научная лаборатория
моделирование
процессов
обучения
физике

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

Ю. А. Сауров

Построение постнеклассической методики обучения физике

(методологический и методический синтез)

Монография

Киров
2022

УДК 37.016: 53
ББК 74.262.223
С216

Печатается по решению учебно-методического совета по физике Кировского областного государственного автономного образовательного учреждения дополнительного образования детей – «Центр дополнительного образования одаренных школьников»

Рецензенты: доктор педагогических наук Е.Б. Петрова (Москва), доктор физико-математических наук, профессор Е.М. Вечтомов (Киров), кандидат педагогических наук, доцент К.А. Коханов (Киров)

С216 **Сауров, Ю. А.**
Построение постнеклассической методики обучения физике: методологический и методический синтез: монография [Текст] / Ю. А. Сауров. – Киров: ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС», 2022. – 212 с.

ISBN 978-5-6048229-5-1

В монографии выполнено обобщение многолетних исследований по построению, а фактически развитию, методики обучения физике ближайшего будущего. Предметом внимания является конструирование, а затем и присвоение методологического видения методической деятельности поколением деятелей физического образования. Для этого и задается рамка поисков новых методических решений.

ISBN 978-5-6048229-5-1

УДК 37.016: 53
ББК 74.262.223

© Ю. А. Сауров, 2022
© ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС», 2022

Моему поколению *методистов-физиков*
посвящаю эту работу

Предисловие

Моё поколение – это первое послевоенное поколение, это люди и их деятельность, годы рождения которых ориентировочно 1945–1965. Все они сейчас пенсионного возраста и постепенно отходят от активной работы, что пришлась на трудные времена 1980–2020 годов. И немаловажно для меня подвести некоторые итоги, сформулировать идеи для будущего поколения методистов-физиков.

Я люблю методику обучения физике. Да и как иначе, ведь вся жизнь идёт в этой практической и теоретической области деятельности?! Здесь мои удачи и неудачи. Здесь люди, которых я знал и знаю. Они дороги мне совместной деятельностью в дидактике физики, шире – в методике обучения физике, ещё шире – в физическом образовании. И это мой Мир. И я живу в нём. Тут не убавить и не прибавить.

Наверное, надо было ограничиться только «постнеклассической» дидактикой физики, а не методикой обучения физике. Но в прикладной науке теория и практика всегда в единстве. Конечно, обозначаемая рациональность не должна противопоставляться классической методике, это просто новый этап роста. И это важно для жизни реальностей физического образования. Методика обучения физике – консервативная область деятельности, поэтому её «неклассической» не бывает. Хотя на любом новом этапе нужны новые ресурсы развития. Для нас преемственность идей принципиальна. Так мы понимаем объект данного исследования.

Построение монографии было обычным по процедурам: два-три года этап планирования и подбора материала, осмысления ракурса научной проблемы и написания статей, отдельно и параллельно был этап проверки «живучести» методических решений на конференциях и диалогах с коллегами, последние два года шла непростая работа над текстом. Понимаю эту монографию как сборку современных идей и решений в методике обучения физике. Она пока только обозначает новый этап жизни этой науки и практики. Его наполнение, его активное созидание – удел многих специалистов, продукт коллективной работы. Какой он будет, покажет время. Надеюсь, книга задает некий вектор движения вперед – идеи, темы, проблемы, решения…

Над отдельными вопросами, обычно в форме статей, в последние десять лет я чаще всего сотрудничал со своими аспирантами – К.А. Кохановым, М.П. Уваровой, Д.В. Перевощиковым, А.П. Сорокиным. Для меня это было важным мотиватором духовного движения. Уверен, что так и должно быть: успехи приходят только в совместных поисках.

Всегда осознавал и осознаю важность сотрудничества и признателен всем тем, кто прямо или косвенно, поддерживал меня в неопределенно трудных поисках содержания нашей науки настоящего и будущего.

Введение:
О рамке наших методических поисков

Наука начинает существовать лишь тогда,
когда выделена соответствующая ***техника***,
например, техника организации коммуникации, ...
понимания, ...мышления...
Г.П. Щедровицкий [176, с. 467]

Есть твердое ощущение переломного изменения времени. Прежде всего, меняется трудовая деятельность людей. А далее по цепочке изменяются общение людей и даже стиль их жизни, содержание и даже структура образовательных процессов... Многое изменяется. И в принципе так и должно быть. Но опасны резкие изменения, особенно в гуманитарной атмосфере жизнедеятельности человека. Устаревшую за десять лет машину можно выбросить, а как быть с человеком...

Предлагаемая работа обозначает и подготавливает возможные изменения в методике обучения физике среднесрочной перспективы. Если эти изменения будут востребованы, то тогда наши усилия исторически оправданы. Если время пройдет мимо, то надежда все равно останется в том, что наши поиски через новое поколение методистов рано или поздно придут в практику. Такова ценностная установка этой работы.

Чтобы двигаться вперед в науке надо смело на основе обобщений выдвигать гипотезы-модели-проекты и настойчиво добиваться их разрешения. Основные источники развития всегда внешние – другие науки, в частности, философия, методология, психология, социология, немаловажен прямой и косвенный опыт практики обучения. Сейчас для нашего индивидуального исследования реально только сформулировать рамку поиска или проектирования. Мы осознаем, что для качественно новой организации практики обучения важно многое знать: её закономерности и особенности внутренней коммуникации, строение осваиваемых знаний и их природу, закономерности и особенности процессов усвоения знаний (опыта рода), разнообразные приемы организации предметной деятельности и мышления и др.

Пока никто не отменял закона «отрицания отрицания», а тогда через духовное облако неклассической рациональности, может быть, мы и возвращаемся к новому качеству классического этапа познания. Для такой прикладной, консервативной, технологической науки как «методика обучения физике» это кажется уместным. Попытаемся обозначить рамку этих возможностей.

Постепенно наступает время, когда глубина познавательной рефлексии, прежде всего философов и методологов, приводит к изменению процедур деятельности, меняя тип рациональности. Сейчас несомненна относительность деления видов, этапов, уровней познания, что в итоге, конечно, всегда является его тайной. Так, Мераб Мамардашвили писал о континуальности понимания, что понимание обучения, передачи знаний, постижение истины невозможны без этого допущения. Почему мы видим мир объектным? И мыслить непрерывность просто невозможно, что объясняет необходимость постоянного действия в ситуации, ибо «нельзя получить конкретный вид знания на основе применения общего закона, содержащего это знание» [70, с. 244]. В самом деле, зачем тогда была бы нужна конкретная деятельность, все бы выводилось. И очевидно, что никакая технология обучения не даст результата без учителя, без **его искусства** строить из знаний объективные миры, т.е. качества самих учеников.

В самом начале необходимо, хотя бы схематично, обозначить черты постнеклассической методики (её дидактики как ядра) обучения физике. Очевидно, что это методологические поиски, в том числе в ходе противопоставления нового этапа развития классической (и неклассической) методики физики. Это касается всех составляющих дидактики физики: целей, идей и принципов, структуры, методов, основных понятий, механизма выводного знания и др. Учтем, что изменение практики научной деятельности непрерывно. Но теоретический анализ может приводить к выделению этапов. Сейчас, на наш взгляд, время проектировать этап постнеклассического развития. Уже вырисовываются его важные черты:

- изменчивость познавательных норм и динамизм систем знаний, усложнение структуры, содержания, функций учебного предмета,
- использование методологии познавательной деятельности как прямого ресурса методики обучения физике как науки и физического образования как практики,
- генерализация образовательной деятельности с выделением ведущих учебных деятельностей; резкое различение и глубокое согласование коллективной и индивидуальной образовательной деятельности; взрывной рост разнообразия методических приемов и образовательных практик.

Методику физики как сравнительно молодую науку можно рассматривать как теоретическую «игру» в модели, которая на мега уровне лишена права на эксперимент, отсюда и права на ошибку.

В зависимости от ведущей цели (метода, взгляда) и строится онтология предмета, в нашем случае методики обучения физике. Это поиск ответа на вопрос: какой методический Мир нам нужен? В отличие от дидактики физики этот вопрос гораздо шире. И задает

особый предмет. На наш взгляд, это взаимодействие (взаимоотношения, согласования) учения и преподавания как неких структур (и процессов). Или деятельности учения и деятельности преподавания, что конкретнее и технологичнее.

Итак, **актуальность** исследования обусловлена следующими научно-практическими задачами, во-первых, выделения стихий движения методики обучения физике как науки, во-вторых, наведения методологического порядка в теории и практике обучения физике, начиная от вопросов содержания и кончая различными вопросами учебной деятельности школьников, в-третьих, изменение профессиональных требования к учителю, предметнику, организатору процессов воспитания.

Объект конструирования: сама наука в её отдельных аспектах, т.е. знания об опыте – результатах и процессах образовательной деятельности.

Предметы исследования (конструирования) задают направления, как теоретического анализа, так и экспериментального поиска.

Сформулированные ниже **теоретические идеи** о наиболее востребованных содержательных и процессуальных аспектах развития методики обучения физике выступают в качестве гипотез поиска и конструирования. Мы относимся к методическим системам как к естественно-искусственным, открытым, динамично изменяющимся, сложным по структуре, составу и процессам. И в итоге руководствуемся следующими идеями:

- Совершенствования методики обучения физике как науки требуют развития её категориального аппарата, прежде всего, для преодоления уравнивания целей науки и целей практики.

(Доказывается, что наука дает язык для понимания и построения эффективной практики обучения физике, но не заменяет её.)

- Стратегическим для целей построения методики обучения физике как науки является различение и согласование нормативной и творческой деятельности.

(Доказывается, что для массового воспроизводства деятельности нормирование опыта – необходимый и фундаментальный инструмент и содержания, и процессов обучения.)

- Ведущими для всех процессов обучения физике по содержанию предмета являются два вида учебной деятельности – экспериментирование и моделирование.

(Доказывается эффективность различения опыта в форме знаний и в форме процессов, необходимость их относительной самостоятельности, фундаментальность выделения двух ведущих учебных деятельностей.)

- Фундаментальным для построения системы понятий содержания учебного предмета является различение понятий о реальности и понятий-описаний.

(Обосновывается положение: методика как наука существует в форме системы понятий, но статус их разный, что требует различной учебной деятельности и деятельности преподавания. Доказывается, что для построения содержания всех тем школьного курса физики структурная и содержания ясность требуют последовательного различения понятий-онтологий и понятий-описаний. В итоге значимость деятельности с объектами физической реальности усиливает значимость работы со знаковыми моделями.)

- Для новой образовательной (постнеклассической) практики необходима, как обязательный ресурс, методологическая культура учителя-деятеля-организатора.

(Показывается важность знаний о строении и природе знаний, об особенностях работы со знаниями, о приемах организации мышления и понимания.)

Методы исследования в нашем случае – это, прежде всего, методы экспериментирования и моделирования над знанием методики обучения физике и над практикой физического образования. В частности мы выделяем нормирование деятельности преподавания и учебной деятельности.

Теоретическая (духовная) база наших поисков. Во-первых, и прежде всего, это исследования моего учителя по аспирантуре В.Г Разумовского и моего учителя по вузу В.В. Мултановского. Они по-разному сильно оказали на меня влияние, и я все время опираюсь на их мысли и результаты. Во-вторых, это опыт методистов, с которыми я живу рядом и советуюсь, методическую деятельность которых уважал и уважаю (Г.А. Бутырский, Ю.В. Иванов, К.А. Коханов, Я.Д. Лебедев, В.В. Майер, Е.И. Вараксина). В-третьих, это ряд аспирантов условно второго поколения, с которыми я много совместно думал и делал в последние десять лет (М.П. Уварова, Д.В. Перевощиков, А.П. Сорокин). Наконец, в-четвертых, это сравнительно большое количество авторов, на духовное наследие которых я опирался. Назову здесь основных авторов: Г.П. Щедровицкий, А.А. Зиновьев, В.С. Степин, В.А. Лекторский, Э.В. Ильенков, А.В. Ахутин, Н.Н. Моисеев, В.В. Налимов, В.С. Библер, М. Мамардашвили, В.Ф. Петренко, А.В. Смирнов, Т. Кун, К. Поппер. Их книги всё время рядом со мной, и на них я часто ссылаюсь*. В-

* В библиографическом списке по необходимости приведены лишь минимальные источники, оказавшие влияние на наши творческие поиски. Ссылки на конкретные публикации есть в наших названных статьях.

пятых, это образовательная практика, живая учебная и методическая деятельность. Она дарит идеи, поддерживает поиски, критикует.

Всё более рукотворный процесс развития науки XXI века требует от нас в качестве ориентиров построения постнеклассической методики обучения физике использовать синтез идей, что при конкретизации дает **новизну методическому конструированию**:

- Становится явной конкуренция познавательных норм, снимается излишний наукоцентризм, субъектоцентризм классической научной практики; происходит синтез культуры, «универсума деятельности», «опыта рода», но с разными функциями в обучении.
- Доминирует духовная рациональность, исключающая индивидуальность в результатах познания.
- Расширяется предметное поле научного мышления (коммуникативное, знаковое, методическое…) вплоть до вненаучного.
- Постепенно доходит до практики деятельностная концепция знания, шире – опыта познания (знаний в прямом смысле в природе нет, они – образование деятельности…), но и она нуждается в дополнениях.
- В обучении принимается историзм познания (невозможность робинзонады): познание невозможно с нуля, тем более в обучении здесь и сейчас. Понимается искусственно-естественная природа человека со всеми особенностями его познания, представления, организации деятельности.
- Усиливается «нагруженность» познания и преобразования действительности методологическими аспектами, например, усложняется отношение к фактам. Все активнее становится внимание к онтологизации знаний через проектирование и творчество.
- Обнаруживается и учитывается взаимодополняемость языков познания, описания. Для познания важен факт «завершенности» явления, события, объекта; если этого нет (или не осознается), то и познание невозможно. Для образовательных процессов здесь возникают непреодолимые сложности идентификации, диагностики.
- Постепенно для макросистем утверждается универсальная идея всех движений (эволюции) в форме по схеме: «изменчивость – наследственность – отбор» (Н.Н. Моисеев и др.). Характеризуя постнеклассический этап развития науки, известный методолог В.С. Степин дополнительно выделяет системный подход к сложным саморазвивающимся объектам [153, с. 461, 513 и др.]. К этим объектам он относит все социальные системы (неравновесные), а, значит, автоматически и образовательные системы.

Объекты методики обучения так неопределенно сложны, средства воздействия на образовательную систему так неопределенно разнообразны, что не удается жестко реализовать причинную зависимость. Вот почему методика остается ещё и искусством,

вовлекая все время разные знания и опыт деятельности. Нормирование «этого искусства» никогда не прекращалось, что является необходимым условием для эффективной трансляции «опыта рода». От идеи к реальному действию, чувству – таков крест человека в его постоянной жизнедеятельности. Иного нет. Материальное производство требует все новых и новых идей, новых технологических решений, общения и взаимодействия людей, то разделяясь, то стремясь к единению, ищет новые формы кооперации... Наш учебный предмет «Физика в школе» в состоянии формировать у молодого человека востребованные временем компетенции. Для этого, в частности, и предпринимаются излагаемые ниже поиски.

Мы осознаем: чтобы перейти к постнеклассической рациональности в теории методики обучения физике (а тем более к практике), надо освоить (пройти, ассимилировать) черты прежних типов рациональности. А тут ещё много проблем. И даже в последнее десятилетие число их только увеличивается. Много потерь в массовом физическом образовании по освоению языка элементарной физики, старые методические традиции уходят, а новые формируются медленно, в том числе в системах подготовки учителей... Если рассчитывать на стихийные процессы внедрения, то достижения уходят за горизонт.

Итак, далее обозначается и обосновывается переход от классического (и неклассического) типа к постнеклассической рациональности. Это движение вызвано, с одной стороны, довольно радикальными изменениями в реальности жизнедеятельности людей, социальной и культурной среды. С другой стороны, развитие науки, прежде всего её средств познания, для дальнейшего прогресса требует изменения познавательных норм. Естественно, что сначала вся проблематика должна быть осмысленна в методической науке, а потом освоена в практике научного производства методических продуктов нового поколения и подготовке учителей физики.

Но уже сейчас новые идеи влияют на построение практики обучения физике.

* *
*

В науке познание – это всегда усложнение систем знаний, представлений. Первоначально природа сложности из-за неточности, неполноты познания. Потом – из-за точности построенных по логике «от абстрактного к конкретному» систем знаний. Если уклоняться от такого отношения к знанию, если упрощение в обучении безоглядно считать принципом, то тогда неминуема деградация... Великая простота и простоватость – разные категории. В нашей работе этот взгляд – неустанный движитель.

Глава 1. Классическая методика обучения физике: достижения и ограничения

Прошлое ушло и никогда не вернётся.
Какую картину люди придумают для него,
зависит от интересов, живущих в настоящем.
А. А. Зиновьев [29, с. 481]

В современной методике обучения физике (как теории и как практики) во многом сохраняются фундаментальные идейные установки классического этапа развития. Прежде всего, это касается целеполагания, построения содержания школьного курса физики, структуры и состава методики. Но очевидно, что наполнение каждого вопроса или аспекта методики обучения физике изменилось и изменяется. Одновременно вырастают новые задачи, новое содержание, новые формы деятельности. Важно признать, что историческая преемственность остается значимым ресурсом развития.

1.1. Целеполагание и структуры методики обучения физике (элементы истории)

В педагогической науке известны представления о том, что *для каждого поколения*, ввиду специфики его деятельности, необходимы свои системы учебных знаний (из переводной книги под редакцией президента АПН СССР В.Н. Столетова [163]). Наблюдая за состоянием методики обучения физике и практики физического образования последние сорок лет, мы убеждаемся в том, что отсутствие решения этой задачи на государственном уровне тормозит развитие общества. Особенно характерны факты (опыт) предыдущего реформирования образования и параллельно развития методики обучения физике как науки. О важности для развития методики обучения физике и шире – физического образования, наличия государственных программ неоднократно говорил В.Г. Разумовский [121].

Фактически с начала 60-х годов XX века началась подготовка реформы содержания школьного образования, первая фаза её активной реализации осуществлялась в 1967–1971 годах. Несомненно, это была комплексная (системная) по организации и проведению реформа: при Министерстве Просвещения СССР были созданы комиссии, мобилизованы на эту работу институты АПН СССР, издательство «Просвещение» активно трудилось над подготовкой новых учебников, включены были системы подготовки и переподготовки учителей, предметные методические журналы в своей деятельности были центрированы на решение вопросов реформы,

вплоть до оперативного издания фрагментов новых учебников... В целом, преобразования были фундаментальные, за содержанием образования шли многие процессы. Но трудностей было тоже много.

Комиссию по реформированию физического образования возглавлял академик АН СССР, выдающийся физик И.К Кикоин, под его редакцией вышли первые учебники физики для 6–7 классов, он был автором первого нового учебника по механике для старшей школы. На два десятилетия лаборатория преподавания физики НИИ содержания и методов обучения АПН СССР в еженедельном режиме целеустремленно работала над разными вопросами реформы. Оглядываясь назад, можно сделать вывод, что тогда был сделан стратегический рывок в построении принципиально нового школьного образования. Параллельно обогащалась новыми психолого-педагогическими и методическими идеями сама методика обучения физике как наука. И можно определить это движение как новый (образовательный, социальный и др.) этап развития.

Выделим, на наш взгляд, ***фундаментальные методические достижения*** (в форме идей, отдельных концепций, содержательных решений, методик):

- Усиление роли теоретических идей в курсе физики 6–7 классов, прежде всего, введение элементов молекулярно-кинетической теории и элементов электронной теории (Н.А. Родина и др.).
- Построение содержания ключевых разделов физики старшей школы (9–10 классы) как частей курса, несущих функции фундаментальных физических теорий механики, молекулярной физики, электродинамики, квантовой физики (В.В. Мултановский, В.Г. Разумовский, С.Е. Каменецкий, Э.Е. Эвенчик и др.).
- Стратегическое внимание формированию физического мышления и диалектико-материалистического мировоззрения, вопросам воспитания средствами учебного предмета, в том числе на материале истории физики (А.В. Усова, В.Н. Мощанский, А.С. Енохович, Ю.А. Коварский[*], Б.И. Спасский, Н.М. Зверева и другие).
- Разработка мега системы методических средств для организации процессов обучения: поурочное планирование учебного процесса (Л.С. Хижнякова и другие), контроля результатов учебного процесса, в том числе тестовых систем (Р.Ф. Кривошапова, В.А. Орлов и О.Ф. Кабардин и др.), система школьного учебного физического

[*] И.К. Кикоин тогда уверенно утверждал: «Для ученых-физиков ясно, что мы не можем представить полную картину того, что происходит в природе, и ограничивается моделями. Но внушать школьникам с малых лет, что физика на самом деле изучает не то, что происходит в природе, а искаженное представление, – это вредно, неправильно» [124, с.76]. В противовес этому мнению Юрий Александрович настаивал на широком и явном рассмотрении моделей (там же).

эксперимента (В.А. Буров, А.А. Покровский, Б.А. Зворыкин, Н.М. Шахмаев, В.Ф. Шилов, С.А. Хорошавин и другие), различный дидактический материал для всех классов, система внеклассной работы по физике (И.Я. Ланина и другие), элементы проблемного обучения (Р.И. Малафеев и другие)...

Важно заметить, что внимание к построению средств организации обучения было постоянным, те или иные идейные решения строились и десятилетиями совершенствовались. Была построена уникальная дидактическая система в форме «Библиотека учителя физики» (десятки изданий).

- Реализация концепции системы факультативный курсов (О.Ф. Кабардин, В.А. Орлов и другие).
- Концепция стимулирования творчества школьников при углубленном изучении физики, в условиях олимпиадного движения, средствами структурирования содержания, в том числе центрирования внимания на усвоение научного метода познания, и методов обучения (В.Г. Разумовский, В. А. Орлов, И.И. Нурминский и другие).

В громадной по социально-культурной значимости реформе образования выросли диссертационные исследования докторского уровня. Они выполнялись трудно, в борьбе «с самим собой», временем и оппонентами. Первые диссертации задавали вектор (рамку) норм образовательной деятельности на будущее. Приведем здесь гипотезы ряда исследований старших коллег для некоего обозначения этого опыта:

- **Разумовский В.Г.** Проблема развития творческих способностей учащихся в процессе обучения физике (1972). Первая докторская диссертация как целостное теоретическое исследование по методике обучения физике, которая объективно задавала некий образец (см. подробнее ниже).
- **Пинский А.А.** Релятивистские идеи в преподавании физики: «Использование в практике преподавания релятивистских идей позволяет облегчить формирование ряда понятий, законов и теорий в курсе физики средней и высшей школы, в частности энергетических представлений, законов сохранения, законов электродинамики, основных понятий квантовой оптики, физики ядра и элементарных частиц» (1974). Автор, в частности, писал: «Мы исходим из того, что одной из основных причин затруднений, возникающих при обучении физике, является использование в преподавании недостаточно обоснованных и не доказанных должным образом утверждений, особенно при введении фундаментальных понятий и исходных положений».

На наш взгляд, и сейчас, хотя и в новых условиях, эта проблема существует.

- **Эвенчик Э.Е.** Основы методики преподавания механики в средней школе: «Научный уровень преподавания механики, удовлетворяющий требованиям к физическому образованию в современный период развития советской школы, может быть достигнут при условии: а) изучения основных понятий и законов механики в соответствии с их пониманием в современной науке; б) изложения всего учебного материал на векторной основе, позволяющего изучать его в наиболее обобщенной форме; в) разработке такой структуры изложения механики, при которой её основные законы, рассматриваемые во

взаимосвязи как единая теория, служат также средством наиболее экономной и логичной систематизации учебного материла» (1977).

Сейчас, на наш взгляд, вновь обострилась проблема логики (шире, методологии) формирования системы научных понятий. Не случайно возникла программа научной грамотности [121,132].

- **Каменецкий С.**Е. Проблемы изучения основ электродинамики в курсе физики средней школы: «Если при изучении основ электродинамики исходить из единой теоретической идеи, а конкретно – в первую очередь рассматривать поля (статические, стационарные, переменные), созданные зарядами и токами; – основным и сквозным понятием в разделе «Основы электродинамики» сделать понятие «электромагнитного поля»; – раздельно изучать поля в вакууме и поля в веществе; – изучать идеи макроскопической электродинамики шире, чем это делается в настоящее время; – применять в учебном процессе фундаментальные опыты, модели, аналогии и экранные пособия, дающие возможность учащимся глубже вникать в сущность изучаемых явлений; – обобщать в конце раздела элементы теории электромагнитного поля на доступном для учащихся уровне, то…» (1978).

Проблема отношений физических явлений и понятий как средств их представления и описания в новое время вновь стала на острие развития.

- **Мултановский В.В.** Проблема теоретических обобщений в курсе физики средней школы: «Общая теоретическая идея, положенная в основу нашей диссертации, сформулирована как гипотеза: Важнейшее направление в решении основных задач совершенствования содержания обучения физике – повышение общеобразовательного и научного уровня, формирования современного способа мышления и научного мировоззрения, политехнической подготовки – определяется усилением роли теоретических обобщений в школьном курсе» (1979).

Формулировка гипотезы не устарела и сейчас, что говорит о её теоретическом потенциале. Дело как всегда в деталях, а они хотя и консервативно, но меняются.

- В 80-е годы защитилось относительно много докторских диссертаций (А.И. Бугаев, И.К. Турышев, И.Я. Ланина, Б.М. Мирзахмедов, Г.Ф. Бушок, В. Бласиак, Г.М. Голин, Н.М. Зверева, А.Т. Глазунов, Л.С. Хижнякова и др.). Характерной попыткой определения нового этапа развития методики обучения физике была докторская диссертация **И.И. Нурминского** «Закономерности формирования знаний и умений учащихся при изучении физики в средней школе» (1989). Вот гипотеза этого исследования: «Мы предполагаем, что в условиях многофакторного учебного процесса в массовой школе существует четко выраженная функциональная зависимость относительного числа учащихся, усвоивших тот или иной конкретный материал курса физики, от числа вовлечений этого материала в разнообразную учебную деятельность учащихся с учетом эффективностей средств обучения при организации этой деятельности. И если удастся разработать адекватный цели исследования метод многофакторного анализа учебного процесса, то искомые закономерности можно выявить…». Появившись на переломе времени, это исследование, увы, не было продолжено.

Постоянные (и напряженные) поиски содержания физического образования. Конечно, это были поиски многих методистов в форме конструирования.

В нашей практике привилась конструкция содержания школьного курса физики, построенная выдающимся методистом-физиком В.В. Мултановским [77–79]. В нём удивительно глубоко и

гармонично уживались физические знания, логико-психологические представления о познании, методический опыт и творческий поиск. В итоге сложилась система-концепция содержания школьного физического образования. Движителем в построении этой системы была великая задача формирования физического мышления. Выделим существо этой **концепции**, актуальной и сейчас.

- Проблему реальной практики обучения В.В. Мултановский видел в приравнивании процесса обучения «к передаче информации». Он четко указывал на негативные следствия такого пути: формализация знаний, снижение интереса, снижение качества знаний… (1976, с. 3). И такая ситуация не преодолена до сих пор! Мы следуем одной моде за другой, ратуем за развитие, но на деле в массовой школе только усиливаем информационное давление, репродуктивное усвоение знаний и формально связываем с ним успешность.
- Метод познания (или способ мышления) «возникает на основе фактических знаний и предметно-производственной деятельности и направлен на добычу знаний. То же относится в общих чертах и к обучению» (там же, с. 7).
- Предназначение теории (именно как теории, что в системах знаний современных учебников представлено ещё слабо) – в освоении современного способа мышления (там же, с. 4). Стратегию построения систем знаний теории для развития мышления В. В. Мултановский видел в следующем: «Устанавливается связь конкретного предмета, явления, закона, факта с исходной «клеточкой» познания в данной предметной области, с содержательной абстракцией» (там же, с. 6).
- Формирование (освоение) теоретического мышления (фактически у него отождествляемого с физическим мышлением) В.В. Мултановский ясно связывал с усвоением систем физических знаний (там же, с. 16 и др.).
- Сильной стороной научно-методической деятельности В.В. Мултановского было умелое понимание (интерпретация) физического содержания под углом зрения современных представлений о познании. Отсюда внимание структуре учебной деятельности.

Далее **расшифруем, конкретизируем**, отчасти обоснуем концепцию В.В. Мултановского о формировании мышления на современном материале. Сам автор длительный период совершенствовал представления на этот счет в последующих публикациях (например, в пособии 1977 года).

В.В. Мултановский связывал формирование современного **способа** мышления а) с прямой задачей передачи способа мышления, а не просто его развития, б) с формированием диалектико-материалистического мировоззрения, в) со структурой и содержанием курса физики по форме теоретических обобщений (1977, с. 8–9). Автор

неоднократно подчеркивал: включение задачи о передаче способа мышления «решающим образом влияет на содержание и структуру учебных систем знаний», является основным элементом социального заказа (с. 136). Под этим углом зрения он и рассматривал реформирование содержания образования. Даже сейчас его программа пока ещё слабо осмыслена и реализована.

Мышление задается структурами знаний. Об этом писали многие исследователи (В.В. Давыдов, В.С. Степин, Г.П. Щедровицкий и др.). В отношении обучения физике В.В. Мултановский выделял следующие **виды обобщений**: понятие (физическая величина), закон, теория, физическая картина мира. Из них три последних являются системами понятий, для целей обучения содержательно задаются структурами понятий (знаний), процедурно – перечнем учебных действий. В этой части значимо формулирование **норм деятельности**. Эти нормы действий внешне предметно задают (ведут) физическое мышление ученика.

Процессуально выделены следующие **этапы** функционирования теоретического обобщения в обучении **(цикла познания)**: а) выделение содержательного обобщения в учебной деятельности, б) восхождение от «абстрактного к конкретному», выраженное в построении системы знаний, в) новое обращение к предметной деятельности с учебными целями [78, с. 16]. Достаточно радикально, что не освоено в методике физики и сейчас, В.В. Мултановский выделил не только «генетически исходную клеточку» материальных структур – материальную точку, но и «клеточку процессов» – взаимодействие в форме квантово-релятивистской модели. При расшифровке представлений автор использовал не только структуру (теории) как объяснительное основание, но и причины (взаимодействия), математические формы описаний, функциональные связи характеристик.

В.В. Мултановский особо подчеркивал, что любая предметная деятельность, в том числе экспериментирование и моделирование, должна быть специально сконструирована под дидактические задачи передачи способа мышления (там же, с. 142 и др.). Это требует переосмысления хода учебной деятельности при выполнении лабораторных работ, решении задач и др.

В реализации задачи передачи способа мышления В.В. Мултановский основные усилия направил на выделение содержательных обобщений школьного курса. Выделим здесь ключевые идеи: а) задаются физические объекты каждой физической теории: в механике это макроскопические тела, в молекулярной физике – системы из большого числа объектов, в электродинамике – макроскопическое поле и заряды, в квантовой физике – системы элементарных частиц; б) фундаментальной моделью материи является материальная точка, наделенная универсальными

физическими величинами – массой, зарядом, импульсом, энергией и др. [78, с. 141]; в) «главным» физическим явлением курса является «изменение состояния в результате взаимодействия» (там же, с. 143); г) фундаментальной моделью взаимодействия является квантово-релятивистская модель, то есть две материальные точки на расстоянии взаимодействуют с помощью обмена третьей; д) атомизм (дискретность вещества), релятивистские и квантовые идеи пронизывают весь школьный курс физики (там же, с. 144).

Построение физической картины мира на основе обозначенных идей автор рассматривал как задание нормы современного физического мышления. Сейчас это тоже так, но, может быть, только нормы содержания жестче и конкретнее дополнены нормами процесса учебной деятельности.

Мышление и построение учебных систем физических знаний. В методике обучения физике теоретически принято, что в учебных системах физических знаний «зашифровано» физическое мышление. В. В. Мултановский писал: «Теоретические обобщения (содержательные абстракции) составляют основу современного научно-теоретического способа мышления»; общая схема научно-теоретического мышления такова: а) «выделяются элементы знания, исходные для цикла», в которых заключен итог предшествующего этапа, б) выбираются фундаментальные по функции исходные знания, «содержательные абстракции», например материальная точка и механизм взаимодействия, в) организуется развитие понятий по принципу «от абстрактного к конкретному», г) проверка практикой жизнеспособности теории, объяснение явлений, предсказание новых фактов и др. (1977, с. 14, 17–19).

Но практически в учебном процессе такой методический взгляд до сих пор реализуется плохо. Структурирование материала в известных учебниках на уровнях параграфов, тем и разделов, курса в целом остается невнятным для учителя и школьников. Так, например, две наиболее известные и сравнительно распространенные концепции на этот счет – принцип цикличности и концепция взаимодействий – фактически не реализованы, нет их адекватного представления в содержании*. Ключевая организационная причина – нет творческих групп специалистов, которые последовательно реализуют ту или иную научную программу в качестве инструмента социально-исторического изменения образования людей.

За последние десятилетия создано довольно много учебных систем знаний в форме учебников и учебных комплектов (С.В. Громов, В.А. Орлов и В.Г. Разумовский, В.А. Касьянов,

* Принцип цикличности лучше всего реализован в учебниках: 1. Разумовский В.Г. и др. Физика: учебник для уч-ся 10 кл. М.: ВЛАДОС, 2010. Ч. 1. 261 с.; Ч. 2. 272 с. 2. Разумовский В.Г. и др. Физика: учебник для уч-ся 11 кл. М.: ВЛАДОС, 2011. Ч. 1. 255 с.; Ч. 2. 359 с.

А.Н. Мансуров и Н.А. Мансуров, И.И. Нурминский и Н.К. Гладышева, Л.И. Анциферов, А.А. Фадеева и др., Н.А. Пурышева и др.). Но по «гамбургскому» счету структур учебных знаний, несущих современный способ мышления для массового изучения физики, все же не создано. Причин оказалось много: отсутствие внятного социального заказа, условий для работы авторов, теоретический разнобой и др.

Напомним, что **научное мышление функционирует** в системе научных понятий. Обратимся к наиболее принципиальным аспектам формирования понятий. Сам В.В. Мултановский всю проблематику отношения к понятиям в физике иллюстрировал на примере понятий скорости, массы (1976, с. 17 и др.). Вот его мысли на этот счет:

- «На первый взгляд кажется, что скорость введена по классической схеме эмпирического обобщения, путем отвлечения от несущественных свойств и выделения существенных. Это, однако, не так, ибо существенное свойство тел, выраженное скоростью, непосредственно органами чувств не воспринимается, не дано в чувственном созерцании и не может быть получено путем абстрагирования от чувственных восприятий» (там же, с. 17). «Предметная деятельность – не только манипуляция с телами, но и действия с их знаковыми заменителями, словами, числами и т.д., словесное обсуждение различных ситуаций» (там же, с. 18).
- «Никакого наглядно-чувственного образа массы нет. Это качество материальной точки проявляется лишь в процессе взаимодействия тел, и современная методика его введения основана на рассмотрении взаимодействия и обмена движением между телами» (там же, с. 18). Заметим, что, приписывая массу материальной точке, автор, по-видимому, подчеркивал её теоретический характер как некого описания, а не обозначения реального свойства. До сих пор в методике нет внятного ответа на вопрос: есть ли масса в природе? И это не схоластический вопрос: в нем как раз проясняется природа теоретических понятий как обобщений, а отсюда вскрывается практическая значимость их освоения и особенности методики формирования. Сейчас уже в целом осмыслено, что понятия играют разные роли в познании и несут разные функции в обучении (см. полнее [3,35,47–48,138–139,148,172–176]).

Становление и развитие методики обучения физике как науки. Думается, что весь период второй половины XX века был направлен на накопление нового материала (теоретического, экспериментального) для становления и развития методики обучения физике как науки. Признаем, что в истории методики физики трудно формировались понятийные различения методики физики как науки и методики обучения физике как практики. В прикладной науке понятия всегда несли практический акцент. Но в последней четверти

XX века защищено было до пятидесяти докторских диссертаций, и этот материал все настойчивее требовал обобщения и оформления. Но прямого социального заказа все же не было, только недавно потребности идейного единства вновь стали востребованы, отчасти и практика стала требовательнее искать принципы, а не только примеры.

Классическая структура методики физики (общие вопросы, частные вопросы, техника и методика учебного физического эксперимента) уже воспринимается архаично, затеняет смыслы содержания. Правда, пока нет устойчивых и признанных структурных и содержательных решений методики обучения физике как науки. Были предприняты две попытки структурирования содержания по логике метатеории и по логике отдельных теорий (рис. 1,2) [47]. Но они дают только представление о возможном движении теоретической мысли. Причем вторая фиксирует различение (специализацию) областей деятельности. Не ясно при этом, на каких принципах будет дальнейшая сборка*.

В начале XXI века построение содержания физического образования центрировалось на научный метод познания как ядра содержания образования (В.Г. Разумовский), на выделение экспериментирования и моделирования как ведущих учебных деятельностей (В.В. Майер, Ю.А. Сауров и др.). И их выражения в текстах. Но этот процесс тоже не закончен как в смысле теоретического развертывания, так и в смысле массового использования его результатов в школе.

* Одна из простых схем науки выглядит так: «Цех № 1 выдает знания в саму практику. Цех № 2 вырабатывает определенную систему средств» [175, с. 92]. В случае методики обучения физике второй цех – это дидактика физики, по-иному общие вопросы методики. Наше внимание в основном нацелено на обустройство второго цеха.

Рис. 1.1

Метасистема методики обучения физике

Основание (Факты) → Элементы теории учения, преподавания и воспитания. Экспериментальные данные о состоянии преподавания. Факты истории развития методики физики. Требования общества к знаниям (социальный заказ)

ЯДРО (Теоретическая модель) → Парадигма построения школьного физического образования. Цели и задачи обучения. *Принципы (закономерности)*: цикличности учебного познания, последовательности усвоения теоретических обобщений и др. *Методы*: экспериментальный и теоретический. *Фундаментальные понятия:* методическая система, состояние системы, учение, преподавание, учебная деятельность, метод обучения, учебная задача, методический прием...

Следствия (Технологии) → Методические системы и проекты. Программы, инструкции, методические разработки. Системы обучения. Методика и техника физического эксперимента. Учебно-методический комплекс. Методика решения задач (и другое)

Рис. 1.2

1.2. **Вопросы методологии классической методики обучения физике** (на примере творчества В.Г. Разумовского)*

В конце XX века (1970–2000) в методике обучения физике лидирующим деятелем был В.Г. Разумовский. Для нас понятно, почему социально-научно-образовательное становление В.Г. Разумовского было в самое активное время реформирования образования того времени. Много позднее он сам многократно подчеркивал, что развитие личности происходит только в условиях крупных социальных реформ. И вопросы методологии – всегда вопросы развития субъекта.

Василий Григорьевич Разумовский (1930–2017) – выдающийся педагог и методист-физик современного образования. В своей научной и практической деятельности он трудом, пониманием, волей и творчеством соединил послевоенную эпоху развития методики обучения физике с поисками и достижениями XXI века. Он оставил нам много идей, методов, текстов в книгах и людях… На его примере мы раскрываем судьбы физического образования через творчество учителя, реформы содержания, развития методических исследований. Две взаимозависимые линии жизни ярко выделяются в творчестве В.Г. Разумовского: научно-познавательная деятельность и социально-образовательная деятельность.

Личность в науке и образовании. В.Г. Разумовский родился в Кирове 1 февраля 1930 года в семье учителя, учился в средней школе № 32, после окончания в 1952 году физико-математического факультета Кировского пединститута работал в Татауровской средней школе Кировской области (школа основана в 1843 г.). Позднее он так писал об том времени: «Я отправился в деревню с романтическим настроением подвижничества. Тогда я совсем не думал ни о Москве и даже Кирове, ни о науке, а об Академии даже ничего не знал. Мне

---

* См., например, статьи последнего времени: 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. Сауров Ю.А. и др. Творческий дух Василий Григорьевича Разумовского // Физика в школе. 2017. № 2. С. 3–4. Майер В.В., Сауров Ю.А. Духовное завещание-программа профессора В. Г. Разумовского // Учебная физика. 2017. № 1. С. 3–23; Сауров Ю.А. Мысли Василия Разумовского о научном методе познания в дидактике физики // Сибирский учитель. 2018. № 1. С. 5–9. 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. Сауров Ю.А., Майер В.В., Никифоров Г.Г. Академик РАО, профессор В.Г. Разумовский: классика и современность // Физика в школе. 2019. № 8. С. 3–15. Проблемные поля в творчестве Василия Григорьевича Разумовского (О развитии дидактических идей моего учителя) // Вестник ВятГУ. 2019. № 4. С. 117–127. Вечное экспериментирование над миром и самим собой… (к 90-летию В.Г. Разумовского) // Педагогика. 2020. № 1. С. 110–116.

хотелось учить детей. Я был уверен, что у меня это получится. Мой жизненный опыт школьника и студента подсказывал мне, что учить можно захватывающе интересно…» [136, с. 19].

Накопленный в школе опыт организации технического творчества учеников оказался востребованным в стране (публикации в газетах, участие в выставке достижений ВДНХ…), что в конечном итоге привело сельского учителя к поступлению в аспирантуру к профессору А.В. Пёрышкину. А далее была московская жизнь…

Это идеальный образ учителя физики (1954)…

В Москве В.Г. Разумовский работал в Институте содержания и методов обучения с 1961 года старшим научным сотрудником, с 1969 по 1972 год – заместителем директора Института, с 1972 по 1982 год – заведующим лабораторией обучения физике. В 1981–1992 гг. занимает выборную должность академика-секретаря Отделения дидактики и частных методик, а с 1989 по 1992 год – вице-президента АПН СССР, позднее – до самого конца остается главным научным сотрудником лаборатории обучения физике института содержания и методов обучения РАО, а после очередной модернизации – института стратегии развития образования РАО. Параллельно В.Г. Разумовский «живёт» общественной деятельностью: почти тридцать лет был главным редактором журнала «Физика в школе», руководил семинаром московских учителей «Современный урок физики» (70-е и 80-е гг.), совместно с академиком Е.П. Велиховым вёл всесоюзный семинар «Компьютер и образование» (1985–1992), являлся соучредителем Московского детского фонда, руководителем научного коллектива и национальным координатором Международного исследования по оценке качества математического и естественнонаучного образования (TIMSS) (1989–1991), был избран народным депутатом СССР, членом Комитета Верховного Совета СССР по науке, культуре, образованию и воспитанию (1989–1991)…

Итогом научной деятельности Василия Григорьевича являются подготовка около 30 кандидатов и докторов наук, публикация свыше 500 научных трудов по дидактике, методике преподавания физики и сравнительной педагогике. Награждён орденом «Знак почёта», Золотой медалью РАО.

Творческая социально-научная работа. По нашему мнению, становление научной школы В.Г. Разумовского, как некой вершины-инструмента в научной деятельности, возникло на рубеже

1970–1980 годов. Назовём два ключевых события-дела, которые обозначили в то время для многих методистов и учителей страны ориентир деятельности на долгие годы: защита в 1972 году пионерской докторской диссертации «Проблема развития творческих способностей учащихся в процессе обучения физике» и выход в свет монографии «Развитие творческих способностей в процессе обучения физике» (М.: Просвещение, 1975. 272 с.). Первое событие, собственно научное, исторически несло стратегическую миссию – разрушило формальные и содержательно-методологические трудности и обозначило дорогу для защиты других докторских диссертаций по методике обучения физике. Второе событие определило революцию в мировоззрении учителей – для изменения практики были предложены новое структурирование содержания по логике принципа цикличности «факты, проблема – гипотеза, модель – следствия – эксперимент, практика», возможность воспроизводства технического творчества в обучении физике… Вот как точно писал об этом профессор С.А. Хорошавин, коллега и друг Василия Григорьевича: «Заявив о правомерности субъективной новизны в педагогическом процессе формирования творческих способностей учащихся, В.Г. Разумовский тем самым открыл путь для целенаправленного обучения изобретательству как любому другому виду деятельности» [97, с. 35–37]. На наш взгляд, это движение во многом определило *переход к новому этапу развития методики – неклассическому*. Его ключевая черта – творчество, творческие способности.

Через некоторое время после успешной защиты кандидатской диссертации о развитии детского технического творчества (1959) В.Г. Разумовский командируется работать на выставку детского технического творчества в США (Сан-Франциско, Сиэтл, Портленд, Бостон, 1965–1967). И с этого факта начинается формироваться уникальный интерес и опыт к зарубежной теории и практике обучения. В 1976 г. по линии ЮНЕСКО В.Г. Разумовский проходит стажировку в Стокгольмском и Лондонском университетах. Как специалист в области сравнительной педагогики он принимает участие во многих международных конференциях и семинарах в Берлине, Будапеште, Праге, Софии, Варшаве, Марселе, Триесте, Женеве, Вашингтоне, Копенгагене, Лос-Анджелесе, Франкфурте-на-Майне, Сан-Франциско, Нью-Йорке, Принстоне, Пекине, Токио, Стамбуле и др. В 1981 году он – глава делегации СССР и вице-президент Международного конгресса ЮНЕСКО «Научно-техническое образование и национальное развитие» в Париже. И этот его опыт для физического образования остался уникальным, интересным, перспективным.

В семидесятые годы он организует международные совместные исследования научных сотрудников социалистических стран по методике преподавания физики и определению общих тенденций ее развития. Результаты этих исследований публикуются в виде книг на русском, немецком и других языках [73,149].

На всех этапах своей многосложной и творческой жизни Василий Григорьевич страстно и много работал, боролся за вечное дело народного образования, и кем бы ни был по должности помогал и помогал учителям и методистам, коллегам и аспирантам…

Новые достижения. В жизни физического образования обозначился новый этап развития, который может быть назван неклассическим. Личный потенциал и энтузиазм В.Г. Разумовского и социальные программы реформирования школы удачно нашли друг друга во времени и пространстве. В 70–80-е годы он работает зав. лабораторией обучения физике НИИ содержания и методов обучения АПН СССР. И здесь на сочетании традиций и новаторства в коллективной, напряженной и творческой работе складываются фундаментальные теоретические и практические результаты. Тогда установка была на массовые, социальные по эффекту, образовательные результаты, и требовала творческой коллективной работы.

Выполняется целый ряд крупных и новых методических проектов: подготовка пособий по всем основным аспектам методики обучения физике – эксперименту, контролю знаний, использованию хрестоматийного материала и т.д. Вот его самооценка того времени: это был «самый плодотворный период жизни…».

Историко-методологический анализ позволяет выделить **ведущие теоретические** концепции, выдвинутые В.Г. Разумовским, каждая из которых в своё время имела стратегический характер и была рассчитана не менее чем на десять лет реализации. Именно эти программы-концепции объединяли коллективы исследователей, именно эти идеи порою вовлекали десятки специалистов в их разработки и сотни методистов и учителей по их реализации. Содержательным стержнем всех этих программ явно или не явно, по нашему мнению, было освоение научного метода познания в обучении. Определим эти **концепции-программы:**

- Программа развития творческих способностей школьников при обучении физике. Прежде всего, она представлена в первых публикациях, а как обобщение – в докторской диссертации.
- Программа построения теоретических основ методики обучения физике в АПН СССР. Глубоко осмысленная и принятая В. Г. Разумовским установка на развитие методики обучения физике как науки выразилась, в частности, в инициировании, стимулировании и поддержке докторских исследований (А.А. Пинский, Н.А. Родина, В.В. Мултановский, А.Т. Глазунов, Л.С. Хижнякова, И.И. Нурминский, Н.К. Гладышева, Ю.И. Дик, А.А. Фадеева, В.В. Майер, Ю.А. Сауров, В.Я. Синенко и др.).
- Программа-концепция генерализации учебного материала и методов обучения. Она постоянно развертывалась от концепции принципа цикличности до структурирования содержания курса физики по логике фундаментальных физических теорий, от требований к структуре знаний физических величин, законов до единой ориентировки при решении задач и др. В частности, этим движением объясняется постоянное внимание формированию методологических знаний.
- Программа нормирования образовательного процесса во всех составляющих. Так. В.Г. Разумовский страстно поддерживал деятельность А.А. Покровского и Б.И. Зворыкина по унификации методики и техники учебного физического эксперимента, позднее – практику деятельности глазовской научной

школы методистов-физиков (В.В. Майер) и практику построения кабинета физики нового поколения (Г.Г. Никифоров). В 70-е годы организуется массовая проверка знаний и умений в экспедициях по регионам страны и в итоге – создание коллективной монографии [150], а на этом фундаменте движение по нормированию учебной деятельности.

- Программа сравнительных исследований в области методики физики зарубежных стран и соответствующая подготовка специалистов высшей квалификации (лично В.Г. Разумовским подготовлены кандидаты наук для Германии, Болгарии, Кубы, Египта, Ирака). Неиссякаемый интерес Василия Григорьевича к обобщению и использованию опыта других выразился в двух замечательных коллективных проектах [73,149].
- В.Г. Разумовский вместе с В.А. Орловым и О.Ф. Кабардиным стоял у истоков широкого использования тестовых заданий в обучении физике. В частности, опыт использования тестов он «привёз» из США, книга об этом опыте не устарела до сих пор [110].

Уже **в начале XXI века** отчетливо формулируются и развиваются три самостоятельные программы:

- Программа построения учебников физики нового поколения, в частности интегрированного учебника «физика и астрономия» и учебников под концепцию «физика в самостоятельных исследованиях». В выполнение этой программы смело вовлекаются и методисты из регионов (В.В. Майер, Ю.А. Сауров).
- Программа внедрения научного метода познания (факты, проблема – гипотеза, модель – следствия – эксперимент, практика) в практику физического образования всех классах средней школы.
- Программа освоения естественнонаучной грамотности школьников при обучении формулируется как стратегическая для совершенствования образования: предлагается переход от прагматизма и репродуктивности целей к освоению методологии познания и творческой деятельности школьников, повышение конкурентоспособности наших школьников в мировом образовательном поле, развитие школьников и учителей на универсальных нормах деятельности (В.Г. Разумовский, В.А. Орлов, И.Г. Андреева, А.Ю. Пентин, Г.Г. Никифоров и др. [88,92,112–114,119]).

Для социально ориентированной методики фундаментальный характер этих программ трудно переоценить. И историческая преемственность их объяснима и оправдана.

С нашей точки зрения главным является жесткий ориентир фундаментальных исследований на получение устойчивого и социально значимого образовательного результата. На это направлены теоретические и экспериментальные поиски, и прикладные решения. Под эту цель-особенность аккумулировались на разных этапах научной деятельности различные ресурсы: разрабатывались теоретические Программы-концепции, организовывались творческие коллективы исследователей, разрабатывались методики и целые учебные курсы, проводились экспериментальные исследования в школах, осуществлялось обобщение и внедрение полученных результатов в массовой школе. Типичными примерами являются: разработка системы нормативных требований к процессу обучения физике в форме коллективных

методических пособий под реформу содержания образования 1967–1973 годов; разработка концепции и учебников под идею «физика в самостоятельных исследованиях» (2000–2012). В эти работы под руководством В. Г. Разумовского в разные годы были вовлечены большие коллективы ученых-исследователей (В.А. Орлов, Р.Ф. Кривошапова, В.Ф. Шилов, Ю.И. Дик, Л.С. Хижнякова, Г.Г. Никифоров, В.В. Майер, Ю.А. Сауров, А.А. Фадеева и др.). Назовём здесь две принципиальных работы: «Контроль знаний учащихся по физике» (М.: Просвещение, 1982. 208 с.), «Современный урок физики в средней школе» (М.: Просвещение, 1983. 224 с.). (Подробнее см.: [51,97,135–136,139].)

Чуть подробнее остановимся на второй из этих двух работ. Несколько обстоятельств определяют необходимость такого акцента. Первое, может быть, и формальное: недавно исполнилось 35 лет со дня выхода этого пособия. Сразу обращает на себя внимание уникальный авторский коллектив, который собрал В.Г. Разумовский при создании пособия. В составе этого коллектива не только известные тогда учителя физики, но и уникальные педагоги, с авторскими методиками изучения нашего предмета, например Л.А. Нотов, В.А. Орлов, Е.И. Африна. Это, может быть, и не так удивительно, если речь идет о пособии по современному уроку физики. Но посмотрите: В.Г. Разумовский смог пригласить в авторский коллектив известного ученого-физика и создателя нового поколения учебников академика И.К. Кикоина, известного методиста, профессора В.В. Мултановского. Сущность второго обстоятельства – это внедрение методики, основанной на использовании научного метода и цикла, фактически началось именно с этой книги.

Наконец, этот опыт показывает отношение В.Г. Разумовского к педагогической практике как высшему критерию эффективности методических и дидактических построений: все московские уроки он посещал и анализировал лично.

Можно утверждать, что идеи Московского семинара не покидали В.Г. Разумовского и в дальнейшем. Когда, уже в XXI веке (2014), под его и А.Ю. Пентина руководством началось известное Раменское исследование (совместное с ИСРО РАО, Раменским домом учителя и Раменским комитетом по образованию), В.Г. Разумовский вновь лично посетил многие уроки учителей-исследователей. И инициировал создание Раменского семинара «Современный урок», работа которого была построена на использовании всего арсенала методических приемов освоения научного метода познания, накопленных за пятьдесят лет им и его научной школой [88].

В этой деятельности центральным всегда оставался вопрос содержания физического образования, а как следствие и форма – школьный учебник физики. Десятилетиями громадное количество

творческих сил уходило на построение вариантов программ, концепций учебников, сами учебники и методики к ним…

Деятельность в XXI веке: В.Г. Разумовскому нравилось созвучное его собственным устремлениям высказывание П.Л. Капицы: «История культуры учит нас, что фантастическое со временем становится реальностью» [42, с. 273]. И в новом веке творческая активность учёного экономно сосредотачивается на актуальных проблемах современного образования. В социуме появились новые вызовы, и он не мог их игнорировать. На наш взгляд, своей деятельностью В.Г. Разумовский связал классический, неклассический и постнеклассический этапы развития научного познания в области методики физики. Выделим и охарактеризуем формируемые тогда новые направления деятельности.

Во-первых, ключевым направлением научно-методической деятельности учёного становится разработка и реализация ФГОС. На это тратятся основные творческие силы [114–121]. Здесь главное достижение – формулирование в содержании физического образования представления о научном методе физического познания. Постепенно (хотя весьма медленно!) это революционное положение становится нормой теории и практики методики обучения физике.

Во-вторых, весьма напряженной по идеям и содержанию, трудозатратам оказывается руководство (вместе с В.А. Орловым) многоаспектной деятельностью сравнительно большого коллектива методистов для построения учебника физики нового поколения для средней школы под идею «физика в самостоятельных исследованиях» (ВЛАДОС, 2002–2011). В итоге издано семь томов учебника, три методики для 7–9 классов, большое число статей [114–121, 133–140], ряд лет в Подмосковье, Казани, Кирове шёл эксперимент по внедрению идей учебника в учебный процесс.

В-третьих, постепенно расширяется и совершенствуется долговременная программа формирования естественнонаучной грамотности. Вот какой яркий аргумент приводит В.Г. Разумовский цитатой из журнала «The Physics Teacher»: «…индустриализованные демократические государства не могут выжить, если их граждане не обладают должным уровнем научной грамотности. Граждане демократических промышленно развитых стран должны быть решающей силой в выборе путей использования науки и техники. Научно безграмотное население в современных условиях – это предписание бедствия… Научная грамотность населения определяется двумя существенными параметрами. Первым параметром является владение элементарными знаниями ключевых научных понятий, таких как стволовая клетка, молекула, миллимикрон, нейрон, лазер, ДНК, ядерная энергия, дрейф континентов, причина смены сезонов и возникновения парникового

эффекта. Вторым параметром измерения является понимание науки как метода познания…» [121, с. 170–171].

В-четвертых, устойчиво сохраняется интерес и глубина Василия Григорьевича Разумовского по пониманию мировых тенденций в образовании. Вот какие идеи-мысли формулируются для развития методики обучения физике: надо отчетливо понимать, что построение новых норм деятельности (в частности, физического мышления) и их внедрение по масштабам равносильно революции в жизни людей; учащиеся должны усваивать не только научные знания, но и методы научных исследований (ставит вопросы, планировать эксперимент, систематизировать полученные знания, делать выводы и заключения); при описании и объяснении явлений должны использоваться модели, учащиеся должны понимать ограниченность моделей, при необходимости заменять их и применять новые модели; общемировой тенденцией в построении содержания физического образования является повышение удельного веса методологического и методического знания в учебных текстах; повсеместно в мире внимание к системам знаний дополняется вниманием к системам деятельности, идеалом становится освоение жестких норм в творческом процессе; важная тенденция для всех систем обучения –

На конференции учителей физики Подмосковья (2014)

сохранение коллективного и индивидуального в обучении… [113,119,121]. Прошло много лет, а этот опыт как инвариант не стареет!

Проблема нормирования деятельности в обучении: «опыт рода» должен быть в чем-то задан, транслирован и усвоен. Нормативный характер процессов обучения почти очевиден. Поиск форм представления и построение нового опыта идет постоянно, причем в наше время эти процессы убыстряются. Вот почему так важно для обеспечения современной жизни вовремя задать нужные нормы деятельности. В главном, они задаются структурой и содержанием учебного материала, практикой учебной деятельности школьников, образцами деятельности учителя, различными нормами-требованиями по организации деятельности [48,114,120,138,176].

Обострение внимания, сначала осторожно, а потом все более настойчиво, к методологии деятельности можно рассматривать неким рубежом движения к постнеклассической рациональности. И на новом уровне более жесткое обращение к нормированию учебной деятельности, а параллельно к проблемам дидактического исследования в методике обучения физике, – оправданно.

Методология научного познания может рассматриваться как ресурс нормирования деятельности. Функция физики как учебного предмета не исчерпывается тем, что в числе других естественных наук он обеспечивает формирование современного научного мировоззрения и миропонимания. Во всех странах больше или меньше осознано *общее гуманитарное* значение физики, которое состоит в том, что она вооружают школьника *научным методом познания,* соединяющим мыслящего человека с окружающим миром, формируя человека как *творческую личность*. Не случайно поэтому включение в нашей стране в стандарт школьного образования положений методологии познания (понятие о научном факте, гипотезе, методе и др.). При обучении в школе научный метод познания является для ученика одновременно объектом освоения и средством овладения учебным материалом [121,133].

В образовании по содержанию и структуре нет деления на учебное и научное познание. В деятельности есть единое познание. Такое разделение познания возможно только по цели. Если цели учебные, то какая бы ни была деятельность познание – только учебное. Иное дело, что *тенденцией в освоении учебных предметов становится практика научного познания* (В.В. Майер и др.), которая сама по себе несет новые ценности. В старшей школе в рамках профилей это может быть профессиональная (трудовая) деятельность. Отсюда можно рассматривать освоение норм научного познания (научной деятельности) всегда на двух уровнях: а) первый – индивидуальный уровень, с ориентиром на субъективную новизну, что является первичным в обучении, б) второй – социальный уровень, с объективной новизной получаемого продукта. Надо признать, что второй уровень с социальной точки зрения (жизни) – фундаментальный. Оценка новизны всегда социальна, осуществляется

всегда в ходе коллективной деятельности, в итоге только она объективна [11,117,119–120].

Общемировой тенденцией в построении содержания физического образования является повышение удельного веса методологического и методического знания в учебных текстах. Оно играет двоякую роль: во-первых, является необходимым и прямым объектом усвоения, во-вторых, играет роль ориентировок деятельности при усвоении физических знаний.

Обобщения жизни и деятельности. С нашей точки зрения, в научной деятельности В.Г. Разумовского сравнительно легко выделяются следующие черты. Во-первых, особо и принципиально важно, что на всех этапах научной деятельности В.Г. Разумовский вел коллективные теоретические и экспериментальные исследования. Во-вторых, всегда развертывание методического творчества организовывалось на платформе теоретических идей, гипотез, методических моделей и т.п., что придавало целостность, устойчивость и продуктивность всей деятельности. В-третьих, вся исследовательская и проектная деятельность на каждом этапе подчинялась решению государственных проблем в науке и образовании, причём сохранялась и историческая преемственность в научной деятельности. В-четвертых, осознанным принципом при построении целей научной деятельности всегда было самостоятельное развивающее творчество самого субъекта науки и образования, а не нормативное давление над ним [118,119].

Методологическая реконструкция научной деятельности В.Г. Разумовского, его учеников и единомышленников-коллег позволяет выделить ***исходные принципы его научной школы,*** важные для постнеклассического этапа методики обучения физике***:***

- в области образовательных целей – развитие творческих способностей школьников и учителей, а на этой основе повышение качества жизни людей;
- в области содержания физического образования – генерализация знаний и процессов учения на основе освоения научного метода познания от фактов через теоретические модели до практики;
- в области научного мировоззрения – различение реальности и описаний при изучении физических явлений, построение и освоение систем знаний на основе следующих теоретических обобщений (понятия, законы, теории, физическая картина мира), формирование теоретического мышления в учебной деятельности экспериментирования и моделирования [48,59–64,138,141].

Особое место занимает постоянная «борьба» В.Г. Разумовского «за чистоту» научно-методических исследований. Начиная с докторской диссертации, он вместе с коллегами и учениками стремится к развертыванию исследований по логике «от фактов к их обобщению» и «от абстрактного к конкретному». И любой теоретической работе придается значимость и ясность прикладной

работы, которую с интересом осваивают и учитель-методист, и доктор наук.

Настойчиво в ***аппарате научного исследования*** выделяются и проявляются следующие аспекты-черты:

- В любом исследовании всегда осознанно учитывается грань между фактами практики и теоретико-методическими моделями, эти два этапа исследования даже в прикладных работах не противопоставляются друг другу, а несут свои смыслы и функции, обосновывая друг друга.
- На протяжении многих лет во всех работах (и теоретических, и прикладных) определяются и обозначаются границы применимости идей, моделей, разработок, по возможности это делается максимально конкретно. Не умаляя значения теории методики физики границы применимости по методологической функции, во-первых, ограничивают «увлеченность» абстракциями, во-вторых, оставляют, а иногда и формируют интеллектуальное поле для новых решений.
- Использование аргументов для конструктивного доказательства гипотез из различных систем научных знаний (психологии, философии, социологии, политологии, истории науки и др.), в том числе из зарубежного опыта. Это создаёт широкий и устойчивый интеллектуальный фундамент для уверенного использования решений в практике.
- Разработка и использование методов исследования всегда были ориентированы на аппаратные, технологические, объективные средства измерения, в частности, на развертывание поэлементного анализа в диагностике результатов обучения, прямое фиксирование фактов процесса обучения, использование математических средств обработки фактов, запись кожно-гальванического рефлекса при решении задач и др.

Итак, целостность теоретического или прикладного исследования как выражение ясной цели-идеи, доведение идеи до доступного практического применения – сейчас принята сообществом как культурная норма.

Наше перспективное будущее. Многие ученики и единомышленники В.Г. Разумовского уже подготовили следующее поколение исследователей, которые на созданном идейном основании готовы взять ответственность за развитие физического образования и методики обучения физике.

В рамках духовного единства научной школы постепенно выделяются специализированные направления деятельности. В Глазове под руководством профессора В. В. Майера интенсивно разрабатывается теория и практика экспериментирования, а уровень и рейтинг этих работ весьма высок. В Кирове специализация выразилась в общей разработке методологии методики обучения физике, а на этой основе – освоение учебной деятельности моделирования (В.В. Мултановский, Ю.А. Сауров, К.А. Коханов). В Российской академии образования успешно исследуются процессы интеграции учебных знаний (А.А. Фадеева), на новом поколении оборудования выстраивается техника учебного эксперимента для задач освоения научного метода познания (Г.Г. Никифоров), в последние годы активно расширяется освоение научной грамотности

в разных естественнонаучных учебных предметах (А.Ю. Пентин и др.). В целом разнообразие индивидуальных исследований на идейной платформе научной школы расширяется и углубляется.

Считаем, что наиболее устойчивым и стратегически перспективным идейным основанием для творческого развития научной школы является разработка методологи методики обучения физике как науки и практики. Она задаёт широкое, глубокое и привлекательное интеллектуальное поле для молодых исследователей, при этом сохраняя исторические традиции. Сам В.Г. Разумовский многочисленными статьями в «Педагогике» и «Физике в школе» для многих привил и определил интерес к этому духовному инструменту деятельности [121]. И на этой платформе интеграции знаний и опыта происходило и происходит создание методик и технологий обучения. И этому Делу нет окончания…

Итак, через людей осуществляется преемственность в развитии методики обучения физике как науки. Историческая непрерывность этого процесса очевидна. Но и социально-политические разрывы в жизни общества сильно влияют на функционирование прикладной науки.

