научная лаборатория
моделирование
процессов
обучения
физике

Департамент образования Кировской области
Центр дополнительного образования
одаренных школьников
Научная лаборатория
«Моделирование процессов обучения физике»

К. А. Коханов Ю. А. Сауров

Проблема задания и формирования современной культуры физического мышления

Монография

Киров
2013

УДК 37.016: 53
ББК 74. 265.1
К75

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

Рецензенты: д-р физико-математических наук, профессор Е. М. Вечтомов (г. Киров), д-р педагогических наук Я. Д. Лебедев (г. Вологда)

К75 Коханов К. А., Сауров Ю. А. Проблема задания и формирования современной культуры физического мышления: Монография. – Киров: Изд-во ЦДООШ; «Типография «Старая Вятка», 2013. – 232 с.

ISBN 978-5-91061-355-7

В монографии выполнено обобщение известных знаний для развития техники формирования мышления в обучении физике. Предметом внимания является присвоение, формирование культуры физического мышления.

Книга, в частности, предназначена в качестве теоретического основания для организации познавательной деятельности школьников в Кировском Центре дополнительного образования одаренных школьников.

ISBN 978-5-91061-355-7

© К. А. Коханов, 2013
© Ю. А. Сауров, 2013
© ЦДООШ, 2013

Нашему земляку, сначала учителю физики,
а затем выдающемуся педагогу и методисту
В. Г. Разумовскому,
посвящаем эту книгу

ПРЕДИСЛОВИЕ

Нет ничего выше культуры. И она вся важна. Но в ней тоже есть своя иерархия. Нет сомнения, что стержень современной цивилизации основывается на естественнонаучной культуре, во многом на физическом познании природы, на методе научного познания. Технологические успехи машинной цивилизации, на которых стоит экономика и безопасность государств, заложены теоретическими и практическими достижениями физики, химии, биологии. Накопленный этими науками и областями деятельности человека «опыт рода» помноженный на достижения инженерии – великий движитель прогресса и грандиозное достижение культуры человечества. Эти знания «накормили» и «вылечили» людей, «создали» возможность разделения труда, в итоге – выделения и развития культуры как социального института, духовного развития людей и др.

Ядро этой культуры заключено в методах научного (а отсюда и технологического) мышления. Не случайно в любой учебной программе приоритетной целью является формирование современного мышления и мировоззрения школьников и студентов. Следует признать, что в реальности мы еще мало продвинулись в решении этих целей. Предлагаемая книга и направлена на обострение и представление проблемы формирования физического мышления. В том числе в совместной кооперированной мыслительной деятельности, то есть в мыследеятельности.

Авторы надеются, что на новом этапе развития методики обучения физике внимание к формированию мышления приведет к новым эффективным методическим решениям по организации учебной деятельности.

ВВЕДЕНИЕ: ФИЗИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ КАК ЦЕННОСТЬ И ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Многознание уму не научает...
Гераклит[*]

Мышление не может быть представлено в виде процесса,
а требует для своего изображения и представления
категории структуры.
Г. П. Щедровицкий [**]

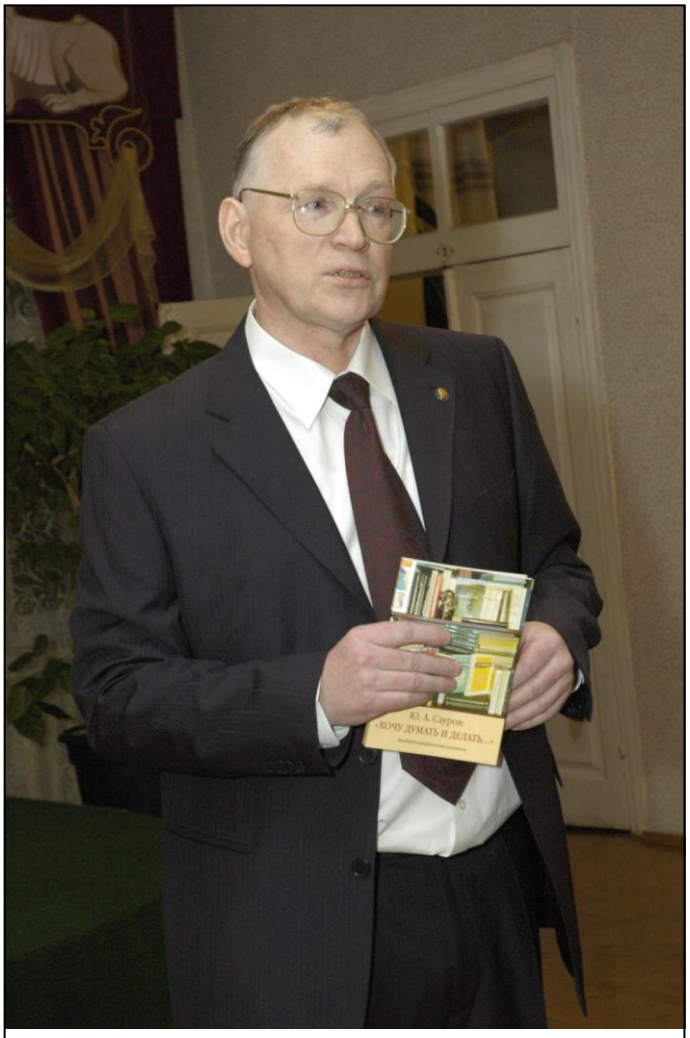
Научно-методическая проблема. Мышление – фундаментальный феномен человечества вообще, но и феномен образовательной деятельности. Его выделению и изучению посвящены многочисленные работы философов, психологов, дидактов, методистов (см. литературу). Мышление – сущностное образование человека. Значимость его трудно переоценить, оно продолжает волновать исследователей. Но специалисты справедливо отмечают: «Среди социальных задач прямая задача совершенствования человеческого мышления в явной формулировке ставится незаслуженно редко» (Е. Б. Егошкова, 2009, с. 57).

В методике обучения физике издавна сложилось приоритетное внимание к формированию физического мышления, это обязательно фиксировалось в программах, хотя представления формулировались неопределенно широко, абстрактно, без специфики нашего учебного предмета, в итоге – туманно. И, если в 60-80-е годы XX века шел все же постоянный подъем в развитии представлений о мышлении (В. Г. Разумовский, В. В. Мултановский, Н. М. Зверева и др.), то потом наступил длительный спад внимания. Объясняется это, во-первых, трудностями освоения представлений о теоретическом мышлении, во-вторых, отсутствием эффективных технологических (легко транслируемых) решений по формированию мышления, в-третьих, формализацией по многим причинам учебного процесса, ориентиром на запоминание и т. п. Научно-теоретическое основание для понимания мышления, которое напряженно строилось в 70-80-е годы, во многом потеряно новыми поколениями методистов и учителей.

---

[*] Цит. по книге: Кессиди Ф. Х. Гераклит. – М.: Мысль, 1982. – С. 149.
[**]Щедровицкий Г. П. Проблемы логики научного исследования. – М.: Путь, 2004. – С. 283.

Заметим, что в физике накоплен громадный потенциал опыта познавательной (мыслительной) деятельности, в частности, осмыслено значение научного метода познания (А. Эйнштейн). Этим опытом издавна продуктивно пользуются философы, методологи, психологи. В системах же обучения физике продолжает стихийно доминировать сенсуалистическая схема познания. Особенно хорошо ее критика представлена в работах Г. П. Щедровицкого, В. В. Давыдова, В. В. Мултановского. С нашей точки зрения, нужны целенаправленные и комплексные усилия преодоления старых норм познавательной деятельности в обучении физике для воспроизводства новых, современных норм деятельности и мышления. Мы призываем данной книгой к этой работе методистов-физиков, преподавателей и учителей физики. И верим, прежде всего, в успех коллективной деятельности по выделению и эффективному присвоению современных норм физического мышления.



Ю. А. Сауров, доктор педагогических наук, профессор, член-корреспондент РАО.

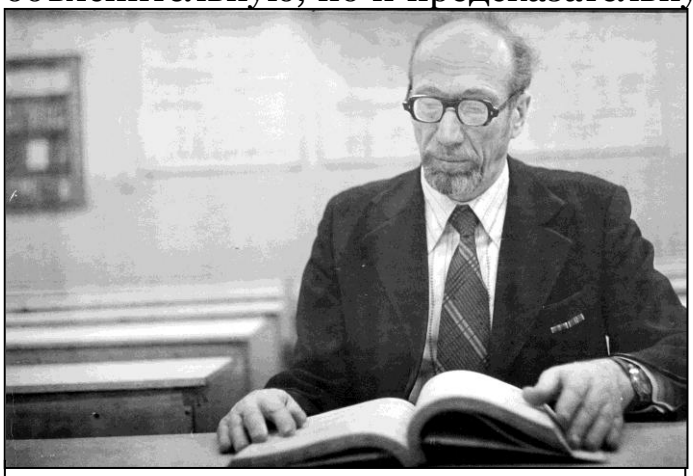
Мысль

«Для меня не совсем объяснимо, почему в одном пединституте в непростых условиях вот уже три поколения подряд рождаются известные методисты-физики – В. А. Кондаков, В. Г. Разумовский, В. В. Мултановский, С. А. Хорошавин, В. Ф. Шилов... По-видимому, стержнем являются некие духовные традиции и жажда познания... На этой духовной основе и возникает **научная школа**... В книге обозначен свой вклад в становление особенной вятской методической школы. Наверное, главной нашей чертой был и есть интерес к методам познания, к мышлению и мировоззрению...».

Физическое мышление как практический инструмент понимания и преобразования жизни. 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. Освоение метода научного мышления в предметно-преобразующей деятельности, его присвоение как духовного феномена становится стратегическим по значению для образования, науки, жизни.

Основателем научного метода познания, что по форме и содержанию и есть ядро научного мышления, считают Г. Галилея, который отверг существовавшее до него представление о том, что человеческий разум непосредственно воспринимает знания из внешнего мира. Таким образом, он отделил мир природы от мира науки, фактически сделав научное мышление инструментом социальных по масштабу открытий. Галилей пришел к фундаментальным открытиям, считая гипотезу центральным моментом познания. Гипотеза – синтез рационального (фактов) и творческого (воображения); благодаря гипотезам научная теория стала выполнять не только объяснительную, но и предсказательную функцию. Но гипотеза как творение разума – всегда ограниченна как познавательный инструмент.



В. В. Мултановский (1927-2000), доктор педагогических наук, профессор, долгие годы зав. кафедрой теоретической физики и методики преподавания физики. Его разносторонние и глубокие знания физики, методологии, психологии, методики привлекали к нему людей. Несомненно, он заложил духовный фундамент для организации научной школы.

Его **мысль**

«Однако за структурой теории стоит нечто неизмеримо более важное, нежели простая сумма фактических знаний – теория отражает гносеологический цикл познания, пройденный человечеством в процессе его исторического развития, и предписывает человеку определенный способ мышления в его индивидуальном познании» (1976, с. 4).

До начала XX века гипотезы в науке воспринимались почти тождественно изучаемым явлениям, что сейчас распространено при обучении. Но научное мышление при своем стремлении к познанию нового ведет к отказу от старых моделей к построению новых моделей. И только постоянный поиск истинности знаний (понятий, законов) достигается в науке благодаря их неразрывной связи со всей суммой экспериментальных данных, с практикой деятельности. Метод научного познания вскрывает материальную природу понятий, дает инструменты их эффективного построения и использования, здесь осознается социальная природа идеальных

образований, любого мышления (К. Маркс, Э. Ильенков и др.). На этой основе решаются проблемы языка описания, представления.

Научный метод познания позволяет ученику быть полноценным субъектом в понимании и преобразовании мира, без чего не может быть и речи о полноценном процессе формирования личности. Развитие способностей к мышлению «от абстрактного к конкретному» с помощью научных понятий ведет к творческой деятельности. Так воспроизводится мышление как феномен культуры.

Итак, **объект исследования** – опыт мыслительной деятельности в обучении физике.

Основной предмет исследования – нормы современной мыслительной деятельности в обучении физике, то есть нормы физического мышления.

Выразим конкретные предметы нашего изучения в формулировке ряда идей-положений. Их формулирование как реальных научно-методических проблем, описание их сторон и черт (характеристик, схем-моделей, процедур действий и др.), доказательство эффективности их решения для науки и практики – цель нашего исследования.

• Понятие «физического мышления» необходимо задать как категориальное понятие в методике обучения как науке, хотя и более узкое, чем деятельность. Понимается под этим а) придание и обозначение за физическим мышлением некой фундаментальной реальности в физическом образовании, б) понятия физического мышления как системообразующей характеристики образовательной деятельности и ее результатов.

• В методике обучения физике уже давно сложилось приоритетное внимание к формированию физического мышления, хотя его роль и значение, методические приемы плохо конкретизировались. Понятие мышления вымывается другими понятиями (познавательная деятельность, методы исследования...), не совершенствуется диагностика этого феномена, нет экспериментальных дидактических исследований и др.

• Почему мышление, доминирующе понимаемо как личностное образование, в эпоху резкого усиления индивидуализма, личностно ориентированного обучения, индивидуальных образовательных траекторий, уходит в тень? Одно из объяснений мы видим в не развитии отношения к мышлению как к коллективной (культуросообразной) норме, в слабом внимании к нормированию мыслительной деятельности в методике обучения физике, а отсюда и практике.

• Мышление – структурно сложное образование; в зависимости от цели и угла зрения представляется разными процессами или гранями; ядром мышления является знаковое (языковое) мышление, содержательно-процессуальным ядром физического мышления

является метод научного познания, на языке деятельности представленный двумя ведущими учебными деятельностями – моделированием и экспериментированием.

• В предметной дидактике для формирования мышления необходимо, прежде всего, организовать с помощью методических приемов мыслительную деятельность. Она под идею о двух ведущих учебных деятельностей – моделирования и экспериментирования – представляет собой: а) деятельность со знаками-моделями на доске и в тетради, б) речевую деятельность для выражения деятельности со знаками, в том числе, коллективную деятельность, в) согласование и выполнение деятельности с объектами и деятельности со знаками, г) творчество при конструировании новых установок, опытов, схем и т. д.

• Мышление не только жестко нормируемая структура и процесс, но и эмоционально-волевой феномен. В принципе, и то, и другое транслируемо, воспроизводимо и ценностно.

• Существуют (выделяются) уровни (виды, типы) мыслительной деятельности. В обучении физике по содержанию они определяются видами обобщений (понятие, законы, теории, ФКМ), по процессам – особенности ведущей учебной деятельностью, методологией движения понятий «от абстрактного к конкретному», методом научного познания.

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. Только построение по логике «от абстрактного к конкретному» и функционирование системы знаний как метода (а знаковых систем как инструмента организации мышления) 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 воспроизводится единство культуры, в том числе на уровне такого фундаментального явления как мышление.

ГЛАВА I.
О МЕТОДОЛОГИИ МЫШЛЕНИЯ КАК ОБЪЕКТА И ФОРМЫ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Каждый, кто хочет учить мыслить,
должен уметь мыслить сам.
Э. В. Ильенков[*]

Гедель показал, что понятие «доказуемости» уже,
слабее понятия истинности вне зависимости от того,
какую аксиоматическую систему мы выбираем.
Д. Хофштадтер[**]

Методология задает природу, смыслы, систему мыслительной деятельности как реальности и как средства познания. Словом, методология задает идеальную форму мышления. Особенности содержания определяются конкретными областями деятельности (предметами).

1.1. АКТУАЛЬНОСТЬ МЕТОДОЛОГИИ КАК ЗНАНИЯ О ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Если мышление – феномен, представляющий некую деятельностную реальность, то можно определить ее следующими характеристиками. Это, во-первых, интеллектуальная деятельность, несколько уже – познавательная деятельность, во-вторых, социальная и коллективная деятельность, в-третьих, деятельность, обслуживаемая всем спектром психологических процессов, в-четвертых, деятельность со знаками и деятельность с материальными объектами...

В настоящее время, интегрированное представление о мышлении представляет методология. Она объединяет на этот счет знания разных научных предметов, прежде всего для целей воспроизводства исторически возникших форм мышления и разработки новых форм мышления. Не случайно исторически методология во многом сформировалась как отклик на задачу о тайнах мышления.

---

[*]Ильенков Э. В. Об идолах и идеалах. – М.: Политиздат, 1968. – С. 210.
[**]Хофштадтер Д. Гедель, Эшер, Бах: эта бесконечная гирлянда. – Самара: Издательский дом «Бахрах-М», 2001. – С. 20.

По-видимому, методологию можно считать частью философии; во всяком случае, философия является ее прародительницей. В настоящее время методология как область знания, как язык, как некая деятельность все больше приобретает самостоятельное значение и статус. Широко распространено представление о методологии как о рефлексии научного мышления. Хотя с приведенной точки зрения методология – часть философии, но и сама философия (ее отдельные учения) может играть и играет роль методологии. В целом методология надпредметна, и в этом контексте дает (несет) самые принципиальные знания о деятельности человека (и его мышлении).

Важно, что у методологии как области деятельности и системы знаний есть история развития. Э. Г. Юдин выделял следующие **типы внутринаучной рефлексии** (1997). И можно проследить, как этот взгляд влиял на представления о мышлении.

Онтологизм:

- Самосознание взаимоотношения «знание – объект».
- Каждому объекту приписывается определенное знание; процесс получения знания – это движение к объективной истине.
- Задача: как достигнуть истинного знания.

Гносеологизм:

- Самосознание взаимоотношения «субъект – объект».
- Роль влияния организации познания (формы, факторы и др.) на содержание и организацию знания; признание относительности истины.
- Задача: как увеличить конструктивную силу познания, поиск новых форм познания.

Методологизм:

- Самосознание средств познания (методов, процедур, схем и др.).
- Производство средств познания.
- Задача: как средствами познания «строить» реальность, то есть строить специальную научную онтологию (модель реальности).

Проблемы жизни
(через задачи мышления)

- Как обеспечить жизнь при динамичном ее изменении?
- Как жить в среде множественности истин?
- Как жить во множестве психологических миров?
- Как жить с другим?..

Понятно, что рамка каждого типа внутринаучной рефлексии **задает особенности и научного мышления**. Исторически они выделялись и оформлялись по-разному. Например, формально-логическое мышление и методологическое мышление... В последние тридцать-сорок лет в педагогике как науке и образовательной практике, несомненно, очень широко рас-

пространен **психологизм** как вид и форма внутринаучной рефлексии этой области деятельности. И хотя это способствовало развитию педагогической психологии, но на методическом уровне из-за гипертрофированного отношения и искажений нередко принимает форму болезни.

Выделяют ряд областей знания, которые задают наиболее общие и инвариантные представления о мышлении: логика и математическая логика, гносеология, эпистемология, методология. В первом приближении отношение между ними можно расшифровать следующим образом:

• **логика** (как совокупность наук) изучает наиболее общие законы и формы мышления; рассматривает законы выводного знания;

• **гносеология** (или теория познания) исследует способности человека познавать действительность (отношение знания к действительности, формы познания, критерии истинности знания и др.);

• **эпистемология** (иногда отождествляется с гносеологией) выступает как теория знания (строение и структура знания и систем знаний, развитие знания, организация и взаимоотношение систем знаний в рамках дисциплины и др.); изучает различные типы знаний и их отношение; эпистемология рассматривает «статику» знания;

методология прежде всего рассматривается как учение о методах научного познания и преобразования мира, о методах исследования; как метатеория построения и функционирования наиболее общих методов и стилей познания; как система правил и процедур организации рефлексии мышления и познавательной деятельности; как инструментарий построения идеально-реальных миров; как практика организации познания, то есть как динамика знания. Методология как область знания и познавательной деятельности довольно обширна, активно охватывает разные области знания, в частности, семиотику как теорию знаков, герменевтику как теорию понимания текстов, эпистемологию как теорию знания...

Мысль

«Мышление есть особая «форма», которая накладывается на материал чувственного отражения, хотя по механизмам своим оно возникает и осуществляется иначе – особым образом структурируя чувственное отражение и включая его внутрь себя в качестве элемента...».

Г. П. Щедровицкий (2004, с. 145)

Важно отметить, что методология включает в себя, перетапливая под свой предмет изучения, любые знания социологии, психологии, логики, эпистемологии, предметных наук. И таким образом стремимся задать метапредметное мышление.

Заметим, что на деле все эти системы знаний и действий перемешаны, зачастую трудно различимы, но, тем не менее, можно усмотреть некое отличие их друг от друга, у них есть свой предмет. Здесь проявляется положительный эффект дифференциации знаний. В частности, методология изучает развитие процессов научно-исследовательской деятельности общества, то есть процессов воспроизводства, трансляции, коммуникации мыслительной деятельности при решении задач развития общества (Г. П. Щедровицкий, 1997, с. 284-286). В качестве уточняющего дополнения можно утверждать, что методология рассматривается а) как система некоторых знаний о процессе познания, б) как процесс (деятельность) построения процедур конструирования (формирования) знаний. Какие же должны быть механизмы (инструменты, «машины», организации), чтобы система знаний и стоящая за ней деятельность развивались? И чтобы мышление развивалось – формировалось в обучении и изменялось в историческом процессе.

Методология как вид интеллектуальной (познавательной и иной) деятельности, как область знания ставит и решает следующие наиболее принципиальные **задачи**:

- выяснение природы, механизмов, процедур получения человеческих знаний;
- различение и согласование основных интеллектуальных познавательных деятельностей – мышления, понимания, коммуникации, рефлексии, внешней предметной деятельности;
- выяснение содержания и процессов метода научного (и иного) познания;
- функционирование знаний от возникновения до исчезновения.

Различают следующие **уровни** методологии: философская, междисциплинарная (общенаучная), частнонаучная. Для **философской методологии** характерно рассмотрение следующих вопросов: ценности и их роли в познании, взаимоотношение веры и науки, проблема истины, исторические формы мировоззрения, принципы философского мышления, соотношение между разными формами познания, общие подходы в решении проблемы познаваемости мира и др. **Общенаучная методология** прежде всего вырабатывает общие методы познания действительности: правила логического вывода, историко-логический анализ, системный анализ, информационный анализ, структурный подход, генетический метод, функциональный анализ, синергетический подход и др. **Частнонаучная методология** изучает и формирует особые правила, методы и методики научного познания: правила построения своего предмета, приемы экспериментирования, конкретные способы по-

лучения знаний, образцы деятельности и др. На каждом уровне существуют свои особенные мыслительные процедуры (мышление).

Обратимся к выделению некоторых общих **методологических представлений** на Мир и его познание. Они прямо влияют на практическую деятельность по разработке теоретических представлений о формировании физического мышления при обучении. Задают «рамку» (матрицу) мышления.

- Мир, природа усложняются, процессы становятся динамичнее; сложные процессы являются нам необратимыми.
- Социальные системы тоже усложняются, острее становится проблема их обучения и самоорганизации; с одной стороны, происходит постоянный разрыв человеческих миров на области, сферы и т. п. (наука, философия, быт и др.), с другой стороны, растет потребность в целостном восприятии и воспроизводстве знаний и деятельности.
- Постоянно растет человеческий фактор в Мире: а) мир целей, ценностей, деятельности человека прямо влияет на все; именно поэтому «исходным для понимания эволюции науки, как и любого человеческого предприятия, является понятие социального действия» (Р. М. Нугаев, 2001, с. 117); б) нет оппозиции субъекта и объекта, факт приобретает смысл одновременно и конструирования, и исследования (Г. П. Щедровицкий, 1997, с. 510–511); в) «каждое воспринимаемое сообщение меняет способность системы к восприятию сообщений» (Э. Н. Гусинский, 1994, с. 61).
- В познании уже не реализуется так легко простой лапласовский детерминизм; «Понятие истины в двадцатом веке постепенно уступает место понятию модели» (там же, с. 57); все большее знание приобретает описание объекта или явления на разных языках с разными целями; «Мир образования стал настолько сложным, а его состояние настолько серьезным, что этот мир нельзя характеризовать, пользуясь только педагогической терминологией» (см. Г. И. Петрова, 1977, с. 10).

Вот почему во второй половине XX века все более

Методология: процедуры мыслительной деятельности

- Построение научных предметов
- Структурирование знаний, построение систем знаний
- Анализ деятельности для построения знаний об объектах; разработка норм деятельности
- Диалог 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 [180, с. 75]
- Рефлексия познавательной (и иной) деятельности; распредметизация и др.
- Системное описание деятельности и ее образованностей

усложняющаяся ситуация в познании приводит к возникновению и развитию **методологии**. Это и область, и стиль человеческой деятельности, это и область знаний, но это и реальная практика методологического мышления. Ниже на анализе конкретных текстов (в значительной мере, следуя работам Г. П. Щедровицкого) уточним **основные черты методологии**:

• методология в разное время в зависимости от выбора предмета выступала логикой, теорией познания, натурфилософией, психологией и др.; **современная методология** рассматривает науку и научную деятельность как предмет сознательной и целенаправленной деятельности по изменению и развитию, поэтому растет роль проектных механизмов, усиливается влияние социально-психологических аспектов развития науки на ее логико-эпистемологические компоненты [177, с. 279–282];

• методология – это сфера деятельности с разнородными знаниями; одна из ее главных задач – формирование методологического мышления как некой реальности, как поиска новых форм социальной кооперации [177, с. 382 и др.];

• методология – это инструмент поиска новых путей решений новых задач в результате рефлексии собственной деятельности; методологическое знание (и мышление) более разнообразно и менее определенно, чем научное;

• методология строит и изучает процедуры познания на основе опыта научного и других форм познания; она и существует, прежде всего, в виде процедур деятельности, в виде нового мышления;

• методология разных областей знания и деятельности значительно отличается друг от друга прежде всего по процедурам. А. П. Зинченко пишет: «Методология оргуправления есть многопозиционная имитация мыслительных работ, ориентированных на формирование реализуемых проектов совместной деятельности больших групп людей» [178, с. 372].

Отношение к методологии как к **деятельности и мышлению** особого свойства требует более подробного отражения этих аспектов. Приведем в тезисах некоторые положения на этот счет.

♦ Мышление рассматривается как реальность, как субстанция 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» [177, 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, все 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. Деятельность включает в себя как необходимый элемент мыслительную деятельность. Мышление, по-видимому, психологически свернутая мыслительная деятельность, сопровождаемая другими процессами; нередко мышление и мыслительную деятельность отождествляют.

♦ Люди строят пространства мышления и деятельности: «люди живут в идеальном пространстве, если им свезло и они сумели его построить» [177, с. 18]; построение этих пространств, то есть по сути искусственно-естественной онтологии, это построение картин мира; 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.

Задача согласования фундаментальных интеллектуальных процессов (понимание, коммуникация, мышление, рефлексия, деятельность), определяющих современную познавательную деятельность, была поставлена в практике Московского методологического кружка (Г. П. Щедровицкий и др.). В итоге поисков было задано новое понятие-категория «**мыследеятельность**». В нем отражено единство и взаимосвязь фундаментальных интеллектуальных процессов, которые всегда целевые и нормируемые. Предполагается, что эта категория точнее описывает (или задает!) реальную жизнедеятельность, в которой свое место занимает и мышление.

Классическая методология может быть охарактеризована такими чертами: детерминизм, вера в существование законов природы вне человека, редукционизм, механицизм, экспериментальное изучение природы, непрерывность движения и мышления, активная роль картины мира и др.

Мысль

«Ни из какой совокупности опыта нельзя вывести различие между реальностью и представлением о ней. Всякая реальность нам дана представлениями о ней. Но оно (это различение) откуда-то к нам приходит...»

М. Мамардашвили

Эстетика мышления, 2000, с. 34

Сейчас ученые, характеризуя научное познание конца XX века, выделяют такие **неклассические** черты, как гибкость теоретических положений, активность субъекта познания, неоднозначность в определении связей между элементами мира (А. В. Лекторский и др.). Причем в плане обучения познавательная активность субъекта связывается с процессами обоснования деятельности, что как раз и обеспечивается методологическими знаниями. А всего, с нашей точки зрения, довольно обоснованно выделяют следующих три типа объектов и соответствующих процессов познания: а) фрагменты объективной действительности – процесс исследования, б) сама познавательная деятельность – процессы ее обоснования (результат – методология), в) выработанные знания – процессы усвоения [114, с. 93, 103]. Г. И. Петрова подчеркивает, что в настоящее время **познавательная активность детерминируется прежде всего процессами обоснования,** то есть методологии. Она пишет: «Состояние современной науки требует обоснования как ведущего процесса в обучении. Именно обоснование связано с обобщенностью теоретического знания, с выработкой методологии и метода познавательной деятельности» (1977, с. 104–105).

Итак, методология задает рамку видения мышления как сложного (многокомпонентного, иерархизированного) феномена (объекта), включающего социально-логические, психологические, организационные аспекты рассмотрения, выражаемого через процессы понимания, коммуникации, рефлексии, внешней предметно-преобразующей деятельности, знаковой (речевой) деятельности.

1.2. ЭПИСТЕМОЛОГИЯ КАК ТЕОРИЯ ЗНАНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ МЫШЛЕНИЯ

Научное мышление, несомненно, связано (обусловлено, влияет, выражается) с технологиями производства знаний, в конечном итоге с системами знаний. Отсюда результаты эпистемологии задают некую рамку при рассмотрении вопросов формирования физического мышления. И при построении учебных текстов внимание к ним оправдано. В. В. Мултановский, отталкиваясь от исследований В. В. Давыдова, прямо связывал передачу опыта физического мышления с системами физических знаний, с освоением структур их отношений.

Эпистемология рассматривается как теория знания, то есть она изучает строение отдельных знаний, состав и структуру систем знаний (например, теорий), развитие и функционирование знаний, отношение систем знаний к объекту и др. Конечно, знания, как продукт деятельности, существуют в системах деятельности. Отсюда эпистемология может рассматриваться как часть методологии. А че-

рез построение систем знаний рассматривается (представляется, задается) мышление.

Подход к построению знаний может быть разным. **М. Бунге** писал: «Критический реализм оказывается наиболее плодотворной эпистемологией, так как поощряет стремление видеть дальше любой теории...» (1975, с. 129). По его мнению, суть этого подхода заключается в следующем:

- Существуют объекты, не зависимые 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.

Эпистемология, по **В. А. Лекторскому**, тождественна теории познания (2001, с. 5). Для классической эпистемологии он выделяет следующие особенности: гиперкритицизм, фундаментализм, субъектоцентризм, наукоцентризм. А в целом, В. А. Лекторский считает, что именно теория знания позволяет конструировать новые технологии и типы коллективной практики (там же, с.7). Отсюда и цель: задать в системах знаний абстракцию этой практики. Таким образом одновременно задать мышление в системах знаний, процедурах практики, в технических объектах, в речевой коммуникации...

Типы знаний, за которыми и стоят типы мышления, согласно современным представлениям (Г. П. Щедровицкий, В. С. Степин, В. А. Лекторский и др.), определяются:

- характером (особенностями) мышления и деятельности,
- особенностями структур и процессов коммуникации при передаче знаний,
- особенностями процедур (механизмов, говорят о «машинах») 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.

На этой идейной основе выделены следующие **типы знаний**: а) практико-методические, б) естественнонаучные, в) конструктивно-технические, г) оргуправленческие, д) философские, мифологические, религиозные, е) проектные, ж) системы знаний о ценностях, то есть этика, з) нормативные системы знаний, то есть логика, языкознание, лингвистика и др., и) методологические, к)знания о деятельности, то есть системы знаний психологии, педагогики и др. (Г. П. Щедровицкий, 1997, с. 316,

443). Почти очевидно, что типы знаний связаны (являются результатом) соответствующей деятельностью, 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. А раз так, то и познавательные процедуры деятельности со знанием разные.

По-видимому, **эпистемологическими единицами** любых систем знаний являются универсальные, как виды, следующие **знаниевые образования:**

- факты – единицы материала, с которым имеют дело в деятельности (Какие факты? Как их строить? Как использовать? Как систематизировать?..),
- онтологические картины мира, то есть изображения реальности,
- средства выражения знаний, фактов, то есть языки описания, представления,
- системы методик изучения или исследования, то есть нормы процедур деятельности,
- модели объектов или явлений, которые представляют (репрезентируют) частные, эмпирические объекты исследования, то есть 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.

Пока довольно распространенной остается вульгарно материалистическое представление о существовании знаний (законов и др.) в природе. А отсюда искаженное отношение к производству знаний. В современном мире производство смыслов становится все более значимым, вот почему растет интерес к природе и функциям знания. И все больше становится людей, которые в своей профессиональной деятельности работают со знаниями как с объектами.

В литературе картина мира «применяется не только для обозначения мировоззрения, но и в более узком смысле – тогда, когда речь заходит о научных онтологиях, то есть тех представлениях о мире, которые являются особым типом научного теоретического знания» (В. С. Степин, 2000, с. 192). Как раз последний аспект по отношению к мышлению нас и интересует, то есть речь идет о задании картины мира мышления для физического образования.

Понятия-категории методологической деятельности и методологическая картина мира. Понятно, и это уже показано

выше, что через понятия задаются принципы и процедуры методологической деятельности (и мышления). В общих чертах система понятий позволяет задать некую методологическую картину мира (рис. 1).

Рис. 1.1

Подчеркнем, что именно методологическое мышление (его проекция – методогическая картина мира) вскрыло и объяснило природу мышления.

Особенности методологической деятельности со знаниями. Прежде всего, это деятельность с идеальными объектами: знанием, мышлением, знаками, смыслами и т. д. Затем, это деятельность с материальными носителями этих объектов: людьми, разными эмпирическими объектами (в частности, текстами), процессами деятельности и др. Думается, что важнейшим в обучении

является деятельность понимания. Трудно переоценить роль и значение понимания в практической деятельности человека – без понимания ее просто нет. Не случайны такие характеристики понимания: приспособление знаний (схем, моделей и т. п.) к деятельности, к построению новых действий, восстановление ситуации по тексту [146, с. 129 и др.].

С точки зрения психологии смысл – это внутренний медиатор, психологическое орудие, внутренняя форма внешних действий (В. П. Зинченко, 1997). С социокультурной (и в целом материалистической) точки зрения смыслы укоренены в бытии, опредмечены в действиях, словах и т. п. (К. Маркс и др.). Причем в процессе предметно-преобразующей деятельности «Реально всякое осмысление переходит в переосмысление... Любая форма человеческой деятельности включает постоянное (пере) осмысление, формирование смыслов явлений, втягиваемых в воспроизводственную деятельность человека» (Ахиезер А. С. Философские основы социокультурной теории и методологии // Вопр. философии. 2000. № 9. С. 31). Тут и понятно, почему мы «мыслим» руками, в чем нить связи внутреннего и внешнего. Смысловое поле сознания, с одной стороны, реализуется (живет, функционирует) в форме предметов (в широком смысле, любых), с другой стороны, изменяется под «давлением» предметной деятельности, понимаемой как деятельность над смыслами.

Отсюда нельзя преуменьшать роли таких «экзотических» составляющих практической деятельности, как «распредмечивание смыслов», «опредмечивание» смыслов, поиск и построение новых смыслов, построение системы смыслов, взаимосвязи смыслов и целей, смыслов и ценностей. При этом реальные трудности (возможности) организации познавательной деятельности толкают к такой форме организации работы, как коллективная мыследеятельность (см. практику организационно-деятельностных игр, практику семинаров [111]).

Студентов приводит в недоумение вопрос: Неужели вы думаете, что это стул (демонстрируется стул)? Для ответа как раз требуется «распредмечивание». Легко определяется, что этот объект может быть столом, а для ребенка, например, машиной. В реальной жизнедеятельности распредмечивание — небезопасная деятельность. Новое видение объектов, процессов, мира приходит на пике мыслительных усилий. В чем-то это сродни гипнозу, культу, озарению в ходе напряженного поиска.

Итак, несущий цель метод соединяет в себе и знание, и приемы. Он активен, поэтому приоритетен. Его роль в построении предметов, а затем в исследовании – трудно переоценить. Сейчас нет нужды строить методы с чистого листа, они наработаны и зафиксированы в культуре. Умение их «получить» – эффект хорошего обра-

зования. Метод также нормативен, как и знание. Конкретность применения (ситуативность) метода к конкретному объекту порождает вариации знаний. И конкуренция идей, приемов, знаний приводит к истине на данном историческом этапе, в рамках сложившейся деятельности. Мышление и обслуживает метод, и представляет его в некой форме, и разрушает его при переходе к новому методу.

1.3. ФИЛОСОФЫ: НЕИСТОВЫЙ ПОИСК МЫШЛЕНИЯ...

Послевоенное поколение свободной волны философов – А. А. Зиновьев, Г. П. Щедровицкий, Э. В. Ильенков, М. Мамардашвили... – вспахало поле для новой интеллектуальной деятельности. Все они неистово искали смыслы и инструменты познания и преобразования жизни. И создали методологическое основание для дальнейших поисков. Сейчас, в нашем случае физического образования, наступило время и появилась возможность получить на этом поле некие позитивные плоды. Ниже использованы мысли и положения названных авторов для **выделения и формирования норм мышления при обучении физике**. Под эту задачу, под этим углом зрения и идет поиск и анализ представлений о мышлении.

Первое фундаментальное обобщение законов мышления выполнено в формальной логике. Широко известны **четыре закона мышления в логике** (Аристотель, Лейбниц и др.):

- Закон тождества: «каждая мысль, которая приводится в данном умозаключении, при повторении должна иметь одно и то же определение, устойчивое содержание», то есть должна быть определенность мысли, для этого понятия должны пониматься одинаково (Н. И. Кондаков, 1976, с. 596).
- Закон противоречия: «не могут быть одновременно истинными две противоположные мысли об одном и том же предмете, взятом в одно и то же время и в одном и том же отношении» (там же, с. 488).
- Закон исключения третьего: «из двух противоречащих высказываний в одно и то же время и в одном и том же отношении одно непременно истинно» (там же, с. 213).
- Закон достаточного основания: «всякая истинная мысль должна быть обоснована другими мыслями, истинность которых доказана»; «вся практика

Мысль

Способы мыслительной деятельности могут и должны быть онтологизированы в нормах-знаках и транслированы в образовательной деятельности. В том числе таким образом становиться возможной мыслительная деятельность над мыслью.

человеческого мышления показывает, что подлинным знанием является лишь такое, которое сопровождается сознанием хода доказательств этого знания» (там же, с. 163).

В науке постоянно осуществляется совершенствование содержания и формы законов мыслительной деятельности: математическая логика, диалектическая логика и др.

Гениальный философ **И. Кант** выделял в мышлении три способности: способность познавать общее, то есть усвоение правил – рассудок; способность подведения частного случая под общее правило – способность суждения; способность выведения принципов, то есть способность определения особенного через общее – разум. Сами эти способности реализуются через совокупность мыслительных действий, таких как анализ, дедуктивный вывод...

А. А. Зиновьев: Прямой логический взгляд в познание. У Зиновьева в сознании различаются а) содержание – мысли, идеи, образы, б) аппарат (механизм), который подразделяется на чувственно-физиологический и искусственно-знаковый (2006, с. 11). Последний «возникает и функционирует на основе чувственного аппарата». В итоге формируется логический интеллект на основе языков знаков и правил работы с ними.

Для Зиновьева **интеллект человека** «есть единство трех аспектов – языкового (знакового), бытийного и познавательного» (с. 124).

Предметы уравнены с объектами, выражаются знаками (схемами, рисунками, фотографиями и т. п.) и обозначают все, что угодно. Выбор предмета – элементарное познавательное действие, выраженное следующими познавательными операциями – мысленный выбор, мысленное сопоставление (там же, с. 14).

Предмет логики по Зиновьеву это язык в функции «знакового аппарата познания реальности» и средство «фиксирования и сохранения результатов познания» (там же, с. 19). Правила обращения со средствами логики не открываются в природе, а изобретаются вместе с языком. Результаты познания, то есть знания, существуют в разных высказываниях, например, «электрон заряжен отрицательно». Важно, что высказывания «не обозначают предметы как термины, а фиксируют (закрепляют) знания исследователей о предметах» (там же, с. 23). Далее формулируется логика высказываний, она задает рамки мышления.

Для нас важно, что в рамках логики (а не через обобщение результатов наук) строится некая онтология, в которую входят понятия: предмет, признак, событие, состояние, движение, случайность, закон, время, пространство, прошлое, форма (там же, с. 42-45). Конечно, такие предметы строятся на основе всего опыта деятельности. Данные понятия формально-логически (и эмпирически) определяются трудно. Зиновьев критиковал Ленина за определение ма-

терии через ощущения (с. 122), а Ильенков утверждал определение материи как раз в противопоставлении к сознанию, причем «одна из противоположностей фиксируется как исходная, а другая – как возникающая из нее» [52, с. 33].

О законах. «Научными законами (суждениями законов) называют также суждения, явно или неявно предполагающие определенные условия, при которых они всегда истинны» (там же, с. 85). И далее: «Закон может быть открыт путем изучения одного экземпляра явлений данного рода. Для этого нужен логически сложный анализ эмпирической ситуации, включающий отвлечение от множества обстоятельств, выделение непосредственно незаметного явления в «чистом виде», своего рода очищение закона от скрывающих его оболочек. Закон находится как логический предел такого процесса, причем не как нечто наблюдаемое, а как результат логических операций. Законы эмпирических объектов вообще нельзя наблюдать так же, как наблюдаются сами эти объекты». Законы «сами по себе не возникают, не изменяются и не исчезают» (там же, с. 88).

Логический анализ заставляет Зиновьева утверждать: «пространство не существует без эмпирических предметов», «время не существует без эмпирических измерений» (с. 107). (Это близко методологии А. Эйнштейна.) Здесь, может быть и косвенно, но подтверждается деятельностная природа понятий.

О **познавательном аспекте интеллекта**, что нас прямо интересует, А. А. Зиновьев выделял следующее:

• «Далеко не всегда можно строго утверждать, что идет от средств познания и что от познаваемых объектов» (с. 125). Сравните у В. Б. Губина: «Следовательно, некоторое изменение (в ограниченных пределах) состояния среды может не менять ощущения. Другими словами, имеет место относительная устойчивость ощущений... Реальность в ощущении упрощается, усредняется, обобщается... Возможность существования моделей и теорий реальности, предназначенных для использования в деятельности и испытываемых ею, но никогда полно и точно не отражающих реальности, проистекает из допустимости получения уже некоторого приблизительного результата, что, в конечном счете, следует из относительной устойчивости ощущений, свойственной живому» (2003, с. 119-120).

• «Научный подход есть особый способ мышления и познания реальности, качественно отличный от обывательского и идеологического» (с. 128). И далее выделяются следующие правила такого мышления: а) принцип субъективной беспристрастности, б) наблюдение реально существующих объектов, в) следование правилам логики и методологии, г) разделение объектов на эмпирические или реальные эмпирические объекты (отражаются природным аппаратом) и абстрактные (отвлечение от таких свойств объекта, при котором эмпирический объ-

ект не может существовать), г) абстрактные объекты нельзя исследовать методами наблюдения, экспериментирования, измерения, но их цель – средство исследования эмпирических объектов...

• Выделяются следующие известные познавательные действия: «выбор (выделение), сопоставление, сравнение, обобщение, ограничение, анализ (разделение), синтез (соединение), интерполяция, экстраполяция, классификация, эксперимент, моделирование, систематизация, аналогия, построение теорий» (с. 137).

• Существуют многочисленные правила наблюдения, например, выбор ситуации, которые влияют на результаты наблюдения, то есть «результаты субъективной деятельности по отбору, комбинированию и упорядочению результатов наблюдений выдаются за описание самой реальности» (с. 138).

• «Вторым фундаментальным средством опытных наук является эксперимент»; «Одним из методов экспериментальных исследований является метод моделирования» (с. 142-143). Нет сомнения, что в физике и обучении физике моделирование «обслуживает» (но и ведет!) экспериментирование.

• Суть гипотетико-дедуктивного метода заключается в использовании гипотез для получения на основе дедукции следствий. Сами гипотезы невозможно проверить эмпирически, они в своей основе абстракции (с. 148-149). В качестве примера А. А. Зиновьев приводит законы Ньютона*.

• Примером диалектического метода является метод теоретического исследования «от абстрактного к конкретному»: надо одновременно мысленно двигаться от конкретного к абстрактному и от абстрактного к конкретному (с. 153).

Э. В. Ильенков: Нормы мыслительной деятельности. Ильенков четко придерживался принципиального различия индивидуального мышления и общественного (культурного) мышления, считая второе первичным. Он писал: «Вопрос об отношении материи и сознания усложняется тем, что индивидуальному сознанию сознание общественное... с самого начала предшествует как нечто заранее данное, существующее до, вне и независимо от индивидуального сознания. Так же как и материя. И даже больше того. Это общественное сознание – разумеется, в его индивидуализированном виде, в виде сознания его ближайших воспитателей, а затем и всего того круга людей, которые появляются в поле зрения человека, формирует его сознание в гораздо большей мере, чем «материальный мир»» (1980, с. 34). Так для обучения формулируется вечная и актуальная **проблема нормы мышления**, деятельности и др.

---

*На основе принципов строится теоретический мир, в рамках которого невозможно доказать истинность принципов. Например, постоянство скорости света в СТО. Выход – в практике, которая может ломать теоретические схемы.

Э. В. Ильенков, подчеркивая в основе познания материализм, писал: «Неверно и то, что мир познается в наших ощущениях. В ощущениях внешний мир нам лишь дан, точно так же, как он дан и собаке. Познается он не в ощущениях, а в деятельности мышления, наука о котором и есть логика...» [52, с. 35]. По словам Г. П. Щедровицкого основной тезис Ильенкова был в том, что «предмет философии – познание, а не мир» (2001, с. 28). И Ильенков многократно повторял, что материалистическая диалектика и есть теория познания, что она совпадает с наукой о мышлении [52, с. 165].

В замечательной педагогической книге «Об идолах и идеалах» Э. В. Ильенков, на основе анализа достижений Канта, Гегеля и Маркса, построил целостное материалистическое отношение к мышлению [51]. Выделим его основные **идеи для построения норм мышления в обучении**.

- Логика (со времени Аристотеля) дает формальные правила всякого мышления, которые позволяют строить мысль из цепочки понятий, которая не противоречила бы сама себе [46, с. 87]. А значит, чистая логика не интересуется о целях и содержании мышления. И в этом для обучения существует опасность формализма: слова произносятся верно, а познания нет.
- Ильенков подчеркивает важность выделения Кантом, кроме общей логики истины или «трансцендентальной» логики, то есть правил теоретического познания, еще и правил получения соединения различных представлений опыта, обобщений. Инструментом при этом являются категории.
- Третья логика, по Канту, это логика синтеза, логика «разума». Но здесь и таится коварство. Ильенков писал: «При попытке осуществить «полный» синтез (определения понятия и условий его применимости) мышление с неизбежностью, заложенной в его природе, впадает в состояние... принципиально неразрешимых с помощью логики... противоречий – антиномий» (там же, с. 93). Само мышление антиномично. И для синтеза или выбора схемы синтеза важными оказываются вненаучные аргументы – совесть, практика, красота...
- Гегель наличие противоречия в мышлении обозначил как закон мышления, а «повиновение этому закону – высшая «правильность» мышления» (там же, с. 108). Маркс, отталкиваясь от Гегеля и Фейербаха, сделал шаг в сторону связи теоретического мышления и жизни (опыта). Ильенков писал: «Столкновение теоретического осознания действительности, взятого в самых лучших его образцах, с самой действительностью – таков метод разрешения Марксом всех коллизий общественной жизни» (там же, с. 125). В том числе и мышления. Именно здесь объяснение многочисленных по-

пыток связи школы с жизнью, теоретического мышления с практикой (практическим мышлением!)...

• «Ум – дар общества человеку...; самое «выгодное», с точки зрения развитого общества, «капиталовложение». Отсюда задача: «Надо открывать каждому человеку доступ к условиям целостного развития. В том числе к условиям развития способности самостоятельно мыслить – к одному из главных компонентов человеческой культуры, что и обязана делать школа» (там же, с. 157). Причем способность (умение!) мыслить возникает и развивается при приобщении к «общественно-человеческой культуре», к культурным нормам.

• Ильенков выделяет следующие **принципы формулирования норм мышления**: талант, способность – это норма, результат освоения норм, а не исключение; формальное заучивание знаний – верный способ уродования интеллекта; «абсолютные» истины без соотношения с реальностью разрушают мышление; забывание бессвязной информации – естественная реакция человека на формальные знания; **учить мыслить надо с развития способности правильно ставить вопросы**; научить ребенка самостоятельно мыслить можно только при внимании к его индивидуальности; дефинициями познание кончается, а не начинается; факты практики, которые всегда противоречивы, понимаются через исследование фактов, то есть объектов и явлений; учить мышлению, то есть диалектике, значит, учить умению фиксировать проблемы и решать их на пути конкретного рассмотрения явлений реальности, фактов; голый результат без пути, без понимания метода познания – скелет истины; высшая культура мышления выражается в «умении полемизировать с самим собой»; диалектическое мышление всегда самокритично; «понятие – в отличие от термина, требующего простого заучивания, – синоним понимания существа фактов. И оно всегда конкретно, в смысле предметно, оно вырастает из фактов и только в фактах и через факты имеет смысл, значение, содержание»; из-за ограниченности опыта ребенок понятия первоначально осваивает как термины и может так и остаться на формальном уровне мышления и знаний; никакая дидактика не может научить мыслить равнодушного человека... (там же, с.156–211). С высказанной точки зрения весьма понятна позиция учителей и методистов-физиков, которые формирование физического мышления тесно связывают с экспериментированием.

• «Как и почему мы видим вещи вне, а не внутри нас самих?» (там же, с. 213). На опыте предметной деятельности силой воображения, то есть мыслительной деятельности, оптические сигналы мозг «превращает» в образы объекта внешнего мира. При этом у человека уже должно быть сформировано представление о про-

странстве, в первом приближении – трехмерном эвклидовом пространстве.

