмету глубокое знание физики, логики, психологии, методики. При этом всегда сохранял дух глубокого исследователя, экспериментатора. В целом В. А. Кондаковым опубликовано, по нашей оценке, не менее сотни работ. Однако в центральных издательствах, особенно в крупных коллективных работах методистов, он печатался редко, хотя для развития теории обучения физике многие его исследования имели принципиальное значение. Может быть, поэтому в 70-е годы они и востребовались явно недостаточно. Только где-то в 1996 году наша научная специальность стала называться «теория и методика обучения физике». Но такое отношение к построению нашей науки В. А. Кондаков занимал ещё в 60-е годы.

Сейчас, когда встаёт практический вопрос о новом этапе развития методики обучения физике – построении неклассической дидактики физики – есть смысл использовать достижения В. А. Кондакова. По идеям и их разработке его можно смело считать одним из основателей

современной дидактики физики. В заключение приведём несколько, актуальных и сейчас, его публикаций из нашей библиотеки [1–7].

Литература

1. Кондаков В. А. Логико-дидактические принципы и особенности складывания структуры курса физики // Вопросы логики и психологии в методике физики. – Куйбышев, 1969. – С. 4–30.
2. Кондаков В. А. О трансформации свойств физического знания при переходе от научной к учебной системе знания // Вопросы логики и психологии в методике физики. – Куйбышев, 1969. – С. 31–42.
3. Кондаков В. А. Анализ свойств теории физики в свете психологической проблемы развития мышления школьника // Вопросы логики и психологии в методике физики. – Куйбышев, 1969. – С. 43–91.
4. Кондаков В. А. Обучение физике как процесс изменения состояния познавательной системы «объект – субъект – управление» // Современные проблемы методики физики. – Куйбышев, 1973. – С. 3–19.
5. Кондаков В. А. Динамические характеристики познавательной деятельности ученика – субъекта обучения физике // Современные проблемы методики физики. – Куйбышев, 1973. – С. 20–50.
6. Кондаков В. А. «Критерий эффективности» в классификации количественных средств экспериментального исследования учебного знания по физике // Современные проблемы методики физики. – Куйбышев, 1974. – С. 3–25.
7. Кондаков В. А. Системное овладение познавательными методами как одно из условий развития познавательной активности школьника // Развитие познавательной активности и самостоятельности школьников. – Куйбышев, 1975. – С. 113–127.
8. Патрушев В. Н., Сауров Ю. А. Вятская научная школа методистов-физиков: факты и мысли о становлении. – Киров: Изд-во Вятского ГПУ, 1997. – 98 с.
9. Сауров Ю. А. Проблема организации учебной деятельности в методике обучения физике: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – М., 1992. – 43 с.

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

1.	АНТОНОВА Надежда Анатольевна, магистрант . . .	110
2.	АНДРЮШЕЧКИН Сергей Михайлович, к. пед. н., доц. . .	40
3.	БАКУЛИН Владимир Николаевич, к. физ.-мат. н., доц. . .	54
4.	ВАРАКСИНА Екатерина Ивановна, к. пед. н., доц. . .	23, 74
5.	ВТЮРИНА Марина Николаевна, к. хим. н., доц. . .	60
6.	ИВАНОВ Роман Андреевич, студент . . .	63
7.	ИВАНОВ Юрий Владимирович, к. пед. н., доц. . .	18, 71
8.	КАНТОР Павел Яковлевич, к. ф.-м. н., доц. . .	60, 87
9.	КЕЛЬДЫШЕВ Денис Александрович, преподаватель . .	71
10.	КЛИМЕНКО Артём Андреевич . . .	100
11.	КОРШУНОВА Ольга Витальевна, д. пед. н., доц. . .	48
12.	КОХАНОВ Константин Анатольевич, к. пед. н., доц. . .	3, 13
13.	ЛЕБЕДЕВ Яков Дмитриевич, д. пед. н. . .	34
14.	ЛЕЖЕПЕКОВА Ольга Леонидовна, к. пед. н. . .	79
15.	МАЙЕР Валерий Вильгельмович, д. пед. н., проф. . .	74
16.	МАЙЕР Роберт Валерьевич, д. пед. н., доц. . .	9
17.	МИЛЮТИН Игорь Владимирович, к. ф.-м. н, доцент . .	63
18.	ПЕТРОВА Елена Борисовна, д. пед. н., доц. . .	29
19.	ПЕРЕВОЩИКОВ Денис Владимирович, преподаватель . .	66
20.	ПОЛЕВ Леонид Васильевич, учитель физики . . .	95
21.	РУБЛЕВ Андрей Иванович, учитель физики, магистр . .	105
22.	САВОШ Валентин Олексійович, к. пед. наук, Украина . .	44
23.	САУРОВ Юрий Аркадьевич, д. пед. н., проф. . .	3, 4, 115
24.	СЕДИНА Елена Станиславовна, магистрант . . .	97
25.	СОРОКИН Антон Петрович, аспирант . . .	91
26.	ТОЛМАЧЕВА Марина Ивановна, преподаватель . . .	54
27.	УВАРОВА Марина Павловна, к. пед. н. . .	82, 100
28.	ШЕРОМОВА Татьяна Сергеевна, учитель физики . .	100