По факту задач методика не может быть неклассической. Но так может быть назван некий этап рефлексивных поисков новых решений, что требует на каком-то участке времени критики и отрицания старого. Неклассический этап – это всегда промежуточный этап. Новый за ним постнеклассический этап, синтезируя поиски, по предназначению несет позитивные смыслы, наверное, определяет значительное время, может быть, целую эпоху. Этапы развития науки и практики в конечном итоге определяют успехи нашего дела.

1.3. О проблеме и смыслах изучения границ применимости научных знаний*

Для развития, т.е. для получения, конструирования, приобретения нового, надо освоить, оттолкнуть, отвергнуть старый опыт и пойти на шаг вперед. И так всегда. В современном обществе востребованы люди, обладающие развитой культурой научного, критического мышления, поиска, преобразования. В обучении физике одним из доступных инструментов формирования этих качеств является освоение границ применимости учебных физических знаний – понятий, принципов, моделей, законов, теорий...

Однако на практике на вопросы границ применимости научных понятий не обращают должного внимания. А ведь это фундаментальный мировоззренческий аспект познания и понимания. Известный методолог физики А.В. Ахутин писал: «Вопреки мнению популярной науки знание научно, пока условно, когда точно указывает свои условные границы, условия наблюдаемости, условия применимости, условия возможного опровержения» [5, с. 23]. А академик А.Б. Мигдал убеждал: «Научный подход начинается с определения границ области, которая включает достижения науки, не вызывающие сомнений, и границ области невозможного...» [74, с. 8]. Для открытых систем постнеклассической рациональности при их описании актуальным как раз оказывается определение границ применимости.

Важно учесть, что интеллектуальный фундамент для развития общества закладывается еще в школе. В Федеральном государственном образовательном стандарте утверждается, что при освоении естественных наук, в том числе и физики, должны формироваться основы научной картины мира, понимание роли физики в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач, владение основными методами научного познания. В.Г. Разумовский утверждал: «Для интеллектуального развития опыт деятельности в области

* См. подробнее: Сауров Ю.А., Уварова М.П. О проблеме границ применимости знаний в методике обучения физике // Педагогика. 2020. № 10. С. 24–36. О границах применимости принципов, понятий и законов при изучении механики // Физика в школе. 2018. № 3. С. 14–19. Сауров Ю. А., Коханов К. А. Рассмотрение границ применимости знаний при изучении молекулярной физики // Физика в школе. 2018. № 5. С. 3–14. Сорокин А.П., Сауров Ю.А. О границах применимости эмпирического метода познания // Физика в школе. 2019. № 2. С. 21–26. Вопросы и примеры рассмотрения границ применимости знаний при изучении электродинамики // Физика в школе. 2019. № 4. С. 13–21. Сауров Ю.А., Коханов К.А. Освоение границ применимости знаний при изучении квантовой физики // Физика в школе. 2019. № 6. С. 19–27.

современной науки является единственным средством. Нет развития вне образования, вне овладения методами научного познания» [121, с. 50]. Но для достижения таких результатов обучения необходимо не формальное заучивание знаний, а организация активной познавательной деятельности учащихся при познании реальных объектов и явлений.

В ходе освоения научного метода познания, его применения в учебных ситуациях учащиеся приходят к выводу, что любое знание (понятия, принципы, модели, законы…) не является абсолютным, имеет свои границы применимости. Для познания, для развития научного, физического мышления это понимание носит фундаментальный характер и способствует развитию последнего, например, в случае, когда при решении какой-либо учебной задачи «привычный» метод не дает нужного результата. Словом, в современном мире знание о границах применимости знаний – фундаментально, отсюда необходимо для освоения.

Существование границ применимости знаний обусловлено природой теоретического и эмпирического знания, а также историей человеческого познания в целом. Вследствие особенностей физических измерений эмпирическое знание всегда приближенно, а теоретические знания ограничены по своему определению – они по своей природе модельные, идеальные. Более подробно границы применимости принципов, понятий, законов различных разделов физики рассмотрены нами в выше названных статьях, в ряде монографий [131,133,138,139]. Однако, несмотря на повышенное внимание методистов к вопросам выделения границ применимости физических знаний, практически нет примеров методики и опыта диагностики достижений учащихся. В новое время освоение этой области деятельности и знаний перспективно.

В образовательной реальности освоение границ применимости практически отсутствует: идеология современных представлений об учебных системах знаний абсолютизирует их идеальность, в действующих учебниках и методиках нет вопросов о границах применимости. Ниже обосновывается важность и доступность изучения границ применимости на примере формирования физических знаний по механике и молекулярной физике.

Приведем простой эмпирический аргумент: рассмотрим текст учебников на предмет наличия термина «граница применимости». Для распространенных учебников фиксируем такой факт: в текстах не определено это понятие, не выяснено, в чем же заключаются эти границы. Например, при рассмотрении материальной точки обычно обсуждается, в каких случая тело можно считать материальной точкой, однако термин «границы применимости модели» не используется. Существенно, что в методиках нет приемов и примеров

рассмотрения границ применимости знаний, то и фактически таких норм для учебного процесса нет.

Приведём ещё один эмпирический аргумент: выясним в форме диагностики, как усваиваются границы применимости основных понятий механики и молекулярной физики в 10 классе. Поскольку общепризнанных диагностик достижений учащихся в области границ применимости нет, то на поисковом этапе исследования нами был составлен пробный тест. Он был апробирован на учащихся различных типов образовательных учреждений – лицей, гуманитарная гимназия, общеобразовательная школа.

Тест направлен на проверку конкретных знаний и умений учащихся в области границ применимости понятий, принципов, моделей и законов. Справедливость нашего подхода подкрепляется современными методиками ведущих сотрудников ИСРО РАО. Согласимся с мыслями: «Любые более крупные – интегративные – качества (компетенции, способности, готовность, компетентность…) могут быть подвержены проверке и оценке только после их разложения до уровня понятий, умений и навыков (ЗУН). Только этот уровень стратификации личностных, метапредметных и предметных качеств имеет конкретное представление и может быть подвержен диагностике»[*].

Выделенные нами нормы знаний и умений по вопросам границ применимости теоретических обобщений не являются «специфическими», условно «недоступными» для освоения школьниками. Наоборот, при составлении теста мы стремились к тому, чтобы проверить «элементарные» в смысле программные знания и умения. Конкретно их можно представить так:

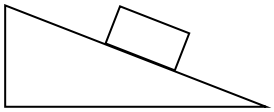
- знание особенностей моделей «материальная точка», «идеальный газ» (и других), границы их применимости;
- знание границ применимости физических понятий, принципов, законов;
- умение определять границы применимости законов на основе анализа графиков, таблиц с экспериментальными данными;
- умение строить модель явления в графическом виде – изображение сил, описание движения тела на основе построенной модели;
- умение оценивать истинность значений физических величин, полученных при измерении.

В проведении теста приняло участие примерно девяносто учащихся десятых классов из Лингвистической гимназии г. Кирова, Лицея № 21 г. Кирова, средней общеобразовательной школы № 5

[*] Кочергина Н.В., Машиньян А.А. Направления совершенствования федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования // Перспективы науки и образования. 2019. № 3 (39). С. 44–54.

г. Новый Уренгой (2020). Стаж учителей физики – около 5 лет. Ниже приведены только формулировки верных ответов.

Таблица 1.1. Диагностический тест. Вариант 1

Содержание задания	**% верных ответов**		
	Гимназия, 15 чел	**Лицей, 12 чел**	**СШ, 14 чел**
1. Можно ли измерить массу материальной точки?			
Нельзя, массу можно только приписать материальной точке.	33	58	28
2. В результате измерений получили, что длина ручки равна 16,4 см. Можно ли назвать полученное значение точным?			
Нет, при измерении всегда получается только приближенный результат.	33	66	24
3. Каковы границы применимости у основного уравнения молекулярно-кинетической теории газов $p = nkT$?			
Справедливо только для идеального газа.	40	75	57
4. Брусок соскальзывает с шероховатой наклонной плоскости. Постройте модель явления (опишите движение, изобразите силы). 			
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
5. Является ли температура кипения данной жидкости постоянной величиной?			
Температура кипения зависит от внешних условий.	40	25	29
6. Любая ли модель явления имеет границы применимости?			
Всегда имеет.	33	83	29
7. Какие из приведенных размеров молекул можно считать точными?			
Нет верного ответа	40	92	42
8. В каком из ответов сформулировано правильное утверждение?			
Нет верного ответа.	20	25	18
9. Каковы в механике границы применимости понятия «сила»?			
А. Нет ускоренного движения тела. Б. Нет взаимодействия тел. В. Не применим второй закон Ньютона. Г. Применимо только для материальной точки.	27	8	29

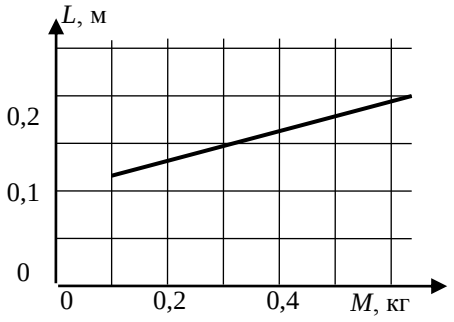
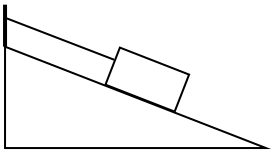
10. Какой ответ правильно определяет границы применимости закона Гука $F = -kx$?			
А. Закон всегда справедлив. Б. Этот закон никогда точно не выполняется. В. Силу измерить невозможно. Г. Закон применим только для материальной точки.	27	8	14
11. На графике представлены результаты измерения удлинения пружины от количества подвешенных к ней грузов. Можно ли применить закон Гука для описания и объяснения этого явления? 			
Да, так как выполняется линейная зависимость между удлинением пружины и величиной силы.	40	25	29
12. В сосуде с водой ко дну привязано легкое пластмассовое тело. Можно ли для описания и объяснения этого явления использовать понятие «сила Архимеда»?			
Да, жидкость действует на тело, ее действие описывается силой Архимеда.	60	50	42
13. В каком случае колебания можно описывать уравнением гармонических колебаний?			
Если период колебаний не изменяется.	47	75	39
14. Есть ли границы применимости у закона сохранения импульса?			
Нет верного ответа.	13	17	14
15. Изменится ли закон Гука, если пружину с грузом перенести с полюса на экватор?			
Изменятся погрешности применения закона.	53	42	72
16. Зависят ли границы применимости классической механики от точности измерительных приборов?			
Нет верного ответа.	13	25	29
17. Является ли плотность газа неизменной величиной?			
Нет верного ответа.	20	25	14
18. Выберите правильный ответ на вопрос: В каком случае нельзя использовать идеальный газ?			
Идеальным газом нельзя дышать.	29	25	29
19. Есть ли границы применимости у цикла Карно?			
Цикл Карно применим только для идеального газа.	20	25	43
20. Можно ли молекулу считать моделью вещества?			
Молекула – физический объект, а не модель.	47	58	43

Таблица 1.2. Диагностический тест. Вариант 2

Содержание задания	% верных ответов

	Гимназия, 16 чел	Лицей, 13 чел	СШ, 20 чел
1. Можно ли измерить давление идеального газа?			
Давление идеального газа можно рассчитать, но измерить нельзя.	88	77	60
2. В результате измерений получили, что ширина листа бумаги равна 21,0 см. Можно ли назвать полученное значение точным?			
Нет, при измерении всегда получается только приближенный результат.	38	38	20
3. Есть ли границы применимости у первого закона термодинамики?			
Закон выполняется только для замкнутой системы тел.	13	23	10
4. На шероховатой наклонной плоскости с помощи нити удерживают брусок. Постройте модель явления (опишите движение, 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
5. Является ли плотность чистой воды постоянной величиной?			
Плотность воды зависит от внешних условий.	13	54	10
6. Любая ли модель явления имеет границы применимости?			
Всегда имеет.	13	23	20
7. Сколько молекул содержится в одном моле воздуха?			
Нет верного ответа.	6	31	30
8. Относятся ли погрешности измерений к ограничениям при применении закона Гука?			
Нет верного ответа.	13	54	10
9. Каковы границы применимости понятия «свободное падение»?			
Для равномерного движения применить нельзя.	31	23	30
10. Какое утверждение правильно обозначает границы применимости второго закона Ньютона?			
Применим только в инерциальных системах отсчета.	25	62	20
11. Какая характеристика вещества тела сохраняется?			
Масса.	19	38	60
12. Какая математическая модель правильно описывает действие Земли на тело,			

находящееся на ней?			
$F = \frac{GmM}{R^2}$.	56	62	30
13. Можно ли применять второй закон Ньютона для описания явлений, если тело не движется, но на него действуют другие тела?			
Да, так как закон применим для описания тел и в состоянии покоя.	56	62	30
14. Есть ли границы применимости у закона сохранения импульса?			
Закон применим для замкнутых систем.	31	46	20
15. Всегда ли можно утверждать, что внутренняя энергия идеального газа изменяется при изотермическом сжатии?			
Согласно уравнению $\Delta U = \frac{i}{2}\nu R\Delta T$ энергия идеального газа зависит только от температуры.	44	31	40
16. Можно ли описать один и тот же объект разными моделями?			
Да, можно всегда. Б. Можно при определенных условиях.	44	38	40
17. Ученик провел опыты с двумя разными пружинами, измеряя силы упругости при разных деформациях. Результаты экспериментов приведены в таблице. Для которой пружины справедлив закон Гука?			

X, см.	0	1	2	3	4	5
$F_{упр.}$(1), Н	0	0,5	1,0	1,5	1,5	2,5
$F_{упр.}$(2), Н	0	2,0	2,0	6,0	8,0	10,0

Для 1.	19	31	20
18. Как доказать наличие границ применимости идеального газа?			
Проверить на опыте сохранение произведения давления и объема воздуха при изотермическом процессе.	31	54	30
19. В каких случаях скорость не применима для характеристики движения тела?			
Не применима, если её нельзя измерить.	19	69	20
20. Какие системы отсчета есть в природе?			
В природе как таковых систем отсчета нет.	24	62	40

Краткая интерпретация результатов экспериментального исследования и общие выводы.

- В условиях нецеленаправленного обучения по разным качествам разброс правильных ответов колеблется от 6 % до 88 %.
- Из 120 фактов правильных ответов (40 заданий по трем школам) в 23 случаях больше 50 % дано верных ответов, а больше 30 % верных ответов зафиксировано для 63 случаев заданий. Причём нет случаев с нулевым числом

правильных ответов. Это твердо позволяет утверждать, что наша гипотеза о принципиальной доступности этих знаний оправдывается.

- На сравнительно ясные, простые и прямые вопросы (подчеркнём, с выбором ответа) на границы применимости школьники отвечают более устойчиво: вариант 1: 1–7,12,15,20; вариант 2: 1,2,11–13,15,16,20. И отсюда есть основание утверждать, что при формирующей методике показатели а) будут устойчивыми, б) сравнительно высокими. Последнее хорошо подтверждается весьма высокими верными ответами на большое число вопросов: вариант 1: 1–3,6,7,12,13,15,20; вариант 2: 1,10–13,19,20.
- Относительно низкие результаты учащиеся показывают при ответе на вопросы, направленные на диагностику умений определять границы применимости законов на основе анализа графиков, таблиц с экспериментальными данными и оценивать истинность значений физических величин, полученных при измерении. Мы интерпретируем результаты так: во-первых, в школе относительно мало внимания уделяется работе со знаковыми системами – графиками, таблицами, то есть у учащихся в данных направлениях умения формируются эпизодически; во-вторых, даже если в школе и проводятся физические измерения, то обработке их результатов уделяется мало внимания, в основном она носит технический характер. Однако требуется более детальная работа с полученными при измерении результатами, что способствует не только освоению эмпирического метода и границ его применимости, но и развитию теоретического мышления и мировоззрения учащихся.
- В рамках теста учащимся было предложено задание, которое прямо не связано с границами применимости физических знаний, но направленное на самостоятельное построение модели – выполнение рисунка и обозначения сил, характеризующих действие на брусок окружающих тел. Большинство учащихся общеобразовательной школы вообще не приступили к выполнению задания, а учащиеся лицея наоборот показали хорошие результаты. Возможно, это связано с индивидуальным подходом учителя к решению физических задач – кто-то уделяет большое внимание построению модели явления задачи, а кто-то решает задачи формально, отсюда и у учащихся возникают затруднения.

Итак, чтобы получить новое в научно-методической деятельности, надо отойти от известных описаний (текстов). Решение заданий на границы применимости – это очевидный и доступный инструмент поиска именно новых творческих методических решений. Но выяснение в обучении границ применимости имеет и важное мировоззренческое значение, особенно для формирования физического мышления. В современной учебной деятельности границы применимости знаний – необходимый и эффективный регулятор творческой деятельности, рационального поведения людей в разных ситуациях.

* *
*

Классический тип научной рациональности характеризуется следующими основными чертами: центрирование познания на

объекте, объяснение и описание только через характеристики объекта, доминирующие представления о познании как экспериментировании с объектами, подтверждение теории опытом, абсолютная истинность научных знаний и др.

Достижения классического этапа становления и развития методики обучения физике широки и разнообразны. Мы постоянно об этом писали и пишем (см. материалы сайта:www.saurov-ya.ru). Этот опыт сохраняет свое не только историческое (а, значит, теоретическое), но и современное практическое значение. Многого мы ещё не освоили. Но перетапливая опыт прошлого, надо строить заделы для будущего.

Переход к неклассическому этапу научной рациональности, прежде всего, характерен изменениями роли субъекта в познании, вскрытие природы знаний через категорию деятельности, обострению внимания к рефлексивной деятельности. Характерно, что школьники, студенты, учителя устойчиво относят физические знания к объектам природы, и уверены, что в природе существуют скорости, ускорения, массы, силы… Уважая духовные миры Человека, мы все же уверены в первичности и фундаментальности материального мира Природы. Их различение принципиально для методики физики.

Новый этап развития образования, несомненно, был вызван новыми социальными условиями труда и жизни людей. Новые творческие решения определяли неклассический характер этапа. С тех пор до 1990 года фактически прошла целая эпоха. Следует признать, что исторически потенциал достижений методики обучения физике 70–80-х годов не исчерпан. Но теперь эта страница уже перевернута.

Глава 2. Постнеклассическая методика обучения физике: поиски оснований

Вне духа и без духа нет и слова,
есть лишь колебания воздуха.
Э. Ильенков [35, с.444]

Опыт рода, несомненно, сначала должен быть структурно и предметно определен. А потом в деталях наполнен содержанием. Для успешности этого дела в идеале все категориальные понятия методики обучения физике должны быть рефлексированы, переосмыслены в декомпозиции (распредмечены) и, по потребности, их система должна быть сконструирована заново. В случае прикладной науки эта система должна быть сравнительно простой, функционально удобной.

2.1. Новое время в обучении: вызовы теории и практики*

Постановка видения вопроса. Взгляд извне на цели и смыслы своей деятельность в любом случае полезен. Системное видение предназначения учебного предмета стимулирует совершенствование методики его освоения, но оно способствует и расширению кругозора видения других учебных предметов. В последнее десятилетие мы отодвинули в сторону межпредметные связи. А жаль.

Даже при профильном обучении для его стратегической успешности сохраняется потребность в разнообразии предметных

* Публикации: Методика обучения физике: Вопросы науковедения: Письма о познавательной деятельности…: монография. Киров: ИД «Герценка», 2019. 350 с. Майер В.В., Сауров Ю. А. Экспериментирующее мышление в методике обучения физике // Физика в школе. 2018. № 7. С. 3–11. Об отношении В.Г. Разумовского к методологии… // Учебная физика. 2019. № 2. С. 50–57. Методика обучения физике для современного учителя (размышления об опыте освоения научного метода познания) // Физика в школе. 2020. № 1. С. 59–62. Актуальные методические идеи Виктора Кондакова // Учебная физика. 2020. № 2. С. 57–66. Сауров Ю.А., Колупаев В.Ф. Проблемы методики изучения физических понятий на примере понятия «Электрический заряд» // Физика в школе. 2020. № 6. С. 10–18. Размышления о предмете и особенностях методического мышления // Учебная физика. 2020. № 4. С. 65–71. Ещё раз об источниках знаний и о понимании в обучении // Учебная физика. 2021. № 1. С. 36–41.

возможностей для формирования мышления, понимания, коммуникации, рефлексии, широкой предметной деятельности. В методике предмет выступает в качестве объекта выделения, конструирования, использования и т.п. И по содержанию и форме может быть любым образованием, лишь бы он нес образовательные цели. Например, это может быть модель чего-либо. О важности ресурсов разных фундаментальных предметов для развития личности можно даже и не упоминать. Вопрос эффективности как всегда в целях-условиях, мере и квалификации. В нашем случае речь идёт о чувственном и интеллектуальном потенциале для всех школьников такого удивительного учебного предмета как физика.

Общей системообразующей идеей освоения учебных предметов в школе является, по нашему мнению, надпредметный подход, выраженный в освоении общих категорий-понятий, логики научного метода познания, таких метапредметных умений как умения применять научные знания для распознавания проблем, понимать сущность науки как формы человеческого знания и результатов исследования, способность анализировать и объяснять явления окружающей действительности, предвидеть новые явления и применять научные знания на практике... И такой взгляд согласуется с идеями ФГОС. Но ***нас волнует проблема практики применения***. Она сложнее концепций, многотрудная по делам.

В итоге обозначенных целей мы – организаторы – приходим к единой задаче освоения культуры (опыта рода) и развития личных качеств субъекта образования. К интегрирующим понятиям содержания курса физики мы относим следующие фундаментальные понятия: пространство и время, материю в формах вещества и поля, систему (физическую, биологическую, социальную), взаимодействие, движение, модели типичных объектов и явлений, характеристики свойств объектов, языки описания свойств, законы сохранения и инварианты, теории как системы знаний, границы применимости всех знаний...

В целом наш методический взгляд опирается на парадигму естественно-искусственного отношения к образовательным процессам. С одной стороны, физическое, психическое и физиологическое развитие школьников – естественно-природный процесс, с другой стороны, все процессы формирования человека – культуросообразные, организуемые, и, отсюда, искусственные, деятельностные процессы (Л.С. Выготский, В.В. Давыдов, Г.П. Щедровицкий и др.). Вот откуда вырастает наша ответственность перед будущими поколениями. Ошибки и небрежности тут дорого стоят.

Ниже мы идейно-конкретно убеждаем в образовательной эффективности использования гуманитарного (интеллектуального, врспитывающего) потенциала физики в школе. Основным ресурсом

при этом в качестве интеграционного инструмента для всех учебных предметов считаем методологию познавательной деятельности.

Актуальность мотивации образовательной деятельности как цели. На предновогоднем заседании Госсовета (2020) Президентом поставлены задачи дальнейшего развития школьного образования: *«…И школа тоже должна идти в ногу со временем, а где-то и опережать его, чтобы готовить ребят к динамичной, быстроменяющейся жизни, учить их овладевать новыми знаниями и умениями, свободно, творчески мыслить. Для этого нужен эффективный механизм постоянного обновления содержания общего образования…».* В этой связи выделим ключевую, на наш взгляд, **проблему мотивации обучения физике** и другим школьным предметам. Надо преодолеть порочный *прагматизм,* который охватил в той или иной мере всех участников школьного образования под установку: «учить только то, что связано с предполагаемой профессией». Отсюда – главный порок: учитель превращается в «урокодателя», совершающий «образовательные услуги для интересующихся» на уроке или после уроков в качестве репетитора. Для общеобразовательной и, в особенности для основной школы, это не допустимо! Отсюда не случайно возникновение по природе гуманитарной проблемы обучения – отчуждение школьников от научного мировоззрения и мышления, и как следствие неравенство людей в аспекте научной грамотности…

Сейчас всё более актуально не просто «поедание» невкусных и непонятных знаний, а полноценное экспериментирование не только над физическими (биологическими и иными) объектами и явлениями, но и над знаниями, в частности, при построении и использовании моделей. Так природосообразно и культуросообразно организуется присвоение «опыта рода». Этот путь признан, частично отработан, но для постоянных успехов в него надо и надо вкладывать ресурсы – идеи, людей, материальные средства… На наш взгляд, это задачи постнеклассической рациональности.

Научному сообществу пора осмыслить, что методика обучения физике последние двадцать лет тяжело переживает системный кризис. И это уже проблема не только самого процесса обучения физике. Основные симптомы таковы: существенное падение познавательного (и даже социального) интереса к физике, старение кадров в вузах и школах, старение материальных средств обучения физике и деградация экспериментирования, разрушение системы диагностики и оценивания достижений школьников и студентов… Но главной оказывается неспособность сообщества эффективно перейти на новое поколение содержания физического образования, одна из ведущих черт которого культурологическое отношение к знаниям и их освоению. Стандарты, учебные планы, программы, варианты учебников, так называемые учебно-методические комплекты

меняются чуть ли не ежегодно, но качество теории и практики обучения от этого только страдает.

По целям физика в школе – предмет гуманитарный, не менее, а, может быть, и более, чем другие предметы. На платформе отношения человека и природы она формирует такие фундаментальные качества человека как теоретическое мышление и научное миропонимание, рефлексию познавательных процедур и их результатов, предметную деятельность по логике научного метода познания. Если математика в школе является системообразующим предметом на уровне всеобщего языка, то физика – на уровне естественнонаучного метода познания. И это не частное, а общекультурное достояние. А в целом в новой парадигме деление учебных предметов в школе (и методической науке) на гуманитарные и негуманитарные устарело и контрпродуктивно.

Что сейчас актуально востребовано школьниками и студентами? Во-первых, целевое и ценностное (и иное) понимание текстов природы и культуры. А для этого эти тексты (в широком смысле!) должны быть жестко, но и аккуратно, структурированы. А что на деле? Небрежные по содержанию и стилю программы, бесконечно изменяемые, но и архаичные тексты учебников, формализованные по содержанию и процессам лекции… Во-вторых, ориентир на репродуктивное усвоение в кавычках «умных» текстов приводит «к бегству» от текстов книг и людей, разрушает деятельностную природу субъекта образования. Где активная творческая деятельность на уроке без страха не изучить что-то, не получить «двойку», не занять место в рейтинге? Но главное потихоньку разрушается самое сущностное – культурно-образовательная среда. Разве не заметно это? Или может быть это высокая бюрократическая революция, не доступная и не понятная для нас?.. А может быть нам в массовом обучении высокие цели и не нужны? А человек нужен?

Методы научного познания – ядро содержания образования. Успехи современной цивилизации базируются на гипотетико-дедуктивном методе науки нового времени (начиная от Галилея до Эйнштейна и современных физиков, биологов, конструкторов, медиков и т.д.). Мощь этого метода мыслительной деятельности, метода познания мира оказалась настолько значительной, что позволила создать цивилизацию машинного типа, развитию которой пока нет конца. Итак, в образовании должен быть осмыслен и в полной мере реализован современный научный метод классического естествознания. Движение в этом направлении было всегда, но только сейчас решение этой проблемы становится стратегическим по значению [111–121]. На этом пути обеспечивается достижение научной грамотности школьников, а полноценное освоение научного метода познания **формирует социальную**

мотивацию в форме экспериментирования как социального творчества.

Метод естественнонаучного познания оказал и оказывает существенное влияние на гуманитарную культуру, на культуру вообще. Например, такая элитарная область гуманитарного знания как методология при своем развитии опиралась и опирается в первую очередь на достижения естествознания (Г.П. Щедровицкий, В.С. Степин, Т. Кун, К. Поппер и др.). Этот метод вскрывает природу понятий, дает инструменты их эффективного построения и использования, здесь вскрывается социальная природа идеальных образований, любого мышления (К. Маркс, Э. Ильенков и др.). На этой основе решаются проблемы языка описания, представления. Метод настолько значимо дает видение реальности, что об объектах природы под его углом зрения говорят как об «естественно-искусственных» [47,118,176]. Отсюда научный метод сближает объекты естествознания и объекты инженерии, культуротехники, в целом культуры. Сейчас системы гуманитарных знаний в традициях своих форм и языка прямо или косвенно используют логические, знаниевые структуры, наработанные в физике. Фундаментальные понятия пространства, энергии, времени, открытой и закрытой системы (и др.) были эффективно обжиты в гуманитарных науках. Примеров тут не счесть. И самое главное, «зигзаги» мыслительной деятельности, мыследеятельности, освоенные в творческой лаборатории естествознания, переносятся через коммуникации в гуманитарные области и дают там свои плоды. И в этом проявляется **культурологическая функция** освоения научного метода познания как формы или элемента системного подхода.

Модернизация современного школьного образования состоит в непреложном требовании понимания учащимися происхождения научных знаний, отличия научных знаний от всякой другой информации. Этим вызвано прямое включение в стандарт школьного образования по физике научного метода познания. Не случайны усилия в построении учебника нового поколения под идею «Физика в самостоятельных исследованиях на основе научного метода познания» (ред. В.Г. Разумовский, В.А. Орлов) [115,116]. Напомним, что научный метод познания для целей образования включает следующую последовательность действий ученика:

- обобщение определенной группы фактов и постановку проблемы,
- выдвижение обоснованного предположения, дающего ключ к решению поставленной проблемы, т.е. гипотезы в виде функциональной зависимости величин, либо в виде модели изучаемого объекта или явления,

- вывод из гипотезы строго логических следствий, которые позволяют объяснить наблюдаемые явления или предвидеть новые явления,
- экспериментальная проверка гипотезы и вытекающих из нее следствий.

На этом пути освоение научного метода познания (шире – методологии) обеспечивает познавательную мотивацию, заключающуюся в потребности понимания природы.

Освоение знакового мышления *– современная потребность школьного образования.* Из всех формируемых фундаментальных качеств (понимания, рефлексии, коммуникации) остановимся на ключевом и традиционно известном для школы – мышлении.

Но сначала немного о порядке в понятиях. Деятельность людей первична в познании мира (реальности) и образовании (воспроизводстве опыта). А все остальные качества – образования деятельности (понимание, мышление, рефлексия, коммуникация…). Коллективная предметно-преобразующая деятельность в мире людей и есть первичная действительность [5,35,139,141]. Познание (преобразование) как понятие шире мышления. Выделим некоторые принципы-нормы организации познавательной деятельности: знания – идеальные образования, в прямом смысле в природе их нет; созерцание-восприятие имеет дело не с объектом, а с предметом деятельности и её результатами; деятельность со словом-знаком – это только словесная деятельность, а не идеальное теоретическое мышление, и без предметной деятельности она бесплодна; построение норм исследования (потребность, мотивация в форме противоречия, проблема, идея-гипотеза, модель…) необходимо для успешного воспроизводства познания…

Мышление – сложный феномен; это инструмент сознания, принимающий объективный статус. Назовём лишь некоторые общие ценностные черты мышления как ключевой образованности деятельности: мышление – социально-историческое образование; включает несколько разных источников-процессов, в целом сливается с рефлексией и пониманием в интеллектуальную деятельность; мышления без норм не бывает, но прямо нормируется только мыслительная деятельность; мышление активно предметное, а не просто словесное описание чего-либо; мышление ведущее, речь – ведомое; мышление по природе коллективное, но нормируется как индивидуальное для присвоения; мышление взращивается на подложке а) известных структур-ориентировок, б) творческих процессов; мышление различается по формам-предметам (техническое, методическое, проектное, задачное…); «В символах, если мы можем их внести в действительность, содержатся ресурсы того, что в нашем мышлении могут возникнуть сцепления нового»;

«Без рефлексии мы вообще не имели бы никаких внешних предметов»… (см. полнее [173–176]).

Что реально возможно и актуально сделать для развития мышления в обучении физике, а значит в целом для обучения? Наша методика может реально взять обязательство-инициативу по разработке и адаптации норм современного мышления на примере обучения физике. Один из первоочередных шагов, по нашему мнению, должна быть развернута **борьба за разделение реальности и описаний** в образовательной деятельности, что пока идёт трудно…

Ключевые проблемы этого различения таковы: реальность и описания задаются и реализуются в обучении через систему понятий, значит, надо разделить по статусу понятия; все описания – одинаково идеальные по природе образования, но они разные по формам и функциям. Так возникает проблема отношений между понятиями: физические величины, принципы, модели, идеализированные объекты, механизмы, конструкты и др. Например: В чём выражается различение понятий «вещь – объект – предмет – система – модель»? Различение деятельности с

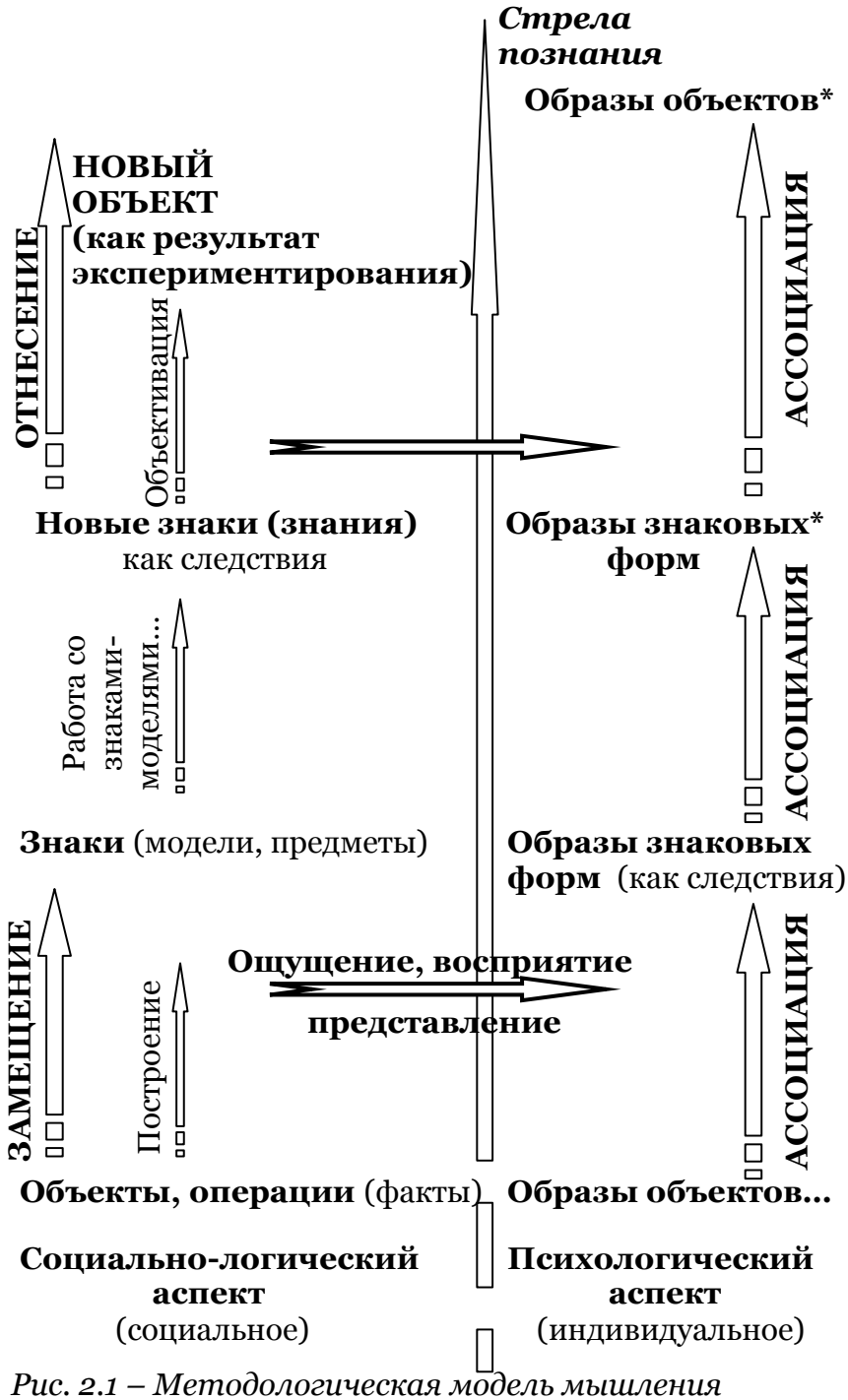


Рис. 2.1 – Методологическая модель мышления

предметами реальности и предметами-описаниями существенно для обучения. Здесь и возникает далеко не примитивный вопрос: разве на Земле горы есть? Задание различений объектов и описаний в учебных текстах и в методических текстах далеко от совершенства, а в учебных действиях такая практика минимальна… Важно подчеркнуть, что в реальной практике знания об объектах и знания о средствах описания связаны, склеены, едины…

В дидактике физики и реальность, и описания особо нормируются. Получается нормируемая реальность, идущая от знаний. Пока ещё различение реальности и описаний даётся трудно: термодинамическая система (и система вообще) – это модель или объект? Действие силы – это явление или модель явления? Что описывает второй закон динамики: движение тела или материальной точки? Важно понять, что реальность и нормируемая реальность – не одно и тоже. Здесь и проходит водораздел понимания и исследования как деятельностей: понимание всегда опирается на нормы, исследование нацелено на определение границ применимости знаний-норм, на поиск новых норм. А значит исследовательская деятельность всегда творческая, поисковая, отсюда – рефлексивно-мыслительная. Материальная или материализованная.

Мы считаем, что смыслы знакового мышления для технологии обучения хорошо выражены в модели Г.П. Щедровицкого. Он жестко писал: при познании социальное по природе отношение **А** «объекты – знаки» находит отражение в психолого-физиологическом отношении **В** «образы объектов и операций – образы знаковых форм и операций с ними» [174, с. 578 и др.]. Важно, что здесь отношение к мышлению как к структуре (рис. 2.1). Переход от **А** к **В** осуществляется по правилам чувственного отражения: ощущение, восприятие, представление. Все эти аспекты, как вариант описания, важны для понимания процессов освоения мышления при экспериментировании и моделировании как в обучении физике, так и в других школьных предметах от химии до истории[*]. При этом освоение мышления понимается как усвоение норм, «опыта рода», как усвоение системы знаний, прежде всего в форме теории. Для методики обучения, в первую очередь как практики, важно понять, что мышление, социальное по природе, как бы существует само по себе, а в процессах обучения «**присваивается**». Значит, надо искать эффективные формы, как его задания, так и процессов присвоения, организации соответствующей деятельности.

Выделение и освоение отношения «объекты – знаки» является стержнем (ядром, «клеточкой»), по нашему мнению, как процесса экспериментирования, так и процесса решения задач (теоретических исследований). Объективно (в материальной предметно-

[*] Задав схему «объективное содержание – знаковая форма», мы получаем возможность широкого оперирования, а, значит, новых результатов, – в этом весь смысл [175, с.110].

преобразующей деятельности) это дает или задаёт мышление как кооперированную, социальную форму существования людей (В.В. Давыдов, Э.В. Ильенков, В.В. Рубцов). Это отношение надо в адекватной предметной форме представить и освоить. Так явно недостаточно освоенной оказывается деятельность с физическими моделями при организации мышления, многое не ясно в процедурах этой деятельности, в формах её организации и др. Вот и есть конкретная работа для ученых.

Следует отметить, что в методологической модели мышления только косвенно отражается активность субъекта в мыслительной деятельности – значение воли, чувств, мировоззренческих ориентировок деятельности трудно переоценить. Но именно поэтому она только модель мышления. Однако мы убеждены, что её использование в дидактике физике будет способствовать существенному развитию представлений методики, как в конструировании содержания, так и в обеспечении процедур учебной деятельности школьников.

Обобщающие мысли. Метод научного познания помогает на практике преодолевать грань культуры и социализации. Известно, что встраивание в структуры и деятельности общества нередко связано не с усвоением культурных норм. Мы видим результаты воспроизводства лжи, обмана и др. И это даже востребовано. Но это никогда не будет культурной нормой в рамках классического понимания культуры. А метод, задаваемый как культуросообразная деятельность, ведет к изменению мира, к практике, к реальной жизнедеятельности, а отсюда – к социализации. Он – носитель идеальных норм культуры, их великий транслятор, а отсюда – «хранитель» традиций деятельности, смыслов и процедур познания. Гуманитарные знания сейчас все больше претендуют на предсказание будущего. Разве может быть успешным адвокат без умений гипотезирования? Для реализации этой функции совершенно необходимо освоение гипотетико-дедуктивного научного метода познания. И успешно это можно, естественно и эффективно, формировать на материале физики, химии, биологии.

В начале XXI века со всей очевидностью проявилась, обозначилась относительная ценность любых знаний. Отношение к замкнутым знаниям, к формальным знаниям быстро деградирует, формальные знания становятся безнравственными. И здесь тоже просматривается потребность нового этапа рациональности. Только функционирование системы знаний как метода дает устойчивый эффект в познании и преобразовании мира. А значит, такие системы будут востребованы, потребность в них растет. Здесь кроется причина воспитательной эффективности метода научного познания. Метод модельных гипотез, отработанный до деталей в физике, позволяет образованным людям легко преодолевать барьеры между языками

культурных достижений разных эпох, разных школ, разных стран. Так и воспроизводится единство культуры [118].

В самом конце обобщения одна конкретная и грустная мысль. В последние годы в образовательных системах развелось воришек знаний, мыслей, смыслов… В бесконечных бумагах всё умирает: без конца возникают и тиражируются концепции, программы, тысячи учителей и преподавателей сочиняют учебные планы и учебно-методические комплексы, гранты превращаются в отчеты, которые никто не читает… А ведь это воровство сил и времени от Дела. Хорошие слова «школа», «школьник», «учитель-личность», «добро», «совесть» в реформаторском запале отодвигаются на периферию. Правильно ли это? Просчитано ли, что мы теряем?

Надо бы порадоваться, что в последних программах для старшей школы в требованиях к выпускникам часто встречаются модели и моделирование. Но в целом «ремонт» содержания вызывает удивление: зачем сейчас двигать из 11 класса в 10 механические колебания и волны, что только технически разрушает учебники и ничего не даёт учебному процессу при двух часах в неделю? Зачем уничтожать и так бедную СТО, забрасывая её остатки в физику ядра? Зачем разрушать тему излучение и спектры, доведя её до формулы «Диапазоны электромагнитных излучений и их практическое применение» после рассмотрения колебательного контура? Зачем в пылу инноваций изучать темную материю и темную энергию? Что это даёт уму и сердцу, кроме туманных слов? А за таким фасадом грустно экспериментированию, да и моделированию. И мировоззрению.

Дополним картину любимым моделированием: Что во введении можно сделать с моделированием «Физических явлений и процессов»? Как в начале механики рассмотреть «Основные модели тел и движений»? Почему в электродинамике нет ни слова о моделях? А в молекулярной физике и квантовой физике только формально старое: модель идеального газа, модель строения жидкостей, модели строения атомного ядра. Зато в элементарных частицах новация: стандартная модель чего-то! А в перечне лабораторных работ вновь страх перед моделями – их нет. Где тут системный подход конструкторы программ? Словом, хватит таких изменений. Давайте умерим пыл «словотворчества», займемся тихим практическим делом сеять доброе, умное, вечное на уроках и лекциях… И будем писать умные методические пособия, если сможем. Хотя просто по инерции в образовании жить нельзя, надо думать и искать, Думать и Делать.

Итак, на наш взгляд вот какие острые вызовы стоят на пороге школьного физического образования: должно быть обновлено содержание физического образования, должны быть созданы условия и сформулированы требования к учителю физики нового поколения, в частности, пора бы обозначить важность проблемы мужчин в школе…

Это тоже требование нового этапа развития-представления рациональности.

2.2. Принципы и инварианты деятельности в методике обучения физике*

В современном развивающемся обществе постоянно меняется «мода» на образовательные технологии, методы обучения. Хотя зачастую методические работы обладают лишь «словесной новизной», за ними нет и не предвидится образовательной реальности, что тормозит развитие теории и практики обучения. Для поддержания академической устойчивости систем знаний и процедур деятельности требуется развитие инструментария дидактики физики. Поэтому актуальность наших поисков обусловлена необходимостью решения проблемы устойчивости опыта и устойчивости изменений в современной предметной дидактике. Хотя это должна быть «умная» устойчивость. Заметим, что современное познание ориентируется на выделение открытых систем (неравновесных, иерархичных, неустойчивых...), что усиливает проблему их устойчивости в области образования. Но определимся с различением: принципы дидактики физики – это внутренние принципы самой науки, принципы методики – это принципы практики обучения физике, на языке деятельности принципы деятельности преподавания и принципы учебной деятельности. Тенденция по такому различению складывается, но пока в явном виде не востребована и не формулируется.

Постановка проблемы. В целом, с нашей точки зрения, теоретическое осмысление и практическое решение обозначенной проблемы эффективно на языке инвариантов. Смысл принципа инвариантности заключается в фиксировании свойств, средств описания, в том числе законов, относительно определенных изменений. Принципиально важно, что совершенствование и развитие методики, а это развитие понятийных систем, было всегда на идеях извне. Фундаментальные понятия-категории «приходили» из методологии, психологии, более узкие представления – из физики, педагогики... Наконец, рефлексия опыта, а это все равно

* Публикации: Генерализация деятельности, знаний и средств – фундаментальный принцип дидактики физики // Проблемы учебного физического эксперимента. М.: ИСРО РАО, 2017.С. 8–10. Сауров Ю.А., Уварова М.П. Образование как конструирование реальности мышления и деятельности (к 90-летию Г.П. Щедровицкого) // Концепт. 2019. № 1. С. 73–91. Сауров Ю.А., Перевощиков Д.В., Уварова М.П. Язык инвариантов как инструмент построения методики в дидактике физики // Вестник ТУ. 2020. № 451. С. 170–178.

теоретические идеи, осуществляется на материале образовательной практики, т.е. тоже от действия извне.

Для человеческого познания характерно структурирование всего под задачу симметрии и инвариантности. В профессиональной деятельности, в научных описаниях это становится правилом. С давних времен инвариантностью любой познавательной деятельности является такое методологическое правило-запрет как Бритва Оккама: «Не изобретай сущности сверх меры».

Несомненно, инварианты относятся к описаниям. В физике, например, это сохранение уравнения второго закона динамики материальной точки при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую. В дидактике физики речь должна идти об инвариантности каких-то образованностей (образований) деятельности при некотором изменении условий.

В рамках деятельностной парадигмы (А.Н. Леонтьев, В.В. Давыдов, Г.П. Щедровицкий, В.А. Лекторский, В.С. Швырев, Э.Г. Юдин [26,34,56,169,173–177,184]) единственным и универсальным объектом является деятельность. Ее фундаментальным свойством является воспроизводимость. Г.П. Щедровицкий писал: «В «массовой деятельности» основным процессом, определяющим характер всех ее структур, является воспроизводство. В него входят все другие социальные процессы, в том числе трансляция и обучение» [175, с. 199]. Воспроизводимость, с точки зрения описания деятельности, – это инвариант, в смысле «мягкой» модели или первого приближения в описании. При этом остаются неизменными ценности, цели, функции, структуры, и эти универсалии сохраняются для разного материала.

Стихии практики обучения физике не позволяет быстро и устойчиво достигать качественных результатов обучения, воспитания и развития. В иерархически содержательно и процессуально сложной практике постоянно размывается вектор инвариантных методических действий, если в противовес не создается практика постоянного воспроизводства норм физического и методического познания, деятельности. Возникают условия динамического равновесия. В методике физики как науке возникают разрывы в создании системы теоретического, экспериментального и практического (внедренческого) производства инвариантных решений.

В настоящее время доминирующую долю учебников физики занимают учебники, построенные пятьдесят и более лет назад (например, учебники А.В. Перышкина, претерпевающие многократные переиздания). Изменения лишь разрушают их стиль, усложняют добавками и т.п. В целом, нет методического единства по многим аспектам в реальной практике обучения. И вместо современных норм деятельности (знаний) формально усваивается набор информации. Инвариантность как принцип в состоянии

упростить сами теоретические решения и их освоение в учении. Важно и другое: изменение содержания образования – болезненный процесс, прежде всего для учителей, но иного механизма, сравнительно быстрых достижений в развитии образования, нет.

Ключевым является вопрос: что не меняется в деятельности? Во-первых, не изменяется структура деятельности. Во-вторых, основное свойство деятельности – воспроизводимость. В-третьих, не изменяется коммуникация, она фундаментальна для деятельности и является инвариантом. А вот мышление, по-видимому, не инвариант, вот почему Г.П. Щедровицкий приложил усилия в построении обобщения – мыследеятельности [176]. Вряд ли факты в дидактике физики являются инвариантными. При изменении цели (интерпретации) факты меняются, многие из них могут получать противоположный смысл. Таким образом, выделение инвариантов в дидактике физики требует жесткого определения условий преобразования. Многофакторность и рукотворность дидактических событий являются сильным ограничителем для такого языка описания.

Для методики существенна позиция известного логика И.С. Нарского, который определяет значение знака как инвариант (см.: Кондаков Н.И. Логический словарь-справочник. М.,1976. С. 197). Это важный сигнал. В последние годы в методике физике растет интерес к знакам и их использованию, как в рамках физического содержания, так и в рамках собственно методических поисков [138,142]. Например, любое буквенное изображение физической величины – это знак, скажем, «m», и у него есть словесное выражение «масса». Но значение этого знака, т.е. инвариант, – это инертные свойства тела. Причем, вне зависимости от формы, объема, цвета, скорости движения тела. И как только мы определяем массу как инвариант, так мы лучше представляем смыслы этой физической величины для нашей практики.

Известный методолог В.С. Степин определяет большой круг «знаниевых» образований как инвариантов научной деятельности. Назовем здесь некоторые, важные для методики: в историческом познании «идеал объективной истинности» не зависит от особенностей средств и операций познания и является инвариантом [154, с. 541 и др.]; три сферы бытия – неживая природа, органический мир и социальный мир – как принцип инвариант понимания нашего мира (там же, с. 457); формула универсального эволюционизма «изменчивость – наследственность – отбор» – инвариант действительности (там же, с. 459); в познании к инвариантам относят: различение предметной и субъектной сторон познавательной деятельности, универсалии научного метода познания, принципы наблюдаемости, непротиворечивости, соответствия и др. (там же, с. 36,157,247.270).

Глубокий мыслитель А.А. Зиновьев в рамках логики заложил основание для использования идеи инвариантов в обучении. В частности, интерпретируя инвариантность пространства и времени, он писал: «пространство всегда остается пространством (а время – временем), не зависимо от способа его ограничения, отсчета, измерения и т.п.» [30, с. 138].

При построении своих предметных пространств психологи ищут и обозначают в схемах-моделях устойчивые образованности деятельности. Так, В.Ф. Петренко предлагает парадигму многомерного сознания: о познании как конструировании моделей мира, о множественности возможных языков, моделей, описаний мира, о структурировании поведения человека по извне/изнутри заданным конструктам [94–95,142]. Здесь и происходит теоретический, с помощью методологии, и экспериментальный, на фиксации фактов, поиск инвариантов. И.И. Ильясов в педагогической психологии центрирует внимание на устойчивых структурах учебной деятельности, в частности, выделение деятельности учения можно трактовать как инвариант учения. Осмысление такого видения в методике продуктивно [37]. Н.Г. Салмина настойчиво раскрывает образовательный потенциал знаков, за которыми, несомненно, стоят инварианты деятельности [129].

Сравнительно давно Н.И. Резник защитила докторскую диссертацию на тему «Концепция инвариантности в системе преподавания дисциплин естественнонаучного цикла» (Челябинск, 1996). Позднее вышла её монография*. Автор впервые в методике обозначила дидактический потенциал использования понятия об инвариантности. Она признает фундаментальность этого понятия по сравнению с понятием закона, дальновидно ставит методическую задачу построения системы инвариантов (там же, с. 37). В её монографии приводятся примеры (правда, не всегда обоснованные и конкретные) реализации идеи инвариантов из радиотехники и физики и др. В целом, содержательно и процессуально концепция выглядит несколько абстрактной для методики школьного образования. И требует нового этапа разработки методики.

Многие сложные высказывания М. Мамардашвили, имеющие значение для понимания образовательных процессов, могут получить актуальную жизнь, если их прагматично (технологично) сформулировать на *языке инвариантов*:

- Великий А. Пуанкаре отмечал, «что имей Тихо Браге хотя бы в десять раз более точные инструменты, не было бы никакой астрономии… Иными словами, характеристики и внутреннего и внешнего совершенства теории устанавливаются в реальном познании независимо от движения источников опыта и их

* Резник Н.И. Инвариантная основа внутрипредметных, межпредметных связей: методологические и методические аспекты: монография. СПб.: Речь, 2012. 265 с.

направлений» (Мамардашвили М. Стрела познания: Набросок естественноисторической гносеологии. М., 1997. С. 285).

- «Познание – это не арена мгновенно одно-непрерывным взглядом охватываемой идеальной системы отсчета, а пути, прокладываемые конечными областями связностей, и что в последних понимание уже существует, есть, независимо от того, понимает ли кто-нибудь, и от реального канала передачи, и общения и его описания» (там же, с. 287). Кратко суть: «Может наблюдаться только допускаемое теорий. И это 1) не зависит от различий предметных языков, 2) не имеет причины, 3) неразлагаемо» (там же, с. 288).
- «Шаг «сделанного» и понимание им дают символизацию всех связей на все времена и для всех (как, например, в пифагоровском треугольнике, сферическом законе Кулона или орнаменте Альгамбры)» (там же, с. 291).
- «События «мыслей», «законоподобных высказываний» и тому подобное, содержат в себе формулировку некоторого упорядоченного положения вещей, не могут тем не менее предопределены – это тавтологически ясно» (там же, с. 292).

В физике язык инвариантов признают фундаментальнее (выше по иерархии) законов: «Законы природы не могли бы существовать без принципов инвариантности»; «Не будь принципов инвариантности, физические законы нельзя было бы подкрепить экспериментом» [15, с. 36, 193]. Хотя в механике известно, что законы сохранения, с одной стороны, следуют из уравнений Ньютона, с другой стороны, являются следствием геометрических инвариантов (сдвигом в пространстве и во времени).

На наш взгляд, в методиках преподавания трудности формулирования законов связаны с перескоком познания через этап инвариантов. Без осознания и отработки этого этапа познания и понимания методического явления мы скатываемся к формам гипотетических утверждений, называя их законами или закономерностями. Заметим, что иной путь – это установление эмпирических закономерностей (И.И. Нурминский [89–90]). Хотя на практике он пока плохо развит, а там как раз ищут корреляции между событиями, т.е. реализуется классическая логика поиска закона. И далее на этой основе может быть обобщение – формулирование инвариантов, и на этой сравнительно твердой основе построение методик. Поймем: открытая система при определенных условиях может описываться замкнутой (или какой-то другой) системой.

Таким образом, научную проблему поисков мы видим в формулировании и конкретизации дидактического потенциала инвариантов учебной деятельности для оптимизации конструирования содержания и процессов обучения физике. И считаем эту задачу перспективной для науки ближайшего будущего.

Виды инвариантов *образовательной деятельности, их теоретические и практические возможности*. Наша позиция исходит из того, что инвариантные методические решения во все времена определяли стратегию развития самой науки «методики физики» и реальной практики физического образования. При выполнении поисков мы ориентировались на доказательство

следующего предположения: разработка и внедрение в практику инвариантных методических решений организации деятельности учащихся: а) способствует реализации принципов обучения при осуществлении любой педагогической технологии; б) может служить основанием для создания непротиворечивой и понятной учителям технологии освоения базовых норм учебной деятельности; в) способствует осмысленной и структурированной организации учебного процесса, а, следовательно, приводит к пониманию и активной деятельности учащихся при обучении.

Авторский подход в выделении методологических инвариантов следует логике: деятельность – виды образовательной деятельности – виды описаний – виды инвариантов – образцы использования. Результативность теоретического поиска определяется как по чистоте интеллектуальных построений, так и по практической эффективности (выходу). К методологическим инвариантам мы относим инварианты знаний и деятельности уровня мега-обобщения: парадигмы, картины мира, языки описания, принципы, фундаментальные модели, законы, системы, взаимодействия, движения. В целом идея инвариантности позволяет объединить разные по содержанию методические средства (модель урока, схемы научного метода познания и др.) для организации устойчивой образовательной системы, а, значит, для процессов трансляции и воспроизводства деятельности.

В дидактике физики в содержании опыта выделяют эпистемологические единицы (факт, проблема, гипотеза, модель, «онтологическая картинка», метод), виды знаний (естественнонаучные, методические, управленческие), интеллектуальные операции (мышление, понимание, рефлексия, коммуникация, предметная деятельность) и виды теоретических обобщений (понятия, законы, теории, физическая картина мира). Для методики существенно понимание значение знака как инварианта. В последние годы в методике физики растет интерес к знакам и их использованию, как в рамках физического содержания, так и в рамках собственно методических поисков. В познании устойчивостей много.

На содержание опыта накладываются условия и процессы трансляции и усвоения опыта. Принципиально для целей массового обучения все эти стороны-аспекты нормировать [173]. И уже в этом процессе используется инвариантность как общий принцип. Далее постоянно происходит конкретизация: принцип инвариантности находит выражение в видах инвариантности. Обратимся к устойчивым и продуктивным дидактическим решениям.

Во-первых, язык инвариантности реализуется в выделении *принципов образовательной деятельности.* Более того, всегда было стремление построить системы принципов (И.Я. Лернер, В.В. Краевский и др. [49–50,57,155]). Ниже предпринято, на наш

взгляд, построение постнеклассической системы принципов образовательной деятельности.

Дидактика физики в отношении принципов обучения всегда занимала подчиненное положение по отношению к педагогике, она их заимствовала и уточняла под свою область деятельности. Единственным оригинальным и инструментальным принципом дидактики физики является принцип цикличности [111,133]. Опыт его построения и использования говорит об эффективности «специализированных» (технологических) принципов. Не случайно сейчас этот принцип активно востребован в конструировании содержания курса физики, учебного процесса [117–121].

Отсюда следует проблема: чтобы принципы работали, необходимо знать, для чего они построены, как их инструментально использовать, что и в какой области деятельности они дают. Немаловажной с теоретической точки зрения является проблема замкнутости системы принципов. Наконец, сами принципы играют роли методологических ориентировок деятельности, хотя, конечно, имеют только относительную устойчивость. Изменение социальной, культурной и научной практики приводит к изменению системы принципов. Рано или поздно от одного видения, классической парадигмы, мы переходим к другому видению и описаниям постнеклассической парадигмы. Здесь субъекты или объекты – саморазвивающиеся системы, погруженные не просто в предметную область, а в культуру. Они только относительно и кратковременно статичны и, очевидно, незамкнуты. Все в большей степени мы вынуждены учитывать изменения самих средств, методов, форм, принципов и познания, и обучения… Известный методолог В.С. Степин обращает наше внимание фактически на новые инварианты познавательной деятельности, значение которых при историческом переходе от классической к **постнеклассической науке** только возрастает. В современном познании необходим более глубокий «уровень рефлексии над деятельностью»; субъект и объект выступают как две необходимые стороны деятельности, где посредником между ними оказываются «средства и операции деятельности». Субъект не отделяется от мира природы, а находится в нём, и отсюда следуют все особенности описания познания. Расширяется представление о предметах: факт связывается с инвариантным содержанием, теоретические схемы играют роль инвариантов и в целом поиск «устойчивого содержания» особо значим [153, с. 35–45, 157–163, 236, 565]. Все принципы в итоге познавательной практики формулируются исторически на площадке научно-образовательных программ. Принцип – всегда правило-норма, *некий инвариант* построения деятельности. Формой представления принципа может быть запрет.

Комплекс **общих принципов** задает некую онтологию образовательной реальности (как модель хотя бы для специалистов), на основе которой можно строить технологии. Очевидно, онтология по определению и предназначению в рамках научной программы – устойчивое образование, всегда инвариант. С нашей точки зрения, такая мягкая система принципов может иметь следующий вид:

- Принцип универсума деятельности как парадигма деятельностного видения образовательного мира.
- Принцип единства и генерализации образовательной деятельности (обучения, воспитания, развития).
- Принцип трансляции «опыта рода» в деятельности.
- Принцип ограниченности присвоения опыта деятельности в образовании в зависимости от условий его трансляции в коммуникации (принцип доступности).
- Принцип инвариантности структуры содержания образования: а) знания о природе и опыте деятельности, б) опыт нормативной деятельности, в) опыт творческой деятельности, г) опыт эмоционально-ценностной деятельности.
- Принцип ведущей роли коллективной образовательной деятельности в обучении.
- Принцип разнообразия и смены видов образовательной деятельности (творчества).
- Принцип дополнительности и соответствия при задании и описаниях деятельности.

Частные принципы-правила (принципы технологии) могут быть заданы следующей системой:

- Принцип ведущих учебных деятельностей в дидактике физики – экспериментирования и моделирования.
- Принцип цикличности для организации освоения научного метода познания «факты, проблема – гипотеза, модель – следствия – эксперимент, практика».
- Принцип различения деятельности с предметами реальности и предметами-описаниями.
- Принцип согласованности коллективных, групповых и индивидуальных форм обучения.
- Принцип связи теории с практикой, границ применимости научных знаний.
- Принцип согласования предметных, межпредметных и надпредметных связей.

Система образовательных принципов не может быть закрытой, прежде всего из-за естественно-искусственной природы образовательной деятельности. Но все же система принципов – устойчивый регулятор образовательной деятельности, инвариант описаний в данных условиях образовательной реальности. Важно и то, что принципы, как инварианты деятельности, могут регулировать разные аспекты: онтологические представления, структуру и содержание, процессы… В целом, поиск и выбор принципов оправдан теоретической и практической потребностью их использования.

Во-вторых, язык инвариантов реализуется *в различных моделях, несущих функции ориентировок деятельности*. Итак,

теоретически достаточно убедительно раскрывается фундаментальный характер дидактического потенциала языка инвариантности для описания и управления образовательными процессами. Приведем четыре примера фундаментальных для дидактики физики решений.

Типичный и важный для понимания процесса познания ***первый пример*** – методологическая модель мышления (подробнее: [48, с. 56]). В ней инвариантность мыслительной деятельности получает знаковое выражение. Причем норма «объекты – знаки» выделена жестко, универсально для любой мыслительной деятельности. Эта модель в дидактику физики «пришла» из методологии как некое теоретическое обобщение. Ее фундаментальность влияет на многие методические решения.

Второй пример. Дидактическая модель учебной деятельности по освоению научного метода познания в форме «факты – модель – следствия – эксперимент» (В. Г. Разумовский, 1972, 2016). Вот уже пятьдесят лет в дидактике физики устойчиво существует эта методическая норма. В разное время она успешно использовалась для: а) структурирования содержания физического образования, в частности, для задания теории физического явления; б) решения в учебном процессе проблем научной грамотности школьников; в) управления деятельностью по решению школьных учебных задач. Наиболее последовательно эта модель учебной деятельности реализована в учебнике физики нового поколения [114–116].

Обратим внимание ещё на одну особенность физического познания, важную для обучения. В методике обучения физике хорошо известно, что, например, второй закон динамики задает только «пустую» форму механики, без конкретных законов сил, без учета начальных и конечных условий он не работает. Словом, из общей формы закона не выводимо его конкретное применение, и это знание – инвариант.

Третий пример. В. В. Мултановский, занимаясь проблемой теоретических обобщений, формулирует несколько инвариантов для методики физики. Во-первых, на основе историко-логического анализа предлагает структуру учебной физической теории как системы знаний в форме «основание – ядро – следствия». Во-вторых, выделяет иерархию-систему теоретических обобщений в обучении: понятия (физические величины), законы, теории, физическая картина мира [78]. В-третьих, разрабатывает глобальное обобщение знаний в так называемой «концепции взаимодействий» со следующей логической схемой синтеза знаний: а) структурные уровни деления материи (мегамир, макромир, микромир); б) модель пространства (евклидово, однородно, изотропно), времени (однородно, непрерывно, однонаправлено), материи (материальная точка); в) взаимодействие как причина всех явлений и модель взаимодействия

(фундаментальная – квантово-релятивистская, как следствие – полевая и дальнодействие); г) универсальные физические величины как характеристики свойств физического объекта (импульс, энергия, момент импульса, заряд); д) иерархия расстояний, формы движения материи в рассматриваемой пространственной области, их описание фундаментальными физическими теориями. Несомненно, эта схема задает для дидактики физики методологическую ориентировку в конструировании содержания образования [137].