Ильенков писал: «Уметь видеть предмет по-человечески – значит уметь видеть его глазами другого человека, глазами всех других людей...» (там же, с. 241). И чувственное восприятие – это акт деятельности (а отсюда и мышления!), при котором взором человека управляют потребности культуры, элементы которой, так или иначе, «приходят» к ученику как нормы.

• «Все без исключения всеобщие категории и законы науки... непосредственно вырабатываются и проверяются на всеобщность как раз в ходе «очеловечивания» природы, то есть в процессе, протекающем по человеческим целям» (там же, с. 260).

И в целом **обобщение**: во всех аспектах познавательной и преобразующей деятельности человека мышление человека необходимо, активно, эффективно для достижения целей, исторично и нормативно.

Мераб Мамардашвили: Нравственность мышления. Тексты и речи Мамардашвили дают образцы мышления вообще, но прежде всего, конечно, философского мышления. Главное, что несет Мамардашвили, – это то, что мышление не только и не просто интеллектуальные (и психологические) процессы, но шире и сложнее – духовные процессы, обладающие в Культуре некой самостоятельностью и бытием. Он писал: «Я уже говорил вам, что все отличие человека состоит в том, что в описываемый предметный мир он вносит самого себя, нечто уже существующее в себе и способен извлекать это. То есть проблема мышления есть проблема измерения; проблема смотрения в одном, двух или многих измерениях» (2000, в, с. 85). Эти достижения важно выделить и учесть в нашем деле физического образования, хотя бы частично.

• С одной стороны, мышление существует как эмпирический объект. Мамардашвили многократно писал: «Явления мысли такие же эмпирические явления, как физические явления в мире» (2000, б, с. 27); «тем самым мне хочется привести вас к ощущению, что мысль непроизвольна, она тоже явление, которые мы не можем иметь по своему желанию. Нельзя захотеть и помыслить. Не голый рассудок рождает мысль» (2000, в, с. 20).

С другой стороны, «нет никакой натуральной причины, природной последовательности событий, которая порождала бы в человеке мысль» (2000, в, с. 82).

• Мышление связано с волей, с внутренней целью: «в каком-то смысле естественным образом мыслить нельзя» (2000, в, с. 383).

• Мышление связано с внешней деятельностью, с пониманием, речевой деятельностью, рефлексией, предметной деятельностью.

• «Значит, у нас две категории явлений: первые, которые мы воспринимаем, даже не задаваясь вопросом о причинах, и те, что мы

воспринимаем, только если знаем. Но знаем не само восприятие – оно должно эмпирически случиться, – а знаем что-то другое» (2000, б, с. 74).

• Рождение мысли – духовный акт, только потом следует акт технологический, то есть собственно процесс (деятельность) мышления. «Мы выяснили: первым актом мысли является не мысль о чем-то, а как бы ее конструирование самой себя, или рождение. Первый акт мысли – это фактически выделение чего-то, о чем вообще можно мыслить, так сказать, выделение области мысли» (2000, в, с. 47).

• «В мысли нужно пребывать – усилием... В символах же, если мы сможем их внести в действительность, содержаться ресурсы того, что в нашем мышлении могут возникать поля сцепления нового. Поле, в котором это происходит, и есть поле усилия мысли. Это именно усилие, поскольку естественным образом мысль сама по себе не пребывает во времени, а рассеивается» [71, с. 114, 115].

• «И второй вывод – мысль есть, прежде всего, действие. Обычно под мыслью понимают некое ментальное состояние, которое мы получаем шагами рассудка, рассуждения. В этом случае ее называют еще отражением реальности. А я хочу сказать другое: 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. Ибо чтобы увидеть что-то, мы вносим порядок и потом видим» (там же, с. 139–140). Отсюда выражение мышления в решении задач (психология), в предметных действиях экспериментирования (методика обучения).

Мысль

«Метод – это способ движения, а схема – это то, при помощи чего обнаруживается и выражается метод. И хотя метод – это не схема, но если он не схематизирован, не доведен до уровня схемы, не представлен в схематической форме, то его просто не существует...

В качестве сферы, внутри которой реализуется метод, мы выделяем процессы мышления, мыслекоммуникации и мысследействования»

Ю. В. Громыко (2001, с. 9)

• «Быть способным на мысль – значит быть способным на жестокость, способным сказать самому себе: это так, как бы мне не хотелось бы...» (там же, с. 177).

Г. П. Щедровицкий: Теория и практика мышления. Хотя многие тексты нашей работы прямо опираются на позиции лидера Московского методологического кружка, но все же здесь есть смысл выделить и специально обозначить некоторые его идеи по отношению к мышлению. Надо понимать, что теме им сказано так много, что вычленить главное не так просто [111, 176–182]. Итак...

• Схемы силлогизма (логика Аристотеля) нормируют мыслительную деятельность, но она ее не описывает (2000, с. 40, 61). Различение рассуждения и мышления состоит в том, что первое зафиксировано в тексте, а процессы мышления создают этот текст (2000, с.63). Значит, можно фиксировать различение мыслительной деятельности и мышления. В обучении главное (и технологическое, управленческое) внимание направляется на формирование шире учебной, уже – мыслительной (умственной) деятельности.

• Одной из **стратегий исследований** является: а) наложение средств (наиболее подходящих из совокупности) на эмпирический материал, б) получение не совсем адекватного изображения (понимания), что выражается в парадоксах, в) через признаки-парадоксы изменять средства, г) вновь применяем средства к эмпирическому материалу и т. д. до получения адекватного результата (2000, с. 86-90). Процесс этот может быть многократно повторен. В такой логике действовал Галилей. Такая практика дает **операциональное определение мышления**: «мы называем мышлением то, с чем мы сейчас работаем» (2000, с. 91). И добавим: как мы работаем.

• **Содержательно-генетическая логика** организации исследований сформулирована в работах А. А. Зиновьева и опиралась на следующие принципы: а) «должны анализироваться не продукты мыслительной работы, знания, а прежде всего мыслительная деятельность», б) анализ должен дать знания, которые могут быть использованы как средства исследования, в) «мышление развивается не только по содержанию, охватывая все новые и новые области действительности, но прежде всего по своей технологии, по приемам и способам мышления. Только развитие техники мышления позволяет раскрывать в действительности новые стороны. Поэтому теория мышления могла быть только исторической», г) анализ формы не может быть без анализа содержания и наоборот (и другие) (2000, с. 94–96). Использование данных принципов и задает практику (и нормы) мышления. Зиновьев, по словам автора, утверждал, что «средства формальной логики не накладываются на такую действительность, как мышление. Является глубоким заблуждением думать, что существуют такие образования, как понятия, суждения и умозаключения... Признание существования таких вещей вызвано особенностями нашего мышления. Поскольку все наши понятия является идеальными объектами, поскольку мы привыкли жить рядом с этими объектами и считаем их реальностью, то есть видим сквозь их призму действительность...» (там же, с. 97–98).

• Схема «объекты – связь замещения – знаковый материал» – исходная для выведения по логике «от абстрактного к конкретному» понимания (задания) феномена мышления (2000, с. 137-139).

Ее социально-историческая природа заключена в рядах объектных замещений для воспроизводства деятельности. На определенном этапе само это отношение замещения становится объектом для анализа, в результате **возникают ряды уже мыслительных замещений – так объективно рождается феномен мышления** как мыслительной деятельности (с. 145–147). А далее в ряде замещений выделяются объекты с функциями эталонов, работы по их производству и функционированию оформляются в культуре. Г. П. Щедровицкий писал: «Задав эталоны и особые способы их употребления, мы делаем шаг в... выделении мышления» (с. 147). Далее эталон приобретает функцию знака, затем «ее перенимает речевой материал», который затем «отрывается» от эталона и получает самостоятельное существование в коммуникации (с. 148, 149). В неком итоге обозначенная схема находит форму выражения в методологической модели мышления (см. параграф 1.7).

• Методологическое мышление является историческим продолжением научного мышления, в тенденции должно вытеснять последнее (Г. П. Щедровицкий, 2005, с. 321). И еще об актуальном сейчас отношении «коллективное – индивидуальное» в мышлении: «До тех пор, пока мы рассматриваем интеллектуальную деятельность как деятельность индивида, до тех пор мы не сможем связать между собой мышление, рефлексию и понимание»; «индивидуальная деятельность... особая форма фиксации и организации деятельности для ее воспроизводства», причем эта форма и есть мышление; «нормировки воспроизводят и закрепляют то, что мы называем индивидуальным мышлением» (там же, с. 344–345). Значит, если найти нормировки, то можно организовать и воспроизводить групповое (коллективное) мышление... И еще две важных оппозиции: а) «нет никакого индивидуального мышления» (там же, с. 372), б) «а мышление – это то, что в каком-то смысле не нормируется... Но когда оно будет нормировано, оно превратится в мыслительную деятельность» (там же, с. 377). Тогда любое мышление – всегда творческое в каком-то аспекте. Значит, в обучении формируется мыслительная деятельность (и отчасти мышление), а мышление как феномен результат всей жизнедеятельности.

Здесь мы можем обозначить лишь неразвитую схему движения человеческой деятельности, которая осуществляет структурирование мира, создает действительность понятий. Далее у Г. П. Щедровицкого выделяется содержание, знание и др. В конечном итоге на основе методологического анализа и дается историко-логическая картина мыслительной деятельности. (Полнее надо самостоятельно изучать обозначенные источники.)

Методология физики. Можно назвать достаточно много философов, которые прямо занимались или занимаются методологией физики (А. В. Ахутин, В. С. Библер, М. Бунге, Р. Карнап,

Б. Кедров, П. В. Копнин, Б. Г. Кузнецов, В. А. Лекторский, И. П. Меркулов, К. Поппер, У. А. Раджабов, Г. И. Рузавин и др.). В нашей работе, учитывая накопленный опыт, мы в разных частях опираемся на конкретные результаты Библера, Ахутина, Степина, Поппера, Куна, Лакатоса, Бунге, Карнапа. Во второй главе специально рассматривается концепция **В. С. Степина о теоретическом познании** [153], в которой обобщаются накопленные знания.

1.4. МЕТОДОЛОГИЯ И ТРАНСЛЯЦИЯ «ОПЫТА МЫШЛЕНИЯ»

Итак, в методологии ключевой категорией является универсум деятельности, а системообразующим процессом – воспроизводство деятельности (Г. П. Щедровицкий и др.). В таком контексте деятельность тождественна культуре. Очевидно, что в случае частных задач и деятельностей воспроизводство части культуры является типичным инструментом. Так в образовании встает задача содержания культурного «опыта рода» и его трансляции. Фактически дидактическое понятие «опыт рода» и выделено под задачи трансляции деятельности. Задача трансляции «опыта рода» распространяется и на мышление.

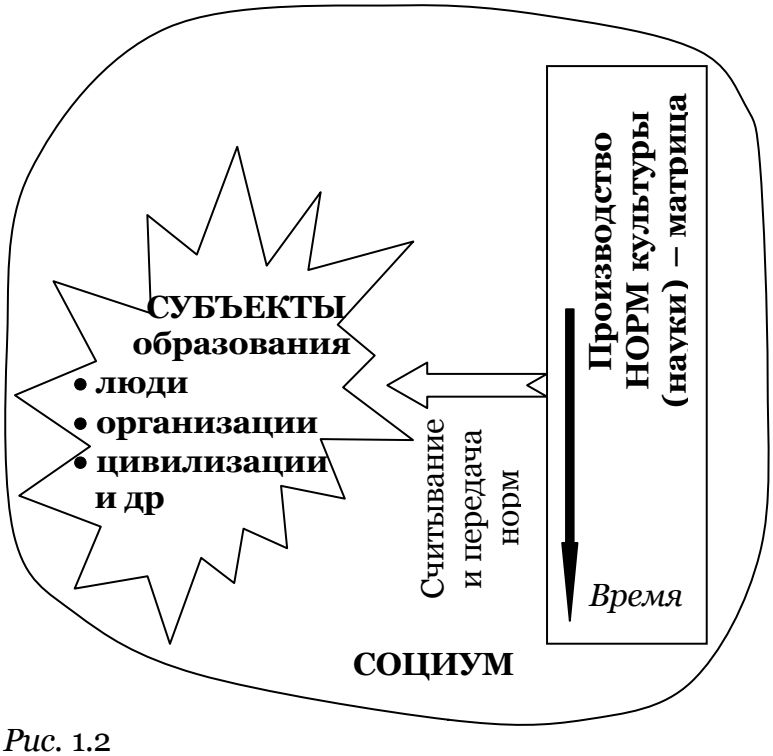


Рис. 1.2

Общая картина трансляции «опыта рода» может быть представлена схемой (рис. 1.2). Здесь нормы деятельности «считываются» (один из механизмов – обучение) с образцов культуры. Более детально, на уровне единицы образовательного действия передача «опыта рода» (текста) показана на схеме (рис. 1.3).

Трансляции коллективной и индивидуальной деятельности в образовательных процессах. Под влиянием идеологии индивидуализма (через политику, экономическую практику и др.) образовательная деятельность стала все чаще пониматься как индивидуальная деятельность. На самом деле деятельность в познании и обуче-

нии может и должна быть **нормирована** как кооперативная, а значит, коллективная деятельность (Э. В. Ильенков, Г. П. Щедровицкий и др.). И на этой основе может и должна (аргумент – богатый опыт советской педагогики) совершенствоваться 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 организация коллективной деятельности. Дело в том, что в принципе, формально при индивидуальном обучении, например, в случае обучения на дому, все равно основой, стержнем является по существу (природе знаний, форме передачи «опыта рода») коллективная образовательная деятельность.

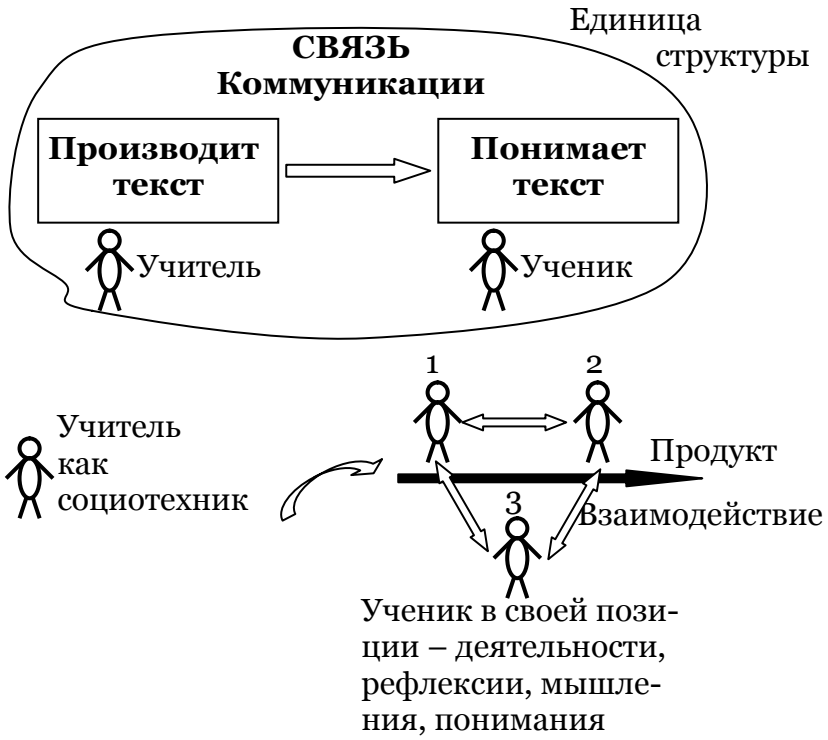


Рис. 1.3

Конечный результат присвоения знаний и деятельности – индивидуален и по форме, и по содержанию. Прежде всего, потому, что он обусловлен многими реальными ситуативными обстоятельствами. Так, например, понимается мышление субъекта образования. Фактически на это всегда обращается внимание психологов. Но сам макромеханизм, 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, физическое мышление, то есть ядро присвоенного опыта остается нормативным. Значит, проблема в том, как эффективно организовать коллективную образовательную деятельность, чтобы индивидуальный продукт (мышление ученика) был бы качественным.

Зачем нужно (задается) 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» (2005, с. 425). Действительно это острая проблема и трудовой, и научной, и образовательной деятельности. И показателем здесь является свобода. И в деятельности, и в нравственных оценках.

Идея-модель для решения проблемы. Ключом для понимания взаимоотношения между коллективной и индивидуальной деятельностью является, на наш взгляд, 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 подход распространен у психологов.

Важно понять, что такая нормировка мышления (и других качеств) вызвана практикой воспроизводства, тиражирования этих качеств, прежде всего в системах образования. Отчасти это происходит от идеологии (заказа), от непонимания и неумения нормировать деятельность как-то иначе. Но таким образом могут транслироваться далеко не все качества. По определению так нельзя воспроизводить целостную деятельность (учебную деятельность). В целом индивидуализация деятельности происходит в результате развития структур деятельности, разделения и специализации труда. Регламенты (исторический конвейер) способствуют эффективности деятельности, позволяют организовать технологии обучения. Но в реальности (в ситуации разнообразия) деятельность не реализуется как индивидуально жестко нормированная, отсюда возникает необходимость взаимодополнения, согласования деятельностей, в итоге – коллективной деятельности. Производство, в целом жизнь, каждодневно требуют индивидуальной, а отсюда и коллективной, кооперированной деятельности. Особенно это актуально в системах управления.

Для обучения получается: коллективная по историко-социальной природе деятельность препарируется (нормируется) для индивидуального усвоения как нормы. Так технологично, личностно-значимо, инструментально. Но индивидуальное развитие, прежде всего, обеспечивается при освоении всеобщих универсальных норм деятельности, мышления, рефлексии. И 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, взаимоотношением школьников разных возрастов и др. Заметим,

что сейчас на практике индивидуализации деятельности придается идеологическое значение.

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 (см. рис. 1.3). Г. П. Щедровицкий придавал принципиальное значение такой структуре (2006, с. 393).

Методическое обобщение. Во-первых, для страны опасно резкое разделение школьников на «обычных» и элитарных, что организационно обедняет трансляцию разного опыта, тромбирует взаимоотношения и взаимодействия в обществе. Во-вторых, должна быть учтена социальная роль индивидуализации обучения: продвинуться вперед одному и потянуть за собой других... В-третьих, коллективные мыследеятельностные игры (ролевые игры) в разных видах и формах помогают индивидуальное развитие мыслительной деятельности обеспечить и продвинуть в коллективном процессе. В массовом обучении остаются достаточно традиционные приемы организации учебной деятельности. Хотя здесь на практике много ответов на вопросы, но мало диалога, то есть некого совместного мышления, много индивидуальных действий при решении задач, чтении учебника, выступлений у доски и мало совместных экспериментальных исследований. Тут, действительно, должен быть отобран или построен такой опыт, который предполагает для его освоения организацию коллективной познавательной деятельности. И, несомненно, ведущей здесь при обучении физике по многим аргументам является экспериментирование.

Итак, получается, что коллективная деятельность – первична, фундаментальна, основополагающая в познании и обучении. Иное дело – форма ее организации. Например: Разве подготовка участника олимпиады – это индивидуальная деятельность? И так всегда. К сожалению, в теории, а тем более практике обучения, в этой области правит бал декларативная мода.

Особенности трансляции процессов (деятельности) мышления. Чтобы что-то транслировать, надо это что-то задать, нормировать в какой-либо форме. Эта работа в рамках разных предметов (философия, методология, психология, педагогика, методика...) идет постоянно. И частично ее результаты представлены и в данной книге.

По-видимому, нет вариантов, нормирование мышления (прежде всего текстами) осуществляется и через системы предметных знаний, и через учебную деятельность (предметную деятельность и деятельность учения). В конкретной предметной деятельности та-

кую же роль играют еще и ориентировки деятельности, и процессы-образцы деятельности... В целом, в реальности сочетание разных нормативных процессов дает богатство вариантов, дает основание для разнообразия содержания и форм мыслительной деятельности в конкретной ситуации.

Итак, в образовании, во-первых, мышление нормировано прежде всего как индивидуальная мыслительная деятельность (внешняя как работа со знаками и внутренняя), хотя через структуры учебных знаний, в том числе и через метод научного познания, мышление задается как некая инвариантная (коллективная по природе) деятельность, во-вторых, в целом мышление как сложный психологический процесс и как деятельность в ситуации имеет значительную свободу, в-третьих, трансляция мышления в гораздо большей степени чем знание носит надпредметный характер, и, может быть, поэтому так важен методологический взгляд на этот процесс...

1.5. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАНИЕ КАК ВЕДУЩИЕ ПОЗНАВАТЕЛЬНЫЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

В дидактике физики как теоретической части методики обучения физике различение образовательной (методической) реальности и средств описания выполняется пока неудовлетворительно. Так, долгие годы почти неразрешимой проблемой является определение и разделение объекта и предмета исследования. Основная причина – методологические трудности.

С нашей точки зрения, должны быть на основе консолидации экспертов заданы три-четыре фундаментальных области реальности на деятельностном языке: деятельность преподавания, учебная деятельность (предметная деятельность и деятельность учения), методическая деятельность (проектирования целей, программ, учебных текстов, организация образования и др.), исследовательская деятельность ученого. Они и должны осваиваться, преобразовываться. И, главное, после выделения деятельности встает реальная, технологическая задача ее описания.

В методологии науки в области естествознания выделяют **шесть исторически сформированных технологий получения знаний:** измерения (затем данные перерабатываются в факты, обобщаются для практики); выделения объектов (на этой основе их свойств, а затем – знаний); создание онтологий, картин мира, парадигм (на этой основе поиск и понимание новых объектов и явлений); экспериментирование и на этой основе формулирование за-

кономерностей и др.; моделирование и на этой основе определение знаний об объектах и явлениях (две последних – создания Г. Галилея); современная технология, где доминирует суперпозиция способов получения знаний (К. Поппер, Т. Кун, В. С. Степин, Г. П. Щедровицкий). На этой основе с учетом задач по содержанию передаваемого опыта (методы и результаты физического познания) и по особенностям дидактических процессов освоения «опыта рода» рационально в учебной деятельности выделить **две фундаментальных (и ведущих!) деятельности – экспериментирование и моделирование**.

Для нас весьма важно, что психологи уже на уровне дошкольников выделяют вид мышления, который называют «детским экспериментированием» [124, с.19 и др.]. Выделяются многие актуальные черты познавательной деятельности: а) получение новых знаний и сведений выступает как основной мотив деятельности (с. 20), б) пробы и ошибки как «обязательный и важнейший компонент детского экспериментирования» (с. 21), в) преодоление в экспериментировании боязни детей делать ошибки, формирование смелости мышления, г) умения оперировать «неясными знаниями» в ходе экспериментирования, что обогащает мыслительную деятельность (с. 22). К сожалению, при обучении физике, начиная с VII класса, значение этой деятельности сейчас не понимается и не получает развития, в том числе из-за того, что в стандартах, программах и практике преподавания она «вымывается» как норма.

Мысль

М. Мамардашвили довольно жестко настаивал, что мышление может быть только «собственным», что и называет талантом (Эстетика мышления, 2000, с. 109 и др.). Но собственное, «живое» мышление не может возникнуть без освоенного (присвоенного) нормативного (культурного) мышления. Хотя последнее, по-видимому, задает только рамку…

Подчеркнем, физическое познание в обучении в главном приближении может быть освоено при формировании двух видов деятельности – моделирования и экспериментирования. Все остальные виды деятельности «сопровождаются» и «захватываются» этими ведущими деятельностями. Экспериментирование в главном задается как деятельность с реальными объектами и явлениями, моделирование – как деятельность со знанием. Причем интересно, что, с одной стороны, в широком смысле в деятельность экспериментирования можно включить и моделирование как экспериментирование с идеальными образованиями. Хотя, с другой стороны, моделирование идейно, логически ведет экспериментирование. Технологическое задание данных деятельностей, исследование их содержательных и процессуальных взаимоотношений, проблемы освоения этих деятельностей в практике обучения – актуальные задачи методики обучения физике.

«Универсум» деятельности как эквивалент всей культуры конкретизируется в предметной области в «опыте рода». Структурирование деятельности типично *на языке знаний*, возможно на языке процессов (деятельностей). В широком смысле знания (как фиксация опыта) – основная форма представления деятельности и отсюда, конечно, учебной деятельности. Ранее были выделены видовые единицы знаний (факты, методы и др.). На языке процессов учебная деятельность а) по содержанию разделяется на моделирование и экспериментирование, б) по методу – теоретическая и экспериментальная, в) по смыслу – материальная и идеальная. По форме процесса и результатам усвоения учебную деятельность можно различать а) по задаче и уровню освоения – творческая и репродуктивная, б) по объектам – с физическими явлениями и с физическими знаниями, в) по процедурам организации – коллективная и индивидуальная...

Подобным образом и строится «деятельностная» картина процесса обучения физике. Подчеркнем, что по форме «знаниевое» и «деятельностное» представление деятельности скорее дополнение, чем противопоставление. Феноменологическое через перечень процедур определение двух ведущих учебных деятельностей во многом задает нормы формируемого физического мышления.

Экспериментирование как основной вид учебной деятельности. Анализ дидактических функций учебного физического эксперимента [5-7,10, 31-33,40,46,57,62,65-68, 82-87,91,134-136,142-143,149,169] убеждает, что экспериментирование – основной вид учебной деятельности, а как вид совместной деятельности по достижению каких-то дидактических целей (в нашем случае – овладением мышлением) – это в классическом смысле метод обучения. Хотя эти два разных акцента проявляются совместно, но их надо различать. Экспериментирование как вид деятельности – основополагающе, фундаментально, это основной (фактически единственный) объект усвоения или присвоения, овладения. Метод, в этом смысле, вторичен, это как форма и вектор организации; не случайно метод ассоциируется с опытами, с внешней процедурой. А экспериментирование как объект (деятельность) – шире, чем просто работа с приборами, установками и т. п. По смыслам, это задание объектов природы или техники, переход от объектов к предметам, получение знаний на предметах, установление верности этого знания на практике. Роли логики, интеллектуальной деятельности при этом – доминирующие. В целом, это довольно сложный по процессам деятельности вид деятельности, который втягивает в себя знания, приемы и др., в том числе такой фундаментальный и особый вид деятельности как моделирование, деятельность с моделями. Вот почему экспериментирование так значимо, так универсально по образовательному эффекту. Отсюда и значимость разработки процедур

ведения экспериментальной деятельности в разных ситуациях, с разными целями, особенностями и др. Например, практически мало исследовалась совместная деятельность школьника и школьника, ученика и учителя, учителя и методиста по освоению экспериментирования. Много неясного в отношениях (роли, взаимовлияния и др.) знаний о деятельности и опыта деятельности, отсюда трудности в развертывании соответствующих процедур.

Заметим для точности, что одно дело – экспериментирование как деятельность, другое дело – учебный физический эксперимент как дидактическая система, как своеобразный носитель (средство, модель) этой деятельности.

Деятельность, понимание, мышление, рефлексия, коммуникация при экспериментировании. Экспериментирование объединяет (интегрирует) все фундаментальные практические и интеллектуальные процессы обучения: во-первых, деятельность в форме задания (и тогда освоения) исторически выработанных и сложившихся норм (выбор цели, конкретные детали установки, процедуры и др.), во-вторых, происходят (очевидно, и задаются, и формируются, и используются) такие процессы, как понимание, мышление, коммуникация. Да, и в зависимости от цели и методики исполнения экспериментирование может по форме задавать то мышление, то рефлексию, то понимание, то коммуникацию. Конечно, как доминирующий процесс.

Мысль

«Мы с уверенностью можем перечислить основные критерии разума:

- гибко реагировать на различные ситуации;
- извлекать преимущество из благоприятного стечения обстоятельств;
- трактовать двусмысленные или противоречивые сообщения;
- оценивать различные элементы данной ситуации по степени их важности;
- находить сходство между ситуациями, несмотря на возможные различия;
- находить разницу между ситуациями, несмотря на возможное сходство;
- создавать новые понятия, по-новому соединяя старые;
- выдвигать новые идеи»

Д. Хофштадтер (2001, с. 27)

Каждый из этих интеллектуальных (отсюда, прежде всего, социальных, а затем и параллельно – психологических) процессов по-своему важен, роли и функции каждого из них должны быть выделены и целенаправленно изучены. В обучении, наверное, доминирует **понимание**. Именно при этом процессе рассматриваются все вопросы содержания (в нашем случае, физического) – термины, понятия, известные законы, принципы деятельности, трактовки и интерпретации, определяются смыслы содержания на основе общего контекста физического мировоззрения, в частности физической картины мира. Здесь закладывается познавательный интерес к предмету.

Декларация формирования (развития), а вообще говоря, присвоения, **мышления** – широко известна. Но проблем здесь, хотя бы выделить диагностику, немало. Думается, что методисты-физики излишне увлеклись и погрузились в психологические представления о мышлении. Дело не в частном теоретическом видении процесса, дело в получении социального по размаху эффекта. Значит, надо искать организационно-управленческие схемы присвоения физического мышления. Основу для этого может дать только методология познавательной (и образовательной) деятельности.

Повторим: для нас важно, что мышление а) исторично, б) передаваемо как норма, в) высшее интеллектуальное образование человека, которое отсюда должно присваиваться, г) сложное по процессам, которые втягивают в себя знания, процедуры понимания и коммуникации и др. Современное научное мышление нуждается в кооперации, диалогично по форме и существу, поэтому, например, при выполнении лабораторных работ форма организации совместной деятельности при постановке опытов весьма важна. В том числе возможна сознательная смена ролей: теоретик – экспериментатор, руководитель – подчиненный... По-видимому, в рамках обучения физике, в том числе и при экспериментировании, формируются различные виды мышления – познавательное, проективное, конструкторско-техническое, управленческое... У них есть специфика в объектах, целях, процедурах, результатах. Фрагменты этих интеллектуальных процессов как деятельности мышления проявляются при экспериментировании.

По логическому процессу современное научное мышление при обучении задается и осваивается как нормы движения понятий «от абстрактного к конкретному». (Более тридцати лет тому назад в этом движении рассматривается методика формирования понятия взаимодействия, но до сих пор реализация подхода в текстах, а тем более практике обучения – минимальна.) Отсюда понятен смысл усилий методистов в построении физической картины мира, в создании концепции взаимодействий, в реализации принципа генерализации знаний и учебных действий (В. Г. Разумовский, А. В. Усова, В. В. Мултановский, Б. И. Спасский, В. Ф. Ефименко, В. Н. Мощанский и др.). Получается, что любой учебный эксперимент важен, понимаем, эффективен в рамках некой мировоззренческой парадигмы. (Так было и в истории физики.) Учитель, как уровень и форма ее задания, – ключевая составляющая для успеха организации экспериментирования. А здесь у нас море проблем, и мало помощи учителю.

По содержанию, в обучении естественнонаучное мышление, как некая чистая норма исторически выполненного познания, заключается в установлении, освоении, в первом приближении, отношения «физический объект или явление как реальность – знаковое изображение объекта, процедур работы с ним и др.». Конечно, в обучении, и конкретно при экспериментировании, объект «приготавливается» учителем, методистом, учебником. Это не страшно с точки зрения целей, хотя и важно избежать искажений, ошибок при таком задании объекта. Но главное – обеспечить переход от объектов к предметам, к построению моделей, к их отражению в знаках, к получению какого-то эффекта (знания!) на модели. Не случайно довольно резко В. Г. Разумовский говорит о модельном характере современного физического мышления. Не следует игнорировать при экспериментировании и «чистое мышление», как работу со знаками, например, хотя бы при решении задач на «черный ящик» (В. А. Орлов), мысленном экспериментировании (Д. Ш. Шодиев).

В. Г. Разумовский, доктор педагогических наук, профессор, академик РАО окончил наш физико-математический факультет, три года проработал в сельской школе. А потом за долгие годы работы в Москве проявил себя выдающимся методистом: сотни статей, десятки книг, учебники...

Он неутомим в служении делу физического образования: «Мощь гипотетико-дедуктивного метода мыслительной деятельности, познания мира оказалась настолько значительной, что позволила создать цивилизацию машинного типа, развитию которой пока нет конца... Только функционирование системы знаний как метода даёт устойчивый эффект в познании и преобразовании мира... Метод модельных гипотез, отработанный до деталей в физике, позволяет образованным людям легко преодолевать барьеры между языками культурных достижений разных эпох, разных школ, разных стран».

На фото: В. Г. Разумовский на юбилее Кировского физматлицея, рядом директор, методист-физик, кандидат педагогических наук – М. В. Исупов.

Отметим, что практически мало работ по методической технике организации рефлексивной деятельности при постановке учебных экспериментов.

Процедуры организации экспериментирования. Для теории и практики обучения физике остается актуальной проблема выработки современных схем организации экспериментирования. В

зависимости от цели, материала, подготовки школьников, форм организации схем может быть несколько, и на практике они выбираются под ситуацию. Но между собой они должны быть
а) согласованы (главное, не противоречить друг другу),
б) иерархизированы, хотя бы по полноте развертывания, степени обобщенности.

Например, мало развернутых методических процедур организации экспериментирования в рамках схемы «факты – модель – следствия – эксперимент как практика» (В. Г. Разумовский). Пока эта логическая схема лучше всего задает (вскрывает) управление процессом познания чего-либо. В случае учебного эксперимента факты «получаются» на пересечении конструирования (идей, приборов, установок и др.) и измерения. Без выбора или построения модели вообще нет эксперимента. И здесь важно изучить, как формы задания модели, например, гипотеза, так и формы фиксации модели в знаках, схемах, рисунках-изображениях, но главное – в приемах деятельности. Вся работа в следствиях – эта работа с моделью или моделями. Процедуры работы с моделями плохо выделяются, слабо методически осознаны. Эта работа остается для учащихся рядоположенной с другими действиями, значит, не выделяется и в нужной степени (смысле) не усваивается. Все операции измерения – это сравнение свойств объекта или явления со свойствами эталона; по смыслу все они могут быть отнесены к моделированию как выражение и изучение свойств одного объекта через свойства другого. Последний этап нас всегда возвращает в «реальность», позволяет определить место полученному эффекту, знанию в системе знаний, позволяет поставить проблемы о другом видении задачи, обсудить неточности решений и др. Все эти процессы есть при экспериментировании, их можно выделить. А значит, искать эффективные методические приемы управления. Заметим, что все это важно при одном условии: если схема цикла задет современный способ мышления. Это определяется отдельно в ходе теоретического анализа, формирования «социального заказа», согласия специалистов, конкуренции идей и т.п.

Организационно-управленческий смысл схемы «условия – результат – анализ» (В. В. Майер) почти очевиден. С нашей точки зрения, надо продолжить усилия по расшифровке каждого этапа этой модели по организации экспериментальной деятельности школьников: процедуры, формы фиксации, примеры и др. Принципиально важно то, что схема жестко ставит проблему – невозможно «просто так», стихийно осуществить экспериментирование. А фактически в обучении демонстрационные опыты, увы, чаще всего задают эмоциональное состояние школьников, результаты логически не фиксируются, нормы (культура) экспериментирования не усваиваются. Внешне «получается», что плохо работает учебный физиче-

ский эксперимент, вот его и «вымывают» под разными предлогами. А по существу, не замечая, выбрасывают главное.

Моделирование как деятельность и физическое мышление. Мышление как интеллектуальный процесс обслуживает, прежде всего, научное познание. Отсюда для учебного познания оно менее характерно, хотя принцип субъективности научного творчества (и познания) дает возможность выделению (и существованию) этого процесса в обучении.

Выражаясь в установлении связей между знаками, мышление и, в частности, физическое мышление доминирующим образом как деятельность проявляется в моделировании. В прямом смысле в научном познании моделирование как целостность и есть познание, так как именно здесь обеспечивается понимание явлений и осуществляется получение знаний.

Основанием для формирования моделирования как теоретической деятельности в старшей школе является раскрытие и освоение уже дошкольниками отношения «оригинал – модель» при формировании наглядно-образного мышления, причем в качестве опорной деятельности психологи выбирают подражание [124, с. 101 и др.]. Таким образом, глубинные основания для успешного освоения моделирования могут закладываться довольно рано.

1.6. ОСНОВНЫЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МЫШЛЕНИИ

В исследованиях психологов накоплен громадный опыт представлений мыслительной деятельности (Л. С. Выготский, В. В. Давыдов, П. Я. Гальперин, И. И. Ильясов, З. И. Калмыкова, И. П. Калошина, А. А. Леонтьев, А. Н. Леонтьев, Я. А. Пономарев, С. Л. Рубинштейн, В. В. Рубцов, Н. Г. Салмина, О. К. Тихомиров, Л. М. Фридман и др.). Ее внешнее проявление весьма важно для методик. И в конечном итоге подкрепляет задачу построения методической модели мышления. Ниже очерчены лишь некоторые, поневоле ограниченные представления о мышлении. Они обозначают направление движения мысли о мышлении. И в целом дают некое основание для теории и практики обучения физике.

Сначала **об определении феномена мышления**. Мы согласны со следующим отношением к мышлению: «Мышление возникает как процесс, включенный в жизнедеятельность, развиваясь, оно превращается в относительно самостоятельную деятельность, имеющую свои мотивы, цели, способы» (О. К. Тихомиров, 1984, с. 4).

Психологи достаточно устойчиво выделяют следующие **этапы развития** мышления: наглядно-действенное, наглядно-образное, словесно-логическое (например: [155, с. 9]). Кроме того, распространены следующие классификации мышления: теоретическое и практическое; творческое и репродуктивное; интуитивное и логиче-

ское (рис. 1.4). К сожалению, оправдан вывод: «термином «мышление» в психологии обозначаются качественно разнородные процессы» [155, с. 10].

Рис. 1.4

Для методики обучения физике весьма важно различать макроскопический и микроскопический подходы к выделению и описанию мышления. Для решения прикладных задач методика доминирующим образом должна ориентироваться на деятельностное (макроскопическое) описание мышления, мышления как процесса (процесса решения задачи), познавательной деятельности, интеллектуальной деятельности и т. п. Процесс развертывания мыслительной деятельности часто представляют в виде следующих этапов решения задачи: подготовка, созревание решения, вдохновение, проверка найденного решения. Но в методике обучения физике есть на этот счет своя, достаточно адекватная, традиция (см. далее).

И только при дидактическом исследовании тонких вопросов процессов освоения знаний возможно использование микроскопических описаний. О. К. Тихомиров выделяет следующие микроско-

пические аспекты мышления: ориентировки в мыслительной деятельности, соотношение коллективного и индивидуального в мыслительной деятельности, мысли о мыслях, мышление как акт переструктурирования ситуаций, организация и адаптация как основные процессы интеллекта и др.

В психологии ясно обосновывается и учитывается **историческое развитие мышления**, выделяется связь между развитием общества и мышления. П. Тульвисте отмечает: «В любом обществе следует предполагать существование тех и только тех типов мышления, которые соответствуют существующим в нем видам деятельности» [119, с. 85]. Для обучения физике важна позиция психологов (Л. С. Выготский и др.) о гетерогенности мышления, то есть обладании каждым субъектом в каждый момент времени различными типами мышления, о значении речи и слова в развитии мышления, о роли рефлексии в становлении научного мышления (там же, с. 93–101).

С. Л. Рубинштейн: Основы психология мышления. В известной книге сформулированы положения, важные для понимания психологии мышления.* Выделим некоторые из них, по возможности избегая повторов и общих мест.

• *Природа мышления*. «Формируясь в деятельности, психика, сознание в деятельности, в поведении и проявляется. Деятельность и сознание – не два в разные стороны обращенных аспекта. Они образуют органическое целое – не тождество, а единство» (с. 21); «В процессе исторического развития сознания очень существенное место занимает развитие мышления, с которым прежде всего связана сознательность человека. Основной путь развития мышления, обусловленный развитием общественной практики, вел от наглядного, узко практического мышления, при котором форма еще не отделилась от содержания, число от исчисляемого, понятие от предмета, – к абстрактному, теоретическому мышлению» (с. 147).

«Наше познание... от ощущения и восприятия... переходит к мышлению» (с. 309). «Задача мышления заключается в том, чтобы выявить сущностные, необходимые связи...» (с. 310). «Будучи связанное с деятельностью, теоретическое мышление само процесс, переход от единичного к общему и от общего к единичному, от явления к сущности и от сущности к явлению. Реальное мышление – это движение мысли» (с. 311).

• *Психологическая природа мышления*. «Всякий мыслительный процесс является по своему внутреннему строению действием или актом деятельности, направленной на разрешение определенной задачи... Мыслить человек начинает, когда у него появляется потребность что-то понять. Мышление обычно начинается с про-

*Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии. – СПб.: Питер Ком, 1999. – 720 с.

блемы или вопроса, с удивления или недоумения, с противоречия» (с. 317). Мыслительный «процесс является активным, целеустремленным, волевым актом... Мышление соотносит, сопоставляет каждую мысль, возникающую в процессе мышления, с задачей, на разрешение которой направлен мыслительный процесс, и ее условиями» (с. 318).

• *Фазы и операции мыслительного процесса.* «Начальной фазой мыслительного процесса является более или менее отчетливое осознание проблемной ситуации» (с. 321). «Сама постановка проблемы является актом мышления, который требует часто большой и сложной мыслительной работы» (с. 322). «От осознания проблемы мысль переходит к ее разрешению», при этом велика роль навыков, автоматизированных действий (с. 322). Выдвижение гипотез для решения, их проверка, критика и формирование окончательного суждения по вопросу – фазы мышления (с. 323).

Основная операция мышления – «опосредование» – выражается в операциях сравнения, анализа и синтеза, абстракции и обобщения (с. 324). «Суждение является основным актом или формой, в которой совершается мыслительной процесс. Мыслить – это прежде всего судить» (с. 330). «Умозаключение... более или менее сложный акт мыслительной деятельности, включающий ряд операций, подчиненных единой цели» (с. 332).

• *Виды мышления*: наглядно-действенное (сенсомоторное), наглядно-образное, теоретическое, практическое (с. 334 и др.). Умение рассуждать гипотетически – показатель зрелого мышления (с. 370).

• *Некоторые характеристики мышления.* «Собственно мыслительная деятельность в процессе наблюдения выражается прежде всего в сопоставлении и сравнении» (с. 349).

А. В. Брушлинский отмечал: «... всякий психический акт включает и познавательный и аффективный (эмоционально-волевой) аспекты»; «всякое мышление (хотя бы в минимальной степени) есть процесс творческий и продуктивный. Мышление есть всегда поиск и открытие существенно нового. Новое является таковым только по отношению к исходным, начальным стадиям мыслительного процесса. Столь относительный и преемственный характер нового позволяет найти существенно общее между любыми типами мыслительной деятельности, в частности, между мышлением ребенка и мышлением ученого...» [119, с.45, 49-50]. Автор выделяет мышление как процесс решения задачи, как частный случай разрешения человеком противоречий в процессе прогнозирования будущего (поиске искомого).

Понятие мышления пересекается с понятием интеллектуальной деятельности. Последнее оказывается неопределенно широким,

в целом рассматривается как форма познавательной деятельности. **Я. А. Пономарев** так предельно абстрактно определил интеллект: «аппарат специфической для живых систем ориентации во времени и пространстве» [119, с. 64]. В качестве важнейшей особенности выделяется «способность действовать в «в уме» (там же, с. 69). А при решении творческой задачи как формы интеллектуальной деятельности выделяются три фазы: возникновения потребности в новизне, поиска и получения интуитивного решения, вербализации решения (там же, с. 80).

Доминирующее значение в рассмотрении мышления имеет **деятельностная традиция**.

А. Н. Леонтьев: Деятельность и мышление. В известной работе (1983, т. II) общие позиции о мышлении выражены предельно ясно:

- «Мышление не существует вне общества, вне накопленных человечеством знаний и выработанных им способов мыслительной деятельности. Таким образом, каждый отдельный человек становится субъектом мышления, лишь овладевая языком, понятиями, логикой, представляющими собой обобщенное отражение опыта общественной практики...» (с. 115).
- Отделение мышления от практической деятельности порождается разделением труда людей, «которое приводит к тому, что умственная деятельность и практическая материальная деятельность выпадают на долю различных людей» (с. 117).
- В «своей развитой форме – в форме теоретического мышления – мыслительная деятельность протекает без прямого соприкосновения с объектами материально мира. Теоретическое мышление отдельного человека не нуждается даже в отправной предметно-чувственной основе...» (с. 117).
- Формы процессов мышления: внутренняя дискурсивная мысль, внешняя предметная деятельность (с. 119).

Для нашей темы представления **В. В. Давыдова** об усвоении мышления носят принципиальный характер, вот почему, в основном следуя монографии [42], представим их по возможности конкретно. В. В. Давыдов выделял чувственное и рациональное познание, в последнем различал эмпирическое мышление и теоретическое мышление.

- **Постановка задачи**: «школа должна учить мыслить, то есть активно развивать у учащихся основы современного мышления» [42, с.3]; «традиционные психология и педагогика в своем толковании мышления в основном и опирались на традиционную же формальную логику» (там же, с. 5); «Суть теоретического мышления состоит в том, что это особый способ подхода человека к пониманию вещей и событий путем анализа условий их происхожде-

ния и развития» (с. 6); «Школа, на наш взгляд, должна учить детей **мыслить теоретически**» (с. 6).

• В. В. Давыдов считал, что мышление является компонентом общей структуры деятельности, в которую входят потребности, мотивы, задачи, средства решения задач, действия и операции (с. 27-28).

• **Теоретическое мышление:** «Теоретическое мышление в полной мере реализует те познавательные возможности, которые открывает перед человеком предметно-чувственная практика...» (там же, с. 62); «Эти особенности мысленного эксперимента составляют базу теоретического мышления, оперирующего уже не представлениями, а собственно понятиями» (с. 63); По В. С. Библеру это такие особенности: предмет мысленно помещается в условия раскрытия его сущности, с ним осуществляются мысленные действия, формируется система связей предмета [10]; «...иметь понятие о данном объекте – это значит мысленно воспроизводить, строить его» (с. 63); «Раскрытие и выражение в символах опосредованного бытия вещей, их всеобщности есть переход к теоретическому воспроизведению действительности» (с. 64); «...теоретическое мышление имеет свое особое содержание... – это область объективно взаимосвязанных явлений, составляющих целостную систему» (с. 65).

• Теоретическому мышлению присущ ряд характерных черт: «анализ как способ выявления генетически исходной основы некоторого целого», рефлексия, мысленное экспериментирование, для которого типично планирование (с. 69). В целом особенности мышления определяются системой организации и способами передачи «опыта рода»; присвоение мыслительной деятельности идет через специально построенную систему знаний и умений по логике предмета; такое новообразование как теоретическое мышление выражается в мотивации деятельности на способы (методы) ее выполнения, во владении структурой деятельности, то есть самостоятельным переходом от этапа к этапу, самоорганизации мыслительной деятельности в ходе совместной деятельности, освоении норм учебной деятельности для индивидуального развития [119, с. 301-315].

• Для освоения мышления как «опыта рода» В. В. Давыдовым была найдена ведущая деятельность – **учебная деятельность**. Он писал: «Учебная деятельность школьников строится... в соответствии **со способом изложения** теоретических знаний, со способом восхождения от абстрактного к конкретному» [42, с. 151]. И далее: «мышление школьников, хотя и имеет некоторые общие черты, однако не тождественно мышлению ученых... Школьники не создают понятий, образов,

Мысль

«Надо видеть структуру за теми фактами, которые происходят в нашей жизни. Это и есть мышление. И только оно может что-то менять в нас и в нашем обществе»

М. Мамардашвили (2000, в, с. 255)

ценностей и норм общественной морали, а **присваивают** их в процессе учебной деятельности» (там же, с. 152).

Полноценное усвоение теоретического мышления происходит при сочетании учебной деятельности с игровой, трудовой и др. Структура учебной деятельности включает а) потребность – задачу, б) мотивы – действия – средства – операции. Для реализации этих компонентов используются все **аспекты** деятельности – чувства, восприятие, воображение, мышление, внимание, воля, рефлексия... (там же, с. 155).

• Довольно широко в педагогической психологии распространено исследование мышления при решении задач (В. В. Давыдов, Л. М. Фридман и др.). Да и формирование мышления нередко сводят к решению задач в рамках деятельности определенной структуры. Так **нормирование мышления** осуществляется организацией некой внешней деятельностью. И это практически важно для обучения физике. А если понимать задачу широко, как любой фрагмент учебной деятельности (и содержания), то тогда значение такого видения формирования мышления высоко.

В. В. Давыдов писал: «Деятельностной теорией учения мы называем такую, которая опирается на понятия «действие» и «задача»... Действие предполагает преобразование субъектом того или иного объекта. Задача включает в себя цель, представленную в конкретных условиях своего достижения» [42, с. 257]. Учебная задача требует а) анализа ее условий с целью обнаружения общего отношения, б) выведения частных отношений и их синтеза, в) овладения общим способом мысленного построения объекта. При этом осуществляются действия: принятие или постановка задачи, преобразование условий, моделирование отношений, преобразование модели, построение частных задач, контроль и оценка (там же, с. 157-160).

И. И. Ильясов (1986) в отношении учения, учебной деятельности, мышления верно и радикально занял позицию выделения макроуровня и микроуровня представления и описания (рис. 1.5). Это позволило определить более четкие понятийные отношения, уяснить смыслы тех или иных представлений. Выделим некоторые из них.

• Автор признает, что общение и обучение – необходимые условия познавательного развития (Л. С. Выготский и др.) и критически относится к детерминации познавательного развития внешней деятельностью (А. Н. Леонтьев и др.) [54, с. 175 и др.]. На этой основе И. И. Ильясов верно, на наш взгляд, различает деятельность учения и деятельности, усваиваемые в умении (с. 127); можно проводить и такое различение: предметная деятельность + деятельность учения = учебная деятельность. Он пишет: «... при анализе учения как деятельности именно в нем, как особой деятельности, должны быть выделены свой собственный предмет, продукт, операции и

ориентировка, которые не совпадают по содержанию с аналогичными компонентами формируемой предметной деятельности» (с. 128).