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
I. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ	4
Сауров Ю. А. Модели в научном творчестве В. Г. Разумовского	4
Майер Р. В. Математическая модель сложности учебного физического текста	9
Коханов К. А. Физические модели в «Началах» И. Ньютона	13
Иванов Ю. В. Современные направления использования моделей в зарубежной практике обучения физике.....	18
Вараксина Е. И. Исследования учебного эксперимента как ресурс экспериментального изучения физики в школе	23
Петрова Е. Б. Проблематика моделирования на страницах журнала «Физика в школе»	29
II. МОДЕЛИ В МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ КАК НАУКЕ	34
Лебедев Я. Д. К вопросу о моделировании в курсе физики.....	34
Андрюшечкин С. М. Модель дидактического комплекса проблемного обучения «Физика – 7–9»	40
Савош В. А. Педагогические условия организации самостоятельной познавательной деятельности школьников средствами моделирования.....	44
Коришнуова О. В. Методическая семиотика: понятие, возможные векторы развития	48
Бакулин В. Н., Толмачева М. И. Проблема изучения границ применимости моделей в курсе общей физики	54
III. МОДЕЛИ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСА ФИЗИКИ	60
Кантор П. Я., Втюрина М. Н. Химия и физика: проблема согласования моделей атома	60
Милютин И. В., Иванов Р. А. Задачи с учётом границ применимости моделей	63
Перевощиков Д. В. Факты освоения научного метода познания при изучении астрономии в деятельности моделирования.....	66

<i>Кельдышев Д. А., Иванов Ю. В.</i> Использование ресурсов образовательной робототехники для формирования представлений учащихся о моделировании	71
<i>Майер В. В., Вараксина Е. И.</i> Модель педагогического эксперимента по реализации исследовательского проекта.....	74
IV. МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОЦЕССЕ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ	
<i>Лежепёкова О. Л.</i> Учебник физики и проблема формирования научной грамотности	79
<i>Уварова М. П.</i> О формировании физического мышления средствами моделирования.....	82
<i>Кантор П. Я.</i> О практике использования моделей при решении задач ЕГЭ	87
<i>Сорокин А. П.</i> О проблеме границ применимости теоретических моделей при решении экспериментальных задач	91
<i>Полев Л. В.</i> Моделирование физических явлений при решении задач.....	95
<i>Седина Е. С.</i> Опыт конструирования моделей в рамках проекта «Самолет Cessna 172»	97
<i>Шеромова Т. С., Уварова М. П., Клименко А. А.</i> Методические аспекты работы с моделью Резерфорда по рассеянию альфа-частиц	100
<i>Рублев А. И.</i> Мысленный эксперимент при реализации федерального государственного образовательного стандарта	105
<i>Антонова Н. А.</i> О формировании готовности студентов к организации учебного процесса по физике	110
V. НАША ПАМЯТЬ.....	
<i>Сауров Ю. А.</i> Творчество и дела нашего земляка	115
<i>Виктора Анатольевича Кондакова</i>	115

Научное издание

Модели и моделирование в методике обучения физике

Материалы представлены в авторской редакции

Сдано в набор 07.10.2019.
Формат 60 × 84 ¹/₁₆.
Усл. п. л. 7,7.

Подписано в печать 25.10.2019.
Бумага типографская.
Тираж 100. Заказ 48.

Научное издательство ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС»
610029, г. Киров, п. Ганино, ул. Северная, 49А. т. (8332) 262-390

Отпечатано в полиграфическом цехе ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС»
610002, г. Киров, ул. Ленина, 83, т. (8332) 262-390



ISBN 978-5-6042991-4-2



9 785604 299142