Согласно концепции взаимодействий, вся система физических знаний излагается как знания о гравитационном, электромагнитном, сильном и слабом взаимодействии. Фактически выделяются, задаются фундаментальные явления, а далее строятся (излагаются) их теории. Такая систематизация физических знаний для целей обучения остается во многом революционной, она прямо и косвенно оказывает влияние на учителей, преподавателей, методистов. И сейчас сохраняет новизну, что довольно редко для методического знания.

Итак, содержание современной ФКМ (в методическом разрезе) предстает следующей структурой:

- Методы исследования в физике. Объекты и явления физического мира. Модели физических объектов и явлений.
- Фундаментальные категории**.** Пространство и время. Системы отсчета. Симметрия и инвариантность. Взаимодействие. Универсальные физические величины. Симметрия и законы сохранения.
- Картины физики: механическая, статистическая, электродинамическая, квантовая.
- Мировоззренческие выводы. Материальное единство мира. Единство научного метода познания. Физика и техника.

Четвертый пример представляет собой методологическую ориентировку учебной деятельности при решении учебных физических задач, причем, одинаковую для базовой и старшей школы (Д.В. Перевощиков, М.П. Уварова, Ю.А. Сауров [92,102–103,138,144–145]): двухэтапная логика решения всех физических задач (выделение физического явления – описание физического явления). Приведем вариант реализации схемы на простой задаче: «Определите внутреннюю энергию аргона в баллоне, если его масса 5 кг, а температура 300 К».

Краткое решение.

Выделение физических объектов и явлений. Физический объект у нас один – газ. Баллон – это технический объект, в нашем случае лишь условие сохранения газа определенной массы. Физическое явление – статическое состояние газа, равновесие.

Описание физического явления. Моделью для решения задачи выбираем идеальный газ. Аргументы: температура газа небольшая, масса тоже. В конечном итоге корректность выбора модели проверяется результатом.

Вспоминаем определение внутренней энергии идеального газа. $U = N\overline{E} = \nu N_A \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} \nu RT$. Все данные нам известны, число молей газа найдем,

зная массу и молярную массу газа. По таблице молярная масса аргона равна $M = 40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. При расчете получаем $U = \frac{3 \cdot 5 \cdot 8{,}31 \cdot 300}{2 \cdot 40 \cdot 10^{-3}} \approx 5 \cdot 10^5$ *Дж.*

Оценим решение. Точного значения внутренней энергии мы не получим, так как нельзя точно определить число частиц газа. Внутренняя энергия газа при обычной температуре имеет довольно большое значение. Примерно такую же энергию вырабатывает электроплитка мощностью 1 кВт за 8 час. Оценим давление газа, используя уравнение (закон) для состояния: p=nkT=ρRT/M. Оценочный расчет дает значение давления газа около 120 кПа. Значит, давление газа небольшое. И такой газ при небольшой температуре хорошо описывается идеальным газом.

Содержательное (параллельно и процессуальное) структурирование учебной деятельности при решении задачи в явном, предметном виде задает нам логику действий, а отсюда приводит к формированию устойчивых мыслительных действий, к мышлению.

Инвариантность структуры (и логики) решения задачи в довольно широком возрастном и содержательном поле деятельности говорит об устойчивости методического решения. Остается задача исследования (корреляции) инвариантности теоретических норм и инвариантности (устойчивости) практики их реализации. Можно признать: конструктивное решение различных вопросов методики обучения в разное историческое время связано с поиском инвариантных решений на основе ценностных, целевых, структурных и содержательных подходов. И этот метод сохраняется на новом этапе.

Обратимся к экспериментально-дидактическому исследованию *успешности методологических ориентировок учебной деятельности и деятельности преподавания.*

Нормирование учебной деятельности. Проблема задания, формирования или освоения и диагностики физического мышления давняя, известная и достаточно острая проблема теории и практики обучения (К.А. Коханов [48]). В наших поисках эффективных методических решений сначала выбрано знаковое физическое мышление, затем оно представлено мыслительной деятельностью, которая нормируется на языке умений (М.П. Уварова [102]). Это позволяет задавать конкретные цели обучения, например, сформировать умение описывать физическое явление понятиями и законами, упрощается построение диагностики результатов обучения – по уровню сформированности мыслительных умений можно судить о результате освоения феномена мышления.

В итоге, методом последовательного приближения были сконструированы следующие формулировки устойчивых норм мыслительной деятельности на языке умений (фактически методологические ориентировки учебной деятельности).

Блок «Деятельность моделирования»

Умение выделять изучаемое физическое тело (объект).

Умение выделять изучаемое физическое явление в различных видах деятельности.

Умение выделять и определять физическое явление по рисунку, графику, таблице и другим средствам описания.

Умение строить (выбирать) гипотезы для объяснения физических явлений.

Умение строить (выбирать) модель физического объекта или явления.

Умение переходить от одних средств описания физических явлений к другим.

Блок «Деятельность экспериментирования»

Умение выделять свойства объектов и их описывать физическими величинами.

Умение зафиксировать объекты и явления в изображении – выполнение рисунка-модели, схемы.

Умение реально (или мысленно) подобрать объекты и материалы для организации эксперимента под идею, цель, гипотезу.

Умение проводить и описывать экспериментирование по логике научного метода познания (полно или свернуто).

Построенная на этой основе методика была апробирована в ограниченных условиях дистанционного образования в седьмых и девятых классах (2013–2017, Кировская обл., М.П. Уварова). В целом, на абсолютных показателях устойчиво фиксируется освоение норм физического мышления (табл. 2.1). А в сравнительном педагогическом эксперименте устойчивость факта формирования подтверждается статистически (критерий хи-квадрат): в экспериментальных группах (Э) показатели выше, чем в контрольных (К). Инвариантность языка (умений при решении разных задач) согласуется с устойчивостью усвоения в реальности норм (инвариантность реальности деятельности).

Таблица 2.1 – Освоение норм мышления в учебной деятельности

№	Поверяемые знания и умения	Э		К		χ^2	$\chi^2_{кр}$	Значимость различий
		Число	%	Число	%			
1	Умеют выделять физические тела	16	74	68	58	1,19	3,84	-
2	Умеют критически анализировать условие задачи	15	68	41	35	7,96	3,84	+
3	Умеют выделять физические объекты и явления и описывать их физическими величинами	14	64	47	40	5,72	3,84	+
4	Знают, от каких величин зависят гидростатическое давление и сила Архимеда	15	68	47	40	4,94	3,84	+
5	Умеют определять цену деления измерительного прибора и	11	50	45	38	0,64	3,84	-

	погрешность измерения							
6	Умеют работать с графиками	14	64	41	35	5,27	3,84	+
7	Умеют выделять по рисунку физическое явление и описывать его в знаковой форме	10	45	20	15	8,07	3,84	+

Устойчивость *нормирования деятельности преподавания* экспериментально исследовалось на большом массиве учителей по освоению структуры и содержания методических решений в форме «моделей уроков» (Ю.А. Сауров [130–135]). В Кировской области Программа нормирования деятельности преподавания в форме моделей уроков физики была разработана для всех уроков всех классов. И в период дидактического экспериментирования (1985–1995) была реализована в десятках школ. И до настоящего времени уже в стихийном (реальном) процессе практики обучения модели уроков востребованы и сравнительно широко используются при проектировании уроков. Считаем, что устойчивость этих методических решений определяется их инвариантностью относительно учебника, учителя, класса. Во-первых, из-за «грубости» модели деятельности преподавания (универсальность элементов, их устойчивость и др.), во-вторых, из-за ограниченности дидактического потенциала при ориентире на творческое изменение модели урока. Интересно, что в эмпирической реальности преподавания методическая рекомендация фактически понимается как социальная норма. В нашем случае, модели уроков теоретически не задавались как жесткие нормы, наоборот, подчеркивалось творческое к ним отношение. И все же, построение деятельности преподавания довольно твердо (для разных учителей, школ и условий) следовало рекомендации как инвариантной норме (табл. 2.2).

Таблица 2.2 – Оценка учителями-экспериментаторами структур уроков по электродинамике

Тема	**Всего проверено уроков**	**Нет оценки плана урока**	**Изменена структура урока**	**Изменено время этапов урока**	**Время этапов соответствует модели урока**
Электрическое поле	374	50 13 %	20 5 %	51 14 %	243 65 %
Законы постоянного тока	242	64 25 %	10 4 %	15 6 %	153 63 %
Магнитное поле	204	53 26 %	11 5 %	39 19 %	101 50 %
Ток в средах	323	76 24 %	33 10 %	43 13 %	171 53 %
Электромагнитная индукция	126	7 6 %	6 5 %	13 10 %	100 80 %

Итого	1269	250 19 %	80 6 %	161 13 %	768 61 %

Отклонение от нормы по разным темам фиксируется в диапазоне 10–25 %. Тенденция следования норме, которая в методике физики интерпретируется как закономерность, может рассматриваться как проявление инвариантов деятельности (структуры, результатов). При этом остаются возможности оценивания факторов отклонения как погрешностей изменения, рассмотрения корреляций, например, между знаниями учителей и школьников, как характерной «инвариантности» реальной деятельности [133].

При определенных условиях к инвариантам учебной деятельности можно отнести обобщенные планы изучения явления, закона, измерения и др. (А.В. Усова). Некоторые устойчивые мнемонические приемы организации усвоения (запоминания) тоже могут успешно играть функции инвариантов деятельности; и практика обучения знает этот опыт, а этот инструмент даже объясняет успешность таких решений (В.А. Бетев, В.Ф. Шаталов и др.). Ещё назовём одну устойчивую методическую проблему. При определенных условиях (малые токи и др.) сопротивление на участке электрической цепи – величина постоянная, т.е. inv. Но тогда следует всегда правильная интерпретация выражения R=U/I как формулы расчета, а не функциональной зависимости. А ведь эта физическая ошибка сохраняется в системах обучения десятилетиями!

Последовательное использование языка инвариантов как инструмента построения методик, понимания и моделирования реальности с необходимостью ставит вопрос о границах применимости. Универсальных описаний здесь нет. Но для практики обучения инвариантность такой нормы-знания сильно ограничивает консервативные традиции. И приводит к мысли об открытости всех образовательных систем.

Итак, в построениях теоретического языка описания образовательных явлений деятельность по выделению закономерностей осуществляется плохо, искусственно, отсюда поиск альтернативных методов актуален. Эмпирически фиксируемые и теоретически воспроизводимые такие качества образовательной деятельности как устойчивость, известный консерватизм и прагматизм обосновывают использование соответствующего языка описания – языка инвариантов.

В ходе рефлексивных поисков формулируется метод исследования в дидактике физики, заключающийся в выделении инвариантов в эмпирическом материале образовательной деятельности, в теоретическом построении инвариантов деятельности в форме принципов, моделей, ориентировок, видов знаний.

Практика раскрывает дидактический потенциал метода инвариантов в понимании эмпирической реальности, в эффективном конструировании новой образовательной реальности. Во-первых, удается найти инвариантные формы содержания образования. Например, в форме логических структур: «основание – ядро – следствия», «факты – модель – следствия» и др. Во-вторых, формулируются ориентировки учебной деятельности. Например, для совершенствования решАния учебных физических задач: «выделение и анализ физического явления – идея или план решения – математическое решение – анализ итогов решения». В-третьих, для эффективного освоения мыслительной деятельности (в принципе и иной) инварианты выступают в форме нормирования опыта знаний и умений. И поле такой рациональной работы в методике обучения физики велико.

2.3. Нормирование образовательной деятельности как стратегическая задача*

Нормирование деятельности – стратегическая задача такой прикладной науки как методика. И это принципиальное поле деятельности как методической, так и учебной. В динамичной жизни современного общества в сфере образования вновь обостряются различные точки зрения на то, как и чему должны учить в школах. Все чаще исследователи указывают на возникновение так называемых «мифов об образовании», отражающих смещение целей образования, постоянное, иногда необдуманное, внедрение инноваций. Заметим, что в реальности система образования становится динамичнее, сложнее, открытее.

Однако в потоке движений необходимо помнить, что система образования во многом должна быть консервативной, изменяться конкретно и последовательно под четко определенные цели. Поэтому перед методистами различных предметных направлений вновь возникают научно-методические проблемы отбора осваиваемых предметного содержания и современных способов деятельности, т.е. разработки новых эффективных приемов организации учебной

* Публикации: Орлов В.А., Сауров Ю.А. Норма для практики, или будущее принципа цикличности // Учебная физика. 2010. № 1. С. 36–45. Проблема нормирования мышления в обучении физике // Проблемы инновационности, конкурентноспособности и саморазвития личности в условиях модернизации педагогического образования. Казань, 2011. С. 400–405. Вопросы методологии и содержания физического смысла в обучении // Учебная физика. 2018. № 4. С. 47–63. Сауров Ю.А., Уварова М.П. Нормативная и творческая деятельность в обучении: различение и согласование // Педагогика. 2021. № 8. С. 5–15.

деятельности, нацеленных на развитие учащихся в ходе «присвоения способа мышления» (Мултановский, 1977) и организации творчества.

Выскажем *предположение*, что все методические поиски решения проблем необходимо вести в рамках различения, а затем и согласования нормативной и творческой деятельности, в перспективе – построения целостного «нормативно-творческого подхода» в образовании*. На наш взгляд, различение нормативного и творческого подходов (видения образовательных процессов) определяется задачами функционирования и развития, но и оно не абсолютное. Отсюда и проблема согласования (взаимного дополнения) подходов. В сложных системах это более чем оправдано.

Как базовое основание для поиска решения современных методических проблем сформулируем установку: в реальности, то есть в образовательной практике, нет «чистых» ни нормативной, ни творческой деятельности, а есть их сложный симбиоз, синтез. По отдельности они выделяются только под определенные цели в эксперименте. Мы убеждены, что в таком подходе к рассмотрению образовательной реальности есть большой потенциал для теории и практики обучения школьным предметам. В нашем случае, обоснование необходимости различения и согласования нормативной и творческой деятельности выполнено на примере обучения физике.

В целом проблематика нормирования нацелена на совершенствование языка частной дидактики для понимания реальностей современного образования. Не случайно используется методический принцип *различения и взаимосвязи* реальности и описаний [139, с. 309; 142], здесь – в методическом вопросе о взаимоотношении нормированной и творческой образовательной деятельности.

Раскрытие представлений *о нормативной и творческой деятельности в обучении.* Понятие деятельности является одной из фундаментальных категорий. Ее нормированная и творческая составляющие являются диалектическими противоположностями и в то же время неотъемлемыми компонентами деятельности в обучении. Они одновременно едины и противоположны по многим параметрам – по целям в обучении, по методам достижения результатов и т.д. Но только их грамотное сочетание, а не противопоставление, позволяет достичь требуемых образовательных результатов.

---

* Наиболее принципиально о нормах писал Г.П. Щедровицкий: «Это правильная для педагогики онтология, потому что и деятельность, и те или иные наборы действий и операций, и все остальное – это должно быть представлено педагогом нормативно, как некоторое внеположенное ученику содержание, которое ему (ученику) должно быть передано... Попросту говоря, мы обучать не умеем и не обучаем, а потому реально ситуаций обучения почти и нет» (Психология и методология. Т. 2. Вып. 1. М.: Путь, 2004. С. 248,249).

В общем смысле нормативная деятельность в образовании является доминирующей, пронизывающей всю образовательную систему на всех уровнях. Например, признано, что мета-нормирование содержания образования включает четыре блока основных элементов социального опыта, подлежащего усвоению: а) знания о природе, обществе, технике, человеке и способах деятельности; б) опыт осуществления репродуктивной деятельности; в) опыт творческой деятельности; г) опыт эмоционально-ценностного отношения людей к миру и друг другу [50,57,155].

Нормированная деятельность в формах образований – научных знаний – определяет ядро содержания учебного предмета. Осмысление (построение и формирование) этого представления в науке, в частности, выразилось в программе В.В. Давыдова [26] по заданию учебной деятельности (шире – теоретических обобщений), хотя ее нормирование для многих учебных предметов до конца, до технологической ясности, с нашей точки зрения, так и не выполнено.

Проблемы нормирования опыта деятельности являются вечными. Каждое поколение ищет свои формы его задания и воспроизводства для любых систем. Однако часто нормативное отношение к деятельности в должной мере не осознается и его дидактический потенциал не используется.

Для того чтобы говорить о нормировании «опыта рода» для целей его усвоения, необходимо понимать различение понятий «нормированный» и «нормативный». В общем смысле под «нормативным» понимается устанавливающий стандарт, регулятивный, под «нормированным» – соответствующий установленной норме, определенный нормой. То есть деятельность методиста, учителя является нормативной, а учебная деятельность (и ее образования), нацеленная на освоение и применение норм знаний и норм действий, – нормированной.

В целом мы соотносим творческую деятельность не с репродуктивной, как это традиционно принято, а с нормированной. По сути, нормативная деятельность является деятельностью по технологичному представлению усваиваемого «опыта рода» в виде норм. Нормативный подход является своего рода «методическим инструментом». Наши исследования показывают, что современное, рациональное, смысловое нормирование учебной деятельности, а далее – и содержания, и последующая организация освоения выделенных норм, являются эффективным способом не только усвоения предметного материала, но и развития учащихся [3,47–48,133,138]. С этой позиции перспективно в обучении говорить не о репродуктивной деятельности учащихся как о воспроизводстве содержания и известных способов деятельности, а об освоении универсальных норм знаний и умений, являющихся своего рода инструментами (языками) в организации познавательной деятельности учащегося.

Но реальное обучение (открытая система!) постоянно, чаще всего в деталях, отклоняется от норм знаний и действий. Большая часть этих объективных отклонений фактически определяется как ошибки и недостатки. Их природа заключается в неточности действий, знаний. Для снятия этой проблемы предлагаются специальные приемы, обобщается передовой опыт и др. Некоторые отклонения от норм приобретали позитивный характер, закреплялись и получали форму выражения нового знания, прибора, решения задач [139]. Живая природа творчества заключается в этих стихийных процессах. Но постепенно под задачу развития возникла особая практика обучения, нацеленная на формирование творческих мотивов, способностей, затем – творческого мышления, рефлексии. Эта практика творческой деятельности сейчас культурно задается, а, значит, и нормируется. Хотя эти процессы объективно неопределенной сложности.

В настоящее время востребованность творческой деятельности в разных сферах жизни многократно выросла. Актуальной становятся особые процедуры (курсы, тренинги и др.) формирования целых систем творческой деятельности, в том числе кооперированной. И закономерно возникают вопросы: как возможно усиление творческой активности учащихся на уроках; какова дидактическая роль решения нестандартных заданий; как дозировать передачу творческого опыта и др. Прямо или косвенно, но фактически ставится задача нормирования и освоения опыта творческой деятельности в школе и вузе. В целом феномен творчества неопределенно широк, применим для разной предметной деятельности. И его нормирование довольно сложно. Но методологи считают [40,169,176,177], что нормироваться может любая деятельность – в ней можно выделить элементы, этапы, процессы. Тогда в обучении есть резон нормировать не само творчество как феномен, а именно творческую деятельность. При этом нормы описываются (задаются) различными схемами, моделями, а затем и практиками.

Например, в литературе встречается подход к творчеству в рамках процессуально-деятельностной парадигмы. В нем творчество представляется в виде нескольких типов-уровней. В процессе обучения учащийся может переходить на более высокий уровень реализации творческой деятельности. Важно методически грамотно обеспечить этот переход. То есть по смыслам встает речь о качестве и формах эффективного нормирования творческой деятельности в обучении, подчеркнем, массовом обучении. Таким образом, нормативный подход в образовании позволяет представлять усваиваемый опыт творческой (и не только) деятельности в технологичном виде. А, значит, при условии методически грамотного обеспечения процессов обучения, будут усваиваться не только знания как нормы (способы) деятельности, но будет обеспечиваться развитие творческих способностей.

Что касается собственно соотношения нормированной и творческой деятельности в учебном процессе, то здесь актуально выделить под психолого-педагогическим, методическим и социальным углом видения несколько аспектов.

Первый аспект – значение нормированной деятельности для преодоления психолого-познавательных барьеров, развития и усложнения деятельности учащегося.

Считаем, что усвоенные нормы учебной деятельности являются своего рода инструментами, позволяющими учащимся организовывать свою познавательную деятельность. Например, известно, что «отправной точкой» мыслительной деятельности является выделение объекта [72], мышление является предметным, процесс познания начинается с рассмотрения конкретных предметов и их свойств. Тогда «инструментом» учащегося для начала деятельности является такая норма, как «начинать решение любого вида задания по физике с выделения объектов и явлений» [92,133]. Это позволяет запускать мыслительные процессы, тем самым снимая напряжение учащегося при решении задачи (он знает, с чего надо начать), уменьшая количество возможных ошибок. Если учащемуся дать подобного рода «инструменты», то его деятельность уже на первых этапах будет эффективной, позволяющей чувствовать себя более уверенным. И если методически грамотно обеспечить логическое продолжение этой нормативной по сути деятельности, то постепенно учащийся «выйдет за рамки задачи», и у него начнут формироваться элементы творческой деятельности. То есть освоение базовых норм деятельности (мыслительной, учебной) способствует формированию устойчивых познавательных мотивов, а это, впоследствии, дает немалые предпосылки развитию творческих способностей. Значит, ведущая роль нормативного подхода выражается не только в снятии затруднений, но и в создании условий для творчества.

Одним из признанных средств снятия психолого-познавательных барьеров является практика решения изобретательских задач. По сути – это практика задания неких алгоритмов, механизмов, используя которые человек разрешает противоречия, проблемы. Безусловно, решение таких задач требует проявления творческих способностей. Однако предлагаемые алгоритмы тоже нормируют деятельность учащихся, то есть нормативная деятельность позволяет учащемуся понять и принять элементы логики творчества, что «мотивирует личность к действиям в этом направлении» [111].

Второй аспект – творческая деятельность позволяет эффективно усваивать нормированный опыт, при этом она способствует преодолению «старых» норм. Творческая составляющая деятельности учащихся способствует повышению их мотивации, следовательно, лучшему усвоению и пониманию любого материала, более быстрому и эффективному освоению норм. Но, в то же время, творчество проявляется в развитии деятельности, то есть

учащийся на первом этапе имеет надежный способ деятельности, а далее он начинает анализировать и сопоставлять действия и поставленные задачи, тем самым находя новый оригинальный способ действий. То есть сначала нормы усваиваются и применяются учащимися, что необходимый фундамент «жизни» деятельности. Впоследствии эти «старые» нормы в некотором смысле разрушаются, *возникают новые* (чаще субъективно) *нормы деятельности.* При переходе с одного уровня творчества на другой нормы будут уточняться, меняться, выбраковываться, обновляться. Подчеркнем устойчивое значение фундаментальных норм деятельности.

На необходимость уделять внимание взаимному влиянию норм и творчества указывают многие исследователи [1–2,6,21,23,33,45,53,60,87,90,141 и др.]. Отмечают, что в итоге творческая активность учащегося должна основываться на овладении «совершенными нормами деятельности». Такие нормы заключаются во владении способами деятельности и методологическими знаниями, позволяющими самостоятельно вырабатывать такие способы.

Подобный подход доказан также и на практике: творческая деятельность может осуществляться осознанно, теоретически, методом восхождения от абстрактного к конкретному [35,78–79]. И этот путь, основанный на формировании методологических знаний и представлений учащихся о деятельности, является более универсальным, эффективным, позволяющим достаточно быстро решать целые классы творческих задач. А это означает, что в будущем выпускники школ, освоившие нормы деятельности (например, на уровне методологических ориентировок деятельности), будут иметь инструменты для творческого подхода к рассмотрению поставленных задач, например, профессиональных. То есть формирование методологической культуры у субъектов образования, освоение совокупности норм знаний и норм деятельности, активно стимулирует творчество [132,137].

Итак, *культурное творчество – это процесс освоения-преодоления «старых» норм и формирования новых норм.* В обучении это сравнительно узко реализуемая практика, в основном в плане субъективной новизны**.** И в этом оно противопоставляется стихийному движению (некому «творчеству») масс.

С точки зрения методологии осмысление новой творческой деятельности всегда происходит при ее нормировании и далее не требует творчества при ее повторении [176, с. 400]. Фактически происходит *закрепление новой деятельности как результата творчества в формах нормативной деятельности* (свертывание творческой деятельности до форм нормативной деятельности), повышая уровень сложности, мотивации деятельности людей. И этот процесс бесконечен. Далее на новом материале развитие деятельности по логике творческого цикла повторяется. Итак, процесс реализации

норм – это всегда вариативный процесс, который при определенных условиях все более становится творческой деятельностью.

Третий аспект – формирование мышления учащихся и развитие творческих способностей. Своеобразным мостиком отношений между нормированной и творческой деятельностью оказывается теоретическое мышление. Эмпирически фиксируется следующий факт: освоение «аппарата» теоретического мышления способствует формированию творческих способностей [6,78,111]. То есть для развития творческих способностей необходимы компоненты теоретического мышления, по природе – нормативного. Более того,

Рисунок 2.2 – Дидактические смыслы нормированной деятельности в обучении

известный методист-физик В.В. Мултановский фактически уравнивал дидактические функции теоретического мышления и творческого мышления [77].

В многочисленных работах вятских методистов-физиков [3,46–48,62–64,118–119,131–141] при опоре на методологические идеи Г.П. Щедровицкого доказано, что эффективным подходом к формированию физического (теоретического) мышления является нормирование мыслительной деятельности и последующая организация усвоения учащимися выделенных норм. Более подробное описание экспериментального опыта организации учебной деятельности по освоению указанных норм представлено ниже.

Таким образом, можно сделать вывод, что *освоение норм знаний и норм действий (умений) является основанием, необходимым*

условием для построения и совершенствования творческой деятельности, т.е. для развития творческих способностей как качеств субъекта (рис. 2.2).

Четвертый аспект – организация творческой деятельности в обучении. В методике физики всегда уделялось особое внимание усвоению опыта творческой деятельности при решении теоретических, изобретательских, экспериментальных задач, организации проектной деятельности [8,12,20.22,41,43–48,62–69,91–92,141]. Однако в массовой школе рассмотрению нестандартных, творческих задач уделяется внимание лишь во внеурочной деятельности и соревнованиях. В конечном итоге – индивидуально. На практике целенаправленную творческую деятельность осваивает сравнительно небольшая часть школьников. Эпизодическая учебная деятельность обоснованно не дает здесь эффекта, прежде всего, из-за сложности усваиваемого опыта. Освоение творческой деятельности оказывается редкой удачей. И это является актуальной проблемой методики обучения. Мы считаем, что при поиске решений этой проблемы следует смелее, последовательнее обращаться к ресурсам нормативного подхода. Заметим, что сами открытые системы «творческие».

Пятый аспект – социальный. Принципиально, отношения нормативной и творческой деятельности остро проявляются в формулировании различения объективной и субъективной новизны [97,117,119,121]. В развитии субъекта освоение социального опыта – это всегда его субъективное творение. При этом сама такая задача-цель, ее процессы и результаты, словом, все аспекты (стороны) деятельности пронизаны нормативно заданным опытом, вплоть до прямого управления. Но по сущности к нему не сводятся. Эта сущность заключается в совершенствовании практики как формы воспроизводства жизни. Итак, субъективно новое в обучении доминирует, в социокультурном смысле объективно новое в обучении – редкость, исключение. Но может быть на этапе постнеклассической рациональности это будет воспроизводимой нормой.

Из эмпирического опыта *организации нормированной и творческой деятельности на примере формирования физического мышления.* Анализ теории и практики обучения показывает, что проблемы в освоении физики и физического мышления зачастую связаны с нечеткостью представлений о физическом мышлении, о методах его освоения. Было высказано предположение, что наилучшего образовательного эффекта мы достигнем, если такой сложный феномен как мышление мы будем рассматривать через мыслительную деятельность, которую можно нормировать. В этом случае нормы знаний и нормы действий будут выступать в виде алфавита построения «правильной» деятельности.

В итоге был выделен перечень норм физического мышления, сформулированных на языке умений. Согласно представлению о том, что ведущими деятельностями в обучении физике являются деятельности моделирования и экспериментирования [47–48], нормы были объединены в два блока. Примеры формулировок норм деятельности моделирования представлены в табл. 2.3, деятельности экспериментирования – ниже:

- Умение выделять свойства объектов и описывать их физическими величинами.
- Умение зафиксировать объекты и явления в изображении (рисунок-модель, схема).
- Умение реально (или мысленно) подобрать объекты и материалы для организации эксперимента под идею, цель, гипотезу.
- Умение проводить и описывать экспериментирование по логике научного метода познания (полно или свернуто).
- Умение обрабатывать результаты экспериментального исследования.

Особенности реализации педагогического эксперимента. Управляемый процесс освоения выделенных норм мыслительной деятельности был организован в системе дополнительного дистанционного обучения физике учащихся девятого класса (М.П. Уварова). Главная особенность этой системы обучения заключается в опосредованном взаимодействии педагога и учащегося через учебные пособия, рецензии педагога и электронную почту**.** То есть учебная среда в основном выстраивается посредством пособий, в которых нормы учебной деятельности закладываются через таблицы и схемы теоретического материала, разобранные примеры решений, систему вопросов и задач. В течение учебного года учащиеся выполняют 6 контрольных работ, в среднем на выполнение одной работы выделяется 1–1,5 месяца.

Однако даже в такой ограниченной по педагогическому влиянию среде нормы деятельность осваивались достаточно быстро и эффективно. Анализ результатов выполнения второй контрольной работы говорит о том, что в процессе обучения произошли объективные изменения в уровне освоения норм. Представим фрагмент данных по освоению норм знаний и умений при выполнении первой и второй контрольных работ 9 класса (см. табл.2.3). Оценивание результатов освоения нормы идет по шкале наименований «освоено – не освоено». Каждый выделенный и зафиксированный в работе элемент мы считали *фактом* освоения определенной нормы. Признание сдвигов в показателях зафиксировано с учетом требований статистики.

Таблица 2.3 – Факты освоения норм деятельности учащимися 9 класса при выполнении контрольных работ

№	Элементы умений и знаний	Работа №1		Работа № 2	
		Число фактов	Освоено, %	Число фактов	Освоено, %
Блок «Деятельность моделирования»					
1	Умение выделять изучаемое физическое явление	123	48	132	64
2	Умение выделять и определять физическое явление по рисунку, графику, таблице и др.	36	48	24	58
3	Умение выполнять решение любых задач по логике «выделение явления – описание явления»	168	46	144	48
4	Умение зафиксировать объекты и явления в изображении: рисунок-модель, схема	72	52	132	71
5	Умение переходить от одних средств описания физических явлений к другим	72	50	132	66
6	Умение строить (выбирать) модель физического объекта и явления	144	34	156	52
7	Умение определять границы применения моделей (на примерах)	36	15	24	36

Таким образом, в экспериментальном обучении твердо фиксируются следующие теоретические факты: а) учащиеся достаточно быстро осваивают нормы деятельности при условии, что педагог вводит их мотивировано; б) устойчиво формируются черты теоретического мышления при освоении современных норм предметной деятельности, в частности, умение решать не отдельные задачи, а целый класс подобных задач; в) количество совершаемых ошибок по физике в экспериментальных группах существенно ниже, что позволяет сделать вывод об эффективности освоения «правильной» нормативной деятельности при изучении предметного материала.

С учетом результатов проведенного исследования, в котором сложный феномен мышления представлен в технологичном виде норм мыслительной деятельности, следует подтвердить перспективность нормирования творчества в виде универсальных процедур учебной деятельности при решении физических задач. Нормы творческой деятельности перспективно представлять в виде ориентировок деятельности, построенных на основе

методологических знаний [40,131]. Только тогда творчество в обучении культурно в классическом понимании.

Обобщающее суммирование. Построение единого нормативно-творческого подхода в обучении предполагает сначала различение этих деятельностей, их ролей в обучении, а затем согласование с целью оптимальной организации учебного процесса. Выделим для построения ориентировок практики соотношения нормированной и творческой деятельностей:

- Нормативная и творческая деятельность в обучении не противопоставляются друг другу, а дополняют друг друга; ключевой и доминирующей является нормативная деятельности субъектов образования (учителей и учащихся). Объектом присвоения при обучении являются нормы деятельности, однако процесс этого присвоения в обучении может быть творческим.

- Нормированная деятельность (соответствующие знания и умения) нацелена на сохранение и воспроизводство инвариантных составляющих опыта рода (разного содержания). Творческая деятельность по смыслам ориентирована на изменение норм, на освоение и воспроизводство опыта создания объективно или субъективно новых норм хотя бы в деталях.

- Все образования деятельности могут и должны рассматриваться на основе различения и согласования нормативной и творческой деятельности. Так, теоретическое мышление является необходимой основой для развития творческой деятельности в обучении, в свою очередь эффективным средством формирования теоретического мышления является организация нормированной деятельности учащихся.

- Отдельно должна учитываться целевая установка на развитие деятельности; если в замкнутой системе нормативной деятельности нет внутреннего источника развития, то он создается извне, в нашем случае в виде творческой деятельности или каким-либо другим способом. И система становится открытой. Тогда это согласование уже скорее является управленческим и образовательным актом, взаимодействием. В итоге получается и развитие системы деятельности, ее отдельных образований, например, содержания, мышления, и самого субъекта при освоении деятельности.

Таким образом, деятельностная парадигма в понимании и построении образовательных систем и процессов современна, востребована и эффективна в рамках постнеклассической рациональности. При конкретизации понятия деятельности выделяют как фундаментальные процессы-качества субъекта (мышление, понимание, рефлексия, коммуникация), так и такие образования как предметные знания и умения. При этом те и другие нормируются в культуре, что позволяет обеспечивать эффективное воспроизводство деятельности. Границы этих процессов, которые определяются

отклонениями «живой» деятельности от нормативной деятельности, в формах творческой деятельности после отработки и отбраковки в итоге вновь нормируются и воспроизводятся. Это и есть жизнь и развитие системы образования.

2.4. Принцип различения и единства методов формирования и методов исследования физического мышления

В настоящее время проблема и актуальность построения и реализации программы освоения мышления обусловлена рядом целей понимания, формирования и исследования физического мышления. Во-первых, мышление – фундаментальное, комплексное, эффективное по функциям образование современного человека. Это некий феномен, который изучают многие науки – методология, психология, педагогика, дидактика… Во-вторых, в реальной практике физического образования накопилось много проблем, связанных с формированием (освоением) физического мышления. В-третьих, нет необходимой ясности почти по всем вопросам исследования физического мышления.

Приведем здесь только несколько аргументов. Прежде всего, это состояние реальной практики формирования мышления, когда его освоение в массовой школе стихийно и вторично. Следует признать, что саму практику освоения мышления мы изучаем редко и неадекватно. В теории, при декларируемой цели, физическое мышление технологически (нормативно) плохо задаётся формой и содержанием методической и учебной деятельности. Пока мы процедурно не понимаем связей мышления и структуры изучаемого материала, мышления и систем понятий, мышления и приёмов учебной деятельности. Можно признать, что развитие самой дидактики физики тормозиться слабым аппаратом исследования процессов задания и освоения мышления. Явно недостаточно фиксируется эмпирических фактов реального (и воспроизводимого) освоения мышления на материале изучения разных тем; в методике физики нет развернутого, обоснованного (и принятого) конструирования системы норм мышления. Отсюда трудности, как в построении методических решений, так и в диагностике соответствующих умений. Всех проблем и не перечислить [20,28,44,48,53,63,77,132–133].

Ниже для ближайшего будущего обозначена ***рамка программы*** формирования физического мышления.

Мышление, мыслительная деятельность, нормирование мышления. Мышление – это интегральное обозначение

фундаментального феномена субъекта. Этот феномен представлен разными и по-разному иерархизированными процессами, их структурой; в целом он неопределенно сложный, формы и смыслы которого исторически менялись. Нередко им обозначают вообще любую мыслительную деятельность. Но в разной деятельности (познавательной, управленческой, организационной, технической, педагогической и др.) мышление предстает по-разному. В точном, но и в достаточно узком смысле, мышление состоит в интеллектуальной деятельности по особым правилам с идеальными объектами (знаками, образами, понятиями). В реальности (эмпирической) обучения физике фиксируются те или иные процессы и результаты учебной деятельности через их характеристики. Обычно это следствия нормировки (такого видения) этого феномена. Для специфики методики обучения физике (как прикладной, формирующей…) приоритетным является выделение макроскопических предметных (физических) сторон мыслительной деятельности.

Отсюда специфика физического мышления, по нашему мнению, в главном выражается через известные результаты-знания физического познания. Рационально можно выделить следующие знания. Факты – единицы материала, с которым имеют дело в деятельности; онтологические картинки мира, т. е. изображения реальности. Средства выражения знаний, фактов, т. е. языки описания, представления. Методы познания, системы методик изучения или исследования, т. е. *нормы* процедур деятельности, заданные как системы знаний; модели объектов или явлений, которые представляют (репрезентируют) частные, эмпирические объекты исследования, т. е. заместители чего-то. Используются разные знания системы теории: понятия, физические величины, теоретические конструкты, принципы, гипотезы, законы, постоянные величины, уравнения; проблемы; задачи (научные, проектные, методические и др.); интерпретации (мировоззренческие обобщения) и др. В целом именно на этом предметном языке выражается (и формируется) физическое мышление. Формой могут быть разные логические структуры, схемы «от абстрактного к конкретному» до принципа цикличности.

Выделим знаковое физическое мышление как фундаментальную мыслительную (теоретическую) деятельность, которой надо овладеть в обучении физике. Несомненно, она задаётся ключевым отношением «физические объекты, явления – их знаковое, модельное представление» [48,176]. Познавательная специфика понятия модели позволяет рассматривать не все аспекты того или иного явления, а только те, к которым возник интерес у исследователя. Поэтому при изучении явления возникает вопрос: из чего состоит модель этого явления? Получается, что при изучении явлений в физике с помощью моделей выбирается некий путь (механизм) различения природы.

Отсюда и точки зрения на мир – механическая, статистическая, электромагнитная, квантовая. Но при решении сложных физических задач мы обязаны использовать несколько моделей или комплексную модель явления. С точки зрения деятельностной парадигмы, построение модели явления понимается как результат познавательной деятельности людей. Значит, моделей в природе нет, для одного объекта или явления может быть несколько моделей, между моделями исторически существует конкуренция, и все они имеют границы применимости. Итак, в результате предметной, мыслительной, рефлексивной деятельности формируются иерархии моделей. Заметим, что в практике обучения пока нет осознанного использования нескольких моделей одного физического объекта, а тем более явления [138]. Несколько схематизировано, но так: физическое мышление есть тогда, когда строят и используют модели.

Мышление как структурированная деятельность. Несомненно, мышление связано с творческой учебной (и иной) деятельностью. Как интеллектуальный акт, нацеленный на получение субъективно (объективно) нового результата, мышление уже на этапе формулирования задачи – творчество, тем более на этапах «игры в модели», диалога «с самим собой» при конструировании решений, вариации деятельности при изменении практики… В настоящее время для образовательных систем можно утверждать, что творчества без мышления не бывает. Проблемой остаётся только выяснение меры.

Для движения вперед в физическом образовании нужна твердая точка опоры. Считаем, что внешняя точка опоры – это организация полноценной деятельности моделирования и экспериментирования. Внутренней точкой роста субъекта и источником его эффективной внешней деятельности является присвоение норм физического мышления и мировоззрения. И это присвоение должно быть методологически и методически грамотно задано.

Для обучения важно задать некую инструментальную модель мышления, которая бы, вскрывая суть этой (мыслительной) деятельности, давала бы возможность с помощью содержания и процессов управлять её воспроизводством (или формированием). В связи с этим интерес представляет выражение мышления как метода (средства) познания. Фундаментальным элементом такого выражения мышления является мыслительный акт, а в итоге – система актов (проблематизация, выбор метода, действие на проблему, результат, его рефлексия и оценка). Система актов при нормировании с целью трансляции опыта имеет простую структуру. Она циклична, не противоречит известному в методике принципу организации учебного познания «факты, проблемы – гипотеза, модель – следствия – эксперимент, практика» (В.Г. Разумовский [111,121]).

Но так внешнего организационного (задания) мышления недостаточно. Традиционно выделяют слой логических процессов:

построение системы (проблематизация, структурирование, моделирование, взаимодействие), анализа (абстрагирование, различение, разделение, исключение из системы), синтеза (гипотезирование, обобщение, отождествление, объединение, включение в систему), дедукция и др. Это более детальные, но и универсальные акты мыслительного действия. В целом физическое мышление представляет собой систему процессов, где ведущими (материально предметными) всё больше становятся моделирование и конструирование [6–7,46,66,110–112,138,171].

Перспективы формирования физического мышления в обучении мы видим, прежде всего, в структурном его задании. **Наша концепция задания и освоения физического мышления**, опираясь на идею о мышлении как структуре (Г.П. Щедровицкий) и синтезируя достижения методистов-физиков по приемам организации мышления, на данный момент приобретает следующий вид:

- Для обучения физике важно учитывать **историчность мышления**: мы живем не вообще во времени и пространстве, а в данной фактически точке (историческом месте) и нас интересуют современные нормы мыслительной деятельности.
- Мышление – **феномен, по построению сложная структура**. По-видимому, под задачу эта структура каждый раз при известной инвариантности определяется заново, фактически уточняется. В рамках этой некой структуры вычленяются и процессы. Важно, что структуры надо задавать схемами-моделями, они и задают «логическую жизнь» мыслительной деятельности.
- На наш взгляд, в первом приближении можно представить **структуру мышления на трех уровнях,** которые при развертывании учебной деятельности разветвляются**:**

а) **над предметный** уровень, на наш взгляд, представлен структурами следующих аспектов видения: общей логики движения понятий «от абстрактного к конкретному», дидактического потенциала математики как языка физики, общей логики научного метода познания «факты, проблема – гипотеза, модель – следствия, дедуктивный вывод – эксперимент, опыт деятельности», связи деятельности мышления с деятельностями понимания, чувственно-эмоционального отношения, коммуникативно-кооперированных отношений и различений материального и духовного (идеального) миров;

б) **предметный** уровень для физического мышления задается следующими структурами деятельности: «объект – модель» или как вариант «физический объект (явление) – его описание»; «физический объект – свойства – физические величины характеристики – измерение – границы знаний» по логике различения реальности и описаний;

в) **по отдельным видам предметной учебной деятельности** (психолого-педагогический ракурс) задается следующими структурами-ориентировками: общей структурой-планом решения учебных физических задач «анализ текста и физического явления – идея, метод или план решения – математическая модель явления или решение – анализ процессов решения, выводы»; экспериментирования «условия – результат – анализ», моделирования «объекты – замещение моделями – исследование модели и выводы – практика объяснения и границы применимости – уточнение модели»...

- Обязательным элементом структуры является задание в какой-либо форме **процессов** (в принципе разных для разных предметных деятельностей): построения научных фактов, гипотезирования, экспериментирования, моделирования, систематизации и обобщения, конкретизации, диалога по схеме логики научного метода познания в форме «факты, проблема – гипотеза, модель – следствия, дедуктивные выводы – эксперимент, практика».

Важно зафиксировать, что без структур-схем мыслительной деятельности мышление трудно формируется и «живет».

Проблемы частной методики по формированию мышления. Здесь, прежде всего, идёт о построении системы методических приемов, которые были бы положены в основу методики изучения темы. Выделим принципы содержательного нормирования физического мышления для таких систем: а) различение реальности и описаний в знаниях и действиях, б) деятельностное представление (описание, задание) физического мышления, с определением ведущих предметных деятельностей – экспериментирования и моделирования, в) отработка эффективных приемов мыслительной деятельности – функционального определения понятий, построение иерархически разных систем описаний физических явлений, выяснение границ применимости и др.

В учебном предмете «Физика» изучаются физические объекты и физические явления. А в итоге присваиваются различные знания, предметные действия, такие качества субъекта как понимание, мышление, рефлексия, коммуникация, трудолюбие, патриотизм и т.п. Отсюда необходима смысловая перестройка отношения к деятельности с учебными физическими задачами [92,157], в разработке методики учебной деятельности экспериментирования [59–64], в построении полноценной практики использования моделей объектов и явлений [138]... Для массовой практики пока мы ещё в начале пути.

Стиль мышления как интегральная характеристика. Повторим, мышление многомерно, но в прикладной методике надо выбрать простые, адекватные (перспективные), технологичные характеристики. И под них строить методики. Задача эта ответственная и сложная. Поэтому здесь мы обозначаем лишь пути методического движения. Они ещё потребуют осмысления и отбора.

Специфическая особенность физического (теоретического как ведущего!) мышления – наличие у человека **рефлексии** на свою деятельность, т.е. осознание своих собственных действий, определение статуса усваиваемых знаний, оценивание границ применимости представлений, понимание ограниченности, модельной природы знаний. Школьники должны понимать, чем отличается факт от гипотезы, объект от его модели, закон от теории. Приближенность научных знаний является нормой сегодняшнего познания мира, границы применимости – тоже важное и полноценное знание. Обычно мы не обращаем внимания на значения физических величин, но они по своей сути всегда приближенные. А значит, если в условиях физическая величина даже без оговорок задана до одной значащей цифры, то и ответ должен быть дан с такой степенью приближения.

Научные знаний по мере развития уточняются, одна модель сменяет другую... Раскрытие иерархии понятий, законов и моделей – задача не только обобщающих уроков, но практически каждого урока. Рефлексия не только свойство современного мышления, но характерная черта деятельности и в целом мировоззрения человека разумного. Потребность рефлексии доводится до постоянного внутреннего диалога с самим собой: а, так ли это...; а, что будет, если...; вот аргументы «против», нет, есть альтернативы...

Теоретическое мышление характеризуется наличием **внутреннего плана мысленных действий**. Умение планировать (проектировать) свою деятельность, а это всегда мыслительный процесс, – фундаментальное качество современного человека. При обучении физике через выполнение таких внешних действий как составление плана-конспекта, построение и использование логических схем, выделение этапов решения задач, во-первых, постепенно происходит овладение ими во внутреннем плане, во-вторых, при усвоении материала эти ориентировки управляют мыслительными процессами. В известной схеме формирования понятий и умственных действий и понятий это учтено: а) сначала следует предварительное ознакомление с конечным результатом деятельности, её целью или предназначением, создается мотивация; б) затем происходит усвоение указаний и ориентиров действий разного уровня обобщенности (от примеров до методологических сведений); в) далее происходит формирование умственного действия или понятия в громкой речи; г) на последнем этапе формирование понятий происходит в речи про себя, в собственно умственном плане (см. полнее: [37,129]).

Интегральной характеристикой мышления является его стиль, т.е. нормы научного подхода к исследованию (познанию) и его результатам. Но в **современном стиле мышления** фиксируются и важнейшие черты мировоззрения: а) **научный рационализм**, выраженный в признании объективности и познаваемости мира, б) признание **динамического развития мира,** в) **системный подход** в познании объектов и явлений, г) **множественность описания явлений** (языки, модели), последовательное приближение к истине, д) **ограниченность** знания, приближенность, но и конкретность, любого эмпирического знания. Современный стиль мышления в физике определяется прежде всего ведущей идеей о взаимосвязи, взаимодействии физических объектов. Взаимодействие является исходной причиной строения, движения и изменения всех физических объектов. Характерным для современной науки является также признание наряду с однозначной динамической закономерностью статистической закономерности. Эти представления являются фундаментальными ресурсами при решении задач. А с выделения взаимодействий начинается выделение явления при решении любой учебной задачи. Хотя эти представления уже сформулированы давно [48,131,143], но в системе и актуально только в постнеклассической парадигме познания они все больше практически востребованы.

В собственно методическом знании стиль физического мышления находит сильное отражение в организации работы со школьной учебной физической задачей. Важно, чтобы это отношение в процессе работы «превращало» предметную физическую задачу в учебную задачу. Основные требования такие: отношение к задаче как к объекту изучения и исследования; инвариантная структура решения задач как методологическая ориентировка; творчество школьников при работе с задачей; разнообразие задач и видов деятельности при их решении.

При обучении физике само по себе содержание учебного материала даже мировоззренческого характера не обеспечивает автоматически эффективное формирование мировоззрения. Поэтому речь и идет о совместном формировании

мышления и мировоззрения. Миропонимание выражается не только в обобщенных знаниях о действительности, но и в умениях применять их для познания, в том числе в общих интеллектуальных умениях анализировать, критически оценивать факты и др. Кроме того, в мировоззрение входят убеждения, в частности об истинности физических знаний, действенном их характере. Отсюда при решении любой задачи параллельно главной цели должны учитываться следующие аспекты учебного познания: роль гипотезы, примеры выдвижения гипотез известными физиками, процессы доказательства предположений, моделирование как метод познания, взаимосвязь теории и эксперимента в физике, существование различных средств описания объектов и явлений, границы применимости любого знания и др.

Методистам известна проблема формализма или догматизма в мышлении. Она встает только тогда, когда для человека необходимо использовать приемы (и знания) усвоенной мыслительной деятельности на практике. Сразу возникает противоречие: знание и действия усвоены хорошо, но они автоматически не работают при решении практической (реальной) задачи. Но так и должно быть. Идеальное, научное решение прямо не предназначено для конкретной задачи жизни, в принципе научное решение – всегда приближенное, огрубленное описание реальности. Но зато более глубокое, чем практика. Наука задач жизни не решает, она решает свои (идеальные) задачи. При этом дает инструменты (знания, правила и др.) для решения задач практики. Словом, как «без истерики» согласовать научные описания и реальность. Отсюда в полный рост встаёт проблема формирования методологической культуры учителей, студентов, школьников.

Проблемы исследования мышления. Важно понять и принять принципиальное различение: диагностика освоения мышления, если этот процесс целенаправленно есть и есть методики, – это одно; а исследование реально происходящего мышления субъектов – это другое, с другими целями и методиками. В первом случае мы в основном центрируемся на выяснение освоения известных норм мышления, во втором – на отклонение от норм, а в итоге – на поиске новых норм. Давным-давно понято: если что-то настойчиво формировать, то это и будет. В чём же здесь наука? Приведём ещё один поясняющий всю сложность и глубину проблемы пример. Десятилетиями идёт методическая работа по освоению научного метода познания, в частности, в форме принципа цикличности «факты – модель...». Даже по внешним признакам дело движется трудно. И далеко не ясно, как и почему в реальности (сухом остатке) на формирование мышления влияет эта методика. Как перестраиваются под её воздействием системы реальных представлений школьников? Насколько они устойчивы? (И многое другое.)

Итак, в последние два десятилетия в социуме (и системах образования) существенно понизилась значимость физических систем знаний. Медленно и трудно идёт переосмысление реальных (живых!) целей изучения физики в школе и построение методики обучения физике нового поколения. Несомненно, с нашей точки зрения, одно: дидактические роли физического мышления и физического мировоззрения все больше становятся системообразующими...

Для постнеклассического этапа научной рациональности характерно следующее отношение к образовательной системе «физическое мышление»: хотя это явно открытая система, но её структурное ядро – инвариант; её предметное содержание конкретизирует ядро; многообразие процессов и приемов обеспечивает вариативность внешней и внутренней деятельности; творчество обеспечивает продуктивность мышления. И такой взгляд востребован жизнью.

2.5. Проблема миропонимания в методике обучения физике

Постановка научно-методической проблемы о формировании физического миропонимания в обучении. Несомненно, есть право человека на научное понимание мира [5,7,11,17,19,24–25,35–36,39,52,74,84,85,91,101,124,143,146,153,154,164]. М. Мамардашвили писал: «Задача… состоит не только в том, чтобы мыслить самому, а в том, чтобы позволять или давать возможность думать и мыслить другим» [70, с. 21]. Это фундаментальное, и во многом судьбоносное, право на особое содержание и структуру знаний, прежде всего, для школьников и студентов. Но не так просто обеспечить такую возможность. Грустно, когда молодые люди слишком поздно начинают за «деревьями видеть лес»…

Важно осознать, что есть физическое миропонимание и это, после методической проработки, – объект (знания, умения) освоения. Но, несомненно, есть методическое миропонимание. Ему явно недостаточно внимания. Здесь, прежде всего, надо бы выяснить: миропонимания чего? Очевидно, той реальности, с которой имеет дело методика, а это – образовательная деятельность. На наш взгляд, методология образовательной деятельности должна быть ядром миропонимания учителя, преподавателя. Частью этого ядра являются представления физического миропонимания, которые содержательно и технологически (инструментально) входят в методическую подготовку учителя.

В целом пора восстановить во всем объеме широкий интерес к формированию научного мировоззрения в обучении физике.[*] Это ценностный (системный) фундамент для того, чтобы не утонуть в разнообразной учебной физической информации. Так важно для

[*] Публикации: Об оценке сформированности мировоззрения школьников // Физика в школе. 1990. № 5. С. 31–34. Сауров Ю.А., Мултановский В.В. Квантовая физика: Модели уроков. М.: Просвещение, 1996. 272 с. Модели и моделирование в методике обучения физике: монография. Киров: Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. 216 с. Вопросы содержания, методов и приемов формирования физического миропонимания // Физика в школе. 2021. № 5. С. 20–29.

жизни и учителей, и студентов, и школьников иметь мировоззренческие установки, ориентиры. Людей уже не волнуют просто формулы и задачи, всех волнуют смыслы. А они находятся при обучении физике в области физического миропонимания природы. Стратегически правы наши великие предшественники: В.Г. Разумовский с жесткой установкой на освоение научного метода познания [115–119,133], В.В. Мултановский с ориентиром на освоение структур физических знаний и отсюда на присвоение физического мышления [77–79], В.Н. Мощанский с раскрытием значения и особенностей диалектико-материалистического мировоззрения в обучении [76], Ю.А. Коварский с правильным отношением к физическим моделям [44,139]…

Для раскрытия понятия «миропонимание» и его значения в духовном развитии человека, необходима дифференциация «миропонимания» от «мировоззрения», рассмотрение его во взаимосвязи с мировоззрением. В связи с этим нас интересует структура мировоззрения, где выделяется три компонента: миропонимание, мироотношение, мироощущение, среди которых миропонимание выступает содержательным стержнем. Миропонимание – это совокупность ведущих знаний о мире и методов его познания, в конечном итоге это ядро научной картины мира [78].

Стремление выделить основы в изучаемом предмете, несомненно, важнейшая и продуктивная черта любой методики. Отсюда понятен и интерес к миропониманию.

Общие вопросы методики формирования миропонимания. В обучении прежде всего ставится вопрос о содержании, т.е. вопрос о физическом содержании в сопровождении с методическими идеями. Отсюда в рамках целей формирования научного мировоззрения усиливается значение и роль **методологии** познания при организации усвоения знаний. Для нас естественен и принципиально важен интерес к процессам получения, языкам выражения (прежде всего, математике), процедурам использования научных физических знаний, их старения и т.п. По нашему мнению, этот комплекс вопросов характерен для постнеклассической этапа научной рациональности.

Итак, **научное миропонимание** есть синтез основных положений науки физики, обеспечивающих научно-теоретическую ориентацию, и методологии, которая раскрывает способ осознания конкретной физической действительности. В науке к *моделям миропонимания* относят редукционизм, механицизм, позитивизм, материализм, системный подход, универсальный эволюционизм (В.С. Степин и др.), неклассическую эпистемологию (В.А. Лекторский), методологию деятельности (Г.П. Щедровицкий), постнеклассическую парадигму познания. Немаловажной составляющей миропонимания является *понятие о современном способе мышления* [48,72,77].

Напомним, для учебного предмета «физика» способ мышления задается а) системами физических знаний (с психолого-педагогической точки зрения теоретическими обобщениями), б) структурами знаний, как курса в целом, так и его законченных частей – фундаментальных теорий – по логике «основание – ядро – следствия», в) связями и интерпретациями знаний, г) приемами, правилами и механизмами работы со знаниями, их представлениями на разных языках (речи, знаками, графиками и образами).

Общекультурные идеи и принципы познания должны быть выделены, отобраны, адаптированы для систем обучения физике в школе и вузе. Назовем некоторые положения, претендующие на эти роли.

Прежде всего, обратимся к содержанию фундаментальной физики как источнику и опоре для наших поисков. Известный современный отечественный физик-теоретик Ю.С. Владимиров выделяет несколько **схем физического миропонимания** (видения мира), полезных и для построения теории и практики обучения физике:

а) в системе троичных базисных начал это пространство-время, частицы и поля,

б) в системе дуалистической парадигмы различают «три миропонимания одной и той же физической реальности»: геометрическое миропонимание опирается на категории пространства-времени и поля (ОТО и геометрофизика); физическое миропонимание опирается на категории частиц и полей (квантовая механика и др.); реляционное миропонимание опирается на категории пространства-времени и частиц [16].

Автор отмечает тенденцию строить познание на монистической парадигме, т.е. понимание всего сущего на основе одного исходного представления [16, с. 429–433]. По-видимому, следует признать, что А. Эйнштейн стремился к такому же основанию физики [178, с. 310].

Для правильного понимания роли парадигм Ю.С. Владимиров опирается на следующую позицию: «Средствам мышления физики, понятиям массы, силы, атома, вся задача которых заключается только в том, чтобы побудить в нашем представлении экономно упорядоченный опыт, большинством естествоиспытателей приписывается реальность, выходящая за пределы мышления... Мы не должны считать основами действительного мира те интеллектуальные вспомогательные средства, которыми мы пользуемся для постановки мира на сцене нашего мышления» [16, с. 522]. Такие взгляды хорошо согласуется с поисками методистов-физиков последнего десятилетия (см., например: [62–64,120–121,138–142]).

В методике обучения физике на основе исторического анализа можно выделить несколько идей-программ как некого

фундамента для формирования (современного!) миропонимания. Определим и оценим их потенциал.

- При формировании физического мышления средствами содержания образования приоритет должен быть отдан **научному методу познания** и формам его реализации (программа В.Г. Разумовского). В определенной мере дополнением (или при другом взгляде обобщением) является развертывание сейчас программы формирования естественнонаучной грамотности школьников.
- Концепция физических взаимодействий для структурирования физических знаний, для формирования современной ФКМ (В.В. Мултановский). Она была сформулирована уже давно [137], но только частично осмыслена и использована методикой. Сейчас есть даже вариант изложения этой концепции в учебнике [116, с. 324 и др.]. Но с нашей точки зрения речь должна идти не только об изложении итогового обобщения ФКМ, а о последовательном использовании этих методических идей при изучении всех вопросов курса, при любых формах учебной деятельности.
- Принцип различения реальности и описаний при освоении любого физического содержания (Ю.А. Сауров [133,131–133,137–139]). Выделяются фундаментальные **онтологии**: пространство и время как субстанции, материю в формах физических объектов и физических явлений. Разнообразие последних определяются разнообразием объектов, их состояний, их взаимодействий. Все частные проявления взаимодействий в конечном итоге по природе сводятся к четырем фундаментальным – гравитационному, электромагнитному, сильному, слабому. Они идентифицируются как самостоятельные, и в обучении это устойчивый и признанный подход [78,115–116].

Все остальные предметы в физике получают **статус описаний**: физические величины, модели, принципы, симметрии, законы, теории, картины мира… Учебная деятельность с ними специфична, в основном это виды активного освоения научного опыта познания, прежде всего в форме знаний (неких норм деятельности), в том числе на основе или при сопровождении предметно-материальной деятельности. Важно, что в методике признана необходимость обеспечения активности познавательной деятельности школьников разными приемами. Здесь разнообразие решений только на пользу.

О методических приемах организации учебной деятельности для формирования миропонимания. Выделение и систематизация приемов формирования миропонимания должны идти постоянно. Выделим здесь несколько типичных методических решений.

1. Приемы структурирования содержания изучения *физического явления*, на наш взгляд, основного элемента содержания. Следует различать статическую теорию явления, т.е. некую систему знаний. Она сравнительно легко структурируется на основе принципа цикличности. Приведем пример такого структурирования знаний для явления фотоэффекта (см. полнее: [133, с. 199; 135]):

- ФАКТЫ: Эмпирическое определение явления: вырывание электронов из вещества под действием света. Экспериментальные законы Столетова.

• МОДЕЛЬ: Фотон – $h\nu$ – гениальная идея (гипотеза). Закон сохранения энергии в акте взаимодействия фотона и электрона атома $h\nu = A + \frac{m\upsilon^2}{2}$.

• СЛЕДСТВИЯ: Объяснение законов Столетова. Объяснение давление света, опытов Лебедева: Р = $n \cdot p$ – давление при поглощении света, Р = $n \cdot 2p$ – давление света при отражении; где p – импульс отдельного фотона, n – число фотонов, падающих за секунду на единичную поверхность. Объяснение (предсказание) действия фотоэлементов.

2. При задании и освоении миропонимания принципиальную роль играет определение моделей объектов, их движений и взаимодействий, затем в целом – и моделей явлений. Это обычно качественное, понятийное описание (смысловое объяснение) физической реальности. На наш взгляд, эффективная методологическая ориентировка по предметному содержанию учебной деятельности – это различение реальности и описаний.

Как задается физическая реальность? Ответ: в предметной деятельности экспериментирования, в единстве чувственных и рациональных аспектов. К рациональным как раз и относим ориентировки миропонимания: сначала выделение исследуемых физических объектов и явлений, их свойств; но почти сразу закрепление этих представлений при задании описаний в знаковых или образных моделях.

Приведем примеры знакового задания моделей взаимодействий (в них решается вопрос механизма). С нашей точки зрения, все модели следует относить к описаниям, хотя они могут и обозначать реальность. И понятно почему: реальность тоже должна быть как-то задана (обозначена!).

Дальнодействие как модель взаимодействия. Это была гениальная идея И. Ньютона о мгновенной передаче действия. Из неё следует, что взаимодействие между объектами происходит мгновенно, без посредников, например, считалось, что перемещение Земли должно сразу же приводить к изменению тяготения, действующего на Луну, т.е. скорость передачи взаимодействия равна бесконечности. Тогда, согласно дальнодействию, всё связано со всем. Практическая ограниченность такого утверждения со временем стала очевидной. Но дальнодействие, как механизм взаимодействия, было самым простым (удобным, технологичным) для описания механического взаимодействия окружающих нас макротел.

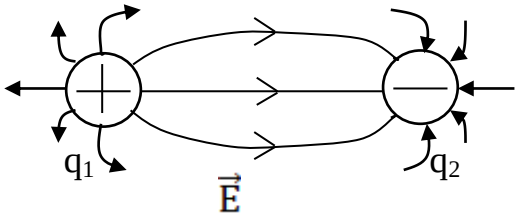


Рис. 2.4

Близкодействие как модель взаимодействия. С возникновением электродинамики обнаружилось, что

два объекта-заряда на расстоянии взаимодействуют с помощью электромагнитного поля, которое распространяется с ограниченной скоростью. С развитием физики в рамках идеи *близкодействия* были выделены *два механизма:* полевой и квантово-релятивистский.

В обучении рассматривают следующие варианты реализации идеи близкодействия. *Среда – всегда материальный объект.* Например, два объекта (мальчика) взаимодействуют на расстоянии посредством перекидывания мячика (третьего объекта). Здесь четко выделяются два акта взаимодействия и его процесс – движение мячика. При длительности процесса и при модельном описании можно пренебречь временем акта взаимодействия, тогда он происходит в миг времени в точке пространства. Такое представление оказывается пропедевтикой фундаментального квантово-релятивистского взаимодействия в мире элементарных частиц. Скорость передачи взаимодействия (при близкодействии) в разных случаях конкретная, но не больше скорости света. Фундаментальный вариант с*реды – материальное электромагнитное поле* (рис. 2.4). Со времен создания Дж. Максвеллом теории электромагнетизма взаимодействие передается посредством электромагнитных волн со скоростью света в вакууме.

Предельным и современным вариантом близкодействия является *квантово-релятивистский механизм взаимодействия.* Исследования в области квантовой физики, физики атома, атомного ядра и элементарных частиц позволяют сделать вывод, что на расстоянии действие одного объекта на другой передают материальные объекты – элементарные частицы. Максимально возможная скорость передачи взаимодействия – скорость света в вакууме. Элементарный акт взаимодействия представляет собой поглощение одной частицы другой частицей во времени и в пространстве. Модель такого взаимодействия нуклонов в ядре можно представить в виде диаграммы Фейнмана, где две материальные точки взаимодействуют в миг времени в точке пространства [78] (рис. 2.5).