Рис. 1.5

• И. И. Ильясов придерживается позиции С. Л. Рубинштейна, выраженной словами: «Процесс мышления и теоретическая дея-

тельность ученого, конечно, неразрывны, как и вообще психологические процессы и деятельность, в которой они формируются и проявляются. Но их бесспорная неразрывность не означает их тождественности» (цит. по кн. [54, с. 177]). И далее отсюда интериоризация интерпретируется как «переход от одной формы существования психического в составе внешней практической деятельности к другой форме его существования в составе теоретической деятельности» (там же, с. 178); при этом в целом положительно оценивается расширение трактовки интериоризации П. Я. Гальпериным по логике: внешнее действие – внешняя речь – внутренняя речь – умственное действие (там же, с. 175). (Общее видение интериоризации показано на схеме (рис. 1.6).)

Рис. 1.6

• И. И. Ильясов подчеркивает выделение двух видов познавательных операций: а) аналитико-синтетические и б) преобразовательные. Он согласен с Рубинштейном, что внутренние преобразовательные операции «порождаются внешними действиями». А аналитико-синтетические операции всегда только психические по форме. А внутренние или внешние они только в соединении с внешними или внутренними преобразовательными действиями (там же, с. 179). **Отсюда мысль:** внешние преобразовательные действия – только условия (а не причины) познавательного (и умственного) развития (там же, с. 180). В итоге автор ставит под сомнение решающее значение двигательного компонента практиче-

ской деятельности для усвоения и развития знаний в учении (интерпретируемого по аналогии как практика в познании) [54, с. 153 и др.]. И, наконец, он пишет: «Состав и структура аналитико-синтетических операций не порождаются внешними действиями и не совпадают с их содержанием. Они развиваются на основе функционирования в составе преобразовательных операций с объектом и получения знания о нем при управлении их осуществлением со стороны системы передачи социального опыта в общении и обучении» (там же 182).

Мы считаем, что такая позиция близка позиции Г. П. Щедровицкого. И в целом у И. И. Ильясова мышление понимается как сложная структура разноплановых процессов.

П. Я. Гальперин и др.: Теория поэтапного формирования умственных действий и понятий. В методике (и практике) обучения физике довольно распространено использование этих представлений об усвоении знаний. Процесс формирования умственных действий задается следующими этапами (по работе Н. Г. Салминой [138]):

- Создание мотивации.
- Разъяснение или выделение схемы ориентировочной основы действия (выделяются типы ориентировки).
- Формирование действия в материальной или материализованной форме (П. Я. Гальперин указывал, что эффективнее формировать сначала действие в материализованной форме [138, с. 19]).
- Формирование действия в громкой специализированной речи (предметное действие «превращается» в рассуждение о действии).
- Формирование действия во внешней речи для себя, то есть более свернутой речи.
- Внутренняя речь переходит в «чистую» мысль.

Прохождение этих этапов можно внешними действиями организовать. Например, в методике физики широко известны приемы организации действий со схемами, моделями объектов до реального экспериментирования, проговаривания действий вслух до выполнения действий и др. Немаловажную роль в организации мышления школьников (нормировании мышления) играют различные, в частности, методологические, ориентировки деятельности (И. П. Калошина, 1983).

В **современной психологии познания** (когнитивной науке) не только обобщены поиски, но и получены новые экспериментальные и теоретические факты. Выделим несколько важных аспектов, следуя работе **Б. М. Величковского** [22].

- **Понятие о метапознании**. «Предполагается, что за различными языками, при всем их разнообразии, кроятся единые ког-

нитивные универсалии, возможно, связанные с общими социальными формами деятельности. Иными словами, фундаментальные принципы организации познания первичны и универсальны...» (с.193). А под «метапознанием понимаются механизмы, посредством которых мы отдаем себе отчет о содержании и особенностях любых познавательных функций...» (с. 197). «Продуктивная работа со знанием значительно сложнее. Она предполагает наличие метакогнитивного компонента знания о знании, а также владения общими приемами – назовем их метапроцедурами, с помощью которых могут осуществляться преобразования знания и стратегический контроль активности» (с. 197–198).

- Выделяется пять групп механизмов метапроцедур:

а) метапроцедуры понимания: контроль, рекурсия, аналогия, совмещение (и сравнение), варьирование,

б) метапроцедуры воображения: представливание, вращение, увеличение (и уменьшение), инверсия, трансформация,

в) метапроцедуры вербализации и коммуникации: описание (и называние), маркирование, метафоризация, воспроизведение, принципы кооперативного общения и др.,

г) эвристики мышления и принятия решений: анализ средств (и целей), доступность, правила и принципы вроде «Семь раз отмерь, один раз отрежь»,

д) метапроцедуры интенционально-личностных и волевых аспектов познания: раскрытие целей «могу, должен, хочу...» (с. 200-201).

- Автор подчеркивает, «понимание воображения как фундаментального механизма научного мышления» (с. 203), показывает важность индуктивных и дедуктивных умозаключений (с. 206 и др.), отмечает важность «коммуникативной природы мышления» (с. 234). Полезны для практики и следующие установки: «Мышление как решение задач – это прежде всего искусство выбора и отбора» (с. 234), «Мышление состоит в обнаружении и преодолении противоречий...» (с. 239).

- «Чем выше уровень когнитивной организации, тем сложнее в общем случае разделить эмоции, чувства и интересы, с одной стороны, и процессы восприятия и мышления, с другой» (с. 365).

Итак, можно подвести **некий итог**. Во-первых, мышление один из важных психологических процессов, обеспечивающих и представляющих развитие субъекта. Во-вторых, современное (теоретическое) мышление целенаправленно формируется в рамках специальной учебной деятельности, построение которое требует освоения методологии предмета. В-третьих, присвоение норм мышления и развитие мышления осуществляется в ходе интериоризации и экстеоризации образований деятельности. В-четвертых, мышление

трактуется как свойство субъекта (как некий итоговый феномен), которое не передается; а мыслительная деятельность как одна из форм выражения мышления, которая внешне фиксируется и передается в совместной деятельности. В-пятых, хотя успехи в изучении психологии мышления может быть даже и большие, но разрыв с практикой методического понимания формирования мышления по разным причинам немалый.

1.7. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЫШЛЕНИЯ

Методология в отношении к интеллектуальным процессам 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 строятся специальные процедуры-инструменты. Одним из них, например, является моделирование, работа с моделями.

Онтологическая картинка мышления, то есть мышление в целом, складывается трудно. Для методики обучения как практики исторически (и, наверное, логически) надо идти пошагово, на каждом этапе суммируя представления с помощью методологии.

Для начала движения надо иметь обобщенное, но традиционное представление о таком сложном феномене как мышление (см. рис. 1.7). На схеме как раз такое обобщение дано, но это **первый шаг** (уровень задания, понимания). Для нашей задачи надо задать некую инструментальную модель мышления, которая бы, вскрывая суть этой (мыслительной) деятельности, давала бы возможность с помощью содержания и процессов управлять ее воспроизводством.

Рис. 1.7

Второй шаг (уровень понимания) выражается в неком технологическом отношении, отсюда поневоле с элементами логики или даже методологии, к мышлению (см., например, монографию В. Ф. Юлова). На схеме (рис. 1.8) представлено обобщение этого феноменологического подхода к мышлению; это ближе к заданию онтологической картинки мышления. Причем эта картинка строится от метода.

Рис. 1.8

Третий шаг (на уровне механизма понимания, системно) задает собственно методологическое видение (и модель) мышления (рис. 1.9-1.11). Первая схема (рис. 1.9) задает некую «онтологическую картинку» мышления как объекта. Это объект мышления в широком смысле представляет собой целостность (состоит) нескольких интеллектуальных процессов; при определенных условиях вырождается в один из них (Г. П. Щедровицкий и др.). Но приведенная схема выражает только один слой – неких феноменологических макропроцессов. Необходимо задание слоя микропроцессов – построение системы (проблематизация, структурирование, моделирование, взаимодействие), анализа (абстрагирование, различение, разделение, исключение из системы), синтеза (гипотезирование, обобщение, отождествление, объединение, включение в систему), дедукции. Эти оба слоя процессов и определяют мышление как феномен. Микропроцессы – более дробные, универсальные акты мыслитель-

Рис. 1.9

ного действия. Заметим, что Г. П. Щедровицкий считал деятельность структурой, а И. И. Ильясов, соглашаясь с таким видением, выделяет в качестве компонентов процессы [54, с. 126]. По-видимому, это распространяется и на мышление, то есть мышление представляет собой систему процессов.

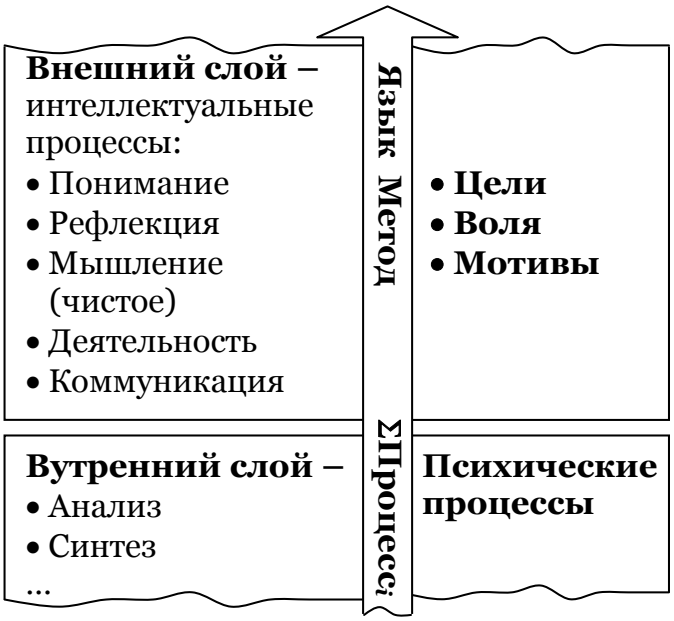


Рис. 1.10

Вторая схема раскрывает суть мышления (смысл, цель, мотивы) как интеллектуальной деятельности по согласованию реального и идеального миров (рис. 1.10). Третья схема задает собственно методологическую модель мыслительной деятельности, причем, судя по всему, довольно общую и распространяющуюся при соответствующей интерпретации не только на естествознание (см. полнее: (Г. П. Щедровицкий, 1997, с. 578 и др.).

> **Мысль**
>
> 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».
>
> **Г. П. Щедровицкий** (2004, с. 367)

Социальная природа мышления, как ядра любой познавательной деятельности, не вызывает сомнения. Но как это сделать продуктивным, учесть в технологии? Г. П. Щедровицкий жестко писал: «Мышление формируется не на основе чувственных форм отражения, а вне их» (там же, с. 579). Ниже предлагается расшифровка этой позиции, по нашему мнению, имеющая перспективы в разработке методик обучения.

> **Мысль**
>
> «Наука занимается совокупностью первичных понятий, то есть 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, еще более бедной первичными понятиями и соотношениями... »
>
> **А. Эйнштейн** [т. 4, с.203]

При обучении физике на практике и в теории формирование мышления **традиционно** связывают,

во-первых, с решением физических задач, во-вторых, с проведением экспериментов. И в целом это феноменологически верно, хотя и требует уточнения, теоретической расшифровки позиции. Прежде всего, конечно, это форма организации (выражения) макро- и микропроцессов мышления.

> **Мысль**
>
> «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»
>
> **А. А. Зиновьев** (2006, с. 11)

Выше было названо широко известное определение мышления: «Обобщенное...». Уже здесь достаточно четко для характеристики мышления вырисовывается отношение «объект – знак». Как задается объект (проблема существования) – особый разговор. Какие типы и формы знаков используются – тоже отдельная проблема. И то, и другое для методики, как науки, должно быть прояснено и заложено в технику исследований.

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

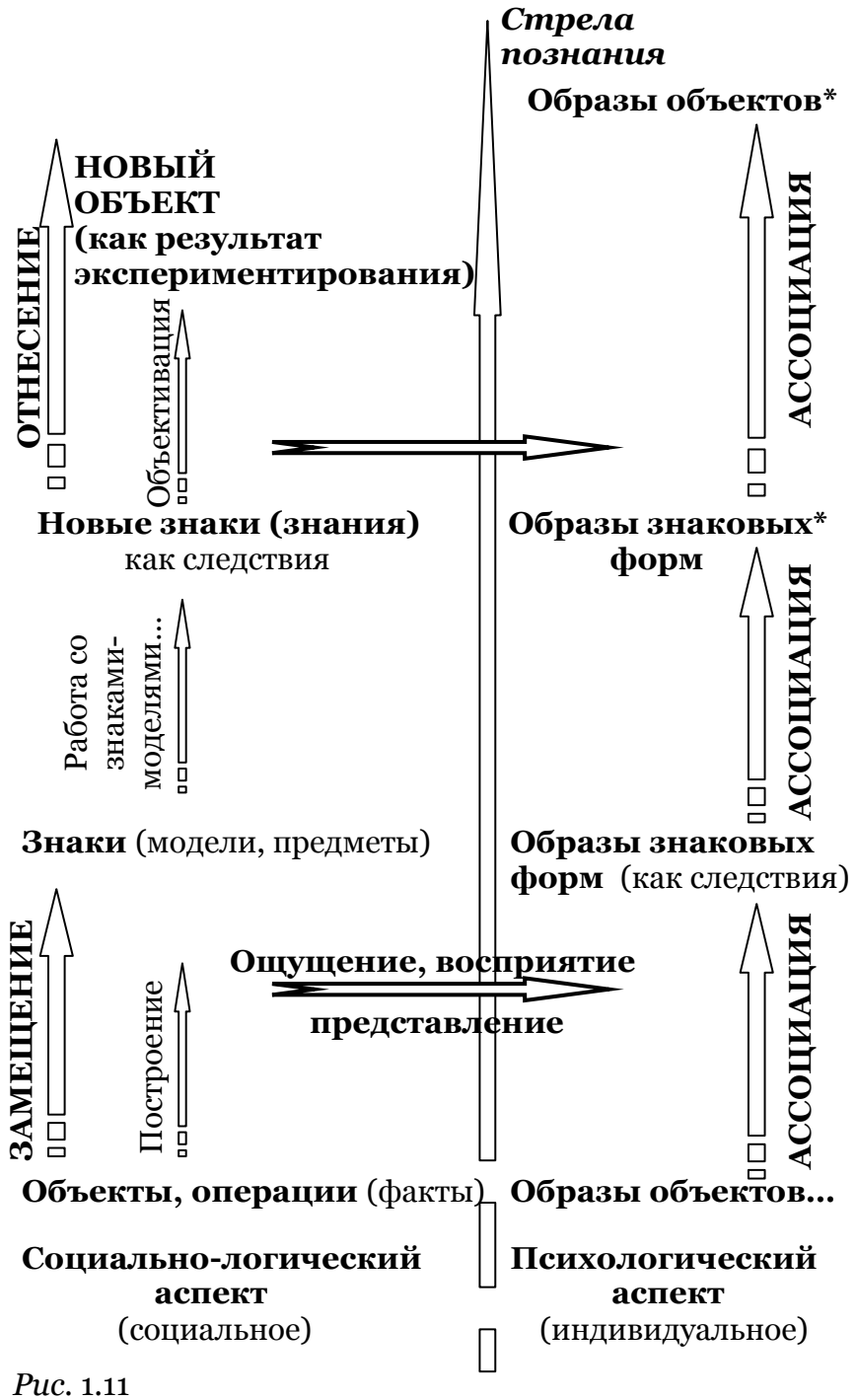


Рис. 1.11

с ними» (Г. П. Щедровицкий, 1997, с. 578 и др.). Переход от **А** к **В** осуществляется по правилам чувственного отражения: ощущение, восприятие, представление. Все эти аспекты, как вариант описания, весьма важны для понимания процессов освоения мышления при экспериментировании. При этом освоение мышления понимается как усвоение норм, «опыта рода», как усвоение системы знаний, прежде всего в форме теории (В. В. Мултановский и др.). Для методики обучения важно в полной мере 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, по нашему мнению, как процесса экспериментирования, так и процесса решения задач (теоретических исследований). Объективно (в материальной предметно-преобразующей деятельности) это дает или задает мышление как кооперированную, социальную форму существования людей. Это отношение надо в какой-то форме представить и освоить. Над этим фактически и бьются методисты-экспериментаторы (подчеркнем здесь опыт профессоров В. В. Майера, Р. И. Малафеева, Т. Н. Шамало и др.), как в выделении или задании объектов экспериментирования, так и в фиксации (правда, в меньшей степени) объектов в знаках, в частности, в моделях. Остается явно недостаточно освоенной деятельность с моделями при организации мышления, многое не ясно в процедурах этой деятельности, в формах ее организации и др.

Данная схема, несомненно, несет функции модели: согласует социально-историческую природу мышления и психолого-физиологические аспекты этого процесса, 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 (например, позицию А. Эйнштейна) и необходимость и роль онтологизации и др. Следует отметить, что в модели только косвенно отражается активность субъекта в мыслительной деятельности: значение воли, чувств, мировоззренческих ориентировок деятельности и др. Но отчасти именно поэтому она только методологическая модель мышления.

Мысль

«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)

В заключение вернемся еще раз к позиции Г. П. Щедровицкого о мышлении, считая, что их отражение в методике будет способствовать существенному развитию представлений методики, как в конструировании содержания, так и в обеспечении процедур учебной деятельности школьников. Он жестко отстаивал следующую позицию:

- «Принципиально другая точка зрения состоит в том, что объекты замещаются другими объектами или знаками. При этом появление этого самого отношения замещения и есть появление мысли. И никаких других мыслей, кроме как происходящих таким образом, и быть не может» [180, С. 133]. И далее: «Не потому знак относится к объекту, что он (знак) выражает мысль, – мысль возникает потому, что в некоторых особых условиях знак начинает обозначать объект. Знак начинает обозначать объект, еще будучи не связанным с мыслью. Мысль возникает потом» (там же, с. 136).
- «Выделенное нами образования получило условное название «языкового мышления». «Языковое мышление» бралось нами в отличие от «мышления» как более сложного эмпирически заданного образования, в котором, помимо выделенной нами структуры, содержится еще масса всяких других структур, по-видимому, другого рода, но которые должны быть выведены из языкового мышления как из исходной структуры» (там же, с. 139).

Выделенная (или заданная) исходная структура мышления при своем движении «от абстрактного к конкретному» позволяет получить (и объяснить) все другие связи и отношения мышления. Это и есть в познании исходная содержательная абстракция (по В. В. Давыдову), схему которой в методике обучения физике развивал профессор В. В. Мултановский на конкретном примере квантово-релятивистской модели материи и взаимодействия.

* *
*

В главе по необходимости схематически очерчены основы методологии познавательной деятельности с целью понимания физического мышления. Получается, что на макроуровне в системе интеллектуальных процессов мышление, во-первых, тесно связано с коммуникацией, пониманием, рефлексией, предметной деятельностью, и выражается в них, во-вторых, достаточно узко дифференцируется как деятельность со знаками (моделями) в связи с исследованиями объектов и явлений реальности (практикой).

В главе определяется теоретическое основание для того, чтобы увидеть и понять под наши цели практику физического мышления великих физиков, увидеть и представить новые методические инструменты для формирования мышления при обучении физике.

ГЛАВА II.
КУЛЬТУРА МЫШЛЕНИЯ ВЕЛИКИХ ФИЗИКОВ

Наука без теории познания
(насколько это вообще мыслимо)
становится примитивной и путаной.
А. Эйнштейн[*]

В мышлении физика большую роль играет не знание,
а интуиция.
Е. Вигнер[**]

Практика физического мышления многообразна. Часть этой практики осознается и получает выражение в текстах. Но это выражение и прямое, и косвенное. Отсюда наше отношение к текстам, как к эмпирическому материалу, несущему при интерпретации знания о физическом мышлении. Очевидно, что приводимый ниже материал поневоле ограничен, но некое инвариантное ядро (представление, ощущение), надеемся, он задает.

2.1. СОВРЕМЕННЫЙ МЕТОД НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ И ТВОРЧЕСТВО ДЕКАРТА

Одним из основателей науки Нового времени был гениальный Ренэ Декарт (1596-1650). Его идеи и достижения служат нам и сегодня. А на современном этапе освоения при обучении физике Стандарта второго поколения их понимание и использование – дополнительный ресурс для достижения успехов.

Декарт строил не просто науку, **он строил методологию построения науки Нового времени,** методологию познания. Его едва ли не основная работа называется «Правила для руководства ума». Он писал: «Целью научных занятий должно быть **направление ума** (подчеркнуто нами – авт.) таким образом, чтобы он выносил прочные и истинные суждения о всех встречающихся предметах...» [3, с. 272]. Таким образом, заданию нормы мышления, как сейчас делается в стандартах обучения физике, и тогда уделялось пристальное внимание. Повторим, что мышление, историче-

---

[*]Цит. по книге: Пайс А. Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна. – М.: Наука, 1989. – С. 20.
[**]Вигнер Е. Этюды о симметрии. – М.: Мир, 1971. – С. 21.

ское и социальное по природе, «передается» в обучении. Об этом много и целенаправленно в методике физики писал профессор В. В. Мултановский [102]. Но эта главная задача пока трудно решается теорией и практикой обучения. С нашей точки зрения, сейчас основное внимание и надежды сосредоточены на: а) освоении систем физических знаний по структуре-форме фундаментальной теории «основание – ядро – следствия» (В. В. Мултановский и др.), по структуре принципа цикличности «факты – модель – следствия – эксперимент» (В. Г. Разумовский), по структуре обобщенных планов изучения явлений и др. (А. В. Усова), б) освоении логики физического мышления в процессе организации научного познания по схеме «факты, проблема – гипотеза, модель – следствия, выведенные из модели – эксперимент как практика» [125-136,142], в) освоении следующей ориентировки деятельности при решении всех задач «анализ текста и физического явления – идея или план решения – математическая модель физического явления или математическое решение – подведение итогов решения или анализ решения» (В. А. Орлов, Ю. А. Сауров и др.)*.

Мысль

«Мы не утверждаем, что не следует верить тому, что мы видим. На самом деле, у нас нет другого выбора. Тем не менее, знание того, что восприятие – не пассивный акт, а скорее приобретенное в результате обучения применение наших интеллектуальных возможностей, хотя и происходящее неосознанно, должно предупреждать нас о том, что предметы не обязательно являются тем, чем они кажутся, и что изменения в нашем мышлении могут изменить то, что мы видим»

М. Голдстейн, И. Голдстейн
(1984, с. 41)

Движущим мотивом творчества Декарта была потребность изменения познавательной, преобразующей деятельности людей для создания эффективного машинного производства. Отсюда все его устремления математизации деятельности, разложения деятельности (см. полнее Я. И. Ляткер**). В своем методе Декарт стремился преодолеть, объединить, обобщить античный и средневековый идеал мышления, то есть чувственный образ (зрение, опыт) и мысль (слово). Свою методологию познания он реально применил для выполнения открытий в оптике линз и сделал их, тем самым **доказав продуктивность работы мысли над мыслью, то есть предложил инструмент изменения ума для познания**. Методология конца XX века в полной мере подтверждает это своей практикой. В обучении физике эта идея осталась и оказалась продуктивной в форме методических приемов работы с системами знаний (по-

*Орлов В. А., Сауров Ю. А. Практика решения физических задач – М.: Вентана-Граф, 2010. – 272 с.
**Ляткер Я. А. Декарт. – М.: Мысль, 1975. – 198 с.

строение и усвоение структурно-логических схем знаний и др.), то есть является реализацией того далекого открытия Декарта об изменении мышления для мышления в форме работы над мыслью, знаниями. Отсюда и принципиальный вывод для организации практики обучения: в познании надо параллельно и в равной степени внимания работать а) над объектами природы, б) над самим мышлением, методом.

Современной и фундаментальной остается установка: «Мы приходим к познанию вещей двумя путями, а именно путем опыта и дедукции...» [3, с. 273]. В нашем понимании дедукция – это теоретические исследования, в том числе математическое моделирование с потенциалом дедуктивного вывода. Хотя сейчас теоретическое исследование по составу познавательных процессов понимается гораздо шире дедукции. Понятие опыта за длительный период познания тоже изменилось: с одной стороны, специализированный под цели познания опыт трансформировался в эксперимент, с другой стороны, в широком смысле, при расшифровке целей науки как средства улучшения жизни человечества, просто опыт трансформировался в опыт предметно-преобразующей, производственной, в целом трудовой деятельности. Практика выбирает и отбраковывает научные решения. Жаль, что в методике обучения физике сейчас эта процедура может растягиваться на десятилетия, что и культурно и социально вредно для модернизации общества, ускорения технологического развития страны. Вот почему и сейчас актуальна декартовская установка о том, что заблуждения людей исходят «из плохо понятых фактов или из поспешных и необоснованных суждений» [3, с. 273]. Действительно, в методике обучения физике как науке мало создается новых фактов и слишком поспешны, формальны, «словесные» суждения... Преодолеть это – основная задача современного этапа развития теоретической методики.

Другие **положения рационалистической методологии познания** Р. Декарта во многом функционируют и в нашей деятельности. Вот их важные черты:

1) истина не дана заранее, ее следует открывать с помощью метода, которым может пользоваться «всякий... как бы ни был посредственен его ум»; в целом акт познания выражается схемой «субъект – метод – объект», причем ядро этого акта познания – метод (Я. А. Ляткер, с. 86);

2) в познании необходимо жесткое различение субъекта познания и объективного мира; в целом объект деятельности схватывается интуитивным актом (сейчас это процедурно представляется в онтологизации), а потом уточняется в ходе дедукции, что требует новых действий дедукции (метода) и т. д. – так выражается цикличность познания;

3) следует выделение двух правил познания – индукции и дедукции (математики); первая дает простой образ, объект, дает основание, это элементарный акт познания, некое единство опыта и теории, выраженное в объекте; вторая строит систему знаний;

4) экспериментирование касается обоих миров – природы и ума (знаний); Декарт ясно понимал, что его правила ума, метод нацелены на познание природы, фактически выражают единство диалектики природы и диалектики познания. Он писал: «Для того, чтобы достичь познания вещей, нужно рассмотреть только два рода объектов, а именно: нас, познающих, и сами подлежащие познанию вещи» [3, с. 283].

5) сомнение – необходимый способ развития знания, это необходимый этап познания, сейчас называемый в методологии проблематизацией, а в психологии – рефлексией;

6) сами по себе основные чувства слух и зрение не дают достоверных идей объектов окружающего мира, для выделения, познания сути вещей необходимы «очи разума», то есть такие идеальные образования-принципы как материальная точка, математическая нить, инерция (Я. А. Ляткер, с. 97 и др.); в целом метод познания является орудием познавательной деятельности человека, причем он направлен на изучение реального мира; но одновременно он и дает возможность построить, изобрести, сотворить идеальный Мир для понимания своей деятельности, объектов реального мира;

7) метод по Декарту – это методически развитый ум (там же, с. 114); в развитие видения Декарта сейчас можно сказать, что современное научное мышление – это нормативно заданный и освоенный в обучении метод познания.

В физике Декарт сделал гигантский шаг вперед, в частности, определив движение в системе координат, то есть сведя его к пространственному изменению положения материальной точки. Так в методе раскрылась фундаментальная роль моделей в познании, что в обучении физике пока реализуется слабо. При выполнении (освоении) таких мыслительных действий и формируется теоретическое мышление.

2.2. СОВРЕМЕННОЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ И ТВОРЧЕСТВО ГАЛИЛЕЯ

Перед нами предстает человек незаурядной воли, ума и мужества, способный в качестве представителя рационального мышления выстоять против тех, кто, опираясь на невежество народа и праздность учителей в церковных облачениях и университетских мантиях, пытается упрочить и защитить свое положение.
А. Эйнштейн[*]

Одним из основателей науки Нового времени был гениальный Галилео Галилей (1564–1642). Он был чуть старше Декарта. Но фактически вместе с ним и английским ученым Ф. Бэконом (1561–1626) исторически объективно создавал науку Нового времени. И дело далеко не только в том, что он много сделал для создания механики. Его идеи и метод надолго определили (открыли, а сейчас задают) для нас современное физическое мышление.

Для творчества Галилея характерно «редкое сочетание содержательно-физического, логико-философского и математического мышления» (А. В. Ахутин, с. 167). Такое мышление привело Галилея к методу естественнонаучного познания. А. Эйнштейн и Л. Инфельд глубоко и точно характеризовали: «Открытие, сделанное Галилеем, и применение им методов научного рассуждения были одним из самых важных достижений человеческой мысли, и это отмечает действительное начало физики... Закон инерции нельзя вывести непосредственно из эксперимента, его можно вывести лишь умозрительно – мышлением, связанным с наблюдением» [184, с. 363, 364]. Подчеркнем: это так для всех законов физики! Не случайно с именем Галилея связано теоретическое отношение к наблюдаемым фактам, отсюда понятна вся его критика чувственного опыта. И если в то далекое время это прямо касалось естествознания, то сейчас всех сфер деятельности. Без этого нет современного мышления.

Построение новой физики требовало не частных решений, а смены парадигмы «умственного видения» физического мира, **изменения процедур самого мышления**. Вот почему стержнем для Галилея является метод экспериментирования над мыслью в известных «Диалогах...» и «Беседах...». Что же для нас получается «в сухом остатке»?

---

[*]Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. IV. – М.: Наука, 1967. – С. 337.

• Галилей поставил задачу и осмыслил природу эмпирического факта. Например, ученых волновал вопрос: мы действительно видим планеты в зрительную трубу, а не феномены линз? В «Диалогах...» дается четкая позиция о том, что факт может быть принят в функции факта только в схеме теоретических отношений. И сейчас даже в обучении физике используется мысль о том, что человек видит не глазом, а умом, то есть на основе картины мира, мировоззрения и др. В учебнике «Физика-9» С. В. Громов даже специально подчеркивает: «Дело в том, что процесс зрения непрерывно корректируется мозгом, получающим информацию не только через глаза, но и через другие органы чувств» (М., 2000, с. 98). Понимание наблюдения, то есть признание факта, возможно только тогда, когда построена его модель (шире – теоретическая схема).

• Галилей гениально подстроил или перестроил экспериментирование под задачи теоретического познания, привел его к экспериментированию с идеальными объектами, которые в этом процессе становятся моделями. При этом за предметной деятельностью он «увидел» деятельность над мыслью, над понятием, причем в предельных моментах движения. Например, он исключил идею Аристотеля о круговом движении как идеальном движении, уравнивая его с движением по прямой как дуге окружности бесконечного радиуса. И таким образом вводит новое идеальное движение – прямолинейное равномерное движение, что приносит новые возможности понимания и описания механического движения. Больше: все фундаментальные теоретические понятия физики Галилея «строятся из элементов, принципиально ненаблюдаемых» [7, с. 170].

• Теоретическое отношение к фактам приводит от просто наблюдений к исследованию. В «Диалогах...» не случайно Сальвиати отбирает пары наблюдений – это движение в познании к исследованию [7, 10 и др.]. Вот и для физического образования сегодняшнего дня – это актуальнейшая задача: следует в полной широте восстановить исследовательскую деятельность школьников. И здесь важны отбор и число опытов, техника и методика измерений, систематизация данных физических величин и определение возможных функциональных (а затем и причинных) связей, учет погрешностей измерений и формулирование закономерностей, определение границ применимости и др. При этом **ведущей должна быть организация мысли школьников, связанная и подкрепленная внешними действиями**.

Разделение и различение закона природы, например движения тела самого по себе (то есть идеального движения), от закономерностей реального (обычного) движения тела – глубокое методологическое открытие Галилея. В экспериментировании как великой

форме теоретизирования он нашел метод формирования теоретического понятия, предмета, закона природы.

- В своей познавательной деятельности Галилей задает новый тип ученого – экспериментатора-теоретика (А. В. Ахутин, с. 210). И для практики современного (передового) физического образования формирование именно такого опыта деятельности экспериментирования является одним из приоритетов. В самом деле, для воспитания человека-творца актуальным является экспериментирование (как построение опытов, то есть «изобретательного» эксперимента) на основе теоретических идей и методологических установок, так и теоретическое объяснение (конструирование) реальности (явлений и технических объектов). И метод научного познания в форме «факты – гипотеза, модель – следствия – эксперимент» (практика В. Г. Разумовского) находит здесь свое наиболее простое и последовательное выражение.

- Современники Галилея, в том числе и Декарт, а позднее и переводчики его сочинений, аргументировано сомневались в результатах опытов Галилея... Так возникает проблема идеализированного (конструктивного) эксперимента. Именно он формирует предмет, отделяет от него внешние причины. Сам Галилей писал: «Наши доказательства... должны быть ясными по отношению к телам, свободным от внешних препятствий. Но поскольку в действительности нельзя найти таких тел, то производящий такой эксперимент не должен удивляться, если он потерпит неудачу...» (цит. по: А. В. Ахутин, с. 234). Так эксперимент становится экспериментом не только с предметом (в смысле реальным объектом), но и с понятием, в конечном итоге с мышлением (В. С. Библер, с. 290). Подчеркнем, что сейчас в обучении современен тот учебный эксперимент, при всем уважении к объектной стороне дела, в котором присвоение мышления – основная цель деятельности. В последние десятилетия в обучении сразу, без материального или материализованного перехода в действиях, понятие становится предметом, с ним обращаются как с предметом. И в этом основная методологическая (и методическая) проблема обучения физике: физика все больше становится «словесной», «меловой». Разрушается связь реального и идеального миров. А в методологии Галилея она есть.

- Существенным для воспроизводства конструирования как деятельности в системе современного физического образования является факт тесной связи творчества Галилея с техникой – практикой в широком смысле слова. Но умение видеть в практике реализацию идеальных представлений – важная черта современного научного мышления, ее можно назвать и рефлексией. И это не игра в слова, а реальное преобразование мира мысли и материального мира. Даже в известной фразе «Кто ясно мыслит, тот ясно излагает»

слышится связь идеального и реального: мысли как феномена идеального мира и слов как материальных знаков...

• Мышление Галилея принципиально диалогично (В. С. Библер). Это значит, во-первых, критичность мышления при обязательном рассмотрении аргументов «за» и «против», то есть своего рода экспериментированием над внутренней речью, чаще сначала в форме внешней письменной или устной речи. Во-вторых, существенно различие и единство мышления (экспериментирования) над мыслью, которая представляется объектом, и мышления над реальным объектом, вещью. Здесь экспериментатор – Разум, предмет эксперимента – существующая Культура мышления (В. С. Библер, с. 299 и др.). И откуда в современной педагогике сохраняется теоретическая ущербность в отношении к экспериментированию, ведь ничего выше просто нет?!

Итак, в настоящее время внутреннее развитие методики обучения физике дошло до такой точки, что требуются принципиально новые решения на основе накопленного опыта и методологии конца XX века во всех областях нашей деятельности – науковедении, деятельности преподавания, учебной деятельности. Так, например, содержание физического образования, с одной стороны, понимается как опыт прошлой деятельности. С другой стороны, методология все сильнее влияет на процедуры построения учебных систем знаний на творческой основе отбора и интерпретации физических знаний, то есть ориентирует на изменение опыта. И уже в полной мере осознано, что в обучении физике в равной степени самостоятельна и важна как деятельность с объектами природы, так и деятельность с объектами науки. А сам метод познания – самостоятельная и центральная в содержании предмета ценность.

Мысль

«Итак, нет ни одного закона, о котором мы бы могли с уверенностью сказать, что в прошлом он верен с той же степенью приближения, что и сейчас».

«Дело обстоит не так, что изменение законов обнаруживается сначала путем индукции и опыта, а мы лишь потом стараемся их объяснить, подводя их во что бы то ни стало под более или менее искусственный синтез. Нет, синтез идет прежде всего, и если мы приходим к заключению об изменении законов, то лишь для того, чтобы не нарушать синтеза».

А. Пуанкаре
О науке, 1983, с. 418

Дух познания Галилея как отношения к миру теперь всегда рядом с нами. Не видеть, то есть не понимать его – потеря. И как современно звучат, например, такие слова: «А что может быть более постыдного, чем слушать на публичных диспутах, когда речь идет о заключениях, подлежащих доказательствам, ни с чем не связанное выступление с цитатой, часто написанной совсем по другому поводу и приводимой единственно с целью заткнуть рот противнику?» [3, с. 231].

Смелость в формулировании и отстаивании мысли – далеко не последняя черта современного физического мышления. Осваиваемые на материале физики черты мышления в реальной жизни нацелены на использование его мощи видения (метода, процедур и др.) для понимания всех других явлений.

2.3. ПОСТРОЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ

Исторически, время построения квантовой механики привело к существенному изменению физических представлений на познание мира. Не случайно о познавательных событиях того времени говорят как о «драме идей». Явления микромира потребовали новых познавательных инструментов – новых принципов, моделей, мировоззренческих установок... В конечном итоге это обогатило физическое мышление. Ниже рассмотрены наиболее яркие поиски на этот счет. Прочти все авторы – **лауреаты Нобелевской премии по физике**.

В духовном развитии сильное впечатление оставляет творчество гениального французского ученого **А. Пуанкаре** (1854–1912). Он много писал о методологии познавательной деятельности, в том числе в физике. И есть смысл учесть некоторые его идеи сейчас в практической деятельности. Итак, **методологические мысли А. Пуанкаре** [20].

• Проблема, которой больше ста лет: «...руководства по механике не вполне ясно различают, где опыт, где математическое суждение, где условное соглашение, где гипотеза» (с. 63). А в обучении физике сейчас разве не так?!

• *Особенности физического познания*: «Экспериментальный закон всегда подвержен пересмотру» (с. 67). «Подобно принципам Ньютона (и по тем же основаниям), принцип сохранения энергии, основанный на опыте, не может быть опровергнут этим последним» (с. 84); «Всякое обобщение есть гипотеза, поэтому гипотезе принадлежит необходимая, никем никогда не оспаривавшаяся роль» (с. 97); «ученые все-таки полагают, что есть известная иерархия фактов и что между ними может быть сделан разумный выбор... Наиболее интересными являются те факты, которые могут служить свою службу многократно, которые могут повторяться» (с. 289); «Нам представляется, что мы лучше понимаем передачу действия путем соприкосновения, нежели действие на расстоянии... Призвание ученых состоит в том, чтобы устранять все таинственное и тем самым всегда продвигаться хотя бы немного вперед» (с. 490).

• *Реальность и наука*: «Для нас не так важно, существует ли эфир в действительности – пусть это решают метафизики; для нас важнее то обстоятельство, что все происходит так, как если бы он существовал, и что эта гипотеза удобна для истолкования явлений» (с. 131); «...не природа навязывает их (пространство и время – вставка наша) нам, а мы налагаем их на природу, потому что мы находим их удобными» (с. 157); «научные законы – не искусственные изобретения; мы не имеем никаких оснований считать их случайными, хотя мы и не могли бы доказать, что они не таковы» (с. 158).

• *Физика и математика*. «Можно задать вопрос: почему в физических науках обобщение так охотно принимает математическую форму? Причина этого теперь понятна: она состоит не только в том, что приходится выражать числовые законы, но и в том, что наблюдаемое явление есть результат суперпозиции большого числа элементарных явлений, подобных друг другу: значит, здесь вполне естественно появиться дифференциальным уравнениям» (с. 101).

• *Физика и физическое мышление*: «Физика не только дает нам повод к решению проблем; она еще помогает нам найти к этому средства. Это происходит двояким путем. Во-первых, она дает нам предчувствие решения; во-вторых, подсказывает нам ход рассуждения» (с. 225); «Истинная творческая работа состоит в том, чтобы делать выбор среди этих комбинаций, исключая из рассмотрения те, которые являются бесполезными...» (с. 316).

«Абсолютного пространства нет. Поэтому с точки зрения кинематики из двух... положений – «Земля вращается» и «Земля не вращается» – одно не более верно, чем другое... Перед нами видимое суточное движение звезд, суточное движение других небесных тел, а с другой стороны – сплющивание Земли, вращение маятника Фуко, вращение циклонов, пассатные ветры и т. д. ... Говоря: «Земля вращается», я утверждаю, что все эти явления по существу находятся в тесном соотношении друг с другом, и это верно; и это остается верным, хотя нет и не может быть абсолютного пространства» (с. 280).

«Или еще лучше, между фактами новыми и старыми, для которых первоначально и была придумана гипотеза, существует такая тесная связь, что всякая гипотеза, объясняющая одни факты, должна тем самым объяснять и другие; таким образом, проверяемые факты являются только внешне новыми» (с. 478).

Релятивистскими идеями пронизано все научное творчество Пуанкаре, во многом его усилиями относительность в познании получила чеканную форму и стала гранью физического мышления.

Нильс Бор: Обобщение идеала причинности. Великий датский физик-теоретик Нильс Бор (1885–1962) оказался в XX веке в нужном месте в нужное время, на переломе революционного этапа

развития физики. Он работал и общался с выдающимися физиками своего времени Дж. Дж. Томсоном, Э. Резерфордом, В. Гейзенбергом, В. Паули, Л. Д. Ландау...

Н. Бор как никто другой настойчиво работал над уточнением и определением понятий, то есть над категориями квантовой механики. Уже в самом начале создания квантовой теории атома водорода он расширил понятие «основное состояние» до понятия «стационарное состояние». Уже этого одного достаточно для открытия.

Долго, трудно, но настойчиво в спорах разрабатывал Н. Бор принцип дополнительности, идя от принципа соответствия. Принцип внес понимание в сложные представления (модели) квантовой механики. Как писал Б. Г. Кузнецов, значение принципа выходит за рамки одной квантовой механики.

Для того, чтобы сохранить идеалы причинности классической (макроскопической) физики необходимо было уточнить или переосмыслить такие фундаментальные понятия как событие, явление, измерение... Особенно ярко это представлено в книге «Атомная физика и человеческое познание» [13].

• *Познание и понятия.* «Когда мы говорим о системе понятий, мы имеем в виду просто-напросто однозначное логическое отображение соотношения между опытными данными» [13, с. 96]. И далее: «... даже если явления выходят за пределы применимости классической физики, все же характеристика экспериментальной установки и запись произведенных наблюдений должны даваться на обычном языке, надлежащим образом дополненном специальной физической терминологией» (там же, с. 101). «В квантовой физике описание действия измерительных приборов является, как мы видели, необходимым условием для определения самого явления» (там же, с. 124).

• «Прежде всего, принципы механики Ньютона внесли значительную ясность в проблему **причины и следствия**; это было достигнуто благодаря тому, что они позволяли, по состоянию физической системы в данный момент, предсказать ее состояние в любое последующее время... Сохраняя идею детерминизма, но основываясь исключительно на зависимости между однозначными измерениями, которые сводятся в конечном

Мысль

«Таким образом, ситуация такова: либо выбирается один полный набор величин, тогда при рассмотрении физического явления нельзя учесть некоторые важные особенности, которые связаны с величинами, не входящими в рассматриваемый набор, либо выбирается другой полный набор величин и тогда теряется то, что связано с величинами первого набора. В этом и состоит сущность принципа дополнительности»

А. Н. Матвеев

Атомная физика. – М.: Высшая школа, 1989. – С. 113

счете к совпадению между событиями, Эйнштейн сумел перестроить и обобщить все здание классической физики и тем самым придать нашей картине мира единство, превосходящее все, что можно было ожидать» [13, с. 97-98]. В **квантовой механике** «логический подход не может пойти дальше вывода относительных вероятностей для появления того или иного индивидуального явления при данных экспериментальных условиях. В этом отношении квантовая механика представляет собой последовательное обобщение детерминистического механического описания...» (там же, с. 103).

• *Инварианты в описании природы.* «Уже классическая механика обходится без понятия причины при рассмотрении равномерного движения; далее, теория относительности научила нас тому, что соображения инвариантности и эквивалентности могут рассматриваться как категории рационального объяснения. Подобно этому, в дополнительном описании квантовой физики мы имеем дело с дальнейшим самосогласованным обобщением» (там же, с. 104).

• *Принцип дополнительности* как фундаментальный эвристический принцип. Н. Бор писал: «Исследование того, в какой мере описание физических явлений зависит от точки зрения наблюдателя, не только не внесло никакой путаницы или усложнения, но, наоборот, оказалось неоценимой путеводной нитью при разыскании основных физических законов, общих для всех наблюдателей» [13, с. 98]. И далее: «Действительно, с позиций объективного описания лучше употреблять слово «явление», только если речь идет о наблюдениях, полученных при определенных условиях, то есть таких, в описание которых входят данные обо всей экспериментальной установке... эта терминология напоминает нам о том, что всякое атомное явление цельно и законченно... Здесь важно уяснить себе, что формальный аппарат квантовой механики допускает однозначное применение только к такого рода завершенным явлениям. И в этом отношении он является рациональным обобщением классической физики, в которой не только завершенное явление, но и каждый этап хода событий описывается измеримыми величинами» (там же, с. 102–103).

Б. Г. Кузнецов, исследователь творчества Бора, писал о том, что фундаментальная идея сродни физическому стилю мышления. К такой идее он относит принцип дополнительности, показывая его связь с принципом соответствия и принципом неопределенностей. И два фактора известного выражения Эйнштейна «Если не грешить против разума, нельзя вообще ни к чему прийти» трактуются как дополнительные критерии физического изучения мира [105, с. 113, 114]. И далее он выделяет мысль: «Обобщение, о котором говорит Бор, состоит в более точном представлении о событии. Событие, играющее роль причины или следствия в механике микромира, это элементарное

событие, в котором нельзя отделить квантовый объект и его взаимодействие с макроскопическим объектом... «исходных», «независимых» физических свойств нет, так же как в макроскопическом мире нет абсолютной «независимой» от системы отсчета пространственно-временной локализации тела» (там же, с. 115).

Познание непрерывно даже в условиях революционных открытий. И здесь существенную роль играют фундаментальные принципы, объединяющие знания (там же, с. 107).

Макс Борн: Обобщения о физическом познании. Построение основ современной физики в начале XX века привело почти всех крупных физиков к неким методологическим обобщениям о познании физических явлений. И у М. Борна есть целый ряд статей на этот счет. Они не потеряли своего значения для физического образования. Обратимся к первоисточнику [15].

- *Реальность и новая реальность.* «Современная физика достигла своих крупнейших успехов в немалой степени с помощью применения методологического принципа, согласно которому понятия, относящиеся к различиям за пределами возможного опыта, не имеют физического смысла и должны быть элиминированы» [15, с. 163]. Борн приводит классические представления о реальности, опираясь на представления Эйнштейна: «Все должно сводиться к мысленным пространственно-временным объектам и к закономерным связям между этими объектами. В таком описании нет ничего, что было бы связано с эмпирическими знаниями об этих объектах... Этот способ описания и подразумевают, когда говорят о физическом описании «реального внешнего мира»...» (там же, с. 167). Квантовая физика вводит новое, другое понятие о реальности (там же, с. 170).

- *Дуализм частиц и волн.* «Волны, удовлетворяющие этому уравнению, совсем не представляют движения частиц. Они лишь определяют возможные движения или, лучше сказать, состояния материи. Материю всегда можно представлять себе состоящей из точечных масс (электроны, протоны), но во многих случаях частицы не могут быть различимы как некие индивидуальные объекты, например в том случае, если они входит в атомную систему» (там же, с. 157).

- *Принцип относительности и познание.* «Еще до Эйнштейна изучение физического мира привело к преодолению пределов, ограничивающих доступное человеческим чувствам... По сути дела, вся наука – это сложный лабиринт такого рода взаимосвязей, составляющих чисто геометрические структуры, понятные зрению или прикосновению... Этот процесс представляет суть объективации, которая преследует цель сделать наблюдения настолько независимыми от индивидуальности наблюдателя, насколько это возможно. В этом смысле электромагнитные поля, неощутимые непосредственно ни для одного из человеческих чувств, могут быть вве-

дены посредством сведения их к механическим величинам, доступным для измерения в пространстве или во времени». И далее: «Другой общей чертой науки стал принцип сведения к относительному»[14, с. 12].

Эйнштейн следовал «ведущим принципам научного познания: объективации и сведению к относительному», использования понятий, доступных эмпирической проверке (там же, с. 13). В общей теории относительности принцип относительности получил универсальное значение: «истинные законы физики должны выполняться совершенно одинаковым образом в системах отсчета, совершающих произвольные движения» (там же, с. 303).

Познавательные позиции В. Гейзенберга. В научном творчестве Гейзенберга довольно значительное место занимают вопросы методологии познания, они повторяют, дополняют или развивают позиции других физиков [26]. Для нашей цели выделим наиболее важные мысли на этот счет.

• Довольно много Гейзенберг писал **о реальности**, в конечном итоге связывая ее определение с опытом деятельности. Вот типичные мысли: «Первичной реальностью оказалось то, что мы может видеть и осязать» [26, с. 123]; «В экспериментах с атомными процессами мы имеем дело с вещами и фактами, которые столь же реальны, сколь реальны любые явления повседневной жизни. Но атомы или элементарные частицы реальны не в такой степени. Они образуют скорее мир тенденций или возможностей, чем мир вещей и фактов» (там же, с. 117).

• Очень четко Гейзенберг выражается относительно *развития понятий*: «Прогресс науки, очевидно, не мог быть все время связан с тем, что для объяснения новых явлений применялись только известные законы природы»; «Теория относительности всегда играла в современной физике особо важную роль. В ней впервые была показана необходимость периодического изменения основополагающих принципов физики» (там же, с. 55, 64).

Для нас важно зафиксировать эту позицию: если для фундаментальной физики это так, то для учебной физики это тем более так.