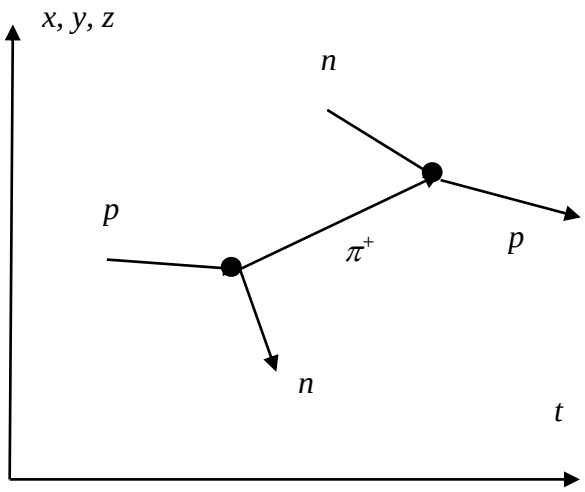


Рис. 2.5

3. При выполнении экспериментальных исследований и решении физических задач во многих учебных ситуациях проще использовать следующую простую ориентировку деятельности: «выделение физического явления – описание физического явления». Выделение физического явления выражается в выделении

физических объектов, их движения и взаимодействия (плюс начальных условий). Так в физике задается реальность. На этой основе происходит «узнавание» явления. Описание физического явления в обучении всегда вариативно: проще всего характеристика физическими величинами, сложнее – использование законов; глубже – построение моделей явления.

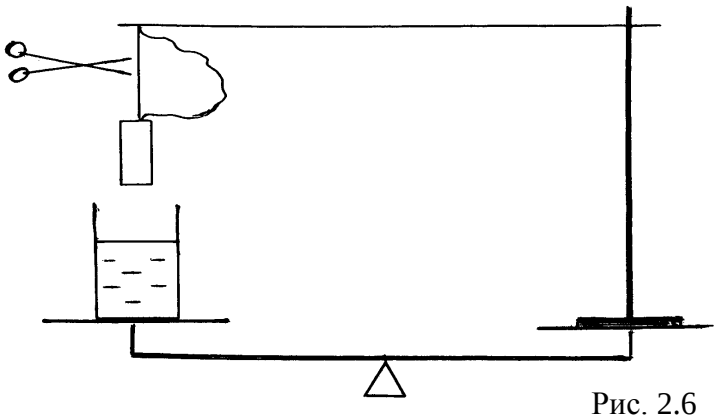


Рис. 2.6

Повторим **пример формирования миропонимания в процессе решения физической задачи**. Переформулируем известную качественную задачу: Как и почему изменяется равновесие весов, если нить перерезать (рис. 2.6)?

Методические рекомендации. Последовательно выделяются (строятся) несколько физических сюжетов, в ходе их построения и анализа в форме знаковых моделей происходит понимание физического явления (явлений) и находится сначала логическое решение. Главное внимание нацелено на выделение взаимодействий тел. В форме системы вопросов зададим рамку поисков. Если при разрезании нити тело не попадет в воду, то нарушится ли равновесии весов (см. рис. 2.6)? И почему? Выполните рисунок с изображением сил. (Пока опыт не ставим, выполняем мыслительные действия с моделью-рисунком.)

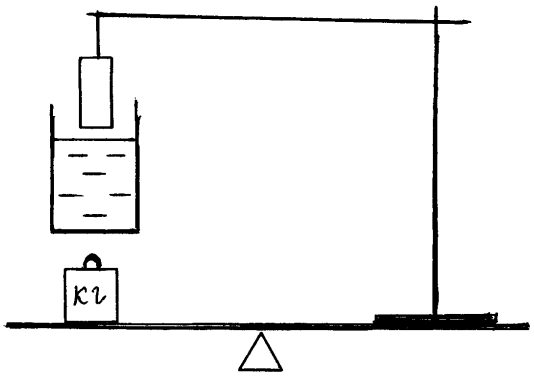
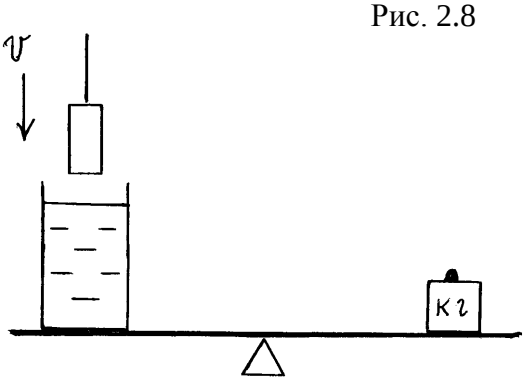


Рис. 2.7

Проведем и объясним два подготовительных для решения нашей задачи мысленных (а затем и материальных) опыта (рис. 2.7, 2.8). Выяснить, какие объекты и как взаимодействуют – вот наша цель. Поднимаем стакан (он в руке) вверх до постепенного погружения тела в воду (см. рис. 2.7). Как действует вода на тело? Изменяется ли при этом вес тела? И в чем это выражается?

Второй опыт: постепенно опускаем тело в воду (см. рис. 2.8). Взаимодействие каких тел мы наблюдаем? Изменяется ли при этом действие стакана с водой на чашку весов? В чем это выражается?

Рис. 2.8



Возвращаемся к первоначальному опыту. Переходим при объяснении явления на язык физических величин: увеличивается ли вес стакана с водой при погружении тела в воду? И как при этом изменяется

сила действия на левую чашку весов? Как изменяется вес тела при его погружении воду? И как изменяется сила действия тела на правую чашку весов? И какой груз надо положить на правую чашку весов, чтобы их уравновесить? (Итоговый ответ: вес груза равен двойному весу вытесненной жидкости.)

4. В обучении важно понимать, что физические объекты и явления исследуются экспериментально и теоретически, а их описания – изучаются, осваиваются. И только в этой связи может быть исследование их возможностей, например, исследование возможностей математических моделей, скажем, их точности. Но все равно в итоге описания относятся к объектам реальности. Между собой описания характеризуются универсальностью, простотой и др.

В этой связи важно понимать, что, например, $ma=F$ – это не закон, а **пока** (а при формальном подходе и всегда!) просто формула. По смыслу и содержанию законом эта форма становиться при её интерпретации: что характеризуют входящие в неё физические величины, какое физическое явление она описывает, каковы границы применимости этой модели…

5. Формулирование и диагностирование элементов знаний, связанных с освоением физического миропонимания, дается трудно. Этот опыт надо копить. Формирование физической грамотности (и на её основе миропонимания) как раз и заключается в том, чтобы освоить язык (своеобразный алфавит) физики. В него входит смысл и содержание следующих основных видов знаний: понятия пространства, времени и материи, понятия физической системы и системы отсчета, физические величины, принципы физики, методы исследования физических объектов и явлений, физические объекты и их модели, типичные физические явления и их законы, границы применимости знаний… (См. примеры формулировок заданий в публикациях [47–48,133,138,144].)

Итак, миропонимание невозможно без правильных систем онтологических и гносеологических представлений физического мира, в том числе понимания границ представлений, без осмысленного использования языка математики для описаний физических явлений, без логики научного метода познания и теоретического и экспериментального методов…

Наиболее выпукло и системно миропонимание «заложено» **в картине мира**. За последние двадцать лет понимание роли картин мира в познании и обучении существенно выросло. Специальные картины мира играют роль онтологии, то есть задают реальность или позволяют «видеть» реальность. Физическая картина мира а) направляет наблюдения и эксперименты, б) генерирует первичные гипотезы, в) может задать программу эмпирического поиска, в том числе при разных альтернативах, г) задает образ-конструкт реальности в целом или в части, например реальность задается онтологическим принципом типа «все тела состоят из частиц…», д) регулирует через принципы симметрии, инвариантности,

дополнительности и т. п. научный поиск, научное мышление, то есть постановку научных задач и средств их решения (см. подробнее В.С. Степина [153, с. 217,298,304,307,327]).

С нашей точки зрения, в обучении весьма важно заложить в содержании и методических решениях освоение следующего различения: «Абстрактные объекты теоретических схем и конструкты картины мира – это разные типы идеальных объектов. Если относительно первых формулируются законы, то относительно вторых – принципы. Абстрактные объекты теоретических схем представляют собой идеализации, и их нетождественность действительности очевидна, тогда как конструкты картины мира, также будучи идеализациями, онтологизируются, отождествляются с действительностью» [153, с. 221–222]. Например: абсолютное пространство-время – это конструкт механической картины мира (некая реальность), а система отсчета – ее модель. Аккуратное различение по всем элементам учебной физики ещё впереди.

В целом картина мира функционально для познания (как схема, как модель) является фундаментальной ориентировкой мыслительной деятельности.

Наконец, на наш взгляд, важно обобщение для естественнонаучной грамотности в форме концепции «**универсального эволюционизма**» [75,153–154]. Идеи эволюции являются ключевыми для постнеклассической рациональности [154]. На уровне понятий-принципов получаем следующую картину:

- Вселенная существует; на уровне элементарных частиц четко фиксируется материальное единство мира.
- Вселенная непрерывно эволюционирует, это внутренне присущее ей свойство – самоорганизация, но рост разнообразия и сложности материального мира не означает «сознательность процессов».
- Эволюция подчиняется **закономерности**: изменчивость – наследственность – отбор.
- Различают два типа механизма отбора: адаптационный и бифуркационный, первый приводит к эволюционным изменениям в системе, второй – к революционным (не предсказуемым) изменениям.
- Вероятностный характер процессов эволюции; однонаправленность стрелы времени.
- Методы изучения объектов мира с точки зрения «замкнутой» (изучение извне) и «открытой» (изучение из внутри) систем дополняют друг друга; согласованность и синтез научных знаний.

Итак, дидактические цели формирования миропонимания существенны для практики современного физического образования. И они должны все значительнее находить отражение в содержании курса физики и быть обеспечены методическими ресурсами.

2.6. Знаки и чувства в обучении физике*

Не так просто найти слова, чтобы привлечь методистов-физиков к такой «непрактической» теме как знаки. Но мы понимаем, что за этим стоят стратегические возможности развития самого физического образования. В этом движении идейные вопросы так важны как для мировоззрения самого учителя, так и для формирования мировоззрения его школьников. В итоге – для успехов в понимании и преобразовании физического мира. Не случайно как особый предмет и эффективная форма параллельно рассматриваются и чувства. Не случайно наше «эмоционально возвышенное» отношение к знакам…

В условия дистанционного образования при пандемии вся эта проблематика резко обострилась. Как понимать мир природы, на практике работая только со знаками? Какие виды деятельности со знаками приоритетны? И какие задания для успешного освоения деятельности со знаками надо использовать? Как мир чувств в условиях ограниченной (и специфической) коммуникации в дистанционном образовании использовать для успешного освоения физики и развития личности школьника?

В одиночку на эти вопросы не ответить. Ниже мы обозначаем духовно открытую рамку поисков.

Для начала необходима методическая проблематизация. Вот мысли-чувства. Надо бы «проснуться», но трудно открыть глаза в мир непонятных объектов, без которых ничего не происходит. Это вечные в человеческом мире и неуловимые знаки. Кто стучится в мою дверь? Кто будит меня? Это необходимые сегодня знаки… Может быть в форме различных мотиваторов (например, звука молоточка), может быть в форме неопределенных чувств (например, неожиданного сна)…

В нашем мире всё обозначено. Это была и есть трудная работа человеческой цивилизации. Частицу этой работы в нормах «опыта рода» мы осваиваем в школе. Понятно, что такие жесткие образования деятельности, как знания, – всегда нормированы [47,138]. Даже такое качество-чувство как любовь нормировано и

---

* Публикации: Наумова С.Г., Сауров Ю.А. О дидактических функциях использования знаков в обучении // Познание процессов обучения физике. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2009. С. 4–8. Вопросы методологии деятельности со знаниями в дидактике физики // Учебный физический эксперимент. Актуальные проблемы. Современные решения. Глазов: Изд-во ГГПИ, 2012. С. 17–18. Знаковое мышление как возможность понимания мира // Учебная физика. 2013. № 2. С. 48–56. Мир чувств Василия Разумовского // Учебная физика. 2020. № 3. С. 59–66. Сауров Ю.А., Петрова Е.Б. Знаки и чувства в обучении физике // Физика в школе. 2021. № 2. С. 3–11.

нормируется для следующего поколения. Творение любви – это творение норм. Их выражение – всегда в знаках, в языках слов, движений, действий… И тут не убавить, и не прибавить. Раз это так значимо, то это должно быть осмыслено, выражено в знаках и использовано в обучении. Нормы – это алфавит нашей жизни.

Люди, конечно, – не знаки. Но они тоже «означаются», всю жизнь знаки их сопровождают, остаются в памяти друзей и компьютеров. Память – великая человеческая миссия знаков [139]. Почему мы завязываем ниточку на пальце? Почему пишем стрелочки, точки, восклицательные знаки на полях книги, на доске или тетради? Это необходимые «рельсы» для мыслей… И они эмоциональны. Вот и формула: знак + чувства = успех!

Порядок в мире знаков и мире чувств должен быть. Это элементарная экология духовной (познавательной, учебной, преподавательской) деятельности [23,128–129,138]. Об этом много и страстно писал замечательный мыслитель Э.В. Ильенков [35]. На наш взгляд, современной остается его мудрая книжка для учителей и родителей «Об идолах и идеалах» (М., 1968).

Знаки в предметной деятельности обучения физике. Сначала о видах учебной деятельности и видах знаков, а затем – о возможных методических решениях. Но, прежде всего, **важно подчеркнуть многообразие предметной деятельности. Предметы выделяются** или строятся всегда под задачу. Обозначим основные виды предметной деятельности в области обучения физике: а) разнообразная по структуре, содержанию, форме речевая деятельность, б) богатая по структуре, содержанию, форме учебная деятельность с материальными физическими (техническими) объектами и явлениями, в) специальная и разветвленная учебная деятельность с разными знаками (моделями, формулами, схемами и др.), г) этическая (оценочная) и чувственно-эстетическая учебная деятельности как формы метадеятельности. По методу, по значению в содержании физического познания следует выделить две фундаментальные (и ведущие) учебные деятельности – экспериментирование и моделирование. Но известные формы учебной работы тоже нельзя забывать. Прежде всего это доминирующая практика решения физических задач. Правильное отношение к учебной физической задаче [92] и отсюда «правильная» деятельность по её решению или, как удачно говорит А.А. Устиловская, ***решАнию***, т.е. усвоению понятий, а, значит, – формированию своих качеств – мышления, понимания, рефлексии, коммуникации [157].

Экспериментирование. Экспериментирование созвучно творению. И это его фундаментальная черта. Здесь под некую задачу объединяются вещественная и знаковая предметные деятельности, осуществляется моделирование и проектирование, происходят

речевая и коммуникативные учебные деятельности [63]. И все они обслуживаются специфическими знаками.

Целевые и функциональные предназначения деятельности экспериментирования в обучении диктуют и свои модели. Прежде всего это схемы-модели управления познавательной (учебной) деятельностью при постановке опытов. Например, схема цикла научного метода познания: «факты – гипотеза, модель – следствия – эксперимент» [121]. Здесь все этапы в такой методике видения связаны с экспериментом: факты «выделяются» в опытах, модели – форма объяснения опыта, следствия часто получаются в ходе экспериментов как метода, а на последнем этапе познания эксперимент позволяет определить-обозначить границы наших теоретических понятий-моделей. Всегда так: опыт, тесно связанный с теорией, может разрушать эту теорию.

Только тогда деятельность экспериментирования современна, когда она управляема современными целями, логикой, средствами и др. Через эти схемы-модели задаются смыслы деятельности [47–48,64,138]. И реализация такой учебной деятельности всегда этап формирования новообразований субъекта, т.е. развития.

Для такой сложной учебной (и методической!) деятельности как экспериментирование характерен свой знаковый многофакторный алфавит [120,134]. Через него она строится и управляется. Вот эти принципы-«строительные леса»: схема, идея опыта, эмпирические факты, экспериментальная установка, техника опыта, варианты опыта, измерения физических величин, выделение физического явления и его теоретическое «узнавание», теоретические факты, экспериментальные задачи, применение опытов в практике…

В постнеклассической парадигме экспериментирование в широком смысле – фундаментальная, ведущая деятельность.

Моделирование. В познании и учении – это выделение, построение особого для данной предметной области мира знаков, изучение их связей. Отдельно и принципиально отношение «объект (предмет) – модель». Если объект (предмет) наделяются статусом реальности, то такая связка со знаковой моделью (и материализованной, и виртуальной) – всегда моделирование. Замещение одного объекта другим – великое познавательное действие. Осознанное к нему отношение, выяснение границ применимости – необходимый опыт для понимания современного мира. Особенно оно значимо для трансляции опыта в обучении. Сложности здесь в вопросе: «Какого опыта» [133,138]?

Приведем типичный пример. Так исторически сложилось, что физические законы получают удачное выражение в форме математических знаков. Но математическая форма это ещё не физический закон; она становится законом при определенной материальной интерпретации. Приведем четыре эквивалентные

математические формы второго закона Ньютона: $ma = F$, $F = ma$, $a = F/m$, $m = F/a$. Пятьдесят лет назад в методике обучения физике пропагандировали вторую форму $a = F/m$, фиксируя и обосновывая, в том числе экспериментально, материальные причинно-следственные связи: ускоренное движение тела зависит от внешнего действия, от свойств тела. Как? – на этот вопрос дается ответ уже на языке физических величин.

- F – знак, замещающий действие, на практике нередко и обозначает действие, увы, не очень осознанно и осторожно. Хотя сила функционально физическая величина, причем только одна из возможных характеристик действия.
- Запись закона «$ma = F$» – знаковая форма, задающая связь знаков. Её физическая содержательность (и однозначность) – в описании причинно-следственных (материальных) отношений ускоренного движения тела и внешнего действия. При определенной смысловой интерпретации это оказывается более удачной формой второго закона динамики: сначала идет характеристика объекта-тела – масса, потом – характеристика его движения – ускорение, а сравнивается (равно!) их произведение с характеристикой внешнего действия – силой.

Формулы физических законов задают на каком-то (обычно математическом) языке знаковую форму физического (материального!) явления. Моделирование реальности – это не только замещение, но и одновременно определение, задание этой реальности, Как долго и трудно Г. Ом искал и определял такое сложное явление как постоянный электрический ток в замкнутой цепи!

Графическое и табличное (цифровое) моделирование физического явления сейчас достаточно широко распространено.

Речевая учебная деятельность. Обозначим возможные методические решения.

- Правильное (смысловое) чтение формул вслух, например, для второго закона динамики материальной точки: «ускоренное движение тела прямо пропорционально зависит от внешнего действия и обратно пропорционально от инертных свойств тела».
- Законченный по логике рассказ о физическом явлении, сейчас чаще всего при выступлении с докладом, при построении презентации и т.п.
- Диалог при постановке опытов, решении особенно качественных задач. *Приведем пример* [92; 138, с. 176–177].

Почему вода пруда замерзает только с поверхности и только у поверхности?

Начнем анализ с такого факта: вода при 0°С может замерзать, если продолжается ее охлаждение – теплопередача. Выскажем *предположения* (фактически гипотезы): когда это возможно?

Вода замерзает, если температура воды и окружающей среды (воздуха и т. д.) – 0°С, но есть дополнительный фактор, например, дует ветер. Тогда частицы воды, наиболее «теплые» испаряются и ветром удаляются. Да и сам ветер способствует испарению. Если даже вода уже замерзнет (тонкая корочка), то испарение может быть продолжено уже льда. И тогда замерзание воды будет продолжаться, хотя температура среды 0°С.

Предположим, что лед имеет плотность больше плотности воды. Что будет происходить? Лед будет тонуть. Если так, то на практике пруд замерзнет со дна до верха. В реальности мы этого не наблюдаем, поэтому наша гипотеза не верна. Смотрим на таблицу плотностей: лед имеет несколько меньшую плотность, чем вода. Тогда понятно, почему льдинки плывут по воде.

Но почему вода не промерзает до дна пруда? Предположим, что температура среды – 30°С. Холодно. Предположим, что лед быстро охлаждается до такой же температуры. Вода соприкасается с таким холодным льдом, и должна быстро замерзнуть. Но в реальности этого нет. Почему? И почему лед намерзает толщиной, скажем, не 1 мм, а до 1 м. Очевидно, что вода все равно замерзнет, если есть условия. Ключевым условием является теплообмен.

Можно ли предположить, что между льдом и водой теплообмена нет? Можно. Если вода не замерзает, то, по-видимому, нет. Почему? Теплопроводность есть. Излучения, по-видимому, практически нет. Конвекции, по-видимому, тоже нет. Надо приводить аргументы в доказательство. Теплопроводность льда малая, поэтому толстый лед – хороший теплоизолятор. Выскажем гипотезу, что нижняя поверхность льда имеет температуру 0°С. А значит, между льдом и водой теплообмена нет.

Но если вода подо льдом имеет температуру 0°С, то при самом малом теплообмене она будет замерзать. И в итоге вся замерзнет. Но этого нет! Почему? Можно предложить, что вода снизу от дна, во-первых, подогревается, во-вторых, сама вода обладает плохой теплопроводностью, а конвекция затруднена. (Вспомним опыт с подогревом верхней части воды в пробирке.) Когда конвекция в жидкости невозможна? По-видимому, надо предположить, что холодные слои воды легче теплых слоев. И это так: вода при 4°С – самая плотная, она и находится на дне водоема.

Анализ решения. Обсуждение вопросов: Используются ли модели при решении задачи? (Да, но выше они представлены не явно. Так, вода, очевидно, однородная жидкость без примесей. В водоеме нет источников нагрева, живых существ и т. п.) Замкнутой ли при выполнении решения является система «лед – вода»? (Нет.) Почему при решении не рассматривается статистический характер происходящих процессов? Какие реальные процессы при решении задачи мы еще не учли или не описали?

Обобщение. Выше приведенный интеллектуальный процесс рассуждений, что и есть развернутое в речи (или тексте) физическое мышление, весьма характерный пример деятельности при решении многих задач. Сам этот пример задаёт соответствующую модель деятельности преподавания. И должен быть широко распространен.

Коммуникативная учебная деятельность. Обозначим методические сюжеты.

- Во-первых, чувства в коммуникации дают нам возможность сразу интегрально, хотя и грубо, задать объект целом, фактически построить модель восприятия объекта. И с ней работать. На практике все такие модели – деятельностные, ситуативные. Смена деятельности (по цели, структуре, содержанию) ведет через чувственно-

эмоциональный (и иной) кризис к новой модели. Игра в модели – «родовая» и постоянная деятельность людей. Её стратегия – в усложнении форм.

- Во-вторых, коммуникация в учении – это разделение ролей при решении совместной задачи или выполнении совместной предметной деятельности. Например, в группе из двух человек при выполнении лабораторной работы один собирает цепь и выполняет измерения, другой – задает вопросы на понимание, ведет записи, оформляет результаты, формулирует выводы.
- Эмоция – это всегда отношение, интерпретация, оценка… Она требует коммуникации, коллективного сопереживания. Оформленная в знаках интерпретация – это высокое творчество. Не случайно миссия оценки дана мудрым людям. Несомненно и другое: чувства, эмоции всегда делают любую систему более открытой, но при определенных условиях и более устойчивой.

Итак, знаки успешно живут только в сопровождении чувств. Не случайно психологи тесно связывают мыслительную и чувственную деятельность. И то, и другое эффективно и значимо только тогда, когда и то, и другое – продуктивная предметная деятельность. То есть задана форма, она наполнена новым содержанием, включена в учебную деятельность, управляема под цель. Разве не об этом слова-знаки Владимира Маяковского?

Книги?
Что книги!
Я раньше думал –
Книги делаются так:
пришел поэт,
легко разжал уста…
А оказывается –
прежде чем начнет петься
долго ходят, разомлев от брожения,
и тихо барахтается в тине сердца
глупая вобла воображения.
Пока выкипячивают, рифмами пиликая,
Из любвей и соловьев какое-то варево,
Улица корчиться безъязыкая –
ей нечем кричать и разговаривать.

Поэт, ученый строят, задают язык норм видения мира, а, значит, – и деятельности. Есть знаковое мышление, а есть и чувственное мышление. В культуре последнее тоже знаковое. Просто знаки и их алфавит – другие. Разве у Маяковского не о трудности построения этого алфавита? Какого? Например, образцов чувств доброжелательности, внимания, дружбы, терпимости (толерантности), любви, согласия, сочувствия, сопереживания, соперничества, сотворчества… Согласование этих знаковых миров – высший пилотаж учителя. Хотя, во-первых, осознанная (технологическая) реализация этой установки в обучении физике

почти недостижима, во-вторых, у хорошего учителя она всегда просто есть как искусство, как его природа духовного деятеля, коммуникатора в обучении. Правда и другое: реальность – это не просто слова-знаки, и даже не просто один человек-субъект. Реальность – это результат всей совокупности действий человека и других людей, как условий. И это всегда сложно. Жизнь – это сложно. Обучение – сложно.

Наверное, как знаковая истина звучат слова: то, что любят, то и знают; то, что любят, то и видят; то, что любят, то и мыслят. Помню у А. Вознесенского: «В тоску заметней седина, так в ясный день в лесу по-летнему листва зеленая видна, а в хмурый – медная заметнее».

Вот и установка на перспективу: надо выполнить докторское исследование на тему «Проблема согласования знакового и чувственного мышления в методике обучения физике». И разве эта идея не может стать принципом новой методики обучения физике?

* *
*

Последовательное формально-логическое построение науки невозможно. (Вспомним хотя бы Гёделя.) А тем более это невозможно для такой прикладной науки как методика обучения физике. Пусть даже в форме теоретического обобщения опыта методического познания. Поневоле такие поиски носят гипотетический характер. Очевидно, что они оправданы практикой. Но и сама практика познавательной (научно-методической) деятельности нуждается в теоретических ориентирах. Хотя, в конечном счете, именно она и оценивает их качество. Такая познавательная реальность – удел любой научной деятельности.

И сказанное выше – один из симптомов-черт постнеклассической рациональности, необходимой для анализа сложно организованных искусственно-естественных образовательных систем.

Глава 3. Пространство построения содержания постнеклассической методики обучения физике

И человеком становится только тот,
кто имел учителя и тем самым получил
определённое прошлое и определённую культуру.
Г. П. Щедровицкий [176, с.634]

Опыт рода может и должен быть выражен в форме структур и процессов обучения. Несомненно, сложность этих систем деятельностей неопределенно большая, вариантов множество. Ниже задается только некая перспективная рамка совершенствования учебной и преподавательской деятельности.

3.1. Деятельностная парадигма и культура в методике обучения физике

Парадигма – исходная концептуальная схема, модель; но не рядовая, обычная, а фундаментальная, с широким потенциалом. Сейчас, как никогда ранее, значимость прямого содержания, процессов обучения, организационных форм взаимосвязана. Уже понятно, что только синтез этих главных составляющих (единиц) может быть устойчивый образовательный эффект*.

Практика физического образования, на наш взгляд, сейчас существует в условиях **кризисного развития**. В сложном положении находятся материальные и кадровые условия его функционирования, ряд нововведений испытывает трудности (стандарты, ЕГЭ...), одна мода сменяет другую (технологии, личностно-ориентированное обучение, компетенции...) без должного и постоянного эффекта. Но кризис несет и новые возможности: появляются новые идеи, возникают новые ресурсы развития. К последним как раз мы и относим направление совершенствования как теории, так и практики на основе современной методологии деятельности. В постнеклассической методике объединяются идеи деятельности и идеи культуры.

Деятельность, понимание, мышление, рефлексия должны быть «правильными» у современного человека, т. е. должны удовлетворять неким нормам. Наиболее общие нормы понимания, мышления и

* «Идея деятельности (мыследеятельности) позволяет рассматривать и человека, и знания, и технические средства, и отношения коммуникации, и отношения взаимодействия как проявления и элементы деятельности» [177, с. 159].

рефлексии относятся к области методологической культуры. И они должны быть и должны усваиваться. Что же экспериментально фиксируется в реальности?

Проблема формулирования норм методологической культуры и содержание образования. Известный физик-теоретик Л.Б. Окунь пишет: «Пора прекратить обманывать все новые поколения школьников и студентов, внушая им, что возрастание массы с увеличением скорости – это экспериментальный факт» (УФН. 2008. Т. 178. № 5. С. 552). Это высказывание по фундаментальному вопросу содержания как факт показывает, что методологические проблемы формирования понятий весьма остры даже в отношении фундаментальных основ специальной теории относительности. А в содержании школьного курса физики накопилось много архаичных трактовок понятий, которые некритически тиражируются из учебника в учебник. И затеняют понимание, причем на современной уровне требований. Не лишне здесь подчеркнуть, что в реальной практике не только идеи важны сами по себе, но и как они представлены в носителях, прежде всего, в учителях. Из книг они автоматически не приходят… Система внедрения через переподготовку в случае методики во многом разрушена, а стихийно процесс может идти десятилетия.

Итак, нас интересуют два ключевых фундаментальных понятия – деятельность и мышление – методики обучения физике, от понимания и функционирования которых зависит эффективность, как систем науки, так и систем практики.

Приведем, отчасти повторим, в тезисах некоторые перспективные аргументы специалистов на этот счет.

♦ Мышление рассматривается как реальность, как субстация в социокультурном пространстве, отсюда «не человек мыслит, а мышление мыслит через человека» (Г.П. Щедровицкий, М. Мамардашвили) и творчество принадлежит не человеку, а функциональному месту (и в этом смысле не случайно) в социокультурном пространстве (С. Лем).

♦ Мир мышления – это мир: а) социокультурный, б) исторический (фактом истории является целевое человеческое действие, а отсюда «идея о том, что мышление отражает мир реальный, есть… бредовая идея» [174, с. 13]), в) искусственно-естественный, г) разный по типам (философское, религиозное, исследовательское, проективное, практико-методическое, естественнонаучное, конструктивно-техническое, методологическое, мифологическое, оргуправленческое мышление).

♦ Деятельность рассматривается как уникальный объект, как субстанция сама по себе, как некий процесс; деятельность принадлежит всему человечеству, всё время воспроизводится; единица деятельности отсюда – весь универсум человеческой деятельности, носители – все люди; деятельность многокомпонентна по структуре, у каждого элемента может быть свой предмет (наука) и могут быть свои законы.

♦ Люди строят пространства мышления и деятельности: «люди живут в идеальном пространстве, если им свезло и они сумели его построить» [174, с. 18]; построение этих пространств, т.е. по сути искусственно-естественной онтологии,

это построение картин мира, а выбор из них «верных» – дело истории, практики или веры.

♦ Мыследеятельность – это синтез мышления и деятельности, не сводимых друг к другу; по форме это игра по построению реальности, это как раз и есть методологическая работа по созданию новых форм (предметов) жизнедеятельности и мышления.

♦ Процедуры методологии: построение научных предметов, структурирование знаний, построение систем знаний, анализ деятельности для построения знаний об объектах; разработка норм деятельности в диалоге субъектов; кооперирование мыслительной (и иной) деятельности, построение знаковых систем; замещение объектов знаками и деятельность с ними, конфигурирование как прием сведения нескольких представлений к единой структурной модели объекта [175], рефлексия познавательной (и иной) деятельности, распредметизация и др., системное описание деятельности и её

Рис. 3.1

образованностей.

Весьма общо, глобально, для любых образовательных систем можно выделить только два взаимосвязанных и взаимодополняющих аспекта (формы) существования – в культуре (культурных нормах) и в практической деятельности (в социуме). И в рамках дидактической парадигмы в форме «Содержание – Процессы – Организация» (рис. 3.1) не случайно это находит обобщение в категориальном понятии универсума деятельности, по объему уравниваемого с культурой или «опытом рода». Это отношение «живет», представлено в логике: нормы культуры тиражируются и транслируются в социум (любые системы), там они «потребляются» в деятельности, но при этом могут трансформироваться, а в итоге могут поставляться через тот или иной механизм в культуру, где приобретают культурную (обобщенную) форму. Данный механизм расширенного воспроизводства

деятельности в жизни бесконечно повторяется. В школе важны оба пути трансляции «опыта рода»: через человека (учителя, ученика и т.п.) в коммуникации, через знаки, т.е. освоение опыта через освоение знаний. В последнем случае возникает трудная методологическая проблема формы и содержания знаков. В обучении физике это, например, форма уравнений законов, отнесение их к модели объекта или явления, интерпретация и др.

Итак, индивид находится в социуме, который интерпретируется как реальность. Изменения человека (любой образовательной, заметим, открытой системы) в рамках этой модели имеют два внешних (материальных) источника: усвоение культурных норм и практику жизнедеятельности (активность). И то, и другое существует по содержанию и форме в деятельности. Известный психолого-педагогический механизм этого процесса (по Л.С. Выготскому) представлен на схеме: происходит «выращивание» форм процессов внутри на основе внешних (исторических) форм, конечно с соответствующим содержанием (рис. 3.2).

Одной из острых и актуальных проблем теории и практики

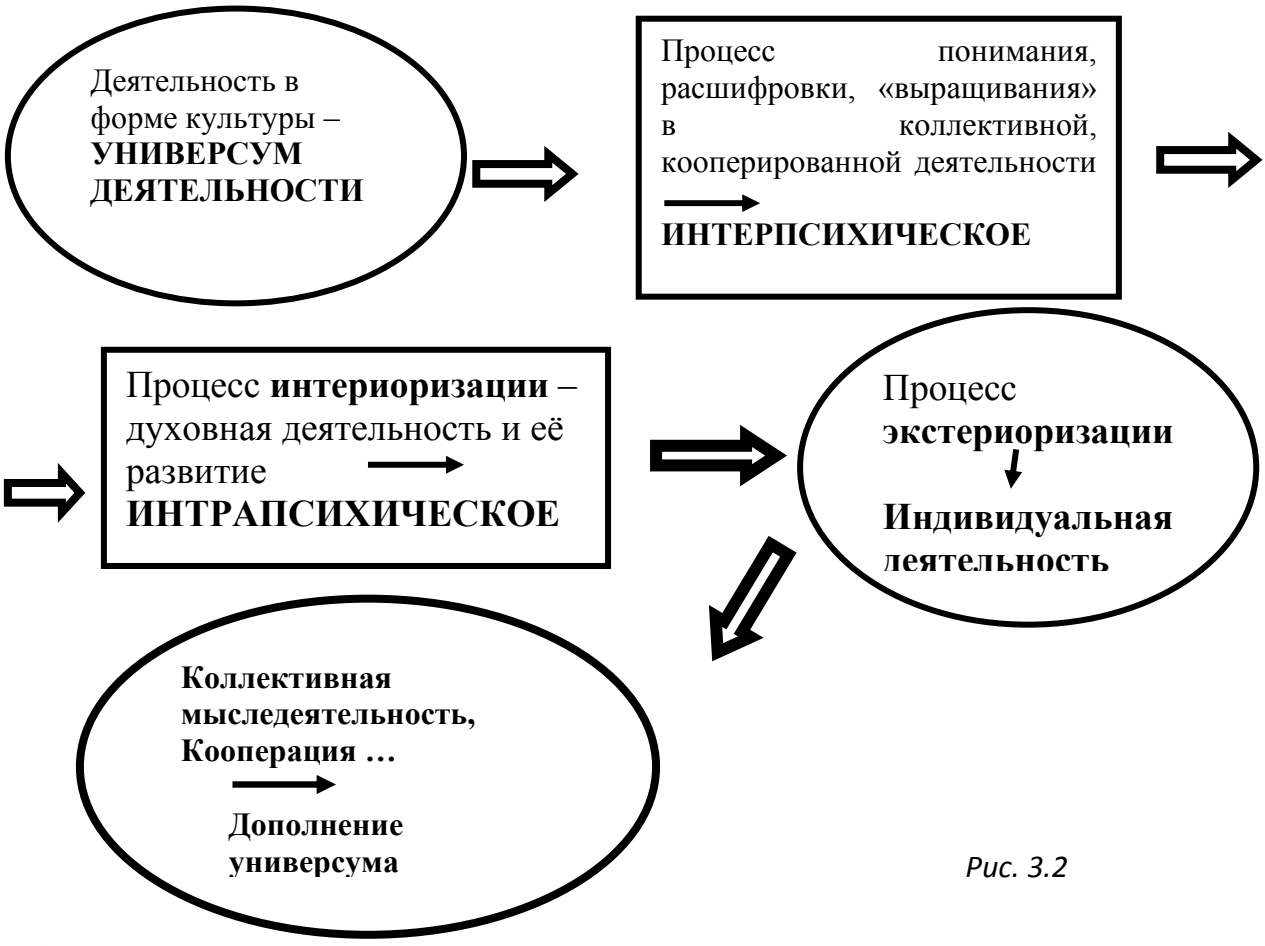


Рис. 3.2

обучения физике является широко распространенное построение норм усвоения по результатам деятельности (т.е. статических знаний), а не как надо – по образцам деятельности (Г.П. Щедровицкий, 2005, с. 537; В.Г. Разумовский, 2007, с. 50 и др.). Уже сейчас четко осознано, что при построении учебных текстов (а главное, при построении

учебного процесса) надо ориентироваться на освоение образцов деятельности и только в связи с этим на знания. Пока, не смотря на разнообразные и многочисленные декларации, в реальности этого мало. Методология дает твердую установку: по продуктам (в нашем случае статичным знаниям) деятельность не восстанавливается, и, таким образом, в должном качестве не транслируется.* Отсюда, во-первых, при построении учебных текстов должны быть найдены возможности задания образцов деятельности, во-вторых, ключевое знание приобретает организация деятельности, т.е. сам учебный процесс становится ключевым элементом (через метод) содержания. Фактор учителя резко возрастает не только в плане организации частного процесса или передачи знаний, но и глобально – как необходимого элемента трансляции опыта деятельности. Вышесказанное является **методологической нормой**, без которой невозможно продуктивное современное теоретическое описание и проектирование учебного процесса.

Учебная деятельность. Теоретическое отношение к педагогической действительности базируется на овладении теоретическими понятиями. При этом существенно представление о теории как о развитом понятии (В.С. Библер и др.). Выбор фундаментального понятия имеет принципиальное значение для развитии теории определенного круга явлений. Для методики обучения физике одним из ключевых понятий, «клеточкой» учебного познания, является понятие учебной деятельности (В.В. Давыдов). Для активного использования понятия надо «проверить» его возможности для систематизации знаний, для установления связей между понятиями, т.е. для объяснения учебного процесса. В практическом отношении речь идет о создании технологий обучения на соответствующей теоретической основе. Учебную деятельность в первом приближении представляют в виде двух разных, но взаимосвязанных деятельностей: предметной деятельности и деятельности учения [37].

Понятие деятельности – одно из самых фундаментальных в психологии и педагогике; оно ядерное для деятельностной парадигмы. В нем выражены (зафиксированы) существенные стороны процесса «присвоения» человеком социального опыта. В этом процессе, составной частью которого является обучение, происходит воспитание и развитие ученика, деятельность – это некое взаимодействие человека с объектами действительности, природными и социальными. По структуре деятельность включает в себя мотивы, задачи, средства их решения, действия. **Действия** представляют собой процессы, подчиненные сознательным целям. Состав действия: объект действия – цель и мотив – ориентировочная основа действия – совокупность операций (А.Н. Леонтьев [56]).

Учебная деятельность – это не любая деятельность учащихся, связанная с обучением, это целенаправленная деятельность. В ней цели обучения и воспитания становятся личными целями ученика. Сознательность учения предполагает, с одной стороны, выполнение детьми соответствующих предметных действий с учебным материалом, с другой стороны, превращение усваиваемого

* «Поэтому я бы мог сказать так: у нас практически вся литература, сейчас выходящая, некультурна. Вместо фиксации образцов деятельности, она фиксирует продукты, которые не дают возможности восстанавливать деятельность. И в этом смысле они не транслятивны» [176, с.537 и др.]

материала в прямую цель этих действий. В тех случаях (нередких!), когда учение удовлетворяет какую-либо другую потребность (престиж, подготовка к профессии), оно не является учебной деятельностью [26].

В настоящее время в методике физики рамках учебной деятельности перспективно **выделять деятельность учения и деятельность, усваиваемую в учении** (И.И. Ильясов, 1986). Первую можно назвать деятельностью субъекта по самоизменению; вторую называют предметной. Перспективность особого рассмотрения деятельности учения во все большем внимании самообразованию. Учебная самодеятельность приобретает черты неотчужденной деятельности, в которой выбор, свобода, рефлексия, воля имеют немаловажное значение. Для субъекта содержание деятельности учения может выступать в качестве ориентировки.

Предметная деятельность носит активный характер. Психологи утверждают, что, не воздействуя на объект и не преобразуя его, субъект не сможет понять его природу и останется на уровне простых описаний. Отсюда словесное задание знания не меняет по существу процесса усвоения, не меняет мышление школьника. Ученик может «получить» знание (понятие) лишь в результате собственной деятельности, направленной не на слова, а на предметы, понятие о которых мы хотим у него сформировать.

Выделение деятельности учения, деятельности преподавания и предметной деятельности преследует цели анализа, в действительности есть единая коллективная деятельность; в этом проявляется единство учения и преподавания. В большинстве методических рекомендаций описание преподавания выступает на первый план, учение остается в контексте или выражается через предметную деятельность. «Катализатором» единства учебной деятельности и деятельности преподавания является совместная предметно-преобразующая деятельность, хотя роли в ней учитель и ученик играют разные. Содержание образования, с одной стороны, выступает в качестве предмета работы для учителя с целью его «приготовления» для усвоения, с другой стороны, для ученика выступает в качестве предмета преобразования при усвоении. Осознание адекватности деятельности позволяет выбирать более экономные процедуры организации учения. Не случайно элементы конспектов уроков трансформировались в опорные конспекты для школьников и т.п.

По нашему мнению, удельный вес составляющих учебной деятельности определяет меру нормативной или творческой деятельности. В самом деле, доминирование деятельности учения в учебной деятельности обозначает возрастание самодеятельности; не случайно в практическом плане это связывается с задачей формирования умений учиться. В этом случае деятельность учения «подчиняет» предметную деятельность своей логике (целям, процессам). В рамках изучаемой физической теории этапы функционирования понятия могут быть определены так:

мотивационно-ориентировочный, исполнительный, контрольно-корректировочный [47, с. 55]. В нормативном плане при конструирования урока в организации учебной деятельности можно выделить этапы: создание мотива; учебная задача; учебное действие; контроль и оценка; действия корректировки, систематизация изученного. Назовем и основные виды учебных действий: предметно-практические; наблюдение, восприятие устных и письменных сообщений; устное и письменное изложение материала; построение гипотез; работа по поиску информации; анализ физических явлений; обобщение знаний; действия запоминания (повторение, выделение главного, конспектирование, составление плана…); постановка опыта; моделирование. Выполнение действий приводит к освоению или формированию умений – важнейшей задаче обучения физике.

Для учебной деятельности характерной является направленность школьников на овладение способами действий. Именно на этом этапе возникают многочисленные трудности. Общие рекомендации психологов таковы: «…если содержание обучения строится не как готовое знание, а как система задач для учащихся, если ученики подводятся к самостоятельному обнаружению теоретических положений курса, если у них отрабатывается учебная деятельность в единстве её компонентов, то у школьников складывается внутренняя, достаточно устойчивая, обобщенная мотивация к учению» (Маркова А.К. Формирование мотивации в школьном возрасте. М.,1983. С. 46). Таким образом, мотивы определяют характер самой деятельности, но и деятельность формирует мотивы.

В настоящее время стало очевидно, что реализация деятельностной парадигмы идет труднее, чем декларировалось. Даже на самом общем уровне представления педагогики, психологии, методологии, методики трудно согласуются. А на уровне пользователей не получается развертывания открытой (!) образовательной системы от «абстрактного к конкретному».

Какие же проблемы методики обучения физике мы можем и должны решать, рассматривая их через призму учебной деятельности? Обозначим их.

1. Психологи и дидакты настаивают: содержание учебных предметов необходимо разрабатывать в соответствии с особенностями и структурой учебной деятельности (В.В. Давыдов и др.). С таким подходом связывается передача при обучении физики современного мышления. В методике признана роль теоретических обобщений для построения школьного курса физики, причем теоретические обобщения подчиняют своей логике и эмпирический материал. Именно на этой основе реализуется **генерализация** знаний: изучаются фундаментальные понятия «материальная точка» и «взаимодействие», рассматривается взаимодействие при измерении, широко применяется энергетическое описание взаимодействия,

усваивается логика познания явлений «факты – модель – следствия – эксперимент» и др.

В целом эти установки уже давно известны, но на практике (в том числе через содержание предмета) реализованы слабо. И для среднесрочной перспективы особого оптимизма нет.

2. Структура и содержание учебного предмета – необходимое условие для формирования учебной деятельности; достаточное – организация процесса. Автоматически это не происходит, теоретическое знания может усваиваться искаженно как эмпирическое. Отсюда решения: комплексное планирование задач урока; организация учебного познания «от абстрактного к конкретному»; моделирование; решение задач по плану «*анализ явления – план или идея решения – решение – анализ решения*»; разные ориентировки деятельности. Н.Г. Салмина пишет: «…для того, чтобы существенные отношения, подлежащие усвоению, были включены в ориентировку учащихся, нужно было чтобы эта ориентировка не только прошла через их собственные действия, но и была зафиксирована схематизированными средствами» [128, с. 58]. В методике обучения физике давно известно значение удачно выполненных схем, рисунков, таблиц и т.п. И схематизмы (модели!) должны получить статус обязательных норм.

Взгляд через организацию учебной деятельности на преподавание позволяет увидеть и осознать новые решения: место моделей и моделирования, место коллективной деятельности и самодеятельности, приемы формирования умственных действий, роль предметно-преобразующей деятельности экспериментирования над физической природой и физическим знанием.

Но в среде преподавателей освоение этой культуры идет медленно. Похоже, что нет организационных механизмов или они не востребованы. Фактически проблема, осмысленная на предыдущем этапе развития научной рациональности, только обостряется сейчас. И требует социальной воли для решения.

3.2. Моделирование как фундаментальная учебная деятельность*

Введение о научной проблеме. Реальность в деятельности людей выше любого описания. И идея материализма за тысячелетия

* Публикации: Модели и моделирование в методике обучения физике: логико-методологические поиски: монография. Киров: Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. 216 с. Разумовский В.Г., Сауров Ю.А., Синенко В.Я. Деятельность моделирования как фундаментальная учебная деятельность // Сибирский учитель. 2013. № 3. С. 5–16. Сауров Ю.А., Коханов К.А. Экспериментирование и моделирование как коллективная познавательная деятельность // Вестник ВятГГУ. 2014. № 5. С. 130–135.

доказала свою продуктивность. Но не всё так просто: реальность людей (помимо веры в идею) задается описаниями. Реальность современного человека существенно шире и глубже чем реальность человека столетней давности, тем более времени пирамид. И так будет всегда в мире людей.

Чем лучше (точнее, полнее и т.д.) мы опишем образовательную реальность сегодня, тем вернее (продуктивнее, точнее и т.д.) мы построим реальность завтрашнего дня. Соблазн слукавить – это прямой вред будущему, незнание реальности (правды, истины) – это обычно отсутствие метода познания, отсутствие цели, отсутствие развития и т.д. А в итоге – всегда деградация.

И не случайно ФГОС, а за ним программы и учебники нового поколения (В.Г. Разумовский и В.А. Орлов и др., 2009–2011) существенно шире и глубже, содержательно и процессуально, задают, хотя «по гамбурскому счету» только обозначают, деятельность с моделями. Хотя процесс внедрения новых решений идет медленно, пока в распространенных источниках-ресурсах обучения физике (учебниках, методиках…) редко встречается само понятие модель, в массовой практике обучения физике слабо осознаётся и не эффективно используется дидактически мощный потенциал моделирования. А массовая практика, обычно, требует широких технологических решений. Отсюда и актуальность нашей проблемы. Для её решения требуется длительная комплексная деятельность. Ниже фактически задается её рамка.

Теоретическое основание моделирования как учебной деятельности. Величие образовательной деятельности (отсюда и деятельности моделирования) в том, что без неё не может быть человека! И существенно для обучения физике то, что сначала маленький человек встречается с объектами культуры, с понятиями, и только потом медленно в ходе деятельности (особенно, если повезет с Учителем!) наполняет их содержанием. Так духовная жизнь любого человека идет в форме движения понятий «от абстрактного к конкретному». И если это методологически так, то и практически так для ученика, учителя, методиста…

Как сделать теоретическое описание моделирования системным? Ниже, отчасти в повторении и развитии, выделим основные элементы, необходимые для построения этой учебной деятельности.

О значении моделей в образовании. В настоящее время в науке принципиально осознана роль моделей в познании и преобразовании человеческого мира – модели предназначены для того, чтобы с их помощью можно было получить знания о прошлом, настоящем и будущем. Модели заняли прочное и равноправное место в системах научных знаний, более того – вообще в жизни людей. Их уже нельзя рассматривать как некий подсобный материал; такая ситуация сложилась и в обучении. В разных областях знания

выполнено большое количество работ о моделях (В.С. Степин, В.А. Штофф и др.). В частности, В.А. Штофф давно утверждал о том, что модель соединяет в научном познании чувственное и логическое, конкретное и абстрактное, наглядное и не наглядное (1966, с. 290). Получается, что модель, во-первых, необходимый элемент (этап) познания, во-вторых, инструментальное средство познания. Только с ним или с его помощью можно сейчас познавать окружающий мир.

Хотя о физических моделях в методике физики написано немало (В.Г. Разумовский, В.В. Мултановский, Ю.А. Коварский, Н.А. Солодухин и др.), но все же во многом фрагментарно и эпизодически. Проблем их использования осталось много. А мы убеждены, что на этапе постнеклассического развития физического образования освоение моделирования – фундаментальный и, что немаловажно, доступный ресурс.

Особая и специальная проблема – построение и использование ***методических моделей***. Методические модели физического образования строятся (выбираются, достраиваются) на основе моделей, введенных в педагогике, психологии, дидактике, методологии и некоторых других науках о человеке. Они задают некий первый эшелон наиболее общих моделей. На этом уровне можно (и следует) найти много моделей, выбор и интерпретация которых диктуется целью рассмотрения, получаемым эффектом. Если эффект использования модели мал или его нет, то модель заменяется или достраивается. Это типичная познавательная процедура, и замены ей пока нет. В образования, в частности в обучении физике, существует довольно болезненная проблема возможно быстрого определения адекватности модели. Обычно препятствующую роль играют вненаучные аргументы (личный интерес, консерватизм).

Дидактика физики, несомненно, должна ориентироваться на построение и использование разных моделей: а) моделей, отражающих причинно-следственные или функциональные связи в результате экспериментального дидактического исследования; б) теоретических дидактических моделей педагогических систем и образовательных процессов (реальности); в) учебных моделей физических процессов и явлений (результат адаптации моделей из физики, конструирование собственно методических моделей, например, особых графиков и рисунков); г) описания норм деятельности на разных языках и с разными целями, что можно интерпретировать как модельные образования. В принципе вопрос стоит о построении методики как науки моделей.

В рамках востребованной сейчас деятельностной парадигмы в образовании все модели (и методические, и физические!) – это модели деятельности. Как ввести эти модели для эффективного использования – центральная проблема.

Об определении модели. Классическим является определение: «Модель – искусственно созданный объект в виде схемы, чертежа, логико-математических знаковых формул, физической конструкции и т.п., который, будучи аналогичен (подобен, сходен) исследуемому объекту (...), отображает и воспроизводит в более простом, уменьшенном виде структуру, свойства, взаимосвязи и отношения между элементами исследуемого объекта...» (Кондаков Н. И. Логический словарь-справочник. М.: Наука, 1976. С. 361). По сути, моделью является объект, который используется в функции модели. Отсюда моделью данного объекта

может быть любой другой объект, если мы сможем его успешно использовать в этой функции*. Так с самого начала создаются условия для творчества при моделировании.

Очевидно, что физическая модель сильно ограничивает представление о том или ином объекте природы. Для обучения физике важны следующие позиции: модель – это некая форма теоретической схемы, т.е. абстрактных объектов; а «особенность теоретических схем состоит в том, что они являются идеализированной моделью изучаемых в теории взаимодействий» (В.С. Степин, 2000, с. 138, 178). И здесь мы напомним как пример концепцию взаимодействий профессора В.В. Мултановского (1977).

Классификация моделей как их некая первичная характеристика возможна по нескольким основаниям: а) рассматриваемым объектам или системам – искусственные, естественные, смешанные; б) содержанию или отрасли знаний – технические, физические, математические, социологические и др.; в) цели – фундаментальные и прикладные (учебные и др.), средства познания и образ действительности, понимание известного и конструирование нового, г) способу задания – материальные и идеальные, статические и динамические, компьютерные и некомпьютерные (бумажные, звуковые носители).

Обратим внимание на общие **принципы построения (выбора) моделей**, причем выделим наиболее технологичные из них.

- Модель по определению изоморфна объекту или явлению; её структура, содержание и форма предполагают возможность проводить с ней исследования, изучать её свойства, связывать их с оригиналом и строить теорию.
- Для построения (выбора) новых моделей существенное значение имеет используемая научная картина реальности, например, ФКМ, как некая общая ориентировка познавательной деятельности.
- Для построения моделей необходимо предварительно иметь (отобрать) онтологическую схему (в какой-то форме задать реальность); модель отражает какие-то стороны схемы-реальности; сложная реальность (если мы её так можем видеть), задаваемая онтологическими схемами, при описании требует системы моделей, иерархии языков.

О дидактических функциях моделей в обучении. Для практика важно знать следующие функции моделей: наглядного представления, механизма явления, языка описания, представления объекта в некой знаковой форме. Дополним эти представления расшифровкой их познавательных функций через **метод познания**:

- Онтологическое представление объекта как этапа познания реальности (как исторически данную реальность); представление объекта как системы моделей (предметов).
- Системное представление знаний об объекте; интеграция представлений об объекте.
- Задание метода видения реальности, процедур получения знаний и др. Например, в настоящее время наиболее доступную и эффективную реализацию моделирования в рамках освоение метода научного познания мы видим в использовании циклической схемы «факты – гипотеза, модель – следствия – эксперимент» при организации познавательной деятельности школьников.

* Н.Н. Моисеев писал: «Человек в силу своей биологической природы способен мыслить только упрощенными схемами..., которые мы называем моделями» [75, с. 463].

- Систематизация знаний; модель актуально представляет логические связи, которые позволяют упорядочить знания; это и проявляется при выведении знаний.
- Объяснение механизма (природы) объектов или явлений; в учебном познании модель обеспечивает связность, гибкость, лаконичность, динамичность научного знания.
- К особенностям функционирования моделей следует отнести: а) использование разных моделей при познании объекта, б) суперпозицию моделей при познании (складываются, противоречат и т. п.), в) свои границы применимости, отсутствие ограничений на построение все новых моделей, г) совершенствование (усложнение, углубление, упрощение и др.) моделей в ходе исторического познания и индивидуального обучения*.

О структуре учебной деятельности моделирования. Во-первых, по-видимому, любая учебная деятельность имеет общую структуру как внешнее свойство (и ориентировка) деятельности. В.В. Давыдов выделял потребности, мотивы, задачи, средства решения задач, действия и операции [26, с.27–28]. Другие авторы (например, И.И. Ильясов, Н.Г. Салмина) выделяют иные структурные элементы деятельности. И надо ли во всех случаях иметь одинаковую структуру? В итоге ясности об общей структуре деятельности моделирования для методики пока недостаточно. Во-вторых, не совсем понятно, надо ли и как в структуре задать сущностную черту моделирования – замещение. На предметном содержании это первый шаг, второй – выяснение, присвоение свойств-черт модели, третий – использование модели вплоть до границ применимости. В-третьих, несомненно, если брать моделирование как ведущую учебную деятельность в предметном поле методики физики, то надо учитывать её выражение через сложную структуру учебных процессов. В целом отношение моделирования и фундаментальных познавательных процессов – восприятия, понимания, мышления, рефлексии, коммуникации – в деталях пока представлено плохо. Что здесь ведущее, а что – ведомое.

Отношение модели и чувственного образа. Чувственный образ – субъективное образование, в котором фиксируется в большей степени внешняя форма; он более динамичен, труднее передаваем в трансляции; чувственный образ богаче модели, но суть вещей в нем. Хотя и есть, но не вскрыта и в знаках не зафиксирована.

Повторим, что при познании явлений, в том числе и при построении моделей, нет простого созерцания. Уже признана роль внешних и внутренних ориентировок деятельности (фильтров по В.В. Налимову) для формирования образа реальности [5,24,41,44–48,60,65–66,78,83–84,108,111,119,138,144,161,165,171]. Устойчивость (инвариантность) образов реальности, их можно интерпретировать как онтологические картины, обеспечивается моделями.

---

* Отдельного разговора требует использование математических моделей в обучении физике (см., например, интересные книги Ю.И. Неймарка «Математические модели естествознания и техники. Н. Новгород: Изд-во НГУ, 1994, 1996, 1997»)

Использование моделей и функционирование системы понятий. Невозможно определить место моделей без уяснения отношения между этим понятием и другими категориальными для методики обучения физике понятиями. В целом именно в такой форме выясняется (задается) структура деятельности моделирования.

По-видимому, следует признать, что модель как понятие стоит в ряду других фундаментальных физических понятий – материя, вещество и поле, движение, объект, система, взаимодействие... Например, важным является отношение к системе как к модели и задание взаимодействия через модель взаимодействия в разных физических теориях (в механике – дальнодействие, в электродинамике – полевое близкодействие, в квантовой физике – обменный квантово-релятивистский механизм). Отсюда место моделей в содержании физического образования должно быть явно и нормативно выделено.

Процессуально, конечно, важен приоритет деятельности моделирования как учебной деятельности. Внешне, под углом зрения управления, эта учебная деятельность захватывает (использует) все содержательные представления о физических (и методических) моделях.

Следствия – методическая деятельность по освоению моделирования.

Вопросы содержания. На первом этапе освоения моделирования необходимо накопление и освоение знаний о моделях из различных источников. На втором этапе субъект принимает целевые и ценностные установки, например, научное творчество как социальную норму продуктивно не освоить без ведущей деятельности моделирования. На третьем этапе основные усилия направлены на разработку (присвоение) конкретных методических решений. В организованной кооперированной деятельности методистов, учителей, школьников в рамках сравнительно короткого времени освоение моделирования может дать социальный эффект, а в определенных обстоятельствах – революционный социальный эффект. Вот почему оправданна настойчивость построения целевой программы освоения моделирования.

Моделирование дает нам возможность смелее перейти от эмпирических фактов в мир теоретических фактов (понятий), а экспериментирование обеспечивает обратный переход. И в том, и в другом случаях связка «реальный объект – идеальный объект» принципиальна и должна быть освоена в обучении.

Итак, в обучении воспроизводится (но сначала задается в форме содержания) в широком смысле опыт деятельности, в том числе в форме присвоения знаний. В коммуникации (в обучении), при трансляции «опыта рода» очевидно, что первично мы имеем дело с понятиями. Но задают (обозначают) они принципиально разные миры. Первый мир – это реальность, представленная особенно явно и хорошо в физике физическими объектами и явлениями. Второй мир – это мир характеристик, средств описания, моделей, предметов и других идеальных образований. Этот теоретический мир в принципе и

в итоге описывает, задает, представляет некий объективный (реальный) мир.

Важно понять, что в обучении историческое познание свернуто в следующее логическое отношение: сначала задается объект (явление), затем – предметы (средства описания). Причем в содержании, например, физического образования с самого начала (на уровне учебного предмета в целом, темы, вопроса) задается реальность в виде объектов и явлений. И только потом идет мир предметов. Итак, в стратегической логике обучения в специфически снятом виде (обратный логический ход) фиксируется «чистая» логика исторического познания. Но в практике любой живой деятельности (познавательной, проектной, управленческой…) сначала мы имеем из культуры предметные представления, идеальные по своей природе, и ограниченные культурой и социумом. Мы на них опираемся, используем как первичные «факты» и т. п. Объекты, которые задаются понятиями культуры, мы отождествляем с реальностью. И только тогда, когда возникают проблемы в деятельности с этими предметами-объектами, мы задаемся проблемой реальности, вновь строим в онтологизации объекты, явления, что-то… Здесь и фиксируется открытие, объективно, в историческом смысле. Подчеркнем, что это всегда открытие в культуре (теоретическом мире). И отсюда взаимосвязано – в природе. Оно жестко связано с деятельностью, ею порождается. Первичность и активность этого процесса в человеческом обществе не вызывает сомнений. Весьма существенно, что эти процессы, выраженные логикой конструирования от предметов до объектов, широко распространены и в техническом творчестве.

Как в нормах содержания образования заложено отношение к моделям, так в реальном учебном процессе в массовой школе это и формируется, и диагностируется. Обратимся к нескольким первоочередным проблемам **содержания** [138].

Наверное, надо уже понять, договориться и принять, что школьники при обучении физике сначала сталкиваются с понятиями, а ***понятия играют разные роли в познании и несут разные функции в обучении***.

*Повторим, первая группа – это понятия, которые задают (обозначают) физическую реальность***.** Это категориальные понятия, такие, как пространство и время, материя, вещество, поле, физический объект (тело, газ, жидкость, молекула, атом, элементарная частица и др.), взаимодействие и др. Но при всем при том в обучении трудно согласиться с утверждением, что «в механике пространство и время являются средствами описания движения, изобретенными человеком…» (из учебника). Зачем уравнивать пространство-время и систему отсчета (средство описания)? В действующих учебниках не совсем невнятно (прямо) выделяют реальность; а это только физические объекты и явления (движение), плюс пространство-время как их арена. Но надо ли, например, сначала «физическое тело» относить к моделям, а затем далее говорить о телах, подразумевая за ними реальность (из учебника)? В целом отношение к познанию удручает: «В основе познания лежит восприятие мира человеком с помощью

органов чувств...» (один учебник); «жизненный опыт оказывается недостаточным при изучении явлений» (другой учебник).

Вторая группа физических понятий обозначает и задаёт модели объектов и явлений. Не всегда мы осознаём, что в природе нет однородного электрического поля, что кристаллическая решётка – модель, что идеальным газом дышать нельзя – его нет.

Третья группа понятий задаёт уровень количественного познания, что выражается в определении большого числа физических величин. По своей основной функции в познании – это характеристики свойств, т. е. выразители свойств объектов и явлений физического мира на языке понятий (абстракций как результатов мышления). Физические величины, несомненно, по природе – модельные образования. В материальной реальности, очевидно, их нет.

Следующим за понятиями уровнем обобщения считают законы. В большинстве случаев в физике они принимают математическое выражение в форме уравнений. Уравнение приобретает смысл закона при определенной интерпретации. При этом в любом случае надо учитывать смыслы физических величин. Например, есть уравнение Эйнштейна $h\nu = A + \frac{m\upsilon^2}{2}$. Но почему это уравнение, а не закон? Так в курсе физики эту формулу называют, но, к сожалению, именно это мешает пониманию её смысла. Проблема в том, что нечетко выделяется явление, т. е. реальность, нет обозначения этого явления. Отсюда уравнение, на практике хуже того – формула. А далее, решение задач на формулу, а не на описание явления законом. Надо понять, что это разные уровни мышления и мировоззрения. И первый – технический, ограниченный; а второй ведёт понимание и физическое мышление.

Методические трудности возникают на всех этапах конкретизации деятельности моделирования: определение статуса знания о модели, представление моделей объектов и явлений (знаковое, натурное...), виды моделей при обучении физике, замещение объекта моделью и работа с моделью, отнесение знаний, полученных на модели, к реальным объектам (и другое). Итак, главной задачей ближайшего будущего является *обеспечение функционирования норм моделирования по всем школьным учебным теориям* (и темам, и видам деятельности). Эти нормы должны быть сформулированы и отработаны по следующим направлениям: а) замещение объекта моделью; б) приемы работы с моделями и соответствующая деятельность; в) отнесение знаний, полученных на модели, к реальности (экспериментирование); г) разнообразие моделей в познании и обучении и границы их применимости.

В методике физики как науке теоретические исследования моделирования, несомненно, должны активизироваться. В этом залог успеха и практической деятельности учителей, и методистов. Нуждаются в разработке следующие проблемы: нормативные представления моделей основных физических явлений, языки выражения моделей объектов и явлений, процедуры деятельности с моделями при решении задач, постановке экспериментов, работе с учебником, обеспечение наглядности при работе с моделями и др. Отдельно в этом ряду стоит проблема открытия закономерностей.

Если обычное «видение» мира считать нормой, то любое научное открытие (закон) – это отклонение от нормы. Правда, потом, по мере привыкания или практики, оно тоже становится нормой, но научной нормой. Эта норма средствами культуры транслируется и через некоторое время в результате распространения и привыкания становится обычной нормой. А затем вновь возрождается проблема: новая практика фиксирует отклонения от нормы, приводит через открытие к новой норме и т.д. С точки зрения культуры закон – нормативное образование, с точки зрения целей и деятельности познания закон – отклонение от общепринятой нормы. Это отклонение можно зафиксировать только в дидактическом эксперименте, модельном по своей природе. В методике обучения физике эти фундаментальные методологические положения следует прямо учитывать. Хотя такой уровень видения все же только перспектива. Для открытых систем проблема их нормативного описания только усложняется.

Приведем примеры-следствия организации освоения деятельности моделирования.

Работа с учебными физическими задачами. Школьная учебная физическая задача, во-первых, – это образование методического мышления и деятельности, во-вторых, по функции – это средство, инструмент воспроизводства физического мышления и деятельности в условиях обучения (усвоение нормы), в-третьих, – это объект изучения и исследования. Отсюда и особенности отношения с задачей: переход от предметов условия к физическим объектам, от них к моделям, а в конце концов – вновь к физической реальности. Здесь на всех этапах четко видны взаимные переходы «знак – объекты природы», причем в ходе работы с задачей происходит изменение знаковых систем (переформулировка требования, изменение языка задания и др.). В этих отношениях и переходах и существует (выражается) мышление. Со знаками надо работать на доске и в тетради, с объектами – лучше экспериментировать, но можно их и изображать,

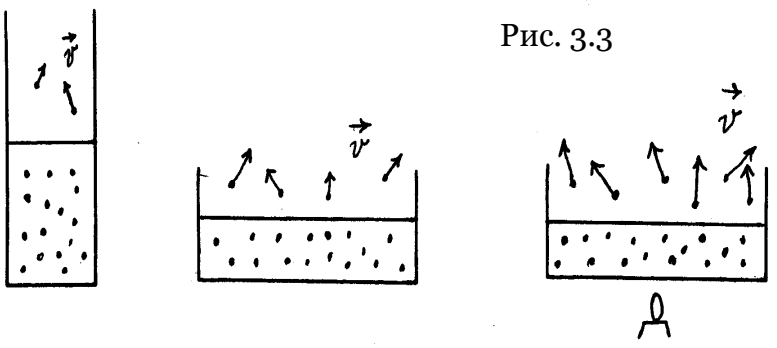


Рис. 3.3

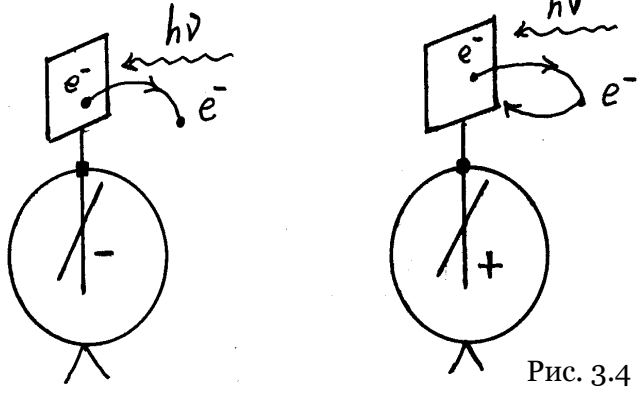


Рис. 3.4

понимая, что это обозначение реальности. Не случайно опытные учителя подчеркивают значение рисунка.

Учебные физические задачи в большинстве случаев сформулированы в рамках правил теории, фактически связаны и направлены на освоение знаний этой теории. Но необходимо, что принципиально, ставить и решать проблемы описания реальности. Именно тогда вскрывается модельность наших представлений, именно тогда формируются творческие умения находить (строить) нужные методы решения, понимать их ограниченность. Здесь громадный ресурс интереса к физическому познанию. Напомним, как интересны экспериментальные задачи! Общество физиков, методистов, учителей должно быть едино в усилии – ни урока без экспериментальной задачи! А это, в том числе, и умение «видеть» задачи вокруг себя.

Работа по объяснению физического явления. Современное понимание чего-либо без построения модели невозможно. И физика пронизана отношением «явление – модель».

Два простых примера по изучению явления испарения жидкости и явления фотоэффекта. Многолетний опыт преподавания убеждает, что просто поставить опыты, а тем более ограничиться определениями и формулой Эйнштейна – малопродуктивно. Нет необходимого понимания.

В первом случае используется молекулярно-кинетическая модель явления (рис. 3.3). При её изучении (теоретическом исследовании!) осваиваются необходимые знания: Как движутся частицы вещества (молекулы) в жидкости? Изменяется ли их движение при нагревании? Как они взаимодействуют между собой? Как меняется условие взаимодействия частиц, если стакан с жидкостью закрыть? Есть ли в этом случае явление испарения? Почему испарение зависит от площади испарения? Почему испарение зависит от нагревания жидкости?

Во втором случае используется микромодель явления внешнего фотоэффекта, она может быть задана несколькими схемами-рисунками (рис. 3.4) по экспериментальным сюжетам. Вопросы при изучении модели: Взаимодействие каких объектов приводит к явлению фотоэффекта? Почему не любой фотон может «выбить» электрон? Происходит ли фотоэффект при положительно заряженной цинковой пластике? Почему он не наблюдается в школьном опыте? Зависит ли интенсивность фотоэффекта от числа падающих фотонов?

В целом любые теоретические обобщения школьного курса физики невозможны без явного использования моделей. В учебнике физики нового поколения приведен пример рассмотрения современной физической картины мира как модели [116].

Итак, убеждаемся, что освоение деятельности моделирования – стратегическая задача обучения физике. В

разнообразии конкретных действий моделирования у школьников формируются современные системы понятий, они овладевают методом научного познания природы, способны понимать и познавать человеческий физический мир. И сейчас современна не столько сама идея, сколько практика деятельности. Пока в этом отношении мы в начале пути. В рамке постнеклассической парадигмы доминирует модельное отношение к миру, а открытая система может быть интерпретирована как более точная модель.

3.3. Экспериментирование как фундаментальная учебная деятельность*

Основание видения проблемы. В наше время в явном виде экспериментирование над идеальными и материальными объектами стало характерной чертой познания. Несомненно, это сущностная черта постнеклассической методики физики. И не случайно наш поиск направлен на решение фундаментальной проблемы естественнонаучного образования – разработки знаниевых и процессуальных средств для реализации дидактического потенциала современного экспериментального метода научного познания во всех видах и формах учебной деятельности школьников. Основополагающей идеей при формировании и исследовании разных аспектов школьного учебного физического эксперимента выбирается рассмотрение экспериментирования как фундаментальной и ведущей учебной деятельности. Именно под таким углом зрения глубже всего выясняются смыслы, цели и ценности этого известного ресурса методики обучения физике. И выстраивается теоретическая система соответствующих понятийных представлений.

Идейным фундаментом для построения теории деятельности экспериментирования является опыт методических поисков классиков методики физики (Л.И. Анциферов, В.А. Буров, О.Ф. Кабардин, С.А. Хорошавин, Н.М. Шахмаев, В.Ф. Шилов и др.). Среди современников, прежде всего, выделим вклад В.Г. Разумовского, сначала в раскрытии фундаментальной роли эксперимента для организации творческой деятельности школьников, затем при освоении научного метода познания, формирования

* Публикации: Сорокин А.П., Сауров Ю.А. Решение экспериментальных задач в соответствии с научным методом познания // Сибирский учитель. 2017. № 3. С. 40–42. Майер В.В., Сауров Ю.А. Экспериментирующее мышление в методике обучения физике // Физика в школе. 2018. – № 7. С. 3–11. Майер В.В., Сауров Ю.А.Экспериментирование как методическая деятельность в обучении физике // Физическое образование в вузах. 2018. Т. 24. № 2. С. 5–18. О предметной деятельности при экспериментировании // Проблемы учебного физического эксперимента. Вып. 29. М.: ИСРО РАО, 2019. С. 3–5.

естественнонаучной грамотности [117,120–121]. До сих пор не потеряли актуальность исследования Т.Н. Шамало в определении значения понятий и понятийного мышления при использовании в обучении физике экспериментов [166]. Активно разрабатываются методики экспериментирования в Нижнем Новгороде (И.В. Гребенев и др.). Около полувека усилия В.В. Майера нацелены на выделение и конструирование естественно-искусственных объектов (объектов ноосферы) экспериментирования, в конкретизации процедур проведения многочисленных экспериментов [59–63,119,114–117]. По значимости это фактически подвижническая миссия в методике обучения физике.

Основным средством-методом при проведении наших поисков выбран методологический анализ реальностей теории и практики, он дополняется эмпирическим изучением процессов обучения физике, теоретическим конструированием понятий и представлений методики физики.

Методология экспериментирования может быть представлена разными уровнями видения: мега аспекты экспериментирования (язык, мир природы, социум, деятельность), макро (онтология и гносеология экспериментирования), микро (смыслы и содержание экспериментальной деятельности). В целом взгляд на содержание и процессы обучения через призму экспериментирования в состоянии модернизировать категориальную систему понятий дидактики физики [131]. О социальной значимости этой миссии хорошо писал Г.П. Щедровицкий.*

При проведении исследования мы учитывали, что с точки зрения методологии, в первом приближении, эмпирическое (опытное) исследование – это согласование знаний и фактов, экспериментальное – это согласование онтологической схемы (картины мира) и реальности, теоретическое исследование – это проверка модели относительно онтологии. Каково же развертывание и согласование этих представлений в отношении образовательной практики – актуальное дело обучения физике.

Методология деятельности (в частности, познавательной деятельности) – адекватный инструмент определения, понимания образовательных ресурсов школьного учебного физического эксперимента. Методология даёт возможность видения

* «Исследование наряду с другими деятельностями направлено на создание аппарата понятий, который бы обеспечивал правильное представление мира, необходимое для практической деятельности… И тот, кто развивает и трансформирует понятия – та страна, тот народ, то государство, – тот и выигрывает историческое соревнование… Для того чтобы иметь возможность познавать объект, чтобы иметь соответствующую способность, надо не объекты познавать, а формировать эту способность» (Психология и методология. Т.2. Вып. 1. М.: Путь, 2004. С. 186–187).

дидактической системы «учебный физический эксперимент» в единстве объектов (предметов) и их возможных видов, целей, ценностей, функций, методов, приемов и др. И здесь открывается потенциал развития аппарата самой науки «Методики обучения физике» с учётом истории научной и образовательной деятельности. Именно методология в первую очередь позволяет задать учебный физический эксперимент как деятельность, с одной стороны, в единстве учебной деятельности и деятельности преподавания (И.И. Ильясов, Ю.А. Сауров, К.А. Коханов и др.), с другой стороны, через фундаментальные единицы (стороны) деятельности – понимания, рефлексии, мышления, коммуникации, предметной деятельности. Последний подход позволяет использовать междисциплинарные отношения разных областей деятельности физики, философии, психологии, дидактики (П.Л. Капица, А. Эйнштейн, А.В. Зиновьев, В.С. Стёпин, В.А. Лекторский, К. Поппер, В.В. Давыдов, В.П. Зинченко, В.В. Краевский и др.). Так закладывается обоснование экспериментирования как фундаментальной и ведущей учебной деятельности. И в целом это новый уровень отношения к учебному физическому эксперименту.

Для методики физики ориентир методологии на конструирование новой реальности под гипотезу – плодотворный принцип. И мы его используем.

Конкретизируем постановку научно-методической проблемы построения и формирования экспериментирования в методике физики и физическом образовании. Во-первых, важно зафиксировать некоторые проблемы реальности экспериментирования в науке и практике обучения, хотя делать это надо постоянно для понимания вектора движения. Во-вторых, на основе ресурсов методологии деятельности и достижений дидактики и психологии учебной деятельности важно сформулировать позитивную программу-гипотезу как для методических исследований, так и для практики совершенствования учения.

Мы считаем, что наступило время, когда для будущего надо принять программу экспериментирования не просто как метода или средства обучения, даже не просто как элемента содержания, но как ведущей учебной деятельности. Со всеми последствиями изменения методики организации учения. Очевидно, что по масштабу задач, трудностям теоретической и практической деятельности – это *фундаментальная для методики физики программа*. Рамка поиска целей, ценностей, содержания этой программы и обозначается ниже.

Мотиваторами при постановке и решении сформулированной проблемы служили следующие представления и позиции:

- За эмпирическим материалом всегда стоит теория, отсюда все контексты использования эксперимента, рассмотрения реальности экспериментирования на основе обобщений. Итоговая цель – определить формат (матрицу) исследований методики экспериментирования...

• Одна из основных методологических проблем методики физики – предметно-объектные отношения. Причём в нашей «деятельностной» науке онтологически первичны предметы, а вторичны – объекты. Повторим, хотя по итогу познания в физике, как естественной науке, всё наоборот, но в процессе учебного познания всё равно первичны предметы. И деятельностная парадигма охватывает материальную. Отсюда уход от традиции узкого рассмотрения эксперимента как материального средства обучения, вида наглядности (и т.п.) к экспериментированию как деятельности и основному содержанию («опыту рода»). При этом идёт центрирование (и нормирование) целей на учение [78,118,119]. Что современно.

• Нормативные представления, на чём бы они ни были основаны, – это одно, а реальность практики обучения (жизни) – это другое. Их различение принципиально. Но без норм культуры (науки) нет человеческой реальности. Методологи (Э.В. Ильенков, Г.П. Щедровицкий [34–36,173–176]) даже считали, что идеальные объекты науки не менее реальны, чем эмпирические объекты… И в методической деятельности это всё больше учитывается. Вот почему так важно задание экспериментирования как деятельности, т.е. как реальности образования. Тогда дальше идёт различение этой реальности от описаний, от условий, от следствий. Отсюда и специализация в методической деятельности организации экспериментирования: конструирование новых экспериментов, техника постановки опытов, формирование физического мышления и мировоззрения при экспериментировании, мотивация деятельности экспериментирования школьников и учителей и многое другое.

Итак, исходные гипотетические ***идеи*** поисков обозначены нами так:

• Экспериментирование – *ведущая учебная деятельность*, определяющая в ходе учения основные новообразования в функционировании и развитии субъекта…

• Организация и уровень *практики экспериментирования* в обучении физике массовой школы *в сложном положении*: недальновидные цели социализации подавляют познавательные мотивы, в болезненном состоянии находится воспроизводство (и материальная база, и люди) экспериментирования в школе и вузе… Хотя внимание текущему «ремонту» полезно, но не перспективно: наше поколение должно обеспечить возрождение на новом фундаменте принципа экспериментирования (в широком смысле) эффективное и творческое учение.

• *Экспериментальное (экспериментирующее) мышление* – одна из самых высоких целей в обучении физике, которая во многом интегрирует все иные образовательные ресурсы (цели, процессы). Введение в научный оборот этой категории для построения соответствующих процедур учения – важнейшая часть нашей программы.

• Наверное, успешная методическая практика – вершина любой методики. Но экспериментирование – рукотворная деятельность, для его понимания и развертывания необходимо построение и исследование соответствующего идеального предмета (а затем и теории). *Построение представления о естественной (без*

влияний) форме экспериментирования, т.е. процесса самого по себе, процесса «родовой» (культурной) учебной деятельности, – ключевая задача дидактической науки. Это не эмпирический процесс (объект), это некая картина мира. Но по ней выделяется или строится реальность.

Для реализации идей-целей **в качестве инструмента** методологического анализа мы выбрали следующие обобщения:

- Чтобы понять, что такое *экспериментирование* надо приобщиться к: а) истории принципов эксперимента в познании, практикам деятельности, б) истории предметного экспериментирования в физике, в) истории деятельности и учебной деятельности, г) истории образования, в частности, построении «опыта рода», учения о методе и др.
- Существует *три предметных мира экспериментирования*: а) онтология экспериментирования, заданная знаниями-схемами о сущности и существовании; б) знания о нормах деятельности экспериментирования, т.е. в итоге методические проекты в форме принципов, характеристик, моделей, материала, ориентировок; в) знания и процедуры исследования реальности экспериментирования.
- *Главное в экспериментировании* – это работа со знанием в прямом смысле (моделями, гипотезой и др.) и опытом деятельности (объективно – опытом в материальном мире, субъективно – своим личным опытом) в форме единой предметно-преобразующей (эмпирической, коллективной...) деятельности.
- *Экспериментирование как деятельность* конструируется, объединяет в разных планах и разных аспектах мышление, коммуникацию, рефлексию, понимание, предметные действия. Экспериментирования без знакового мышления нет. И смысл экспериментирования а) в различении реальности и описаний («новых» знаний от «старых»), б) в экспериментировании с бытиём...
- *Экспериментирование как фундаментальная категория дидактики физики* связана в системе с видами объектов, схемами знаний и языка описания, операциями и процедурами...

Конструктивное доказательство эффективности этих тезисов-идей выражается в конкретизации системы теоретических представлений об экспериментировании. Это движение в своей целостности, на наш взгляд, важная черта постнеклассической реальности.

В теории учебной деятельности (В.В. Давыдов) и ставилась цель-программа развития школьников через присвоение норм культуры мышления. На материале физики, на языке теоретических обобщений, эту программу наполнил содержанием, подчёркивая стратегическое значение освоения в обучении мышления и миропонимания, В.В. Мултановский. И в целом учебная деятельность по индивидуальному освоению понятий аналогична по смыслам методологической деятельности образования понятий в онтологии исторического коллективного познания. В обучении любой опыт становится экспериментом тогда, когда в нём изменяется сам ученик, т. е. фактически происходит присвоение норм современного опыта теоретического отношения к миру. (Целенаправленное задание этих

норм сейчас, к сожалению, свёрнуто по сравнению с 80-ми годами XX века.) Эти новообразования и обеспечивают (представляют) развитие субъекта.

В ходе эмпирического исследования реальностей практики обучения физике были получены многочисленные **научно-методические факты**[*], которые убеждают в актуальности решения названной проблемы. В экспериментальных исследованиях практики обучения физике разными методиками почти постоянно фиксируются те или иные знания и умения школьников старших классов, связанные с учебным экспериментом. Для постановки научной проблемы мы выбрали характерные элементы знаний и умений, с освоением менее чем в 50 % случаев (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Освоение элементов знаний и умений экспериментирования школьниками

Элемент знаний и умений		Количество испытуемых	Процент верных ответов
1	Правильным ли является утверждение: скорость движения материальной точки изменяется в результате действия на неё Земли?	192	27
2	При экспериментальном исследовании вольтамперной характеристики никелиновой спирали наблюдалось отклонение от закона Ома в области больших токов. В связи с этим было выдвинуто две гипотезы: а) механические свойства спирали в опыте изменяются, б) электрическое сопротивление никелина растёт из-за нагревания спирали большим током. Какая гипотеза объясняет данное явление?	192	43
3	Для сжатия пружины на 3 см приложили силу 150 Н. Верно ли утверждение, что для растяжения пружины на 20 см. надо совершить работу в 100 Дж?	181	28
4	Ученик провёл опыты с двумя разными пружинами, измеряя силу упругости при разных деформациях. Результаты экспериментов приведены в таблице. Для какой пружины выполняется закон Гука?	181	30
5	Какая математическая модель правильно описывает действие магнитного поля на движущуюся заряженную частицу?	38	37
6	Колебания математического маятника можно считать гармоническими…	205	43

[*] Исследование процесса обучения физике: сб. науч. тр. / под ред. Ю.А. Саурова. – Киров: «Старая Вятка», 2010. Вып. 12. С.16 и др. Исследование процесса обучения физике: сб. науч. тр. Киров: «Старая Вятка», 2013. Вып. 14. С.19–21. С. 28 и др. Исследование процесса обучения физике: сб. науч. тр. Вып. 15. Киров: «Старая Вятка», 2013. С.42–47. Исследование процесса обучения физике: сб. науч. тр. Киров: «Старая Вятка», 2014. Вып. 14. С.19 и др.

7	Какая из приведённых ниже гипотез объясняет взаимодействие электрических зарядов на расстоянии?	205	46
8	Лампочка, соединённая с батарейкой, загорается. Какое описание происходящего вы считаете наилучшим (из PISA)?	92	13
9	Какое домашнее задание вы выполняете с интересом? (Выбор: проведение опытов… Вопрос на мотивацию.)	316	21
10	Какую деятельность при изучении физических явлений вы предпочитаете? (Самостоятельное проведение опытов…)	316	13

Даже при явно ограниченном числе заданий, в условиях поддержания внимания учителей Кировской области к физическому эксперименту, мотивация и результаты деятельности оставляют желать лучшего. Выделяем факты: а) по мотивации типична позиция: наблюдать опыты обычно интересно, но потребности к самостоятельному экспериментированию нет; б) острой и основной проблемой обучения физике остаётся непонимание отношения экспериментальных фактов и их теоретических описаний. В конечном итоге это объясняет и трудности освоения научного метода познания.

Для текущей задачи зафиксируем только один характерный экспериментальный факт затруднений учителей в понятийном мышлении при экспериментировании. Группа учителей физики Кировской области на курсах переподготовки выполняла лабораторные работы из учебника. В итоге было проверено 164 отчёта. В таблице 3.2 приведены результаты выделения в отчётах важных для физического мышления элементов знаний.

Таблица 3.2. Освоение умений экспериментирования учителями

Название элемента знаний (умений)		% верных ответов
1	Выделение объекта исследования	32
2	Определение физического явления	26
3	Определение (построение) модели объекта	21
4	Определение (построение) модели физического явления	16
5	Корректные действия с приближенными числами	21

Интерпретация данных однозначная: учителя по инструкции хорошо выполняют внешние предметные действия, но знаковое (понятийное) физическое мышление по названным элементам проявить затрудняются. И это не случайно: существующая методика выполнения эксперимента мало внимания уделяет формированию современного мышления, без которого нет экспериментирования. А есть просто постановка опытов, обычно всегда интересных, технически разных, в большинстве случаев трудно объясняемых и учителями, и школьниками. Заметим, что это, хотя и уменьшает их дидактический потенциал, но все же оставляет его в современной практике обучения высоким по сравнению с другими приёмами. На

фоне многих несовершенств учебного процесса физические эксперименты все же позволяют развивать практические навыки, поддерживают мотивы учения, задают и раскрывают физику Природы на уроке. И это надо признать.

Теоретическое построение элементов теории экспериментирования в методике обучения физике как науке. Важно с самого начала понять и зафиксировать как принцип наличие разных языков, схем, уровней описания деятельности экспериментирования. Само по себе это объясняется сложностью этой категории.

В первом приближении можно выдвинуть *следующее определение экспериментирования:* с одной стороны, как реальности учения, с другой стороны, как категории собственно науки (и научной практики). Итак, это: а) вид искусственно организуемой и управляемой практики учения, в которой в форме внешней предметно-преобразующей деятельности присваиваются элементы (образованности) «опыта рода», в главном, физического мышления и физического миропонимания, б) дидактическая система (а далее конкретизация по структуре и составу...). В принципе конкретизация может быть довольно различной в зависимости от задачи.

В *методике как теории* конкретизируются общие черты экспериментирования, как вариант, по логике «основание – ядро – выводы»[*]. При этом рассматриваются цели, ценности (смыслы), мотивы, структура деятельности экспериментирования, ориентировки деятельности, результаты (качества), границы применимости понятия «экспериментирование» [48,134]. В теории необходимо четкое различение а) формирования деятельности экспериментирования и б) исследования деятельности экспериментирования. Для формирования выделяют научные условия (нормы содержания, структуры учебных задач, технические требования и др.) и средства организации усвоения опыта экспериментирования (прежде всего, процессы, приёмы, ориентировки «по образцу», «методологические» и др.).

Продолжим уточнение *понятия экспериментирования* как вида учебной деятельности: экспериментирование – образовательная реальность-деятельность, в ходе которой присваиваются теоретические формы понимания действительности; экспериментирование не просто элемент содержания образования, не только метод, но глубже – *форма бытия-существования субъекта*; экспериментирование – это практика особого рода, определенный естественноисторический процесс; экспериментирование – это всегда деятельность по построению нового...

---

[*] Сауров Ю.А. О некоторых методологических вопросах школьного учебного физического эксперимента // Проблемы учебного физического эксперимента. Вып. 2. Глазов: ГГПИ, 1996. С. 29–30. Сауров Ю.А. О построении теории учебного физического эксперимента // Проблемы учебного физического эксперимента. Вып. 5. Глазов: ГГПИ, 1998. С. 21–23.

Дополним сказанное рядом частных характеристик-метафор: предмет экспериментирования всегда конструируется; в экспериментировании ищется всеобщее, т.е. теоретическое основание, что без мысленного экспериментирования невозможно; объектом экспериментирования могут быть материальные предметы, знаковые образования, опыт субъекта в тех или иных формах; выделяют две основные функции эксперимента – быть источником теоретического конструирования, быть критерием истинности теоретических конструкций; в эксперименте ведущей является идея, мысль, теория, т.е. теоретическое знание уже предшествует научному эксперименту, отсюда экспериментирование возможно и оправдано только в рамках научно-исследовательской программы (вот почему его особенной чертой является выдвижение гипотез); экспериментальное мышление всегда различает, конкретизирует и, таким образом, определяет границы знаний и действий; при определённых условиях и наблюдение является экспериментированием (А.В. Ахутин, В.С. Стёпин, И.И. Ильясов, Г.П. Щедровицкий и др.). А.В. Ахутин пишет: эксперимент «понимается как способ, которым, преобразуя вещи и предметы (реальные, воображаемые, мысленные), преобразуют прежде всего само мышление» [5, с. 313–314]. В целом, смысл определения сближает это понятие с понятием творчества, подчёркивая научную рациональность экспериментирования.

Словом, получается достаточно богатое представление (с новизной!), которое само по себе показывает фундаментальность и значимость этого категориального понятия для методики обучения физике. Особенно в условиях постнеклассической рациональности.

Экспериментирование как эпистемологическая категория дидактики физики. В дидактики физике, в движении понятия «от абстрактного к конкретному», выстраивается система понятий. На основе некоего синтеза обобщённо получаем следующие представления:

- *Первый уровень – сущность.* Понятие «Опыта рода», равновеликое категории «Деятельность», конкретизируется в учебной деятельности как актуальной и технологически воспроизводимой части культуры. А далее нами выделяются ведущие учебные деятельности: предметная (экспериментирование и моделирование) и особая деятельность учения как деятельность субъекта по самоизменению (рефлексия, знания о знаниях и др.).
- *Второй уровень – существование.* Экспериментирование на этом уровне представлено: а) целями, смыслами (объектами изменения – предметами «ноосферы», субъектами, взаимодействиями), ценностями; б) картинами, которые задают онтологию – структурами деятельности, процессами, процедурами, техникой организации деятельности; в) результатами познания

экспериментирования – характеристиками, классификациями, моделями управления и др. (гносеология).

Как идеальный объект научного исследования экспериментирование, понимаемое как частный случай деятельности, в согласии с представлениями известного методолога Г.П. Щедровицкого, структурно и содержательно может быть представлено следующими блоками знаний (табл. 3.3). В определении идеального объекта важно было обозначить (заложить) суть экспериментирования. Получается, что экспериментирование суммирует три мира: а) предметной деятельности с объектами природы и техники – мир реальности, б) экспериментирующим мышлением с моделями, знаками, понятиями, законами – мир идеальный, в) коммуникации как формы согласования, связи этих миров для понимания и передачи опыта в обучении.

Если рассматривать экспериментирование-деятельность как структуру элементов-процессов, то это структура не однолинейная и не однородная, процессы могут быть, хотя и параллельные, но разнонаправленные, возможно перпендикулярные и др. Словом, её простого представления не получается. И возможные линейные структуры можно интерпретировать только как ориентировки-модели этой деятельности, причём обычно это линейные по времени (пространству) структуры. Приведём исторические примеры этих структур деятельности: а) *цель, задача –– средства решения –– процессы преобразования –– результат* (В.В. Давыдов [26, с. 14, 37, 69, 155 и др.]); б) *условия –– результат –– анализ* (В.В. Майер [59,117]); в) некий синтез представлений: *условия (знания, мотивы, цели, средства, объекты) –– процессы (методы, действия, измерения и др.) –– результаты (новый продукт, рефлексия, интерпретации и др.)* [47,48]. На наш взгляд, этот поиск нужно продолжить, выделяя для разных целей обучения разные системы представлений.

Таблица 3. 3. Целостная деятельность экспериментирования

Экспериментальное мышление: мысленный эксперимент, как особое знаковое, понятийное, мышление по согласованию реального и идеального миров (если в методике экспериментирования нет различения реальности и описаний, то нет и экспериментального мышления…)
Трансляция опыта (движение текста-опыта) экспериментирования в коммуникации… • Через *Носителей деятельности (диалог, разделение ролей…)* • *Через Образцы деятельности* • *Через Продукты (знания и др.) деятельности*
Предметная деятельность экспериментирования (реальность через нормы): Планирование. Подбор оборудования, сборка установки. Процессы экспериментирования. Обработка и представление результатов. Интерпретация, оценка и выводы. Презентация…

Содержание каждого из этих блоков целостного экспериментирования нуждаются в исследовании и прояснении, в частности, следующих отношений:

- между *экспериментированием в целом и предметной деятельностью* (методическая работа по выделению, классификации, алфавиту... предметов; конструирование норм деятельности экспериментирования с разными предметами – объекты, явления, знаки; разработка и нормирование техники экспериментирования, от техники безопасности до...; определение логики (процедур) экспериментирования как системы материальных (и иных) действий, преобразования объектов и явлений до выделения в них сущности...);
- между *экспериментированием в целом и коммуникативной деятельностью* (обмен деятельностями в коллективном экспериментировании – особенности передачи опыта при организации демонстрационных исследований, фронтальных исследований...; задание современных норм деятельности экспериментирования для разных видов, с разными целями или функциями, разными объектами-предметами и др.; согласование экспериментирования и других учебных деятельностей, прежде всего моделирования; механизмы трансляции опыта экспериментирования для разных субъектов, в разных условиях);
- между *экспериментированием в целом и мышлением* как деятельностями (так, на идеальные объекты нельзя действовать, например, Земля не может действовать на материальную точку, мышление и действия имеют разные нормы организации [176, с.479 и др.; 22, с.107,148; 23]; современное теоретическое (а иного и нет!) мышление – социальное по природе, знаковое мышление, т.е. суть мышления в некой внешней знаковой деятельности...; особенные фундаментальные связи экспериментирования с формированием физического мышления: согласование (и замещение) деятельности с объектами деятельностью со знаками...; важно, что «...мышление как таковое можно понять как экспериментирование, а бытие человека, существа по сути и способу бытия, как экспериментальное бытие» [5, с.14–15]).

Признаемся, что в теории остаются вопросы функциональной, структурной, морфологической расшифровки понятия «экспериментирование»: может ли экспериментирование претендовать на роль категории фундаментальной образовательной деятельности (т.е. реальности)? Можно ли экспериментирование рассматривать как идеализированный процесс сродни инерции, как методическую систему взаимодействующих элементов для трансляции опыта, т.е. как модель? Можно ли трактовать экспериментирование как средство (механизм) передачи «опыта рода», как содержание физического образования или метод обучения?

Практика экспериментирования как следствие в системе физического образования, как практика конструирования соответствующей учебной деятельности. Практика – и цель, и средство построения образовательной реальности. Её понимание и описание позволяет уточнить практику. За методическим конструированием идёт организация и управление учебной деятельностью экспериментирования. Принципиальной для нас является идея построения учебных объектов (явлений) ноосферы, как объектов экспериментирования (В.В. Майер). В целом построение и трансляция методических проектов под разные идеи – это построение, а затем освоение норм учебной деятельности, в том числе экспериментирования. От того, как будут заданы эти нормы и процессуально обеспечено их освоение, зависят стратегические успехи физического образования. Кроме собственно нормирующей деятельности учёных ключёвое значение имеет здесь организационно-методическая подготовка учителей физики нового поколения. И здесь ещё много проблем.

Раскрытие дидактических функций экспериментирования на конкретных примерах. Для того чтобы на практике правильно и свёрнуто осуществлять действия, необходимо в теории развернуть их содержание и смыслы максимально конкретно и «увидеть» за этим методически эффективные приёмы. Ниже об этом и речь.

- *Отбор и конструирование объекта ноосферы как предмета экспериментирования.* Что значит экспериментальное обоснование понятий? И почему «объекты ноосферы», которые всегда есть научные факты, – это, в частности, модели, «надёжно обоснованные экспериментом» (Учебная физика. 2017. № 2. С.8)? Задумаемся: насколько при такой постановке вопроса экспериментирование естественно и глубоко связано с особенностями современной познавательной деятельности.

Вот и иллюстрация. Оказывается в известных опытах по прохождению естественного света через два поляроида невозможно установить направление вектора напряженности электрического поля в плоскополяризованном свете. Так формулируется потребность в новом «объекте ноосферы» в форме отдельного и особого опыта на основе рассеяния света в мутной среде. Технически это простой эксперимент, но содержательно физически он тонкий. Но главное: подтверждаются многосложные дидактические роли экспериментирования в учебном познании.

- Учебный проект: Как сделать действующую модель духового ружья, настолько простую и безопасную, чтобы её можно было использовать на уроке? Здесь экспериментирование и творческая деятельность выступают в едином сплаве. И деталей

практических и умственных поисков – множество… (Учебная физика. 2017. № 4. С. 24–26).

- *Экспериментальное исследование физического явления*. Это часто встречающийся пример учебной деятельности, в том числе можно видеть за этим организацию физического мышления при решении задачи. В нашем случае примера из учебника [115,116] рамка физического мышления может задаваться структурой научного метода познания.

Задание: Выполните исследование, целью которого является выяснение зависимости силы сопротивления при движении бумажной воронки от установившейся скорости её падения.

Особенность этого типа исследования заключается в том, что без прямого эксперимента определить, какая гипотеза верна, практически невозможно. В процессе обсуждения задания и представления опытов в уме школьники пришли к необходимости склеить пять одинаковых бумажных воронок.

Используем известные знания как факты, на которых строятся две гипотезы: при малых скоростях движения тела сила сопротивления воздуха пропорциональна скорости в первой степени, а при больших скоростях – скорости во второй степени. Проверим справедливость этих утверждений для случая конкретного тела – падения бумажной воронки в воздухе.

Гипотеза 1. Сила сопротивления пропорциональна скорости: F $\sim \upsilon$**.** Для экспериментальной проверки этой гипотезы одновременно отпускаем одну воронку с высоты 1 м и две воронки, вложенные друг в друга с высоты 2 м. При принятии первой гипотезы воронки должны одновременно достичь пола. Действительно,

$$mg = \alpha v_1, \rightarrow 2mg = \alpha v_2$$

$$t_1 = \frac{h}{v_1} = \frac{h\alpha}{mg} \rightarrow t_2 = \frac{2h}{v_2} = \frac{2h\alpha}{2mg} = \frac{h\alpha}{mg} \rightarrow t_1 = t_2$$

Опыт показывает, что воронки не достигают одновременно пола, следовательно, гипотеза $F \sim \upsilon$ не верна!

Гипотеза 2. Сила сопротивления пропорциональна квадрату скорости: $F \sim \upsilon^2$**.**

Для экспериментальной проверки этой гипотезы одновременно отпускаем одну воронку с высоты 1 м и четыре воронки, вложенные друг в друга, с высоты 2 м. При принятии второй гипотезы воронки должны одновременно достичь пола.

$$mg = \alpha v^2{}_1, \rightarrow 4mg = \alpha v^2{}_2$$

Действительно, $t_1 = \frac{h}{v_1} = \frac{h\sqrt{\alpha}}{\sqrt{mg}} \rightarrow t_2 = \frac{2h}{v_2} = \frac{2h\sqrt{\alpha}}{\sqrt{4mg}} = \frac{h\sqrt{\alpha}}{\sqrt{mg}}$

$$\rightarrow t_1 = t_2$$

Опыт показывает, что в данном случае справедлива вторая гипотеза: $F \sim \upsilon^2$. Не поставив эксперимента, обоснованно ответить на вопрос трудно!

Подчеркнем, что условием проведения экспериментов является быстрое установление сравнительно небольшой скорости падения воронки из-за большой площади её поверхности соприкосновения с воздухом.

- *Мысленное и реальное экспериментирование при решении задач на «чёрный ящик»*. Эти задачи хорошо моделируют (а в обучении готовят к этому) процесс познания неизвестных объектов или явлений.

Например, **дана задача**: «Предложен «черный ящик» с четырьмя выводами. При подключении любых двух выводов в качестве элемента электрической цепи постоянного и переменного тока соответствующий амперметр и вольтметр дали нулевые показания. Определите строение черного ящика».

Решение. Явление прямо задано – электрический ток, и это рассматривается как факт. При нашей постановке задачи решение начинается с гипотетических предположений.

Вариант 1. Предположим, что кроме источника тока, названных приборов неопределенных параметров иного оборудования нет. В каком случае ток на участке между клеммами не будет идти? Самый простой ответ – разрыв цепи. Для случая постоянного тока – наличие конденсатора, двух диодов, включенных противоположно; для переменного тока – ключа, двух диодов, включенных противоположно.

Нет, такой вариант не подходит, так как вольтметр будет показывать напряжение на источнике тока (ЭДС).

Вариант 2. Возможно, просто нет участка цепи, то есть клеммы не соединены через какие-то элементы электрической цепи.

Нет, такая гипотеза не подходит. Вновь вольтметр покажет ЭДС.

Вариант 3. А может быть вольтметр подключен последовательно? Тогда, действительно, при прочих равных условиях, он ничего не покажет. И формально требования задачи выполняются.

Вариант 4. Могут ли приборы ничего не показывать из-за их собственных параметров? Может ли быть такой вариант: сила тока малая, амперметр слишком грубый; сопротивление участка слишком малое, напряжение на нем малое, при грубом вольтметре показаний нет. Для проверки этой гипотезы надо изучать предложенные приборы.

Методический вывод. Возможны и иные варианты гипотез по выяснению структуры «черного ящика», главное, необходимо ясное понимание, что мы выдвигаем гипотезы, затем ищем экспериментальные и теоретические аргументы для их проверки.

• *Приведём пример организации мышления при решении экспериментальной задачи* [48, с.170]: Определить процентное содержание воды в мокром снеге. Оборудование: теплая вода в сосуде, термометр, мензурка, калориметр с мокрым снегом.

Мыслительные действия. Центральное значение при решении большинства экспериментальных задач имеет теоретическая идея. Она определяет, что и как нужно будет делать, какие приборы брать, какие измерения проводить.

Проблема 1. Можно ли в нашем случае прямо измерить массу воды или снега в смеси? Надо ли для этого отделить их друг от друга? Как это практически сделать? (Вариант 1, вариант 2…) Вывод: надо искать косвенные методы решения.

Проблема 2. В какой степени для определения приема решения задачи может помочь приводимое оборудование и другие материалы. В частности, зачем предлагается теплая вода? Заметим, что тепловые процессы с водой и снегом идут по-разному при сообщении им количества теплоты: вода нагревается, лед при температуре нуль градусов тает. Значит надо организовать тепловые процессы – теплую воду подливать в сосуд с водой и снегом до полного таяния последнего. Из уравнения теплового баланса можно найти отношение масс, необходимые величины измерить. Что мы можем измерить? Массу и температуру теплой воды, общую массу воды и снега, после того как снег растает, окончательную температуру…

Рефлексия. Обсудить при анализе решения вопросы: достаточно ли для решения задачи наличие воды именно не нулевой температуры? Какой температуры воду следует практически взять? Можно ли решить задачу, если окончательная температура равна нулю, но снег полностью растаял? Как это практически сделать?

Нам нравятся образцы экспериментирования (одновременно над физическим объектом и мыслью) при решении проблемы: Выполняется ли закон Архимеда, если тело – сильный неоднородный магнит – погружается полностью или нет в разные жидкости? (См.: Герасимов С.А. Учебная физика. 2015. № 5. С.35–39; 2017. № 2. С.25–29.) Характерен именно для экспериментального мышления стиль описаний автора: «А вот что может произойти, если объявится или даст о себе знать ещё какая-нибудь сила, с одной стороны создаваемая жидкостью, а с другой – отличающаяся от гидростатической?»; «Другие способы и подходы к аппроксимации – дело вкуса и точности»; «Существует далеко идущее заблуждение, согласно которому обязательно надо потратить энергию, чтобы создать силу»... Хотя в статьях описаны конкретные эксперименты, но главным объектом присвоения (и экспериментального формирования) является *бьющаяся теоретическая мысль*. Что сейчас актуально для обучения, правда, на примере самых простых экспериментов.

Обозначим ещё темы для исследования и практической разработки: измерение как опыт экспериментирования; наблюдение физического явления как экспериментирование; конструирование объектов как экспериментирование; экспериментирование как творчество; мысленное экспериментирование; понимание при экспериментировании; рефлексия и экспериментирование.

При организации экспериментирования в совместной деятельности обсуждается множество вопросов: Какова связь теории и опыта, взаимодействия прибора и объекта? В чём выражаются интерпретация результатов эксперимента, экстраполяция и интерполяция? Почему существует проблема точности экспериментальных данных? Какова природа погрешностей? Каковы приёмы расчета погрешностей и др. Для чего в научных исследованиях стараются повысить точность измерений? Почему ученые, фиксируя результаты измерений, приводят и пределы погрешностей измерений? Приведите примеры таких записей. Каким требованиям должен удовлетворять научный эксперимент? (Воспроизводим, имеет цель, всегда является модельным, предполагает интерпретацию результатов, не дает абсолютных выводов.) Каковы особенности мысленного эксперимента? (Эксперимент с идеальными объектами или явлениями на основе системы теоретических правил или теории, эксперимент без погрешностей, теоретическое моделирование по логике (этапам) физического эксперимента, логический эксперимент над понятиями, законами, представлениями и т. п.). Эти и подобные вопросы в сочетании с предметной деятельностью и задают экспериментирующее мышление.

Суммируя, необходимо подчеркнуть следующие дидактические роли экспериментирования, как некие нормы для дальнейших поисков:

- Дидактическая значимость учебного физического эксперимента твердо признана в отечественных и зарубежных источниках. В практику российской дидактики физики понятие «экспериментирование» введено сравнительно недавно [119]. Обычно авторы центрированы на цели, технику, физику использования учебного эксперимента, существенно реже – на сами процессы понимания, мышления, рефлексии в этой деятельности.
- В обучении физике как практике деятельность экспериментирования (по целям, мотивам, богатству осваиваемых деятельностей…) по природе всегда коллективная в формах как индивидуальной, так и коллективной работы, в итоге – ведущая учебная деятельность по присвоению «опыта рода». Она может и должна играть роль ведущей.
- В дидактике физики экспериментирование – категориальное понятие, наряду с моделированием определяющее реальность (материальную онтологию) образовательного мира методики физики.
- Практика экспериментирования – это самая характерная для предмета учебная деятельность по освоению связи мира физической реальности и идеального мира описаний. На этой платформе выясняются все важные вопросы освоения физического мышления и физического миропонимания.
- Современное экспериментирование внешне уходит дальше от «чистой» природы в «человеческую» природу, в технику, одновременно смелее и глубже проникает в сущность явлений. (Восхищающий пример: опыты по рассмотрению явления в разных системах отсчета.)
- Экспериментирование – познавательная практика, техника познания, теоретическая форма понимания природы, метод… Словом, богатая по содержанию учебная деятельность.

Обобщение-синтез, конструирование, сборка представлений об экспериментировании – это поиск его норм. Эти нормы как схема-матрица дают возможность как-то по-новому (технологически) «увидеть» дидактические возможности деятельности экспериментирования в сложном процессе обучения. При их реализации естественным образом проявляется творчество, в итоге развиваются и наши представления. Накладывая нормы на практику, мы специфически строим практику, тем самым и проверяя эффективность наших представлений. Но можно здесь увидеть возможности исследования реальности, эмпирически фиксируя отклонения от норм и теоретически описывая эти результаты [138,144]. И такое видение – черта постнеклассической рациональности.

Для практики следует учесть, что индивидуально-стихийное освоение экспериментирования как ведущей учебной деятельности может идти неопределённо длительно. А с точки зрения социально-педагогических задач для совершенствования актуальной практики обучения физике необходимо построение и реализация коллективной Программы разработки методики экспериментирования на языке норм. Сейчас это тот мотиватор, который может поднять познавательный интерес в формах разнообразной предметной деятельности, подтянуть формирование теоретического (теоретико-экспериментального) мышления и физического мировоззрения.

Словом, задать новое дыхание развитию физического образования. Чтобы физический опыт стал физическим экспериментом надо потрудиться над раскрытием смыслов этой деятельности. Признаем: это методическое движение – современно и перспективно.

3.4. Методические смыслы методологических ошибок

Сначала общее введение. То будет, что из сегодняшних или давних представлений надо изменить, исправить, уточнить, и на что есть условия. Движение человека – бег от ошибок.

В фундаментальной физике неклассический этап развития был обозначен в самом начале XX века. И выражался он в довольно радикальном изменении познавательных норм при построении СТО и квантовой механики. В наибольшей степени эти духовные поиски содержательных структур в методике обучения физике были выражены в построении структур учебных знаний в форме фундаментальной физической теории, в рамках деятельностной природы знаний и др.

В обучении физике последние тридцать лет движение в сторону неклассических познавательных норм всё время усиливалось. Особенно настойчиво и последовательно делал это профессор В.Г. Разумовский в программах освоения научного метода познания, внимания к фундаментальным деятельностям экспериментирования и моделирования, формирования научной грамотности… Но в массовой школе реальные изменения идут медленно. Для такой системы как образование мало даже коллективных усилий, необходимы Государственные программы.

Считая различение объектов и описаний дидактическим принципом, выделим в реализации этого принципа тактическое направление – «борьбу» за чистоту понятийных представлений в обучении, т.е. «борьбу» с методологическими ошибками, огрехами.

К методологическим следует отнести ошибки при использовании идей, принципов, фундаментальных понятий-категорий, представлений о научном методе познания.

Сейчас почти признано, что системообразующей идеей освоения учебных предметов в школе является надпредметный подход, выраженный в освоении общих категорий-понятий науки в форме таких умений: применять научные знания для распознавания проблем, понимать сущность науки как формы человеческого знания и результатов исследования, способность анализировать и объяснять явления окружающей действительности, предвидеть новые явления и применять научные знания на практике… В итоге мы приходим к единой (и единственной) задаче освоения культуры (опыта рода) и развития личных качеств субъекта образования. К интегрирующим понятиям мы относим следующие фундаментальные понятия: пространство и время, материю в формах вещества и

поля (плюс «темная материя»), систему (физическую, биологическую, социальную), взаимодействие, движение, модели типичных объектов и явлений, характеристики свойств объектов, языки описания свойств, законы сохранения и инварианты, теории как системы знаний, границы применимости всех знаний…

В целом наш подход-взгляд опирается на парадигму естественно-искусственного отношения к образовательным процессам. С одной стороны, физическое, психическое и физиологическое развитие школьников – естественно-природный процесс, с другой стороны, все процессы формирования человека – культуросообразные, организуемые, и, отсюда, искусственные (деятельностные, духовные) процессы (Л.С. Выготский, В.В. Давыдов, В.Г. Разумовский, Г.П. Щедровицкий и др.). Ниже мы конкретно убеждаем в образовательной эффективности использования потенциала методологии деятельности.

Поскольку вопрос о методологических ошибках затрагивает весьма принципиальные (и чувствительные) стороны содержания и процесса обучения, то должно быть согласие специалистов на язык интерпретации. Оно фиксируется в нормах, и во многом определяет новый этап развития. Далее обратимся к конкретным вопросам практики обучения.

О понятиях в обучении физике. Подчеркнем-повторим, что все понятия по своей природе результат познавательной деятельности людей, результат их мышления и, значит, – идеальные образования. В этом их единство. Но это со всей определенностью значит, что прямо в природе понятий нет. В равной степени это значит и другое – за понятиями стоит объективная реальность. Кстати, она ими же и обозначается. Неточности в понятиях приводят к огрехам в системах понятий, в итоге – деформации в освоении мышления и мировоззрения.

Наверное, надо уже договориться и принять, что ***понятия играют разные роли в познании и несут разные функции*** в обучении.

Есть понятия, которые задают (обозначают) физическую реальность. Это категориальные понятия, такие как пространство и время, материя, вещество, поле, физический объект (тело, газ, жидкость, молекула, атом, элементарная частица и др.), взаимодействие и др. Придавая этим понятиям такой смысл и значимость, надо критически понимать, что задаваемая так реальность – это абстрактная реальность, своего рода «вещь в себе», неопределенно богатая по содержанию. Так в человеческой деятельности и мышлении мы задаем реальность, и иного не дано. Такое определение реальности ни по объему, ни по форме не сдерживает познания. Это необходимое правило, прием познания, это важный принцип согласия. Он в полной мере соответствует идеям диалектического материализма. Великий мыслитель К. Маркс писал в тезисах о Фейербахе о том, что действительность должна рассматриваться как результат человеческой деятельности. Подобные позиции при конкретизации и задают через категориальные понятия физический мир. И это позитивно, т.е. продуктивно. Сложность смысла этих понятий раскрывается, например, следующей позицией: «С точки зрения реализма некоторые теоретические

объекты, которым приписываются свойства пространственной и временной локализации (такие, например, как атомы, электроны, кварки и т.п.), существуют реально» (В.А. Лекторский, 2001, с. 158).

Есть большая группа понятий, обозначающая и задающая **модели объектов и явлений**. Их непросто отделить от объектов и явлений. Многие из этих понятий, хотя и используются, не имеют внятного статуса, уравниваются с категориальными понятиями и в итоге им придается статус реальности. Отсюда на практике существует проблема определения их смысла. Во всех теориях эти понятия необходимы и должны вводиться ***сначала***, широко использоваться в развертывании знаний, т.е. в описании реальности. В обучении понятия-модели, почти очевидно, используются в функции описания. Это такие понятия: физическая система, система отсчета, материальная точка, система материальных точек, абсолютно твердое тело, упругое тело, идеальный газ, кристаллическая решетка, термодинамическая система, электростатическое поле, однородное поле, точечный электрический заряд, гармоническая волна, световой луч, планетарная модель атома, нуклонная модель ядра атома, кварковая модель адронов… По своей функции это идеальные (и теоретические) объекты, которых реально не существуют. Тут и возникают трудности: с одной стороны, модели необходимы для задания реальности, с другой стороны, они не должны подменять реальность. Известный методолог В.С. Степин пишет: «Так, все теоретические высказывания классической механики непосредственно характеризуют связи, свойства и отношения идеализированных конструктов, таких как «материальная точка», «сила», «инерциальная пространственно-временная система отсчета» и т.д., которые представляют собой идеализации и не могут существовать в качестве реальных материальных объектов» [153, с.105].

Построение и использование моделей объектов (а затем и явлений) должно быть аккуратным, сначала по возможности простым. Например, вряд ли для модели тела «твердое тело» необходимо в качестве средств описания вводить ещё такие модели: отрезок прямой, плоскую фигуру, объемную фигуру. Получается излишне: модели модели.

Проблема описаний. Первый шаг этапа количественного познания выражается в определении большого числа физических величин. По своей функции в познании – это характеристики свойств, т.е. выразители свойств объектов и явлений физического мира на языке особых понятий (абстракций как результатов мышления). Физические величины ближе всего в познании стоят к объектам, не случайно иногда они неосторожно отождествляются с ними. Но при построении теории физические величины должны приписываться идеальному объекту теории, т.е. фактически модели. Иначе функционирование науки невозможно, иначе совершенно непонятно, зачем вводятся модели. Фактически в школьном курсе физики на этот вопрос ответа нет. Не случайны многочисленные трудности на этот счет: чем отличается тело от материальной точки? Можно ли дышать идеальным газом? Можно ли потрогать силовые линии?

Важно, что у каждой физической величины должен быть носитель свойств – объект или явление. Эта сторона физической величины выражается в форме задания процедур измерения, т.е. особого взаимодействия объекта и прибора. В большинстве случаев в школьном курсе решения простые: сила – характеристика действия,

скорость – характеристика движения, масса – характеристика инертности, потенциал – энергетическая характеристика поля и т.д. Есть методически сложные случаи. Например, давление. Давление, как физическая величина, характеризует давление, как явление, т.е. действие одного тела на другое в зависимости от площади соприкосновения. Давно уже набило оскомину отождествление силы и взаимодействия. Авторы учебников и учителя не видят в этом ничего особенного. А ведь это принципиальный вопрос для организации нашего мышления, нашей познавательной деятельности: взаимодействие или действие задает реальность, сила – только её характеристику. Если, уж, для силы он не решен, то что говорить о других физических величинах. Критика курса физики за метафизическое использование силы не учтена и сейчас [78, с.143].

В качестве примера методологической проблемы назовем ещё такой случай: некоторые фундаментальные физические величины по мере своего использования приобретают субстанциональный смысл. Это, например, энергия. Энергия переходит, энергия излучается и распространяется и т.п. Если же говорить об энергии как о характеристике и связывать её с моделью «материальная точка», как это иногда делается в учебниках, то разумно ли говорить в случае идеального газа об энергии молекул?

О бедности использования моделей в обучении физике. В содержании школьного курса физики модели объектов представлены бегло, а моделей явлений в явном виде практически нет. А ведь главное – деятельность с моделями – ещё впереди! И это является, по нашему мнению, болезненным методологическим недостатком курса. Обратимся к отдельным важным вопросам.

Из физических ***моделей объектов*** школьники обычно называют одну – **материальную точку**. Но понимают ли они её? В частности, почему из всех моделей фундаментальной называют одну – «материальную точку»? Какие принципиальные познавательные процедуры определяет введение этой модели? В главном, это определяется геометрической моделью материи, при этом непрерывность пространства рассматривается как модельное [78, с. 54 и др.].

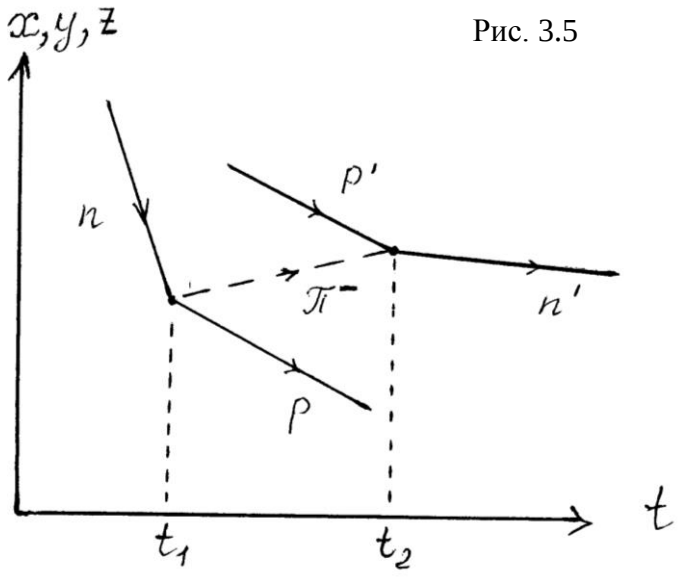


Рис. 3.5

Исторически (и логически) впервые эта модель сконструирована при изучении механического

движения. Эмпирическим объектом там определяется тело, т. е. объект, который имеет неизменную форму и размеры (объём). В определении материальной точки фиксируют два качества тела – инертные свойства (их характеристика масса) и размеры (характеризуются как неопределённо малые, бесконечно малые). Оба качества в модели сплавляются в идеализированном виде: инертные свойства задаются самым простым образом (масса, а не момент инерции), размеры предельно задаются нулевым значением. И размеры хотя и есть (как онтологическая реальность), но нулевые.

Выделение геометрической точки как исходного элемента для определения (задания) модели пространства (времени) приводит к фундаментальной абстракции точечного события, что позволяет различать события. Продуктивность такого подхода была выяснена ещё Декартом при конструировании системы отсчета как некого инструмента-метода-модели для описания движений. Важным шагом является формулирование квантово-релятивистской модели взаимодействия: акт взаимодействия локален (в точке пространства, в миг времени), две материальные точки взаимодействуют с помощью движения третьей (рис. 3.5). Материальным основанием для подтверждения справедливости этих моделей являются события мира элементарных частиц. При таком подходе (языке описания физического мира) принципиально все физические модели объектов и явлений при своём конструировании опираются на материальную точку. Но их самостоятельность в отдельных областях из-за специфики описания явлений тоже не вызывает сомнений. Специалисты четко ставят вопрос и об ограниченности геометрической модели материи. Но идея дискретности в описании объектов и явлений не отвергает идеи непрерывности [78, с. 85].

Идеальный газ как модель в молекулярной физике определяется на макроскопическом и микроскопическом (статистическом) уровнях: а) газ, подчиняющийся газовым законам, идеальный газ, б) идеальным газом называют модель газа со следующим строением: частицы – материальные точки, точки непрерывно, хаотически движутся, точки взаимодействуют при упругом столкновении, т.е. внутренняя энергия идеального газа есть только кинетическая энергия движения материальных точек… Из расшифровки-конкретизации модели идеального газа получается МКТ-закон (уравнение) идеального газа – $p=nkT$. И далее все следствия.

Статистическая модель идеального газа позволяет объяснять некоторые макроскопические тепловые процессы – испарение, плавление, тепловое расширение и др. Уметь применять простую модель – это и есть теоретическое мышление.

В целом достаточной характерной чертой практики является разнородность в определениях такой модели как идеальный газ. Вот определения из учебников: а) «…идеальный газ представляет собой теоретическую модель газа и поэтому в природе не существует»; б) «Модель идеального газа: межмолекулярные силы взаимодействия отсутствуют, взаимодействия молекул газа происходят только при их соударениях и являются упругими, молекулы газа не имеют объема – материальные точки»; в) «Итак, идеальным газом называется газ, у которого при

изотермическом процессе давление в точности обратно пропорционального его объему...»; «Итак, с молекулярной точки зрения идеальный газ представляет собой систему молекул, которые друг с другом не взаимодействуют и которые в первом приближении можно считать материальными точками». Получается, слишком вольный переход от молекул к точкам и наоборот. И эти понятия, при работе с ними как со словами, уравниваются.

Вот ещё одна позиция: «Если расстояние между молекулами столь велико, что их энергия взаимодействия намного меньше средней кинетической энергии молекул, то газ подчиняется уравнению Менделеева–Клапейрона. В этом случае его называют идеальным газом. Если это уравнение не выполняется, т. е. расстояние между молекулами такое, что нельзя пренебречь взаимодействием между ними, то газ называют реальным». Задумаемся: можно ли газ (агрегатное состояние вещества!) называть идеальным газом?

Реальный газ. Прежде всего, сбивает с толку сам термин – реальный (!) газ. А в чем же суть дела? Разве корректно и целесообразно каждый раз подчёркивать реальность объектов природы, если это объекты природы? Из текстов известных учебников не ясно, что это: реальный физический объект или модель газа. Приведем аргументы.

С самого начала полной ясности нет с определением модели газа вообще. Разве можно так строить модель? Вот определения учебников: «Основной физической моделью вещества является совокупность движущихся и взаимодействующих между собой атомов и молекул»? С нашей точки зрения лучше не определять модель через категории, обозначающие реальность (т.е. атомы и молекулы). Явно непоследовательно, перейдя на язык материальных точек, потом говорить о шарах: «Наиболее простой моделью является идеальный газ, состоящих из материальных точек, между которыми отсутствуют силы, действующие на расстоянии, и которые сталкиваются между собой как упругие шары». Похожее решение и в другом учебнике: вывод основного уравнения МКТ для материальной точки, а определение идеального газа через понятие о частице [165, с. 275–276].

В обучении эффект использования моделей в полной мере проявится тогда, когда возникнет возможность использовать для описания одного объекта хотя бы две модели. Фактически в учебниках (обычно вузовских) материал о реальном газе рассматривается с этой целью. Но это делается явно не последовательно.

Вот примеры рассуждений: «Реальный газ – достаточно сложная система. Мы рассмотрим простейшую физическую модель реального газа – идеальный газ... Физическая модель – это упрощенная схематическая копия исследуемой реальной системы». Там же читаем: «Сначала введем физическую модель разряженного газа... У разряженного газа расстояние между молекулами во много раз превышает их размеры. В этом случае взаимодействие между молекулами пренебрежимо мало и кинетическая энергия молекул много больше потенциальной энергии взаимодействия. Молекулы газа можно рассматривать как очень маленькие твердые шарики. Вместо реального газа, между молекулами которого действуют сложные силы взаимодействия, мы будем рассматривать его физическую модель. Эта модель называется идеальным газом». Значит, здесь понятие «реальный газ» задает, обозначает реальность, если идеальный газ – модель реального газа? Но полной ясности нет, и от ответа авторы уклоняются.

Конечно, жаль, что модель газа получила название «реальный газ». Исторически это понятно: был сделан шаг вперед в познании, а дальше сразу физики и не заглядывали. Сейчас фактически в серьезных учебниках прямо или косвенно обозначается ограниченность этого знания о газе. Тогда почему его не определяют как модель, хотя обращаются с ним как с моделью?

Может быть для школьника все равно: иметь дело в учебнике с объектом или моделью? Но, с точки зрения методологии познания, а значит и для развития субъекта при усвоении иерархии знаний это различение принципиально важно. Дело в конечном итоге в характере деятельности школьника. Мы исследуем (чаще всего говорят об эксперименте) объекты, строим их модели, используем для описания законы и т.п. Модели мы, прежде всего, изучаем, применяем, может быть, в редких случаях строим, изменяем, теоретически исследуем возможности той или иной модели. Что тут принципиально сложного?

В ***термодинамике*** рассматриваются макроскопические модели объектов, фундаментальная из них – термодинамическая система. В учебной литературе нет ясности: это объект природы или модель. Если модель, то чего? Это может быть любая совокупность макроскопических тел с определённым взаимодействием, на макроуровне описываемым посредством передачи энергии и вещества. Замкнутая система оказывается более простой моделью. На модели равновесного состояния термодинамической системы, очевидно замкнутой системы, формулируют законы. Если по определению такой модели ясно, что параметры, например, газа (давление, температура), постоянны во всех частях, то нет и сомнений, что это модель. В реальности никогда не бывает такого состояния материальных объектов.

Первый и второй законы термодинамики – это физические (математические) модели термодинамических процессов. Само выделение вида процесса – это уже моделирование. Например, равновесный процесс – это бесконечно медленный процесс изменения параметров системы. В природе он соответствует весьма медленным изменениям объекта, например, газа. Очевидно, что и необратимый процесс в термодинамике – это модель. Понятны тогда процедуры конструирования закона: все макроскопические процессы в замкнутой системе самопроизвольно протекают в одном направлении... И границы применимости отсюда автоматически вытекают: для объектов (не систем, раз последняя модель!) из нескольких частиц закон не выполняется. Словом, все аспекты моделирования вплоть до границ применимости модели могут быть выделены и даже определить логику и методику построения этого содержания.

В ***электродинамике*** ещё труднее обеспечить различение объектов и их моделей. Поле, конечно, – фундаментальный физический макроскопический объект, который существует в свободном состоянии. Исторически дискретная схема-модель поля становится реальностью (онтологизируется) при экспериментальном открытии фотонов. Можно говорить, что моделью макроскопического поля является монохроматическая волна, а моделью микроскопического поля – точка (наделённая энергией и импульсом). Определена связь этих моделей: более фундаментальной оказывается модель квантованного поля; волновая (макроскопическая,

непрерывная) модель получается усреднением квантовой (дискретной) модели.

Для школьного курса физики следует считать реальными физическими объектами (явлениями): электростатическое поле, стационарное электрическое поле, статическое магнитное поле, электромагнитное поле, электромагнитные волны, свет как световой поток и электромагнитную волну. Для их описания выделяют следующие доступные ***модели электромагнитного поля (волны)***: а) силовые линии напряженности (магнитной индукции) электростатического и магнитного (и иных) полей; б) однородное электростатическое поле (конденсатора); в) монохроматическая гармоническая волна (постоянная частота и амплитуда); г) световой луч (и другие).