• Принципиальным является отношение физиков *к методу познания*. Интерес к нему в системе физических знаний и сейчас только растет. В начале создания квантовой физики диалог по этому поводу был особенно острым. Вот типичный пример:

«– Но неужели Вы всерьез думаете, – возразил Эйнштейн, – что в физическую теорию можно включать лишь наблюдаемые величины? – А разве не Вы сами, – спросил я в изумлении, – положили именно эту идею в основу своей теории относительности?.. – Возможно, я и воспользовался философией этого рода, – отвечал Эйнштейн, – но она, тем не менее, чушь... Но с принципиальной

точки зрения желание строить теорию только на наблюдаемых величинах совершенно нелепо. Потому что в действительности все ведь как раз наоборот. Только теория решает, что именно можно наблюдать. Видите ли, наблюдение, вообще говоря, есть очень сложная система...» (с. 191–192).

П. А. М. Дирак: Пути физики и физика. П. Дирак сравнительно много говорил о путях познавательной деятельности в физическом творчестве [43, 44]. Ниже на основе его лекций предлагается *некая реконструкция мышления физиков* при создании квантовой механики.

1) *Для современной физики построение механики выступает как модель, как образец деятельности моделирования.* Дирак писал: «Квантовая механика развилась из классической механики Ньютона. Ньютон установил законы механики, на которых основана вся теория механических явлений и которые согласуются с результатами крупномасштабных наблюдений, если их несколько «подправить» в соответствии с теорией относительности Эйнштейна» [43, с. 8].

2) *Сначала всегда решается задача «подправить» известные модели.* «Для очень малых тел, вроде тех, с которыми мы встречаемся в мире атомов, законы Ньютона не выполняются». Но далее: «Удивительным было то, что при определенных условиях законы Ньютона оказались пригодными для описания движения электрона в атоме: для этого нужно, во-первых, пренебречь действующими на электроны силами, связанными с излучением, во-вторых, ввести в рассмотрение квантовые условия» (там же, с. 10).

3) «Гейзенберг исходил из того, что теория должна быть основана на наблюдаемых величинах и что наблюдаемыми величинами являются элементы матрицы...» (там же, с. 11). Но матрицы «не подчиняются закону коммутативности умножения... Перед нами стояла задача так видоизменить уравнения Ньютона, чтобы они удовлетворяли алгебре, в которой $a \cdot b$ не равно $b \cdot a$» (там же, с. 11). В итоге использовалась форма уравнений Гамильтона для механики.

4) «Я не случайно употребил слово «игра», оно точно передает то, что мы делали, – мы были увлечены интересной игрой». В итоге: «*Мы получили уравнения, в которые входили некоммунируемые величины, но при этом не могли их проинтерпретировать*» (там же, с. 12, 13).

«Общий метод интерпретации новой механики, появившийся через два или три года после уравнений, заключался в следующем: квадрат модуля волновой функции предлагался равным вероятности того, что частица находится в данной точке в определенный момент времени» (там же, с. 14).

5) *Но при создании квантовой механики возникли проблемы согласования с теорией относительности*, то есть проблемы создания релятивистской квантовой механики. Дирак нашел это уравнение, отмечая: «Наверное, изящество и мощь формализма, основанного на гезейберговском уравнении движения и на соответствующем уравнении Шредингера, произвели на меня огромное впечатление; я ощутил, что надо держаться за этот формализм...» (там же, с. 19). *В итоге было найдено нужное уравнение, а при интерпретации сделан вывод о существовании античастиц.*

Для нашей темы важны и следующие **высказывания Дирака** по вопросам познания.

- «В физике следует стремиться к построению всеобъемлющей схемы описания природы в целом... Необходимо, чтобы квантовая теория поля базировалась на таких понятиях и методах, которые можно было бы унифицировать с понятиями и методами остальной физики» [43, с. 7].
- *Свобода мысли – необходимое условие продуктивного мышления.* «Посвящая себя исследовательской работе, нужно стремиться сохранять свободу суждений и ни во что не следует слишком сильно верить; всегда надо быть готовым к тому, что убеждения, которых придерживался в течение долгого времени, могут оказаться ошибочными» (там же, с. 19).
- *Приоритет метода* явно следует из следующего высказывания Дирака: «Поля и частицы – это не два различных объекта, а два способа описания одного и того же объекта, две различные точки зрения на один и тот же объект. Мы используем тот или другой способ описания, руководствуясь соображения удобства...» (там же, с. 9).
- «Система приближений, которой я буду пользоваться, в какой-то мере аналогична приближениям, которыми пользуется в расчетах инженер. Инженеру нужно получить результаты, а в стоящих перед ним проблемах имеется такое множество факторов, что большинством из них он вынужден пренебречь... Окончательный критерий состоит в том, является ли построенная теория последовательной и находится ли она в разумном согласии с экспериментом» (там же, с. 11).

Вольфганг Паули: Логика физического познания. Я. А. Смородинский отмечал: «В 1924 г. молодой физик Вольфганг Паули-младший сформулировал принцип, который оказался одним из важных законов современной физики: «В атоме не может быть двух или более эквивалентных электронов, у которых в сильных полях совпадали бы значения всех квантовых чисел... Выводу принципа Паули не предшествовали сложные вычисления, формулировки его не требовали новых понятий. Этот закон был необычайно сконцентрированным выводом из большого эмпирического материала» [113, с. 3].

В. Паули сравнительно много писал о *логике физического познания*. Ниже приводятся наиболее существенные положения.

• «Материя всегда была и будет одним из главных объектов физики» (там же, с. 31).

• Сначала возникает *необходимость различения феномена (явления) и действительности (реальности)*: реальность существует независимо от нас, феномен зависит от нас. Паули писал: «Лично я не вижу, каким образом в физике можно дать определение феномена, которое отделяло бы данные чувственного восприятия от рациональных упорядочивающих принципов» (там же, с. 22).

• «Связную формулировку систем мыслей, состоящую из математических уравнений и правил сопоставления их с данными опыта, мы называем физической теорией, и в пределах применимости ее можно принять за *«модель действительности»*.

«Я надеюсь, что никто уже не полагает, будто теории выводятся из протокольных записей посредством железных логических заключений... Теории возникают путем инспирированного эмпирическим материалом понимания...» (там же, с. 23).

• *Объективность* научного объяснения природы заключена в понимании и применении знаний, в том числе теорий и законов, то есть «физические теории и законы и объективны». «Какой бы ни была структура этих теорий и законов, физический феномен не прост, а сложен. Обычно при его описании перерабатывается уже множество полученных ранее теоретических и экспериментальных знаний» (там же, с. 23).

• О логической *структуре физических теорий*. «Первый вопрос касается понятия причины в классической механике. Одним из важнейших успехов... является вывод о том, что для равномерного движения существует столько же причин, сколько для покоя. Этот вывод был тесно связан с применением в физике математического понятия группы: классическая механика допускает группу все равномерных поступательных движений, которую ныне называют галилеевой группой. Два состояния, связанных элементом группы, называют эквивалентными... Тогда при описании природы эти два состояния неразличимы» (там же, с. 24). Далее развитие теорий (СТО и ОТО) было связано с построением новых групп – Лоренца и др.

• Развитие квантовой механики «демонстрирует нам логическую возможность нового и более широкого *образа мышления*. В нем наблюдатель вместе с применяемым им приборами учитывается иначе, чем в классической физике... В новом образе мышления мы имеем дело уже не с обособленным наблюдателем, встречающимся в идеализациях теорий классической типа, но с наблюдателем, создающим своим неконтролируемым вмешательством новую ситуацию, теоретически описываемую как новое состояние наблю-

даемой системы... Тем не менее, в теориях нового типа все еще остается *объективная реальность*. Поскольку эти теории отрицают всякую возможность влияния наблюдателя на результаты измерения, если выбрано экспериментальное устройство» (там же, с. 38-39).

• *Об измерении в познании*. В классической физике влияние наблюдателя на физическую систему «всегда можно исключить». «В противоположность этому в микрофизике всякое наблюдение производит неконтролируемое возмущение как в средстве наблюдения, так и в наблюдаемой системе и прерывает причинную связь между предшествующими ему и последующими за ним явлениями» (там же, с. 62.). При описании ситуация отражается принципом дополнительности Бора.

• *В конце Нобелевской лекции* В. Паули подчеркнул: корректная теория «не должна также изобретать «гипотетический мир», который представляет собой только математическую фикцию, пока теория не окажется в состоянии сформулировать правильное объяснение действительного мира физики» (там же, с. 86).

Идеи развития науки в трудах Е. Вигнера. Общеизвестно стремление Вигнера к простому и ясному изложению познавательных процедур, к построению с этой точки зрения некой познавательной картины физического мира. Приведем здесь, следуя его известной книге **«Этюды о симметрии»** [24], наиболее принципиальные и важные для раскрытия физического мышления идеи и положения.

• Е. Вигнер многократно писал: «Мир очень сложен, и человеческий разум явно не в состоянии полностью постичь его...»; «Окружающий нас мир поразительно сложен, и самая очевидная истина заключается в том, что мы не в состоянии предсказать его будущее» [24, с.9, 185].

И далее важная с точки зрения познания мысль: «Именно поэтому человек придумал искусственный прием – в сложной природе мира винить то, что принято называть случайным... Сложность получили название начальных условий, а то, что абстрагировано от случайного, – законов природы». Законы природы устанавливают (выражают) связь между событиями, то есть корреляцию (там же, с. 35).

Можно согласиться, что «физика не претендует на объяснение природы... Действительно, огромные успехи физики обусловлены четким ограничением предмета ее исследования: физика пытается объяснить лишь закономерности в поведении различных объектов» (там же, с. 45). Отсюда и в обучение физике приходит понимание, во-первых, необходимости организации учебной деятельности для установления экспериментальных зависимостей между характеристиками объектов, во-вторых, необходимости такой формы закономерности как гипотеза-модель, где фиксируется какая-то норма в движении объекта, хотя и не в количественном виде.

• Фундаментальным, первым и наиболее простым *принципом инвариантности* является утверждение: «абсолютное положение и абсолютное время никогда не входят в число существенных начальных условий», то есть результат не зависит от того, **где и когда** мы реализуем явление при существенных начальных условиях (там же, с. 10). Далее Вигнер жестко отмечает: «Не будь ее, мы бы не смогли открывать законы природы».

Сейчас в обучении физике в школе нет четкого выделения роли начальных условий при изучении явления, хотя именно здесь раскрывается тайна роли экспериментального метода.

• Многие, исторически сформулированные, принципы инвариантности, например, принцип подобия, «следует считать продуктами опыта, а не априорными истинами» (с. 11).

С точки зрения ОТО, кривизна пространства измеряема, тогда «перемещение из области с малой кривизной в область с большой кривизной не оставляет законы природы инвариантными» (с. 12). И теория формулирует новый принцип инвариантности, в простой формулировке он утверждает: «события в одной части пространства зависят только от полей в окрестности этой части пространства, то есть от измеряемых величин» (с.12). Так идеи и законы теории поля становятся универсальными.

В школе рассматриваются законы сохранения. Понятие инвариантности не вводится и не используется, хотя является более мощным инструментом познания. Сами законы сохранения определяются то ли как эмпирические, то ли как теоретические. Инвариантность прямо связана с принципами симметрии. Вигнер писал: «законы симметрии применимы именно к законам природы, то есть к корреляциям между событиями, а не к самим событиям» (с. 25).

• На примере истории развития модели промежуточного ядра Е. Вигнер формулирует общие этапы *развития любой теории.* Но иллюстрация по этапам для простоты выполнена на примере механики (с. 109-110).

Первый этап. Из теории выделены все «эфемерные» и общие элементы. Например, для законов свободного падения Галилея эфемерным было постоянство ускорения, общее выражалось в пропорциональности между ускорением и силой.

Второй этап. Общим элементам придается как можно более широкая формулировка. В итоге для механики это оказывается второй закон Ньютона. Вот как описывает ситуацию академик И. Ю. Кобзарев: «Дело в том, что в трех законах Ньютон выделил то, что не зависит от конкретного вида сил, поэтому они образуют только пустую схему механики как научной теории. Физическая теория возникает из этой схемы, когда выделяется определенный круг явлений и устанавливается закон сил, управляющих ими» (1978, с. 45).

Проблема теперь заключается не в описании движения, а в выяснении природы сил, а она решается и вне механики.

Третий этап. Это поиски «фундаментальной причины элементов общего физического закона» (с. 110). Для второго закона динамики это «эквивалентность движущихся определенным образом наблюдателей», что выражается в первом законе динамики, в преобразованиях Галилея и позднее Лоренца. Этот этап явно методологический, этап выяснения физического смысла. Этот этап приводит к новым проблемам, в итоге – к понятиям СТО и ОТО...

- В состав научных знаний Вигнер включает не только границы применимости, но всевозможные ограничения науки. Он пишет: «... ограничения нашей науки кроятся в человеческом интеллекте, в объеме его интересов, способности к обучению, памяти, общению с себе подобными. Ясно, что все эти ограничения связаны с конечной протяженностью человеческой жизни... Очевидно, существует предел, выше которого сжатость изложения... как самоцель перестает быть полезной для хранения информации» (с. 173-174). Вигнер высказывает сомнение и в отношении развития науки по принципу сдвига в сторону более глубокой теории, в том числе из-за невозможности в конечном итоге пробраться к передовому фронту науки (с. 175). Наконец, рефлексия приводит и к следующему утверждению: «нам в принципе неизвестно, почему наши теории «работают» так хорошо» (с. 197).

В некоторых случаях успехи физического исследования зависят от деятельности коллектива. Позитивной и для обучения является следующая позиция: «Проблема коллективного исследования состоит в том, чтобы избежать подавления подсознательного мышления индивидуума и сделать для него доступной информацию и даже незаконченные идеи его сотрудников» (с.181).

- Математический язык – единственный и удивительно продуктивный язык физики (с. 190-191). Ньютон «постулировал свой закон всемирного притяжения, опираясь на единственное и в те времена весьма грубое численное совпадение» (с. 191), хотя потом выполнение закона доказано с точностью до 0,0001%! Такое математическое по форме «угадывание» закона не редкость в физике. И значение математического моделирования (творчества!) только растет – физики осваивают все новые и новые области математики.

- Е. Вигнер отмечает за 100 лет следующие изменения духа науки: а) от формулировки законов на языке наблюдаемых величин к изощренному языку вектора состояния в квантовой механике и гравитационной метрике в теории относительности, б) сдвиг от изучения макрообъектов к микрообъектам, в) научная деятельность трансформировалась от индивидуальной деятельности к коллективной производстве знаний (с. 216-217).

Виктор Вайскопф: Методология познания в творчестве физика. Известный американский физик-теоретик многократно высказывался по гносеологическим вопросам физического познания.

• *Принцип непрерывности.* «Одной из главных особенностей классической физики является возможность делить каждый процесс на составные части...» [21, с. 37]. Квантовая физика радикально изменяет эту парадигму. В итоге возникает понимание, почему неразличимы атомы одного вида.

• *Развитие науки эволюционно*, отсюда «Любая из новых и так называемых революционных идей в современной науке возникла как усовершенствование старой системы мышления, ее обобщение или расширение» (там же, с. 53).

• На первом этапе (1912–1922) создания квантовой физики Бор по необходимости руководствовался **интуитивным методом**, на втором этапе (1922–1930) Бор нашел новый метод работы – собрал коллектив талантливых физиков мира (Паули, Гейзенберг, Эренфест, Гамов, Ландау и др.) и **в диалоге** были построены системы концепций (там же, с. 53-55). В это время «Идеи принимали свою настоящую форму только в ходе этих пробных формулировок. Взаимосвязь между мышлением и языком всегда пленяла Бора» (там же, с. 60).

• Влияние науки на «наше мышление основано на следующих посылках»: а) наука пытается открыть фундаментальные законы природы, она ищет абсолютное в природе, б) наука проникает в суть вещей, в) наука объединяет людей своим эволюционным развитием, определенным способом мышления и деятельности, признанием единственности жизни, г) наука позволяет через технику совершенствовать социальную жизнь (там же, с. 240-241, 257 и др.).

Известный физик Д. Томсон, сын великого физика Дж. Дж. Томсона, в своей научно-популярной книге «Дух науки» (М.: Знание, 1970. – 176 с.) прямо ставил цель: «рассказать о том, **как думает ученый**, особенно в процессе исследования» (с. 5). Вот почему мысли книги небесполезны для нашей темы, хотя и не все высказывания следует принимать абсолютно и относить к современным. Например, сейчас успех исследований в сильной степени зависит от технических и экономических условий, от атмосферы коллективной деятельности, от доступа к информации и возможности обработать большие массивы данных. Но все же мышление остается индивидуальным качеством, и для него характерны сообщаемые ниже положения, которые, как и положено, должны приниматься критически.

• «Наука – это поиск истины...» (с. 7). «Справедливо, что методы науки не претендуют сразу на многое. Они начинаются с про-

стых, даже самых обыденных наблюдений». «Все науки... основываются на определенных понятиях. Понятие – это представление, получившее наименование... Понятия более фундаментальны, нежели теории...» (с. 10). «Нередко утверждалось, что понятия и теории в науке – это исключительно творения человека, а не объективная истина. Я думаю, что такая точка зрения неверна, хотя человек, разумеется, играет здесь свою роль. Мне кажется, что наука все скорее открывает, чем изобретает...» (с. 12).

• «Подлинную сущность метода понимали далеко не всегда. Научный метод – не столбовая дорога к открытиям, как думал Бэкон. Скорее это совокупность правил...» (с. 14). К очевидным требованиям автор относит «и беспристрастный подход к проблеме, и готовность учитывать все разумные возможности, и готовность преодолеть трудности ради точности... и умение не остаться в плену предубеждений... Выбор в науке столько же важен... Наука, как и все виды искусства, требует воображения» (с. 15). «Научный метод требует множества тщательных экспериментов в самых простых условиях...»; «на ранних стадиях работы опыты носят предварительный характер. Если исследование фундаментально, то оно ведет к формированию понятий, вытекающих из экспериментов, а затем – гипотез, теорий и законов... Разница между тремя терминами: гипотеза, теория и закон – в эмоциональной окраске и отражает не столько различия в характере понятий, сколько различия в степени достоверности...» (с. 16). Один общий принцип особенно важен при проведении экспериментов – чистота» (с. 126).

• «Большинство понятий только приблизительны, как, например, понятие светового луча» (с. 19). «Связь между понятием и реальной действительностью напоминает соотношение между плоской картой и частью земной поверхности» (с. 20). «Добротные понятия обнаруживают яркую способность вырастать за рамки экспериментов, которые их породили; и, по-моему, именно это сильнее всего может убедить рядового физика в их реальности» (с. 21).

• «Теория – это карта, которая сообщает нам, как выглядит тот или иной кусочек мира. Чтобы ее воспользоваться, вы должны отождествить отметки на карте с явлениями, реально видимыми и осязаемыми. Было время, когда количественная сторона физики переоценивалась. Измерение и последующее использование математики – чрезвычайно мощные средства, но решающие эксперименты носят, по существу, качественный характер» (с. 25).

• «Физик должен не только полуинтуитивно проникать в природу вещей, но и трезво оценивать экспериментальные факты, которым не всегда следует придавать тот смысл, какой они, казалось бы, имеют на первый взгляд» (с. 44). «И электрические, магнитные силовые линии Джи-Джи (Дж. Дж. Томсон – вставка наша) склонен

был считать физической реальностью. Современные теории рассматривают электромагнитные силовые линии просто как удобное математическое понятие» (с. 48).

• «Дарование Резерфорда заключалось в сверхъестественной интуиции и чутье, как ставить очень простые опыты... Обе эти способности в основе своей представляют одно качество – умение видеть главное и отбрасывать остальное» (с. 70). «Математический подход к задачам весьма отличен от подхода Резерфорда, однако оба метода оказываются сходными в том, что рисуют идеальную картину скрытых явлений, которые в одном случае уподобляются соотношениям между некоторыми математическими величинами, а в другом – соотношениям между материальными телами, движущимися определенным образом» (с. 95).

Общий вывод: а) действительно, в творчестве великих физиков важную роль играют методологические принципы познавательной деятельности, б) сами физики внесли большой вклад в формулирование важнейших принципов познания.

2.4. ЭЙНШТЕЙН И СОВРЕМЕННАЯ КУЛЬТУРА НАУЧНОГО МЫШЛЕНИЯ

Наверное, больше, яснее и современнее многих по проблеме физического мышления высказался А. Эйнштейн. Он считал эту тему принципиальной для физики и физического познания.

Гениальным физиком XX века является А. Эйнштейн (1879–1955). Наиболее яркой и характерной чертой его научного творчества было стремление к обобщению, к построению систем знаний. Именно это позволило ему сделать выдающиеся открытия в теории относительности и квантовой физике. Определяя методологию научных поисков, он писал **о картине мира**: «Человек стремится каким-то адекватным способом создать себе простую и ясную картину мира; и это не для того, чтобы преодолеть мир, в котором он живет, но и для того, чтобы в известной мере попытаться заменить этот мир созданной им картиной. Этим занимаются художник, поэт, теоретизирующий философ и естествоиспытатель, каждый по-своему. На эту картину и ее оформление человек переносит центр тяжести своей духовной жизни, чтобы в ней обрести покой и уверенность, которые он не может найти в слишком тесном головокружительном круговороте собственной жизни... Высшим долгом физиков является поиск тех общих элементарных законов, из которых... можно получить картину мира» [183, с. 9]. Высочайшее духовное значение методологии научного познания А. Эйнштейна сейчас, несомненно, является предметом прямого освоения в школе. К какой-то отдель-

ной формуле познания свести представления такого великого физика и мыслителя вряд ли возможно, тем более, что его взгляды уточнялись и уточнялись... И все же советуем для своей образовательной деятельности обратить внимание на следующие его мысли и представления.

• В новую эпоху XX века А. Эйнштейн, опираясь на творчество Галилея и Ньютона, двинул науку вперед как по изменению «умственного видения» физического мира, то есть изменению процедур самого мышления (Галилей), так и по построению целостных систем знаний – теорий (Ньютон). Именно отсюда его внимание развитию математических методов описания явлений (особенно при построении ОТО), значению принципов познания, роли физических интерпретаций.

А. Эйнштейн глубоко осознал достижения Галилея в **определении метода научного познания и развил их**, постепенно придав им жесткую нормативную форму. В одной из работ он писал: «Открытие, сделанное Галилеем, и применение им методов научного рассуждения были одним из самых важных достижений человеческой мысли, и это отмечает действительное начало физики... Закон инерции нельзя вывести непосредственно из эксперимента, его можно вывести лишь умозрительно – мышлением, связанным с наблюдением» [184, с. 363, 364].

В лекции «О методе теоретической физики» (1933) он выделял две нераздельные компоненты человеческого познания – **опыт и мышление**, утверждал, что «все познание реальности исходит из опыта и возвращается к нему», что понятия и фундаментальные законы есть творения свободного человеческого разума, а творческое начало присуще именно математике (там же, с. 182). (Отметим, что здесь мышление тождественно теоретическому познанию.)

Немаловажно, что Эйнштейн ясно формулировал необходимость развития научного метода. Известны такие его слова: «Прости меня, Ньютон, ты нашел единственный путь, возможный в твое время для человека величайшей научной творческой способности и силы мысли. Понятия, созданные тобой, и сейчас еще остаются ведущими в нашем физическом мышлении, хотя мы теперь и знаем, что если мы будем стремиться к более глубокому пониманию взаимосвязей, то мы должны будем заменить эти понятия другими, стоящими дальше от сферы непосредственного опыта» (цит. по книге [112, с. 22]; см. также [184, с. 270]).

• Эйнштейн ясно формулировал **проблему определения реальности**. В частности, он писал: «Когда физики предпочитают пути, проложенные Ньютоном, то доминирует следующее представление о физической реальности: реальность – это материя; материя испытывает только такие изменения, которые мы воспринимаем,

как движение в пространстве. Движение, пространство, время – это реальные формы» [183, с. 255]. Но глубина проблемы приводила к многократному возвращению к ее решению... В том числе обозначалась и психологические аспекты: «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. И ему хотелось бы, чтобы и другие считали их таковыми» [184, с. 181]. (Сейчас такая культурно-психологическая ситуация-проблема распространена в образовании. Так, учителя физики считают материальную точку реальностью...)

• Современно утверждение А. Эйнштейна о том, что «наука является не чем иным, как усовершенствованием повседневного мышления», то есть подчеркивается социальный характер научного познания [184, с. 200]. Сначала для познания «реального» мира вводят первичные понятия «телесных объектов»: с одной стороны, это понятие – плод свободного мышления, с другой – отражение связи с совокупностью устойчивых ощущений (там же). Затем, вторым шагом понятию «телесного объекта» мы придаем реальное существование (действие онтологизации). Смысл этого методологического шага Эйнштейн видел в упорядочении чувственного опыта с помощью таких понятий. Фундаментально важна позиция Эйнштейна о том, что бессмысленны утверждения о реальности мира без познаваемости мира, без учета методологии познания, без знаний о методе познания. Вот почему, в частности, для глубокого освоения материализма необходимо освоение учения о методе.

Ведущее значение теоретических представлений при построении систем физических знаний достаточно ясная позиция Эйнштейна. Об этом он неоднократно писал, стремясь постепенно найти баланс в отношениях «реальность» и «знания, понятия, истина, теория...». Вот типичные мысли: «Если первоначально теорию мыслили как описание реальных предметов, то в более поздние времена ее рассматривали лишь как «модель» процессов, происходящих в природе. Что же касается новой фазы развития, то квантовая механика привела к частичному отказу даже от представления о модельном характере теории» (там же, с. 167-168).

• Об особенностях процедур **физического мышления** и значении этого для физического познания А. Эйнштейн многократно высказывался, и его позиции и сейчас современны. Выделим наиболее интересные мысли на этот счет:

1) «Аристократическая иллюзия о неограниченной проницаемости чистого мышления имеет своего двойника – значительно более плебейскую иллюзию наивного реализма, согласно которому все вещи «существуют» в том виде, в котором их воспринимают наши чувства» [184, с. 249].

2) «Однако правильным в кантовской постановке проблемы является, на мой взгляд, следующее: если рассматривать с логической точки зрения, то окажется, что в процессе мышления мы, с некоторым «основанием», используем понятия, не связанные с ощущениями. Я убежден, что на самом деле можно утверждать гораздо большее: все понятия, возникающие в процессе нашего мышления и в наших словесных выражениях, с чисто логической точки зрения являются свободными творениями разума, которые нельзя получить из ощущений»» (там же, с. 251).

3) «Чтобы мышление не вырождалось в «метафизику» или в пустую болтовню, необходимо лишь прочно связывать достаточное количество суждений в системе понятий с чувственными восприятиями, а система понятий, используемая для упорядочения чувственных восприятий и представления их в обозримом виде, должна быть по возможности единой и экономно построенной» (там же, с. 252).

4) «Мне кажется, что переход от свободных ассоциаций или «мечтаний» к мышлению характеризуется той, более или менее доминирующей, ролью, которую играет при этом «понятие». Само по себе не представляется необходимым, чтобы понятие соединялось с символом, действующем на органы чувств и воспроизводимым (со словом); но если это имеет место, то мысль может быть сообщена другому лицу... Для меня не подлежит сомнению, что наше мышление протекает в основном, минуя символы (слова), и к тому же бессознательно » (там же, с. 261).

5) «Во-первых, мышление само по себе никогда не приводит ни к каким знаниям о внешних объектах. Исходным пунктом всех исследований служит чувственное восприятие. Истинность теоретического мышления достигается исключительно за счет связи его со всей суммой данных чувственного опыта. Во-вторых, все элементарные понятия допускают сведение к пространственно-временным понятиям. Только такие понятия фигурируют в «законах природы»; в этом смысле все научное мышление «геометрично»... В-третьих, пространственно-временные законы полны» (там же, с. 321).

6) «В действительности же «реальное» отнюдь не дано нам непосредственно... Существует только один путь от ощущений к «реальности» – путь мысленного (сознательного или бессознательного) истолкования, который, если рассматривать его в чисто логическом плане, протекает свободно и произвольно» (там же, с. 327-328).

7) «Не существует эмпирического метода без чисто умозрительных понятий и систем, и не существует систем чистого мышления, при более близком изучении которых не обнаруживался бы эмпирический материал, на котором они строятся... Кроме того, экспериментальные методы, которым располагал Галилей, были столь несовершенны, что только с помощью чистого мышления можно было свести их в единое целое» (там же, с. 342).

• «Для применения своего **метода** теоретик в качестве фундамента нуждается в некоторых общих **предположениях, так называемых принципах**, исходя из которых он может вывести следствия. Его деятельность, таким образом разбивается на два этапа. Во-первых, ему необходимо отыскать эти принципы, во-вторых, – развивать вытекающие из этих принципов следствия... До тех пор, пока принципы, могущие служить основой для дедукции, не найдены, отдельные опытные факты теоретику бесполезны» [183, с. 5-6]. Эйнштейн четко выделяет первостепенную важность выявления принципов, подчеркивая «здесь не существует метода...». Заметим, что в плане обучения роль принципов (которые тоже надо выявлять) играют методологические ориентировки разной степени обобщенности, в том числе представления физической картины мира.

• Что же такое, с точки зрения теории познания, есть законы природы? Как же они открываются? Эйнштейн писал: **законами природы являются теоремы**, которые «применяются к чувственным восприятиям, охватывающим первичные понятия» [184, с. 202].

Эйнштейн выделял **два вида законов**. Первые устанавливают внешнюю связь чувственных данных. Вторые, например, ньютоновская теория тяготения, предполагают «существенную упорядоченность объективного мира» (там же, с. 568) Именно они – носители истины. Возможность формулирования таких законов Эйнштейн оценивал как «чудо», тайну.

Довольно ясно А. Эйнштейн писал о том, что главным аргументом для выбора понятия (модели и т. д.) является конечный успех. Здесь под конечным успехом следует понимать результаты предметно-преобразующей практики в широком смысле. В узком смысле это опыт, физический эксперимент.

• **Значение интуиции**, веры в научном творчестве Эйнштейна трудно переоценить. В беседе с великим индийским писателем Рабиндранатом Тагором в 1931 году было высказано несколько важных суждений. Так, Эйнштейн не согласился с мыслью писателя о том, что «Этот мир – мир человека. Научные суждения о нем – представления ученого. Поэтому мир отдельно от нас не существует. Наш мир относителен, его реальность зависит от нашего сознания...», обосновав верой в независимую истину. Он утверждал: «... мы вынуждены **приписывать** (подчеркнуто нами) используемым нами предметам реальность, не зависимую от человека. Мы делаем это для того, чтобы разумным образом установить взаимосвязь между данными наших органов чувств» [184, с. 130-132].

Но к отношению «реальность – метод познания» Эйнштейн возвращался всю жизнь. В «Эволюции физики» он писал: «Реальность, созданная современной физикой, конечно, далеко ушла от реальности прежних дней... С помощью физических теорий мы пы-

таемся найти себе путь сквозь лабиринт наблюдаемых фактов, упорядочить и постичь мир наших чувственных восприятий. Мы желаем, чтобы наблюденные факты логически следовали из нашего понятия реальности» [185, с. 264].

Эйнштейн устойчиво верил в то, что можно «построить такую модель реальности... которая выражает сами события, а не только их вероятности» (цит. по [86, с. 441]). Это во многом определило его отношение к квантовой механике.

• **Нормативная форма метода научного познания** была сформулирована Эйнштейном в письме к Морису Соловину от 7 мая 1952 г. В методике обучения физике эта форма известна как одно из идейных обоснований принципа цикличности учебного познания (см. В. Г. Разумовского [129, 134]). Повторим мысли Эйнштейна [184, с. 569-570].

«Схематически эти вопросы я представлю себе так:

(1) Нам даны *E* – непосредственные данные нашего чувственного опыта.

(2) *A* – это аксиомы, из которых мы выводим заключения. Психологически *A* основаны на *E*. Но никакого логического пути, ведущего от *E* к *A*, не существует. Существует лишь интуитивная (психологическая) связь, которая постоянно «возобновляется».

(3) Из аксиом *A* логически выводятся частные утверждения *S*, которые могут претендовать на строгость.

(4) Утверждения сопоставляются с *E* (проверка опытом).

Строго говоря, эта процедура относится к внелогической (интуитивной) сфере, ибо отношение понятий, содержащихся в *S*, к непосредственным данным чувственного опыта *E* по своей природе нелогично» (рис. 2.1).

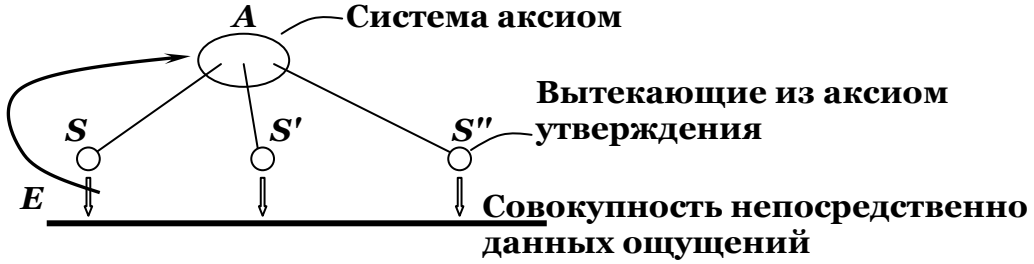


Рис. 2.1. Схема физического познания

Таким образом, постоянный поиск истинности знаний (понятий, законов и выводов) достигается в науке благодаря их неразрывной связи со всей суммой экспериментальных данных, то есть в рамках парадигмы, картины мира. В школе это достигается демонстрационными опытами и самостоятельными исследованиями учащихся. Однако, опасность искажений, неэффективности в реализации познавательных норм из-за эпизодичности, разрозненности и ограниченности экспериментальной деятельности в современной школе фиксируется в явном виде.

• Эйнштейн отмечал, что в познании **понятия (модели) формируются слоями**. И если первые еще связаны с чувственными восприятиями, то понятия второго (третьего...) слоя уже опираются на понятия предшествующего уровня как на факты [184, с. 203]. И хотя они элементарнее и могут глубже описывать реальность, но далеки от опыта. Такая организация современного физического мышления хорошо совпадает с методологической моделью мышления Г. П. Щедровицкого (рис. 1.11). На этой схеме дан вариант представления мышления. Видим, что несколько условно «второй» слой познавательной деятельности начинается с работы со знаками. Относительная самостоятельность этой работы как творчества с моделями признавалась Эйнштейном. Принципиально важным является и конечный «выход» на реальность, причем выход не чувственный, а интеллектуальный. На схеме обозначена и процедура – онтологизация.

В ряду высказываний, в том числе в беседе с В. Гейзенбергом А. Эйнштейн уточняет свое видение познания (см. фрагмент их беседы ранее).

Выделенные мысли дают теоретическое основание для перспективных методических выводов.

1) В теоретической методике и практике обучения физике нормативные представления о методе физического познания являются фундаментальным и генерализирующим системы знания содержанием. За их освоением мы видим развитие творческих способностей школьников, успехи в освоении систем знаний, формирование современного мышления и мировоззрения. Следует подчеркнуть, что современная методология познавательной деятельности, с одной стороны, все сильнее влияет на процедуры построения учебных систем знаний на творческой их основе отбора и интерпретации, то есть ориентирует на изменении опыта. С другой стороны, существенно изменяет сами процедуры и процессы организации учебной деятельности. Так, в полной мере осознано, что в обучении физике в равной степени самостоятельна и важна как деятельность с объектами природы, так и деятельность с объектами науки, а сам метод познания – самостоятельная и центральная в содержании предмета ценность.

2) Физика как учебный предмет все еще встает в построении содержания на «ноги» гипотетико-дедуктивной теории. Это движение в методике физике имеет давнюю историю, особенно яркую в 80-е годы прошлого века. Смысл такой организации физического знания заключается в специфической связи теоретической схемы и эмпирического материала (не просто чувственных фактов!). Опыт, эмпирия дают интерпретацию гипотез, дают понимание понятий и др. Важность этой функции эксперимента в полной мере еще не осмыслена в методике обучения физике. В работах А. Эйнштейна можно почерпнуть уверенность в эффективности такой познавательной деятельности.

2.5. ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ФИЗИКИ И ПОСТРОЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ФИЗИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Творчество известных русских, советских физиков интеллектуально неотделимо от поисков их коллег на западе. Из текстов можно заметить удивительное взаимодополняющее единство представлений о физическом познании природы. Поэтому не случайны и успехи советских физиков.*

С. В. Вавилов: Единство теоретизирования и экспериментирования.

• «Всякий физический вывод из опыта и проверяется опытом, поэтому экспериментальный метод в физике совершенно неизбежен и изолированное существование теоретической физики немыслимо. Однако, опыт, действительно используемый как научный результат, в свою очередь не имеет никакой ценности, если он не связан с некоторыми теоретическими предпосылками и предположениями» (1956, с. 154).

• «Теоретические методы можно разделить на три группы, которые мы условно назовем методом модельных гипотез, методом принципов и методом математических гипотез. Метод модельных гипотез основывается на наглядных образах и представлениях, возникающих у каждого человека в результате обыденных наблюдений, опыта и привычек... Совершенно иначе построен метод принципов, опирающийся на экстраполяцию некоторых опытных данных, обобщаемых и считаемых принципами... Наиболее отвлечен и оторван от прямой связи с опытом метод математической гипотезы... этот метод основан на широкой экстраполяции математических форм...» (1956, с. 156).

• ««Элементарность» физических утверждений дает возможность ставить проблемы познания в наиболее отчетливой и общей форме, не затемняемой сложностью обыденных предметов и явлений». «Вместе с тем своим приемом введения наблюдаемых сил вместо гипотетических механических конструкций Ньютон заложил основу нового, могучего теоретического метода исследования, который можно назвать методом принципов... метод принципов более широк и гибок и вместе с тем менее уязвим и более прочен, если, конечно, сами принципы верны хотя бы до некоторой степени» (1977, с. 15, 18, 19).

• «Наши знания – это отражения свойств и явлений окружающего внешнего объективного мира, отражения, несовершенные и верные только для определенных масштабов, для человека наибо-

*Выделение жирным шрифтом некоторых мыслей в тексте выполнено нами.

лее существенных» (1977, с. 33). « Таким образом, математика в новой физике приобретает громадное эвристическое, то есть направляющее, значение, которого она не имела раньше...» (там же, с. 36).

• «Ясно, что наука имеет чисто биологическое происхождение, одно из средств для борьбы за существование. Ниоткуда не следует ее абсолютная ценность даже в асимптотическом, предельном смысле. Очень правильно, что ценность науки определяется «критерием практики». Это ограничивает науку биологической, практической ценностью» (Дневники // Новая газета. 2007. № 64. С. 4).

• Рукописные записи **С. И. Вавилова** в тетради «Научные заметки» (8.11.1950): «В современном естествознании, несмотря на его общность, есть, однако, самоограничения. Не берусь перечислить сейчас их все, но вот некоторые:

I. Принимается, что мир однороден, однородны пространственно-временные свойства, однородны элементарные частицы, однородны законы везде и всегда. На опыте это широко оправдывается. Но это не обязательно и должно рассматриваться только как эмпирический постулат.

II. Из I, почти как следствие, вытекает атомизм, тенденция к построению мира, начиная с малого – к большему. Между тем возможно попытаться, как стремился сделать Эйнштейн, идти в обратном направлении от большего к малому, от мира к атомам.

III. ...Сознание не может не быть физическим, то есть влияющим фактором» (цит. по кн.: В. Р. Келлер, 1975, с. 307).

• Из рукописных записей С. И. Вавилова в тетради «Научные заметки» (19.12.1950): «Физика завязла в установившихся понятиях массы, энергии, зарядов, элементарных частиц, сил. Это, конечно, неизбежно, и пришло в физику из практики, но сама та практика настолько сложна, вторична, третична и т. д., что основой для принципов физики служить не может. (Это не так при решении конкретных и технических задач.)» (Там же, с. 309).

Для мышления понимание познавательных основ физики приводит к поискам и определению границ применимости знаний. И это важно для организации обучения.

П. Л. Капица тринадцать лет работал у Резерфорда, в военное и послевоенное время был одним из авторитетов физической науки нашей страны. Его принципиальные позиции по многим вопросам несли нравственный и интеллектуальный заряд для ученых и деятелей образования. Как экспериментатор П. Л. Капица особенно уважительно относился к фактам. В свою очередь приводим актуальные и сейчас **факты-позиции из его опыта осмысления научной деятельности** (см. книгу [57]).

• К вопросам организации индивидуальных и коллективных исследований П. Л. Капица обращался постоянно. Мысли на этот

счет актуальны и сейчас: «Как и всякую научную работу, и работу в области физики можно разделить на три части: первая – цель и задачи исследования, вторая – методы достижения этой цели и третье – полученные результаты и их значение. Что касается второй части – методов, то в области физики они представляют большой интерес для исследователя и часто в них залог успеха» (с. 16).

П. Л. Капица многократно высказывался о продуктивности коллективной научной деятельности: «Общепризнано, что большую пользу для развития творческого мышления в физике приносят практикумы, семинары...» (с. 156); «История науки показывает, что те ученые наиболее плодотворно ведут свои исследования, которые имеют учеников и ведут учеников и вместе с ними работают» (с. 158); «Чтобы представить диссертацию к защите из сделанной коллективной работы, ему надо выделить часть... Выделение «личной собственности» для защиты диссертации является противоестественным и тормозящим фактором развития коллективной работы. Все это отталкивает многих людей об экспериментальной работы» (с. 93).

- П. Л. Капицу интересовало отношение ученого к предсказаниям своей теории: так Дирак не верил в реальное существование позитрона, а Фридман – в реальное изменение радиуса кривизны нашего мира... Но такая практика познания воспринималась им как нормальный этап исследования (с. 209 и др.).
- «Движение вперед нашего познания природы происходит тогда, когда между теорией и опытом возникают противоречия... Чем крупнее эти противоречия, тем фундаментальнее перестройка тех законов, которыми мы объясняем процессы, происходящие в природе... в науке, на определенном этапе развития новых фундаментальных представлений, эрудиция не является той основной чертой, которая позволяет ученому решать задачу, тут главное – воображение, конкретное мышление и в основном смелость» (220-221).

«Своеобразный характер мышления Резерфорда легко можно было видеть, беседуя с ним на научные темы. Он любил, когда ему рассказывали об опытах. Но чтобы он слушал с интересом... надо было говорить только об основных фактах и идеях... Многие физики, особенно теоретики, любят научные споры; процесс спора для них – способ мышления. Я никогда не слышал, чтобы Резерфорд спорил» (с. 221-222).

«Ни в одной области физики не было сделано столько грубейших ошибок и ложных открытий, как при обработке статистических данных, полученных в результате ядерных столкновений... Резерфорд хорошо знал, какая опасность таится в необъективности интерпретации экспериментальных данных, имеющих статистический характер, когда ученому хочется получить желаемый результат» (с. 224).

• «Поэтому успех решения ряда проблем определяется расширением наших методических возможностей. В основном успех тут определяется изобретением новых методов наблюдения... методов теоретических и математических обобщений научного опыта... Большие методические изобретения, так же как и научные открытия, могут привести к созданию целой научной области...» (с. 267-268).

• «Однако, несмотря на то, что все механические свойства металлов сейчас хорошо и быстро измеряются, количественной теории... пока нет, хотя природа сил между атомами хорошо известна. Математическая задача столь сложна, что даже не может быть сформулирована. Поэтому основной путь искания здесь – эмпиризм. Но нетрудно показать, что даже эмпиризм не может полностью решить эту задачу» (с. 268-269). Далее Капица отмечает, что для описания всех сплавов известных 100 элементов из трех элементов потребуется миллион страниц. И далее вывод: «Таким образом, эмпирический метод имеет свои естественные пределы». Но факт, что есть практические решения для удачных сплавов даже из четырех элементов. И далее: «Если есть интуиция, значит, есть и закономерность. Задача науки – выявить эти закономерности, но метод решения таких сложных проблем до сих пор не найден...» (с. 269).

• **Из интервью журналу «Физика в школе»** (18 января 1967 г.). «За последние годы у нас в физике наблюдается несоответствие в развитии теоретических и экспериментальных работ и отсутствие плодотворной связи теории с практикой. Как редактору «Журнала экспериментальной и теоретической физики», мне хорошо известно, что большинство статей, которые к нам поступают, относятся к теоретической физике. Отношение примерно 1:2 или 1:3. Показателем отставания экспериментальных наук и отсутствия интереса к ним является и то, что молодежь, оканчивающая вузы, стремится заниматься теоретическими научными работами.

Отставание экспериментальной физики – очень серьезный фактор, который, если его не устранить, будет тормозить нормальный рост нашей физики. Гармоническое развитие теории и практики является необходимым во всех областях естествознания, где человеку предоставлена возможность опытным путем проверять теорию, внедрять достижения науки в практику, в жизнь и активно влиять на культурный рост страны. Я люблю сравнение, которое предложил еще Кельвин. Он сравнивал теорию с жерновами, а опытные данные – с зерном, которое засыпается в эти жернова. Совершенно ясно, что одни жернова, сколько бы ни крутились, ничего полезного дать не смогут (теория работает сама на себя). Но качество муки определяется качеством зерна, и гнилое зерно не может дать питательной муки. Поэтому доброкачественность эксперимента является необходимым условием, как для построения передовой

теории, так и для получения практических результатов. Высокое качество эксперимента является необходимым условием для здорового развития нашей науки.

Теперь о роли школы в гармонической подготовке будущих ученых-физиков. Подготовку ученого, как и подготовку балерины, следует начинать по возможности рано, хорошо бы даже начинать с восьмилетнего возраста. И, как известно, ученый, чтобы не отстать от развития науки, должен продолжать учиться всю жизнь до глубокой старости. Средняя школа, как закваска, определяет основные черты взрослого человека. Вы, педагоги, знаете, что в первые годы человек способен познать гораздо больше, чем в последующие». (По публикации: Разумовский В. Г. Академик Петр Леонидович Капица о школьном физическом эксперименте // Учебная физика. 2010. № 1. С. 65-68.)

Л. Д. Ландау: Физика как профессия. В реальном теоретическом творчестве (деятельности) Л. Ландау физическое мышление проявлялось, по воспоминаниям его коллег, особенно ярко.

• Одной из характерных черт научной деятельности Л. Д. Ландау была потребность в коллективной познавательной деятельности, в которой он черпал конкретную информацию и отрабатывал методы исследования. Он писал: «**Метод важнее открытия**, ибо правильный метод исследования приведет к новым, еще более ценным открытиям. Никогда не стоит работать ради посторонних целей, ради того, чтобы сделать великое открытие и прославиться. Так все равно ничего не получится» (цит. по книге [9, с.71]).

• В книге «Что такое теория относительности» (вместе с Ю. Б. Румером) Ландау писал: «Истинная теория явления отличается от простого пересказывания известных фактов учеными словами именно тем, что из нее следует гораздо больше, чем дают сами факты, на которых она основывается... Верховным судьей всякой физической теории является опыт».

• Из интервью журналисту. Вопрос: Но, согласитесь, в науке ведь есть необъяснимые явления. Ответ: Нет! Любое явление науки можно объяснить (там же, с. 125).

• В. Л. Гинзбург писал: «Так, много сил потратил Ландау на попытку создать теорию фазовых переходов второго рода за пределами приближения самосогласованного поля. Ландау как-то сказал мне, что ни на одну задачу он не потратил больше сил, чем на эту, но, как известно, большого успеха не добился... *Трезвый ум высокообразованного физика-теоретика и аналитика как-то ортогонален по отношению к изобретательному стилю с его поисками в темноте, комбинаторикой, методом бесконечных проб и ошибок.* Но Ландау был очень изобретателен, когда речь шла о решении сложных задач, поисках новых методов» [28, с. 218].

«Ландау, как и его великие старшие современники Эйнштейн и Паули, придавал очень большое значение логической простоте и красоте фундаментальной теории. Он понимал, что использование такого подхода неизбежно и необходимо, когда речь идет о вопросах, для анализа которых еще нет достаточных опытных данных, а число теоретических возможностей очень велико. В этом сказывался и прагматизм Ландау» (там же, с. 225).

• В известной «Квантовой механике» Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшица отношение новых и старых понятий выражено предельно просто: «Релятивистская механика может быть построена на основании своих основных принципов без всяких ссылок на ньютоновскую механику. Обоснование же квантовой механики принципиально невозможно без привлечения механики классической... Таким образом квантовая механика занимает очень своеобразное положение в ряду физических теорий – она содержит классическую механику как свой предельный случай и в то же время нуждается в этом предельном случае самого своего существования. Мы можем теперь сформулировать постановку задачи квантовой механики. Типичная постановка задачи заключается в предсказании результата повторного измерения по известному результату предыдущих измерений... законы квантовой механики... приводят к ограничению... тех наборов значений, которые могут принимать различные физические величины... При заданном начальном состоянии электрона последующее измерение может дать различные результаты».*

• **По воспоминаниям коллег** [2]. «Ландау говорил: «Из толстых книг нельзя узнать ничего нового. Толстые книги – это кладбища, где погребены идеи прошлого». В период своего своеобразного обучения Ландау выработал метод, сохранившийся у него на всю жизнь. Он проглатывал огромное количество научных журналов. Но в каждой статье определял только постановку задачи и затем смотрел в конец статьи, чтобы узнать результат» [2, с. 35]. «Особенно Ландау ценил, когда докладчик предлагал новый, отличный от излагаемого метод решения» (там же, с. 37). Он говорил: «Прежде чем рассуждать о правильности или неправильности тех или иных гипотез, надо познакомиться с проблемой по существу, не из вторых рук» (там же, с. 47).