О моделях явлений. Они строятся на основе а) модели объекта, б) модельных описаний движения или взаимодействия объектов. Модель явления, в частности, фиксирует изменение состояния изучаемой системы (как модели реальных объектов!). Изменение состояния может выражаться по-разному (пространственное изменение, изменение взаимодействия и др.). Отсюда описание явления может быть представлено совокупностью схем-моделей, в которых фиксируется разное состояние. Кстати, в опыте учебной деятельности при решении задач, например, на законы сохранения в схемах это так и делается – выделяется состояние системы.

Приведём пример моделирования явления при решении сложной задачи (см. подробнее [138, с. 171]).

Задача. Оцените среднюю температуру Земли. (Эта задача относится к задачам Капицы, решение которых как раз нацелено на явное и осознанное использование моделей.)

Краткое решение. Наиболее известной моделью явления излучения волн телом является модель «абсолютно черного тела»: сколько энергии поглощается, столько энергии и излучается во всех диапазонах длин волн.

Сначала определим, сколько энергии поглощается. Поглощается энергия, идущая от Солнца. Известна характеристика (солнечная постоянная), которая определяет, сколько энергии падает в секунду на единицу площади Земли, перпендикулярно ее поверхности. Она равна $q = 1{,}36 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2$. Сейчас определим, сколько энергии излучается. Известно, что по закону Стефана-Больцмана, в единицу времени единица поверхности абсолютно черного тела излучает $Q = \sigma T^4$ (см., например, учебник Макишева Г.Я. и др.). Примем, упрощая, для оценки, что излучает площадь, равная поперечному сечению Земли, то есть $S = \pi R^2$. В итоге получаем из условия сохранения энергии $qS = \sigma T^4 S$. Расчет дает оценку порядка 300 К.

При решении любой такой задачи необходимо хотя бы качественно определять границы применимости нашей модели явления. Иначе, решение принимает абсолютный характер. А это принципиально, не так. В нашем случае, реальная Земля точно не описывается моделью «абсолютно черного тела»: некоторые волны излучения не проходят атмосферы и др.

Физические задачи с методологическим содержанием. Все такие задачи можно разделить на несколько групп, приведём разные виды заданий с ответами. Присмотримся к ним: хотя с ходу они выглядят экзотически, но за ними – современное миропонимание. Одно важно: надо составлять и составлять такие задания, выбраковывать проблемные, внедрять лучшие. **Приведем примеры** (см. [48,133,138]).

На определение статуса знаний:

- В учебнике физики написано: «Плотность есть физическая величина, равная отношению массы тела к его объему». Это утверждение является… (из приведенных ответов выберите правильный). **А.** Определением. Б. Физическим законом. В. Опытным фактом. Г. Названием явления.
- В каком из высказываний перечислены лишь объекты природы? **А.** Камень, облако, вода. Б. Твердое тело, скорость, плотность. В. Сила тяжести, масса, мензурка. Г. Масса, скорость, инерция.
- В учебнике физики написано: «Силу упругости, действующую на тело со стороны опоры, называют силой реакции опоры». Это утверждение является… (из приведённых ниже ответов выберите верный). **А.** Определением величины. Б. Физическим законом. В. Опытным фактом. Г. Гипотезой.
- В каком из высказываний перечислены лишь электрические явления? А. Заряд, сила тока. **Б**. Электрический ток, отталкивание зарядов. В. Электрический ток, сила тока. Г. Нет верного ответа.
- В учебнике написано: «В замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц остается неизменной». Это утверждение является …(из приведенных ответов выберите правильный). А. Определением явления. **Б**. Формулировкой закона. В. Опытным фактом. Г. Названием явления.

На установления отношения «реальность – описания»:

- Какое физическое явление описывает закон Ома $I=U/R$? А. Силу тока и напряжение. Б. Действие электрического тока. В. Нагревание проводника. **Г.** Постоянный электрический ток на участке проводника.
- Какое физическое явление описывает закон Архимеда? А. Действие выталкивающей силы. Б. Погружение тела в жидкость. **В**. Выталкивающее действие жидкости на погруженное тело. Г. Плавание тел на поверхности жидкости.
- Солнечный свет падает на поверхность тонкой плёнки, в результате чего наблюдается радужная её окраска. Что задаёт данное описание? А. Модель. Б. Физическую величину. В. Гипотезу. **Г.** Физическое явление.
- Какое из утверждений является механизмом взаимодействия зарядов? А. Электрические поля влияют друг на друга. Б. Отношение потенциальной энергии к заряду не зависит от помещенного в поле заряда. В. Весь статический заряд проводника сосредоточен на его поверхности. **Г**. Поле одного заряда действует на другой заряд.

На модели физических объектов и явлений:

- Можно ли назвать первый закон динамики моделью инерциального движения? (Это сложный случай. Само инерциальное движение – идеальное механическое движение; в природе его нет. Значит, само по себе инерциальное движение – модель движения; и закон определяет эту модель. Здесь встаёт проблема: без закона, по-видимому, определить явление невозможно. Из моделей-знаний «вырастает» объект…)
- Можно ли отнести закон Гука к моделям? И моделям чего? Каковы границы применимости закона Гука? (Закон Гука описывает явление упругой

деформации тела; в пределах упругости он применим для тел; для полей, зарядов, атомов – не применим…)

- Почему невозможно дышать идеальным газом? (Идеальный газ – модель, это понятие обозначает модель, а не реальность. Дышать можно газом.)
- Можно ли подержать в руках массу? (Нет, масса – физическая величина, не более того. Подержать в руках можно тело. Иное дело, какими свойствами оно обладает и как эти свойства описываются.)
- Для какой модели формулируется закон Бойля-Мариотта? И почему все же он описывает явление природы? (Изотермический процесс, конечно, какая-то идеализация реального теплового процесса. Но принято определять его видом реального процесса, явления. Его моделью является закон для идеального газа.)
- Чем модель атома по Бору отличалась от модели атома Резерфорда? Есть ли недостатки у модели атома по Бору? Какие? Были ли они преодолены? Почему волны де Бройля считают модельными образованиями (волнами вероятности)? (Волны де Бройля появились как средство описания микрочастиц; все попытки интерпретировать их как реальность потерпели неудачу; сейчас это модельное описание.)

На научный метод познания:

- Есть ли границы применимости у второго закона термодинамики? Как они формулируются? Есть ли исключения в применении первого закона термодинамики? (Есть, для систем из малого числа частиц. Первый закон термодинамики применим для замкнутых систем. Есть ограничения применения для полей.)
- К чему относят цикл Карно: к явлению природы или модели? И есть ли у явления природы границы применимости? (Цикл Карно, несомненно, модель (вид знания), которая описывает замкнутый тепловой процесс.)
- Какое научное предположение (гипотеза) точнее позволяет объяснить явление диффузии? А. Все тела состоят из частиц. Б. Все тела состоят из молекул. **В.** Частицы, из которых состоят тела, хаотически движутся. Г. Частицы, из которых состоят тела, взаимодействуют между собой.
- Какие из утверждений являются следствием теории при изучении электрического поля? **А**. Внутри проводника, помещенного во внешнее электрическое поле, происходит пространственное перераспределение зарядов. Б. Электрическое поле не имеет границы распространения. В. Закон Кулона справедлив для точечных зарядов. Г. Принцип суперпозиции электрических полей.
- Какое знание является следствием закона электромагнитной индукции? А. Существует переменное магнитное поле. Б. Существует переменное электрическое поле. **В**. Существует явление самоиндукции в катушке, по которой протекает переменный ток. Г. Существует переменный электрический ток в проводнике.
- Есть ли границы применимости законов сохранения энергии (импульса, заряда)? (У всех законов есть границы применимости. Законы сохранения применимы без ограничений только для замкнутых систем. Есть и другие ограничения.)

Общий вывод. Физическое мышление – это, конечно, мышление по поводу физических объектов и физических явлений с помощью идей, моделей, физических величин, физических законов и др. Наступило время, когда все мы – физики, методисты, учителя – заинтересованы на внятной методологической основе упростить, а таким образом и углубить, систему физических знаний. А отсюда – изучать, исследовать реальность, а усваивать понятия, законы, теории, картины мира. Само по себе изучение понятий и законов не может

быть доминирующей и самодостаточной целью. Правильно физически мыслить – это в любом случае использование разных методов познания, в итоге – понимание реальности (и её языка – науки).

Для нас очевидно, что современная методология познавательной деятельности – форма реализации идей постнеклассической рациональности. И в этой форме она приемлема для методики обучения физике.

3.5. Коллективная образовательная деятельность: смыслы и перспективы*

Стратегическим для обучения является воспроизводство познавательной деятельности ученика, студента, учителя, ученого. Важно понять и принять, что это невозможно в одиночестве, абстрактно индивидуально. Например, опыт научно-методической деятельности, во-первых, воспроизводиться через механизмы функционирования научных школ, в том числе в процессах научного общения (конференции, семинары, рецензии и др.), во-вторых, через системы учебной и научной работы в вузах и институтах повышения квалификации. Такие процессы

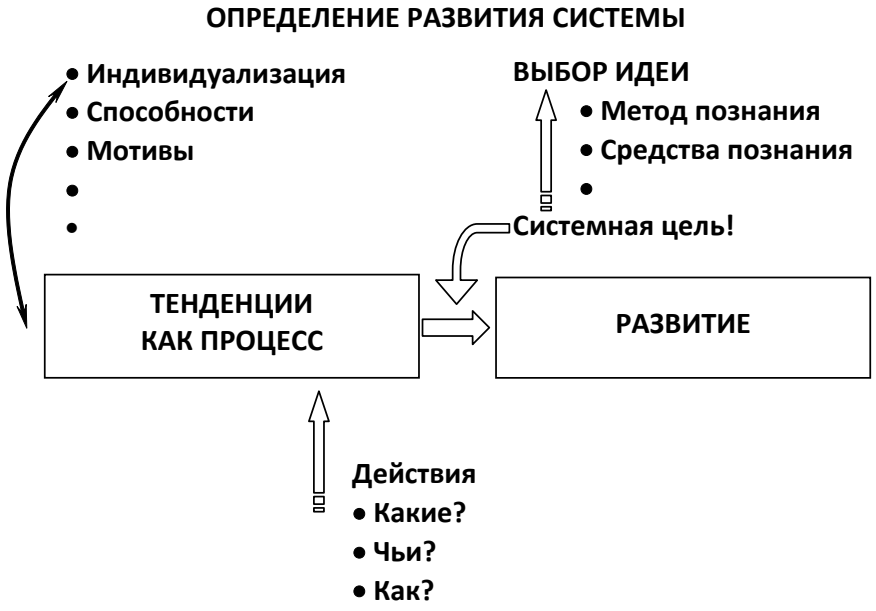


Рис. 3.6

* Публикации: Орлов В.А., Сауров Ю.А. Практика решения физических задач: 10-11 класс. М.: Вентана-Граф, 2010. 272 с. Коханов К.А., Сауров Ю.А. Методология функционирования и развития школьного физического образования: монография. Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2012. 326 с. Коханов К.А., Сауров Ю.А. Проблема формирования современной культуры физического мышления в образовании: монография. Киров: «Типография «Старая Вятка», 2013. 232 с. Сауров Ю.А., Коханов К.А. Экспериментирование и моделирование как коллективная познавательная деятельность в обучении физике // Вестник ВятГГУ. 2014. № 5. С. 130–135. 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.

фундаментальны для развития физического образования, они пронизывают все образовательные дела. И они сохраняются в постнеклассической парадигме. Ниже рассматривается их природа.

Коллективное познание во многих смыслах более высокий уровень по сравнению с индивидуальным познанием.

Функционирование и развитие. Хотя внимания развитию открытых образовательных систем большое, все же более глобальным (по функциям, распространенности процессов, устойчивости результатов и др.) является их функционирование. Оно в первую очередь и обеспечивается ресурсами. И даёт результат.

Будущее можно определить по-разному: формально логически как место на стреле времени; как проект (совокупность действий) по производству новообразований (в смысле В.В. Давыдова) или как развитие. Целевое образовательное действие по содержанию связано с нормой. Получается, что без целесообразной (культурной!) нормы нет развития. Так строились все наиболее значимые программы в образовании, например реформа физического образования 60-х годов.

Будущее образования зависит от многих, по логике внешних, культурных и социальных аргументов-ресурсов. Но фундаментально важно, что будущее строится, т.е. рукотворно. Для осознанной и целенаправленной деятельности необходимо иметь методологические ориентировки. Кроме понятийного уровня изложения ниже заданы схематизмы-модели, которые позволяют «видеть» под их углом зрения нашу образовательную действительность.

Итак, тенденции развития физического образования рассматриваются как социокультурный процесс. Они настолько глобальны, что интерпретируются именно как естественный процесс (индивидуализации, гуманитаризации, профессионализации, развитие творческих способностей и др.). Тогда развитие представляет собой изменение под какую-то цель в результате направленного действия на эти процессы (рис. 3.6). Например, в методике обучения физике исторически эффективным (удачным) является проект-действие по развитию творческих способностей с помощью усвоения научного метода познания. Давление на практику этим образовательным действием, что уже исторически видно, приводило к развитию как системы обучения физике, так и школьников.

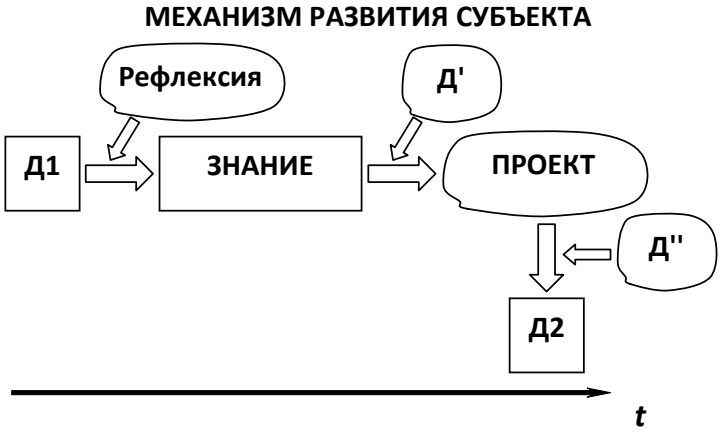


Рис. 3.7

Будущее (т. е. в нашем смысле развитие) может быть представлено как проект, как деятельность по построению новой деятельности, а отсюда – новых знаний, т. е. процесс построения будущего понимается как процесс производства и использования знаний. В настоящее время понимание развития любого субъекта как просто трансляции старого опыта во времени – непродуктивно.

Общее видение механизма развития представлено на схеме (рис. 3.7). От известной деятельности Д1 переход к новой деятельности Д2 идет через рефлексивную деятельность, знания, деятельность по построению проекта, деятельность по реализации этого проекта до построения норм новой деятельности Д2. Здесь проект понимается как основной инструмент построения новой деятельности Д2, которая должна быть усвоена сейчас, а востребована в будущем [176]. Важно, чтобы актуальность этой новой деятельности была понятна сейчас. Приведем пример из практики. В системе подготовки учителей физики в Глазовском госпединституте развернуто производство построения и исследования новых объектов ноосферы как раз с целью освоения студентами такого «опыта рода» как метод познания и преобразования действительности (Ю.А. Сауров, 2009). Следует признать, что в обществе это всегда было востребовано, правда, элитарно востребовано, но только сейчас это стало массово востребовано. И будущее именно за этим.

Развитие в социуме всегда «управляемо» нормами. В системах средств управления «на вершине» расположена методология. Она дает общее видение и смыслы деятельности.

Итак, целевое, например, действие по содержанию и функции приводит к построению нормы. В обучении нормативные требования задают основу содержания образования.

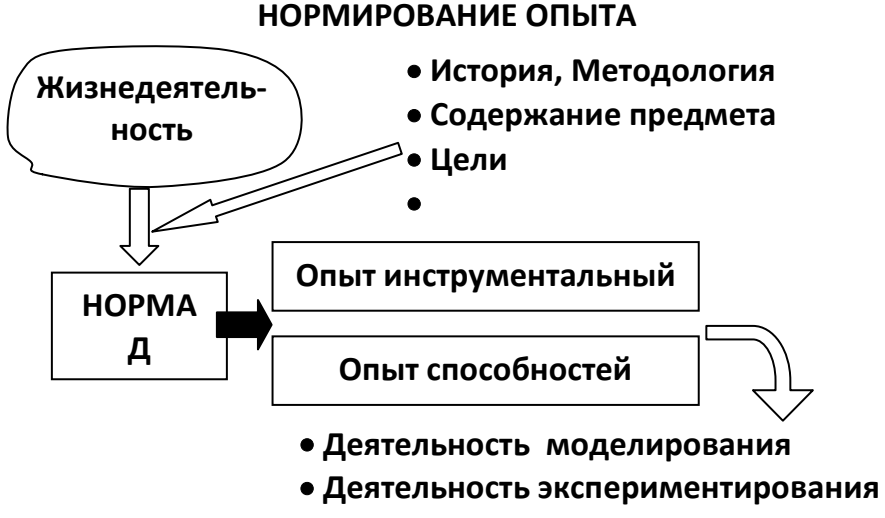


Рис. 3.8

Сейчас существует позитивная тенденция задать эти нормы на языке деятельности. Поэтому, например, растет значение учителя как носителя в своей деятельности норм мышления, мировоззрения, коммуникации, понимания, рефлексии и др. То есть носителя таких фундаментальных для человека норм, которые трудно

формализуются, а отсюда трудно диагностируются текстами, заданиями и т. п.

Хорошо заданные нормы эффективно определяют развитие. Вспомним программу развития В.В. Давыдова через формирование учебной деятельности, которая формулировалась (задавалась на разных носителях) как норма. В методике физики известна программа формирования теоретического мышления через задание структур физических обобщений, знаний (В.В. Мултановский и др.). Под этим углом зрения можно конструктивно для обучения физике увидеть, что социально нет внутренних источников психического развития субъекта, есть внешний источник – норма (деятельности, потребности, общения и т. п.). Наверное, так и должен интерпретироваться известный механизм присвоения опыта из «интерпсихического в интрапсихическое» (Л.С. Выготский).

Трудно переоценить значение задачи построение норм. На схеме (рис. 3.8) в сути показан этот процесс. Кроме методологии, инструментами построения нормы может быть конкретный опыт в разных формах, в том числе индивидуальный опыт. Если инструментальный опыт должен быть понят и освоен, то опыт способностей должен быть принят и усвоен, развивая способности школьника (Г.П. Щедровицкий). При обучении физике, с нашей точки зрения, ядром опыта по усвоению деятельности, обеспечивающего формирование способностей, являются нормы деятельности моделирования и деятельности экспериментирования. Работы по заданию этих норм для массовой школы ещё много.

Рис. 3.9

Сейчас продуктивными и востребованными проектами являются все проекты по развитию творчества при экспериментировании и моделировании. В этой деятельности заключены громадные ресурсы развития физического образования

ближайшего будущего на всех уровнях. Принципиально важно, что эти деятельности несут не только профессиональные знания и умения высокой пробы, но и общекультурные интеллектуальные достижения духа. Логика познания присваивается именно в этих процессах. Именно она определяет способности, именно она устойчива и перспективна, личностно и социально значима. Не случайно настойчивое стремление задать такое решение в учебнике физики нового поколения [115–116].

Методология как ресурс. Методология, вскрывая природу воспроизводства деятельности, выступает в образовании как стратегическая норма-ресурс, причем фиксирует наиболее универсальную коллективную норму деятельности. В метасистеме физического образования для разных элементов (рис. 3.9) свои методологические ориентировки: в науке – методы исследования, методы производства знаний, в практике – методы учения и преподавания, в системах вузовского обучения – методы трансляции опыта… Область подготовки и переподготовки учителей может получить неожиданную интерпретацию как форма нормативного действия. Учитель – основной и системный носитель норм, через него и с помощью него осуществляется процесс трансляции «опыта рода». Не случайно опытные руководители всегда ищут умных учителей… Это самый быстрый и эффективный способ трансляции опыта деятельности.

Принципиальным в любом элементе деятельности является выделение социальных и культурных аспектов опыта рода. Эти аспекты получают выражение в социальных нормах (социализация) и культурных нормах (наука, культурная деятельность). Важно в образовании сохранять баланс этих норм. Можно быть социально успешным, но аморальным, а значит, культурно ущербным или даже опасным.

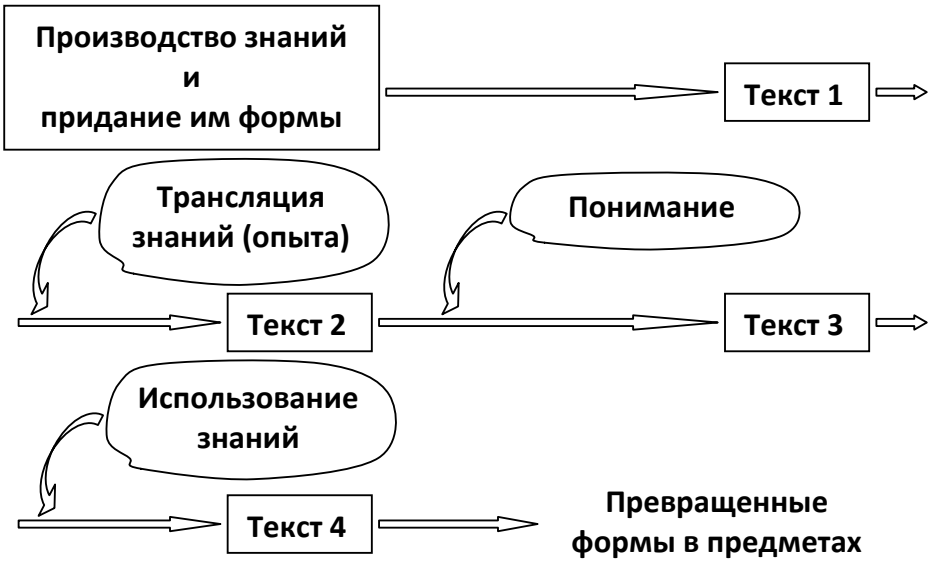


Рис. 3.10

Практика обучения действует фактом на науку, на практику подготовки носителей норм (люди, оборудование, вещи). Но сам факт сложное образование, он «отягощен» целью, методом, в целом опытом. Высшим уровнем развития и представления факта является теоретический факт, идеализация, модель, закономерность. В образовании постоянно ощущается «голод» как на эмпирические, так и на теоретические факты. Для всех элементов системы факт необходим и вносит свой вклад в целостность образовательной деятельности.

Сам **процесс трансляции опыта** от одного носителя к другому может быть представлен схемой (рис. 3.10). Опыт представлен в форме текста. А далее текст через различную деятельность передается, причем при этом он, очевидно, трансформируется под действием опыта субъекта, внешних искажений и т. п. На всех этапах трансляции опыта существуют механизмы компенсации, коррекции. Заметим, это все процессы носят коллективный (по целям, знаниям и т. д.) характер. В целом система приобретает довольно «ветвистый» вид. Фундаментальная мыследеятельность (по Г.П. Щедровицкому) понимается как целостная единица универсума деятельности, внутри которой и происходит производство знаний, текста. Конечно, здесь текст понимается в самом широком смысле, как опыт, знак, смысл. В итоге текст довольно типично в нашей культуре получает материальную форму, форму предметов. В стуле или машине «запакована» определенная деятельность, т.е. текст [143]. Для современного познания важен процесс «распаковки смыслов» окружающих вещей, чтобы пойти дальше в познании и преобразовании мира. Так методология через организацию рефлексивной деятельности управляет образованием.

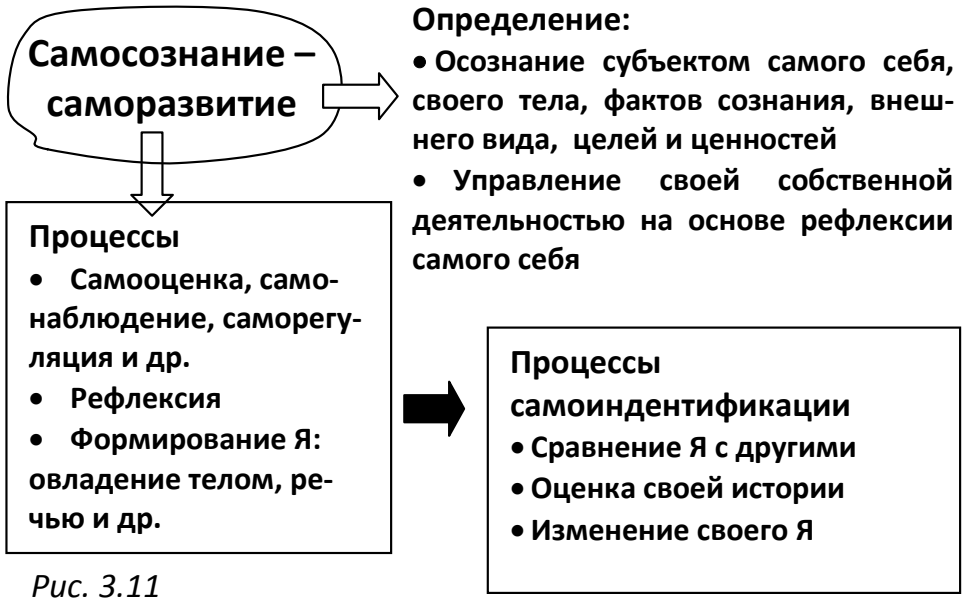


Рис. 3.11

Развитие и саморазвитие. Саморазвитие, с одной стороны, должно рассматриваться как частный случай развития, с другой стороны, как высший уровень (форма) проявления развития (В.И. Андреев). По-видимому, этот процесс характерен не для всех

субъектов образования. Одно из существенных ограничений: это только рефлектирующие системы. Модель-схема процесса саморазвития (рис. 3.11) конкретизирует и дополняет представления о нормировании деятельности субъекта образования. Ключевым процессом, необходимым для формирования действия, здесь является рефлексивный выход, формирование позиционера «второго Я» или «внутреннего собеседника» (по В.С. Библеру). При его целенаправленной «работе» как раз и строится конструктивное действие на тенденции движения системы (субъекта образования). Но даже здесь виден коллективный характер. В итоге и обеспечивается в нашем случае феномен саморазвития.

Отношение к самому себе как к внешней системе, при этом понимание тенденций движения, выделение целей и эффективное построение интеллектуальных действий – весьма сложная, требующая трудной духовной деятельности работа субъекта образования, в функции объекта саморазвития. Здесь и проявляются установки постнеклассической парадигмы познания. Но без этого нет саморазвития. Принципиально важно, что, во-первых, развитие нормируемо, во-вторых, саморазвитие тоже нормировано извне и, конечно, изнутри. Отсюда – задачи построения этих норм, создания условий для их реализации.

Деятелями для развития образования являются учителя, методисты, педагоги. Они широко и в главном несут опыт культурный, но несут и опыт социализации. Нормы культуры дополняются творчеством в ситуации деятельности. И тут нет предела вариантам. Таково наше время, разнообразное и ветвистое. Не случайно М. Мамардашвили писал: «В отличие от математического времени, которое гомогенно и непрерывно, жизненное время разделено, и никакой следующий момент не вытекает из предыдущего» [72, с. 390].

Сейчас уже не только осознана потребность, но и найдены возможности формулирования норм творчества в обучении физике (В.И. Андреев, В.Г. Разумовский, В.В. Майер и др.). Правда, в массовой практике трудностей много. Но в любом случае главным и системообразующим фактором развития образования является живая деятельность Учителя. Такого учителя надо формировать, любить, уважать и помогать. Это наш ресурс.

Коллективная и индивидуальная деятельность. Под влиянием идеологии индивидуализма (через политику, экономическую практику и др.) деятельность стала пониматься и выражаться только как индивидуальная деятельность (Г.П. Щедровицкий). На самом деле деятельность в познании и обучении должна быть нормирована как кооперативная, а значит, коллективная деятельность. И на этой основе должна строиться практика (и теория) обучения. Несомненно, в образовательных

процессах основополагающей и фундаментальной является коллективная деятельность, а индивидуальная деятельность на этом фоне понимается как крайняя форма, вырожденное состояние, как личный результат, способность, продукт. Дело не просто в том, что только в массовой школе необходима и возможна организация коллективной деятельности. Дело в том, что в принципе, формально при индивидуальном обучении, например, в случае обучения на дому, все равно основой, стержнем является коллективная образовательная деятельность. Именно так понимаются устойчивые универсальные методические решения: система знаний, ведущие учебные деятельности, основные методы... Отсюда, например, формальное (только по форме!) дистанционное обучение всегда ущербно.

Конечный результат присвоения знаний и деятельности – индивидуален. Так, например, представляется мышление субъекта образования. Фактически на это всегда обращается внимание психологов. Но сам механизм, процессы присвоения не могут быть индивидуальными, во-первых, потому что они историчны, во-вторых, «опыт рода» формулируется и задается, а отсюда и присваивается в коллективных процессах. Не случайно есть инварианты мышления, например, логика, этапы физического мышления. Значит, проблема в том, как эффективно организовать коллективную образовательную деятельность, чтобы индивидуальный продукт был бы качественным. И осваивался бы качественно в массовом образовании.

Зачем необходимо различение коллективного и индивидуального процессов? Как представить их взаимосвязь, согласованность? Как понимается в этих рамках личностно-центрированное обучение? – вот ключевые вопросы для рассмотрения ниже. Но в целом проблема гораздо фундаментальнее. Г.П. Щедровицкий писал: «Главная проблема времени – это вопрос о том, как сохраниться индивидуальности, личности человека, в условиях включенности человека в организацию» [176, с. 425]. Действительно это острая проблема и трудовой, и научной, и образовательной деятельности.

Фундаментальным основанием для определения отношения коллективной и индивидуальной деятельности является смысл и значение трудовой деятельности. Можно согласиться с утверждением, что «труд, трудовая деятельность подрастающих поколений является основным видом деятельности в онтогенезе» (Г.И. Щукина). Но современная трудовая деятельность – это кооперированная деятельность, с разделением и согласованием ролей. Она – «родовая» деятельность, коллективная по сути. Все остальные виды деятельности (познавательная, речевая, учебная, интеллектуальная, игровая, общественная, художественная деятельность...) – частные формы проявления или функционально вырожденные состояния трудовой деятельности. Их выделение вызвано задачами

специализации деятельности в практике. Итак, очевидно, что целостность человека обеспечивается таким системообразующим фактором как трудовая деятельность. Не случайно именно с ней связывают становление личности, именно за ней стоят производственные отношения, а за ними политическая деятельность.

Ключом для понимания взаимоотношения между коллективной и индивидуальной деятельностью является, на наш взгляд, особенности процедур воспроизводства деятельности, её образованностей. Глубоко принципиальна следующая позиция: «Мы представляем мышление как индивидуальный процесс, потому что у нас принята такая форма нормировки мыслительной работы, нормировки и воспроизведения» (Г.П. Щедровицкий, 2005, с. 346). Особенно последовательно такой взгляд распространен у психологов.

Важно понять, что такая нормировка мышления (и других качеств) вызвана практикой воспроизводства, тиражирования этих качеств, прежде всего в системах образования. Но таким образом могут транслироваться не все качества. В целом индивидуализация деятельности происходит в результате развития структур деятельности, разделения и специализации труда. Регламенты (исторически в форме конвейера) способствуют эффективности деятельности, позволяют организовать технологии обучения. Но в реальности (в ситуации разнообразия) деятельность не реализуется как жестко нормированная, отсюда возникает необходимость взаимодополнения, согласования деятельностей, в итоге – коллективной деятельности.

Для обучения получается: коллективная по природе деятельность препарируется (нормируется) для индивидуального усвоения как норма. Так технологично. И индивидуальное развитие, прежде всего, обеспечивается при освоении всеобщих универсальных норм деятельности, мышления, рефлексии. Но их экстериоризация в социуме (полноценная распаковка смыслов) должна приводит к целостной (коллективной) деятельности. Такая распаковка обеспечивается особенными средствами образования: классно-урочной формой организации учебного процесса, коллективным решением задач, совместным выполнением лабораторных работ, проектов и др. В настоящее время повышение КПД образовательных систем возможно только в случае организации полноценной кооперации и коммуникации деятельности.

Фундаментальный характер коллективной деятельности хорошо представлен в следующей содержательной абстракции – единице коммуникации: учитель производит текст, а через коммуникацию ученик получает и понимает текст; учитель действует как социотехник на школьников, между ними в условиях взаимодействия при кооперации производится какой-то продукт (рис. 3.12).

Г.П. Щедровицкий придавал принципиальное значение такой структуре отношений [176, с. 693].

Фундаментальная категория учебной деятельности в обучении, несомненно, несет «опыт рода», т.е. коллективный (культурный, инвариантный) опыт. И через эту категорию содержание образования так и понимается. Как коллективный понимается и учебный процесс, процесс усвоения опыта деятельности. Только как частная форма этого процесса предстает индивидуальная деятельность.

Важным аргументом в доказательстве нашего видения проблемы являются логико-психологические исследования В.В. Рубцова (1987) **о роли совместной деятельности в обучении**. Приведем здесь ряд принципиальных положений:

- Концепция Л. С. Выготского о психическом развитии «через социальное к индивидуальному» приводит к теории совместной деятельности как детерминанты интеллектуального и личностного развития ребенка (1987, с. 9).
- Не только сотрудничество взрослого и ребенка, но и «совместное, коллективно-распределенное действие» являются основой учебно-познавательной деятельности [126, с. 11].

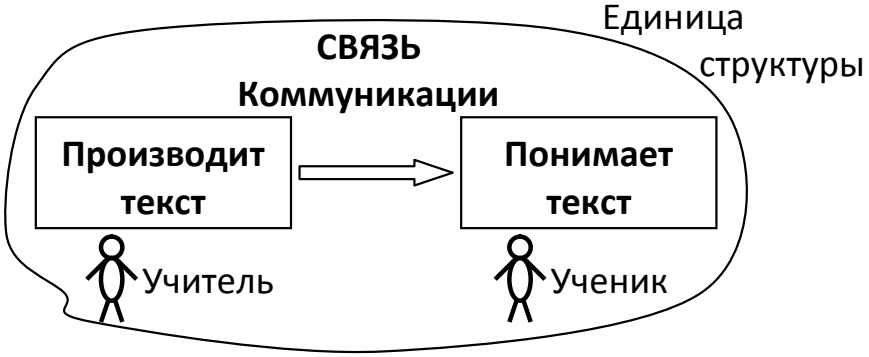


Рис. 3.12

- Раскрытие связей между различными действиями с объектом (а значит знаниями об объекте) обеспечивается распределением и обменом способов деятельности между участниками деятельности (там же, с. 33).
- «Среди средств, обеспечивающих осуществление совместной деятельности… являются коммуникация… рефлексия» (там же, с. 33).
- Знаковые схемы-модели организации деятельности являются средством для «коллективно-распределенного действия» при изучении объекта (там же, с. 34). Процесс «построения совместного действия даже на начальных этапах его организации существенно отличается от формирования индивидуального действия» (там же, с. 93).
- «Специально организованное совместное действие, опирающееся на распределение индивидуальных операций и обмен ими, является основой возникновения учебно-познавательной деятельности у детей» (там же, с. 104). При этом эффективным средством организации является использование знаково-символических моделей и схем.
- В ситуации коллективной деятельности активно формируется рефлексия, а кооперация является источником умственного развития (там же, с. 119, 152).
- Новой формой обучения «лежит овладение детьми новой системой отношений со взрослым и между собой» (там же, с. 152).

Итак, с точки зрения методологии и психологии есть принципиальные подтверждения фундаментального значения коллективной деятельности для освоения «опыта рода» в условиях обучения. Однако, в последние годы практика обучения плохо ориентируется на этот ресурс повышения качества обучения в массовой школе.

Сформулируем ориентировки-выводы. 1. Можно обоснованно утверждать, что коллективная деятельность – первична, фундаментальна, основополагающая в познании и обучении. Иное дело – форма её организации: разве успех участника олимпиады – это результат индивидуальной деятельности. 2. Не бывает развития вообще. Но индивидуальная цель обычно испытывает сильное вкусовое давление, и поэтому в этом контексте ущербна. Отсюда для «профилактики» верных решений необходима коллективная деятельность, необходимы согласования, оппозиция в поисках целей и методов. И главное, нужны принципы, в том числе принципы обучения.

Очевидно, что образовательные системы с коллективной деятельностью более открытые, более развивающиеся... И внимание к ним на новом витке научной рациональности объяснимо.

3.6. Вечная проблема научного метода познания и вопрос о формах знаний*

Методическая, (познавательная и проектная по смыслам) деятельность в обучении физике – всегда многофакторная и разнородная. А формулируемые методические знания несут ориентировки учебной деятельности. В идеале они скрепляют систему, в том числе открытую. И в этом их дидактическое значение.

Индивидуальная жизнь и познание. Нет сомнения, что познание – вечная, интригующая, проблемная тема человека. Согласимся, что такое чувство любовь, уж, точно вечная и великая тема-форма! Великие стихотворения – всегда чистая форма (чистая мысль) по поводу темы. И каждое поколение вносит в них своё содержание (свои смыслы) и понимает их по-новому. А формы уходят с поколениями. Тут не убавить и не прибавить... Наверное, во всем всегда так. Но какой-то «сухой остаток» остается. Какой и в какой форме? – интересный вопрос.

* Публикации: Мысли Василия Разумовского о научном методе познания в дидактике физики // Сибирский учитель. 2018. № 1. С. 5–9. Мир чувств Василия Разумовского // Учебная физика. 2020. № 3. С. 59–66. Ещё раз об источниках знаний и о понимании в обучении // Учебная физика. 2021. № 1. С. 36–41. Сауров Ю.А., Петрова Е.Б. Знаки и чувства в обучении физике // Физика в школе. 2021. № 2. С. 3–11.

Почему мы так страстно читаем книги, и это так значимо для понимания мира и самого себя? По-видимому, там для нас образцы знаний и действий. Но, конечно, реальные знания и действия всегда должны и будут наполнены нашим опытом, нашей жизнью... Особо значима такая «живая» работа сейчас.

В познании, образовании, преобразовании, проектировании мы индивидуально «встречаемся» на стреле времени с системами знаний (в широком смысле опытом) фактически в миг времени и в точке пространства (рис. 3.13). Индивидуально в познании не может быть никакой «робинзонады»: мы не можем пройти сложный зигзагообразный путь от фактов до... Об этом много написано (Э.В. Ильенков, В.В. Давыдов, Г.П. Щедровицкий и др.). Тогда что же получается для развития? Мы «берем», присваиваем формы (идеи) из истории (далекой или недалекой), конечно, одновременно берем и содержание, но почти сразу начинаем в предметной деятельности преобразовывать его, наполняя присвоенную форму (если можем каким-то способом) современным содержанием. И получаем знание, которое в условиях обучения транслируется. Это и есть актуальное сейчас знание. Такова «эгоистическая» правда практики обучения. В ней есть нормативная структура и содержание опыта (проблема только в качестве!), а есть творение нового [63,117,119]. А творение в методике – это экспериментирование, моделирование, конструирование, проектирование.

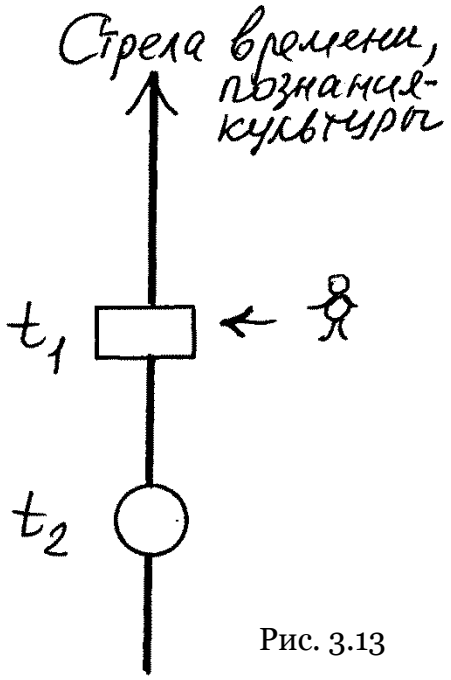


Рис. 3.13

В обучении хорошо бы это делать осознанно, а во многом, значит, – эффективно. Поколения методистов-физиков стремились последовательно от предшественников взять такие формы опыта (конечно, в методике всегда с содержанием) и наполнить их своим содержанием. Может быть, сейчас этот процесс только убыстряется. Правда и то, что авторов идей (знаний, опыта) часто и не помнят и не вспоминают. Даже если в реальной практике идеи живут не так долго, но в культуре они сохраняются и могут быть однажды востребованы трудом исследователя или деятеля. Не забыли ли мы, что дети по форме и содержанию говорят «от взрослых»? А не значит ли это, что для продвижения в школьном образовании надо поставить методологическую культуру учителя?

Ориентировки учебной деятельности. В истории есть великая и наиболее распространенная ориентировка деятельности –

«по образцу». На наш взгляд, примитивно трактовать её как повторение, в том числе в процессах обучения. А ведь это по статусу методологическая ориентировка. Ориентировка деятельности – это всегда только ориентировка, в каком-то смысле структура деятельности при сравнительно широком разнообразии содержания. Задание (нормы) структуры деятельности нельзя путать с творением содержания… Задумаемся, разве мы знаем мало фактов, когда при единстве структуры (формы) содержание в итоге разное? Простой, но фундаментальный, пример: процесс обучения в классе во многом структурно одинаков, но его наполнение – весьма разнообразно.

Обратимся ещё к устойчивым примерам как к формам «опыта рода».

1. Известно многократное высказывание В.Г. Разумовского о том, как он использовал из письма А. Эйнштейна мысли о логике познания, оформил и применил её, назвав «принцип цикличности». В письме приводится схема-рисунок (форма!) логики познания, которая в итоге является ориентировкой познавательной деятельности. Вот как предстает эта схема: а) данные чувственного опыта, т.е. предметного, материального опыта, в частности в форме фактов; б) прямо или косвенно на основе фактов строятся «аксиомы»; в) из аксиом выводятся (логически, практически) следствия; г) выводы согласуются (проверяются) опытом [111, с. 25; 121, с. 89]. Методическое обобщение приводит к принципу цикличности «факты – гипотеза…» [111, с. 14]. Но сначала источником этого известного методического знания был тезис В.И. Ленина «от живого созерцания к абстрактному мышлению…», и сам автор на это указывал [111, с. 8]. Логика здесь не менее ясная, но нуждается в иной перестройке формы выражения под задачи обучения физике. Так, «живое созерцание» как процесс фиксируется в форме результата «факты», а «абстрактное мышление» принимает форму «модели» и др. Историко-методологический процесс получения этого методического знания понятен и естественен.

Отсюда **первый вывод**: форма знания была взята из «кубышки» истории мысли.

Но **второй вывод** важнее: эта логическая форма стала наполняться содержанием, в том числе представлениями других авторов. Так в методике к фактам стали относить некие устойчивые знания [133, с. 81 и др.], в статических системах знаний схема стала использоваться без последнего этапа «эксперимент», сам эксперимент приобрел совсем иную интерпретацию «эксперимента над понятием» [48,63,138], схема стала применяться к собственно методическим знаниям и к учебным знаниям… Подчеркнем, что и наша методическая практика как раз в многочисленных статьях шла в этом направлении.

2. Но в качестве аргумента личной практики всегда недостаточно. Приведем ещё пример. Десятилетиями В.Г. Разумовский настойчиво обращал внимание на схему (норму!) научного метода познания, как принципа организации учебного мышления, структурирования содержания, понимания физических явлений, призывал следовать этой форме при изучении физики во всех классах. Но дело шло и даже сейчас идет трудно. И фактически потому, что требовалось заменить формы старого опыта исторически сравнительно новой формой, да ещё и наполнить её современным содержанием. Оказалось, что в образовании это не по силам индивидууму. Это дело программы, это дело учебника. Вот почему в последнее десятилетие он настойчиво шел к написанию учебника под эту норму познавательной деятельности.

Проблема онтологизации знаний. Пока в дидактике физики не принят и не осмыслен этот процесс познания [48]. Он заключается в познавательных процедурах (онтологизация, объективация, овеществление) придания онтологического статуса результатам предметной деятельности людей. Значимость этих процессов трудно переоценить – так строится (так понимается) наш материальный мир. И так оформлялись все великие открытия физиков. В этих процессах – удивительная особенность человеческого «видения-познания» мира.

Нет сомнения, что методика обучения физике как педагогическая наука строится (и стоит) на деятельностной парадигме [47]. Более того, в методологии жестко формулируется: «Это положение – движение от деятельности к объекту, а не от объектов к деятельности – является основным и определяющим все остальное принципом философии. Для положительных наук, наоборот, основным и определяющим является принцип, что в исходных пунктах лежат объекты, а знания их отражают или отображают» [175, с. 371]. Вот почему для методики обучения физике мы при изучении явлений вынужденно начинаем с выделения объектов и идем к их описаниям. Но одновременно, по крайней мере в методиках, процессуально обеспечиваем освоение деятельностной природы знания. Принципы активности познания, разнообразия деятельности (и другие) направлены как раз на это.

Итак, онтологизация – это процедуры и их результат придания знаниям (некому опыту деятельности) формы существования, в том числе в форме объектов или даже вещественных образований [176, с. 437 и др.]. Г.П. Щедровицкий писал: «Свойства объектов – это то, содержится в деятельности, то, что ею было создано, а потом свертывается и приобретает организационную форму существования в виде особых конструкций – объектов» [175, с. 199]. Для методики важно понимать, что в «готовом виде» мы не получаем объектов, а представлениях о них есть результат разнообразной предметной

деятельности, в итоге – суперпозиция предметов [48]. Вот почему так важно не просто аккуратное запоминание, например, определения, а понимание явления как «единства во многообразии» **в ходе «живого» исследования.** И здесь для методики обучения физике фундаментальное значение имеет экспериментирование, в том числе в форме экспериментирующего мышления. В двух смыслах: как дидактического экспериментирования с образовательной реальностью; как экспериментирования с физическими объектами и явлениями «учебной» природы. При этом стратегически логическая схема едина. Первый шаг – всегда выделение, построение, «творение» реальности. Второй шаг – описание, представление, получение знаний, а затем – использование знаний (как формы опыта). Проектирование реальности, где экспериментирование доминирует, с нашей точки зрения, и есть онтологизация знаний. Не случайно в психологии так значим процесс экстериоризации знаний, а в итоге – творения субъектом своего мира. В целом, прямо или завуалировано такая логика всегда была важным объектом усвоения в обучении физике. В массовой школе сейчас её так не хватает. Вот почему под таким углом зрения опыт социализации в обучении физике так важен [121].

Многие знаменитые физики многократно утверждали о значимости первоначальной идеи, только потом она находит воплощение в объектах и описаниях. Значит, субъективно первичным даже в физическом познании оказывается мыслительная деятельность, а только потом через получение знаний формируются онтологические представления об объектах. Конечно, можно интерпретировать, что сама мысль формируется на фактах природы. Но откуда факты? (Так мы быстро приходим к «дурной» бесконечности.) Исторически сами объекты (факты) первично в коммуникации задаются как знания, только потом в ходе познавательной деятельности, наполняясь новым содержанием, предстают (или нет) реальными объектами природы. Так было в науке, так и в образовании. Признаемся, что пока мы плохо осознаем значение знаков в обучении [138]. И «онтологическая прямая» познания, реализуясь в разнообразной предметной деятельности, предстает формулой: факты «приходят» из практики в том числе научной; знаковые модели – из науки, из «волшебной» научной деятельности (рис. 3.14). При этом в каждой точке логической линии учебного познания мы имеем целый ряд материальных и знаковых действий: поиск, выделение и обозначение фактов, отбор или построение моделей объектов и явлений, проверка моделей на истинность, определение границ их применимости и др.

Методологическая мораль. Особенно остро методологические проблемы познания существуют в самой методической науке. Её прикладной, деятельностный, нормативный

характер усложняют формулирование логики методического познания. Но все равно эту область деятельности совершенствовать надо. Итак, выявление подходящих форм знаний и их наполнение – это типичная и широко распространенная методическая деятельность методистов-физиков и практикующих учителей. Это одновременно нормативная и творческая деятельности. В методике такая практика имеет ведущее значение.

Стратегический (фундаментальный) характер имеет методическая деятельность по поиску и созданию новых форм и, естественно, новых содержаний. Это исследовательская, поисковая (например, ошибок при заполнении содержанием исторически сложившихся форм знаний), познавательная, творческая деятельность, в ходе которой получается новое знание. В том числе и о

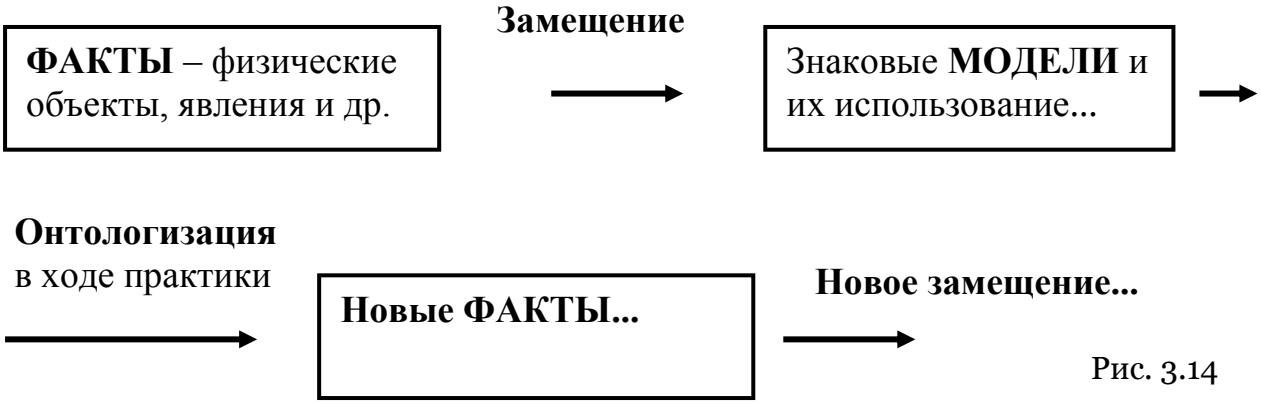


Рис. 3.14

том, как нужно организовывать и транслировать это знание, эту деятельность. Именно здесь необозримое поле творчества методистов-физиков.

Вспомнил. Далеко не случайно в библии сказано: «Вначале было слово»...

* *
*

Итоги главы. Уже давным-давно Э.В. Ильенков мудро писал: «Однажды сформированная потребность действовать самостоятельно и разумно делается неодолимой потребностью и будет обнаруживать себя во всем – и в учебе, и в труде, и в отношениях с другими людьми, и в научном мышлении» [35, с. 60]. Ключевой вопрос для методиста: как это обеспечить средствами предмета? Жизнь подсказывает, что это возможно. Отсюда и надо действовать. Хотя со временем оказалось, что индивидуальных усилий, скажем мягко, маловато. Но и никакой иной альтернативы для субъекта нет. И, похоже, это всегда так. Да и кто померяет наши возможности что-то изменить в жизни?

В главе обозначены средства-инструменты совершенствования методики обучения физике на новом этапе её развития.

Глава 4. Проблема методов построения методической реальности

Тому, кто в этой области что-то открывает,
плоды его воображения кажутся
столь необходимыми и естественными,
что он считает их не мысленными образами,
а заданной реальностью.
А. Эйнштейн [179,с. 181]

Различение практических знаний и теоретических знаний в прикладной науке методике обучения физике объективно затруднено. Так при реализации сконструированной методики одновременно происходит формирование и освоение «заложенного» опыта. В принципе, это искусственный (культурный) процесс. А вот исследование реальности освоения, т.е. неких остаточных результатов образовательных действий, – это изучение природы «живой» человеческой деятельности. Это – и есть научное познание, в идеале нацеленное на объективно новое знание, на открытие.

4.1. Творение норм деятельности как метод построения образовательной реальности

О предмете рассмотрения. Что есть методическая реальность? В мягкой форме можно ответить так: образовательная деятельность субъектов (школьников, учителей), совокупность средств усвоения, некоторые социально-психологические условия.

Для развития чего-либо мы должны в какой-либо форме иметь объект деятельности. Ниже в параграфе, для конкретизации представлений второй главы, мы центрируем внимание на конструктивном потенциале норм деятельности. В настоящее время социальные, экономические, духовные, в частности информационные, процессы в обществе становятся динамичнее, отсюда в значительной степени и сложнее. Постепенно изменяется социальный заказ – все настойчивее ставится задача формирования не только человека «знающего», но и умеющего быстро включаться в новый вид деятельности, оперативно работать с информацией, принимать решения в быстро меняющихся условиях. То есть требуется становление деятельного, самодеятельного (рефлексивного), мыслящего, «знающего и умеющего» специалиста – культурного в широком смысле.

Образовательные и, конкретно, интеллектуальные процессы (в противопоставлении с логикой классической парадигмы) являются целенаправленными. Для них нет идеальных моделей и их закономерностей. Для методики обучения физике эти процессы (и их представления) нормативные, их творение и использование специфично. В частности, возможно на основе норм построение нормативных моделей, установление их отношений [176, с. 391]. Ранее мы обращали внимание на потенциал установления инвариантов в методике обучения физике [145].

Процессы целенаправленного и культуросообразного становления современного человека являются трудными, многоаспектными, начинаются еще в детстве и продолжаются всю жизнь. Формирование указанных качеств всегда происходит в ходе деятельности самого субъекта. Так, в школе особое значение для развития личности приобретает учебная деятельность. Именно ее формирование и развитие способствует развитию сознания и мышления учащихся, когда при усвоении теоретических знаний «возникают» и оформляются мыслительные действия.

Однако теория и практика обучения нуждаются в согласовании нормативного и творческого подходов к организации учебной деятельности. Например, несовершенства, иногда и ошибки нормирования приводили и приводят к формализму в различных формах, а чрезмерное «увлечение творчеством» снижает уровень освоения социально ориентированных предметных знаний и умений.

Повторим, мы осознанно соотносим творческую деятельность не с репродуктивной, как это классически принято, а с нормированной учебной деятельностью. Считаем, что в общем смысле любую деятельность можно нормировать, по сути нормативная деятельность является деятельностью по технологичному представлению усваиваемого «опыта рода» в виде норм. Нормативный подход является своего рода «методическим инструментом».

Наши исследования [47–48,92,102–103,130,133,138–139,145] показывают, что современное, рациональное, смысловое нормирование учебной деятельности и содержания, и последующая организация освоения выделенных норм, являются эффективным способом не только усвоения предметного материала, но и развития учащихся. С этой позиции перспективно в обучении говорить не о репродуктивной деятельности учащихся как о воспроизводстве содержания и известных способов деятельности, а об освоении универсальных норм знаний и умений, являющихся своего рода инструментами (языком) в организации познавательной деятельности учащегося. При этом в главном и усваивается культура (наука).

Итак, проблемы нормирования опыта деятельности – вечные. Типична и рефлексия этих проблем: специалисты во все времена фиксировали многочисленные недостатки в усвоении норм «опыта

рода»*. Странной, на наш взгляд, является устойчивость этих недостатков: что-то не так... Отсюда и вырастает наша задача: на разных уровнях современной образовательной методической системы необходимо и возможно согласование нормированной и творческой (учебной, трудовой, методической...) деятельности.

Принцип построения образцов реальности. Если описание чего-либо – это задание норм видения, то тогда реальность всегда, в первом приближении, нормированная, искусственная, культурная, образовательная. Адекватность такого утверждения всегда опирается на исследование и практику. Но реальность самостоятельна, хотя в ходе деятельности по ее определению (изучению) объективно и субъективно происходят творческие изменения. Итак, ко всему прочему реальность процессуальная; отсюда следуют ее неопределенные сложности, связанные с творением. И на каждом этапе возникает проблема согласования норм и реальности. Такая постановка дидактической задачи всегда приводит к творческой исследовательской предметной деятельности и в познании, и в образовании. Но значимость «нормативности» реальности не затеняет. Сказанное твердо толкает в поиске решений на платформу идей постнеклассической рациональности.

Теоретические поиски оснований для формулировки важного отношения нормативной и творческой деятельности в обучении. Классически признано, что нормирование содержания образования включает четыре блока основных элементов социального опыта, подлежащего усвоению (см. подробнее 2.3). Заметим в скобках, что в этой модели содержания образования оправданно отсутствует выделение нормативной деятельности. С нашей точки зрения, различение «нормативное – творческое» несет иные функциональные смыслы: центрирование деятельности идет от одного уровня социального опыта к другому уровню в рамках одного предметного содержания. И, таким образом, подчеркивается их единство. Далее в зависимости от учебного предмета идет более детальное нормирование знаний и умений. Последние два блока элементов «опыта рода» прямо задают в той или иной форме творческую деятельность, которая по структуре, составу и процессам нормируется сложнее и труднее. Но и ее организация все же управляется особыми, обычно методологическими по статусу эвристиками (нормами).

В методике физики всегда уделялось особое внимание усвоению опыта творческой деятельности при решении теоретических, изобретательских, экспериментальных задач, организации проектной

---

* Известный педагог М.Н. Скаткин указывал, что «знания многих учащихся поверхностны, носят описательный характер, не приведены в стройную систему, плохо связаны с жизнью. Невысокий уровень развития общеучебных умений, особенно умения самостоятельно добывать и творчески применять знания к решению нестандартных задач…» (Единство прошлого и будущего // Советская педагогика. 1987. № 12. С. 132).

деятельности (например, работы В. Г.Разумовского [111], Е.И. Вараксиной, В.В. Майера [12,59,114–117,119]). Но заметим, что основные силы и внимание все равно всегда были направлены на усвоение знаний и умений репродуктивной деятельности. Фактически стратегией методики являлось эффективное нормирование этого опыта в формах концепций, программ, учебников, методик. Большое значение уделялось традициям, порою формулировки элементов знаний шлифуются годами. Параллельно шла работа по нормированию правил, процедур обучения. Так создавался язык методической деятельности (своеобразный алфавит), он получал выражение в книгах, издаваемых стотысячными тиражами. Этот жесткий каркас норм определял, в той или иной форме и сейчас определяет, инварианты образовательной практики [131,145]. Итак, нормы (знаний и умений) – это алфавит построения «правильной» деятельности. Но и в этом случае возможно творчество в осознанном поиске и построении вариантов деятельности с предметом, в том числе в форме мышления. Стихийное, природное «творение», например, всегда «неповторение» начальных условий, в культурном смысле не может быть названо творчеством.

В массовой школе рассмотрению нестандартных, творческих задач уделяется внимание лишь во внеурочной деятельности и соревнованиях. В конечном итоге – индивидуально. Но целевая установка на освоение творческой деятельности объективно задавалась, хотя выбор отдавался субъекту. На практике целенаправленную творческую деятельность осваивает сравнительно небольшая часть школьников. Эпизодическая учебная деятельность обоснованно не дает здесь постоянного и длительного эффекта, прежде всего, из-за сложности усваиваемого опыта. Освоение творческой деятельности оказывается редкой удачей, хотя социально и ставятся цели «творения человеком самого себя» (Н.А. Низовских, 2007).

В настоящее время востребованность творческой деятельности в разных сферах жизни многократно выросла. Актуальной становится особая практика (курсы, тренинги и др.) формирования целых систем творческой деятельности, в том числе кооперированной. Возникает множество вопросов: как возможно усиление творческой активности учащихся на уроках; какова дидактическая роль решения нестандартных заданий; как дозировать передачу творческого опыта и др. Прямо или косвенно, но фактически ставится задача нормирования и освоения творческого опыта в школе и вузе. Так поставленная задача оказывает влияние на процедуры нормирования знаний и умений любой деятельности. Наблюдается эффект: в значительной степени снимается противопоставление видов деятельности, все больше проявляется их взаимное дополнение, общность социальной природы.

Феномен творчества как реальность неопределенно широк. При этом творческая деятельность в зависимости от аспекта исследования описывается различными схемами, моделями, а затем и практиками. С точки зрения рассмотрения взаимоотношения нормирования и творчества представляется продуктивным подход к творчеству в рамках процессуально-деятельностной парадигмы, описанной Д.Б. Богоявленской. Автор показывает, что творческие способности являются не особым, самостоятельным видом способностей, они характерны для каждого вида труда[*].

Важно зафиксировать, что в творчестве происходит а) непрерывное и б) качественное (синергетическое) совершенствование деятельности, в процессах которого перетапливается разнообразный нормативный опыт. И творческие способности – результат разной деятельности. Сложное сочетание нормативного опыта достигает вершины в построении нового нормативного знания (законов, принципов, методологии), в целом опыта. И так бесконечно в социуме, в том числе в школе. И роль учителя, как «носителя» нормативной и творческой деятельности, – ключевая для успеха.

Построение моделей творчества (а, значит, его нормирование!) в итоге в образовании позволяет методически грамотно организовать процесс обучения таким образом, чтобы обеспечить переход с одного уровня творчества на более высокий уровень. Мы принимаем, что эти уровни есть, и средствами обучения их можно реализовать (формировать).

Нормативная деятельность, нормирование «опыта рода», учебной и мыслительной деятельности представляет знания и умения в «препарированном», технологичном, в каком-то смысле «удобном» для усвоения виде. И это реальность образования. Её значимость высока. Во-первых, в виде норм конкретно задаются цели обучения, что упрощает этапы планирования занятий и подбора средств усвоения. Во-вторых, упрощается диагностика достижений учащихся. В-третьих, «экономится» учебное время за счет эффективного средства усвоения знаний и умений. Появляется время для решения собственно творческих заданий.

Нормирование различных аспектов учебной деятельности – фундаментальная высокопрофессиональная научная работа в частной дидактике. Исторически это признано. И это тоже важная реальность физического содержания. Как значимая часть этой реальности – нормирование физического мышления. В теории и практике обучения физике острой, многолетней и трудно решаемой проблемой является освоение теоретического мышления (В.В. Мултановский,

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

В.Г. Разумовский, В.В. Майер и др. [59,77–78, 112–114]). И основную причину мы видим в непонимании методистами и учителями значения вопроса о нормировании мышления как деятельности. В разных системах функционирования физического образования, к сожалению, нет согласованной и последовательной практики построения и использования норм на разных языках (физическое содержание, процессы учебной деятельности, системы диагностики). Расшифруем **методологию построения системы норм** (без них нет этой реальности!) современного физического мышления:

- Выделение под цель физической системы: а) определение физических объектов согласно фундаментальным теориям, в механике – макротела, в электродинамике – заряды и макроскопическое поле, в квантовой физике – системы элементарных частиц, б) выбор языка описания задаваемой онтологии, например, определение системы отсчета для характеристики механического движения.

- Определение (под цель, ограниченно) движения и взаимодействия физических объектов, т.е. задание нужной реальности.

- Построение иерархии описаний: а) сначала модели тел и взаимодействий, исходные и фундаментальные – модель материи – материальная точка, модель взаимодействия – на расстоянии две материальные точки взаимодействуют с помощью передачи-обмена третьей; б) фундаментальные физические величины как характеристики свойств объектов, движений, взаимодействий.

- Обозначение границ применимости знаний: эмпирическое познание сильно зависит от процедур фиксации фактов, например от процедур физических измерений, расчета погрешностей и др.; теоретическое познание сильно зависит от исходных идей, моделей, математических средств получения следствий и др.

Дальнейшая конкретизация формулировки норм учебной деятельности сильно зависит от потребностей и возможностей практики. В каждом отдельном случае нужна мера расшифровки норм знаний и умений. Эта методическая деятельность, как образовательная реальность, должна быть все время в центре внимания. За ней успехи в организации процессов обучения [27–28,47–48,53,58,67,87–91,152,158].

Итак, в деятельности людей всё нормируется. Такова форма «опыта рода» для его трансляции в обучении и дальнейшего развития. Так сложился научный алфавит отражения опыта деятельности. Признаемся, что творческая деятельность по её ореолу – привилегированная, считается сложной, высшей, не нормируемой и т.д. Но её дидактическое значение, по нашему мнению, во всем масштабе деятельности существенно скромнее нормированной деятельности.

Усвоенные нормы учебной деятельности являются своего рода инструментами, позволяющими учащимся организовывать свою познавательную деятельность. Например, известно, что «отправной точкой» мыслительной деятельности является выделение объекта (М.К. Мамардашвили [72])*. Мышление является предметным, «процесс познания начинается с рассмотрения конкретных предметов и их свойств»; тогда такая норма деятельности как «начинать решение любого вида заданий по физике с выделения объектов и явлений» дает учащемуся инструмент начала деятельности (он знает, с чего надо начать), уменьшая количество возможных ошибок. Если учащемуся дать подобного рода «инструменты», то его деятельность (по природе нормативная!) будет более эффективной, а по итогу даже более творческой. И, если методически грамотно обеспечить логическое продолжение этой деятельности, то постепенно учащийся «выйдет за рамки задачи», начнут формироваться элементы творческой деятельности. То есть освоение базовых норм деятельности (мыслительной, учебной) способствует формированию устойчивых познавательных мотивов, что дает немалые предпосылки развитию творческих способностей.

Итак, **культурное творчество** – это процесс преодоления старых норм и формирования новых норм**.**

Инструментарий нормативного конструирования образовательной деятельности (как реальность!) должен идти в рамках специальной двухкомпонентной системы, основанной на представлениях о нормировании любой деятельности, в двух направлениях: а) по линии построения норм современной учебной (мыслительной и др.) деятельности, б) по линии разработки наиболее рациональных методов освоения норм. При реализации методики это позволяет:

- избежать методических ошибок в представлении места нормативной и творческой деятельности в обучении;
- снять ряд проявлений формализма в обучении;
- эффективно осваивать учащимися современных норм предметной деятельности, а в последующем их преобразовывать в ходе творческой деятельности;
- повысить уровень мотивации учащихся;

---

* Многочисленные высказывания ученого явно несут нормативные установки деятельности: Мышление связано с внешней деятельностью, с пониманием, речевой деятельностью, рефлексией, предметной деятельностью. Мышление связано с волей, с внутренней целью: «в каком-то смысле естественным образом мыслить нельзя». С другой стороны, «нет никакой натуральной причины, природной последовательности событий, которая порождала бы в человеке мысль». «Первый акт мысли – это фактически выделение чего-то, о чем вообще можно мыслить, так сказать, выделение области мысли»; «...хотя мысль, несомненно, ментальное состояние… но по сути, в своем фундаменте она есть действие, благодаря которому у нас и появляется, помимо отражения, возможность создать что-то» [72, с. 47,82,139,383].

- снизить количество проявлений типовых затруднений учащихся за счет того, что освоенные нормы деятельности являются «инструментами», «запускающими» процессы мышления и учебной деятельности.

По субъектам образования рассмотрим различение дидактических ролей нормативной и творческой деятельностей. Можно выделить: нормированной деятельности как факта науки, нормирующей деятельности методиста, преподавательской деятельности учителя как научной (нормативной) и творческой деятельности; нормированной учебной деятельности школьников как объекта присвоения, и некоего творчества как естественной (в реальности необходимой из-за разнообразия начальных и граничных условий) деятельности учащегося по вариации норм и их освоения; нормирования кооперированной деятельности школьников. В целом для успеха практики (реальности) необходимы рациональные модели нормирования и внедрения норм деятельности.

Дидактические следствия. Для практики не противопоставление и даже не дополнение, а согласование нормативной и творческой деятельности имеет для организационно-процессуальных аспектов образования революционное значение. По сути дела (и здесь много подтверждений у психологов, педагогов, методистов) деятельность непрерывно выращивается, имея в каждой точке процесса нормативную и творческую составляющую. Практика – это значит, что есть просто нормальное, хорошо нормативно обеспеченное образование, по идее для любого школьника. И есть шанс у любого школьника на любой уровень освоения опыта. Напомним позицию известного методолога Г.П. Щедровицкого, который утверждал, что не понимает постановки вопроса о творческом мышлении [176]. И в методологической модели мышления [133, с.164] механизма творческого мышления (см. 2.1) просто нет*. В методике, на наш взгляд, такого подхода последовательно придерживался и В.В. Мултановский (1976).

Покажем на **типичных методических приемах** организации учебной деятельности школьников единение нормативной и творческой деятельности. И конкретизируем вопрос об особенностях управления этими деятельностями.

---

* Он много о значении нормативной деятельности писал: «Нормировки воспроизводят и закрепляют то, мы называем индивидуальным мышлением»; «Логика дает только один частный вид нормировки мышления. Математика, физика суть особые нормировки мышления. При этом он всё всегда нормируют не процессуально»; «Я же говорю: объект видит только Господь Бог. Люди не наделены этой способностью. Люди мыслят, понимают рефлектируют. Мыслят – это значит работают со знаками... Понимают – это значит интерпретируют их особым способом... Рефлектируют – это значит относятся к своей деятельности и начинают в ней... выделять то или иное содержание» [176, с. 344,373,388].

Языки представления (описания) умений этих двух видов учебной деятельности несут по форме близкие нормы, но в учебном экспериментировании (в широком смысле – см. далее) их вариативность усиливается. Предметное богатство действий при экспериментировании со знаниями широко известно на практике [5,63–64,117]. Не случайно освоение творческой деятельности чаще всего связывается с таким экспериментированием.

Приведем пример творения опыта реальной практики нормированием вопросами деятельности учащихся по изучению нового материала в старшей школе с углубленным изучением физики. Причем методика ориентирована на постепенное усиление (формой и содержанием) творческой деятельности. Эта организация учения в целом, несомненно, носит нормативный характер.

Текст задачи: Оцените температуру в центре Солнца, используя модель идеального газа. Необходимые данные взять из справочников. Плотность газа считать постоянной.

Краткое решение. Прежде всего, разрешим вопрос о реальном физическом явлении задачи. Что нам дано? Явно задан физический объект Солнце, объект, параметры которого сравнительно известны в справочниках. Что же это за объект? Прямо в тексте задачи не сказано, но задано условие – использовать модель идеального газа. Значит, предположительно в рамках задачи, – этот объект облако газа. Что-то с объектом происходит? Нет, это статическое состояние газа. Одинаковый ли по свойствам газ в разных частях Солнца? Уточним состояние такого газового объекта, причем нас интересует только газ в центре: там у него постоянная плотность, один вид газа, одна температура, одно давление. А что значит «в центре»?

Займемся описанием «газового» объекта. Состояние идеального газа описывается законом (уравнением) Клапейрона-Менделеева $PV = \frac{m}{M} RT$. Для определения температуры нужно найти четыре параметра.

Газ, предположительно, – водород. Что нам это даёт? Какие аргументы можно привести в пользу выбора именно этого газа? Какие недостатки нашей теоретической модели уже очевидны? А какие ещё газы есть на Солнце?

Для определения температуры в центре Солнца надо знать давление в центре Солнца. В принципе, оценки давления можно найти в справочниках, но можно сделать это и самостоятельно. Используем следующие теоретические знания:

- давление газа в поле силы тяжести определяется по формуле: $p = \rho \bar{g} h,$ где $\bar{g}$ - среднее ускорение свободного падения;
- из справочников ускорение свободного падения на поверхность Солнца равно $g_0 = 274$ м/с^2;
- можно считать (почему?), что ускорение свободного падения

изменяется по линейному закону, тогда его среднее значение будет равно: $\bar{g} = \frac{g_o}{2}$.

В целом получаем выражение для давления: $p = \rho \bar{g} h = \rho \frac{g_o}{2} r.$

Простые преобразования с учетом уравнения Клапейрона-Менделеева дают выражение для температуры: $\rho \frac{g_o}{2} r = \frac{m}{M} \cdot \frac{RT}{V} = \rho \frac{RT}{M}$,

$T = \frac{g_o M r}{2R} \approx 10^7 K.$

Полученное значение температуры следует признать достаточно «разумным» для нашей оценки. Оно соответствует реальным значениям температуры. Таким образом, даже для сложных физических объектов простые теоретические модели в состоянии дать «разумные» объяснения. Какие же недостатки «газовой модели» Солнца можно обнаружить из содержания решения задачи? Почему можно говорить лишь об оценке температуры газа? Можно ли с помощью модели «идеальный газ» описать состояние всего Солнца?

Ещё пример. В обучении эффективным и востребованным методом освоения деятельности является организация процессов решения учебных задач. Именно процессов. Успех освоения необходимого опыта деятельности зависит от культурно «правильной» (Э.В. Ильенков [33–35]) нормируемой деятельности, где процесс решАния (А.А. Устиловская [157]), с одной стороны, довольно твердо теоретически нормирован, с другой стороны, такой организацией стимулируется богатство творческих решений (В.А. Орлов, Ю.А. Сауров, 2010).

Успех организации процесса решАния зависит от «правильных» норм качественного выделения и анализа физического явления, от «чистоты» экспериментирования, от построения моделей описания явления. Управленческую роль учителя здесь трудно переоценить.

***Качественная задача**: Будет ли одинаковым время подъема и время падения тела, брошенного вертикально вверх?*

Организация физического мышления при кратком решении. Какое же *физическое явление* мы имеем? Нас интересует движение одного неопределенного тела. Другое важное тело, Земля, выступает в качестве условия. Третий немаловажный объект, про который мы часто забываем, – воздух. Почти просто: на тело действуют два других тела, есть ещё начальные условия – какая-то начальная скорость. Интересно, если начальная скорость равна нулю (а ведь может такое быть!), то как будет двигаться тело под действием Земли и воздуха? (Интересно, и как может действовать воздух?!)

Определимся, как же все-таки движется наше тело? По условиям, прежде всего, без излишней детализации, прямолинейно. Но как же по скорости и ускорению? Внешние действия изменяют

движение тела: при подъеме вверх действие Земли описывается силой (пока примем, постоянной по величине и направлению, против направления движения), воздух оказывает сопротивление движению, причем сила сопротивления в общем случае зависит от скорости (но мы рационально примем, что сопротивление постоянное). При падении тела те же самые внешние действия направлены по скорости движения.

Погрузимся в описание движения тела. Какое бы требование задачи не было, в конечном счете, любая задача всегда на описание выделенного явления. Итак, тело не меняется, значит, его масса – постоянная. (А может ли быть переменной? И что тогда?) Если нет сопротивления воздуха, то тогда решение простое: движение вверх и движение вниз симметричны, время движения одинаковое. Как это доказать? Надо использовать известные кинематические закономерности. А как влияет отсутствие сопротивления воздуха на построение модели тела? В этом случае тело корректно заменяется (моделируется) материальной точкой. (Для такой модели автоматически нет сопротивления при точечных размерах.)

Далее в таком же мыслительном процессе выясняются особенности описания движения тела основным законом динамики при наличии сопротивления…

Организованная таким образом учебная деятельность школьников позволяет не только «ставить» в учении нормы мыслительной деятельности, но в итоге активизирует творческие поиски самих учащихся.

Теоретическое обобщение. Деятельностная парадигма в понимании и построении образовательных систем и процессов пока современна, востребована и эффективна. При конкретизации понятия деятельности выделяют как фундаментальные процессы-качества субъекта (мышление, рефлексию, коммуникацию), так и такие образования как предметные знания и умения. При этом те и другие нормируются в культуре, что позволяет обеспечивать воспроизводство деятельности. Границы этих процессов, которые определяются отклонениями «живой» деятельности от нормативной деятельности, в формах творческой деятельности после отработки и отбраковки в итоге вновь нормируются и воспроизводятся. Это и есть жизнь и развитие.

4.2. Экспериментирующее мышление как реальность в методике обучения физике

Ракурс понимания образовательной реальности (действительности) многосложный. Но здесь мы обращаемся к сравнительно новому феномену реальности – экспериментирующему

мышлению. И считаем, что за формированием (выделением, расшифровкой) этой реальности будущее.

О процессах мышления, понимания, рефлексии… Мы принимаем установку Г.П. Щедровицкого: «Мышление многомерно. И проблема сегодня состоит в том, чтобы перейти к многомерному мышлению и задать все его измерения» [174, с. 530]. Отсюда при организации реальности мышления учитываются разные аспекты. Для ближайшего будущего актуально последовательное и настойчивое освоение знаковых моделей физических объектов и физических явлений в обучении.

Знаковое мышление как возможность понимания (построения!) физического мира. Физическое мышление – ключевая мыслительная (теоретическая) деятельность, которой надо овладеть в обучении физике. Отсюда и постоянное внимание к ней. Но без знаков (моделей) нет научного мышления, в смысле задания образовательной реальности. И только так она есть. И только так эта деятельность устойчива.

В дополнение к сказанному ранее обратимся к расшифровке задания этой реальности.

Знаки и знаковые образования в содержании обучения. Прежде всего, в физике к знаковым образованиям относят математические модели явлений (обычно уравнения или графики). Очевидно знаки – одна из форм задания физического мышления.

Построение и изучение моделей явлений в целом более сложный процесс, чем выделение и рассмотрение моделей физических объектов. Под моделью явления понимают описание явления через задание моделей объектов, модели движения – через задание модели взаимодействия объектов. А в целом знаковым является любое описание.

Обычно идеализация объектов приводит к выбору моделей объектов; идеализация условий взаимодействия объектов в явлении приводит к заданию уровня сложности модели явления; а задание «механизмов» явления выражается в выделении идей, постулатов, принципов, законов и закономерностей протекания явления. *Обычно в модели явления в зависимости от задачи находят выражение два аспекта: это движение и взаимодействие.* В механике эти стороны физического явления изучаются обособленно: в кинематике рассматривается характер движения тел, а в динамике – причины их движения (взаимодействия).

Познавательная специфика понятия модели позволяет рассматривать не все аспекты того или иного явления, а только те, к которым возник интерес у исследователя. Поэтому при изучении явления возникает вопрос: из чего состоит модель этого явления? Получается, что при изучении явлений в физике с помощью моделей выбирается некий путь (механизм) различения природы. Отсюда и

точки зрения на мир – механическая, статистическая, электромагнитная, квантовая (и другие). Но при решении комплексных физических задач мы обязаны использовать несколько моделей или комплексную модель явления. С точки зрения деятельностной парадигмы, построение модели явления понимается как результат познавательной деятельности людей. Значит, моделей в природе нет, для одного объекта или явления может быть несколько моделей, между моделями исторически существует конкуренция, и все они имеют границы применимости. В целом в результате предметной, мыслительной, рефлексивной деятельности формируются иерархии моделей. Это рукотворная реальность человеческой деятельности. И к ней должно быть такое отношение. Повторим, что в практике обучения пока нет использования нескольких моделей одного объекта.

Знаки и знания. Сейчас в методологии признается, что в человеческом мире единственной фундаментальной реальностью утверждается деятельность. Не любую деятельность знаковыми средствами можно передать. Например, в распространенной сейчас практике использования интерактивной доски мы имеем в качестве объектов оперирования знания и воспроизводим деятельность со знаниями. Знания представляются на доске в форме знаков и их отношений. Но это только один аспект формирования мышления. Внешняя предметная деятельность с реальными объектами здесь отсутствует, хотя она необходима.

В образовании социально-историческая природа мышления проявляется в первичном освоении сначала норм культуры мышления в коллективной деятельности, параллельно и самоценно сопровождающейся, в частности, предметной деятельностью (материальным экспериментированием и др.). Понятно, что деятельность при присвоении норм культуры (в форме знаний) тоже фундаментальна (и реальна!) в обучении, отсюда вся важность организации деятельности со знанием. Причем деятельность со знаниями не должна противопоставляться материально-предметной деятельности.

При массовом обучении, что сейчас все более усложняющаяся необходимость, трансляция знаний – фундаментальный и экономный механизм образования. Но упаковка и распаковка знаний при их трансляции никогда не происходят автоматически, а сейчас тем более требует специальных усилий. Типичная проблема: как за знаком (знанием) расшифровать деятельность? И в какой степени?

Наша теоретическая позиция по деятельности над знанием как практика выражена в ряде следующих тезисов-мыслей.

- Деятельность со знаниями в обучении стара как мир, особенно в математике и физике. Правда, плохо разделяется деятельность со знанием (определение, повторение и др.) для его усвоения как нормы и деятельность со

знанием для его развития и совершенствования (новое доказательство, границы применимости и др.).

- Исторически в методике обучения физике существуют два способа организации деятельности понимания: а) натурный, или узко материалистический, б) деятельностный. И природа знаний через них существенно различается: в первом случае определена схема «объект – взаимодействие – субъект», в итоге – знание; во втором случае вещи, свойства – результат социальной деятельности, образования деятельности, отсюда знания социальны и историчны. В итоге знания – форма существования, «упаковки» опыта; значит, упаковка и распаковка содержания и функций знания важны. Например, в практике обучения физике известны два подхода в определении материальной точки: первый – тело, размерами которого можно пренебречь…; второй – модель тела… Важно понять, что это принципиально разные образования.
- Согласно парадигме деятельности, в обучении происходит присвоение знаний. (Пишут: чтобы стать человеком надо прикрепиться к деятельности, к культуре, знаниям…) Подчеркнем, что в широком смысле знания (как фиксация опыта) – основная форма представления деятельности и отсюда, конечно, учебной деятельности. Но в обучении присвоение знаний идет в разных формах предметной деятельности. Например, широко известно требование теории поэтапного формирования понятий и умственных действий по формированию деятельности в материальной форме [37,40,128,129].
  - Важно, что экспериментирование как учебная деятельность одновременно является формой экспериментирования над знанием под цель – освоение живого (личностного) знания, т. е. опыта. И методолог А. В. Ахутин жестко утверждает: «Короче говоря, то или иное понятие предмета, всегда уже предшествующего научному познанию, – вот что подлежит исследованию экспериментатора уже в самом начале»; «эксперимент есть в равной мере как действие с предметом, так и действие с понятием» (1976, с.14, 240); «Экспериментальное наблюдение требует умения видеть существенное – существенное с точки зрения определенного научно-теоретического замысла: ведь в нём и определяется, что значит существенное» (там же, с. 27); «Развитие теоретического метода идет не от измерения к определению единства, а наоборот. Измерению всегда предшествует открытие «среза» объединения, т.е. открытие того, в чем различие может сравниться» (с. 138); «Разумеется, преобразовать сознание можно лишь в той мере, в какой я вовлекаю его в преобразование предмета, и, напротив, всякое преобразование предмета формирует и новое понятие о нём – это, собственно, и составляет содержание эксперимента» (с. 206). Повторим: «теоретическое понятие может предметно существовать только в условиях эксперимента, т. е. только пока существует реальный предмет, идеальным «продолжением» которого (в процессе предельной идеализации) является понятие» (с. 218–219).
- Рационально различать следующие **единицы знаний**: факты – единицы материала, с которым имеют дело в деятельности; онтологические картинки мира, т. е. изображения реальности; средства выражения знаний, фактов, т. е. языки описания, представления; методы познания, системы методик изучения или исследования, т. е. *нормы* процедур деятельности, заданные как системы знаний; модели объектов или явлений, которые представляют (репрезентируют) частные, эмпирические объекты исследования, т. е. заместители чего-то; знания по статусу в системе теории: физические величины, теоретические конструкты (объекты без опоры на опыт), принципы, гипотезы, законы, постоянные величины, уравнения и др.; проблемы; задачи (научные,

проектные, методические и др.); интерпретации (мировоззренческие обобщения).

- По видам возможно различение знаний на предметные, методические и др. В методике как практике сейчас оправданно выделение трех специфических областей деятельности: науковедческая и исследовательская деятельность (поиск новых научных знаний и их трансляция); проектирование и конструирование содержания образования и методик; практическая образовательная деятельность – деятельность преподавания и учебная деятельность в единстве предметной деятельности и деятельности учения. Последнюю психологи (И.И. Ильясов и др.) задают как деятельность по самоизменению, как рефлексию опыта, отсюда в большей степени как деятельность с личным знанием. Очевидно, что в каждой области есть свои знания и свои особенные деятельности со знанием. И надо это выделять и различать. Например, метод научного познания в форме «факты – модель – следствия – эксперимент» – это одно знание, а принцип цикличности в форме «факты – модель – следствия – эксперимент» – другое знание. Заметим, что **в обучении стратегическим остается задание норм знаний (научных, методологических...), а затем через них овладение деятельностью**.

Мир знаний – образовательная реальность. И его надо систематически обустраивать.

Знаки и модель мышления. Реальность знаний, прежде всего, выражена в знаках. Г.П. Щедровицкий утверждал: «*Мышление формируется не на основе чувственных форм отражения, а вне их»* (1997, с. 579). А на чём это: «вне их»? Ответ: на основе предметной работы со знаками (моделями) в связке с объектами.

Но макро-характеристик (внешних) мышления недостаточно, выделяют слой микропроцессов и их характеристик (см. полнее 2.4). Микропроцессы – более дробные, универсальные акты мыслительного действия. Заметим, что Г.П. Щедровицкий считал деятельность структурой, а И.И. Ильясов, соглашаясь с таким видением, выделяет в качестве компонентов процессы (1986, с. 126). По-видимому, это распространяется и на деятельность моделирования, и на мышление как деятельность, т. е. мышление тоже может представлять собой систему процессов.

Методология в отношении к интеллектуальным процессам (пониманию, рефлексии, коммуникации, мышлению) занимает позицию их внешнего, деятельностного задания (описания). И хотя задача выяснения природы такого феномена, как мышление, остается, но она сдвигается от психолого-физиологического аспекта на логико-социальный. Для этого используются специальные процедуры-инструменты. Одним из эффективных является моделирование, работа с моделями.

Для саморазвития личности, для того, чтобы осознанно вести мыслительную деятельность, надо действовать на мышление речевой деятельностью, знаками, средствами логики, предметными действиями при экспериментировании и т. п. Г.П. Щедровицкий писал: Мы «заместили какие-то объекты знаками – ведь только так мы можем сделать эти объекты предметами своей мысли и

предметами познания. Мы заместили объекты знаками и затем применили к знакам некоторые новые познавательные операции. В результате вычленяется некоторое новое содержание, которое мы опять-таки фиксируем в знаках, в знаках второго слоя» (2004, с. 367).

Здесь мы подчёркиваем, что в описании моделирование выступает как метод, задаёт или организует фундаментальный процесс. Социальная (историческая) природа мышления как ядра любой познавательной деятельности не вызывает сомнения. Но как это сделать продуктивным, учесть в технологии? Так и встает задача знакового задания мышления, т.е. построения модели.

Повторим, в определении мышления уже достаточно четко задается отношение «объект – знак». Это отношение во всех аспектах взаимосвязи должно быть осмыслено и заложено в технику исследований. Известный философ А. А. Зиновьев по этому поводу убедительно писал: «В своем чувственном аппарате люди оперируют чувственными образами знаков, а не непосредственно самими знаками. Люди оперируют чувственными образами знаков в их качестве заместителей (двойников) предметов, обозначаемых этими знаками» [29, с. 11].

Повторим, что присвоение мышления понимается как усвоение норм, «опыта рода», как усвоение системы (структур!) знаний в форме фундаментальных теоретических обобщений – понятий, законов, теорий, физической картины мира (знаки!). Для методики обучения физике важно в полной мере понять, что мышление в процессах обучения «присваивается» как современная норма. И необходимы специальные усилия как для его верного (научного, эффективного) задания, так и для организации соответствующей учебной деятельности (предметной, мыслительной и др.). Выделение и освоение отношения «объекты – знаки, модели» является стержнем, как процесса экспериментирования, так и процесса теоретических исследований (решения задач, моделирования). Реальность мышления в образовании – это его задание в знаках, проговаривание действий с ними в речи, использование при решении любых учебных задач. Выделение реальностей учебной деятельности, как один из вариантов, логично представить схемой (рис. 4.1). Эта знаковая схема, если она задана и реализована в процессах, и представляет черты реальности экспериментального мышления.

В целом сама схема мышления (см. рис. 2.1), несомненно, **несет функции модели**: согласует социально-историческую природу мышления и психолого-физиологические аспекты этого феномена, объясняет некоторым образом интериоризацию опыта предметной деятельности, обеспечивает понимание для процесса обучения замещения деятельности с объектами деятельностью с моделями, объясняет природу и необходимость деятельности с моделями разных уровней и необходимость и роль онтологизации... Следует отметить,

что в модели только косвенно отражается активность субъекта в мыслительной деятельности, хотя значение воли, чувств, мировоззренческих ориентировок деятельности трудно переоценить.

Раскрытие моделирования как формы мышления хорошо представлено в рефлексивной познавательной деятельности современных физиков. Повторим и подчеркнём, что специалисты твердо утверждают: «Даже в тех случаях, когда кажется, что объект чисто объективно существует сам по себе, он в действительности в том виде, каким представляется, существует только в отражении, как модель, и обязательно несет на себе отпечаток деятельности субъекта по его выделению из среды… Ощущения на основании некоторой меры устанавливают границы, как бы структурируя в том или ином отношении отражение мира у субъекта, выделяя границами объекты» (В.Б. Губин, 2005, с. 9,13).

Рис. 4.1

А. Эйнштейн, как бы заранее поддерживая мысль Г.П. Щедровицкого, писал: «Наука занимается совокупностью первичных понятий, т.е. понятиями, непосредственно связанных с чувственными восприятиями… Эта новая «вторичная система», которая характеризуется большим логическим единством, содержит зато только такие собственные элементарные понятия (понятия второго слоя), которые прямо не связаны с комплексами чувственных ощущений. Продолжая усилия для достижения логического единства, мы приходим… к третичной системе, ещё более бедной первичными понятиями и соотношениями…» (1967, с. 203). Здесь емко показана стратегия физического мышления, важная сейчас для развития физического образования.

Итак, получается, что на макроуровне в системе интеллектуальных процессов мышление, во-первых, тесно связано с коммуникацией, пониманием, рефлексией, предметной деятельностью, во-вторых, достаточно узко дифференцируется как

деятельность со знаками (моделями) в связи с исследованиями объектов и явлений реальности (практикой).

Для эффективного ***формирования в обучении современного физического мышления*** необходим поиск новых методических решений. Такая работа, конечно, постоянно идет и представлена явно или неявно во многих публикациях. И это тоже форма задания методической реальности. Подчеркнем здесь значение лишь следующих важнейших направлений методической деятельности (процессов):

- Физическое мышление задается или вырастает в ходе исследований реальных объектов и явлений физического мира, результаты которых должны находить выражение в теоретических моделях.
- Для успешного формирования мышления весьма важен диалог, речевая коммуникация при выполнении школьниками предметных действий.
- Технология решения физических задач должна быть изменена в сторону описания физических явлений при работе с задачей, теоретических и экспериментальных исследований при решении задач, а не просто в выполнении формальных математических действий.
- Специальные и особые усилия должны быть направлены на реализацию в разных методических решениях логики научного метода познания, представленного схемой «факты, проблема – гипотеза, модель – следствия – эксперимент, практика» (В.Г. Разумовский и др.).
- В учебных системах физических знаний должно быть последовательно и четко выполнено различение объектов и явлений реальности и средств их описаний (моделей, физических величин, законов и др.).
- В качестве мировоззренческой парадигмы, т.е. исходных модельных представлений, для формирования современного физического мышления следует опереться на концепцию взаимодействий (В.В. Мултановский, 1977) и концепцию универсального эволюционизма (Н.Н. Моисеев, 1998; В.С. Степин, 2000). Последняя – характерная черта постнеклассической рациональности.

В целом фундаментальные (методологические, психологические, педагогические) представления о мышлении доказывают необходимость усиления внимания к освоению структурного отношения «явление – модель» при изучении всех вопросов школьного курса физики. При этом творение реальности экспериментальным мышлением трудно переоценить.

4.3. О дидактическом потенциале границ применимости понятий и представлений методики обучения физике*

В методике обучения физике как науке, во-первых, границы применимости рассматриваются по отношению к понятиям, принципам и категориям методики, во-вторых, при рассмотрении содержания курса физики рассматриваются границы применимости понятий, законов, теории физики с учетом задач учебной физики. Мы осознаем, что освоение обозначенных вопросов – это новая практика методической деятельности и новая практика учебной деятельности. И она современна с точки зрения постнеклассической парадигмы познания.

Обозначим теоретическую и практическую рамку проблемы. С нашей точки зрения, рационально говорить о границах знаний применительно к разным областям методики обучения физике: а) дидактике физики или теоретическим основам науки; б) содержанию физического образования, лучше всего в понимании В.В. Краевского и И.Я. Лернера (знание о природе и опыте деятельности, опыт репродуктивной деятельности… [155,47,131]), но, прежде всего, для предметной методики – в знаниях элементарной физики; в) методах и методических приемах обучения физике.

Можно выделить по гносеологической природе два инструмента определения границ применимости: а) на основе представлений о модельном характере всех знаний, т.е. собственно от особенностей научного познания; б) по результатам применения знаний (научного опыта) в реальной практике. И в последнем случае интересно и продуктивно исследовать отношения нормативной и творческой деятельности в процессах обучения и воспитания.

Обратимся к взаимоотношению между *объектами и предметами научно-методического исследования*. В практике научной деятельности это отношение трудно определяемо. Наиболее рациональная идея этого различения такова: объект – это то или иное выделение образовательной реальности (заметим, что всегда это результат анализа); предмет – это часть, ракурс видения, модель этой реальности. В познании человек всегда имеет дело с предметом, потом

* Публикации: Методика обучения физике: поиск смыслов – люди и идеи… Вопросы науковедения: монография. Киров: Изд-во «Областная типография», 2017. 356 с. Вопросы методологии и содержания физического смысла в обучении // Учебная физика. 2018. № 4. С. 47–63. Сауров Ю.А., Уварова М.П., Перевощиков Д.В. Об исследовании освоения границ применимости физических понятий, принципов, моделей и законов // Перспективы науки и образования. 2019. № 6. С. 128–141. Сауров Ю.А., Уварова М.П. О проблеме границ применимости знаний в методике обучения физике // Педагогика. 2020. № 10. С. 24–36.

(если повезет!) с объектом как синтезом предметных представлений. Известный методолог Г.П. Щедровицкий довольно твердо и неоднократно писал: «Наши представления об объекте, да и сам объект как особенная организованность, задаются и определяются не только и даже не сколько материалом природы и мира, сколько средствами и методами нашего мышления и нашей деятельности» [173, с. 154]. Такова научная логика познания в форме движения понятий «от абстрактного к конкретному» (К. Маркс, Э. Ильенков).

В индивидуальном, ситуативном, ограниченном во времени познании субъект уже имеет от общества, от истории то или иное представление реальности. В его рамках он выделяет фрагмент образовательной реальности и исследует его. Принципиально возможны два исхода: а) первый широко распространен – исследователь строит модели реальности, находит характеристики и др., т.е. расширяет представление об этой реальности; б) второй редкий – исследователь с помощью нового метода (под новую задачу, гипотезу) находит факты, которые в итоге подрывают, разрушают представления о заданной реальности. В последнем случае возникает задача построить новую реальность на какое-то значимое по масштабу историческое время, что фактически значит построение для понимания и дальнейшего познания новой онтологической нормы, трактуемой как новая реальность.

На прямой вопрос «Есть ли границы применимости у категориальных понятий методики обучения физике» следует однозначный ответ «Есть». Но в исторически ограниченных рамках познания трудно ответить, например, на вопрос о границах применимости понятия «объект». Труднее его постановка и решение для онтологических понятий методики обучения физике. Например, в науке в явном виде даже не ставится вопроса о границах применимости понятия «деятельности». Для дидактики физики это принципиальные и стратегические научные проблемы.

Самый простой и продуктивный процесс рассмотрения границ применимости – в формулировании их для моделей. В физическом содержании – это модели физических объектов и физических явлений. В принципе модели пронизывают все вопросы содержания, но переосмыслить на практике под таким углом зрения содержание обучения, как в школе, так и вузе, пока не удается. Хотя все ресурсы уже есть, в познании давно признано, что альтернативы методу моделирования нет. В самой методике дело обстоит труднее: трудно строятся модели, нет развернутой практики их использования. Но, поскольку методические модели качественные, часто не однозначные, то острота рассмотрения их границ только возрастает. По нашему мнению, в этом одна из причин малой продуктивности теоретической методики.

Принципиально важны выяснения отношения к моделям. Г.П. Щедровицкий утверждал: «модели не должны соответствовать натуре, если бы они соответствовали, процедура моделирования была бы бессмысленной. Иначе: модели не должны быть похожи на реальность. Соответствие есть внешнее отношение, которое накладывается за счет мета-мышления, «сбоку». А вы все время спрашиваете морфологически, ищите эти маркеры. Их нету. Мышление же работает в функциональных структурах. И как только вы это забываете, начинает деградация и отставание» [174, с. 532]. Острое проявление «функциональности» моделирования в методическом (физическом) мышлении, по нашему мнению, как раз при выяснении границ применимости моделей. Здесь и находится наш тормоз в развитии.

В целом все средства описания объектов и явлений вне зависимости от предметной области можно рассматривать как модели. Для всех понятий, законов, теорий, принципов, идей, методических техник, технологий справедлива постановка вопроса о границах возможного использования. Для получения однозначного и эффективного образовательного продукта необходимо решить а) для каких случаев в обучении это рационально, б) сформулировать для трансляции нормативные требования по формулированию границ применимости.

Утверждение о том, что любые знания (идеи, принципы, понятия, модели, законы, теории, физическая картина мира…) и деятельности (процедуры и методы, ориентировки, алгоритмы и схемы, эвристики…) имеют границы применимости – одно из фундаментальных познавательных открытий. В этом заключается особенность нашего видения мира природы и человека. Мир изменяется через практику человечества, поэтому требуются все новые средства его описания. Говорят о развитии науки. Так фиксируется проблема границ применимости «старых» знаний.

Таким образом, природа существования границ применимости обусловлена а) природой теоретического и эмпирического знания, б) историей человеческого познания, в частности, изменением представлений о реальности.

Применение теории для понимания и построения практики обучения физике.

1. *Из средств описания* обратимся лишь к границам применимости одной фундаментальной категории методики физики **– принципу цикличности**.

Границы применения методического знания определяются сложно, потому что сама методика обучения физике не естественная наука, а деятельностная, в значительной мере управленческая и нормативная. В таких случаях сложно говорить об истине, не случайно говорят об эффективности, доступности, реализуемости методических

решений. Поэтому границы применимости задаются рядом характеристик, в некотором смысле в многомерном пространстве. Каковы же параметры этого пространства? Определим их, наверное, поневоле не полно, но для обозначения позиции достаточно конкретно. В любом случае надо понять, что границы применимости принципа зависят от характера деятельности субъектов образования. Изменение деятельности меняет границы методических знаний.

В целом, при определении границ применимости принципа возможна следующая логика поисков. Во-первых, необходимо рассмотреть содержание и смыслы принципа на предмет логической непротиворечивости (соответствия) современным представлениям эпистемологии и гносеологии. Во-вторых, необходима методологическая, в том числе историческая, оценка возникновения и функционирования этого методического знания. Важно понять, что проблемы историчны: раньше характер образовательной деятельности был такой, что границы применимости знаний не играли существенной роли, не определяли будущего. Сейчас, тем более для открытых систем, все обстоит иначе. В методологии при системном рассмотрении объекта выделяют его функции, структуру, материал, форму, организованность материала (Г.П. Щедровицкий). Под этим углом следует определить и функционирование методического знания. В-третьих, следует определить возможности принципа цикличности как объяснительного методического принципа, как важнейшей категории методики обучения физике. В-четвертых, очевидно не во всех случаях практики обучения принцип может работать, в том числе следует учесть возможности рядового учителя, культурный уровень окружающей среды и др.

Остановимся лишь на некоторых аспектах этих вопросов, актуальность которых обусловлена необходимой реформой физического образования. Следует признать, что сейчас качество образования, в том числе и физического, в главном определяется усвоением современного мировоззрения и овладением современным научным мышлением. Чем задаются эти образования? Как обеспечить их освоение? – ключевые вопросы. Общий ответ прост – деятельностью, точнее, современной деятельностью. При определении этой деятельности начинаются сложности. Во-первых, современная деятельность является сложной, многокомпонентной, иерархичной, включает в себя умственную, чувственную, практическую, трудовую, управленческую деятельности. Рациональная научная мыслительная деятельность является системообразующей составляющей современной деятельности. По теории, принцип цикличности нормирует мышление, делает его обозначаемым, явным процессом, тем самым превращая в мыслительную деятельность. А она – уже реально управляема, диагностируема по результатам. Для выяснения границ применимости последовательно обратимся к ряду сторон принципа цикличности. Прежде всего, к его смыслу: что он выражает?

Подчеркнем, что любое методическое знание – исторично, т.е. само его существование, его значение, трактовка зависит от реалий жизни, практики. Но научное (фундаментальное) знание задает нормы практики, нормы деятельности – саму образовательную реальность. В обучении это такие нормы, которые необходимо распространить, а для этого – освоить. *Смысл* принципа цикличности, как дидактического принципа, – в нормировании учебной деятельности. Именно учебной. Только на этой основе, вторым планом, идет нормирование интеллектуальной деятельности в единстве мышления, понимания, рефлексии. Наверное, идет и нормирование коммуникации при распределении в деятельности ролей субъектов образования – учителей и школьников. Такой нормировкой учебной деятельности принцип *задает* новое

мышление, новое понимание, новые процедуры рефлексии в условиях обучения. Заметим, не открывает, а задает, т.е. ***формирует новую реальность***. В этом заключается природа трудностей его освоения учителями. Подчеркнем, что в принципе норма – это не модель какого-то познавательного процесса, она не открывается, а строится. И для эффективности надо нарабатывать проекты и их настойчиво внедрять.

Почти очевидно, что принцип цикличности не может нести всех *дидактических функций*. Для прояснения проблемы сначала обратимся к истории возникновения принципа. Он был сформулирован в докторской диссертации В.Г. Разумовским (1975). И рассматривался как фундаментальная, системообразующая модельная гипотеза диссертационного исследования, которая в итоге сформулирована в виде схемы «факты – модель – следствия – эксперимент». Итак, с одной стороны, принцип цикличности воспринимался как исследовательский, методический принцип (гипотеза), с другой стороны, как инструмент организации творческой деятельности, т.е. познания учащихся. Исторически, философской основой для формулировки принципа цикличности была формула В.И. Ленина: «От живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике…». Но сама эта формула базируется на представлениях К. Маркса и других классиков немецкой философии. Прежде всего, важна трактовка факта не как результата формального созерцания, а как результата живой деятельности[*]. Если факт – результат человеческой деятельности, в широком смысле практики, значит, факт – историчен.

Содержание принципа цикличности. Принцип несет нормативные по природе *функции* методического знания по организации учебного процесса с определенными целями. Эти цели исторически постепенно менялись. Сначала преследовалась цель определить место использования творческих задач, упражнений, лабораторных работ и др. Затем, основной функцией стало определение структуры и содержания учебных систем знаний. Позднее, содержание и логика деятельности, представленные в принципе цикличности, стали выступать в виде объекта усвоения. Особенно четко это проявилось при создании учебников нового поколения [115,116]. Но отсюда многие другие функции остались за рамками: формирование понятий, изучение технических устройств, решение задач… К сожалению, специально функции принципа цикличности не исследовались, а отсюда не совсем ясно, какой потенциал здесь имеется. Почти очевидно, что использование принципа цикличности ограниченно временем изучением данного материала, в целом доступностью. Пока не просматривается применение принципа в таких конкретных методических действиях, как рассказ об историческом событии, постановке занимательного опыта, решении теста или контрольной работы и т.п. Заметим, что в реальности усвоение (и мышление) основано не только на нормах, их выборе, но и на обстоятельствах процесса жизни, деятельности, что сильно разнообразит схемы организации.

Отдельно следует рассматривать возможности принципа цикличности как методологического принципа в рамках самой методики физики, в частности, для проведения или описания по его логике исследований.

Повторим вопрос: какой «опыт рода» несет принцип цикличности? По-видимому, с точки зрения содержания, это обобщенный опыт коллективного познания физического явления или объекта. Это модель естественнонаучного

[*] К. Маркс, критикуя Л. Фейербаха, писал: «предмет, действительность, чувственность берется только в форме объекта, или в форме созерцания, а не как человеческая чувственная деятельность, практика…» (Маркс К., Энгельс Ф. Избранные произведения. Т.2. М., 1955. С. 383).

познания на определенном историческом этапе, это выражение логики гипотетико-дедуктивной науки Нового времени (со времен Галилея) со всеми границами этой научной схемы мышления. Сам В.Г. Разумовский аргументирует истинность этой формулы (точнее, ставя задачу объективировать ее) ссылками на позиции А. Эйнштейна и других физиков. Подчеркнем, что схема цикла – это модель длительного коллективного естественнонаучного познания. Интересно: задает ли эта модель реальность? И какую? Если она признана и является нормой, то может быть объектом усвоения. Формы организация усвоения – отдельный вопрос. Усвоение научной нормы, как обычно, происходит индивидуально. Отсюда проблемой является использование принципа цикличности для организации коллективного познания. Как это возможно? Пока здесь ясности мало. По логике принципа цикличности опыта организации таких уроков мало. А на уровне социального эффекта – этого пока просто нет. (Хотя в школах Подмосковья успешно идет такой эксперимент лаборатории естественнонаучного образования ИСРО РАО [88].)

2. О границах применимости типичного методического знания на примере моделей уроков. Следует со всей определенностью заявить, что все достижения методики, в большинстве случаев прямо, но даже и косвенно нацелены на практическое использование. Одним из актуальных методических решений во все времена были поурочные методические рекомендации, уроки физики, в нашем случае – модели уроков [130]. Сначала (а в восприятии учителей и сейчас!) такие рекомендации несли идею описания реального (образцового, современного) урока, только в понятии «модель урока» рекомендации получили принципиальное иной смысл. И в итоге, на наш взгляд, задают методическую реальность.

Модель урока представляет собой вид методических рекомендаций для учителя по организации урока – единицы образовательного процесса. Модель урока – идеальное построение урока, теоретический проект урока. В модели урока выражается попытка целостного проектирования этого сложного дидактического объекта. Отражается структурное, целевое, временное, содержательное, методическое его построение. Причем системообразующей идеей является организация учебной деятельности учащихся. По функциям и элементам содержания модель урока близка такому дидактическому объекту, как структурно-логическая схема. Форма знания (логическое, содержательное, методологическое и др.) представлена в виде, требующем его творческого преобразования. Отсюда модель урока является не просто объектом воспроизведения, а объектом конструирования. Причем это происходит как в форме «перемоделирования» при освоении модели, так и в форме творчества при реализации. Получается, что для «превращения» модели в реальность надо ее «разрушить»: построить свою модель (точнее, проект), определить границы применимости «идеальной» модели урока и др. Такая работа учителя соответствует теоретическому познанию и развивает самого учителя.

По своей познавательной природе и практическому предназначению модель урока, несомненно, нормативная модель. Это уже другой уровень задания норм деятельности по сравнению с учебником. На практике нормы учебника дополняются нормами, творцом и носителем которых является учитель. Таким образом, существует столкновение, а отсюда и взаимное дополнение норм учебной деятельности. Мера такого дополнения обозначает границы применимости модели: она не может разрушать нормы содержания образования.

Структура моделей уроков имеет некую инвариантную основу: название, основные дидактические задачи, план урока с определением этапов, методические рекомендации по этапам урока с выделением основных учебных задач и средств их решения. Вариативность моделей уроков, прежде всего, связана с разнообразием методических рекомендаций. Здесь и возникает вопрос о границах применимости: универсальность, единообразие моделей всегда ограничивает методическое творчество, задает его рамки, например, типичная структура модели не подходит к уроку-конференции.

Несколько моделей уроков могут задать систему, определяющую *технологию организации* учебного процесса. Трудно найти другую методическую систему, обладающую всеми признаками технологии: охват большого числа уроков (в идеале всех), цели (задачи) обучения достаточно конкретно и диагностируемо выражены; средства достижения целей обучения даются в комплексе (организация познания, содержание, методические средства, мотивация и др.); средства контроля даются на таком же языке, как задачи и средства их достижения.

Относительная устойчивость системы моделей уроков обеспечивается устойчивостью стандарта образования, учебников, средств усвоения, условий обучения, логикой построения содержания темы (например: факты – модель – следствия – эксперимент), логикой изучения явления, единым подходом к организации решения задач. Важно, что существует определенное взаимодействие моделей уроков в системе: подробность первых моделей позволяет сокращать последующие, свертывается логика изложения и др. Система моделей уроков задает учителю нормативную систему рекомендаций для построения учебного процесса. В рамках определенной парадигмы она позволяет упростить подготовку к уроку, избежать грубых ошибок, освобождает учителя для творчества на всех этапах реализации проекта. Особенно существенно формирование при этом педагогической рефлексии.

Модель урока и познание. По доминирующей функции любая модель предназначена для получения знаний об объекте. В нашем случае объектом является урок, как полисистемный объект; основным его процессом является коллективная учебная деятельность. Как дидактическая модель, модель урока несет знания для учителя: методологические знания, физические знания, инструментально-методические, управленческие знания и др. Важно понять, что сам учитель должен получить (выделить) эти знания на модели, в том числе в творческом процессе отношения к модели. Как раз дополнение учителем моделей уроков идет, в частности, по изменению элементов содержания. Система моделей уроков задает общее представление учебного процесса и в этом смысле нормативно определяет методическое мировоззрение (кредо) учителя. Но модели уроков могут быть исследовательскими моделями, если с их помощью ставятся задачи получения новых знаний об учебном процессе. И новой реальности. И здесь есть ряд интересных проблем, которые в принципе и обозначают границы возможностей этих рекомендаций: Как сочетаются содержательные и процессуальные аспекты учебного процесса в модели урока? Каково соотношение разных видов подачи информации? Как быстро происходит присвоение методических знаний с помощью моделей уроков? Как соотносится модель урока с реально проведенным уроком (цели, структура, время этапов, содержание, методы, интерес и др.)? Насколько быстро происходит присвоение тех или иных норм при использовании тех или иных моделей уроков? В каких аспектах и как меняется учебный процесс (учебная деятельность, деятельность преподавания и др.) при использовании системы моделей уроков?

Фактически подобные вопросы о границах возникают для любой методической модели[*].

3. Отдельно обратим внимание на границы применимости **физических знаний в обучении**. Научные знания в деятельности людей играют фундаментальные роли. Их выделение и освоение в обучении трудно переоценить. Подход к построению знаний может быть разным. И материализм как идея сохраняет для обучения физике свое значение.

Типы знаний, согласно современным представлениям (Г.П. Щедровицкий, В.С. Степин [153,173]), определяются:

- характером (особенностями) мышления и деятельности,
- особенностями структур и процессов коммуникации при передаче знаний,
- особенностями процедур (механизмов) получения знаний,
- особенностями процессов трансляции знаний (прямой перенос, например, с объектом, репродукция знаний, репродукция методов и методик производства знаний),
- принципами систематизации и соорганизации (понятия и законы и др.) знаний; методисты выделяют четыре вида теоретических обобщений физики – понятия, законы, теории, физические картины мира [78].

На этой общей идейной основе выделяют следующие *типы знаний*: а) практико-методические, б) естественнонаучные, в) конструктивно-технические, г) оргуправленческие, д) философские, мифологические, религиозные, е) проектные, ж) системы знаний о ценностях, т.е. этика, з) нормативные системы знаний, т.е. логика, языкознание, лингвистика и др., и) методологические, к) знания о деятельности, т.е. системы знаний психологии, педагогики и др. [174, с. 316, 443]. Почти очевидно, что типы знаний связаны (являются результатом) соответствующей деятельности, отсюда и выделяют типы познавательной деятельности, ее особенности и др. Важно, что знания эти существенно разные, получаются по-разному, используются по-разному, имеют свои особенности функционирования и развития.

---

[*] Известный методолог М. Бунге, в частности, писал: «Критический реализм оказывается наиболее плодотворной эпистемологией, так как поощряет стремление видеть дальше любой теории…» (Философия физики. М.: Прогресс, 1975. С. 128–129). По его мнению, суть этого подхода заключается в следующем:

- Существуют объекты, независимые от нас, но артефакты, образы зависят от разума, от методов познания.
- Объекты частично познаваемы в ходе исторического процесса, познание происходит при помощи теории и эксперимента.
- Любое познание гипотетично, а поэтому не окончательно; познание не непосредственно и наглядно, а опосредованно, модельно и знаковое.

Эпистемологическими единицами («кирпичиками») любых систем знаний являются следующие универсальные знаниевые образования: факты – единицы материала, с которым имеют дело в деятельности и другие (см. 4.2).

В обучении физике эти фундаментальные образования конкретизируются, в конечном итоге в системе при освоении задают научную грамотность. По функциям это нормативные образования культуры (идеальные по природе), которые позволяют нам «видеть» материальные отношения объектов нашего мира. При их освоении и происходит развитие субъектов образования. Но каждая из этих эпистемологических единиц знаний имеет свои границы применимости. В некоторых случаях они резко проявляются, в других – мало заметны. Например, возьмем следующий широко известный факт: тело, отпущенное с высоты, свободно падает. Но так ли, уж, свободно, если есть сопротивление воздуха? Да с любой ли высоты? Да любого ли размера и любой массы тело?

Всегда при конкретизации с необходимостью определяются и границы применимости представлений (понятий). При этом знания в итоге формулируются точнее, объективнее.

Обобщение о Программе построения формирующей методики по освоению границ применимости разных типов знаний. На наш взгляд, это целое направление построения новой методической реальности под углом зрения постнеклассической парадигмы.

Почти очевидно, что границы каждого вида знания определяются и обозначаются индивидуально. Поэтому для целей обучения необходим поиск норм этих знаний, этой учебной деятельности. Сделаем в этом направлении первый шаг.

1. Проблемы и задачи определяются в рамках парадигм, картин мира. Например, только в рамках субстанциональной парадигмы возможен и понятен поиск дискретного строения вещества. В одной картине мира есть место гравитационному полю, в другой – это свойства (искривление) пространства-времени.

2. Границы применимости *фактов* определяются в рамках теорий, в том числе средствами и процедурами измерений. Например, индивидуальность физического объекта зависит от величины взаимодействия при измерении. Если взаимодействие велико, как в системе взаимодействующих микрочастиц, то частицы могут давать ливень частиц, терять индивидуальность. В механике измерение предела прочности приводит к разрушению тела.

3. Задание реальности, т.е. в форме деятельности миропонимания, определяется в рамках картин мира. Например, в механике нет места физическим полям. В ней постулируется абсолютность пространства и времени. В общей теории относительности определяются границы применимости представлений об однородности пространства.

4. Границы применимости *моделей* определяются практикой их применения: если для данной задачи модель дает не очень хорошие результаты, то и обозначаются ее границы. Естественнее и глубже проблема границ применимости моделей возникает при экспериментировании. На практике

удобно и рационально использование особых задач на границы применимости знаний. Кроме того, всегда важно подчеркивать, что модель по природе резко отличается от объектов реальности. Например, принципиально: материальная точка – это не тело.

5. Границы применимости *знаний (физических величин, законов, моделей).* Знания историчны, изменчивы. Поэтому уже ограничены. Например, довольно существенным является ограничение знаний в зависимости от рассматриваемого объекта. Например, энергия изолированного тела – это просто кинетическая энергия, определяемая формулой $E = mv^2/2$, а энергия фотона определяется совсем по-другому: $E = h\nu$. Словом, формально одна и та же физическая величина для разных физических объектов может определяться по-разному. Еще пример: силовое описание взаимодействия в микромире весьма условно, ведь там сила не измеряема.

Фундаментальные представления механики об абсолютном пространстве и времени ограничены, механизм взаимодействия «принцип дальнодействия» (два тела на расстоянии взаимодействуют мгновенно, без посредников) не работает в современной физике. В микромире фундаментальной является квантово-релятивистская модель: две материальные точки на расстоянии взаимодействуют с помощью третьей. Материальной «реализацией» этой модели является взаимодействие двух элементарных частиц с помощью обмена третьей, например, протон в ядре излучает, превращаясь в нейтрон, виртуальный пи-мезон, который летит и поглощается неким нейтроном, который в результате становится протоном.

Все законы формулируются для моделей. И отсюда имеет границы применимости. Например, возьмем закон Гука $F = -kx$ для упругой деформации. При этом, во-первых, в самой формулировке закона фиксируется довольное сильное ограничение – только для сравнительно узкого вида явления деформации. Важно, что каждый раз это должно определяться отдельно, обычно экспериментально. Например, для пружины школьного лабораторного динамометра это величина деформации порядка десятка см. Во-вторых, жесткость k должна быть постоянной величиной, что в природе и технике, естественно, не соблюдается, например, при нагревании пружины жесткость изменяется. В-третьих, в данной форме закон сформулирован только для линейной деформации…

6. В обучении важно понимать и показывать границы возможностей *процедур деятельности, методов исследования*. В таком отношении как раз и раскрывается творческий потенциал как задачи, так и самого субъекта. Так, к решению физической задачи можно относиться по-разному: получить формальный ответ, ориентируясь на использование подходящей «формулы»; отнестись к задаче как к описанию физических явлений, применяя при этом схему научного метода познания «факты, проблемы – гипотеза, модель – следствия (дедуктивный вывод из модели) – эксперимент над решением, итог, практическое применение знаний (см. примеры [48,92,138]).

7. Учебник является одним из главных источников информации для учащихся, поэтому материал о границах применимости знаний необходимо выделять четко, приводить примеры, когда то или иное понятие использовать нельзя. В этом случае, как показывает практика, материал будет усвоен намного лучше, и ошибок в освоении будет меньше.

8. Необходимы специальные задачи на статус знаний, на границы их применимости. Приведем примеры заданий: *Можно ли «физическое тело» относить к моделям? Есть ли системы отсчета в природе? (Нет, это средство описания.) Возможно ли применение понятия «свободное падение» для тела, а не для материальной точки? (В условиях Земли моделирование тела*

материальной точкой в принципе сразу исключает силу сопротивления. Но, если предварительно «исключить» воздух, как в трубке Ньютона, то тогда реально наблюдаем явление свободного падения разных тел.) Есть ли границы применимости у инерциальной системы отсчета? Есть ли системы отсчета в природе? (Нет, это средство описания.) Даны два механических явления: два тела, пластиковая бутылка и пластиковый контейнер с водой одинаковой массы, движутся (вращаются и скользят) по одной наклонной плоскости. Изучите, одинаково ли хорошо описываются эти движения кинематикой и динамикой материальной точки.

Итак, суммируем. Деятельность по формированию чего-либо – по цели это всегда реализация, освоение методически построенной нормы. Все остальное выпадает из рассмотрения. Обычно решаются вопросы: Как успешно организовано освоение этого опыта? Каковы необходимы для этого условия, каковы возможные границы применимости? Для какой выборки образовательный эффект устойчивый?

Деятельность по изучению чего-либо – по цели это всегда определение теоретических или экспериментальных фактов объекта или явления. Спектр качеств здесь неопределенно большой. Ограничение связаны с пространством и временем изучения, возможностями средств (например, теоретическими знаниями, наличием инструментов).

Исследование по цели всегда является открытием. Отсюда следует установка на изучение и познание реальности как «черного ящика», выяснение природы стихийных (имманентных) процессов. Их практическое выделение, например, выражается в определении отклонений от нормативного освоения опыта. Чаще всего границы этого метода заключены в форме цели, т.е. отсутствие адекватной цели, деформированная цель, наконец, это многочисленные недостатки разнообразных процессов – небрежность и т.п.

Теоретическое понимание функции изучения границ применимости знаний пока не дает практического выхода в обучении. Этот вопрос должен быть включен во все программы подготовки школьников и студентов. Эта инновационная перспектива содержательно уже подготовлена. И она соответствует отношению к открытым образовательным системам нашего времени.

4.4. О методике формирования фундаментальных физических понятий*

Мы занимаемся не вообще методикой, а методикой обучения физике. И пока явно недостаточно знаем и понимаем физику. Несомненно, физические понятия задают (обозначают, описывают) физическую природу для образования. И в обучении физике мы заинтересованы максимально современно (но и доступно) в системе понятий заложить изучаемую реальность. Ниже показывается роль фундаментального понятия в этом непростом процессе.

Ещё раз о природе понятий и о научной грамотности учителя физики. А. Эйнштейн давным-давно мудро писал: «Наука без теории познания (насколько это вообще мыслимо) становится примитивной и путаной» (цит. по книге: Пайс А. Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна. М.: Наука, 1989. С. 20.). Считаем, что для нового поколения учителей актуальна методическая задача – преодолеть метафизическое отношение к физическим понятиям, которое уже не устраивает образовательную практику современного человека. Сейчас для учителя физики мало знать физику на уровне техники, хотя и этого не хватает. Мы убеждены в том, что физическое миропонимание невозможно без выяснения природы знаний вообще, а, в частности, фундаментальных понятий [19,21,109,153]. К ним относиться и понятие «электрического заряда».

Опыт познавательной деятельности людей твердо показывает, что реальность (природа) всегда глубже и шире любых представлений о ней. В науке это закрепляется в различении двух видов понятий, а) задающих или определяющих объекты и явления (онтологические), б) определяющих средства описания (гносеологические). Последние, следуя А. Эйнштейну, можно считать «понятиями второго слоя» (см. подробнее [48, с. 81–87]). Исторически в познания сначала в ходе опыта «возникали» какие-то первичные представления, они закреплялись в описаниях, медленно по мере накопления опыта некоторые из них получали статус онтологических, другие – средств описания. Очевидно также, что понятия рождаются, живут и умирают. Фундаментальные понятия достаточно устойчивые, их изменения – революция в познании. Важно для понимания зафиксировать: фундаментальные понятия формально логически не определяются, это всегда синтез представлений. При этом что-то может и постулироваться, а затем в ходе практики (в физике, прежде всего, это

* Публикации: Сауров Ю.А. Коханов К.А. О проблеме различения реальности и описаний в дидактике физики // Вестник ННГУ.2015. № 1. С. 252–256. Вопросы методологии и содержания физического смысла в обучении // Учебная физика. 2018. № 4. С. 47–63. Сауров Ю.А., Колупаев В.Ф. Проблемы методики изучения физических понятий на примере понятия «Электрический заряд» // Физика в школе. 2020. № 6. С. 10–18.

экспериментирование) происходит выбраковка – работает понятие или нет.

Мышление понятийно, идет, выражается через системы понятий. Но мыслительные действия всегда предметны. Словом, они направлены на объекты природы и техники, знаки науки (формулы, графики, модели...). И только тогда мышление имеет смыслы. Далеко не случайно наши предшественники методисты и учителя настойчиво искали и предлагали эффективные предметные учебные действия на уроке [3,28,41,45,63,67,88,96,130,149,165]. И добивались успехов.

В последние двадцать лет предметные действия, с одной стороны, обеднели, прежде всего из-за сокращения экспериментирования с объектами природы и техники, с другой стороны, несколько расширились возможности деятельности со знаками в формах внешней речи, действий с моделями и др. Несомненно, главная потеря теории и практики – разрушение связки «реальность – знаковые описания». И здесь для нас важно подчеркнуть: понятие – это всегда понимание существа объекта, явления, дела. И без установления названной связки остаются только действия со словами, в итоге понятийного (научно-теоретического) мышления не формируется, понятийного понимания мира природы нет. Например, часто считается, что материальная точка – это упрощенное представление о теле. Но фундаментальная модель «материальная точка» глубже представления о теле, она вскрывает (задаёт) некий метод понимания многообразия физических объектов от звезд до элементарных частиц. В понятийном мышлении это метод замены одного объекта (реального тела) другим объектом (идеальным знаком). И познавательной работы с этим последним.

По природе все понятия – это идеальные обобщения, результат восхождения мысли от «абстрактного к конкретному», т.е. абстрагирования и синтеза. Но по функциям в познании (и обучении) понятия бывают весьма разными. Например, есть общенаучные понятия – «вещество» и «поле», «метод» и «система», а есть весьма частные понятия – «коэффициент трения», «давление», «силовая линия». Есть качественные, а есть и количественные понятия. Последние имеют свое особенное название – физические величины. Важно различать и понимать их роли в познании.

Об определении понятия «Электрический заряд»[*]**.** Факты образовательной практики (из текстов учебных книг, из диагностики

[*] Ниже анализировались учебники: Анциферов Л.И. Физика: 11 кл. М.: Мнемозина, 2001. 383 с. Бондарев Б.В. и др. Курс общей физики. Кн. 2. М.: Высш. шк., 2005. 438 с. Громов С.В. Физика: Учеб. для 10 кл. М.: Просвещение, 2003. 383 с. Касьянов, В.А. Физика. 10 кл. Профильный уровень. М.: Дрофа, 2005. 431 с. Курс физики. В 3 кн. Кн. 2. Физические основы электромагнитных явлений / под ред. Г.А. Бордовского. М.: Высш. шк., 2004. 424 с. Леденев А.Н. Физика. Кн. 3. М.: Физматлит, 2005. 192 с. Мякишев Г.Я. и др. Физика: Электродинамика. 10–11 кл.: Учеб. для углублённого изучения физики. М.: Дрофа, 2002. 480 с. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5 т. Т. 2. СПб.: Изд-во «Лань», 2011. 352 с. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 3. М.: Изд-во «Наука», 1977. 688 с. Кикоин А.К. и др. Физика: Учеб. для 10 кл. шк. М.: Просвещение, 1992. 256 с. Физика. 10 класс: / под ред. А.А. Пинского, О.Ф. Кабардина. М.: Просвещение, 2020. 416 с.

освоения знаний) убеждают в том, что понятие заряда формируется чувственно-абстрактно, а не логически-абстрактно, а тем более не содержательно-абстрактно. И в этом принципиальные трудности освоения современного физического (научно-теоретического) мышления, а, значит, конкретного мышления, нормативно построенного методистами и освоенного в учении по определенной логике. Именно такое «движение понятий» (т. е. мышление) дает понимание предмета и мира, именно оно приводит к технологиям. А в этом и есть социальные (и, конечно, личностные) смыслы освоения фундаментальных физических понятий. Обратимся к аргументам образовательной практики.

- *Первый тип определений электрического заряда сводится к определению физической величины.* В учебнике В.А. Касьянова утверждается: «Электрический заряд – физическая величина, определяющая силу электромагнитного взаимодействия». В учебнике С.В. Громова читаем: «В классической электродинамике под электрическим зарядом понимают скалярную физическую величину, которая определяет интенсивность электромагнитного взаимодействия и связывает силу этого взаимодействия с расстоянием между взаимодействующими телами». Значит, что эту силу определяют не только заряды, но и расстояние между ними… Радикальный, но методически не продуктивный, взгляд на определение существует в учебнике Г.Я. Мякишева с соавторами: «Дело в том, что дать краткое, удовлетворительное во всех отношениях определение заряда вообще невозможно». Последнее, согласитесь, странно для школьного учебника.
- *Второй тип определений электрического заряда задает его как физическую реальность, как некий объект.* Вариантов таких определений много: «Электрический заряд, источник электромагнитного поля, связанный с материальным носителем»; «Электростатика – раздел электродинамики, изучающей взаимодействие неподвижных (статических) электрических зарядов» (В.А. Касьянов, с. 359); «Повседневным явлением, в котором обнаруживается факт существования в природе электрических зарядов, является процесс электризации тел при соприкосновении… Вокруг каждого электрического заряда всегда существует электрическое поле. Электрическое поле – материальный объект, непрерывный в пространстве и способный действовать на другие электрические заряды»» (О.Ф. Кабардин и др., с. 233, 241); «С макроскопической точки зрения имеются два аспекта связи между зарядом и полем: поле порождается зарядом и заряд испытывает действие поля» [78, с.98]; «Проводники – вещества, в которых электрический заряд может перемещаться по всему объёму».

Итак, в этом случае электрический заряд задается не как физическая величина, а как нечто реальное, как какой-то

материальный объект. Действительно, взаимодействовать, находиться в пространстве, существовать в природе, перемещаться по всему объёму, создавать электрическое поле и т. п. могут только реальные объекты. Замените в приведённых цитатах слова «электрический заряд» словами «физическая величина», и вы получите полную бессмыслицу. Может быть, электрический заряд является названием какой-то реальности и одновременно физической величиной – количественной характеристикой описания именно этой реальности? В истории науки такие ситуация были: сопротивлением называли и сам проводник, и его количественную характеристику. Сейчас определенный проводник называется резистором, а его количественную характеристику – сопротивлением. В итоге мы говорим: «Соединим параллельно два резистора с сопротивлениями 200 Ом». Хотя в методике до сих пор не дифференцированы понятия давления как явления и давления как физической величины.

Г.А. Чижов и Н.К. Ханнанов последовательно и корректно с разделением реальности и описаний пишут: «Для количественного описания свойств заряженных тел введем физическую величину, пропорциональную разности числа протонов N_p и электронов N_e, называемую **электрическим зарядом Q**» [165, с. 382]. Здесь понятие «заряженное тело» шире понятия «электрический заряд тела». Что же такое «электрический заряд тела»: реальный объект или средство описания?