Примерно в это же историческое время методолог Г. П. Щедровицкий по подобному поводу жестко писал: «Путь изучения того, что написано, ни к чему не ведет. Ни мышления не формирует, ни знаний не дает. Это все ложный путь, тупиковый. Таким образом нас превращают в нелюдей» [180, с. 111]. Нам видится, что в этих высказываниях обозначена проблема сегодняшнего дня:

---

*Ландау Л. Д., Лившиц Е. М. Квантовая механика. – М.: Наука, 1972. – С. 11, 12, 15.

реальная практика случайной работы с грудой литературных источников активно способствует формированию словесных конструкций, в итоге – словоблудия. Практика организации мыслительной деятельности Ландау, прежде всего, в рамках научного семинара, раскрывает его непримиримость в борьбе с этим интеллектуальным злом.

• **Из писем Л. Д. Ландау.** «Ясно, что теоретическое образование теоретиков должно быть гораздо более полным и глубоким, хотя, конечно, и экспериментаторам нужно знать довольно много» (там же, с. 52). «Я думаю, что Вы сможете успешно работать в области теоретической физики, если по-настоящему хотите этого. Очень важно, **чтобы эта работа представляла для Вас непосредственный интерес**. Соображения тщеславия никак не могут заменить реального интереса... Только не старайтесь решать никаких проблем. Надо просто работать, а решение проблемы приходит само... Главное, чем надо овладеть, – это **техникой работы**, а понимание тонкостей придет потом» (там же, с. 53).

«Я бы рекомендовал Вам следующую программу обучения. Прежде всего, научиться правильно (и по возможности быстро) дифференцировать, интегрировать, решать обыкновенные дифференциальные уравнения в квадратурах... Главную роль при изучении должен играть не учебник, а задачник...» (там же, с. 55).

Н. Г. Басов: Физика и техника. Ярким примером изменения жизни людей в результате физического открытия является открытие лазера. Это открытие привело к лавине событий-революций в электронике, метрологии, медицине... Можно сказать, что физика существует в форме техники. А значит, особенности технического мышления проявляются в исследовательской деятельности физиков. Н. Басов писал: «Сейчас практически невозможно сказать, где кончается физика и начинается техника, где кончается математика и начинается физика» [8, с. 343]. Приведем наиболее типичные высказывания, характерные для мышления физика.

Рациональные черты творческого мышления физика

- Точность, ясность, порядок, логичность и логическая простота
- Объективность, настойчивость, честность, воля в достижении цели
- Внимание, наблюдательность, интуиция, самостоятельность, критичность, самокритичность
- Системность в отношении к объектам и явлениям
- Конструирование в воображении моделей реальности
- Экспериментирование к объектами реальности и с моделями

• «Наибольшим достижением физики и вместе с тем одним из величайших достижений человечества следует считать раскрытие

атомно-ядерной структуры материи и создание теории относительности» (с. 343).

• «До настоящего времени мы сталкиваемся с двумя крайними точками зрения о целях и задачах физики. Согласно первой, физика – это то, что может коренным образом изменить наши взгляды на природу, все остальное – техника... Согласно второй точке зрения, основной задачей физики является практика «синтетической работы», а изменение «фундамента» производится лишь тогда, когда у нас не получается что-либо со «зданием» (с. 344).

• «Физика – неиссякаемый источник идей для техники... Основная черта современного состояния многих разделов физики – **индустриализация исследований**. Современные исследования можно проводить, только используя весь арсенал новейшей техники... Физика едина с техникой, поскольку она неразрывно связана с опытом...» (с. 344-345).

• «Применение информационного подхода к физике позволяет конструировать исследовательские установки и обрабатывать экспериментальные данные. Возникло новое направление – **математическое моделирование**, которое имеет огромное значение для физики и техники: прежде чем проводить эксперимент, пытаются создать его математическую модель» (с. 345).

• Н. Г. Басов с сотрудниками много и настойчиво занимался теорией и практикой создания разнообразных лазеров для различных целей. Были достигнуты выдающиеся результаты: лазерная локация Луны, сверхточные эталоны частоты и времени на лазерах, использование лазеров для получения управляемого термоядерного синтеза, лазерная спектроскопия, лазерные средства связи и памяти, лазерные операция на сердце и сосудах и др.

Социальный и экономический эффект такого использования лазеров трудно переоценить, например, в самолете переход на оптические линии связи уменьшает его массу на тонны (с. 265)! У такой организации научной деятельности есть характерные черты. Н. Г. Басов писал: «Успеху этой работы в значительной степени способствовала комплексность исследований... давшая возможность объединить усилия ученых, работающих в различных направлениях. Кроме того, мы стремились осмыслить физическую картину явлений по возможности до эксперимента, что позволило нам правильно идти кратчайшим путем к цели» (с. 63).

Вот почему для современных крупных научных программ организация кооперированной научной деятельности (и современной мыслительной деятельности) залог успеха.

В. Л. Гинзбург: Мысли о фундаментальных основах. Лауреат Нобелевской премии, академик В. Гинзбург занимался разными проблемами современной физики, астрофизики и космоло-

гии, кроме этого активно участвовал в издательской деятельности, в частности, был главным редактором журнала «Успехи физических наук». Широта интересов выражалась и во внимании к проблемам физического познания.

• В мыслях по разному поводу В. Гинзбург выделяет и подчеркивает свои особые роли в познании как теории, так и опыта. «Является ли скорость света предельной скоростью распространения сигналов? Ответить на который может только опыт, априорно его решить нельзя...» [27, с. 105]. Точно также базируются на экспериментах ответы на вопросы: Является ли пространство эвклидовым? Стационарна ли Вселенная?.. Заметим, что сами вопросы ставит теория.

• «Мы имеем в виду глубокую асимметрию, существующую в отношении опровержения теории и ее подтверждения... любое несоответствие между выводами из фундаментальной теории и опытом... опровергает теорию... Напротив, согласие того или иного предсказания теории с опытом еще отнюдь не доказывает, что именно данная теория справедлива» (с. 158). И далее: «Лучшим доказательством здесь является практика...» (с. 159).

Экспериментальную проверку ОТО В. Л. Гинзбург сводит к проверке основ теории и проверке следствий (там же, с. 162). Он писал: «Когда же проверка той или иной фундаментальной теории особенно актуальна? Во-первых, это имеет место, когда теория только появляется... Во-вторых, проверка теории становится необходимой при появлении противоречий... В-третьих, проверка теории привлекает особое внимание, если появляется возможность принципиально новых опытов...» (там же, с. 172).

• «Помимо логических аргументов, экспериментальных данных и теоретического анализа, каждый физик руководствуется также своей интуицией, верит в тот или иной характер развития исследований... Именно, глубокая простота и стройность, а также вся предшествующая история развития общей теории относительности, позволяют думать (или, если угодно, верить), что эта теория строго справедлива... С этой точки зрения черные дыры, безусловно, могут существовать...» (там же, с. 185). В этой статье 1979 года автор предсказывает экспериментальное открытие черный дыр, а сейчас это уже факт.

«В фундаменте научного мировоззрения лежит, с одной стороны, признание существования материи и истины (объективной реальности вне нашего сознания; не нужно бояться формулировок из диамата, если они правильны). С другой стороны, лежит признание того, что эту истину можно познать только путем наблюдений и опытов. Привлекать же соображения и понятия, которые противоречат опыту, реальности, нельзя» (Новая газета. – 2007. – № 64).

• *О границах научных знаний.* Из текста и контекста статей ясно следует вывод о границах применимости научных знаний.

Важными для обучения физике сейчас являются мысли: «Мы имеем лишь один «экземпляр» Вселенной и не можем над ним экспериментировать» [29, с. 111]; «Согласно наиболее распространенному в настоящее время мнению (которого автор придерживался всегда и ранее) наличие «истинных» сингулярностей несомненно свидетельствует о границах применимости ОТО...» (там же, с. 175).

Весьма интересно суждение: «все математические результаты, физические теории и все остальные продукты деятельности мозга – это в конечном счете какое-то отражение если не окружающего мира, то работы самого мозга, обусловленное и одновременно ограниченное его материальной сущностью» (там же, с. 141).

«Тот факт, что физики не спешат отказаться от фундаментальных физических теорий и как-то их обобщать или изменять до установления вполне надежным образом противоречий между этими теориями им опытом или наблюдениями, отнюдь не должно считаться консерватизмом» [29, с. 309].

• *О развитии знаний.* «Важные научные достижения и открытия появляются, как правило, не на ровном месте. Кто-то другой, иногда даже многие уже думали о том же самом, может быть, находились вблизи цели, но чего-то не хватило, что-то было недопонято, не оценено. Кто в этом виноват? Во-первых, исключительно велика игра случая... И, во-вторых, непонимание самим автором важности полученного или почти полученного им результата является лучшим доказательством того, что и сам-то результат был найден полуслучайно...» [28, с. 221].

«В частности, в настоящее время, как во все последние десятилетия, уже просто невозможно найти сколько-нибудь информированного физика, который не видел бы неполноты и незамкнутости современной фундаментальной теории... у физиков нет никаких сомнений в том, что и сегодня, как и в начале века, в физике остро нужна «новая физика» – нужны новые идеи и представления, а также соответствую-

Мысли физика

• «Схема научного познания выглядит так: эксперимент, правдоподобные предположения, гипотезы, теория – эксперимент – уточнение, проверка границ применимости теории, возникновение парадоксов, интуиция, озарение – скачок – новые гипотезы и новая теория – и снова эксперимент...» (с. 38)

• «Научный метод, в основе которого лежит объективность, воспроизводимость, открытость новому – великое завоевание человеческого разума» (с. 38)

• «Наука не только устанавливает границы возможного, но и безжалостно отделяет догадки, пусть даже правдоподобные, от доказанных утверждений» (с.12).

• «Единственный убедительный способ установить истину – поставить научный эксперимент, то есть эксперимент, проведенный специалистами, дающий повторяющиеся результаты» (с. 16)

• Инструменты познания: принципы физики, отбор научных фактов, построение моделей, учет вероятности и точности...

А. Б. Мигдал (1983)

щий им математический формализм для того, чтобы ответить на нерешенные вопросы и устранить все известные трудности, на смену которым, вряд ли в этом можно сомневаться, придут новые затруднения» » [27, с. 294].

«Априори отрицать стационарную модель (Вселенной – вставка наша) нельзя, против ее проверки на основе наблюдений также нельзя возражать. Но недоверие к такой модели представляется вполне естественным, как и ко все гипотезам, основанным на принципе: «Разрешено все, что не опровергнуто». Вполне ясно, что такой принцип нельзя сколько-нибудь строго и убедительно отвергнуть. Но если его принять, то развитие науки станет почти невозможным, ибо оно происходит только с использованием экстраполяции, гигантской по своим масштабам» (там же, с. 302).

• В. Л. Гинзберг был твердо и аргументировано уверен: «связь, и притом положительная, между занятием наукой и воспитанием нравственных качеств все же существует...» [27, с. 142].

Ж. И. Алферов: Миссия физика в познании и преобразовании мира. Определенная и глубокая социальная позиция ученого Алферова известна. И в ее формулах выражения хорошо проявляется мышление физика. Миссия физики – улучшение жизни людей.

• *О величии и нравственности познавательной деятельности.* Академик Алферов романтически и глубоко отвечает: 1) «Я, наверное, скажу очень простые истины: все, чем располагает человечество на планете, – это результаты научной работы. А между тем современная естественная наука очень молода, ее не более 300 лет... Ньютон, Декарт, ну чуть раньше Галилео Галилей – вот кто создал современную науку... И вот за какие-то 300 лет планета полностью преобразилась...»; 2) «Что вообще нет ничего более интересного, чем постижение окружающей природы... младший научный сотрудник, работающий в лаборатории в области естественных наук, – фигура значительно более великая, чем президент любой страны. Потому, что президент решает проблемы своей страны, ну в лучшем случае и еще нескольких соседних, а научный сотруд-

Мысли физика

«Пренебрежение этим обстоятельством представляет собой абстракцию, которую можно назвать абсолютизацией физического процесса. Если ее принять, то становится возможным рассмотрение физических процессов самих по себе, вне зависимости от того, существует ли принципиальная возможность их наблюдения... Применение этой абстракции вполне допустимо при изучении явлений крупного (макроскопического) масштаба, по отношению к которым воздействие, связанное с измерением, практически не играет никакой роли»

В. А. Фок

Начала квантовой механики. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – С. 10

ник, познавая законы природы, встает рядом с Богом и открывает вещи, которые несравнимы с земной властью» [4, с. 264-265].

• *Фундаментальная физика и практика.* Идеология гетероструктур как комплекса материалов с заданной шириной запрещенной зоны нашла активное применение... Дело в том, что солнечный свет состоит из большого количества световых волн различной частоты, в чем как раз и состоит проблема его полного использования, так как материала, который смог бы одинаково преобразовывать свет различной частоты в электрическую энергию, не существует. Получается, что любая кремниевая солнечная батарея преобразует не весь спектр солнечного излучения, а только его часть. Что делать? «Рецепт» обманчиво прост: изготовить слоеный пирог из различных материалов, каждый слой которого реагирует на свою частоту, но в то же время пропускает все остальные частоты без значимого ослабления (Экология и жизнь. – 2010. – № 5).

• *Метод современной прикладной физики.* Общее направление развития техники XXI века — получение материалов и интегральных схем на основе материалов, обладающих точно заданными, рассчитанными на много ходов вперед свойствами. Эти свойства задаются путем конструкторской работы, которая ведется на уровне атомной структуры материала, определяемой поведением носителей заряда в том особом регулярном пространстве, которое представляет собой внутренность кристаллической решетки материала. По сути эта работа – регулирование числа электронов и их квантовых переходов – ювелирная работа на уровне конструирования постоянной кристаллической решетки, составляющей величины нескольких ангстрем (ангстрем – 10^{-10} м). Но сегодня развитие науки и техники – это уже не тот путь вглубь вещества, каким он представлялся в 60-е годы прошлого века. Сегодня во многом это движение в обратном направлении, в область наноразмеров – например, создание нанообластей со свойствами квантовых точек или квантовых проволок, где квантовые точки линейно связаны (там же).

Некоторые выводы: а) общеметодологические позиции во многом, как можно видеть из текстов, инвариантны, а отсюда возможны для трансляции в обучении, б) что касается техники мыслительной деятельности, то она гораздо разнообразнее, сильно связана с математическим языком, и хотя бы для выборочного изучения нуждается в адаптации. В последнем случае методическая работа должна идти постоянно.

2.6. ОБОБЩЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ ФИЗИЧЕСКОГО ПОЗНАНИЯ

Повторим, мысли великих физиков, поневоле в форме фрагментов текстов по тем или иным сторонам физического познания дают некое эмпирическое основание для обобщений. С опорой на работу В. С. Степина «Теоретическое познание» (2000) и под углом зрения нашей цели выделим наиболее принципиальные **аспекты феномена современного физического мышления**.

1) Цели и ценности научного познания

Выделяют следующие особенности научного познания: выработка наукой своего языка, экспериментальный контроль за получаемым научным знанием, в науке вне метода не выделить «изучаемого объекта из многочисленных связей и отношений предметов природы» [153, с. 49]; в науке признаны «самоценность истины и ценность научной новизны» (там же, с. 51).

К познавательным идеалам (целям, нормам) науки относят: отличие научного знания от ненаучного, рост научного знания, стиль мышления, выраженный в физике в принципах наблюдаемости, соответствия, инвариантности, дополнительности... (с. 244 и др.).

2) Идеальные объекты теоретического познания

В развитой физической теории теоретические знания существуют в единстве, между ними выделяются структурные и содержательные отношения. Именно в рамках этих отношений проявляются особенности физического мышления. Таким образом, в структуре учебных систем знаний «зашифровано» (предметизировано) физическое мышление, которое для успешного усвоения нуждается в адекватной деятельности («распаковке»)

- Идеальные объекты науки – эмпирические и теоретические объекты. «Эмпирические объекты представляют собой абстракции, фиксирующие признаки реальных предметов опыта, Они являются определенными схематизациями фрагментов реального мира» (с. 104). Теоретические объекты, в отличие от эмпирических, являются идеализациями, «логическими конструкциями действительности». Они могут быть наделены... признаками, которыми не обладает ни один такой объект. Теоретические объекты образуют смысл таких терминов, как «точка», «идеальный газ», «абсолютно черное тело» и т. д.» (с. 104).

- Теоретический язык строится относительно теоретических объектов (конструктов, абстрактных объектов). «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» (с. 105).

• Только некоторые термины теории имеют операциональный смысл. И формулировки теоретических законов относятся к абстрактным объектам – это методологический принцип (с. 111).

• Из идеальных теоретических объектов строятся теоретические схемы, фундаментальная теоретическая схема является идеальной моделью изучаемых процессов (с. 114, 122). Уравнения не имеют физической интерпретации, ее имеет теоретическая схема (116). «Фундаментальные уравнения теории приобретают физический смысл и статус физических законов благодаря отображению на теоретическую схему» (с. 136).

• «В развитой науке теоретические схемы вначале строятся как гипотетические модели»; «Большинство теоретических схем науки конструируются не за счет прямой схематизации опыта, а методом трансляции уже созданных абстрактных объектов» (с. 314, 315). Теоретические схемы «являются идеализированной моделью изучаемых в теории взаимодействий» (с. 178). С нашей точки зрения, концепция физических взаимодействий В. В. Мултановского абсолютно точно соответствует такому пониманию (1977, с. 141 и др.).

3) Экспериментальное познание

• **Объекты исследования.** Протокольные данные наблюдений не относятся к эмпирическим фактам (с. 145). К эмпирическим фактам относятся высказывания типа «сила тока в цепи зависит от сопротивления проводника» и т. п. (с. 146). При формирования эмпирического факта важен поиск и учет инвариантов (с. 157).

• «В реальной практике необходимые свойства объектов выделяются самим характером оперирования с ними» (с. 150). «Объекты оперирования, по определению, не тождественны «естественным» фрагментам природы» (с. 154). «Чтобы получить эмпирический факт, необходимо осуществить, по меньшей мере, два типа операций. Во-первых, рациональную обработку данных наблюдения и поиск в них устойчивого, инвариантного содержания... Во-вторых, для установления факта нужно истолковать выявленное в наблюдениях инвариантное содержание» (с. 156, 157).

• Для «установления факта нужны теории, а они, как известно, должны проверятся фактами» (с. 158). Проблема решается использованием ранее построенных, то есть на других фактах, теоретических знаний. Между теоретическими схемами и знаниями реальных экспериментов расположены эмпирические схемы, некие модельные представления, которые позволяют понять результаты опыта. Например, теоретическая схема механики – это перемещение материальной точки под действием сил; эмпирическая схема – это движение одного тела под действием другого тела при абстрагировании от других факторов.

• **Измерения физических величин.** «Величины, которые фигурируют в теории и связаны с опытом, имеют два смысла – эмпирический и теоретический. Их теоретический смысл соответствует признакам и корреляциям абстрактных объектов теории, а их эмпирический смысл – корреляциям эмпирических объектов, отображенных на реальные предметы экспериментально-измерительных ситуаций» (с. 173).

• «Оказывается, рецепты связи физических величин теории с опытом – это описание не реальных, а идеализированных измерительных ситуаций, которые соответствуют реальным ситуациям эксперимента и измерения» (с. 175). В понимание этих отношения вклад Галилея трудно переоценить.

4) Физические картины 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 (с. 304). Картина мира а) направляет наблюдения и эксперименты (с. 298), б) генерирует первичные гипотезы (с. 301), в) может задать программу эмпирического поиска (с. 302), в том числе при разных альтернативах (с. 307), г) задает образ-конструкт реальности в целом или в части (с. 217 и др.)*, д) регулирует через принципы симметрии, инвариантности, дополнительности и т. п. научный поиск, научное мышление, то есть постановку научных задач и средств их решения (с. 327).

С нашей точки зрения, в обучении весьма важно освоить следующее различение: «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» (с. 221-222). Например: абсолютное пространство-время – это конструкт механической картины мира (некая реальность), а система отсчета – ее модель.

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

5) Концепция универсального эволюционизма

• Концепция выражается в построении единой научной картины мира на основе системного метода познания и идей эволюции. Академик Н. Н Моисеев выражал это формулой «изменчивость –

---

*Реальность задается системой онтологических принципов, типа «все тела состоят из частиц»... (В. С. Степин, 2000, с. 219).

наследственность – отбор», определенным образом интерпретируя каждый этап: изменчивость связана с хаотическим движением, с фактами неопределенности; наследственность отражает связь настоящего и будущего с прошлым, то есть «память системы»; отбор разрешенных движений явлений регулируется законами сохранения и другими принципами (1998, с. 63 и др.). Названная формула позволяет объяснять процессы развития мира (там же, с. 66).

- В. С. Степин подчеркивает следующие аспекты концепции: а) два механизма отбора – адаптационные и бифуркационные, б) направленность процесса при отборе характеризуется принципом «экономии энтропии», в) теория самоорганизации, синергетика, «позволяет перейти от «линейного» мышления, сложившегося в рамках механической картины мира, к нелинейному...» (с. 657), г) идеи взаимосвязи и диалога материального и духовного миров, приоритетности сотрудничества перед конкуренцией в познавательной деятельности (с. 676 и др.), д) идея коллективной мыслительной деятельности в познании и преобразовании мира, е) «открытая» рациональность на основе диалога культур, планетарного мышления (с. 690 и др., с. 714) и др.

* * *

Физическое мышление целостно проявляется, конечно, в живой мыслительной деятельности физика, точнее, сообщества физиков. Какие-то черты этого процесса в ходе рефлексии выделяются самими авторами, поневоле эти черты фрагментарные и, возможно, ситуативные... Но все же в текстах есть дух познания, есть его особенности. И для современного процесса обучения это необходимые и ценные аргументы. Постепенно отдельные черты физического мышления конкретных физиков, повторяясь, уточняясь и развиваясь, приобретают черты нормы.

Деятельность великих физиков, отраженная в текстах, подтверждает основные положения современной методологии познавательной деятельности. В качестве фактов тексты являются эмпирическим базисом для признания необходимости и возможности освоения основных положений методологии познания в рамках школьного физического образования. В этом контексте это физическое знание, необходимость его освоения доказана историей и практикой обучения.

ГЛАВА III. ФИЗИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ В НАШЕЙ ШКОЛЕ

Наблюдение, размышление и опыт –
вот что составляет так называемый научный метод.
Р. Фейнман[*]

Мышление формируется не на основе
чувственных форм отражения, а вне их.
Г. П. Щедровицкий[**]

В педагогике, дидактике и методиках накоплен большой и разнообразный опыт организации (формирования) мышления, но пока для целей практики он мало согласован между собой, слабо связан с практикой конкретного обучения, представления разного уровня (методологические, педагогические, психологические...) перемешаны, те или иные стороны мыслительного процесса плохо диагностируются и др. По-видимому, работа по созданию теоретического основания для разработки эффективных методических решений (системы приемов, то есть практики) по формированию мышления еще впереди. Ниже сделан лишь шаг в этом направлении.

3.1. ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Свободная деятельность как новообразование (как высшая ценность, как творчество) в условиях школы находит наиболее фундаментальное и продуктивное выражение в теоретическом мышлении (В. В. Давыдов, В. В. Мултановский и др.). Формирование мышления связано со многими образовательными сторонами-аспектами. Ниже рассмотрены ключевые вопросы.

В литературе встречается множество высказываний физиков и методистов-физиков о мыслительной деятельности в своей предметной области. И в целом их единит, во-первых, отношение к мышлению как к мыслительной деятельности, во-вторых, выражение мышления в конкретной предметной деятельности. Сама пред-

---

[*]Фейнман Р. и др. Фейнмановские лекции по физике. – М.: Мир, 1976. – С. 39.
[**]Щедровицкий Г. П. Философия. Наука. Методология. – М.: Школа культурной политики, 1997. – С. 579.

метная деятельность стратегически сводится к двум фундаментальным видам – экспериментированию с физическими объектами и явлениями, моделированию как замене объектов знаками и работе с этими знаками. В этом ряду мысли великого физика Р. Фейнмана и известного методолога Г. П. Щедровицкого совпадают по духу и смыслу.

В последние десятилетие вновь обострилась проблема содержания образования. Причины лежит на поверхности: практика массового физического образования продолжает стареть, изменения в лучшем случае носят формально-технический характер, не происходит освоение предмета на уровне формирования современного мышления и мировоззрения (деятельности экспериментирования и моделирования), что обозначает освоение творческой деятельности с объектами природы и науки, изучение физики вновь стало «меловым»... На основе известных представлений об «опыте рода» (знания о природе и опыте деятельности, опыт репродуктивной деятельности, опыт творческой деятельности, опыт ценностного отношения) идет теоретический и практический поиск ведущих элементов содержания. Проблема видится в разработке конкретных решений по реализации пока не отвергаемой концепции о трансляции «опыта рода». Новая деятельность требует освоения «нового» опыта, который в содержании все равно строится из «старого» опыта. Но главное, строится. Одним из реальных примеров является технология построения учебников под идею освоения «метода научного познания» как центрального элемента содержания «опыта рода» (В. Г. Разумовский, В. А. Орлов и др.) [131-133].

Все усиливающееся внимание к освоению метода научного познания приводит методику обучения физике во всех ее элементах (науковедение, в том числе дидактическое исследования, деятельность преподавания, учебная деятельность) ко все большему учету представлений **методологии познания**. Уже идет постоянная и настойчивая работа по переосмыслению (новой интерпретации) многих элементов физических знаний. За этим переосмыслением стоит цель задать современное мышление и мировоззрение в системах учебных физических знаний. Конечно, одновременно построить и соответствующую практику деятельности учителей и ученых-методистов. **Именно в решении этой задачи мы видим основной вызов времени.**

Общемировые тенденции развития физического образования.* В наше время интеллектуальная деятельность стала прямым материальным ресурсом жизни цивилизации. Но с каждым

*Разумовский В. Г., Сауров Ю. А. Общемировые тенденции развития школьного физического образования // Настоящее и будущее физико-математического образования. – Киров, 2008. – С. 17-21.

годом, аналогично экономике, обостряется борьба за это конкурентное преимущество. Не случайно ИНТЕРНЕТ – прообраз глобального рынка знаний – так быстро развивается. В этих условиях такие социальные «машины» производства и трансляции знаний как наука и образование должны претерпеть модернизацию. Кто лучше и эффективнее это сделает, тот и победит в стратегической борьбе за этот фундаментальный ресурс. В нашем случае речь идет о такой важнейшей составляющей образования – школьном физическом образовании. Ниже речь об определении, а не просто выделении, ключевых тенденций-источников развития физического образования нашего времени.

Проблема нормирования деятельности в обучении. «Опыт рода» должен быть в чем-то задан, транслирован и усвоен. Нормативный характер этих процессов 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.

Исторически деятельность людей меняется, хотя и сравнительно медленно. Это обусловлено а) изменениями окружающего природного и социотехнического мира, б) изменения самого человека и коллективов людей, в) изменением задач, методов, стиля мышления, мировоззрения. Для воспроизводства деятельности (то есть «опыта рода») эти изменения все время нуждаются (и выражаются) в новых нормах деятельности. Такой процесс постоянно идет в науке и культуре в целом. В физическом образовании в виду жесткости, определенности, фундаментальности норм физического познания он идет медленнее, чем где-либо.

Изменение (лучше не использовать термин модернизации!) норм деятельности при обучении физике идет по всем названным направлениям [6, 82-90, 125-136, 141-145, 149]. И этот процесс убыстряется. Надо отчетливо понимать, что построение новых норм деятельности (в частности, физического мышления) и их внедрение по масштабам равносильно революции в жизни людей. Без этой революции возникает социальная революция. Вот почему такой инструмент управления жизнедеятельностью людей, их движения и развития так важен. Вот почему, как бы ни было болезненно, реформы в образовании необходимы. Но и ответственны.

Методология научного познания 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 более или менее 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. В ряде зарубежных стран (Америка, Англия) внимание к методам познания стало тенденцией десятилетия назад. Например, в США в рамках программы PSSC реализуется достижение следующих целей:

- 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 как аппроксимация. Учащиеся должны понимать ограниченность моделей, при необходимости заменять их и применять новые модели.

Обращение к методологии научного познания не случайно: в условиях динамического роста знаний необходимо выделение и усвоение наиболее устойчивых интеллектуальных продуктов, к ним и относят методы. Они в обучении в дополнение к прямой функции средства познания становятся еще и объектом усвоения.

Содержание физического образования. 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 сейчас **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 в два уровня: а) первый, по значению продукта, – 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.

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. Вот почему в учебниках физики все больше внимания уделяется освоению таких понятий как модель, гипотеза, научный факт, принцип. Например, в Нафилдовском учебнике уже с самого начала вводится понятие о модели, которое затем широко используется во всех темах.

Уже довольно давно обнаружено, что образовательные системы нуждаются в модернизации примерно раз в 25-30 лет*. Обычно это реализуется двумя путями: снятием архаических вопросов, переосмысления и интерпретации содержания. Такая модернизация, прежде всего, содержания позволяет заложить новые нормативные требования, в которых отражаются изменения в деятельности за прошедший период жизни. (Заметим, что темп изменений деятельности только растет.) Фактически это революционный, скачкообразный этап. Он дополняется непрерывным совершенствованием учебного процесса, деятельности преподавателя. Эти два инструмента управления развитием образования дополняют друг друга и не должны подменяться. В этом смысле понятны все реформы физического образования в мире. Наиболее известные из них: у нас в 1967-1973 гг. реформа под руководством академика И. К. Кикоина, в США – PSSC и Гарвардский проект, в Англии – Нафилдовский проект и др.

> **Мысль:** Мысль всегда ищет...
>
> «Неизвестное не есть какая-то «абсолютная пустота», с которой вообще невозможно оперировать. Оно с самого начала включено в «сеть» отношений между различными элементами (условиями) задачи, и только исходя из таких отношений его и можно искать»
>
> **А. В. Брушлинский**
>
> Психология мышления и кибернетика. – М., 1970. – С. 92

Согласование репродуктивного и творческого подходов в обучении. Прежде всего, во всех системах обучения наиболее ярко выделяется и существует устойчивая тенденция нормирования творчества, хотя в массовом обучении фундаментальной основой остается нормирование репродуктивной деятельности. Все реформы ставят в первую очередь эту задачу. И она весьма сложна, так как затрагивает самые основные и устойчивые стороны образования. Новое время выполняет эту задачу все больше под углом достижений методологии познания и социологии. Если посмотреть на практику освоения репродуктивной деятельности, то она для нуж-

*Хюсен Т. Образование в 2000 году: Исследовательский проект / под ред. В. Н. Столетова. – М.: Прогресс, 1977. – 341 с.

ного эффекта с необходимостью требует творчества, эмоционального восприятия, в целом личностно-центрированного обучения. Повсеместно в мире внимание к системам знаний дополняется вниманием к системам деятельности. Идеалом является освоение жестких норм в творческом процессе. За этой общей установкой идет нормирование мышления: усвоение устойчивых познавательных (логических, методологических) норм, а затем – норм творческого мышления.

Организация и управление деятельностью школьников. В обучении, как и в целом в жизни, происходит **усложнение деятельности** школьников. Структуре самой деятельности уделяется все большее значение (см. исследования В. Г. Разумовского, В. В. Мултановского, А. В. Усовой и др.). Должны осваиваться не просто отдельные знания, но структуры знаний, например, структура физической теории, структура метода.

Реальная деятельность школьников разнообразнее, неопределеннее и сложнее любой схемы, любого модельного представления. Она ситуативна, отсюда и индивидуальная, уже поэтому вариативна, а в потенциале – всегда творческая. Создание условий для самостоятельной творческой деятельности школьников – одна из тенденций развития физического образования в мире. При этом важно учесть, что коллективный характер познания и обучения везде сохраняется. Здесь, с одной стороны, усваиваются инвариантные, культурологические по смыслу, знания и деятельность в целом, с другой стороны, формируются такие индивидуальные качества как коммуникативность, мышление, рефлексивность и др. Но дело не только в необходимости успешного усвоения норм индивидуальной познавательной деятельности, на очереди построение и освоение норм групповой интеллектуальной деятельности, где есть разделение труда (роли), что особенно востребовано производством. Методологи даже жестко утверждают, что деятельность – всегда коллективная, действия – индивидуальные (Г. П. Щедровицкий).

Отсюда важная тенденция для всех систем обучения – **сохранения коллективного и индивидуального в обучении**. Личностно-центрированное на ученика образование носит, по сути, по природе, – коллективный характер, и без усвоения общих норм, без коллективной деятельности не может быть ни построено, ни освоено. Практика все время воспроизводит здесь противоречия: с одной стороны, востребованы и формируются личные достижения, с другой стороны, в массовом обучении должен быть обеспечен некий уровень качества, который с течением времени только растет. Мышление здесь не исключение.

В настоящее время растет внимание к метапредметам и метакомпетенциям (Ю. В. Громыко и др.). В этих случаях для учебного процесса становится весьма характерным и доминирующим коллек-

тивная познавательная деятельность, именно потому, что осваивается опыт обобщений, да еще в деятельностной форме (не просто знаний). Для освоения такого опыта (в том числе и как нормы) необходимы а) анализ деятельности и ее продуктов на основе разложения на элементы, б) кооперированная деятельность синтеза для осознанного получения субъектом метаопыта. Не случайно разделение ролей в кооперированной деятельности так эффективно в деловых играх (опыт Г. П. Щедровицкого и др. [111]). Здесь мышление получает обобщение в мыследеятельности: а) связь процессов мышления, рефлексии, понимания, коммуникации, в том числе рефлексивном мышлении, мыслимой рефлексии, мысленного понимания и др.; б) единства процессов знакового мышления, речевой коммуникации, предметной деятельности [22, 38-42, 51-56, 69-70, 79, 109, 119, 138-139, 160-161, 171-182].

О догматизме при усвоении мышления. Мышление – феномен сложный, формы и смыслы которого исторически меняются. Нередко им обозначают вообще любую мыслительную деятельность. Но в разной деятельности (познавательной, управленческой, организационной, технической, педагогической и др.) мышление предстает по-разному. И, тем более сейчас, оправданно считают, что мышление не подменяет собой знания, понимание, деятельность, рефлексию (В. В. Давыдов, Г. П. Щедровицкий и др.). Для науки и практики есть резон в сужении понятия о мышлении, представлении его в технологических схемах. Например, В. Ф. Юлов делает это для познавательной деятельности так: «акт проблематизации (проблема) – выбор метода (метод) – процесс решения проблемы (результат) – акт оценки (итог)» (2005). В точном, но и в достаточно узком смысле, мышление состоит в деятельности по особым правилам с идеальными объектами (знаками, образами, понятиями). Это и есть научное мышление.

Мысль

«Чтобы не просто записать цифрами скорость света, а понять ее как предельную скорость любого движения («схватить в целом»), требуется теоретическое мышление».

В. В. Давыдов (1972, глава VII)

В обучении, несомненно, вопрос стоит об усвоении норм мышления. Для этого нормы должны быть сформулированы по возможности прямо и четко, заложены в формы работы с учебным материалом. Иначе, процесс – стихийный и, очевидно, в массовом масштабе – не эффективный.

Проблема догматизма мышления 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 задачи. Но так и должно быть. Идеальное, научное решение прямо не предназначено для

решения 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.

Эффективность присвоения мышления зависит от а) форм его представления, выражения в материале усвоения, б) отбора нужной формы для поставленных целей, в) согласования и сочетания мышления в ряду понимания, рефлексии, коммуникации, практико-социальной деятельности. В целом эти требования должны найти технологической выражение. Но и этого не достаточно: должно быть искусство (некая культура, может быть среда) преподавания. Ограничения в этом сочетании носят довольно сильный характер, поэтому так трудно решаются задачи формирования мышления. И развитие определяется чаще практической и бытовой деятельностью, а не учебной деятельностью с ее особенностями.

Что на практике надо делать, чтобы усвоение мышления было менее догматичным и уязвимым при решении практических задач. Приведем направления конкретных решений:

- Содержание изучаемых вопросов должно быть связано с использованием нескольких моделей одного объекта или явления, что дает возможность выбора решения, поиска новых моделей и т. п. В конечном итоге, это отделяет реальность от моделей, а в обучении осознается, рефлексивно оценивается и усваивается.
- Необходимо прямо во всех случаях ставить и рассматривать границы применимости научных (и других) знаний. Причем следует это делать максимально конкретно, делая такой подход нормой.
- Следует давать, хотя бы изредка, несколько решений одной задачи, тем самым, раскрывая роль метода в познании, важности выбора цели и т. п. Так формируются представления о неоднозначности знания, о возможности его развития и др.
- Необходимо повысить значение процедур измерения во всех возможных случаях: раскрытие их смысла, роль и причины погрешностей, измерение и точность знания и др.
- Следует смелее вовлекать школьников в выполнение конкретных проектов, что позволяет «перевести» их из мира науки (идеальных знаний) в мир реальной деятельности с помощью средств науки (и других средств). При этом прямо идет работа по преодолению догматического использования знаний. Выбор знаний – важнейшее умение человека, и ему надо учить.

Деятельность учителя по структуре и содержанию, очевидно, должна постоянно претерпевать изменения. Но функционирование (то есть нормативная устойчивость) должна доминировать. В организации, руководстве и управлении учебными процессами все **больший удельный вес приобретает управление**, управление деятельностью, мышлением, рефлексией, памятью и др. Это общемировая тенденция. Но чтобы управлять, надо владеть деятельностью управления, знать объект управления – учебную деятельность.

Необходимо наладить производство этих качеств (вуз, системы переподготовки, практика). Важно поднять жизнь и качество деятельности учителя в массовой школе, что автоматически создаст давление на элитарную школу. В реальности пока наоборот.

Оборудование образования как социальная задача. Есть материальная составляющая инструментария-оборудования образования, но есть и духовно-интеллектуальная составляющая, которая может быть рассмотрена как сторона оборудования. В прямом смысле с оборудованием физических кабинетов страны дело обстоит плохо, хотя задача эта не простая. Она требует государственного подхода в определении содержания и организации. Одноразово это сделать невозможно. В массовой школе должна быть унификация оборудования кабинетов, должны быть поставлены процессы замены (ремонта) приборов и др. Ясно одно: невозможно тридцать и более лет использовать одно и тоже железное ведерко Архимеда, хотя бы из эстетических соображений... Стиль современного физического мышления заключен и в эстетике оборудования, и в действиях с ним.

Мысль

Рефлексивная деятельность, то есть деятельность по осмыслению и пересмотру норм (правил, привычек, систем знаний, организации деятельности и др.), – одна из форм проявления мыслительной деятельности. Мышление приносит для рефлексии опыт работы со знаками, с блок-схемами, что особенно ярко проявляется в случае методологического мышления.

Интеллектуальное обеспечение всех процессов обучения, в том числе экспериментирования, еще более трудная задача. Ее инженерия – педагогическая. Здесь, с одной стороны, необходима работа с системами физических знаний. Так, сами физические явления не стареют, но со временем могут стареть их представления и описания, отчасти функции и значение. И это должно быть выяснено и задано. Но гораздо важнее подготовка такого ресурса обучения как учитель. Он является ведущим в создании интеллектуальной атмосферы на уроке, он режиссер, поэтому он учит, а не оборудование.

Для практики обозначенные тенденции позволяют выделить следующие задачи методики обучения физике:

- Построение новых норм деятельности и мышления на основе современной методологии по всему спектру методики обучения физике (науковедение, учебная физика, практика обучения, дидактические исследования).
- Демократизация отношений субъектов образования, взаимопомощь, консультирование в рамках учебного процесса; отсюда разнообразие форм деятельности, а на этой основе трансляция мышления.

• Переход на новое содержание образования, которое в большей мере представлено содержанием процессов деятельности; переход на новые формы представления содержания образования; согласование целей изучения природы и усвоения науки. В итоге – формирование культуры физического мышления.

• Ориентир в содержании образования на методы деятельности, отсюда и практика обучения сдвигается на деятельность при решении разных задач (теоретических и экспериментальных) с определенной логикой (нормой) физического познания. Именно в так понимаемой образовательной деятельности активно идет процесс присвоения физического мышления.

• Освоения экспериментирования как нормы физического мышления в массовом физическом образовании.

3.2. ОПЫТ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ОРГАНИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ В ОБУЧЕНИИ

Для того чтобы осознанно вести мыслительную деятельность и тем более для того, чтобы развивать мышление надо в какой-то форме его выразить (типичны речевая деятельность, мысленное экспериментирование со знаковыми моделями, решение задач) и действовать на эту форму адекватно. Для анализа рассмотрения вопросов формирования мышления в методике обучения физике мы выбрали типичные и распространенные (известные) работы.

У **В. Г. Разумовского** рассмотрение вопросов мышления в основном обусловлено задачами формирования творческой деятельности. Наиболее продуктивным и мало используемым сейчас являются представления о дивергентном и конвергентном мышлении [126]. Но специально и подробно вопросам мышления все же внимания уделяется мало. Сильной стороной научного творчества В. Г. Разумовского является построение рекомендаций с учетом опыта зарубежных стран. Выделим для нашей темы важные мысли.

• В 2005 г. В. Г. Разумовский пишет: «Цикличность научного познания, модельный характер теоретического мышления, специфическая роль интуиции и логики в выдвижении гипотез и выводе теоретических следствий, ограниченность теоретического знания и необходимость его экспериментальной проверки, по Эйнштейну, хорошо согласуется с теорией Гилфорда, который показал особую роль в научном познании и творчестве таких факторов как дивергенция, конвергенция, оценка, трансформация и импликация, а

также важность выражения научной информации одновременно в семантической, образной и знаковой формах» [130, с. 8].

В монографии 1975 г. отмечается: «Дивергентному мышлению будет соответствовать, например, использование одной и той же модели, образной или знаковой, для построения теорий различных по природе явлений»; «Конвергентному мышлению соответствует, например, различное объяснение на основе разных теорий одного и того же явления»; «Конвергентное и дивергентное мышление невозможно без запоминания»; «различным продуктам мыслительной деятельности будет соответствовать различный учебный материал» и др. [126, с. 59-61].

- Важно, что автор выделяет интеллектуальные операции (например, менять функцию объекта, придумывать оригинальные способы решения задачи, давать оригинальный ответ на вопрос, способность увидеть иной порядок в системе, изменить смысл и др.) как инструменты мышления (там же, с. 58 и др.). Отсюда ставится задача освоения средствами предмета этих инструментов мышления, что современно. Не случайно делается вывод: «Методика развития способностей строится на организации мыслительной деятельности учащихся, характерной для творчества: выдвижение проблемы на основе анализа данных; интуитивное выдвижение гипотезы; интерпретация явлений; прогноз; видение подтекста и истолкование смысла» [130, с. 162-163]. Значит, что принципиально важно для обучения сейчас, развитие способностей обусловлено развитием мыслительной деятельности.

С нашей точки зрения, в концепции В. Г. Разумовского наиболее инструментальным и эффективным средством задания физического мышления школьника является принцип цикличности. Он определяет в процессе работы с материалом смысловые этапы процесса, а в итоге освоения норм-инструментов познавательной деятельности формируется физическое мышление (см. подробнее далее). С точки зрения практики за последние тридцать-сорок лет – это стратегическое и уже по результатам наиболее продуктивное, хотя и трудно реализуемое, направление задания нормы физического мышления для массовой школы. Методическая деятельность по нормированию физического мышления представлена многими работами (см. библиографию).

Стратегически принципиально отношение к формированию мышления занимал профессор **В. В. Мултановский** [102]. Он связывал формирование современного **способа** мышления с а) прямой задачей передачи способа мышления, а не просто его развития, б) формированием диалектико-материалистического мировоззрения, в) со структурой и содержанием курса физики по форме теоретических обобщений (с. 8-9). Автор неоднократно подчеркивал: включение задачи о передаче способа мышления «решающим обра-

зом влияет на содержание и структуру учебных систем знаний», является основные элементом социального заказа (с. 136). Под этим углом зрения он и рассматривал реформирование содержания образования. Пока его программа слабо осмыслена и реализована.

Мышление задается (отображается) 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 довольно широко известны нормы действий при изучении явления, закона, теории (А. В. Усова и др.). 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 конкретному», выраженное в построении системы знаний, в) новое обращение к предметной деятельности с учебными целями (с. 16). Достаточно радикально, что не осмыслено 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. В развитие концепции В. В. Давыдова 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, должна быть специально сконструирована под дидактические задачи передачи способа мышления (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 его ключевые идеи: а) физические объекты каждой физической теории: в механике 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. (с. 141); в) «главным»

физическим явлением курса является «изменение состояния в результате взаимодействия» (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 курс физики (с. 144).

Построение физической картины мира на основе обозначенных идей автор рассматривал как задание нормы современного физического мышления.

Н. М. Зверева в известной работе, опираясь на психологические идеи С. Л. Рубинштейна о мышлении и идеи проблемного обучения М. И. Махмутова, предлагает методические приемы активизации мышления школьников: постановка учебных проблем с помощью эксперимента, выдвижение гипотез при решении проблем, рассмотрение хрестоматийного материала, организация эвристической беседы, проблемное изложение материала, организация в классе и дома исследовательской деятельности школьников, анализ и обобщение при изучении материала и др. [41]. Все предлагаемые решения относятся к организации познавательной деятельности школьников, несомненно, стимулируют формирование физического мышления, но все же остается не ясно, в чем это мышление выражается. Фактически автор не решает задачу вскрытия механизма (логики) физического мышления. Примерно на таком же теоретическом поле выполнена работа **Р. И. Малафеева** «Проблемное обучение физике в средней школе» (М.: Просвещение, 1980. – 127 с.).

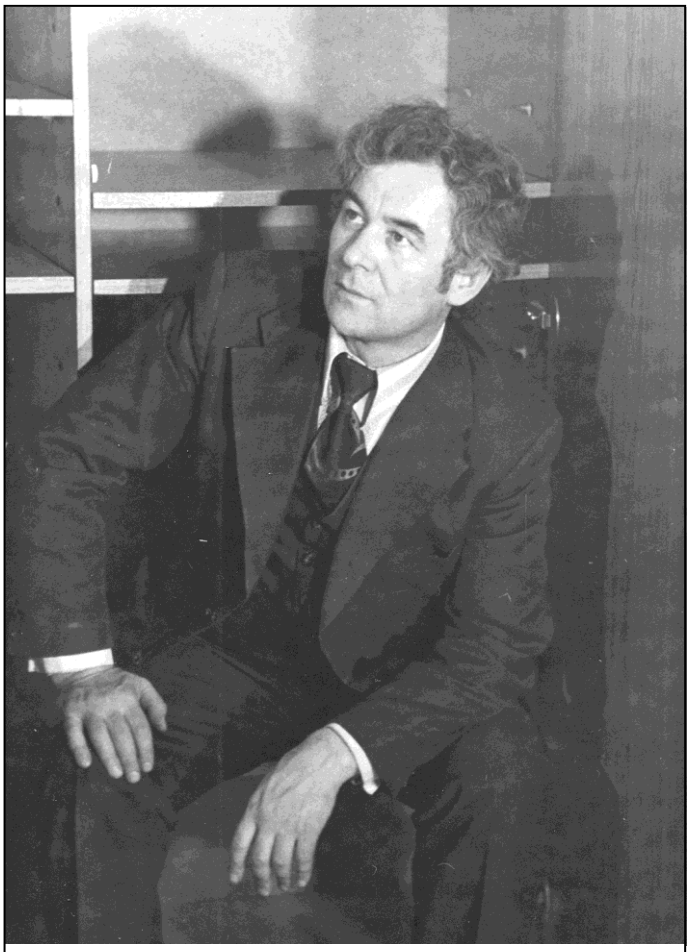
В принципиальной и глубокой работе **Д. Шодиева**[*] автору удалось обозначить ряд важных положений для темы о мышлении. К сожалению, в последние 15-20 лет эти идеи недостаточно развивались. Выделим наиболее интересные положения.

• Мысленный эксперимент является формой теоретического мышления (названная книга, с. 5), то есть, с нашей точки зрения, его можно назвать экспериментом а) над моделью, б) над мыслью; «Мысленные эксперименты «проводятся» с идеализированными моделями» (с. 6); «Мысленный эксперимент представляет собой особый интеллектуальный прием, не сводимый к умозаключающей деятельности» (с. 7); мысленный эксперимент заключается в построении идеализированной модели и выведении из нее объяснений реальных объектов и явлений (с. 11 и др.); мысленный эксперимент отличается от повседневного мышления и воображения использованием специальных знаковых средств, например, в частности, «мысленный эксперимент и знаковое моделирование неразрывно связаны между собой» (с. 28, 29). Автор выделяет три типа

[*]Шодиев Д. Мысленный эксперимент в преподавании физики: Кн. для учителя. – М.: Просвещение, 1987. – 95 с.

мысленного экспериментирования: сенсорно-перцептивный, отвлеченно-логический и смешанный (с. 35).

• Весьма важной для нашей темы оказывается следующая принципиальная позиция Д. Шодиева: «В последние годы все большее признание получает тезис, согласно которому социально-историческая обусловленность характера мышления индивидуума находит отражение не только в структуре процесса получения знаний, но и в используемых орудиях умственного труда. В настоящее время актуальной стала проблема активного использования различных **категорий знаков и знаковых систем** (выделено нами) в процессе решения мыслительных задач. Для овладения этими продуктивными современными орудиями умственного труда весьма эффективным средством является мысленный эксперимент» (там же, с. 8).



В. Ф. Шилов (1934-2007), известный в стране методист-физик, автор учебников, многих книг по методике использования физического эксперимента в школе... Свою трудовую деятельность он начинал учителем физики в г. Слободском...

Его **мысль**

«Для объяснения сущности физических процессов в демонстрационном эксперименте используют модели. Все модели по физике можно разделить на статические, например, модель водопровода, и динамические, например модель давления газа» (1981).

К знаковым системам, широко используемым при обучении физике, на наш взгляд, следует отнести а) различные логические блок-схемы, б) уравнения, системы уравнений и зафиксированные операции с ними, в) опорные сигналы и обобщающие таблицы [115-116], г) графики и зафиксированные операции с графиками, д) условные рисунки физических объектов и явлений, схемы установок и цепей и др.

• Ньютон «усовершенствовал и расширил возможности научно-теоретического мышления, создав новый, специально приспособленный к описанию эксперимента математический аппарат: ис-

числение бесконечно малых» (с. 12). «В процессе научной деятельности знаки играют роль особых средств совершения умственных операций. Вся математика, начиная с ее самых элементарных разделов, служит тому убедительным свидетельством» (с. 25).

Подчеркнем, что фактически с **открытием каждой новой теории, с формулировкой фундаментальных физических принципов происходило развитие содержания и формы физического мышления**. Назовем основные принципы: относительность, дальнодействие, абсолютное пространство и время, близкодействие, непрерывности движения (дифференцируемости функций), причинности, суперпозиции, дополнительности, симметрии, неопределенности, замена в квантовой механике физических величин их операторами, эквивалентности особой неинерциальной системы отсчета и локального гравитационного поля.

• Шодиев подчеркивает значение единства «между чувственной и интеллектуальной реальностью» при мысленном экспериментировании (с. 21). Он пишет: «В реальной динамике человеческого мышления имеет место непрерывно совершающийся процесс обратимого перевода информации с языка пространственно-предметных структур на психолингвистический, символически-операторный язык, представленный речевыми сигналами» (с. 22). Теоретическое мышление в форме мысленного экспериментирования обладает некой конкретностью действий и наглядностью, что способствует в обучении организации и освоению мышления (с. 40).

• **Значение и роли знаков в организации мышления** раскрывается глубоко, хотя и несколько абстрактно: «Наиболее обычной системой знаков является собственно речь. Но внутренняя мысль, особенно мысль творческая, охотно использует также другие системы знаков, более гибкие и менее стандартизированные, чем речь»; «Мысль, облеченная в специальную знаковую форму, укрепляется и, очищаясь от наносов непосредственного чувственного познания, создает иные возможности в процессе решения познавательных задач. Знак не отделяет мысль от непосредственного чувственного восприятия, он лишь фильтрует ее от помех...» (с.26, 27).

На наш взгляд, связь между знаковыми моделями и мысленным экспериментированием, использованием знаковых систем и мышлением является сейчас фундаментальным условием (и средством) построения современных методических решений под задачу формирования физического мышления. Без развернутого решения этой задачи уже невозможно массово и эффективно решать проблемы формирования физического мышления школьников и студентов, а, значит, – качества обучения.

Из **докторских диссертаций** полнее и перспективнее о формировании мышления говорится у О. Н. Голубевой (1995), И. Г. Пустильника (1997) и Чеслава Кизовски (2002).

Вот ключевые суждения первой диссертации (в основном для высшей школы):

• «В соответствии с этой идеей язык физического моделирования должен стать ведущим методом интерпретации Природы» в общем физическом образовании (ОФО); «...принципа иерархичности системы физических моделей, реализующего идею необходимости отображения в ОФО процесса физического моделирования. Этот принцип заключается в требовании систематического и последовательного отображения в курсе физики модельного характера физического мышления, связанного с интерпретацией Природы посредством обобщенно понимаемых физических моделей, и признания иерархичности структуры моделей физической реальности» (**О. Н. Голубева**, 1995, автореферат, с. 11, 12).

• К основным особенностям современного курса физики автор относит: «1) Максимально отчетливое отображение сущности и особенностей физического мышления как развитой формы теоретического познания... 5) Систематическое обучение методам физического моделирования как специфической формы научного мышления и познания окружающего мира на основе системы фундаментальных, базисных и частных физических моделей, наполняемых новым содержанием по мере проникновения в материал... 7)... Формирование теоретического мышления не эквивалентно обучению формализованным методам описания, как впрочем, и забвению экспериментальных оснований физики» (там же, с.33–34).

Вот ключевые суждения диссертации **И. Г. Пустильника**.

• «Объект научного познания – явления природы, а не готовые знания и понятия... Совместная деятельность учащихся и учителя предполагает их сотрудничество, стремление к доказательности и обоснованности выводов и утверждений, диалогичный характер общения...». В ходе такой деятельности и происходит развитие мышления и познавательных возможностей школьников [122, с. 7].

• «Развитие диалектического мышления учащихся как результат и необходимое условие овладения современными научными понятиями» (там же, с. 8). Развитие мышления связывается с преодолением противоречий, возникающих в познании (там же, с. 11 и др.). «Решающее значение в развитии именно теоретического мышления мы придает предметно-преобразующей деятельности учащихся. Человеческое мышление проявляется не только в языке, но и в ходе реального формирования окружающего мира» (там же, с. 15). Хотя каждое такое высказывание возражений не вызывает, но в их отно-

шениях есть и противоречие, и недоговоренности. В чем же все же выражается физическое мышление?

• «Спиральное развертывание учебного материала способствует развитию современного стиля научного мышления учащихся...» (там же, с. 19). «С объяснением (в научном смысле) связано понимание – особое психологическое качество мышления» (там же, с. 30). «Основная причина – иллюстративный характер демонстрационных опытов, не являющихся методом познания, источником знаний, противоречий, основой мышления» (там же, с. 35).

Вот ключевые суждения **Ч. Кизовски***.

• На защиту выносятся положения: «1) В настоящее время среди всех естественнонаучных дисциплин физика характеризуется наиболее совершенной методологией, а значит, и наиболее совершенным стилем мышления и поэтому именно на уроках физики наиболее эффективно интеллектуальное развитие школьников... 3) Учить школьников мыслительной деятельности нужно так же систематически и целенаправлено, как и любому виду деятельности. Учить мыслить – это значит учить применять все приемы мыслительной деятельности и умственные операции (анализ и синтез, индукцию и дедукцию, абстрагирование и конкретизацию, сравнение и противопоставление, аналогию, обобщение и систематизацию). 4) ... именно при решении задач проявляются все основные закономерности мыслительной деятельности и привлекаются все умственные операции...» (2002, автореферат, с. 9).

Мысль – инварианты организации коллективной мыслительной деятельности:

- Знакомство с фактами (опытными и литературными), их рефлексия, формулирование проблемы
- Выбор темы, коллектиное обсуждение (критика) и развертывание темы
- Выделение объектов и предметов, определение эмпирической области темы
- Кооперирование в поиске, определении и использовании средств и методов решения проблемы: гипотезы, методики получения фактов, модели и др.
- Коллективная рефлексия промежуточных результатов (методов и фактов), поиск новых методов деятельности
- Согласование итогов и их представление

• «1) Наиболее специфической характеристикой способности мышления, которая отличает ее от простой способности наблюдения и запоминания, является то, что она позволяет генерировать новую информацию о предметах. Мышление, прежде всего, процесс творческий, который позволяет получать новые знания. 2) Различают три типа мышле-

*Это единственная докторская диссертация по теме мышления: Кизовски Чеслав. Теория и практика управления деятельностью учащихся по развитию их мышления на уроках физики: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – Спб., 2002. – 32 с.

ния в процессе познания: переход от конкретного к абстрактному и, наоборот, – от абстрактного к обогащенному конкретному... 3) В структуре мыслительной деятельности можно выделить три элементарных составляющих: информацию об окружающем мире, которая является результатом мышления...; операции или элементарные умственные трансформации, с помощью которых перерабатывается материал мышления; правила, влияющие на упорядочение последовательных операций...». «Информация может быть закодирована в наблюдениях, воображении или в понятиях» (там же, с. 12).

• «Развивая мышление как процесс, следует параллельно вырабатывать умения, позволяющие ученикам реализовать как макропроцесс мышления (решение проблем), так и отдельные микропроцессы мышления (анализ, синтез, индукция, дедукция, обобщение), а также конкретизацию и абстрагирование как независимые операции» (там же, с. 16–17).

• «Нами разработаны признаки развития мышления: 1) Знание способ мыслительной деятельности, то есть ученики могут рассказать какие действия надо осуществить для решения поставленной задачи; 2) Умение оперировать этим знанием, то есть уметь пользоваться им для решения новых умственных задач; 3) Ученики максимально экономят время на уроке за счет умелого его планирования...; 4) Значительно выражены способности к обобщению материала; 5) Умения, позволяющие ученикам реализовать как макропроцесс мышления..., так и микропроцессы...; 6) Умение на основе сопоставления фактов и применения знаний о них приходить к новым выводам, то есть выходить за пределы известного... (там же, с. 21-22).

• «Под правильной последовательностью рассуждений автор понимает: умозаключения (предвидение), доказательство (убеждение), проверка (наблюдение), объяснение (толкование)» (там же, с. с. 24). А одним из результатов исследования является утверждение: «методические пути конструирования учебного материала и деятельности учащихся приводят к развитию мышления» (там же, с. 28).

В **других докторских диссертациях** последних двадцати лет встречаются только отдельные **фрагменты высказываний о мышлении**. Они плохо между собой коррелируют, не дают общей картины. Приведем некоторые мысли.

• При проблемном обучении установлено, «что в развитии мышления выявляются следующие закономерности: а) возрастает темп умственного развития у всех категорий учащихся – слабых, средних и сильных...; б) умственное развитие учащихся становится более рациональным: ученики экспериментальных классов чаще находят наиболее короткие и простые пути решения задачи; в) заметно возрастает способность учащихся в проведении системного анализа и синтеза...; в) развитие творческого мышления про-

исходит быстрее, чем развитие логического мышления...» (Р. И. Малафеев, 1989, автореферат, с. 28).

• «Мыслительная деятельность состоит из трех моментов. Это – раздражение чувственного нерва и ощущения; переработка полученного ощущения, создание представлений, понятий, выводов; выражение внутренней работы мысли внешним образом... Развитие мыслительной деятельности учащихся состоит, прежде всего, в постепенном удлинении второго момента мыслительных действий вследствие увеличения запаса систематизированных знаний» (В. Р. Ильченко, 1990, автореферат, с. 17-18).

• Н. К. Гладышева соглашается с циклической схемой познания В. Г. Разумовского, с выражением научного стиля мышления как системы принципов построения знания, включающего основные методы научного познания (Г. М. Голин), с умением мыслить противоречиями как ядром научного мышления (Н. В. Шаронова), подчеркивает важность предложений психологов на развитие образного мышления, в том числе при использовании моделей объектов и процессов (1997, автореферат, с. 16-17).

• «Физическая теория есть мысленное отражение определенного фрагмента реального физического мира, но она – не его копия или снимок, а физико-математический образ, модель, теоретическая схема»; ставится задача «развития на базе теории относительности элементарных методологических навыков и умений и дальнейшее формирование теоретического способа мышления учащихся» (А. Н. Малинин, 2000, диссертация, с. 23, 35).

• «Развитие мышления школьников, а в процессе обучения физике мы говорим о развитии научного (теоретического) мышления, для которого характерно наличие операций диалектической логики, также как и формирование мировоззрения учащихся, в значительной степени зависит от возможностей использования в процессе обучения гносеологических основ науки. Процесс научного познания, движение от незнания к знанию, от знания ограниченного, приблизительного ко все более точному, всеобщему, необходимость учета границ применимости любого научного знания, оценки его достоверности, степени обобщенности и т. д., приобщают школьников к культуре мышления...» (Н. Е. Важеевская, 2002, автореферат, с. 16).

• Отмечается моделирование как мыслительный процесс, «невостребованность высокого уровня развития мышления в большинстве школьных учебных ситуаций», «Невозможность развития рационального логического мышления без развития противоположных черт мышления» (И. Г. Шомполов, 2003, автореферат, с. 14).

• Связывается проблема понимания с организацией диалога. Диалог рассматривается как элемент научного стиля мышления (П. И. Гниломедов, 2006, автореферат, с. 10). Стратегически пра-

вильным, на наш взгляд, является следующая позиция автора: «В отношении учебной задачи речь идет о достижении понимания сущности ее решения, то есть конечным результатов обучения должно быть не только правильное решение задачи определенного уровня сложности, но и осознание содержания задачи и ее решения как моделирование решения реальных практических задач, а также принятие учебной задачи как средства изучения физических явлений» (там же, с. 11). Сравните с нашей позицией [140-143].

• Позиция А. П. Усольцева такова: «непосредственное управление саморазвитием мышления ученика и его мотивацией к изучению физики, которое однозначно обуславливает конечный результат, целесообразно только на начальных стадиях развития мыслительных структур и мотивации учащихся при ограничении внешних информационных потоков и малоэффективно при дальнейшем расширении социальных взаимодействий обучающихся, что означает целесообразность преимущественного использования фронтальных форм и репродуктивных методов при начальной организации учебно-познавательной деятельности учащихся и необходимость применения групповых, коллективных форм и творческих методов на последующих этапах обучения физике» (2007, автореферат, с. 9). Мыслительная сфера развития учащихся считается открытой, нелинейной и стохастической, отсюда выделяются два этапа управления саморазвитием: кибернетическое управление и интенсификация синергетических процессов, то есть разнообразия обучающей среды. И далее: «Использование сочетания абстрактных моделей и учебного физического эксперимента на основе современных мультимедийных средств и компьютерных технологий, осуществляемого по принципу «от общего к частному» и «от абстрактного к конкретному» в последовательности «абстрактная модель явления – знаковая наглядность – натурный эксперимент – явления природы» позволяет обеспечить постепенное разнообразие действий обучающей среды на учащихся и более эффективно формировать их мышление» (там же, с. 12).

• В диссертации Н. В. Шароновой отмечается развитие диалектического стиля мышления учащихся (1997, автореферат, с. 13), у А. В. Коржуева теоретическое мышление рассматривается как процессуальный компонент сущностного подхода (1998, автореферат, с. 12), в диссертации И. Е. Лихтенштейна (2000, автореферат, с. 30) обращается внимание на технологию развития критического мышления (уроки-дискуссии, деловые игры и др.), А. А. Никитин связывает приемы мыслительной деятельности с методом познания (2001, автореферат, с. 28), у А. А. Синявиной анализируются отдельные вопросы мышления, но последовательно этот язык описания обучения не используется (2005, автореферат, с. 18).

Стратегическая программа, связывающая экспериментирование с освоением метода научного познания, последовательно реализуется в работах **В. В. Майера** и его учеников [82-84, 134, 136, 143]. Предлагается познавательную деятельность школьников организовывать (содержательно и процессуально) согласно логике принципа цикличности «факты – модель – следствия – эксперимент», выделяя соответствующие этапы. Причем сама организация эксперимента выполняется по схеме «условия – результат – анализ». Однако, при рассмотрении многих конкретных методических решений не используется язык физического мышления, а упор сделан на описание деятельности. Несомненно, структурирование внешней учебной деятельности приводит к формированию физического мышления, причем именно особенности выделения объектов ноосферы и экспериментов с ними приводят к современному физическому мышлению.

Мысль

В познании логически сначала следует определение функциональных связей, затем причинно-следственных, а потом онтологизация явления.

А в обучении – наоборот: сначала задание явления, потом его описания. Это и есть логика знакомства с «выправленным» историческим познавательным процессом.

В **фундаментальной методике** «Основы методики преподавания физике» (1984) выделен специальный параграф о развитии мышления (три страницы!). В нем кратко обозначены в целом верные позиции: эмпирический и теоретический типы мышления, источники мышления и критерии истинности мышления, компоненты научного мышления (словесно-логическое мышление, наглядно-действенное, наглядно-образное), пути развития мышления – раскрытие факторов открытия, решение учебных проблем, выявление причинно-следственных связей, формирование умений строить суждения по схеме индукции и дедукции (с. 232-233). Отдельно подчеркнем значение выделения этапов научного мышления: цель исследования, гипотеза, разработка методики исследования, определение этапов, собственно исследование, анализ и формулировка выводов. Здесь фактически показана схема внешнего управления (ориентировка) познавательной деятельностью школьников применительно к физике.

В целом, с нашей сегодняшней точки зрения, ведущая задача формирования мышления изложена абстрактно. С трудом просматривается и язык представления физического мышления.

В **обобщающей методической работе** «Методика обучения физике в школах СССР и ГДР» (1978) по формированию мышления фиксируется следующий подход: выделяют рациональную ступень познания и связывают с ней логическое мышление, подчеркивают связь мышления с чувственным познанием, выделяют процессы аналитико-синтетической деятельности, абстрагирования, операции анализа, обобщения и др. [98, с. 75-76]. При изложении вопросов о методах познания обозначены методы абстрагирования и конкрети-

зации, аналитико-синтетический метод, дедуктивный вывод, метод индукции, умозаключения по аналогии и метод моделирования, экспериментальный метод (с.85–92). Формирование умений изложено с опорой на теорию поэтапного формирования умственных действий (П. Я. Гальперин и др.), а развитие творческих способностей – с опорой на принцип цикличности (В. Г. Разумовский). В целом следует признать, что рассмотрение вопросов о формировании физического мышления выполнено бегло, не системно и не полно.

Обобщение. В методике обучения физике достаточно много работ, в которых поднимаются проблемы формирования физического мышления, но чаще всего они носят общий характер, на уровне примеров редко встречаются развернутые описания мыслительной деятельности, что в итоге слабо воздействует на практику обучения. Создается впечатление, что пока идет трудный поиск формы изложения процессов мышления в учебных текстах. В том числе решение проблемы на основе комплексного подхода для рассмотрения формирования мышления на языке методики обучения.

Признаем, что в обучении принципиально важно **объективно** задать мыслительную деятельность (приоритетно мы выделяет экспериментирование и моделирование), но и сама она должна быть методологически верно структурирована. Рационально и эффективно использовать цикл научного познания, логическую схему «выделение явления – его описание» и другие схемы-ориентировки. Их выбраковка – дело практики.

3.3. ПРОБЛЕМЫ МЕТОДИКИ ОРГАНИЗАЦИИ СОВРЕМЕННОГО ПРОЦЕССА МЫСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

В последние двадцать лет исследования в методике обучения физике явно недостаточно ориентированы на получение фундаментального социального эффекта, модные модернизации шумно приходят и тихо уходят... А речь идет о целях формирования нового поколения с такими качествами (немаловажно, что в их числе и мышление!), которые в ближайшем будущем определят технологические и социальные успехи страны. Не случайно уже на государственном уровне звучат требования научить школьников изобретать, понимать и осваивать новое, выражать собственные мысли, принимать решения... В таком подходе прямо и косвенно зафиксирована потребность освоения современной культуры мышления. Ниже в конкретизации на уровне технологии об этой проблеме и речь.*

*См. полнее: [32, 41-42, 46, 65-68, 102, 131-136, 141, 144-145].

Практика образовательной деятельности в последние годы все настойчивее показывает: повышение качества обучения – системная задача, она не может быть решена единичными и старыми средствами. Системность задачи формирования современной культуры физического мышления обусловлена а) связью и взаимопереходами процессов мышления, понимания, рефлексии, знаковой деятельности, коммуникации, б) выражением опыта (методологии) познавательной деятельности в знаниях и процедурах физического мышления и миропонимания, в) существенным ростом потребностей субъектов образования в понимании смыслов познавательной и иной деятельности, г) необходимостью использовать научные знания в трудовой деятельности.

Проблемы практики и цели формирования физического мышления. Одной из самых острых и фундаментальных проблем реального процесса обучения физике является **понимание** физических явлений. Проблема старая и, к сожалению, современная. Ее решение мы видим в последовательном и постоянном внимании к методологии познания. Именно она дает ответы на вопросы: Какова природа научных знаний? Чем отличается научный факт от бытового факта? Чем отличается эксперимент от опыта? Является ли постулат знанием? (И другие.)

Важно принять, что без опыта деятельности (трудовой, репродуктивной, творческой, мыслительной...) понимание невозможно. Значит, с объектами понимания надо на уроках работать. Мы подчеркиваем, что следует выделять два вида объектов – явления природы и тексты. Для первых в познании как принцип выяснено, что без построения модели явления нет его понимания. А в обучении физике это тем более так. Отсюда объяснимы многочисленные попытки создания методики моделирования при изучении всех тем школьного курса. И это сейчас интерпретируется как особенности современного методического мышления.

Многочисленные экспериментальные факты практики обучения позволяют выделить проблему формирования мышления следующим образом: а) в последнее десятилетие в связи с введением системы ЕГЭ в массовой школе возросло доминирование запоминания знаний, б) международные исследования (PISA, TIMSS) дают низкие результаты наших школьников в знаниях о методах науки и в способности проводить научные исследования, в) усилилась формализация образовательного процесса во всех учебных заведениях, что прежде всего сказывается на деградации процессуальных аспектов обучения. Осваиваются примитивные стереотипы действий (предметных, речевых...), которые потом быстро вымываются жизнью. Бедный прагматизм в социальных мотивах, отсутствие творчества и свободы в учебной деятельности лишают школьников радости познания. А увлечение концепциями в ущерб помощи учителю, хотя и разрушают кон-

серватизм, но разрушают и традиции, устойчивость, ведут к голым абстракциям. И мешают конкретному (и научному) мышлению.

В педагогике общепринято положение о том, что обучение должно играть опережающую роль в интеллектуальном развитии детей и подростков (Л. С. Выготский). Из него следует, что методика обучения ответственна и за развитие их способностей мыслить и действовать. Более того, если не задать социально-культурно верное современное мышление, то есть теоретическое мышление (но и не только!), то его и не будет. Стихийные процессы здесь не аргумент. А значит, не будет соответствующих по уровню действий, причем вне особенностей конкретной предметной области.

Если согласиться с тем, что задача образования состоит в передаче социального опыта и, что этот опыт состоит из четырех элементов–видов деятельности (знаний о природе и опыте деятельности, опыте репродуктивной и творческой деятельности, опыте эмоционально-ценностных отношений), то отмеченный недостаток в знаниях школьников можно объяснить тем, что упор в нашей школе делается на усвоение готовых знаний и на их рутинное воспроизведение в ущерб развитию познавательных умений, творческой деятельности и ценностных отношений. Становится ясной необходимость переноса акцента в обучении на такую учебную деятельность, которая бы приводила развитию творческих способностей, в том числе – к освоению культуры мышления. Свидетельством является интерес к личностной направленности обучения, деятельностного подхода к обучению и компетентностного подхода к результатам образования и др.

Не всякая познавательная активность относится к деятельности. Учебная *деятельность* побуждается мотивом освоения знаний и всегда связана **с преобразованием действительности**. Между тем, исследования показывают снижение интереса школьников к физике. Причин много: социальная невостребованность физических знаний, архаичность учебного процесса ориентированного на запоминание, практически отсутствие экспериментирования и моделирования и др. Интерес учащихся пропадает тогда, когда вместо изучения явлений природы и их закономерной связи учащимся вовлекают в заучивание плохо понятых и кажущихся ненужными формулировок и формул. В. В. Давыдов в своих работах неоднократно писал, что специфика теоретического мышления в чувственно-предметном экспериментировании (изменении) с объектом (1986, с. 113 и др.). И работа с понятиями (и их освоение) рассматривается как мысленное экспериментирование.*

Современный ФГОС предполагает овладение не только знаниями важнейших физических законов и понятий и умениями

*См. также работы А. В. Ахутина, В. С. Библера, В. В. Майера, В. Г. Разумовского, Ю. А. Саурова и др.

применять их, но и формирование **метакомпетенций**, то есть группы умений по владению понятиями о самой науке, таких как научное исследование и научное объяснение, логика метода научного познания, различение фактов и гипотез, объектов и моделей и др. А современное мышление и начинается тогда, когда ставятся вопросы о природе знаний...

С точки зрения методологии важно учесть, что *личностная направленность* обучения состоит не только в учете индивидуальной подготовки и способностей каждого школьника. Она состоит в учете культурно инвариантных норм для успешного формирования и удовлетворения индивидуальных интересов и склонностей учащихся, условий для самообучения и саморазвития. Отсюда акцент на присвоение физического мышления, отсюда значение методологически верных структур научных знаний и др. (В. В. Мултановский).

Принципы конструирования мыслительной деятельности учащихся.

1. В содержание учебного предмета включается как системообразующий элемент (как принцип) научный метод познания как объект изучения и как метод организации учения школьников. При последовательном реализации подхода учащиеся получают, во-первых, понятия о происхождении научных знаний и их отличии от простой информации, во-вторых, представление о необходимой последовательности познавательных действий, ведущих от незнания к знанию (В. Г. Разумовский и др.). Это прямо соответствует психолого-дидактическим представлениям о сущности теоретического мышления (В. В. Давыдов и др.).

По современным представлениям (Г. Галилей, А. Эйнштейн и др.) метод научного познания включает в себя следующие этапы: 1) чувственно-предметный эксперимент и постановка проблемы; 2) выдвижение гипотезы – аксиомы; построение или выбор модели; 3) математическое развитие гипотезы, логический вывод из нее следствий; 4) экспериментальная проверка гипотезы и ее следствий, экспериментирование с предметами и понятиями, границы применимости последних.

Овладение учащимися методом познания способствует их пониманию роли и значения различных научных категорий в описании реальной действительности: эмпирических фактов, физических понятий и величин, законов, моделей изучаемых объектов и явлений, теоретических выводов, экспериментальных данных и опыта практического использования достижений науки. В целом при этом осваиваются вопросы методологии познания: статус тех или иных знаний, развитие знаний, структуры знаний (понятие, закон, теория, физическая картина мира) и др. Но важно и то, что понимание строения знаний (эпистемология) идет параллельно экспериментированию (и преобразованию) объектов природы и техники.

2. Структура и содержание учебного материала для развития мышления. Структура и содержание материала учебника должны задавать нормы современного научно-теоретического мышления. В частности уже сейчас признано построение замкнутых систем знаний в форме учебных теорий, выделяются особенности других видов теоретических обобщений (физические величины...). В настоящее время под данную концепцию организации физического образования разработаны и изданы учебники нового поколения для базового курса физики и старшей школы (под ред. В. Г. Разумовского и В. А. Орлова).

Существенное значение для организации физического мышления имеет логика построения структуры и содержания курса в целом, его отдельных частей, то есть имеет выделение объектов и предметов изучения. Основные объекты представлены в таблице.

Таблица

Область пространства, м	*Типичные объекты*	*Типичные явления*	*Области знания*
Мегамир 10^{18}-10^{25}	Галактики, метагалактики Гравитационные и электромагнитные поля	Механическое движение Распространение электромагнитных волн	Астрофизика. Общая теория относительности
Макромир 10^{-8}-10^{18}	Несколько групп довольно разных объектов: а) звезды, планеты; б) тела и макроскопические частицы; в) молекулы, атомы; г) электромагнитно е поле	Механическое движение Механическое движение: превращения жидкостей, газов, твердых тел Взаимодействие тел Электрический ток, свет, радиоволны	Механика. Молекулярная физика. Электродинамика. СТО Радиотехника, электротехника
Микромир $<10^{-8}$	Элементарные частицы; атомы, ядра атомов	Движение и взаимодействие элементарных частиц Ядерные реакции	Квантовая физика, СТО Физика элементарных частиц

В самом общем смысле **предметы** – это модели. К модельным образованиям в обучении физике следует относить: модели пространства, времени, взаимодействия, движения, модели объектов, модели свойств объектов (физические величины), модели явлений (функциональные зависимости, уравнения, законы), теории как модели класса явлений и др.

Физическая система как очень общее понятие может рассматриваться в двух смыслах – онтологически как обозначение объекта или объектов (в их целостности в каком-либо смысле), гносеологи-

чески как модель, как форма предмета познания (Е. Б. Агошкова, 2009, с. 57 и др.). Отсюда методические трудности использования этого понятия.* Наиболее общее определение движения – это изменение состояния системы; довольно точно, что любое движение сводится к перемещению объектов в пространстве и во времени. Фундаментальные физические понятия задают некую структуру физического мышления, их системы процессуально и представляют (в текстах задают) мышление.

Все физические явления обусловлены видами объектов, их движением, в более глубоком смысле – видами взаимодействий.

3. Формирование современной учебной деятельности школьников – присвоение культуры современного мышления. Выполняя исследования, учащиеся испытывают потребность обратиться к учебнику «для дела», а не только для того, чтобы пересказать его текст. На уроках они систематически работают с текстом учебника и обучаются работе с научной литературой: *находить нужную информацию, интерпретировать найденный текст, понимать и оценивать полученную информацию*.

Выполнение самостоятельных исследований ведет ученика от незнания к знанию не только со страниц учебника и не только со слов учителя, но и главное – в *результате собственного исследования*, доставляя ему ощущение *собственного открытия* и громадное удовлетворение. При этом школьники ощущают силу научного знания, и у них постоянно растет значение научных знаний по шкале личных ценностей. Проявляется воспитывающий фактор обучения. Применение научных методов исследования требует от учащихся постоянного проявления *индивидуальной творческой смекалки*. Она требуется при переходе от опыта к обоснованной гипотезе и от теоретических выводов к их экспериментальной проверке. При этом формируется навык, который многие учащиеся по своей инициативе используют при конструировании различных приборов и технических устройств, связанных с изучаемыми явлениями, *проявляя творческие способности* (В. Г. Разумовский).

Для развития творческих способностей учащихся рекомендуются *творческие задачи*, которые принципиально отличаются от тренировочных задач тем, что алгоритм их решения учащимся неизвестен. Кроме того, можно назвать следующие основные признаки творческой задачи по физике: это задача, в которой сформулировано определенное требование, выполнимое на основе знания физики (это должно быть известно учителю, но неизвестно ученику!). Однако в ней не указаны исходные параметры и отсутствуют какие-либо пря-

---

*См. полнее: Сауров Ю. А. Формирование понятий при изучении механики и молекулярной физики: Вопросы методологии // Физика: Приложение к газете «Первое сентября». – 2005. – № 18. – С. 47-50.

мые или косвенные указания на те физические явления, понятия, величины и законы, которыми следует воспользоваться для решения этой задачи. Для решения здесь необходим теоретический анализ явления, а также натуральный или мысленный эксперимент.

4. Особенности современной деятельности преподавания. Владение школьниками методом познания позволяет учителю организовывать их *самостоятельную познавательную деятельность*. Эта деятельность на уроках имеет форму *экспериментальных и теоретических исследований*, которые органически вписываются в логику процесса познания, являются его этапами.

Методика работы учителя по организации исследований состоит в следующем. Вместо изложения и повторения текста учебника основу учебного процесса составляют самостоятельные исследования учащимися изучаемых явлений. Для их организации учитель ставит перед учащимися задачу исследования и задает ее решение в виде этапов деятельности (Какие объекты мы изучаем? Какое физическое явление исследуем? Какое нужно оборудование? Какие измерения необходимо? И др.)

После обсуждения этапов, учащиеся приступают к проведению самостоятельных исследований. При этом учитель оценивает не только знания учащихся, но и их способность *самостоятельно мыслить и действовать*.

Учитель может стимулировать учащихся к самостоятельной творческой догадке, задавая вопросы о том, как объяснить новое явление на основе изученной теории или как экспериментально проверить ту или иную наблюдаемую закономерность. Особенность мыслительной творческой деятельности учащихся проявиться при переходах от опыта к теории и от теории к эксперименту (практике). В том и другом случае мышление ученика будет творческим, если его продуктом является *субъективно* новая идея для объяснения изучаемого явления, новый способ измерения, новая установка приборов для проведения эксперимента и т. п.

5. Диагностика формирования физического мышления в обучении. Следует признать факт: пока в обучении физике нет общепризнанных и специализированных методик диагностирования мышления. В теории и практике эту диагностику связывают с формированием некоторых умений (решать задачи, проводить эксперименты, моделировать). И это верный путь. Но на основе дальнейшей разработки методик диагностики данных умений необходимы простые процедуры интерпретации тех или иных данных усвоения. Пока движение в этом отношении минимальное, своих обобщений в методике мало, типично заимствование подходов у психологов.

Ниже в таблице 3.1 приведены в обобщении черты современного физического мышления для целей диагностики. Это сделано на основе общих черт высшего уровня мышления близких его видов – теоретического мышления, продуктивного мышления, творческого мышления. Например, для **продуктивного** мышления называют следующие характерные компоненты (и характеристики): *глубина* – как выделение существенных признаков при обобщении; *гибкость* – как переход от прямых связей к обратным, от одних действий к другим; *устойчивость* – как сохранение ориентации на существенные свойства, действия; *осознанность* (рефлексия); *самостоятельность* – в постановке задач и их решении (З. И. Калмыкова, 1981, с. 27 и др.).

Таблица 3.1

Стороны мышления	Форма и содержание диагностики	Виды заданий (действий)
Активность	Любознательность, интерес к творчеству, увлеченность при решении задач Стремление к творческому результату, к лидерству, к высокой оценке Стремление к самообразованию	Число вопросов к учителю, их характер и т.п. Выбор все более трудных задач, желание их решать Выбор активной «роли» при коллективном решении задач, в лабораторной работе Самостоятельный поиск фактов, идей, знаний и др.
Логичность умственной (речевой) деятельности	Умения анализировать, сравнивать, выделять главное Умение доказывать Умение излагать мысли в речи Умения систематизировать факты	Простота, краткость, логичность устной и письменной речи Структурированность действий: этапы и «шаги» действий, выделение главного, выделение причинно-следственных и функциональных связей Доказательность (обоснованность) суждений
Методологический уровень ориентировок умственной и практической деятельности	Умения выдвигать гипотезы, идеи Способность к фантазии Критичность, независимость суждений Способность к переносу знаний, привлечение новых знаний Критерии истинности знаний: повторяемость, ограниченность, объяснение и предсказание фактов, проверяемость прогнозов Коммуникация в деятельности по решению задач	Выполнение умственных и практических действий по логике метода научного познания: факты – гипотезы, модели – следствия – эксперимент Конструирование новых предметов, моделей, приемов и др. Оценивание гипотез и моделей, предсказание результатов исследования Признание ошибок и поиск их причин, наличие собственного мнения. Широта и частота переноса знаний, использование разнообразных знаний

Стороны мышления	Форма и содержание диагностики	Виды заданий (действий)
Мировоззренческие	Убежденность. Системность (целостность) знаний. Диалектичность при рассмотрении явлений и др.	Доказательность суждений, стремление отстоять позицию. Установление иерархии моделей, понятий, законов. Выяснение природы знаний. Рассмотрение явлений в развитии, с разных сторон, разными средствами и др.
Рефлексия	Осознанное использование ориентировок мыслительной деятельности Проблематизация фактов Критичность анализа	Стремление к выбору обобщенных ориентировок деятельности Подбор и анализ фактов в рамках цели
Самостоятельность умственной деятельности	Умение ставить и осознавать цели Наличие внутреннего плана действий Самоконтроль и самооценка	Ясность выражения цели или задачи Последовательность действий. Частота, адекватность, результативность. Усердие и точность при решении задач. Качество оформления результатов
Содержание физического мышления	Знание видов физических объектов и явлений Умения выделять свойства или стороны физических объектов и явлений Умение выделять причинно-следственные связи объектов или явлений	Выделение физического объекта или явления и замещение моделью Характеристика свойств физических объектов или явлений физическими величинами Описание причинно-следственных связей функциональными зависимостями (законами)
Эмоционально-чувственный аспект мышления	Внутренние мотивы деятельности, увлеченность Радость познания Приоритет коллективной деятельности	Оценка процесса решения, а не просто результата

В параграфе очерчены основные направления построения методики формирования физического мышления в обучении. Ниже они конкретизируются в отдельных аспектах.

3.4. МЫШЛЕНИЕ И ПОСТРОЕНИЕ УЧЕБНЫХ СИСТЕМ ФИЗИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ

В методике обучении физике теоретически принято, что в учебных системах физических знаний «зашифровано» физическое мышление. В. В. Мултановский убедительно писал: «Теоретические обобщения (содержательные абстракции) составляют основу совре-

менного 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 подход 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, которые последовательно реализуют ту или иную научную программу в качестве инструмента социально-исторического изменения образования людей.

За последние двадцать лет было 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, 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, 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.

> **Мысль**
>
> «В наши дни передача современного способа мышления – один из основных элементов этого (социального) заказа; причем этот элемент активный, формирующий систему знаний».
>
> **В. В. Мултановский** (1977, с. 136)

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

Во-первых, есть понятия, которые задают (обозначают) физическую реальность. Это категориальные понятия, такие как пространство и время, материя, вещество, поле, физический

*Принцип цикличности более всего реализован в учебниках под редакцией В. Г. Разумовского и В. А. Орлова.

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 не 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, то есть 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, с. 158). Но, например, для целей обучения трудно согласиться с утверждением, что «в механике пространство и время являются средствами описания движения, изобретенными человеком...».* Излишне сложно, да и зачем уравнивать пространство-время и систему отсчета (средство описания).

В действующих учебниках выделяют реальность, иногда даже обозначают, но трудностей еще много. Например, надо ли «физическое тело» относить к моделям, а затем далее говорить о телах, подразумевая за ними реальность?** В целом, следует признать, что в учебнике Г. А. Чижова и Н. К. Ханнанова последовательнее и чище изложены вопросы методологии познания по сравнению с другими учебниками. В частности, здесь лучше отделена реальность (объекты и явления) от средств их описания. Правда, удручает позиция «В основе познания лежит восприятие мира человеком с помощью органов чувств...» (там же, с. 4). Сравните: «Жизненный опыт оказывается недостаточным при изучении явлений».***

Во-вторых, есть большая группа понятий, обозначающая и задающая модели объектов и явлений. Многие из этих понятий, хотя и используются, не имеют внятного статуса, уравниваются с категориальными понятиями и им придается статус реальности и т. п. Отсюда на практике существует проблема их определения. Она заключается в том, что понятия определяются поразному, смысловое поле их размыто, не четки связи с другими понятиями и др. Во всех теориях эти понятия необходимы и должны вводится сначала, широко использоваться в развертывании знаний, то есть в описании реальности. Это такие понятия: физическая сис-

---

*Мансуров А. Н., Мансуров Н. А. Физика: Учеб. для 10-11 кл. шк. с гуманит. профилем обучения. – М.: Просвещение, 1999. – С. 18.

**Чижов Г. А., Ханнанов Н. К. Физика. 10 кл.: Учебник для классов с углубленным изучением физики. – М.: Дрофа, 2003. – С. 5, 27.

***Касьянов В. А. Физика. 10 кл: Учебн. для общеобразоват. учеб. заведений. – М.: Дрофа, 2000. – С. 5.

тема, 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 и др. По своей природе это идеальные (и теоретические) объекты, которые реально не существуют.

Известный методолог В. С. Степин пишет: «Так, все теоретические высказывания классической механики непосредственно характеризуют связи, свойства им 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» (2000, 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 еще такие модели – отрезок прямой, плоскую фигуру, объемную фигуру. Получается излишне сложно: модели модели.

В-третьих, первый шаг этапа количественного познания (исследования) выражается в определении большого числа физических величин. По своей функции в познании – это характеристики свойств, то есть выразители свойств объектов и явлений физического мира на языке понятий (абстракций как результатов мышления). Физические величины ближе всего в познании стоят к объектам, не случайно иногда неосторожно они отождествляются с ними. Но при построении теории физические величины должны приписываться идеальному объекту теории, то есть фактически модели. Иначе функционирование науки невозможно, иначе совершенно непонятно, зачем вводятся модели. Фактически в школьном курсе физики на этот вопрос ответа нет. Точнее ответ ясен, вводятся они формально, для школьника и учителя совершенно непонятно, что с ними делать и зачем они. Не случайны многочисленные трудности на этот счет, крайне медленное освоение этих вопросов.

Важно, что у каждой физической величины должен быть носитель свойств – объект или явление. Эта сторона физической величины выражается в форме задания процедур измерения, то есть 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, то есть действие одного тела на другое в зависимости от площади соприкосновения. Давно уже набило оскомину отождествление силы и

взаимодействия. Авторы учебников и методик не видят в этом ничего особенного. А это принципиальный вопрос для организации нашего мышления, нашей познавательной деятельности: взаимодействие или действие задает реальность, сила – только ее характеристику. Если, уж, эта методологическая проблема для силы не решена, то что говорить о других физических величинах. В. В. Мултановский тридцать лет назад достаточно жестко критиковал курс физики за метафическое использование силы (1977, с. 143), но это не преодолено и сейчас.

В качестве примера назовем еще две типичные методологические проблемы. Важно заметить, что некоторые фундаментальные физические величины по мере своего использования приобретают субстанциональный смысл. Сложный пример – энергия. Энергия переходит, энергия излучается и распространяется и т. п. Если понимать энергию как о характеристику и связывать ее с моделью «материальная точка», то требования методологии автоматически выполняются. Но разве разумно тогда говорить об энергии для материальной точки в механике, но уже в молекулярной физике, тем более в случае идеального газа, повторять об энергии молекул?

Следующим за понятиями уровнем обобщения считают законы. Логически это системы понятий. 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 $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$. Но почему это уравнение, а не закон? Так в курсе физики эту формулу называют, но, к сожалению, именно это мешает пониманию ее смысла. Проблема в том, что не четко выделяется явление, то есть реальность, нет обозначения этого явления. Не найти ответа в литературе вроде бы на простой вопрос: Какое физическое явление описывает закон Архимеда? А ведь это главный вопрос, если понимать знания как средство описания природы. Почему даже при демонстрации теряется явление – действие жидкости на погруженное в нее тело? Типичной оказывается ситуация, когда закон подменяется уравнением, на практике хуже того – формулой. А далее, решение задач на формулу, а не на описание явления законом. Надо давно понять, что это разные уровни мышления и мировоззрения. И первый – технический, примитивный, ограниченный.

Для доказательства широты проблемы формирования понятий приведем еще примеры.

1. Определение теории. В известном учебнике подчеркивается: «Любая теория является описанием некоторой модели физической системы, некоторым приближением к реальности...» (В. А. Касьянов, с.9). В целом, это достаточно глубоко и верно. Но, во-первых, раз модель системы, то понятие «физи-

ческая система» интерпретируется как задающая реальность. Во-вторых, тогда это не описание, а представление: теория и представляет собой модели реальности. В-третьих, теория в принципе не может быть приближением к реальности, это разные категории, разный уровень представления. Иное дело, что теория как модель точно или грубо описывает реальность. Например. Одно дело основные положения МКТ, другое – модель идеального газа. Первые описывают, задают реальность, поэтому в них речь идет о частицах, молекулах и т. п., то есть об объектах. В модели идеального газа последовательно речь должна идти о материальных точках. Это разного уровня понятийные образования. Еще пример. «Идеализированный объект термодинамики и статистики – макроскопическая система, находящаяся в тепловом равновесии» (В. В. Мултановский, 1977, с. 31). При таком понимании однозначно, что макроскопическая система – модель. Но всегда ли это понимается так? И не тут ли бесконечные проблемы в усвоении физических знаний? Вывод один: в этих вопросах надо определяться быстрее, в противном случае между учебниками языковые противоречия (разногласия) будут для предмета губительными.

2. Модели. Наиболее выпукло понятийные проблемы проявляются в молекулярной физике. В принципе модели можно строить по-разному, но принципы должны быть. Не очень хорошо сначала определять модель через материальные точки, а затем через физические объекты: «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»; «Основной физической моделью вещества является совокупность движущихся и взаимодействующих между собой атомов и молекул» (В. А. Касьянов, с. 321, 325). В другом учебнике вывод основного уравнения МКТ для материальной точки, а определение идеального газа через понятие о частице. А что такое частица: объект реальности или модель?

В целом даже для такой фундаментальной модели как идеальный газ нет полного единства в определениях: «...идеальный газ представляет собой теоретическую модель газа и поэтому в природе не существует»[*]; «Модель идеального газа. 1. Межмолекулярные силы взаимодействия отсутствуют. 2. Взаимодействия молекул газа происходят только при их соударениях и являются упругими. 3. Молекулы газа не имеют объема – материальные точки»; «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».[**] А. Н. Мансуров и Н. А. Мансуров так пишут: «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, то есть расстояние между молекулами такое, что нельзя пренебречь взаимодействием между ними, то газ называют реальным» (там же, с. 184-185).

В обучении эффект использования моделей в полной мере проявится тогда, когда возникнет реальная возможность использовать для описания одного объекта хотя бы две модели. Это уже

---

[*]Громов С. В. Физика: Молекуляр. физика. Квантовая физика: Учеб. для 10 кл. общеобразов. учреждений. – М.: Просвещение, 1999. – С. 62.

[**]Яворский Б. М., Пинский А. А. Основы физики: Т. I. – М.: Наука, 1981. – С. 220, 222.

принципиальный выход на исследования, то есть с нашей точки зрения, на учебники и методики нового поколения.

Пока, даже на материале классической физики это реализовано плохо. Обратимся к ситуации с реальным газом. «Реальный газ – достаточно сложная система. Мы рассмотрим простейшую физическую модель реального газа – идеальный газ... Физическая модель – это упрощенная схематическая копия исследуемой реальной системы».[***] В другом случае: «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, понятие «реальный газ» задает, обозначает реальность? Но однозначного ответа на этот вопрос все равно нет.

3. О физической системе. О макроскопической системе. Определения физической системы нет в Физическом энциклопедическом словаре. С. В. Громов внятно не говорит, но использует понятие системы (с. 21), говорит о **реальной** макроскопической системе (с. 17). Получается, что просто макроскопическая система – модель. Но прямо это не раскрыто, не используется.

«При изучении макроскопической системы в статистической физике исходят из определенной ее модели. Сначала выделяются элементарные структурные единицы, из которых построена система. Далее необходимо указать, как они взаимодействуют между собой...» (В. В. Мултановский, с. 23). И далее: «Система изолирована, если она не подвергается внешним воздействиям» (В. В. Мултановский, с.27). В принципе, если речь о модели, то надо говорить не о действиях на нее, а о приложенных силах, то есть говорить на одном языке. Вдумаемся, как это реальное действие может быть приложено к идеальной модели? Фактически в таких случаях негласно используется физический жаргон. Ничего страшного в этом нет, но в обучении лучше «чистить» представления, там, где это слишком не усложняет дело.

4. О процессах и явлениях. С точки зрения методологии и интересов физического образования следует признать и принять, что физические явления (процессы) задают реальность. На этой позиции их и надо определять. А далее описывать. Обратимся к практике.

Вот четкая позиция: «Динамикой называется раздел механики, в котором изучается движение взаимодействующих тел» (Г. А. Чижов, Н. К. Ханнанов, с. 82), то есть изучается реальность. Примерно также о динамике в известном учебнике Г. Я. Мякишева и др., но вот определение кинематики уже на другом языке: «...это раздел механики, изучающий способы описания движений и связь между величинами, характеризующими эти движения». Здесь название раздела механики по средствам описания, заметим, что это определение подходит и для динамики...

В термодинамике в одних случаях явления задаются как реальность, на языке взаимодействия, хотя и не всегда последовательно. Но во многих случаях используется известный жаргон: «Теплообмен – процесс передачи энергии от

[***]Мякишев Г. Я., Синяков А. З. Физика: Молекулярная физика. Термодинамика. 10 кл: Учеб. для углубленного изучения физики. – М.: Дрофа, 2002. – С. 105.
[****]Мякишев Г.Я. и др. Физика: Учеб. для 10 кл. общеобразов. учреждений. – М.: Просвещение, 2001. – С. 153-154.

одного тела к другому без совершения работы» (В. А. Касьянов, с. 265). Не ясно, что здесь: реальность или ее модельное описание? Аналогично и дальше: «Адиабатный процесс – термодинамический процесс в теплоизолированной системе» (В. А. Касьянов, с. 275). Как понять: это явление природы или модель? Но в другом учебнике читаем: «Основные модели квазиравновесных процессов...». Значит, изопроцессы рассматриваются как модели. С нашей точки зрения, при явной идеализированности этих **газовых** процессов они все же задают реальность. А вот, при их описании, сначала при задании модели идеальный газ, потом при использовании законов (Бойля-Мариотта и др.) и графиков, мы имеем дело с моделями.

«Обратимыми называют процессы, протекающие в системах, где действуют консервативные силы» (Б. М. Яворский, А. А. Пинский, с. 248). Обратимые процессы представляют собой идеализацию реальных природных явлений (там же, с. 249); «...все реальные процессы в природе необратимы» (там же, с. 250). В учебнике для X класса читаем: «Обратимый процесс – процесс, который может происходить как в прямом, так и в обратном направлении» (В. А. Касьянов, с. 283). Из этих позиций следует вывод о том, что все изопроцессы – не реальные явления природы, ведь они обратимы. Диффузия – реальна, она и необратима. В целом система понятий при построении текстов нуждается в большем методологическом согласовании. Очевидно, что это влияет на освоение мышления при обучении.

5. Модели и законы. В методике обучения физике почти общепризнано, что законы формулируются для моделей. Но учебные тексты нередко ясной позиции на этот счет не дают.

Как, например, воспринимать язык изложения первого **начала** термодинамики: «...любая замкнутая макроскопическая система рано или поздно переходит в состояние теплового равновесия, из которого самопроизвольно выйти уже никогда не сможет» (С. В. Громов, с. 21)? Без четкого выражения в тексте, что любой закон формулируется для модели, методологические проблемы будут затруднять освоение мышления. Не случайно первый закон термодинамики практически во всех учебниках формулируется на языке моделей, физических величин: «Изменение внутренней энергии системы при ее переходе из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданного системе» (С. В. Громов, с. 32). Аналогично у В. А. Касьянова (с. 270), причем понятие о системе используется, но не определяется (с. 269 и др.). Но осознается ли это школьниками и учителями?

При введении второго закона термодинамики ситуация аналогичная: это закон, «который указывает направление протекания **реальных** тепловых процессов»; «В идеале такие процессы могут происходить только в замкнутых системах» (С. В. Громов, с. 40); «Замкнутая система многих частиц самопроизвольно переходит из более упорядоченного состояния в менее упорядоченное» (В. А. Касьянов, с. 285).