- *В третьем типе встречающихся определений одновременно используются понятия о реальности и понятия об описаниях*, хотя, с нашей точки зрения, должно быть их разделение. В итоге эти определения противоречивы. Например, такие высказывания: «Всякий заряд изменяет свойства окружающего его пространства – создаёт в нём электрическое поле. (Здесь пока однозначно заряд – объект реальности, но уже следующее предложение смысл разрушает: на реальное заряженное тело не может действовать сила – вставка наша.) Это поле проявляет себя в том, что помещённый в какую-либо его точку электрический заряд оказывается под действием силы»; «Электрический заряд – это свойство тел или частиц, из-за которого они действуют друг на друга электрической силой»; «Электрический заряд – это физическая величина, определяющая свойства физических тел, состоящие в том, что эти тела являются источниками электромагнитного поля; это внутренняя характеристика элементарных частиц».

Для физических величин следует принять простое правило: «Все физические величины – характеристики свойств физических объектов или явлений». Характеристика бывает всегда «чего-то», а не вообще сама по себе.

Существенный этап в определении сути электрического заряда реализуется в физике микромира. Причём, что

характерно, даже в восьмом классе изучаются элементы электронной теории. Итак, существуют такие разнообразные, не согласованные образовательные факты: «Носителями элементарного отрицательного заряда является, например, такая частица, как электрон. Минимальную порцию положительного заряда имеют протон и позитрон» (Г.А. Бордовский и др., с. 5); «Электрический заряд является одной из фундаментальных, первичных характеристик элементарной частицы. Заряды всех элементарных частиц ... равны элементарному заряду e = 1, 602.10 $^{-19}$ Кл.» (А.Н. Леденев, с. 9); «Не существует электрического заряда без частицы... Электрическое поле создаётся только электрическими зарядами. Оно существует в пространстве, окружающем эти заряды, и неразрывно с ними связано» (Г.Я. Мякишев и др., с. 10, 46); «Электрический заряд является неотъемлемым свойством некоторых элементарных частиц» (И.В. Савельев, с. 9).

В этих высказываниях мы снова видим многоликий электрический заряд: это и физическая величина, и некий материальный объект, и свойство частиц. Признано, что электрическое поле частицы – это однозначно материальный объект. Если мы говорим, что электрическое поле создаётся электрическим зарядом, то это значит, что электрический заряд тоже является материальным объектом. То есть один материальный объект – электрический заряд порождает другой материальный объект – электрическое поле. С точки зрения методологии и физики это корректно [153,172–173].

Из приведённых типичных для многих учебников формулировок складывается впечатление, что, например, протон, его электрический заряд и его электрическое поле являются тремя взаимосвязанными материальными объектами. Хотя это не так. Электрический заряд микрочастицы трактуется как физическая величина, а не материальный объект, не какое-то его свойство. Электрический заряд протона равен $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Это определенное число с единицей измерения, и оно не может быть источником электрического поля, не может порождать или возбуждать электрическое поле. Ни одна физическая величина не может порождать какой–либо материальный объект. Это только средство описания. Принципиальный вопрос: Чего? Ответ: свойств физического объекта или явления. Так задается некая реальность, таковы принципы познания. И они сравнительно просты и понятны. В данном случае физическая величина «электрический заряд» – это объективная качественно-количественная характеристика. Чего? На этот непростой вопрос в школьных условиях такой ответ: это характеристика свойства заряженного тела. Увы, но мы вновь сталкиваемся с методической проблемой различения и разделения понятий.

Сейчас признано, что в физической природе существуют элементарные положительные и отрицательные заряженные частицы – это электроны и протоны, как материальные носители заряда. Они твердо трактуются как объекты реальности. Но у протона и электрона как объектов есть не только это свойство, есть, например, инертные свойства. Этот аргумент позволяет говорить о заряде как свойстве. Важно, например, учитывать, что у электрона нет распределения заряда (он точечный), а у протона – есть. И возникает трудная проблема описания этого феномена.

С точки зрения физики микромира заряженное тело – это некая совокупность не скомпенсированных элементарных заряженных частиц. А тогда электрический заряд тела как физическая величина всегда изменяется дискретно, т.е. $q = e\,(N_p - N_e)$, где q – электрический заряд тела, e – коэффициент пропорциональности, зависящий от выбора единицы измерения электрического заряда, N_p – количество протонов в теле, N_e – количество электронов в теле. Говорят, что величина электрического заряда квантуема. Но дробность элементарного заряда весьма малая, и у макротел практически заряд изменяется непрерывно.

Известный методист-физик В.В. Мултановский писал: «Статическое поле отдельной заряженной частицы в свободном состоянии, например, электрона, образовано испускаемыми (и поглощаемыми) виртуальными фотонами. Заряд **e** выступает как мера интенсивности их поглощения и испускания… Макрозаряд представляет собой сумму зарядов элементарных частиц, а его статическое поле также образовано виртуальными фотонами. (И пока здесь, с нашей точки зрения, фиксируется реальность – вставка наша.) Помещение в такое поле другого заряда сопровождается передачей ему импульса посредством виртуальных фотонов, что и проявляется в кулоновском взаимодействии» [78, с. 99]. Для учителя важно находить и понимать специфику использования языка понятий в текстах: ясно, что в прямом смысле нет передачи импульса как физической величины. Обычно это физический жаргон для краткости изложения

Для замкнутых физических систем такое физическое понимание содержания заряженного тела из заряженных (сохраняющихся) частиц автоматически приводит к закону сохранения электрического заряда макросистемы. Интересно, что Е. Вигнер, рассматривая закон сохранения заряда и сложности его фундаментального теоретического обоснования, обращает внимание на его согласование с первым законом термодинамики [15, с. 18].

Модели заряженных тел и другие средства описания. В макроскопической физике эмпирически и логически принято, что особенности объекта (от факта его существования до многообразия его свойств) всегда определяются на основе взаимодействий. Например, инертные свойства тела проявляются только во взаимодействии, но при их характеристике массой последняя «приписывается» телу. В случае заряженного тела его выделение и

определение основано на особенном взаимодействии таких тел, существенно отличном от гравитационного притяжения. Не случайно в обучении, пусть даже не очень последовательно, используют опыты специального взаимодействия станиолевых гильз. Такие тела называют заряженными телами, а это их свойство вторым логическим шагом определяют как заряд, как некую новую сущность, которая онтологически как реальность задается микрочастицами. В истории познания это различение существенно, но в практике быстро уравнивается, в том числе терминологически.

Итак, в реальности всегда имеется материальный объект (тело, частица), который может обладать свойством «быть зарядом». Но носители этого свойства по форме могут быть весьма разными: маленькими частицами, вытянутыми тонкими в поперечном сечении телами, плоскими поверхностями. При описании их взаимодействий законами возникают существенные различия.

Модельное описание заряженного тела дополняется описанием механизма (модели) взаимодействия зарядов. В макромире известны два механизма взаимодействия: мгновенного, без среды дальнодействия («чистая» модель) и близкодействия (наличие среды – электрического поля с конечной скоростью распространения). В микромире кроме элементарных частиц ничего нет, поэтому материальный механизм – обмен микрочастицами (квантами полей). Механизмы поля и обмена микрочастицами расшифровываются в разных моделях [78]. На каком-то историческом этапе познания знание о математическом поле сил, например, в форме силовых линий, при развитии и обобщении (онтологизации) получает статус реальности физического поля. И все же главное в обучении: во всех случаях различать понятия о реальности и понятия о средствах описания. Это доступно и перспективно для понимания физического мира природы и развития субъекта учения.

Сначала обратимся **к описанию** силовыми линиями электрического поля заряженных тел. В одних случаях электрическое поле простое, в других случаях – неопределенно сложное. Исторически поиски в описаниях взаимодействия приводят к следующим моделям заряженных тел: точечный электрический заряд, линейный электрический заряд, поверхностный электрический заряд и даже объемный электрический заряд. Описание действия электрического заряда (как объекта) на пробный заряд (как объект) может быть заменено описанием действия его электрического поля на пробный заряд. (Здесь пробный заряд – малое по размерам и величине электрического заряда тело, предназначенное, как метод, для измерения величины действия электрического поля.). Такой метод (в электростатике технический) упрощает описания в сложных случаях электрические взаимодействия заряженных тел. Заметим вновь: точечный электрический заряд – это не заряженное тело, это его модель.

Для взаимодействия на расстоянии двух покоящихся заряженных тел (т.е. этого явления природы!) как средство описания используется закон Кулона. Он был сформулирован на основе измерения силы взаимодействия двух маленьких заряженных шариков при изменении величин их зарядов (измерения этого свойства), значительного расстояния между ними, а потом и среды. В итоге закон Кулона как средство описания формулируется для модели точечных зарядов в однородной среде. Формулировка закона для модели сразу приводит к вопросам о границах применимости модели и закона. Для закона Кулона это требование возможности моделирования точечными зарядами заряженных тел; и электрические заряды должны быть постоянными по величине. Закон Кулона задаёт возможности для измерения электрического заряда как величины через измерение силы. Таким образом проявляется взаимосвязь определения фундаментального понятия и формулировки (формулы) закона.

Методические обобщения об освоении понятия «Электрический заряд», и вообще о согласовании физических понятий (а, значит, и знаний).

А. Эйнштейн в своё время помыслил: «Мы желаем, чтобы наблюдаемые факты следовали из нашего понимания реальности» [179, с. 543]. Формально известно, что идеи правят миром. Но именно идеи, методы (как особые понятия) позволяют видеть, определяют факты. В истории физики много примеров, когда ученый наблюдал явление, но не «видел» его и проходил мимо открытия. Именно о значимости такого «идейного видения» мысль Эйнштейна. Далеко не случайно в этом направлении были настойчивые методические усилия В.Г. Разумовского по освоению научного метода познания. И в освоении фундаментальных понятий весьма важно сохранить такой подход. С точки зрения методологии и психологии формирования понятий он хорошо обоснован.

Повторим, в современной дидактике физики уже хорошо осмысленно, что все физические понятия имеют одинаковую природу – это идеальные образования. Но их содержательные и образовательные функции неодинаковые. Здесь акцентируем внимание только на одно различение: понятия, обозначающие и задающие физическую реальность (материя, пространство, тела, элементарные частицы, поля и волны, все физические явления…) и понятия, представляющие большой спектр средств описаний (физические величины, модели, законы…). Именно это различение сильно влияет на методику формирования понятия. С учетом исторического опыта и на основе принципов обучения (научности, доступности и др.) в главных чертах обозначим как обобщение эту методику для понятия «Электрический заряд».

- Сначала на основе специфического взаимодействия тел определяется понятие о заряженном теле. (В истории и в условиях обучения это взаимодействие маленьких тел в итоге электризации трением.) Важен факт: есть тела, которые так взаимодействуют. Далее идёт длинная полоса познания, которая приводит к дифференциации представлений (и понятий): разные тела взаимодействуют по-разному, взаимодействие зависит от расстояния, от среды…
- Постепенно выясняется, что свойство «заряженное тело» не постоянное, оно как «приобретается», так и «исчезает». Осмысление (абстрагирование) этого факта приводит к понятию «заряд», задающему некую сущность, как объективную физическую реальность. Заметим, в определенном смысле она уже отдельно от заряженного тела. Очевидно, что эта сущность – этап в отражении, понимании фактов взаимодействия. Заметим, что во многих источниках и на практике, осознанно или нет, заряженное тело и заряд уравниваются как объекты. Интересно, что заряд как сущность сохраняется при определении модели точечного заряда, фактически придавая геометрической точке физическую реальность.
- Сейчас физический смысл и содержание понятия «электрический заряд» задаются на основе микроскопического метода. Деление электрических зарядов сначала приводит к идее первоначального электрического заряда (как эталона), затем в итоге через экспериментирование (опыты Милликена, Иоффе) находится

микрообъект (электрон), как микрозаряд. Исторически это весьма успешно позволяет строить электронную теорию многих макроявлений. Качественное понимание явлений требовало использования понятия «электрического заряда» как онтологического понятия. Первичная реальность «заряженное тело» ушла на второй план, была заменена вторичной реальностью – электрическим зарядом. Хотя, например, при решении некоторых экспериментальных задач такое различение важно.

- Но уже на следующем принципиальном шаге познания, количественного, потребовались радикально более глубокие понятия об электрическом заряде как физической величине. Они более абстрактны, их статус иной – средства описания.

На основе опыта экспериментирования было осмысленно, что одноименные макрозаряды могут притягиваться. В школе и вузе демонстрируется известный опыт взаимодействия гильзы-шарика и гильзы-цилиндра. В итоге для понимания (а, значит, закона) взаимодействия заряженных тел вводится понятие-модель «точечного заряда». Это идеализированный объект, теоретический, которого, по определению, нет, и не может быть, в природе. И это принципиально для формирования понятий.

На этапе поиска описаний формируется понятие о физической величине – «электрический заряд», как качественно-количественной характеристики. И тут во весь рост вновь встает методическая проблема **различения** разных понятий, выраженных одинаковыми словами. Физическая величина вводится на основе сравнения заряженного тела с эталонным заряженным телом во взаимодействии, в итоге по модулю силы взаимодействия судят о величине заряда. Итак, физическая величина имеет а) объект характеристики, б) название, обозначение, метод измерения, эталон (единицу) измерения, словесное определение, в) связи с другими физическими величинами на основе формул законов и формул связи, г) правил математических действий с физической величиной.

Значение формирования понятий о физических величинах в обучении трудно переоценить. Важно понять, что за ними стоит некая объективная реальность. Но уравнивать их по статусу нельзя.

- Далее дифференциация (развитие) знаний приводит к квантованию электрического заряда, к закону сохранения величины электрического заряда в замкнутой системе, независимости величины электрического заряда от величины скорости (инвариантность) и др.

В целом остается такой методический итог: формирование в обучении фундаментального понятия – это всегда по содержанию и форме диалектически сложный процесс, отражающий отношение объектов и явлений реальности и их описаний в языке. Это и есть физическое мышление.

Смысловое заключение: история методики и будущее методики. Давным-давно классик методики обучения физике в школе Д.Д. Галанин мудро писал: «При развитии науки за её передовым «фронтом» всегда остается «тыл», подчас недостаточно упорядоченный, через который боевой фронт науки уже «прошел». Между тем «благоустройство» этого тыла и легкость «путей сообщения» в нем совершенно необходимы для разработки наиболее эффективных способов преподавания». Для чего? Ответ прост: для ясного понимания духа и содержания физического науки для её дальнейшего развития. А параллельно – для развития понятийного мышления субъекта. Отсюда – для его успеха в будущем, т.е. для понимания и преобразования мира, в котором он живет. Эта задача

была раньше, но и на современном этапе она по-новому сохраняется свою актуальность.

Жестко напомним: методики обучения без хороших (чистых и глубоких) знаний элементарной физики не бывает.

4.5. Проблемные поля в научно-методическом творчестве (попытка синтеза)

Часто повторяю: методика – наука проблем. Сами проблемы, как эффект осмысления реалий деятельности – реальности образовательной жизни. Важно от них не бежать, уметь «видеть», находить формы их выражения. И, наконец, – действовать для их решения. И все это – немаловажная образовательная действительность.

Постановка задачи. Перспективное движение, в идеале развитие, методики обучения физике определяется, во-первых, выделением и изучением проблем реальной практики обучения, во-вторых, теоретическим проектированием учебных систем знаний. Знания живут, пока они используются, совершенствуясь и изменяясь. К сожалению, в прикладной науке они быстро ассимилируются, теряют, а чаще всего, даже не приобретают авторства. И методика обучения физике как практика (и научной, и образовательной деятельности) всё ещё остается больше искусством, чем наукой.

Обобщение о проблемах методики обучения физике опирается на рефлексию методического опыта. Причем в нашем случае продуктивное значение имел анализ творчества В.Г. Разумовского [110–121]. Широта его творческой деятельности позволили выделить и обозначить важные для развития физического образования проблемные поля как ресурса в понимании и преобразовании методического мира.

Проблемное поле 1: ***изучение научных фактов.*** Анализ текстов работ [3,8,10,20,22,41–48,52,62,87,89,91,94–95,100,113,132,150,156,161,170,181] позволяет выделить принципиальные проблемы-факты развития методики обучения физике, обозначить нерешенные вопросы, сформулировать рамку совершенствования, как теоретического аппарата дидактики физики, так и практики обучения физике. Теоретическое обобщение опыта предшествующего поколения требует рефлексии, формулирования новых идей и проверки их «на прочность» для проектирования будущего физического образования.

В.Г. Разумовский твердо выделял *проблему статичности* учебных систем знаний, хотя в полной мере это относится и к методическим знаниям [121]. Понятно, что методические знания,

более чем другие, – не абсолют, они постоянно изменяются, в наше время это изменение становится динамичнее. И такой взгляд принципиален как раз при анализе открытых образовательных систем.

Хотя автор знал, что логика цикла как целостность в выделении и изучении того или иного физического явления усваивается трудно, хотя он настаивал, что научный метод должен быть освоен целиком, но разработкой новых вариантов решений не занимался. Но и не возражал, например, против свернутой логики: «выделение физического явления – описание физического явления» (Ю.А. Сауров [133]).

К «проблемным полям» следует отнести и многие другие вопросы в изучении научно-методических фактов. Так, например, до конца не проясненным является отношение между логикой построения учебной физической теории «основание – ядро – следствия» (В.В. Мултановский), явно задающей статическую систему учебных знаний, и принципом цикличности, явно ориентированным на процесс. Правда, следует признать, что та и другая схемы учебных знаний при освоении могут быть представлены (заданы) как процесс. Но это и требует особой методики.

Приведём пример по аналогии. В 1960–1980 гг. в методиках обучения физике слабо различались понятия «взаимодействие» и «сила». Фактически они отождествлялись. Хотя сейчас различение этих понятий осмысленно, но в реальной практике «воз и ныне там». Почему? Да это различение (как и принцип цикличности) в процессах учения не развернуто. В любой задаче сила задается как причина движения. И такая практика уничтожает принципиальное различие онтологии и гносеологии, уравнивает мир природы и мир науки. А за этим и все следствия… Например, это убеждение в абсолютности знаний.

В наше время, факты культуры, например, в форме некоторых знаний (а в обучении это типично), воспринимаются как факты реальности, даже как факты природы. И вопрос различения фактов природы и фактов культуры (науки) приобретает остроту. А ясность при построении современных методик здесь необходима. Отсюда и вопросы: Что первично в индивидуальном познании (и в обучении): знания или реальность? И можно ли использовать в методиках утверждение о фактах как объектированной форме тех или иных знаний?

Проблемное поле 2: о содержании школьного физического образования. Последние тридцать лет не было государственной программы реформирования структуры и содержания физического образования. Несомненно, современный опыт учебной деятельности и опыт познавательной деятельности должны быть отражены в содержании физического образования.

Были декларации, были не согласованные между собой попытки построения курсов физики группами авторов. Назовем несколько: несколько линий учебников авторов из РАО (В.Г. Разумовский и В.А. Орлов, А.А. Пинский, О.Ф. Кабардин, А.А. Фадеева и др.); учебники группы авторов из МПГУ (Н.С. Пурышева, Н.Е. Важеевская и др.); учебники С.В. Громова, Л. Генденштейна, Л.И. Анциферова и др. Несомненно, в этих процесса копились более или менее эффективные варианты решений, несомненно, обогащались представления о содержании физического образования, что-то частично учитывалось во ФГОС. Но в целом на практику физического образования это влияло слабо: наиболее востребованными так и остались учебники А.В. Перышкина и Г.Я. Мякишева, а им более пятидесяти лет. В принципе наступило время подвести итог этим индивидуальным поискам, осмыслить и сформулировать проблемы и найти их решения.

Что в «сухом остатке» можно выделить? Во-первых, явно существует вопрос о возможности и формах включения творчества в содержание образования: особое структурирование учебного материала, творческие лабораторные работы и творческие задачи [111]. Во-вторых, включение логики и содержания научного метода познания прямо в тексты учебника, теоретических и экспериментальных исследований как части нового материала и др. В-третьих, концепция учебников физики нового поколения В.Г. Разумовского и В.А. Орлова под идею «физика в самостоятельных исследованиях» в целом довольно революционно решает задачу построения текстов содержания учебника. Прежде всего, это касается организации самостоятельной познавательной деятельности школьников: содержанием параграфа становится процесс выполнения экспериментальных заданий под цель освоения научного метода познания. Не случайно в XXI веке доминирует внимание специалистов к экспериментальной деятельности школьников на уроках, на отражение этой деятельности средствами содержания, на конкретный опыт такой деятельности. Но и проблем в построении учебника физики нового поколения остается много: Как согласовать теоретические и экспериментальные исследования на уроке? Как обеспечить понимание различия мира природы и мира науки? На каком предметном материале следует организовывать творческую деятельность? Какие мировоззренческие ориентиры и как следует учитывать в содержании физического образования?

Сколько усилий потрачено только на включение в ФГОС норм освоения научного метода познания! А ведь это, в лучшем случае, малая часть проблемы. Назовём ещё одну тему, которая обозначена: «Методологический аспект физики в историческом развитии как важный источник формирования содержания школьного образования» [121, с. 73–85].

Итак, определим новое предметное поле методических изысканий: согласование учебных (по функциям) деятельностей – экспериментирования и моделирования, мыслительной, рефлексивной, коммуникативной и творческой деятельности. С нашей точки зрения, именно так задается предметная, а затем и объектная, реальность в физическом образовании. И на этом уровне определяются приоритеты в организации обучения: С какими объектами – природными, техническими, знаковыми – надо экспериментировать на уроке? И как нормировать эту деятельность под задачи развития школьников?

Проблемное поле 3: О методологии методики обучения физике. На этапе существования постнеклассической рациональности усиливается влияние современной методологии на весь спектр методических проблем. Сейчас, не теряя ориентир на ученика и предмет «физику», методисты в своей научной деятельности должны мыслить и видеть широко, культурологически, объединяя разные знания и деятельности.

Типичная мировоззренческая позиция методистов и учителей физики: материализм и диалектика. Отсюда принципиальное (трепетное) отношение к физическому эксперименту, а в познании – к факту. Научный факт в методике обучения физике – вопрос многосложный. Так, в современных методических системах знаний к фактам могут быть отнесены физические объекты и некоторые устойчивые знания, например, фундаментальные постоянные.

Немаловажно признать, что в обучении принцип цикличности имеет дидактическую природу, а в историческом познании – методологическую природу. А тогда, например, факты в цикле познания (или учения) будут по-разному трактоваться. В обучении любой факт в условиях коммуникации «приходит» как норма. И тогда принцип цикличности не интерпретируется как идеальный закон, что никогда, кстати, не делал и сам автор.

Глубоко понимая и принимая всю сложность, иерархичность образовательных процессов (и знаний!), ключевым и актуальным В.Г. Разумовский считал освоение научного метода познания. На этот методический стержень нанизывались все остальные вопросы. С нашей точки зрения, революционной является идея о включении научного метода в ядро содержания естественнонаучного образования [121, с. 92–95 и др.]. Он писал: требования ФГОС невыполнимы без серьёзного обновления содержания образования, «без методологических знаний и представлений, без формирования практических умений и навыков» [121, с. 133]. Отсюда актуальными остаются вопросы: Как деятельность по освоению норм научного метода познания согласуется с творческой деятельностью? И где здесь границы инвариантов и отклонений от них? В чем выражается баланс репродуктивного опыта и опыта творческой деятельности? И в каких

случаях возникают педагогические ошибки при увлечении творчеством в массовой школе? Можно ли при обучении физике ставить вопрос и говорить о границах применимости научного метода познания?

А ведь с точки зрения методологии весьма интересны такие, например, вопросы: Как исторически изменяется содержание и форма знаний в дидактике физики? Как влияет теория и практика обучения физике на форму физических знаний? Каково взаимоотношение «нормативных» и «исследовательских» знаний в обучении физике? Каково взаимоотношение «принципа цикличности» и «научного метода познания»?

В последние десятилетие в лаборатории естественнонаучного образования ИСРО РАО сосредоточили своё внимание на формулировании и реализации двух научно-методических программ деятельности – освоения научного метода познания и формирования научной грамотности школьников при обучении физике [88]. По целям и содержанию обе эти программы можно назвать методологическими. Уже многие методисты и учителя убеждены в их практической значимости, видят и понимают объективные трудности их реализации, высоко оценивают на этот счет даже крупицы опыта. В частной дидактике многие методисты стремятся «привить» достижения методологии к теории и практике физического образования. А в этом и есть суть методологии методики.

В науке, что фиксируется как исторический факт, познание предстаёт по-разному в зависимости от функционального взгляда (ракурса видения). И объективируется по-разному. Для образовательной практики только наличие стратегических программ гарантирует сравнительную устойчивость представлений, позволяет опыт методически обработать и эффективно транслировать. И таким образом определяет формат мышления и мировоззрения для поколения. Реформа – это форма, инструмент такого объективного движения.

Ранее оказано, что методологические проблемы возникают при изучении всех законов, всех физических величин. Методологическое видение, во-первых, современно, во-вторых, как ни странно, но упрощает понимание, а отсюда – и практику обучения. И такое видение принципиально важно для поиска и построения современных методических решений. Фактически речь идет о формулировании и реализации программы формирования методологической грамотности субъектов образования [132]. Но в самой методике физики это интеллектуальное поле пока ещё плохо «возделано».

Проблемное поле 4: *о границах применимости учебных и методических знаний.* Определимся сразу: традиция говорить о границах применимости методических представлений (знаний, моделей, принципов и др.) в методике физики пока не сложилась.

Что касается учебных физических знаний, то для них уже признано обязательным определять границы, раз существует историческая обреченность всех моделей [111]. Но эта установка до конкретных методических решений обычно не доходила. Причина, на наш взгляд, заключалась в приоритетности других задач и в отсутствии реальных условий – слабой разработанности теоретических вопросов, редких практических решений для учителей. Только в последнее время появился ряд публикаций, задающих формат рассмотрения этой методической проблемы.

Вместе с тем, настойчивая, прежде всего практическая методическая деятельность по наработке массы методических приемов для рассмотрения границ применимости знаний во всех разделах школьного курса физики ещё впереди. Явно на очереди изучение таких проблем: что значит «историческое» для разных моделей? Как это конкретизируется для данного поколения? Относится ли это к законам, если их считать моделями? Почему в наше время так важно (социально важно!) осваивать вопросы о границах применимости научных знаний? (И здесь есть хороший потенциал для развития нашей науки.)

Проблемное поле 5: *Освоение деятельности экспериментирования и моделирования в методике обучения физике.* Самой острой и актуальной проблемой (по многим причинам) в настоящее время является организация экспериментирования при обучении физике в школе и вузе (В.Г. Разумовский, В.В. Майер, Г.Г. Никифоров и др.).

Деятельность в обучении – это основная реальность, являющаяся и основной формой «опыта рода». Опыт деятельности в фундаментальной физике представлен двумя ведущими деятельностями – моделированием и экспериментированием. Известный аргумент: в физике два метода – экспериментальный и теоретический. Согласно современным представлениям методологии познания эти деятельности конкурируют в кооперации. Очевидно, что в учебных целях они должны быть в чем-то предъявлены. До последнего времени доминирующей формой их представления были знания, простые экспериментальные умения, в последние годы – некоторые компетенции. Но и в теории, и на практике представление опыта физического познания в форме ведущих учебных деятельностей явно несовершенно. И обучающий результат ещё не так эффективен, как хотелось бы. Отсюда актуальность задания норм деятельности моделирования и экспериментирования и их освоение как ключевой (ведущей) задачи методики обучения физике на современном этапе.

Без продуктивных идей трудно строить актуальную реальность. Не случайно конкретные (и технологические, и социальные) решения два последних десятилетия связывают реализацией двух программ –

«научного метода познания» и «формирования естественнонаучной грамотности». Вторая программа четко центрируется на освоение языка науки, который в учебных целях должен быть задан и принят. В каком-то смысле вторая программа шире первой. Для массового успеха необходимо освоение этих программ учителями. А это не столько формулирование идей на бумаге, сколько кропотливая работа по формированию учителя нового поколения.

Стихийное творчество (активность) учителей и методистов – великая вещь. Оно обеспечивает разнообразие. Но оно же и опасно потерей главного, заменой сущности формой-модой. И в итоге – медленное и с огрехами освоение «опыта рода», культурного опыта усвоения научных знаний. Нормативную деятельность ученых в этом отношении трудно переоценить. И об этом должна быть забота нового поколения методистов. Так, например, на задворках в методике обучения физике остается сегодня коллективная познавательная деятельность, а ведь именно она фундаментальна и эффективна. Следует признать, что структура и понятийное содержание методики обучения физике как науки требуют нового прочтения и совершенствования. За пятьдесят лет накопились вопросы: Какие понятия следует сегодня отнести к категориальным? Какая деятельность относится к научной, а какая – нет? Как происходит различение научной и образовательной деятельности, например, принципов науки и принципов практики, в методике обучения физике?

Обобщение: *факты и проблемы современной образовательной реальности требуют поиска новых решений.* За деревьями надо видеть лес, что, конечно, трудно. Видеть «лес» в науке – это значит устанавливать «единство во многообразии». На наш взгляд, вот в чём это «единство»: следует методологически и методически грамотно нормировать учебные системы знаний, опыт учебной деятельности в форме освоения научного метода познания, опыт творческой деятельности в формах моделирования, экспериментирования, конструирования.

Прежде всего, надо преодолеть *извечную болезнь методики* – излишнее погружение в теоретические поиски педагогов и психологов на фоне несогласованности социальных и индивидуальных задач в области прикладной научной деятельности. Опасно, когда заменяется предмет, анализируется и обсуждается не обучение физике, а обучение. В массовом педагогическом и школьном образовании страдает знание собственно физики. Особенно остро проявилась деградация в освоении экспериментальной деятельности, которая уже двадцать лет, сначала радикально, а сейчас по инерции, вымывается из практики. На этой инерции сложилось целое поколение учителей. В этих условиях у учащихся «болеет» интерес к предмету, существенно обедняется учебная деятельность. Учебная деятельность замыкается

на описания, в итоге знания принимаются за реальность, их относительность учителями, студентами, школьниками не понимается. Новое поколение методистов и учителей должно преодолеть эту и сопутствующие проблемы. Для исследования здесь много разных тем: Какими методическими средствами можно обеспечить понимание реальностей обучения физике? Как согласуются нормативные представления методики и образовательные факты практики? Как в материале различать обучение и развитие? Каковы перспективы «элитарного» образования, которое всё больше увлекается репетиторством?

Критический взгляд на практику двух десятилетий в научном творчестве необходим. Но этот взгляд должен быть выверен под перспективы. Так, например, отношение дифференциации и интеграции (учебных программ, содержания, предметов, процессов) остается во многом стихийным. Профильное обучение как глобальная идея организационно, содержательно, процессуально не выстроено до настоящего времени. Идеи гуманитаризации и гуманизации образования оказались не технологичными, и в итоге – малопродуктивными. И не получается «с ходу» построить и реализовать перспективный курс физики нового поколения для массовой школы. Дело построения учебника настолько многосложное, что нужна государственная программа реализации, т.е. комплексное решение вопросов теории и практики написания учебников (в том числе с учетом экспериментирования), подготовка студентов и переподготовка учителей, создание материальной базы и методического сопровождения... В настоящее время такой системы нет. Учебник стал личным делом автора, может быть издательства. А стихийный эмпирический поиск ученых-методистов и учителей верного вектора исторического движения в познании и просвещении всегда идёт медленно, с издержками. Отсюда простая мораль: надо вспомнить и по-новому использовать старый опыт разработки программ и учебников семидесятых годов ушедшего века.

Требуется твердо, правда, в первом приближении, различать и отделять реальность от описаний. В методике физики реальность представлена а) «опытом рода», т.е. содержанием опыта в какой-то форме, б) процессами деятельности субъекта. И это поле надо возделывать.

Нормированную деятельность учителя и ученика важно различать от творческой (стихийной, ситуативной по мотивам, логике, содержанию...) деятельности. Оба этих опыта необходимы для воспроизводства и в итоге – для развития. Нормирование упорядочивает опыт, препарирует его, устанавливает его инварианты, отчасти упрощает его содержание и процессы передачи. Эта практика в доминирующей степени управляется задачами поколения. Для массового обучения требуется высокая ответственность за

формулирование и представление норм. Творчество несет опыт изменения, поиска, открытия. Без этого нет будущего для отдельного субъекта, а в итоге – для организации, для общества. Отсюда потребности свободы для творческой деятельности учителей и методистов.

Текущих вопросов обучения физике всегда много. Их надо оставлять на индивидуальное рассмотрение, на методическое творчество. Но в главном следует ориентироваться на твердое освоение культурных норм физики. Сейчас это русло постнеклассической парадигмы.

* *
*

В главе рассматриваются вопросы совершенствования практики обучения физике как результата «природосообразной» и «культуросообразной» образовательной деятельности, что, конечно, наполняется в наше время новым содержанием. В целом сумма предложений задает рамку сравнительно радикальных методических нововведений, как в теории, так и для практики обучения, что в тенденции и обозначает новый этап развития, названный постнеклассическим.

Мы по факту нашей практики согласны с мыслью П.Г. Щедровицкого: «никаких педагогических инноваций нет и быть не может. Если у нас есть какие-то инновации в педагогику, то они не педагогические, а философские, психологические, религиозные, технологические: они приходят извне, заимствованы педагогикой из других областей и сфер деятельности» [177, с. 161]. Вот почему наша работа насыщена идеями из широкой культуры.

Заключение:
о векторе развития методики обучения физике

Во всем мне хочется дойти
до самой сути...
Б. Пастернак

Мы живем в двух Мирах. Первый – материальный, мир объектов и явлений природы и техники. Второй – духовный, интеллектуальный, мир мышления, чувств, эмоций, оценок... Оба этих мира, как мы представляем, – результат человеческой деятельности, оба обозначаются словами-понятиями. Удивительно, что один без другого невозможен. И их развитие, если оно есть, тоже взаимосвязано. Хочется верить, что в рамках нашего предмета оба этих Мира в книге есть.

По-видимому, фундаментальный вектор движения методики обучения физике остается прежним: освоение норм культуры и науки в самостоятельной и творческой (всегда интересной!) учебной деятельности при существенном расширении разнообразия форм. Словом, «выращивание» школьника, студента, учителя как субъекта образования в ходе «культуросообразного» и «природосообразного» учебного процесса. Несомненно, что на наших глазах формируется новый этап развития методики обучения физике – этап на платформе постнеклассической научной рациональности (В.С. Степин и др.).

Неклассический этап, максимально ярко представленный деятельностной концепцией знания (Г.П. Щедровицкий, В.В. Давыдов, Э.Г. Юдин и др.), хотя и настойчиво разрабатывался в науках (методология, психология, методика), но в реальной практике образования, т.е. в больших массах методистов и учителей, трудно осваивался. Его черты не осознаны реальной практикой. И в методике обучения физике, и в физическом образовании, по нашему мнению, эта этап не пройден. Но на этом этапе была создана разнообразная научная база для новых идей.

В начале XXI века две программы для организации массового обучения физике – научного метода познания в содержании образования и формированию естественнонаучной грамотности – обозначали векторы созревания и развития новой методики физики. В учебниках нового поколения авторы декларировали «физику в самостоятельных исследованиях», смело включили в текст учебников сам метод познания. Но массовая практика складывается трудно.

Обозначение нового – поснеклассического – этапа развития научного познания автоматически не исключает освоение достижений предыдущего этапа. Так, мы считаем важной настойчивую работу по осмыслению и поддержке поиска новых методических решений на идеях методологии познавательной деятельности. В частности, принципиальным мы считаем рассмотрение и развертывание практики «экспериментирующего мышления», раскрытие теоретического и практического потенциала освоения знания (опыта)

границ применимости научных знаний, определение новых ролей (например, управления) в деятельности самого учителя физики. Немаловажным является и расширение поля методики физики культурологическим содержанием.

И все же это не исключает радикальных движений вперед, прежде всего, в самой науке. Фундаментальные черты постнеклассической рациональности (выделение сложных естественно-искусственных систем, их представление и описание) позволяют разрабатывать новые средства для понимания и формирования образовательного мира будущего. Выделим здесь одно пока ещё не осмысленное поле деятельности. Сложная взаимосвязь внешнего и внутреннего миров в познании говорит об открытости внешнего мира и открытости системы сознания субъекта (М. Мамардашвили). И рано или поздно нам надо будет это учитывать в технологиях обучения.

Для ближайшей перспективы сохраняется рамочное строение методики обучения физике, содержательную основу которого составляют понятия, принципы, качественные модели. Чтобы выйти на новый уровень, надо уметь строить идеализированные объекты иерархически и содержательно сложных образовательных процессов. Пока такой научной практики нет. Очевидно, для развития самой науки надо искать (нарабатывать!) её новые структурные и содержательные решения.

Различение и специализация областей методики физики, в числе которых содержание образования, теория учебника, процессы учения и воспитания, нормы и механизмы научно-методической деятельности, будут всё больше требовать систематизации и обобщения знаний и опыта деятельности преподавателей, студентов, учеников. В условиях, когда сложность систем знаний постоянно растет, уметь с ними работать – важная практическая задача.

Итак, выделим идеи-движители нового этапа развития методики обучения физике:

- использование методологии деятельности как источника развития,
- рассмотрение методических систем всех уровней как открытых естественно-искусственных,
- новое нормирование всех аспектов учебной и преподавательской деятельности,
- построение на деятельностной парадигме иерархии систем знаний физического образования.

Обсуждая проблемные поля в методике обучения физики, следует признать: чтобы не происходило в обществе, науке, образовании, но нет выше цели по нравственному накалу, чем «созидание-творение» Человека. И построение науки, и построение практики подчиняются этой цели.

Библиографический список

1. Андреев В.И. Об оценке и развитии исследовательских способностей старшеклассников в обучении физике. – Казань, 1975. – 157 с.
2. Андреев В.И. Диалектика воспитания и самовоспитания творческой личности. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1988. – 238 с.
3. Атепалихин М.С., Сауров Ю.А. Вопросы методологии физических измерений при обучении физике: монография. – Киров: Изд-во Кировского ИПК и ПРО, 2005. – 106 с.
4. Ахутин А.В. История принципов физического эксперимента. – М.: Наука, 1976. – 292 с.
5. Ахутин А.В. Эксперимент и природа. – СПб.: Наука, 2012. – 660 с.
6. Библер В.С. Мышление как творчество: Введение в логику мысленного диалога. – М.: Политиздат, 1975. – 399 с.
7. Библер В.С. От наукоучения – к логике культуры: Два философских введения в двадцать первый век. – М.: Изд-во политической литературы, 1991. – 413 с.
8. Бубликов С.В. Методологические основы вариативного построения содержания обучения физике в средней школе: автореф. дис. … д-ра пед. наук. — СПб., 2000. — 41 с.
9. Бугаев А.И. Тенденции развития обучения физике в современной общеобразовательной школе: автореф. дис. … д-ра пед. наук в форме научного доклада. – М., 1983. – 48 с.
10. Важеевская Н.Е. Гносеологические основы науки в школьном физическом образовании: автореф. дис… д-ра пед. наук. – М., 2002. – 40 с.
11. Вайскопф В. Физика в двадцатом столетии. – М.: Атомиздат, 1977. – 272 с.
12. Вараксина Е.И. Теория и методика учебного эксперимента с упругими волнами: монография. – Глазов: ГГПИ, 2009. – 208 с.
13. Величковский Б.М. Когнитивная наука: Основы психологии познания: в 2 т. – Т. 2. – М.: Смысл: Издательский центр «Академия», 2006. – 432 с.
14. Вечтомов Е.М. Философия математики: монография. – Киров: Изд-во ВятГГУ, 2004. – 192 с.
15. Вигнер Е. Этюды о симметрии. – М.: Мир, 1971. – 318 с.
16. Владимиров Ю.С. Геометрофизика. – М.: БИНОМ, 2005. – 600 с.
17. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. – М.: Наука, 1989. – 400 с.
18. Гершунский Б.С. Педагогическая прогностика: Методология. Теория. Практика. – Киев: Вища школа, 1986. – 200 с.
19. Голдстейн М., Голдстейн И. Как мы познаем. Исследование процесса научного познания. – М.: Знание, 1984. – 256 с.
20. Голин Г.М. Образовательные и воспитательные функции методологии научного познания в школьном курсе физики: автореф. дис. … д-ра пед. наук. – М., 1986. – 31 с.
21. Голин Г.М. Вопросы методологии физики в курсе средней школы. – М.: Просвещение, 1987. – 127 с.
22. Гребенев И.В. Дидактика физики как основа конструирования учебного процесса. – Н. Новгород: Изд-во Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского, 2005. – 247 с.
23. Громыко Ю.В. Метапредмет «Знак». Схематизация и построение знаков. Понимание символов. – М.: Пушкинский институт, 2001. – 288 с.

24. Губин В.Б. О физике, математике и методологии. – М.: ПАИМС, 2003. – 321 с.
25. Губин В.Б. О науке и о лженауке. – М.: Изд-во РУДН, 2005. – 96 с.
26. Давыдов В.В. Теория развивающего обучения. – М.: ИНТОР, 1996. – 544 с.
27. Ефименко В.Ф. Методологические вопросы школьного курса физики. – М.: Педагогика, 1976. – 224 с.
28. Зверева Н.М. Активизация мышления учащихся на уроках физики. – М.: Просвещение, 1980. – 112 с.
29. Зиновьев А.А. Фактор понимания. – М.: Алгоритм, 2006. – 528 с.
30. Зиновьев А.А. Основы логической теории научных знаний. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 264 с.
31. Зинченко В.П., Моргунов Е.Б. Человек развивающийся: Очерки российской психологии. – М.: Триволта, 1994. – 304 с.
32. Зинченко В.П. Мысли и слово Густава Шпета (возвращение из изгнания). – М.: Изд-во УРАО, 2000. – 208 с.
33. Ильенков Э.В. Об идолах и идеалах. – М.: Политиздат, 1968. – 319 с.
34. Ильенков Э. В. Диалектическая логика. – М.: Политиздат, 1984. – 320 с.
35. Ильенков Э.В. Философия и культура. – М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2010. – 808 с.
36. Ильенков Э.В. Идеальное. И реальность. – М.: Изд-во «Канон+», 2018. – 528 с.
37. Ильясов И.И. Структура процесса учения. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 200 с.
38. Инструментальная дидактика: перспективные средства, среды и технологии обучения / под ред. Т.С. Назаровой. – М.; СПб.: Нестор-История, 2012. – 436 с.
39. Кабардин О.Ф. История физики и развитие представлений о мире: элективный курс: 10-11 класс. – М.: АСТ: Астрель: Транзиткнига, 2005. – 318 с.
40. Калошина И. П. Структура и механизмы творческой деятельности. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 168 с.
41. Каменецкий С.Е., Солодухин Н.А. Модели и аналогии в курсе физики средней школы. – М.: Просвещение, 1982. – 96 с.
42. Капица П.Л. Эксперимент. Теория. Практика. – М.: Наука, 1974. – 287 с.
43. Карасова И.С. Проблемы взаимосвязи содержательной и процессуальной сторон обучения при изучении фундаментальных физических теорий в школе: автореф. дис. … д-ра пед. наук. – Челябинск, 1997. – 37 с.
44. Коварский Ю. А. Роль мысленных моделей и методика их использования в процессе обучения физике: автореф. дис.… канд. пед. наук. – М., 1978. – 18 с.
45. Кондаков В.А. Дидактические основы построения учебных систем знаний по физике. – Куйбышев, 1977. – 47 с.
46. Коханов К.А. Модели и моделирование в методике использования учебного физического эксперимента: автореф. дис. … канд. пед. наук. – Киров, 2000. – 22 с.
47. Коханов К.А., Сауров Ю. А. Методология функционирования и развития школьного физического образования: монография. – Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2012. – 326 с.
48. Коханов К.А., Сауров Ю.А. Проблема задания и формирования современной культуры физического мышления: монография. – Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2013. – 232 с.
49. Краевский В.В. Проблемы научного обоснования обучения: Методологический анализ. – М.: Педагогика, 1977. – 264 с.
50. Краевский В.В. Методология педагогики. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2001. – 244 с.

51. Крестников С.А. Методология истории методики обучения физике. Научные школы методистов–физиков. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2006. – 225 с.

52. Кун Т. Структура научных революций. – М.: ООО «Изд-во АСТ», 2002. – 608 с.

53. Лебедев Я.Д. Теоретические основы формирования методологической культуры преподавателя. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ им. К. Д. Ушинского, 2003. – Ч. 1. – 192 с. – Ч. 2. – 172 с.

54. Лекторский В.А. Эпистемология классическая и неклассическая. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 256 с.

55. Леонтьев А.А. Деятельный ум. – М.: Смысл, 2001. – 392 с.

56. Леонтьев А.Н. Избранные психологические произведения. – М.: Педагогика, 1983. – Т. I. – 393 с.; Т.II. – 320 с.

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

58. Лихтштейн И.Е. Теория и практика формирования ценностного отношения школьников к физическим знаниям: автореф. дис. … д-ра пед. наук. – СПб., 2000. – 40 с.

59. Майер В.В. Элементы учебной физики как основа организации процесса научного познания в современной системе физического образования: автореф. дис. … д-ра пед. н. – М., 2000. – 44 с.

60. Майер В.В. Учебная физика как дидактическая модель физики // Проблемы учебного физического эксперимента: Сб. науч. тр. Вып. 7. – Глазов, 1998. – С. 13–16.

61. Майер В.В. Содержание, структура и место учебной физики в дидактике физики // Проблемы учебного физического эксперимента: Сб. науч. тр. Вып. 8. – Глазов, 1998. – С. 14–18.

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

63. Майер В.В., Сауров Ю.А. Экспериментирующее мышление в методике обучения физике // Физика в школе. – 2018. – № 7. – С. 3–11.

64. Майер В.В., Сауров Ю.А. Экспериментирование как методическая деятельность в обучении физике // Физическое образование в вузах. – 2018 – Т. 24. – № 2. – С. 5–18.

65. Майер Р.В. Исследование учебной деятельности с помощью абстрактной модели ученика // Математический вестник педвузов и университетов Волго-Вятского региона. Вып. 8. – Киров: ВятГГУ, 2006. – С. 245–249.

66. Майер Р.В. Компьютерное моделирование физических явлений: монография. – Глазов: ГГПИ, 2009. – 112 с.

67. Малафеев Р.И. Проблемное обучение физике в средней школе. Из опыта работы. – М.: Просвещение, 1980. – 127 с.

68. Малинин А.Н. Методические основы изучения теории относительности в курсах физики средних общеобразовательных учреждений и педвузов: дис. в виде научного доклада … д-ра пед. наук. – М., 2000. – 65 с.

69. Малинин А.Н. Методы физического познания (философский и дидактический аспекты). – Тамбов: Изд-во ТГУ им. Г. Р. Державина, 1999. – 170 с.

70. Мамардашвили М. Мой опыт нетипичен. – СПб.: Азбука, 2000. – 400 с.

71. Мамардашвили М. Кантианские вариации. – М.: Аграф, 2000. – 320 с.

72. Мамардашвили М. Эстетика мышления. – М.: Московская школа политических исследований, 2000. – 416 с.

73. Методика обучения физике в школах СССР и ГДР / под ред. В.Г. Зубова, В.Г. Разумовского, М. Вюншмана, К. Либерса. – М.: Просвещение, 1978. – 233 с.

74. Мигдал А.Б. Поиски истины. – М.: Мол. гвардия, 1983. – 239 с.

75. Моисеев Н.Н. Расставание с простотой. – М.: «Аграф», 1998. – 480 с.
76. Мощанский В.Н. Формирование мировоззрения учащихся при изучении физики. – М.: Просвещение, 1989. – 192 с.
77. Мултановский В.В. Развитие мышления учащихся в курсе физики. – Киров, 1976. – 80 с.
78. Мултановский В.В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. – М.: Просвещение, 1977. – 168 с.
79. Мултановский В.В. Проблема теоретических обобщений в курсе физики средней школы: автореф. дис. … д-ра пед. наук. – М., 1979. – 44 с.
80. Мякишев Г.Я. Динамические и статистические закономерности в физике. – М.: Наука, 1973. – 272 с.
81. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. Физика. 10 класс. – М.: Просвещение, 2020. – 432 с.
82. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Чаругин В.М. Физика. 11 класс. – М.: Просвещение, 2020. – 432 с.
83. Налимов В.В. Спонтанность сознания. – М.: Прометей, 1989. – 287 с.
84. Налимов В.В. Облик науки. – СПб.: Центр гуманитарных инициатив, 2013. – 368 с.
85. Наука и социальная картина мира: к 80-летию академика В.С. Стёпина. М.: Альфа-М, 2014. 768 с.
86. Низовских Н.А. Человек как автор самого себя: монография. – М.: Смысл, 2007. – 255 с.
87. Никитин А.А. Теоретические основы обучения учащихся методам научного познания при изучении физики в школе: автореф. дис. … д-ра пед. наук. – СПб., 2001. – 42 с.
88. Никифоров Г.Г., Пентин А.Ю., Попова Г.М. Изучение физики на основе научного метода познания. 7 класс. Методическое пособие. – М.: Дрофа, 2019. – 235 с.
89. Нурминский И.И. Закономерности формирования знаний и умений учащихся при изучении физики в средней школе: автореф. дис. … д-ра пед. наук. – М., 1989. – 36 с.
90. Нурминский И.И., Гладышева Н.К. Статистические закономерности формирования знаний и умений учащихся. – М.: Педагогика, 1991. – 224 с.
91. Одинцова Н.И. Обучение учащихся средних общеобразовательных учреждений теоретическим методам получения физических знаний: автореф. дис. … д-ра пед. наук. – М., 2002. – 32 с.
92. Орлов В.А., Сауров Ю.А. Практика решения физических задач. – М.: Вентана-Граф, 2010. – 272 с.
93. Основы методики преподавания физики в средней школе / под ред. А.В. Пёрышкина. В.Г. Разумовского, В.А. Фабриканта. – М.: Просвещение, 1984. – 398 с.
94. Петренко В.Ф. Многомерное сознание: психосемантическая парадигма. – М.: Эксмо, 2013. – 448 с.
95. Петренко В.Ф., Супрун А.П. Методологические пересечения психосемантики сознания и квантовой физики. – М.: СПб.: Нестор-История, 2017. – 384 с.
96. Патрушев В.Н., Сауров Ю.А. Вятская научная школа методистов-физиков: Факты и мысли о становлении. – Киров: Изд-во ВятГПУ, 1997. – 98 с.
97. Патрушев В.Н., Сауров Ю.А. Познание жизни и науки: О творчестве профессора В.Г. Разумовского. – Киров: Изд-во ВятГПУ, 1999. – 112 с.
98. Перышкин А.В., Родина Н.А., Рошовская Х.Д. Преподавание физики в 6–7 классах средней школы. – М.: Просвещение, 1985. – 256 с.

99. Пинский А.А. Релятивистские идеи в преподавании физики: автореф. дис. … д-ра пед. наук. – М., 1974. – 27 с.

100. Пинский А.А. Методика как наука // Сов. педагогика. – 1978. – №12. – С. 115–120.

101. Познающее мышление и социальное действие: наследие Г.П.Щедровицкого в контексте отечественной и мировой философской мысли. – М.: Ф.А.С.-медия, 2004. – 544 с.

102. Позолотина М.П. Проблема задания норм физического мышления при дистанционном обучении физике // Вестник ВятГГУ. Педагогика и психология: Научный журнал. – 2014. – №11. – С. 246–250.

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

104. Поппер К. Логика и рост научного знания. – М.: Прогресс, 1993. – 605 с.

105. Поппер К. Предположения и опровержения. – М.: «Изд-во АСТ», 2004. – 638 с.

106. Пригожин И., Стингерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. – М.: Прогресс, 1986. – 432 с.

107. Пуанкаре А. О науке. – М.: Наука, 1983. – 560 с.

108. Пустильник И.Г. Теоретические основы формирования научных понятий у учащихся: монография / Урал. гос. пед. ун-т. – Екатеринбург, 1997. – 103 с.

109. Пустильник И.Г. Теоретические основы формирования научных понятий у учащихся: дис. в виде научного доклада… д-ра пед. наук. – Екатеринбург, 1997. – 58 с.

110. Разумовский В.Г. Физика в средней школе США. Основные направления в изменении содержания и методов обучения. – М.: Педагогика, 1973. – 160 с.

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

112. Разумовский В.Г. Обучение и научное познание // Педагогика. – 1997. – №1. – С. 7–13.

113. Разумовский В.Г. Инновации в преподавании физики в школах за рубежом. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2005. – 185 с.

114. Разумовский В.Г., Орлов В.А., Сауров Ю.А., Майер В.В. Технология развития способностей школьников самостоятельно учиться, мыслить и творчески действовать // Физика в школе. – 2007. – № 6. – С. 50–55.

115. Разумовский В.Г., Орлов В.А., Никифоров Г.Г., Майер В.В., Сауров Ю.А. Физика: Учебник для 10 класса общеобразовательных учреждений. – М.: ВЛАДОС, 2010. – Часть 1. – 261 с. – Часть 2. – 272 с.

116. Разумовский В.Г., Орлов В.А., Никифоров Г.Г., Майер В.В., Сауров Ю.А., Страут Е.К. Физика: Учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений.– М.: ВЛАДОС, 2011. – Часть 1. – 255 с. – Часть 2. – 359 с.

117. Разумовский В.Г., Майер В.В. Физика в школе. Научный метод познания и обучение. – М.: ВЛАДОС, 2004. – 463 с.

118. Разумовский В.Г., Сауров Ю.А. Научный метод познания в школьном образовании как высочайшая духовная ценность // Научные основы развития образования в XXI веке. – СПбГУП, 2011. – С. 292–296.

119. Разумовский В.Г., Орлов В.А., Майер В.В., Сауров Ю.А. Стратегическое проектирование развития физического образования: монография. – Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2012. – 179 с.

120. 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.

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

122. Розин В.М. Логика и методология. – М.: ЛЕНАНД, 2014. – 272 с.

123. Розин В.М. Мышление: сущность и развитие. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 368 с.

124. Роль учебной литературы в формировании мировоззрения школьников: материалы IV пленума УМС при Минпросе СССР. – М.: Педагогика, 1978. – 225 с.

125. Роуэлл Г., Герберт Г. Физика / пер. с англ. под ред. В.Г. Разумовского. – М.: Просвещение, 1994. – 576 с.

126. Рубцов В.В. Организация и развитие совместных действий у детей в процессе обучения. – М.: Педагогика, 1987. – 160 с.

127. Рузавин Г.И. Методология научного познания. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 287 с.

128. Салмина Н.Г. Виды и функции материализации в обучении. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 136 с.

129. Салмина Н.Г. Знак и символ в обучении. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 288 с.

130. Сауров Ю.А., Бутырский Г.А. Электродинамика: Модели уроков. – М.: Просвещение, 1992. – 302 с.

131. Сауров Ю.А. Основы методологии методики обучения физике: монография. – Киров: Изд-во Кировского ИУУ, 2003. –196 с.

132. Сауров Ю.А. Программа формирования методологической культуры субъектов образования // Образование и саморазвитие. – 2009. – № 1. – С. 3–11.

133. Сауров Ю.А. Принцип цикличности в методике обучения физике: Историко-методологический анализ: монография. – Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2008. – 224 с.

134. Сауров Ю.А. Глазовская научная школа методистов-физиков: История и методология развития: монография. – Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2009. – 208 с.

135. Сауров Ю.А. Физика. Поурочные разработки. 10 класс. 2-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 2010. – 254 с. (4-е изд., доп. 2017. 277 с.).

136. Сауров Ю.А. Учитель: вечный поиск смыслов…: историко-методологический портрет профессора В.Г. Разумовского. – Киров, 2010. – 158 с.

137. Сауров Ю.А. Научное творчество профессора В.В. Мултановского. О личности в образовании: монография. – Киров: О-Краткое, 2015. – 256 с.

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

139. Сауров Ю.А. Методика обучения физике: поиск смыслов – люди и идеи… Вопросы науковедения: монография. – Киров: Изд-во «Областная типография», 2017. – 356 с.

140. Сауров Ю.А. Методика обучения физике: Вопросы науковедения: Письма о познавательной деятельности…: монография. – Киров: ИД «Герценка», 2019. – 350 с.

141. Сауров Ю.А., Коханов К.А. Экспериментирование и моделирование как коллективная познавательная деятельность в обучении физике // Вестник ВятГГУ. – 2014. – № 5. – С. 130–135.

142. Сауров Ю.А., Низовских Н.А. Вечные поиски Метода и построения Языков будущего… (Размышления о книге В.Ф. Петренко и А.П. Супруна «Методологические пересечения психосемантики сознания и квантовой физики») // Вестник ВятГУ. – 2020. – № 1. – С. 167–175.

143. Сауров Ю.А., Сауров С.Ю. Научные картины мира: Элементы эпистемологии. – Киров, 2006. – 192 с.

144. Сауров Ю.А., Уварова М.П., Перевощиков Д.В. Об исследовании освоения границ применимости физических понятий, принципов, моделей и законов // Перспективы науки и образования. – 2019. – № 6. – С. 128–141.

145. Сауров Ю.А., Уварова М.П., Перевощиков Д.В. Язык инвариантов как инструмент построения методики в дидактике физики // Вестник ТУ. – 2020. – № 451. – С. 170–178.

146. Сачков Ю.В. Научный метод: вопросы и развитие. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 160 с.

147. Синенко В.Я. Дидактические основы построения системы школьного физического эксперимента: автореф. дис. … д-ра пед. наук. – Челябинск, 1995. – 32 с.

148. Смирнов А.В. Сознание. Логика. Язык. Культура. Смысл. – М.: Языки славянской культуры, 2015. – 712 с.

149. Совершенствование преподавания физики в средней школе социалистических стран: кн. для учителя / Х. Бинешек, Я. Варга, М. Ванюшман и др.; под ред. В. Г. Разумовского. – М.: Просвещение, 1985. – 256 с.

150. Совершенствование содержания обучения физике в средней школе / под ред. В.Г. Зубова, В.Г. Разумовского, Л.С. Хижняковой. – М.: Педагогика, 1978. – 176 с.

151. Сохор А.М. Объяснение в процессе обучения: Элементы дидактической концепции. – М.: Педагогика, 1988. – 128 с.

152. Сравнительный анализ учебных пособий по физике для IX класса / под ред. Ю.А. Саурова, В.В. Усанова. – М., 1986. – 159 с.

153. Степин В.С. Теоретическое знание. — М.: «Прогресс—Традиция», 2000. – 744 с.

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

155. Теоретические основы содержания общего среднего образования / под ред. В.В. Краевского, И.Я. Лернера. – М.: Педагогика, 1983. – 351 с.

156. Усова А.В. Формирование у школьников научных понятий в процессе обучения. – М.: Изд-во Университета РАО, 2007. – 309 с.

157. Устиловская А.А. Метапредмет «Задача»: учебное пособие для педагогов. – М.: Пушкинский институт, 2011. – 272 с.

158. Фадеева А.А. Проблемы школьного курса физики (содержание, интеграция, методика преподавания): дисс. … д-ра пед. наук в форме научного доклада. – М., 2000. – 69 с.

159. Фейерабенд П. Наука в свободном обществе. – М.: АСТ, 2010. – 378 с.

160. Фейнман Р. Характер физических законов. – М.: Наука, 1987. – 160 с.

161. Фридман Л.М. Логико-психологический анализ школьных учебных задач. – М.: Педагогика, 1977. – 208 с.

162. Хофштадтер Д. Гёдель, Эшер, Бах: эта бесконечная гирлянда. – Самара: Издательский дом «Бахрах-М», 2001. – 752 с.

163. Хюсен Т. Образование в 2000 году: Исследовательский проект / под ред. В.Н. Столетова. – М.: Прогресс, 1977. – 341 с.

164. Человек в мире знания: к 80-летию Владислава Александровича Лекторского. – М.: РОССПЭН, 2012. – 623 с.

165. Чижов Г.А., Ханнанов Н.К. Физика. 10 кл.: Учебник для классов с углубленным изучением физики. – М.: Дрофа, 2003. – 480 с.

166. Шамало Т.Н. Теоретические основы использования физического эксперимента в развивающем обучении: Учебное пособие к спецкурсу. – Свердловск, 1990. – 96 с.

167. Шаронова Н.В. Теоретические основы и реализация методологического компонента методической подготовки учителя физики: автореф. дис. … д-ра пед. наук. – М., 1997. – 33 с.

168. Шпет Г.Г. История как проблема логики: Критические и методологические исследования. Часть первая. Материалы / отв. ред.-сост. Т.Г. Щедрина. – М.; СПб.: Университетская книга, 2014. – 510 с.

169. Швырев В.С. Научное познание как деятельность. — М.: Политиздат, 1984. – 232 с.

170. Шодиев Д.Ш. Мысленный эксперимент в преподавании физики. — М.: Просвещение, 1987. — 95 с.

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

172. Щедровицкий Г.П. О некоторых моментах в развитии понятий // Вопр. философии. – 1958. – № 6. – С. 55–64.

173. Щедровицкий Г.П. Избранные труды. — М.: Школа культурной политики, 1995. – 800 с.

174. Щедровицкий Г.П. Философия. Наука. Методология. – М.: Школа культурной политики, 1997. – 656 с.

175. Щедровицкий Г.П. Проблемы логики научного исследования и анализ структуры науки. – М., 2004. – 400 с.

176. Щедровицкий Г.П. Мышление – Понимание – Рефлексия. – М.: Наследие ММК, 2005. – 800 с.

177. Щедровицкий П.Г. Введение в философскую и педагогическую антропологию. – М.: Политическая энциклопедия, 2018. – 359 с.

178. Эйнштейн А. Собрание научных трудов в четырех томах. Т. IV. – М.: Наука, 1967. – 599 с.

179. Элементарный учебник физики: Учебное пособие. В 3-х т. / Под ред. Г.С. Ландсберга. Т. 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика. – М.: «Шрайк», «В. Роджер», 1995. – 608 с.

180. Эсаулов А.Ф. Активизация учебно-познавательной деятельности студентов. – М.: Высшая школа, 1982. – 223 с.

181. Юдин Э.Г. Методология науки. Системность. Деятельность. – М.: Эдиториал УРСС, 1997. – 444 с.

Содержание

Предисловие 3
Введение: о рамке наших методических поисков 4

Глава 1. Классическая методика обучения физике: достижения и ограничения
1.1. Целеполагание и структуры методики обучения физике (элементы истории) 10
1.2. Вопросы методологии классической методики обучения физике 20
1.3. О проблеме и смыслах изучения границ применимости научных знаний 32

Глава 2. Постнеклассическая методика обучения физике: поиски оснований
2.1. Новое время в обучении: вызовы теории и практики 41
2.2. Принципы дидактики и инварианты в методике обучения физике 51
2.3. Нормирование образовательной деятельности как стратегическая задача ... 65
2.4. Принцип различения и единства методов формирования и методов исследования физического мышления 76
2.5. Проблема миропонимания в методике обучения физике 83
2.6. Знаки и чувства в обучении физике 92

Глава 3. Пространство построения содержания постнеклассической методики обучения физике
3.1. Деятельностная парадигма и культура в методике обучения физике 99
3.2. Моделирование как фундаментальная учебная деятельность 106
3.3. Экспериментирование как фундаментальная учебная деятельность 116
3.4. Методические смыслы методологических ошибок 132
3.6. Коллективная образовательная деятельность: смыслы и перспективы 142
3.7. Вечная проблема научного метода познания и вопрос о формах знаний 152

Глава 4. Проблема построения методической реальности
4.1. Творение норм деятельности как метод построения образовательной реальности 158
4.2. Экспериментирующее мышление как реальность в методике обучения физике 168
4.3. О дидактическом потенциале границ применимости понятий и представлений методики обучения физике 176
4.4. О методике формирования фундаментальных физических понятий 187
4.5. Проблемные поля в научно-методическом творчестве 196

Заключение: вектор развития методики обучения физике 205
Библиографический список 207

Научное издание

Юрий Аркадьевич Сауров

Построение постнеклассической методики обучения физике
(методологический и методический синтез)

Монография

Печатается в авторской редакции

Компьютерная верстка Харунжевой Е.В.
Дизайн обложки – Харунжева А.А.

Подписано в печать 01.08.2022. Формат 60×84 1/16
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 13,5
Тираж 300. Заказ № 69

Отпечатано в ООО «Издательство» Радуга-ПРЕСС»
610044, Киров, ул. Лепсе, 69 – 48, т. (8332) 263–390