Итак, более целенаправленное рассмотрение вопросов методологии познания при построении учебных систем понятий в состоянии существенно упростить формирование физического мышления. Под эту же задачу конструируются учебные системы знаний в виде блок-схем, обобщающих таблиц и т. п. [145-146]. Это способствует большей логической связности систем понятий, в том числе выделения логики познания: изучать, исследовать реальность, а усваивать понятия, законы, теории, картины мира. Задание таких структур играет роль методологических ориентировок при организации

познавательной деятельности и параллельно мышления. При удачном решении эти структуры физических знаний задают физическое миропонимание, ведут мышление. Приведем некоторые примеры.

1) Система понятий при изучении явления взаимодействия зарядов построена в логике принципа цикличности (рис. 3.1). Это хороший вариант генерализации знаний с учетом метода научного познания. А значит, экономный путь задания логического движения мысли. Важно, что схема – не объект запоминания, а ориентировка мыслительной деятельности при изучении материала.

2) Уравнение физического закона обычно функционально связывает несколько физических величин. Но определение и освоение начинается с фактов реальности, с выделения физического явления, а далее вновь можно организовать мыслительные действия по логике «факты – модель – следствия» (рис. 3.2). Если этого нет, то на практике и труден вопрос: Какое физическое явление описывает второй закон Ньютона?

Явление взаимодействия зарядов

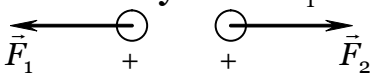
ФАКТЫ

- **Два рода зарядов: $+q$ и $-q$**
- **Явление взаимодействия** неподвижных заряженных тел
- **Опыты** с крутильными весами

⇩

МОДЕЛЬ

- **Модель заряженного тела** – точечный заряд
- **Модель взаимодействия зарядов на расстоя нии** – постоянное электрическое силовое поле
- **Закон Кулона:** $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$



⇩

СЛЕДСТВИЯ

- **Определение k:** $k = \dfrac{Fr^2}{q_1 q_2}$
- **Расчет** силы взаимодействия зарядов в вакууме и диэлектрике
- **Определение границы применимости** закона Кулона – точечные покоящиеся заряды
- **Объяснение экспериментов**...

Рис. 3.1

При такой систематизации знаний о законе на практике по всем элементам возникают затруднения. Например, что относить к фактам? Почему некоторые понятия (как у Эйнштейна!) интерпретируются как факты для мышления? Какие знания входят в состав блока «Модель»? Какое физическое явление описывает второй закон динамики? На каком языке строится модель этого явления? Как рисунком-схемой изобразить эту модель? (Материальная точка, рядом с обозначением массы и направления ускорения, к точке приложена сила.)

Современная физическая картина – наиболее общая физическая модель природы. Как ее задать – трудная проблема методики обучения. Природа этой трудности в построении обобщенной мыслительной деятельности, охватывающей принципиальное содержание всего школьного курса физики. Ниже на схеме предлагается ва-

риант такого задания мышления (рис. 3.3). Такая весьма общая (содержательно-абстрактная) модель физической природы нуждается в расшифровке, в развитии по логике «от абстрактного к конкретному», что и задает мышление: Какие модели строятся из материальной точки? (Система материальных точек, абсолютно твердое тело, упругое тело, идеальный газ, точечный заряд, атом, ядро, элементарная частица...) Какие физические объекты микро-, макро-, мегамира моделируются материальной точкой? Какие фундаментальные взаимодействия изучаются в школьном курсе физики? И почему они называются фундаментальными? Какие общие и особенные свойства вещества и поля изучаются в курсе физики? (Корпускулярно-волновой дуализм свойств; дискретность вещества и непрерывность поля; единство поля и вещества на микроуровне...)

Второй закон Ньютона

ФАКТЫ

- Ускоренное движение макроскопических тел в природе
- Факты взаимодействия тел
- Описываемое **явление** – движение тела под действием других тел
- **Понятия:** ИСО, механическое движении и др.
- **Физические величины:** ускорение, время и др.

⇩

МОДЕЛЬ

- **Модель тела** – материальная точка
- **Физические характеристики явления:** a – характеристика ускоренного движения тела, m – мера инертности тела, F – характеристика внешнего действия
- **Закон** описывает действие внешнего тела на другое тело, что приводит к ускоренному движению последнего:

$$\left.\begin{array}{l}\vec{a} \sim \vec{F} \\ a \sim \dfrac{1}{m}\end{array}\right\} m\vec{a} = \vec{F} \quad \vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

- **Модель явления:** сила, приложенная к материальной точке, равна произведению ее массы на ускорение

⇩

СЛЕДСТВИЯ

- **Определение** характеристик ускоренно движущегося тела
- **Расчет** неизвестной силы по характеристикам движущегося тела
- **Границы применимости:** только для материальной точки, в ИСО
- **Решение основной задачи механики**

Рис. 3.2

Общий итог мыслительных действий в этой логике – демонстрация выведения фундаментальных свойств физических объектов и явлений из положений современной физической картины мира. На этой основе решается проблемы единства материального мира, объяснения явлений, выбор языка описания и др.

В заключении остановимся еще на вопросе об отношении к проблеме **миропонимания** в методике обучения физике. Считаем,

что острие этой проблемы направлено как раз на формирование современного физического мышления и, конечно, мировоззрения. Наиболее конкретно и продуктивно ставил вопрос о выделении в мировоззрении и особом рассмотрении проблемы миропонимания В. В. Мултановский (1977). Несомненно, в этом он видел стратегию в задании средствами структур и содержания учебных систем знаний норм современного физического мышления.*

Рис. 3.3

В структуре и содержании мировоззрения выделяют три компонента: миропонимание, мироотношение, мироощущение. Отсюда миропонимание оказывается ядром мировоззрения.

---

*Кроме названной, см. работы: Мултановский В. В. Развитие мышления учащихся в курсе физики. – Киров, 1976. – 80 с.; Мултановский В. В. Физика как компонент естественнонаучной картины мира. – Красноярск: Изд-во «Гротеск», 2007. – 252 с.

Научное миропонимание есть синтез основных положений науки, обеспечивающих научно-теоретическую ориентацию в познании реальности. Методологии вносит существенный вклад в осознание процедур познания. На основе исторического подхода к **моделям миропонимания** относят редукционизм, механицизм, позитивизм, материализм, системный подход, универсальный эволюционизм (Н. Н. Моисеев, В. С. Степин), неклассическую эпистемологию (В. А. Лекторский), методологию деятельности (Г. П. Щедровицкий). Немаловажной составляющей миропонимания оказывается **понятие о современном способе мышления**. Для учебного предмета физика способ мышления задается а) системами физических знаний (с психолого-педагогической точки зрения теоретическими обобщениями), б) структурами знаний, как курса в целом, так и его законченных частей – фундаментальных теорий, в) связями и интерпретациями знаний, г) приемами, правилами и механизмами работы со знаниями (и объектами реальности), их представлениями в разных языках.

Приведем схематически **логику построения физического миропонимания** (в форме идей ФКМ).

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

Итак, взаимодействие – фундаментальное явление, на основе которого должно строиться наше понимание физической картины мира, строиться истинное физическое миропонимание, так как на уровне миропонимания устанавливаются глубоко лежащие взаимосвязи явлений пространственно-временных уровней бытия. Взаимодействие – это взаимосвязанное изменение состояний физических объектов, вследствие чего меняется их состояние, характер движения. Исторически в физике сложилось несколько моделей описания взаимодействия.

2) Дальнодействие как модель взаимодействия. И. Ньютон сформировал модель *дальнодействия*, или мгновенного действия. Из законов механики Ньютона следует, что взаимодействие между объектами происходит мгновенно, без посредников, например, считалось, что перемещение Земли должно сразу же приводить к изменению силы тяготения, действующей на Луну. Согласно дальнодействию, все связано со всем. Практическая ограниченность такого утверждения со временем стала очевидной. Но дально-

действие, как механизм взаимодействия, было самым простым (удобным, технологичным) для описания механического взаимодействия макротел.

3) Близкодействие как модель взаимодействия. Мир в системе Ньютона состоит из материи и пустоты и заполняет все пространство, благодаря чему взаимодействие передается мгновенно. Но постепенно сформировалось более точное представление: мир на самом деле пустоты не содержит, то есть весь заполнен материей, частицы которой непрерывно взаимодействуют друг с другом. Такая концепция, получившая название «концепция *близкодействия*», имела место еще в трудах Р. Декарта.

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

Среда – материальное (электромагнитное) поле. В механике есть прообраз: два объекта взаимодействуют на расстоянии посредством третьего, причем взаимодействие включает в себя действие первого и второго объекта на промежуточный объект. Например, мальчик с помощью мячика действует на другого мальчика. Среда может быть вещественной (мяч) или – поле. Скорость взаимодействия – конкретная величина.

Со времени создания Дж. Максвеллом своей теории электромагнетизма картезианская теория получила новое толкование: пустота, присущая ньютоновской концепции, заполнялась особым веществом – электромагнитным полем, в котором взаимодействие передается посредством электромагнитных волн. Взаимодействие происходит с конечной скоростью, максимальная скорость равна скорости света в вакууме.

Квантово-релятивистский механизм взаимодействия. Исследования в области квантовой физики позволили сформулировать новую модель взаимодействия: раз две частицы на расстоянии взаимодействуют с помощью третьей, то модель такого взаимодействия можно представить в виде диаграммы Фейнмана – две материальные точки взаимодействуют в помощью третьей точки (рис. 3.4). Максимально возможная скорость передачи взаимодействия – скорость света в вакууме.

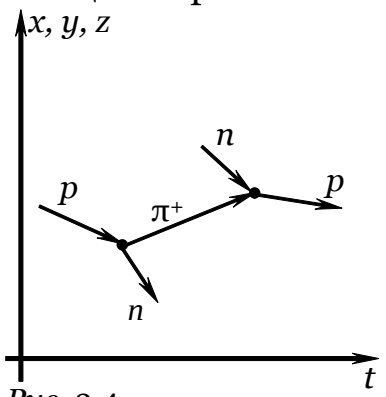


Рис. 3.4

Элементарный акт взаимодействия представляет собой поглощение или испускание одной частицей другой элементарной частицы.

4) Обобщение. В настоящий момент в физике выделяется **четыре (три)** вида взаимодействия, которые характеризуются интенсивностью, радиусом действия и частицей переносчиком взаимодействия. Все эти виды физических взаимодействий доминируют в своих пространственно-временных областях, какой тип выбрать для изучения определенного физического явления определяет задача, стоящая перед исследователем, и границы применимости физической теории.

Многообразие физических явлений выводится из разнообразия физических объектов и проявлений фундаментальных взаимодействий. Так строится физическая картина мира. Так строится физическое мышление.

3.5. ПРИНЦИП ЦИКЛИЧНОСТИ КАК НОРМА УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Теоретическое и практическое значение норм познавательной деятельности. В педагогике норма деятельности возникает на основе перехода «от сущего к должному» (В. В. Краевский, 1977, с. 179). Формирующее предназначение любого методического продукта здесь находит свое прямое и конкретное выражение. Следует признать, что в методике обучения физике как науке пока это развернуто явно недостаточно и несовременно.

Нет управляемого развития вообще, есть развитие под цель. Отсюда прямо следует значение норм познавательной и иной деятельности. Фактически они задают содержание «опыта рода». Очевидно, что такое содержание не появляется стихийно, естественно, оно исторически строится на основе консолидировано понимаемых и принимаемых целей. Сюда вносят вклад свободные специалисты, государственные структуры, представители свободного общества.

Г. П. Щедровицкий весьма определенно писал: «Работа по образованию понятий не может осуществляться в процессе практической деятельности... Никакая деятельность – производственная, практическая, жизненная – не приводит к изменению понятий и развитию людей... Повышение производительности труда дает возможность все большее и большее число людей выделять на исследование, то есть специальное развитие понятий... И тот, кто развивает и трансформирует понятия – та страна, тот народ, то государство, – тот и выигрывает историческое соревнование»*. Нормативное потребление понятий, других интеллектуальных инструментов жестко ставить задачу усвоения качественных (точных, нужных и др.) понятий, причем с правильной интерпретацией. И это требует специаль-

*Щедровицкий Г. П. Психология и методология. – М.: Путь, 2004. – С. 5.

ной работы педагогов. Предложенный ниже материал направлен на решение этой задачи.

Нет никакого иного эффективного практического пути формирования научного мышления как организация и управление познавательной деятельностью школьников в формах предметно-преобразующей, конструкторской, умственной, исследовательской, коммуникативной, рефлексивной (и иной) деятельности. Организация деятельности доминирующим образом основана на нормах, формирование новых качеств – на творчестве в широком смысле.

Повторим и дополним, что в обучении физике способ мышления задается следующими нормами: 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, законов, в) связями системы понятий с физическими объектами, и интерпретацией знаний, г) приемами, правилами и механизмами работы со знаниями, их представлениями в разных знаках-языках, д) процедурами решения задач разного вида.

Творчество нормируется двумя механизмами: а) методологическими эвристиками (И. П. Калошина, 1983, с. 3 и др.), б) правилами и образцами трансляции субъективного опыта в условиях совместной деятельности. Методологические знания, метакомпетенции оказываются ориентировками деятельности при создании нового продукта (новой онтологии, новых знаний, новых методов решения). Наш опыт показывает, что методологические знания, накладываемые на предметные знания (в нашем случае, методические), приводят к новому видению проблем и методических систем, открывают возможности новой организации изучения старых вопросов. Во всех этих случаях феномен физического мышления проявляется, помимо жестких логических или методологических нормативных компонентов, целым букетом качеств – воображением и фантазией, интуицией и ассоциациями... И здесь альтернативы решению творческих задач нет.

Творческая задача – это задача с неизвестными предметными знаниями и неизвестным способами (методами) ее решения. В принципе это наиболее распространенных класс задач жизни и науки. Для массового обучения их условия и приемы решения нормируют под репродуктивное мышление. Отсюда в обычной задаче мы не видим творческой. А специфика мыслительной деятельности субъекта при решении творческих задач: выделение и анализ неизвестных данных, условий, требований, приемов; разработка новых приемов решения на основе критической рефлексии неудачного решения, прошлой практики и т. п. В целом осуществляется осознанная целенаправленная умственная деятельность по поиску новых методов решения, но общие приемы-нормы могут быть извест-

ны – использование новых интеллектуальных и материальных орудий деятельности, разделение, замещение, объединение предмета деятельности и др.

Нормы мышления. Мышление, при его становлении (формировании) в условиях школьного обучения, складывается на двух источниках-ресурсах: а) на основе осознанных и представленных в содержании предмета и четких формах норм мышления, б) на основе живой творческой (целевой) деятельности, в которой акт мышления ситуативный, стихийный, свободный... Первый источник в неком (социальном) смысле создает продуктивную форму для второго. Оба источника в первом приближении независимы друг от друга. Отсюда оба важны и самостоятельны. Ниже речь идет об известной в теории и практике обучения физике **норме физического мышления**.

Практики без теории просто нет. Реальность есть, а практики, как человеческой деятельности, в принципе нет. Отсюда учителя и ученики – основные потребители теории и методики обучения физике, то есть потребители идей, знаний, методов, «опыта рода» в форме содержания и т. п. А верное потребление возможно только при верном (точном, современном, актуальном) знании. Поиск, отбор, конструирование такого опыта, как знания в широком смысле, ох, какая трудная задача для методиста. И далеко не всегда везет. Существенное (фундаментальное) методическое знание когда-то приходит, «находит» своего открывателя, и порою определяет целую эпоху в теории и практике обучения. На наш взгляд, так произошло с таким методическим знанием, как принцип цикличности.

Массовая и любая человеческая деятельность в своей основе, в главном – всегда нормативная. И мыслим мы тоже нормами. И видим мы тоже далеко не просто глазом, а нормами человеческого и своего опыта. Известно, наш ум из плоского изображения, получаемого с помощью хрусталика на сетчатке, строит пространственный образ с множеством человеческих деталей. И так всегда, в любой деятельности. Для образования удачная норма сродни великому открытию. Феномен учебника А. В. Перышкина яркий тому пример.

Но норма как идеальное образование для своей жизни нуждается в развертывании, в движении. Еще классики установили логику такого движения идей: «от абстрактного к конкретному». Именно в этой связи, в рамках этого движения мысли и дела понятно утверждение «научное мышление конкретно». И учебник должен давать конкретное воплощение идеи, и методика, и урок как процесс. Но не любая идея и тем более не автоматически получает движение «от абстрактного к конкретному». Так сложилось, что в последнее десятилетие резко, качественно и количественно, возрос интерес к принципу цикличности в методике физики. Появилось много интересных методических решений (см., например: Физика в школе. –

2007. – № 6), которые, на наш взгляд, определяют перспективы развития практики физического образования. Принцип все больше живет своей жизнью «от абстрактно к конкретному», все больше методистов и учителей получают в рамках этого движения конкретные методические результаты. Повторим, принцип цикличности задает норму познавательной деятельности (и физического мышления), основываясь на фундаментальных историко-методологических открытиях Г. Галилея, Ф. Бэкона, А. Эйнштейна (и других ученых). Он представлен следующей логикой познания (организации познавательной деятельности школьников): факты, проблема – гипотеза, модель – следствия, выводы – эксперимент как практика (В. Г.Разумовский, 1972).

Приведем ряд принципиальных методических решений, где **в явном виде представлена методология познания принципа цикличности**. Важно, что эти решения в методическом творчестве учителей сравнительно легко тиражируются и постепенно закладывают для школьников перспективные для будущего нормы и предметной деятельности, и мышления.

1) Обобщение (свертывание в систему) знаний при изучении физического явления.

В каком бы порядке в учебнике не рассматривался тот или иной материал в методике организации учебного познания, в процессе и на итоговом этапе, необходимо структурирование знаний. Делать это можно по-разному, но системно, теоретически перспективно и разумно использовать принцип цикличности. Здесь обобщение идет по логике метода. На рис. 3.1 и 3.2 мы видели вариант такого обобщения. Хорошо видно, что знания на этапах носят разный статус: на этапе выделения или представления фактов – это эмпирические знания о реальности, на этапе ядра – теоретические модели, на этапе следствий доминирует выводное и прикладное знание. Движение (функционирование) знаний организовано просто, рационально, единообразно (вот она генерализация!) для всех знаний о явлениях.

2) О логике изучения физического закона как системы знаний.

С точки зрения логики закон – это система понятий, это связь понятий. Но при изучении физики такого видения не достаточно. Нужна такая связь понятий, при которой одни понятия, задающие реальность, были бы связаны с другими понятиями, задающими характеристики реальности (модели, средства описания и др.). Это и есть содержательная (физическая!) интерпретация теоретической (математической) схемы. Сейчас для учителей физики стал доступен факт независимости массы от скорости в специальной теории относительности (см.: Окунь Л. Б. Формула Эйнштейна: $E_0 = mc^2$.

«Не смеется ли Господь Бог»? // УФН. – 2008. – Т. 178. – № 5). При всей сложности вопроса следует ясно понимать, что «природа» проблемы – в методологии познания.

Итак, принцип цикличности дает возможность раскрыть в явном и сравнительно простом виде, к тому же верно отражая в снятом виде логику исторического познания. На рис. 3.2 эта логика развернута для классического фундаментального знания – основного закона механики материальной точки. Отметим, что к фактам относят не только эмпирические факты в собственном смысле, но и устойчивые предшествующие знания. Но наиболее принципиальными (и интересными для методики) являются отношения знаний внутри ядра-модели: материальная точка – модель тела, физическая величина ускорение – характеристика движения, физическая величина масса – характеристика тела. Такое фундаментальное для обучения физике различение знаний в так заданной системе знаний просто, современно и верно представляет научный метод познания.

3) Организация познавательной деятельности при изучении явлений природы или техники (экспериментирование).

Специалисты обоснованно утверждают, что экспериментирование и моделирование – две ключевые деятельности в физике (см. полнее [136]). Естественно при обучении физике они должны воспроизводиться, доминировать в форме содержания в процессе учебной деятельности. Пока в реальности это не так. Более того, в последние годы (в этом числе и «благодаря» ЕГЭ) давление формальных систем знаний опасно возросло. Они вымывают не только интерес к предмету, но они не позволяют школьникам «увидеть» и усвоить дух физики – научный метод познания.

«Борьба» принципа цикличности происходит за то, чтобы школьник не только хорошо усвоил какие-то знания, а освоил эти фундаментальные (и важные в жизни вообще!) деятельности. В. Г. Разумовский с учениками и сотрудниками дал много образцов организации такой познавательной деятельности. Приведем один пример организации экспериментирования по логике принципа цикличности.

Метод комплексно-коллективных экспериментальных исследований. Суть метода заключается в получении фактов (явления, свойств, характеристики объекта) и формулировании на этой основе гипотезы в ходе коллективной экспериментальной деятельности. Предполагается разделение ролей, дополнение одних данных другими. Рассмотрим организацию лабораторной работы *«Измерение удельной теплоемкости вещества»*.*

*Пример В. А. Орлова

Методическая идея. Это обычная по оборудованию работа, хотя тела используются разные. Учитель опускает в калориметры тела, нагретые до 100°С, а затем ученики производят измерения и расчеты, получая значения удельной теплоемкости тела, которое позволяет определить, из какого металла было изготовлено тело.

Ход работы. Новизна в работе заключается в том, что разные группы учеников получают разные тела, удельную теплоемкость которых требуется измерить. В школе есть наборы калориметрических тел, изготовленных из стали и алюминия, необходимо найти тела из меди, свинца, цинка. Результаты будут у всех групп разные, поэтому каждый отдельный факт не дает закономерности. Коллективная цель – проанализировать результаты в целом, найти закономерность.

На классной доске ученики записывают полученные значения удельных теплоемкостей (факты). Они все разные. С чем это связано? Ответ: разные вещества, разная, например, молярная масса. В следующем столбце один из школьников вписывает молярные массы металлов, пользуясь периодической системой элементов Д. И. Менделеева.

Есть ли какая-то закономерность в данных двух столбцов? В обсуждении школьники открывают: удельные теплоемкости металлов и их молярные массы разные, но чем меньше молярная масса, тем больше удельная теплоемкость. Возникает гипотеза о том, что произведение удельной теплоемкости и молярной массы должно быть одинаковым: $c\mu$ = const. Ставится задача: проверить это предположение. В третьем столбце записываются данные расчета величина: $c\mu$.

Таблица

Металл	*Удельная теплоемкость (с), Дж/кг К*	*Молярная масса (μ), кг/моль*	*Произведение cμ (Дж/(моль · К))*	*Произведение cμ, выраженное через универсальную газовую постоянную R R = 8,31 Дж/(моль · К)*
Алюминий	900	$27 \cdot 10^{-3}$	24,3	$\approx 3R$=24,9
Железо (сталь)	445	$56 \cdot 10^{-3}$	24,9	$\approx 3R$ = 24,9
Медь	390	63,5	24,8	$\approx 3R$ = 24,9
Свинец	120	207	24,8	$\approx 3R$= 24,9
Цинк	380	65,4	24,9	$\approx 3R$= 24,9

Анализ таблицы показывает, что произведение $c\mu$ для различных металлов приблизительно одинаково. Учитель подводит школьников к выводу: в ходе экспериментального исследования мы обнаружили закономерность, произведение удельной теплоемкости и молярной массы – величина постоянная.

Исторически первыми этот закон открыли, сначала теоретически, а затем экспериментально, в 1819 г. французские физики П. Дюлонг и А. Пти. Сейчас он называется законом Дюлонга-Пти. Величина $c\mu$ получила в физике название молярной теплоемкости. Закон Дюлонга-Пти утверждает, что молярная теплоемкость твердых тел приблизительно одинакова и равна $3R$. На основе закона можно теоретически предсказать удельную теплоемкость известного металла, зная его молярную массу.

Рассмотрим еще один **пример проведения коллективного экспериментального исследования**: на основе опытов постройте график зависимости изменения объема воздуха от температуры (изобару), сравните экспериментальные результаты с теоретическими.*

Оборудование: самодельный сосуд с каплей воды в качестве индикатора изменения объема воздуха, вода в банке разной температуры, термометр, линейка.

Методика организации деятельности. График изобары – прямая, наклонная линия; надо сравнить наклон линий, полученных теоретически и экспериментально. Для точности экспериментальных результатов надо провести несколько измерений пар значений $\Delta V / \Delta T$; а далее определить среднее значение. В качестве многократных измерений берутся результаты опытов школьников всего класса, таким образом результат получается в ходе исследований коллектива. (Аналогия методу эргодической гипотезы в молекулярной физике!)

4) Нормы принципа цикличности при решении учебных физических задач. Застарелой «болезнью» практики обучения физике является решение задач «на формулу». Природа этого негативного методического явления – в ориентире решения задачи не на изучение явления, а отсюда и на усвоение знаний в форме метода, а на получение формальных (абстрактных) знаний о чем-то. Давно ясно, что разная деятельность с задачей дает принципиально разный результат в подготовке и развитии ученика. А воз и ныне там.

Принцип цикличности помогает грамотно организовать деятельность с учебной физической задачей (см. далее). Приведем один пример решения сложной **задачи**: «Оцените прочность кристалла поваренной соли, используя представления МКТ о строении кристаллического твердого тела».

Решение

Анализ явления (факты). К фактам в задаче можно отнести наличие кристаллического твердого тела.

Идея решения (гипотеза-модель). Для теоретической оценки сначала выберем модель кристалла: кристаллическая решетка поваренной соли состоит из ионов натрия и хлора. Из справочника определим, что расстояние между частицами примерно $3 \cdot 10^{-10}$ м, диаметр иона для оценки можно взять такого же размера. Примем,

*Идея И. И. Нурминского

что ионы взаимодействуют по закону Кулона. Заряд иона равен элементарному заряду.

Решение (работа с моделью). При деформации расстояние между частицами увеличивается, причем обычно упругая деформация (до разрушения) для кристалла не превышает 20%, то есть расстояние между частицами будет не более $4 \cdot 10^{-10}$ м. Отсюда для силы Кулона двух взаимодействующих ионов в системе СИ получаем значение $F \approx 2 \cdot 10^{-9}$ Н.

Разрыв кристалла на языке МКТ выражается в разрушении связей атомов по какой-то плоскости. Пусть в этой плоскости N атомов, значит надо разрушить связи N атомов. На единицу поверхности в 1 м² при размере области, которую занимает ион, то есть области диаметром $3 \cdot 10^{-10}$ м, получаем площадь около $9 \cdot 10^{-20}$ м². Тогда число ионов в плоскости будет $N = \frac{1\,\text{м}^2}{9 \cdot 10^{-20}\,\text{м}^2} \approx 10^{19}$. Столько разорвется и связей. Получаем для предела прочности кристалла оценку $\sigma = F \cdot N \approx 2 \cdot 10^{-9} \cdot 10^{19} \approx 10^{10}\,\text{Н/м}^2$. Точнее при нашей приблизительной модели сказать трудно.

Анализа решения (эксперимент). Но по таблице экспериментально измеренные пределы прочности будут: для стекла $0{,}1 \cdot 10^9$ Па, для березы $160 \cdot 10^9$ Па, для нитевидных кристаллов графита 21 ГПа, железа 13 ГПа. Отсюда можно считать, что на основе теоретической модели получена верная оценка величины предела прочности. Значит и наши предположения о модели кристалла оправданы. Так опыт подтвердил теорию.

5) О логике теоретических исследований в обучении.

Физическая теория в обучении – носитель системы, а значит, логики, знаний. Она «ведет» любую деятельность в области физики. Очевидно и практики обучения физике. А в последние годы широкий интерес к проектной деятельности жестко ставит вопрос о логике теоретических исследований. И представления этой логики в проектах. А там не только важна познавательная деятельность, но и управленческая, организационная, конструкторская... Отсюда и мышление приобретает сложные формы. Для нас очевидно, что логика принципа цикличности может действительно помочь просто и корректно организовать такую деятельность школьников. Обычно в обучении место чисто теоретическому исследованию все-таки ограниченно. Методически целесообразнее сначала получить (зафиксировать, наблюдать и т. п.) экспериментальный факт, а затем строить его теоретическую модель и исследовать ее потенциал для объяснения явлений. **Приведем пример.**

Теоретическое исследование. Докажите, что в двух одинаковых закрытых сосудах с одинаковой массой воздуха давление насы-

щенных паров там больше, где температура больше, но меньше относительная влажность.

Факты. В задаче даны два состояния воздуха одной массы, постоянного объема. В обоих состояниях пар пока не насыщенный.

Модель. Давление водяного пара для данной температуры T_1 равно $p_1 = \varphi_1 p_{01}$, где p_{01} – давление насыщенных паров при данной температуре. Для другого состояния формула аналогична $p_2 = \varphi_2 p_{02}$.

При постоянном объеме воздуха, при небольших давлениях можно использовать модель идеального газа. Для этих состояний применим закон Шарля. В итоге получаем $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ или $\frac{\varphi_1 p_{01}}{T_1} = \frac{\varphi_2 p_{02}}{T_2}$, или $\frac{p_{02}}{p_{01}} = \frac{\varphi_1 T_2}{\varphi_2 T_1}$.

Следствие. Для конкретного вывода необходимо взять конкретные данные. Допустим, $T_1 = 275$ К, $\varphi_1 = 55\%$, $T_2 = 300$ К, $\varphi_2 = 12\%$, что соответствует требованию задачи. Получаем при расчете число 5. Значит, мы доказали свою гипотезу – во втором состоянии давлении больше.

Проверим теоретический вывод экспериментальными данными. Для приведенных температур по психометрической таблице находим значения давления насыщенных паров $p_{01} = 0{,}705$ кПа, $p_{02} = 3{,}565$ кПа. Действительно, давление насыщенных паров во втором случае больше, отношение этих давлений примерно 5. Итак, экспериментальные данные таблицы подтверждают наш расчет.

Принцип цикличности: норма или закон. Как у любого знания у принципа цикличности есть границы применимости (Ю. А. Сауров, 2008, с. 64-73). Но здесь выделим одно принципиальное различение. Если обычное «видение» мира считать нормой, то любое научное открытие – 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. В обучении эти фундаментальные методологические положения следует прямо учитывать. Принцип цикличности в методике обучения физике, конечно, дидактический принцип. Отсюда специфические интерпретации его сути у разных авторов. Он позволяет: а) экономно (единообразно, что и есть генерализация!) задать учеб-

ные системы знаний (см., например, [142]), б) задать в структуре содержания учебного материала знание о методе научного познания как фундаментального знания в «опыте рода», в) определить логику и ориентировку практической деятельности по освоению метода научного познания в разной учебной деятельности. Но если перейти на язык познавательных процессов, то принцип цикличности задает норму научного мышления для случая обучения физике.

Обобщим. Если проанализировать поиски методистов и учителей за последние годы, то тенденция налицо: нужна эффективная норма организации познавательной деятельности школьников. Такая норма, которая задает и через содержание, и через процесс современный метод научного познания. А отсюда – и современное мышление, и мировоззрение школьников. Наш опыт убеждают, что принцип цикличности задает такую норму. Если сейчас его настойчиво и целеустремленно не использовать, то мы «потеряем» для физического образования, а значит для современных технологий, для развития страны, новое поколение школьников.

Итак, **научное мышление, выраженное последовательностью познавательных действий** (в частности, циклом), **может и должно транслироваться в обучении.** Тем самым, в частности, обеспечивается освоение метода научного познания, как важнейшего компонента содержания физического образования и средства развития познавательной самостоятельности и творческой инициативы учащихся.

3.6. ОРГАНИЗАЦИЯ МЫШЛЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ ПРИ РАБОТЕ С УЧЕБНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАДАЧЕЙ

Психологи едины во мнении: «В психологии мышление понимается как преобразование знаний в соответствии с требованиями задачи» [22, с. 197]. С точки зрения когнитивной психологии выделяют следующие этапы: чтение текста задачи, интерпретация понятий, извлечение релевантной информации, создание плана решения, выполнение вычислительных операций (Дж. Грино, см. [22, с. 229]). При расшифровке этапов выделяются разные интеллектуальные процессы, в том числе творческие задачи требуют применения метапроцедур. В целом данные стадии довольно хорошо совпадают с этапами решения задач Д. Пойа. И не случайно **с верным по процедурам** решением задач традиционно связывают развитие физического мышления школьников.

Отношение к учебной физической задаче как к объекту изучения и исследования определяет, с нашей точки зрения, новый этап

развития методики решения задач.* Природа затруднений при решении задач многосложная, но в том числе одна из главных причин – непонимание сути и смысла такого дидактического образования как учебная задача. В итоге – неосознанные формальные знания. Хотя очевидно, что физическое мышление формируется во многом при решении задач, но в массовой школе качество этого процесса невысокое. И одна из причин – методически несовременное отношение к задаче.

Назовем наиболее актуальные **проблемы сегодняшней практики решения задач**.

- Школьная учебная физическая задача обычно только упрощенная физическая задача, причем адаптация чаще всего идет по содержанию предмета. Пока нет ни принципов, ни практики построения систем задач (задачников) нового поколения.
- Учебная задача не рассматривается как форма организации или средство освоения опыта деятельности («опыта рода»), а изменение осваиваемого опыта деятельности требует изменения работы по использованию задач, составлению новых задач. К сожалению, индивидуализация привела к необоснованному вымыванию коллективной познавательной деятельности при решении задач. На наш взгляд, верной является критика И. Г. Пустильника традиционной практики отношения к задаче как только к решению ее по некому алгоритму, без постановки вопроса о формировании интеллектуальных умений **искать решение задачи** [121, с. 88].
- В практике обучения массовой школы принижены деятельностные аспекты работы с задачей: решение задач «по формуле» доминирует, рефлексивная деятельность отсутствует, процессы понимания, мышления, коммуникации не учитываются в методике... Академик П. Л. Капица многократно подчеркивал значение «самостоятельности мышления» школьников и студентов и, в частности, писал: «Наш опыт показывает, что задачи, которые дают обычно в сборниках, не всегда имеют тот характер, который воспитывает самостоятельность мышления» (1974, с. 156).
- Опыт деятельности экспериментирования и моделирования как ведущих учебных деятельностей в обучении физике плохо учитывается при конструировании и использовании задач.

Формально задача – знаковый объект и требует к себе отношения как к системе знаков. Известно, что процесс решения понимается как перемоделирование условий, то есть как изменение и развитие знаковой системы. В целом школьная учебная физическая зада-

---

*Орлов В. А., Сауров Ю. А. Норма для практики, или будущее принципа цикличности // Учебная физика. – 2010. – № 1. – С. 36-45; Орлов В. А., Сауров Ю. А. Практика решения физических задач: 10-11 классы: учебное пособие для учащихся общеобразоват. учреждений. – М.: Вентана-Граф, 2010. – 272 с.

ча, во-первых, в главной и доминирующей функции – дидактическая модель, во-вторых, по содержанию – это физическая модель, с которой надо освоить умение работать с системами физических знаний, в-третьих, по процессам деятельности с задачей – это некая методологическая модель, нацеленная на освоение метода научного познания. Отсюда и трудности организации деятельности при решении задач. Заметим, что формально задаваемые и решаемые задачи весьма ограниченно готовят к трудовой деятельности.

Мышление при решении задач, во-первых, организуется (а, значит, задается нормативно), во-вторых, происходит, существует (а, значит, некий духовный процесс). Доминирующим подходом психологов, педагогов, методистов в формировании мышления при решении задач остается теоретическая позиция «внешняя деятельность – психологические новообразования» (интериоризация опыта). Методисты ориентированы на выделение макро-характеристик обычно на языке действий (умений) как представлений мышления. Если это делается в системе, то, по-видимому, задает мышление на языке деятельности. Ниже, в частности, это конкретизирована в форме выделения этапов решения задачи.

Постановка научной проблемы. Следует признать, что за последние двадцать лет понимание норм мышления и мировоззрения усложнилось, но в реальности деятельность школьников фактически не изменилась. Никакое дополнительное физическое содержание уже не даст принципиального эффекта, если не будет изменена сама деятельность. Эта установка пока все еще принимается в муках.

Мысль

Способ деятельности мышления может и должен быть онтологизирован в жизни нормы-знака и транслирован в методической деятельности, то есть передан в обучении. Вот почему при решении всех физических задач «умные» учителя так тщательно работают с рисунками.

Определение материальной точки еще не модель, а вот ее схема – модель, значит, при решении задач надо иметь как минимум два рисунка: а) один изображение реальности, то есть онтологическая картинка по Г. П. Щедровицкому, б) второй – изображение модели, с которым можно работать (добавлять характеристик – скоростей, ускорений, сил, строить уравнения...).

Вот почему, по нашему мнению, ключевым для продвижения в формирования мышления школьников является изменение отношения к физической задаче и процедурам по ее решению. Исторически эта проблема уходит в послевоенные годы. Сейчас для ее разрешения есть основания: а) неплохая теоретическая основа в лице психологии, педагогики и методики физики, б) демократизация учебного процесса, в) востребованность умений решать задачи как в узком смысле обучения (ЕГЭ и другие формы итоговой аттестации), так в широком смысле для повседневной жизни, для управления, производства,

науки.

Вопросы методологии при решении задач. Повторим, современное мышление и деятельность, как социальные по природе образования, включают в себя исторически выработанные разные приемы и способы, разные по иерархии и содержанию знания. Практически все они могут и должны быть представлены в форме учебной физической задачи. Для целей обучения физике это трудно переоценить. Школьная учебная физическая задача, во-первых, это образование мышления и деятельности, во-вторых, по функции – это средство, инструмент воспроизводства мышления и деятельности в условиях обучения (усвоение нормы), в-третьих, это объект изучения и исследования, в-четвертых, это интеллектуальный инструмент освоения реальности, в частности, физической. Отсюда и особенности отношения субъекта с задачей (рис. 3.5). Здесь 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, понимая, что это обозначение реальности. Не случайно опытные учителя подчеркивают значение рисунка, фактически придавая ему функции модели.

Рис. 3.5

При описании учебной деятельности при решении задач специалисты выделяют: а) фактор структуры задач – на нахождение искомого, доказательство, конструирование, б) общую структуру деятельности (варианты: организационно-феноменологические этапы решения задач; ориентировочная, исполнительная, контрольная деятельность), в) деятельность моделирования на всех этапах решения задачи, г) нормы культуры в отношении к задаче и деятельности с ней, в том числе разные ориентировки деятельности, д) составление и использование новых задач, то есть творчество при работе с задачей – в широком смысле, экспериментирование,

е) развитие таких общих интеллектуальных качеств как выделение объекта (характеристик, действий, типа задачи и др.), анализ (условий задачи, явления и др.), построение моделей (предметные или материальные, мысленные, логико-схематические, табличные, графические, математические и др.), выделение и осознание затруднений, систематизация и рефлексия деятельности и др. (В. Г. Разумовский, В. А. Орлов, Ю. А. Сауров, Л. М. Фридман, Г. А. Бутырский, Г. А. Вайзер, К. А. Коханов и др.). Не познавательная деятельность, не учебная деятельность, не мыслительная деятельность, а собственно мышление в узком смысле этого слова внешне проявляется при решении задач, прежде всего, при работе (анализ, синтез, конструирование...) со схемами-моделями на доске (чистое мышление), при понятийном внешне речевом диалоге с учителем или учеником (мысль-коммуникация), в рефлексивном отношении к познавательным действиям и их выражении в схемах и речи, в творческом конструировании задач и способов их решения и др.

Г. А. Бутырский, доцент, автор книг моделей уроков по электродинамике и молекулярной физике (Просвещение, 1992, 1998), экспериментальных задач (Просвещение, 1998, 2000), многих статей по учебному физическому эксперименту.

Его мысль

«При этом мыслительные действия, включая последовательность рассуждений, и практические действия по выполнению рисунка сопутствуют друг другу и выполняются в рамках определенной структуры: состав и особенности системы – начальное состояние – основные явления или процесс – причины... – новое состояние» (2010).

Учебные физические задачи в большинстве случаев сформулированы в рамках правил теории, фактически связаны *и направлены на освоение знаний этой теории. Это неплохо. 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. Вспомним, 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.

Конкретное предложение (следствие). Инвариантная структура деятельности при решении задачи представлена на схеме (рис. 3.6). Через содержание и учебные действия она феноменологиче-

ски задает представление о структуре и процессах мышления ученика.

ОБЩИЙ ПЛАН РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

АНАЛИЗ ТЕКСТА	**Чтение текста задачи, запись условия, работа с терминами и др.**
АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКОГО ЯВЛЕНИЯ	**Выделение явления и его качественное описание:** Какие объекты изучаются? Каково их движение? Какова причина движения? Какова модель объекта (или системы)? Каков характер взаимодействия? Какими физическими величинами характеризуется рассматриваемая система? Можно ли ее считать замкнутой? (и др.) Выполнение рисунка и др. Первый этап – важнейший этап решения: создается образ явления, в процессе анализа усваивается метод выделения и описания физического явления. В разных теориях при анализе явления имеются свои особенности. На данном этапе желательны постановка опытов, выполнение рисунков, графиков, схем, организация диалога и др.
ИДЕЯ или ПЛАН РЕШЕНИЯ	**Определение вида движения физической системы. Определение явления. Выяснение характера условия и требования задачи. Определение законов рассматриваемых явлений.** На этапе подводится итог анализу физического явления. На основе синтеза представлений выдвигается идея (гипотеза) решения. При решении сложных или экспериментальных задач необходим развернутый план решения.
РЕШЕНИЕ	**Запись уравнений законов. Поиск дополнительных соотношений. Математические действия.** Строится и решается математическая модель явления. Используется дедуктивный вывод.
АНАЛИЗ РЕШЕНИЯ	**Анализ ответа в общем виде. Проверка решения. Оценка правдоподобности ответа и др. Поиск иных решений.** «Эксперимент» над задачей: определение границ ее формулировки, составление новых задач и др.

Рис. 3.6

Для обогащения процессов мышления при решении задач следует формировать новые виды деятельности. Одним примером является использование составления задач как средства (метода) организации мышления школьников с целью освоения умений решать задачи.

Другим примером является построение и использование в процессах обучения новых видов учебных задач (или задач с **но-**

выми функциями), к которым, прежде всего, относим задачи с методологическим содержанием. Важно определить образцы таких заданий и задач. Они требуют новой деятельности с задачей, новых знаний и, как следствие, лучше формируют те или иные черты единого феномена мышления. Ниже и обозначен их дидактический потенциал.

- На определение **статуса знания** (понятий, законов, фактов, принципов и т.д.). Например. В учебнике написано: «В замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц остается неизменной». Это утверждение является а) определением явления, б) физическим законом, в) опытным фактом, г) названием явления (из приведенных ответов выберите верный ответ).
- На использование **моделей и моделирования** при познании природы, на функции моделей в физике. Например, в задачах находят отражение ответы на вопросы: Можно ли считать математический маятник моделью? Ответ всесторонне обосновать. Можно ли считать моделью наблюдаемые на экране волны, полученные в результате отражения света от волн, бегущих на поверхности воды? В чем основной недостаток представлений о гармонической волне? Чем модель атома по Бору отличалась от модели атома Резерфорда? Каковы недостатки модели атома по Бору? Как они были преодолены?
- На **выдвижение гипотез**, их доказательство теоретическими и экспериментальными методами. Например. Как без проведения эксперимента доказать следующую гипотезу: я могу свободно сдвинуть с места шкаф с книгами? Всегда ли верно, что для доказательства гипотезы удобно использовать экспериментальный метод? Приведите в качестве аргументов примеры.
- На понимание того, что с объектами науки надо работать как с объектами науки, а не как с реальными предметами: не пытайтесь потрогать массу, подышать идеальным газом и т. д.
- На различные аспекты **построения научного знания**: структура теории, виды знания, функции знания и др. Например, обсуждаются вопросы: Чем отличается наблюдение от эксперимента? (Ответ: наблюдение – изучение происходящих явлений в природе, эксперимент – это искусственное производство физического явления.) Какие источники физических знаний вам известны? (Ответ: наблюдения, эксперименты, теоретическая деятельность. При ответе на подобные вопросы необходимо обращение к авторитетам, цитирование работ классиков.) В каком случае новая физическая теория будет вполне удовлетворительной, если она: а) объясняет половину известных фактов; б) хорошо согласуется с известной теорией; в) основана на здравом смысл; г) удобна для использования; д) объясняет известные факты и предсказывает новые.
- На закономерности (особенности) **развития научного знания**, науки: абсолютность и относительность знания, связь научного знания с практикой, гуманистическая направленность научного знания, роль теории в современном обществе, роль знаний в жизни человека и др. Например. Известный физик, лауреат Нобелевской премии В. Л. Гинзбург выделяет следующие особенности развития научного знания: а) переход от экспоненциального роста внешних показателей научного развития на режим насыщения, б) при относительном постоянстве условий, ресурсов сохранение темпа роста научного знания, в) отсутствие возможностей для сколь-либо существенного повышения эффективности творческой деятельности (см.: Как развивается наука? Замечания по поводу книги Т. Куна «Структура научных революций» // Природа. 1976. № 6. С. 73-85). Приведите примеры в качестве доказательства действия данных факторов при производстве научных знаний. Каковы основные показатели развития физики? Ка-

ковы основные закономерности (черты) развития физики?

- На конкретные методы и **методики научного исследования**: макроскопическое и микроскопическое описание объектов, статистические и динамические закономерности, системный анализ, математика как язык физики, мысленный эксперимент и др.
- На особенности **экспериментального метода познания**: связь теории и опыта, взаимодействие прибора и объекта, интерпретация результатов эксперимента, экстраполяция и интерполяция, проблема точности экспериментальных данных, природа погрешностей, приемы 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? (Ответ: воспроизводим, имеет цель, всегда является модельным, предполагает интерпретацию результатов, не дает абсолютных выводов). Каковы особенности мысленного эксперимента? (Ответ: 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.)
- На **отделение объектов природы от объектов науки**, то есть от средств описания: объекты природы и объекты науки (классификация), познаваемость объектов природы, непрерывность познания, проблема выбора средств описания, иерархия моделей, рациональное и нерациональное знания и др. Например. Можно ли утверждать, что классическая механика ошибочна, ибо она не дает точного описания механического движения и даже неприменима для тел, движущихся с большими скоростями? Можно ли определение границ применимости теории считать признаком а) несовершенства теории, б) неверности теории? Есть ли границы применимости у науки?
- На **конструирование** (теоретическое и экспериментальное) объектов, задач, проблем. Пример: предложите сто задач со спичечным коробком.
- На комплексное **исследование физического объекта**: разные явления, разные средства описания и др. Например: опишите все физические свойства предложенного объекта (деревянного бруска, металлической монеты, воздуха в классной комнате и др.).

Итак, особенности внешней деятельности при работе с задачей задают **особенности физического мышления**: выделение в понятиях объектов деятельности; интеллектуальный выбор целей, методов, ориентировок внешней деятельности с объектами; выражение методов и результатов деятельности в знаковых моделях; теоретическое исследование моделей; обобщение результатов, планирование в понятиях мысленных и реальных экспериментов для доказательства эффективности моделей; рефлексия мыслительной деятельности.

Рассмотрим **примеры организации мыслительной деятельности** школьников при решении задачи.

Пример 1. Две свинцовые пули движутся навстречу друг другу. При какой скорости в результате удара они расплавятся?

Сначала обратимся к общему представлению о фактах. Повторим, что к фактам, прежде всего, относят события и обстоятельства реальности. В науке эти события реальности обозначены понятиями.

Мы получили (и это всегда так!) понятия из науки (культуры) и таким образом «получили» возможность видеть события реальности. Вот почему теория ведет восприятие мира, в итоге теория ведет практику.

К фактам, то есть как к данности (в том числе и эмпирической), при решении задач относят значения физических величин, общепринятые знания. Не случайно при формулировке многих задач по механике уже даже не пишут, что трением надо пренебречь. А так формируется стереотип (нередко вредный) по отношению к задаче. В жизни ведь заранее не известно, чем надо пренебречь. Надо видеть все обстоятельства объекта или явления, то есть надо видеть реальность по возможности во всей полноте. И только затем внести ограничения.

Охарактеризуем нашу задачу как объект: заданы явления – движение пуль, их столкновение, нагревание и плавление; конкретных данных о пулях нет. Итак, некоторые факты надо определить самому школьнику: пули, по-видимому, лучше для простоты решения взять одинаковыми, например, по 10 г, скорость их движения тоже одинаковая, начальную температуру пуль до столкновения следует оценочно взять равной температуре среды, например, 27°С. (Выбор этого значения температуры тоже не случаен, так удобно с учетом значения температуры плавления.) Последний факт явно не точный, ведь пули при движении нагреваются довольно существенно. Такой выбор этого факта, что право решающего, дает свое приближение при решении. Данные о процессе плавления берем из справочника: удельная теплоемкость 0,131 кДж/(кг · К), удельная теплота плавления свинца 24,3 кДж/кг, температура плавления свинца 327°С.

Вывод: выделение, определение фактов существенно влияет на итоговый результат решения, отчасти на сложность решения, хотя в данном случае сама идея решения не изменяется – использование закона сохранения энергии для выделенных процессов.

Кинетическая энергия двух пуль идет на их нагревание и плавление. Математически получаем выражение для закона сохранения энергии: $2\frac{mv^2}{2} = 2mc(t_2 - t_1) + 2m\lambda$. Общее решение имеет вид: $v = \sqrt{2c\Delta T + 2\lambda} \approx \sqrt{2 \cdot 131\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \cdot 300\text{К} + 2 \cdot 24300\text{Дж}/\text{кг}} \approx 357\text{м/с}$.

Полученное значение скорости можно оценить как реальное. Но раз мы взяли начальные данные (хотя бы некоторые) с точностью до двух знаков, то и здесь в ответе надо привести к такой же точности, то есть скорость будет 360 м/с. Это факт решения. И он в рамках модели всегда должен быть точен, поэтому он и факт.

И эта интерпретация результата – тоже работа с фактами. При решении многих задач такая оценочная работа необходима, она позволяет получить физический результат из математического ре-

зультата. В принципе автоматически это никогда не следует. И требуется специальная работа. Она опирается на фундаментальные положения физики, мировоззренческие установки. Например, скорость пули в любом случае не может быть больше скорости света.

Пример 2. 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. Излучение, 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 холод-

ные 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. И фрагментами он используется при решении всех задач.*

3.7. ОРГАНИЗАЦИЯ МЫШЛЕНИЯ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАНИИ

Чтобы настроиться перспективно на нужную «волну» видения методики, приведем еще несколько важных теоретических положений о коллективной природе такого феномена как мышление:

1) В. В. Давыдов: «Мышление отдельного человека – это функционирование присвоенных им исторически сложившихся форм деятельности общества»; «Трудовая деятельность, экспериментальная по своей сути, позволяет людям вскрывать необходимые, всеобщие связи предметов»; «Все виды духовной деятельности человека, в том числе и научной, осуществляются не изолированными индивидами, а являются общественными процессами»; «возникновение чувственно-предметного эксперимента явилось по сути дела и возникновением теоретического мышления в его внешней, практической форме» (1972, глава VII).

2) А. А. Устиловская: «В силу того, что деятельность и мыследеятельность не являются индивидуальными, а реализуются группами людей, общностями, необходимо рассматривать процессы, характеризующими кооперацию действий и мышления. Именно групповая работа и особая роль взрослых в организации взаимодействия участников малых групп... являются ведущими... при решении задач» (2011, с. 179).

По сути передаваемого при обучении физике «опыта рода» (опыт и результаты физического познания) и с учетом дидактиче-

---

*См. пример интересного диалога как формы мышления при использовании разных моделей при решении одной задачи: Долгов И. Л. Многовариантное решение физических задач // Физика: Методическая газета. – 2010. – № 22. – С. 11-14.

ского характера процессов усвоения рационально в учебной деятельности выделить две (ведущих!) деятельности – моделирования и экспериментирования (Ю. А. Сауров, 2011, Глазов, Всероссийская научно-практическая конференция).

Мысль

«Однако в силу ряда причин в практике преподавания экспериментальный метод часто отрывается от теоретического обобщения, последнее же заменяется эмпирическим выводом закономерности... Но на основании одной эмпирии нельзя прийти к физическим принципам, минуя схему познания, указанную диалектической логикой»

В. В. Мултановский (1976, с. 16)

Для задания (и формирования как реальности), например, деятельности экспериментирования необходимо постоянное дидактическое исследование в логике «объект – предмет», при периодическом обобщении по принципу: объект = суммирование (суперпозиция) предметных представлений. Так полученное методическое знание «перетапливается» в представление об образовательной реальности. Здесь и физическое содержание, и логика процесса познания, и методическая интерпретация и многое другое. И в целом экспериментирование задается как норма (историческая, культурная, практическая и др.). Параллельно именно в такой работе ищутся и формулируются нормы современного физического мышления. Так это всегда делали великие физики и просвещенцы, так это делают дидакты и методисты.

Для понимания фундаментальности (и места в обучении!) деятельности экспериментирования в научном познании и обучении выделим под историко-методологическим углом зрения **технологии получения и использования научных знаний** (см. работы Г. П. Щедровицкого, В. С. Степина, А. В. Ахутина, В. А. Лекторского):

- Процедура измерения – данные (знания) – обобщение для практики, распространение процедур измерения (некий «обмен» знаниями).
- Выделение объекта – знания о нем (знания «привязываются» к реальному объекту, явлению)... Это сильно изменяет практику получения знаний.
- Создание онтологий, то есть картин мира – под этим углом зрения получение знаний...
- Создание научного эксперимента как практики получения знаний (Г. Галилей). Г. П. Щедровицкий писал: «Не знания мы проверяем в эксперименте, а наши онтологические картины, наши идеальные объекты» (1997, с. 495). Но отсюда в итоге и знания.
- Моделирование – модель – знания... Получение знаний на модели – современный механизм получения знаний, но он всегда подкрепляется экспериментом.

• Современная практика получения знаний (понятная и важная в рамках инновационной модели развития) включает все технологии (способы) получения научных знаний, в неком смысле суммирует их.

Принципиально важно, однако, подчеркнуть, что в рамках любой доминирующей в истории технологии получения знаний необходимы и находят свое место такие процессы – обобщения, инсайта, логические выводы, практические предметные действия.

Рис. 3.7

Физическое мышление, скажем, в форме логической нормы «факты – модель – следствия – эксперимент» успешно реализуется уже на многочисленных примерах учебных экспериментов (В. В. Майер, В. Г. Разумовский и др.). Ниже в дополнение обращается внимание на выделение моделирования в экспериментировании. В целом обобщим: деятельности экспериментирования и моделирования в познании существуют взаимосвязано, то одна оказывается ведущей, то другая.

Исследование 1. Как и почему с точки зрения МКТ взаимодействуют свинцовые цилиндры при соприкосновении (рис. 3.7)?

Организация физического мышления школьников при выполнении исследования: выделяются **в ходе коллективного обсуждения** проблемы, ищется их решение, организуется изобр ажение мыслительных действий в моделях (метауровень).

Проблема 1. Исследовать, при каких условиях цилиндры при соприкосновении «слипаются» (рис. 3.7)?

Мыслительные действия. Взаимодействуют ли два цилиндра на расстоянии? Заметно ли их притяжение? Заметно ли их отталкивание?

Материальное действие: сначала слабо, а затем **максимально плотно цилиндры соприкасаются плоскими** гранями, но притяжения цилиндров не наблюдается.

Проблема 2. Зачищают известным способом грани свинцовых цилиндров. Почему с точки зрения МКТ при зачистке граней цилиндры взаимодействуют – притягиваются – при соприкосновении?

Мыслительное действие 1. С точки зрения МКТ вещество состоит из частиц. Значит, цилиндры взаимодействуют, потому что взаимодействуют частицы, из которых они состоят. Но почему это взаимодействие не проявляется на расстоянии, но даже и при соприкосновении проявляется только при некой специальной зачистке поверхностей?

Мыслительное действие 2. Построим МКТ модель поверхностного

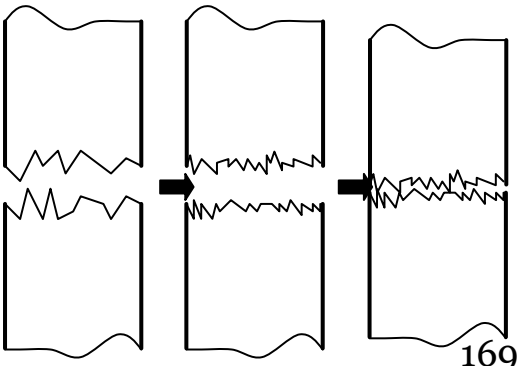


Рис. 3.8

слоя цилиндров и объясним их взаимодействие в разных ситуациях (рис. 3.8).

Как с помощью модели объяснить лучшее соединение цилиндров не только при плотном их соприкосновении, но и одновременном вращении, притирании? По схеме-модели можно предположить, что при притирании частично сглаживаются неровности и плотность соприкосновения (то есть число взаимодействующих частиц) растет.

Проблема 3. Почему при взаимодействии цилиндры не становятся одним целым, то есть почему связь разрывается при подвешивании нескольких грузиков?

Материальное действие 1. Выполняется опыт: наблюдается разрушение связи уже при подвешивании 3-10 грузиков по 100 г.; причем, при внешне одинаковом повторении опытов, число грузиков, необходимых для разрушения связи цилиндров, может быть неодинаковым.

Мыслительное действие 1. При каких условиях связь цилиндров легче разрушается? Зависит ли это от времени взаимодействия?*

Мыслительное действие 2. На основе построенных МКТ моделей поверхностного слоя предскажем, все ли частицы поверхностей цилиндров взаимодействуют между собой? И к каким следствиям это приводит?

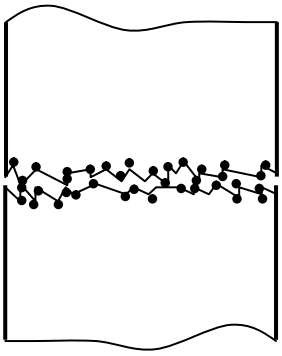


Рис. 3.9

На схеме-модели (рис. 3.9) видно, что разные частицы поверхностей расположены на разных расстояниях, ближе или дальше. По-видимому, условие взаимодействия (притяжения) соблюдается только для сравнительно малой части частиц, что находятся на микроскопически близком расстоянии.

Материальное действие 2. Опыт (практика) показывает, что цельный свинцовый цилиндр не разрывается при существенной нагрузке (по оценке в сотню раз большей), значит, действительно, только сравнительно малая часть частиц поверхностного слоя взаимодействует при соприкосновении цилиндров.

Методическое заключение. Физическое мышление выражается в параллельном выполнении а) мыслительных в форме моделирования и б) материальных, в форме экспериментирования, действий. Но последние могут приобретать и форму мысленного эксперимента. Значит, мысленное моделирование играет ведущую роль в выполнебии физического мышления. Но проблемы формулируются, а выводы проверяются на основе фактов практики (экспериментальных) вне зависимости от формы их получения и представления.

Исследование 2. Провести опыт по нагреванию металлического шарика и объяснить на основе МКТ представлений наблюдаемое явление.

По аналогичной схеме **организуется процесс** физического мышления школьников.

Проблема 1. С помощью установки (рис. 3.10) экспериментально зафиксировать, что происходит с металлическим шариком при его нагревании.

Материальное действие: а) проверяем, как проходит шарик сквозь кольцо, б) нагреваем шарик и вновь выясняем, проходит ли шарик сквозь кольцо.

Мыслительные действия: Плотно ли проходит шарик сквозь кольцо? Как меняются условия при повторении опыта? Выскажите предположения, как дополнительно доказать, что шарик не проходит сквозь кольцо именно из-за нагревания?

Материальное действие: оставляем шарик на кольце и некоторое время наблюдаем за ним. Вопросы для обсуждения: Что происходит с металлическим шариком? (По-видимому, охлаждается.) Нагревается ли кольцо и имеет ли это значение?

Проблема 2. Как построить МКТ модель наблюдаемого явления увеличения объема шарика при нагревании?

Мыслительное действие 1. С точки зрения МКТ вещество состоит из частиц. Изменяется ли число частиц шарика при его нагревании? Какая еще может быть причина увеличения объема шарика при нагревании?

Мыслительное действие 2. Построим МКТ модель расположения частиц шарика при разных температурах (ситуациях) (рис. 3.10).

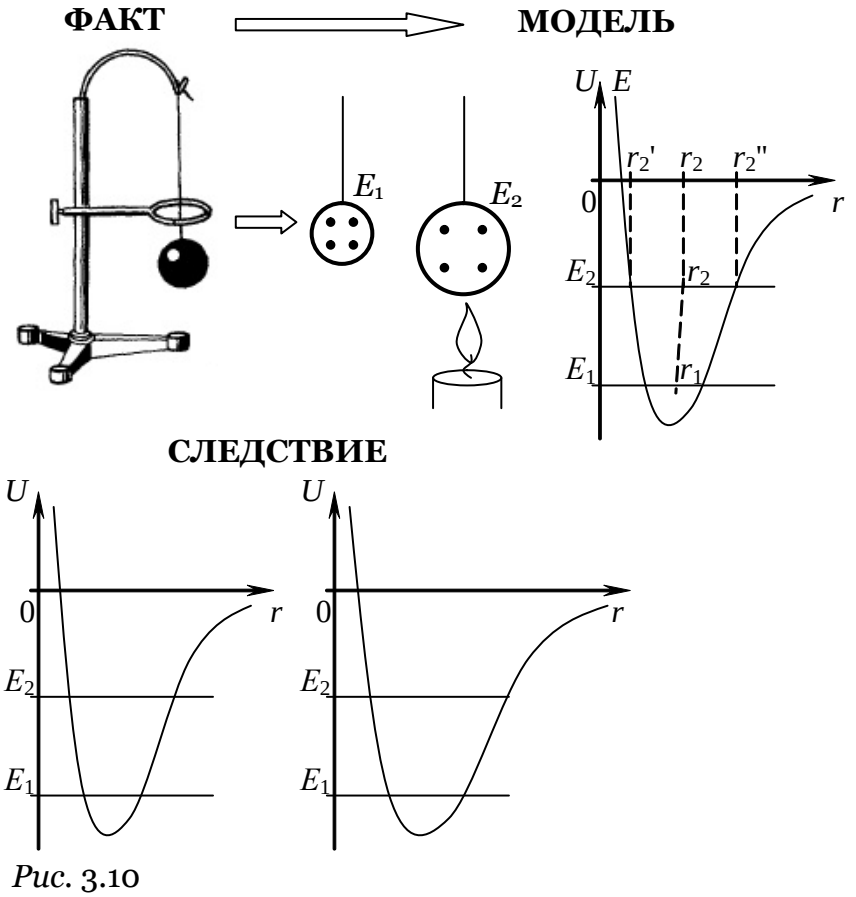


Рис. 3.10

Как с помощью модели объяснить изменение объема шарика? Как с помощью МКТ модели предсказать изменение объема шарика при дальнейшем нагревании?

Проблема 3. Почему среднее расстояние между частицами вещества шарика увеличилось, ведь при нагревании должна увеличиваться только амплитуда колебаний частиц?

Мыслительное действие 1. Увеличивается ли при нагревании металлического шарика амплитуда колебаний его частиц? Изменяется ли при этом их кинетическая и полная энергия? Достаточно ли изменения кинетической энергии частиц шарика для объяснения увеличения расстояний между частицами?

Мыслительное действие 2. Изменяется ли согласно МКТ модели характер взаимодействия частиц металла при его нагревании? К чему в итоге это приводит?

На схеме-модели (рис. 3.10) видно, что разные частицы поверхностей расположены на разных расстояниях, ближе или дальше. По-видимому, условие взаимодействия соблюдается только для сравнительно малой части частиц, которые находятся на микроскопически близком расстоянии, что приводит к их притяжению.

Материальное действие 2. Опыт показывает, что цельный свинцовый цилиндр не разрывается при существенной нагрузке, значит, действительно, только сравнительно малая часть частиц поверхностного слоя взаимодействует при соприкосновении цилиндров.

К. А. Коханов – представитель нового поколения вятских методистов-физиков. Его двигает интерес к методическим моделям, коллективной мыслительной деятельности, занимательным экспериментальным задачам…

Его **мысль**

«Но учитель, хотя бы раз организовавший на своём уроке слаженную совместную (коллективную) познавательную работу будет стремиться к этому снова и снова.»

Исследование 3. 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-то 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 нагрева-

ется, 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? Воду какой температуры следует взять? Можно ли решить задачу, если окончательная температура равна нулю, но снег полностью растаял? Как это практически сделать?

Организация коллективной мыслительной деятельности при экспериментировании на уроке. В 2013 году нами была разработана методика и проведен педагогический эксперимент по организации доминирования самостоятельной деятельности экспериментирования и моделирования на уроках. Первая несет отчетливо выделяемую особенность деятельности с реальными (материальными) физическими объектами или явлениями. Вторая несет понимание явления через построение знаковых моделей. А обе вместе в совокупности обеспечивают разнообразие интеллектуальных процессов (мышления, понимания, коммуникации, рефлексии) и способствуют формированию познавательной мотивации.

Выполнение учебной деятельности одновременно выступает результатом и единственной формой ее освоения, а самостоятельная деятельность – высшей (вырожденной) формой и целью. Отсюда эффективность процедур освоения деятельности определяется созданием условий экспериментирования над всеми сторонами объекта – материальными и модельными – в кооперированной (коллективной, групповой, диалоговой) практике.

Для доказательства эффективности такого взгляда по содержанию материала, возможностям демонстрации и организации деятельности подходит тема «Световые явления» (8, 11 кл.). Имеется хорошая возможность сравнительно просто при работе с материалом реализовать логику метода научного познания «факты, проблема – гипотеза, модель – следствия – эксперимент, границы применимости знания», организовать групповую и самостоятельную диалоговую работу школьников.

Важной особенностью организации учебного процесса является организация познавательной деятельности группами школьников. Не случайно современные авторы утверждают: «К метапредметному слою следует также отнести нормы организации коллективной деятельности и мыследеятельности» (А. А. Устиловская, 2011, с.11).

Ниже приведено максимально конкретное изложение **модели построения типичного урока под обозначенную выше идею**. Всего подготовлено и проведено семь таких уроков по теме.

Урок 2. Изучение источников света и световых пучков

Цель урока: Изучить окружающие источники света, световые пучки (факты) и построить их модели.

Оборудование: Настольная лампа с лампой накаливания мощностью от 60 до 100 Вт с прямой спиралью – 1 шт., стержень шариковой авторучки – 1 шт., лампа карманного фонаря (источник тока, ключ, провода) – 1 уст. на группу, небольшая картонная фигурка – 1 шт. на группу, лабораторный экран со щелью – 1 шт. на группу, линейка – 1 шт. на группу, лист бумаги – 1 шт. на группу, карандаш – 1 шт. на группу, световой проектор (диапроектор) – 1 шт., лазерная указка – 1 шт.

Введение. Любой видимый предмет является источником света, даже если не излучает свет, а лишь отражает его. Изучение источников света – важная задача, ведь деятельность человека немыслима без освещения (мотивация, целеполагание).

Первая задача исследования состоит в изучении свойств различных источников света, их теоретическом описании (создании модели источника света), использовании модели для объяснения разных свойств осветителей.

Вторая задача – изучение световых пучков. Знание свойств световых пучков позволяет не только объяснять некоторые световые явления, но создавать приборы для управления пучками. К таким приборам относятся лупа, бинокль, киноаппарат, диапроектор. Моделью пучка является световой луч. Светового луча в природе нет, но с помощью его (или набора лучей) можно представить любой реальный пучок и теоретически описать его поведение (сформулировать закон).

Ход исследования

I. Задания для коллективной (совместной с учителем) работы

1.1. Исследуйте световые свойства лампы накаливания

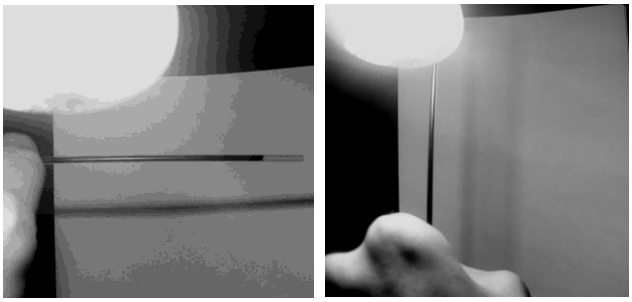


Рис. 3.11

Рассмотрим тени, которые можно получить от лампы, внося между лампой и экраном стержень шариковой авторучки.

Например, в опыте, показанном на рис. 3.11, при вертикальном и горизонтальном положениях стержня тень получается не одинаково резкая. Почему? Расстояния между лампочкой и стержнем, стержнем и экраном в обоих случаях одинаковые.

Исходя из результатов опыта, постарайтесь объяснить, почему для освещения учебных кабинетов используется несколько ламп. Почему бы вместо этого не использовать одну мощную лампу?

1.2. Изучите условия видимости светового пучка

После включения учителем диапроектора и лазерной указки, пронаблюдайте и запишите, видно ли распространение света в темном, но не пыльном помещении, если свет от указанных источников направляется параллельно доске; на доску.

Пронаблюдайте и запишите, какие изменения происходят, когда в пучок забрызгиваются капельки из пульверизатора.

II. Задания для групповой (парной) работы

Далее необходимо построить модели источника света и светового пучка. Модели должны отражать и объяснять свойства как простых объектов моделирования, так и сложных.

2.1. Опишите размеры окружающих источников света

Запишите источники света, использующиеся для освещения класса, оцените (или, если возможно, измерьте) их размеры.

Сделайте вывод о границах размеров окружающих вас источников света.

2.2. Сравните равномерность излучения света различными источниками

Получите на лабораторном экране тень картонной фигурки сначала от окна, а затем от лампочки. Фигурку располагайте на одном и том же расстоянии от экрана (например, 5 см). От какого из источников получается более резкая тень и больше напоминающая форму фигурки? Запишите результаты наблюдений.

Располагая фигурку и экран поочередно сбоку и над лампочкой, изучите, как изменяется тень в зависимости от положения фигурки относительно лампочки.

Сделайте вывод и напишите, какой из изученных источников света излучает свет более равномерно во все стороны.

2.3. Моделирование источника света

Рис. 3.12

Модель источника света должна быть удобна для описания любого по размерам и свойствам реального источника света. Она называется точечным источником света. Его изображение показано на рис. 3.12.

Определите, каковы свойства точечного источника света.

Обдумайте и напишите, как по отношению к наблюдателю (близко или далеко) должен располагаться любой реальный источник света, чтобы его можно было описывать моделью «точечный источник света» (вспомните о реальных и кажущихся размерах и световых свойствах небесных светил).

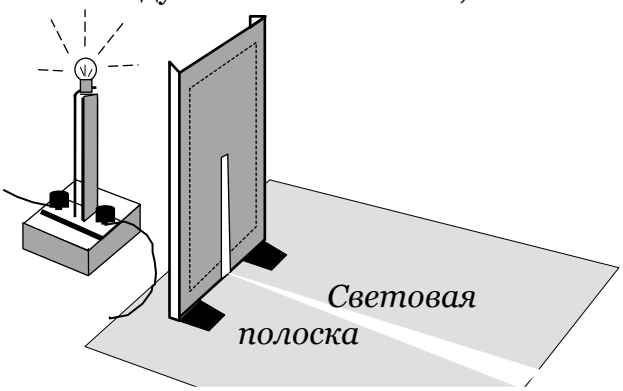


Рис. 3.13. *Схема получения световой полоски*

2.4. Изучите условия наблюдения светового пучка, выходящего из прорези

Соберите показанную на рис. 3.13 установку. Включите лампу и с помощью экрана с прорезью получите на листе с выполняемым заданием любую световую полоску. Очертите ее.

Поднимая лампу и экран над бумагой, исследуйте, можно ли увидеть световой пучок в воздухе без бумаги.

Сделайте вывод о возможности наблюдать распространение светового пучка, если нет среды, которая отражает часть света к нам в глаза.

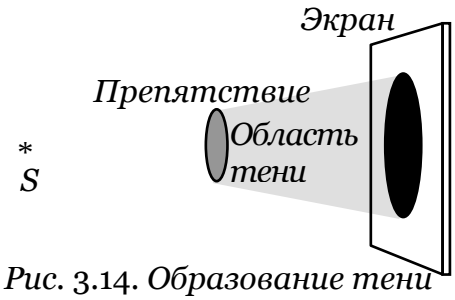


Рис. 3.14. *Образование тени от круглого препятствия*

2.5. Моделирование светового пучка

Моделью светового пучка является световой луч. Световым лучом называется линия, вдоль которой распространяется световой пучок. Эта линия изображается в виде отрезка прямой (когда свет распространяется в однородной среде) с указанием направления распространения пучка.

Нарисуйте световые пучки от диапроектора, лазерной указки и прорези в экране. Подумайте, как изобразить эти пучки в виде световых лучей. Какое ***минимальное*** число лучей необходимо для изображения данных пучков?

III. Задания для индивидуальной работы

3.1. Перерисуйте рис. 3.14 в тетрадь и с помощью лучей, выходящих из точечного источника *S*, покажите, как на экране образуется тень от круглого препятствия.

3.2. На горизонтальной площадке стоят два вертикальных столба. Высота первого столба 2 м, длина его тени 1 м. Какова высота второго столба, если длина его тени равна 70 см? Источником света является солнце.

3.3. На рис. 3.15 *а, б* изображены фотографии тени летящего мяча. В одном случае источником света является маленькая лампочка, а в другом – большой матовый плафон. Какой рисунок соответствует лампочке? Сделайте схематические рисунки для нахождения тени и полутени в обоих случаях.

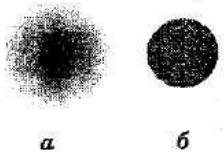


Рис. 3.15

3.4. В заборе имеется длинная горизонтальная щель, а за забором находится лев (рис. 3.16). Повторите схематически рисунок в тетради и отметьте различными цветами области, из которых через щель: а) виден весь лев; б) видна только часть льва; в) совсем не видно льва.

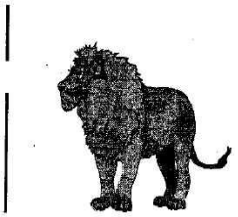


Рис. 3.16

3.5. На столе стоит цилиндр *B*, а в т. A_1 и A_2 расположены подставки с маленькими лампочками (на рис. 3.17 изображен вид сверху). Повторите рисунок в тетради и изобразите на нем области тени и полутени на поверхности стола.

3.6. На ровной горизонтальной площадке стоят два вертикальных столба. Высота первого столба 3 м, высота второго 2 м. Длина тени первого столба 4 м, длина тени второго столба 3 м. Что является источником света: солнце или фонарь? Обоснуйте свой ответ с помощью рисунка.

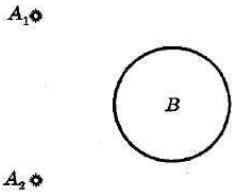


Рис. 3.17

3.7. В заборе имеется круглое отверстие диаметром 1 см, а за забором напротив отверстия висит яблоко диаметром 12 см. На каком расстоянии от забора должен находиться глаз, чтобы он видел все яблоко, если расстояние от яблока до забора 1 м?

Методика опробована в лицее № 21 (с учениками двух восьмых классов с гуманитарным профилем, педагог Сысоева Т. А.), а также в колледже промышленности и автомобильного сервиса (со студентами двух групп 1 курса, педагог Войнова М. А.) г. Кирова. В мотивационной сфере обучающихся зафиксирован ряд заметных изменений. Сейчас выделим главное:

– во всех экспериментальных группах на 5-10% увеличилось количество обучающихся, стремящихся к высшей оценке по предмету;

– везде **заметно** изменилась и оценка обучающимися своих текущих знаний по предмету. Изменения носят сложный характер. Во-первых, во всех группах увеличилось количество учеников, считающих, что освоили тему «на отлично»; во-вторых, в разных типах заведений сильно и при этом полярно изменилось число обучающихся, считающих, что тему усвоили плохо: в лицее таких школьников стало больше на 19%, а в колледже в одной группе количество таких обучающихся уменьшилось на 16%, а в другой – их число не изменилось, но на 9% уменьшилось число тех, кто считает, что тему понял удовлетворительно;

– в целом увеличился интерес к изучению нового материала, при этом лабораторный практикум перестал быть единственной предпочитаемой формой деятельности на уроке;

– значительны изменения в оценке значения предмета физика. В ответе на вопрос: «Что побуждает вас изучать физику? а) заставляют учителя и родители, б) необходимость получить оценку, в) желание изучить физические явления, г) желание знать больше, чтобы преуспевать в жизни, д) интерес к но-

вому знанию» **во всех группах увеличилось количество учеников, выбирающих в качестве ответа вариант «г»**; при оценивании необходимого числа недельных часов по физике после эксперимента за его увеличение стало высказываться большее число школьников.

– в двух группах **сильно** увеличилось количество обучающихся, считающих физику сложным предметом (в одном из 8-х классов с 35 до 63%); во всех группах возросло число учеников, отмечающих, что наибольшие затруднения при освоении материала они испытывают при решении задач.

В целом анализ ответов на вопросы теста показывают, что изменения в мотивационной сфере учащихся весьма явны, значительны, принципиальны и в большинстве позитивны. Это позволят видеть в новой методике потенциал к радикально новому построению учебного процесса.

В предлагаемой технологии организации учебного процесса жесткие общекультурные нормы (по содержанию, процессам) сочетаются со свободой творчества при выборе и решении экспериментальных задач (и со стороны учителя, и со стороны школьников). Очевидно, продуктивность освоения сложных методологических по уровню знаний и умений обеспечивается а) активной коммуникацией в деятельности, что обеспечивается передачу опыта, б) взаимопомощью при построении моделей, в) индивидуальной (самостоятельной) деятельностью при решении задач на отработку.

Организация коллективной мыслительной деятельности при решении проблем в условиях соревнования. Приведем пример описания такой деятельности на примере физического боя.*

Целевая организация мышления. Главное внимание разными средствами уделяется на знакомство со стилем деятельности (во всех аспектах – мышление, общение, рефлексия, разделение ролей и др.) на игре. Физический бой – это познавательная игра, в ходе которой команды школьников соревнуются в решении необычных, порой очень сложных задач по физике. Это состязание для всех желающих школьников, где важно не только суметь решить задачу, четко представить решение, но и внимательно ознакомиться с чужой точкой зрения, найти в ней слабые и сильные стороны. Побеждает та команда, которая смогла доказать превосходство своих решений в полемике с оппонентами и членами жюри. Стало традицией, что часть задач выдается школьникам накануне физбоя, а часть задолго до турнира – за один-два месяца. Во втором случае – это задачи, требующие либо длительного обдумывания, либо самостоятельного и систематического наблюдения, либо изготовления экспериментальной установки. В 2013 году вместе в Кировском турнире приняли участие ребята (более 100 школьников 7-9 кл.) из ведущих средних общеобразовательных учреждений г. Санкт-Петербурга, Челябинска, Перми, Иркутска, Казани, Кирова.

Стиль получения положительного результата в решении необычных проблем или задач, «непосильных» для отдельного школьника. Совместную работу учеников, к сожалению, далеко не часто встретишь на современном школьном уроке. Добиться продуктивной работы сразу всего класса под силу разве что очень подготовленному учителю. Но учитель, хотя бы раз, организовавший на своем уроке слаженную совместную (коллективную) работу, будет стремиться к этому снова и снова. В такой работе удается достичь высоких результатов обучения всех школьников: растет познавательная активность, прежде всего, в передаче опыта между субъектами.

---

*Использован материал статьи М. В. Гырдымова, К. А. Коханова, А. П. Сорокина, М. П. Позолотиной, Д. В. Перевощикова.

Физбой требует обязательной солидарной работы всех членов команды. Поэтому в ходе проведения турнира фиксируются по-настоящему яркие образовательные феномены. При подготовке к физбою, когда ВСЕ члены команды включаются в единый мыслительный процесс, нередко случаются настоящие открытия (рис. 3.18)! В своих Анкетах участники неоднократно отмечали, что в решениях некоторых задач им удалось продвинуться гораздо дальше, чем даже авторам задач и компетентному жюри. И это при том, что жюри (авторский коллектив) традиционно представлен преподавателями вузов и школ, студентами и школьниками 10–11-х классов – призерами и победителями заключительных этапов всероссийских олимпиад.

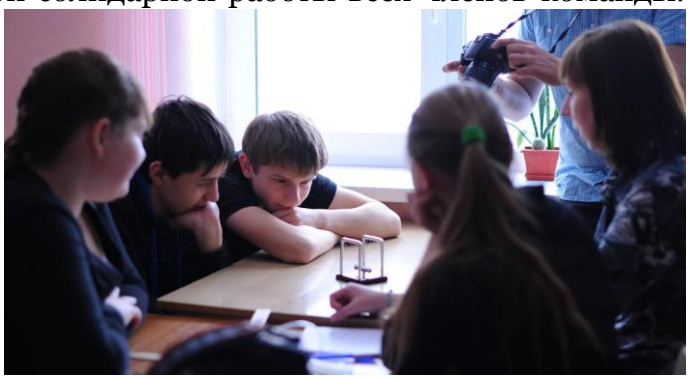


Рис. 3.18. Мысль как социальное действие нуждается в коммуникации (начало постановки задачи...)

На некоторых турнирах юных физиков практикуется предварительное командное обсуждение задач с авторами-составителями. Это подчеркивает открытость, свободу творческого поиска, знакомит с опытом «зигзагов мышления».

Освоение экспериментального метода науки. Многолетнее исследование мотивации школьников к изучению физики в Кировской области позволило выявить замечательный факт: если на школьных уроках самостоятельный эксперимент проводится редко, то при анкетировании школьники указывают на необходимость увеличения количества лабораторных работ; когда же лабораторный практикум проходит в достаточном объеме, тогда ученики в подавляющем большинстве не выделяют эксперимент перед другими формами работы. Таким образом, просто проведение обычных работ лабораторного практикума слабо усиливает познавательную мотивацию школьников.

Рис. 3.19. Понимание экспериментирования с воздушным шариком требует моделирования

Иная ситуация наблюдается на турнире. Несмотря на то, что каждая вторая задача турнира была экспериментальной, в анкетах 90% (!) участников отметили, что задачи интересны. Ни один из участников не выразил отрицательного отношения к экспериментальным задачам, кроме того 30% школьников написало о необходимости увеличения доли именно таких заданий.

На КТЮФе значительное место занимают опыты с физическими игрушками, эксперименты по «разоблачению» физических парадоксов. Такие эксперименты способствуют проявлению познавательного интереса, желанию их решать. Но, что гораздо важнее, на основе этого удается формировать экспериментальные умения, включающие не только манипулирование с оборудованием, но и формулирование гипотез, выдвижение идей, действия моделирования.

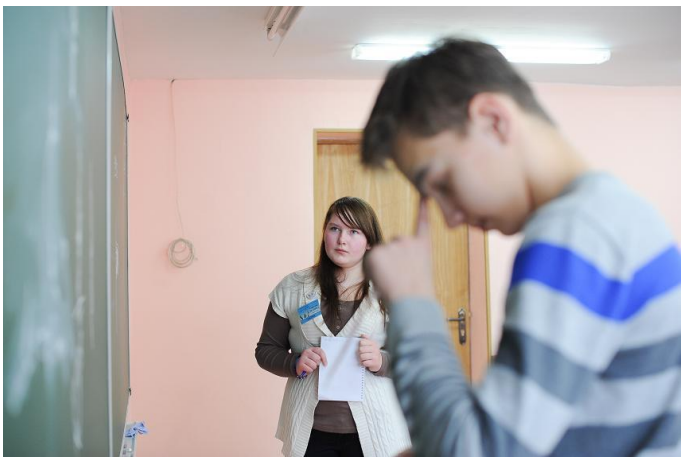


Рис. 3.20. Рефлексия как мыслительный акт стимулируется вопросом оппонента...

Как показывает опыт, лучших результатов в решении задач достигли те команды, в которых в том числе были четко распределены обязанности между ее членами. В конце турнира, правда, к разделению ролей пришли все команды. Подготовка ко второму и третьему боям проходила в течение одного вечера накануне боев, так что без четкого распределения обязанностей и ответственного их выполнения качественно подготовиться к боям было бы невозможно. Умение работать в группе – это важное приобретение всех участников турнира, являющееся основой для формирования экспериментальной деятельности.

Присвоение норм мышления в ходе открытого обсуждения (физбоя) учебных и научных проблем. Круглый стол с руководителями команд из других городов неизменно приводит к озвучиванию ими следующей мысли: учителя, да и сами школьники, видят в диалоге у доски, во время боя, громадный потенциал в развитии мышления школьников. За тем – как они сами говорят – они и едут на физбой. Четкое изложение собственной позиции, трансляция идеи решения, вдумчивое и заинтересованное изучение чужой мысли, а затем их обсуждение является оптимальным условием развития и присвоения процедур мышления, т. е. собственного развития. Формой чаще всего является диалог, даже обоснование своего решения в условиях соревнования предварительно нуждается в коллективном осмыслении.

Рис. 3.21. Обоснование своего решения в речи требует мыслительного напряжения и воли...

Нередко во время боя на основе «разномнения» происходит «озарение» самого докладчика и полное переосмысление решения: интенсивное критическое обдумывание своего ответа при внимательном и вдумчивом осмыслении позиции оппонента приводит к настоящему открытию – качественно новому пониманию физического явления.

Коллективная оценка (общественное признание) как результат совместной деятельности и мышления. Анкетирование показывает, что 61% участников турнира, из числа пожелавших заполнить итоговую Анкету, выразили свое отношение к турниру, высказав пожелания, замечания или комментарии именно к работе жюри, судейству. И это неудивительно. Ведь ребята приехали на турнир, чтобы получить независимую и выраженную в открытой дискуссии оценку своей деятельности.

В теории учебной деятельности в этой связи прямо подчеркивается, что выполняемая индивидуумом работа лишь тогда особо им значима, а отсюда легко осваивается (становится культурным инвариантом), когда скооперирована, и при этом оцениваема. Оценивание – это условие формирования деятельности.

Рис. 3.22. Коллективное мышление команды задача лидера и активности всех…

Оценивание происходит не только через механизмы судейства, но и через диалог с оппонентом в ходе выступления. Нормы выставления оценок, ведения диалога четко прописываются в правилах боев. После своего выступления докладчик получает отзыв со стороны оппонента, отметку жюри и комментарий от своей команды (рис. 3.22).

Кооперированная познавательная деятельность – современная деятельность. Формирование команды, ее сплочение начинается задолго до турнира, на этапе регистрации команды, при подготовке решений домашних задач турнира. В решение задачи каждый член команды вносит свою посильную лепту. Учитель – руководитель команды – в этом случае получает неограниченные возможности во влиянии на своих учеников: школьники ощущают, что они вместе с учителем делают общее дело. Все члены команды, вовлеченные в такую деятельность, становятся «одержимыми». Положительные эмоции, полученные от успешного решения задачи, сродни эмоциональному накалу болельщиков на спортивных состязаниях. Но положительный эмоциональный заряд, полученный в результате такого успеха, имеет огромную движущую силу в развитии каждого члена команды, ведь успех – продукт всех и одновременно каждого. На этом накале при верной нормировке мышления эффективно осваивается сложный опыт физического мышления.

Рис. 3.23. Без чувств не бывает мышления

Важным принципом Кировского турнира юных физиков является возможность участия каждого в его организации: обсуждении, составлении задач, проведении боев, кураторстве на этапе подготовки команд к боям и их работы с оборудованием. За последний год в пять раз возросло количество авторов задач, вдвое – членов жюри. Погрузившись всего на 2-3 дня в круг друзей, поработав в команде единомышленников, школьники и их наставники испытывают потребность встретиться вновь.

Заключение. Описанные факты показывают, что фиксируемая в последнее время потребность в командных мероприятиях имеет глубокое методологическое обоснование: свободная кооперированная познавательная деятельность позволяет сравнительно быстро освоить самые важные аспекты физического мышления. Полученный опыт мыслительной деятельности в дальнейшем упрощает индивидуальное усвоение всех вопросов школьного курса физики.

3.8. ФИЗИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ В ФОРМЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДЕЙСТВИЙ

Специфика физического мышления, которая отражает отношение к математике, заключается в а) в разработке идей, моделей, гипотез на основе кооперированной предметной деятельности; б) выражением этих идей, гипотез, моделей на языке математики, дедуктивные выводы и другие действия с математическими моделями; в) математическая обработка результатов измерений (систематизация данных, расчет погрешностей, интерполяция и экстраполяция и др.). Отсюда понятно значение математических действий в системе физического мышления.

В физике вне зависимости от теории и уровня рассмотрения вопроса цель ставится (формулируется, конструируется) на языке физических понятий: какое физическое явление и на каком языке надо описать, объяснить, предсказать.

> **Мысль**
>
> Математика не несет физического содержания автоматически.
>
> Физика использует математику как форму, как язык, используя ее смыслы, внося (выбором, приемом использования, интерпретацией) в нее свои смыслы... Таким образом математика в физике превращается в математическую физику.

В школьном курсе физики, где стратегическое значение уделяется усвоению смыслов, метода понимания и познания явлений, большая часть описаний осуществляется на качественном и полу качественном уровне, на уровне понятий, физических величин и простых законов. Хотя и в этом случае роль математического языка немалая, но все же специфика физического мышления в форме математических действий проявляется слабо, причем не только в школе, но даже и вузе. А в современной физике такая специфика – характерная черта. И без нее современного физического мышления нет.

Пример 1. Для показа этой особенной черты физического мышления обратимся к классической **задаче описания колебательного движения тела** (модель – математический маятник) **в условиях Земли** (маятника Фуко). Выбор названного условия обусловлен «человеческим» характером задачи, несомненно, выходит за рамки математической формы и частично даже за рамки собственно физики, его следует отнести к методологии. На первом этапе мышления задается онтологическая картинка явления. Далее выделим несколько этапов построения математической модели явления и действий с этой моделью для получения решения.

1) В XIX в опытах Фуко было зафиксировано равномерное вращение плоскости качания маятника. Это **экспериментальный факт** был теоретически объяснен на основе решения задачи движения математического маятника (материальной точки) в неинерциальной системе отсчета. Отсюда автоматически последовали мировоззренческие выводы в пользу гелиоцентрической картины мира.

2) Итак, построим **модель наблюдаемого явления** – это движение математического маятника (малые колебания материальной точки на длинной невесомой и нерастяжимой нити).

Декартовая система отсчета в простом варианте строится так: центр в точке наблюдения явления, то есть на данной широте и долготе, ось Z идет от центра Земли через точку наблюдения вверх, оси X и Y соответственно касательными к меридиану и параллели в точке наблюдения (рис. 3.24). Принимается как научный факт, что Земля равномерно вращается. Отсюда вращается и система отсчета.

Задача приобретает форму: описать движение математического маятника (материальной точки!) в равномерно вращающейся декартовой системе отсчета (неинерциальной системе).

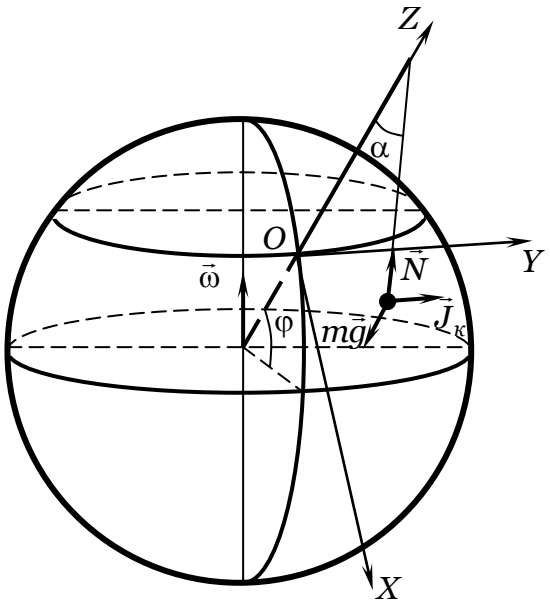


Рис. 3.24

3) Основное уравнение динамики движения материальной точки в произвольной инерциальной системе отсчета имеет вид: $m\vec{a} = \vec{F}_г + \vec{N} + \vec{J}_п + \vec{J}_к$.

При известной расшифровке сил инерции получаем нужное векторное уравнение. И формально математически надо решать это уравнение. Но на основе ряда физических представлений задачу (уравнение) упрощают: а) принимают, что Земля движется поступательно и равномерно, б) для равномерного вращения системы отсчета переносная вращательная сила инерции тоже равна нулю. Учтем, что сила тяжести (изображена на рис. 3.24) получается сложением силы всемирного тяготения и переносной центростремительной силы инерции, приложенным к материальной точке $\vec{F}_г + \vec{J}_{пц} = m\vec{g}$.

Ввиду *малости* различий в величине геоцентрической широты ψ (направление на центр Земли или силы гравитационного притяжения) и географической широты φ (направление отвесной линии или силы тяжести), считаем эти углы одинаковыми, обозначаем φ – это широта места.

4) Для дальнейшего решения задачи необходимо получить дифференциальные уравнения движения математического маятника в нашей конкретной системе отсчета. Для этого определяют проекции сил (векторов). Это технически непростая задача.

5) Суммируя действия, получаем дифференциальные уравнения движения материальной точки математического маятника в нашей системе отсчета.

Для дальнейшего выполним еще одно *упрощение*: при малости угла α будем пренебрегать величинами меньшими (второго порядка малости) по сравнению $\frac{x}{l}$, $\frac{y}{l}$ то есть величинами $\frac{x^2}{l^2}$, $\frac{y^2}{l^2}$. Тогда из условия $x^2 + y^2 + z^2 = l^2$ получаем $z = \sqrt{l^2 - (x^2 + y^2)} = \pm l\sqrt{1 - \frac{x^2}{l^2} - \frac{y^2}{l^2}} \approx \pm l$. Вывод: координата z материальной точки в первом приближении не изменяется, отсюда $\dot{z} = \ddot{z} = 0$.

С учетом упрощения записываем систему дифференциальных уравнений для материальной точки (математического маятника):

$$\begin{cases} m\ddot{x} = 0 - N\dfrac{x}{l} + 2m\dot{y}\omega sin\varphi, \\ m\ddot{y} = 0 - N\dfrac{y}{l} - 2m\dot{x}\omega sin\varphi, \\ m\ddot{z} = -mg + N\dfrac{l-z}{l} + 2m\dot{y}\omega cos\varphi. \end{cases}$$

6. Полученная система дифференциальных уравнений играет роль **математической модели** (модель тела – материальная точка, силы – постоянные, то есть нить невесома и нерастяжима, скорость вращения СО постоянная и малая, сила тяжести тела – постоянная) в неинерциальной системе отсчета. Она сравнительно простая, доступная для решения.

Из третьего уравнения для нашего **приближения** получаем при условии $z = \dot{z} = \ddot{z} = 0$, $N = mg$

Подставим это выражение для величины силы в первые два уравнения и выполним сокращения. Продолжаем дальше упрощать уравнения, переходим в полярную систему координат.

В итоге получаем в полярной системе координат дифференциальное уравнение $\dfrac{d}{dt}r^2\dot{\theta} = -2\omega\sin\varphi\dfrac{d}{dt}\dfrac{r^2}{2}$.

7) На последнем этапе следует интегрирование этого дифференциального уравнения первого порядка и **интерпретация математического решения**. Получаем: $\dot{\theta} = -2\omega\sin\varphi\dfrac{r^2}{2} + C$, $\dot{\theta} = -\omega\sin\varphi + C$.

Выбором начальных условий (в начальный момент выведение маятника из положения равновесия) получаем: $t = 0$, $r = 0$ – начальное условие, отсюда $C = 0$. Значит, искомое решение имеет вид: $\dot{\theta} = -\omega\sin\varphi$, то есть $\dfrac{d\theta}{dt} = -\omega\sin\varphi$. Физический вывод: при постоянных угловой скорости вращения системы отсчета и географической широты места опыта угол θ меняется с постоянной скоростью, что означает, что плоскость колебания маятника вращается.

Значит, верное теоретическое описание эффекта опыта Фуко опирается на положение о равномерном вращении системы отсчета, то есть и тела отсчета – Земли. Теория предсказывает, что на экваторе при $\varphi = 0$, $\dfrac{d\theta}{dt} = 0$, угол θ – постоянный, отсюда плоскость качания маятника неподвижна. По аналогии можно предсказать поведение плоскости качания математического маятника на полюсе. Измерения показывают, что такие следствия – верные.

Пример 2. При решении задач есть множество вариантов использования того или иного *языка описания* явления. Обычно это математический язык, причем в физике язык приближенных вычислений. Приведем пример: при определении скорости заводного автомобиля измерили его перемещение и время движения и получили значения: $s = (200 \pm 2)$ см, $t = (2{,}2 \pm 0{,}2)$ с. Каково значение скорости?

Решение. В физике нет абсолютно точных измерений, а отсюда – точных значений физических величин. Таким образом, принципиально важное значение имеют правильные действия с приближенными числами. Приведем

один из вариантов действий. Запишем значения измерений в форме неравенств: $198 \le s \le 202$; $2{,}0 \le t \le 2{,}4$.

Для определения скорости надо выполнить операцию деления, но можно лишь умножить неравенства одинакового смысла. Поэтому преобразуем форму скорости в следующий вид: $\upsilon = \frac{s}{t} = s \cdot \frac{1}{t}$. Найдем неравенство для величины $\frac{1}{t}$: $\frac{1}{2{,}4} \le \frac{1}{t} \le \frac{1}{2{,}0}$.

Почленное умножение неравенств приводит к результату: $8{,}1 \cdot 10^1 \le \upsilon \le 10{,}0 \cdot 10^1$.

Среднее значение скорости с учетом числа значащих цифр равно 90 см/с; абсолютная погрешность – 9,5 см/с, но с учетом точности определения скорости – 10 см/с. Окончательный результат имеет вид: $\upsilon = \upsilon_{cp} + \Delta\upsilon = (90 \pm 10)$ см/с. Но обычно абсолютная погрешность дает интервал изменения последней значащей цифры приближенного числа. Это просто разумно, так как уже первая цифра оказывается неточной. Поэтому значение скорости может быть записано в виде: $\upsilon = \upsilon_{cp} + \Delta\upsilon = (9 \pm 1) \cdot 10$ см/с.

Пример 3*. Использование математики при изучении физики хорошо укладывается в рамках **деятельности моделирования**. И фундаментальный характер такой мыслительной и практической деятельности трудно переоценить. Математические действия пронизывают изучению любого вопроса физики. И в целом, в современной школе наиболее последовательно математику использует только физика.

При обучении физике используется довольно большая группа **математических объектов и соответствующих операций** (мыслительных действий). Например, по разделам можно выделить:

- Математический анализ: а) функции (при кинематическом описании движения, в законе Гука и др.), б) производная и интеграл, дифференциальные уравнения.
- Алгебра: а) вектор и действия с ними (физические величины, их сложение, проецирование и др.), б) различные уравнения, неравенства (их решение).
- Геометрия: а) точка (материальная точка, точечный заряд, точечный источник света и др.), б) линии (траектории движений, световой луч и др.), в) плоскости, шары (модели тел), г) многогранники (модели кристаллов), д) геометрические преобразования (симметрии, сдвиги), е) площади (интерпретация работы газа и др.).
- Теория вероятности: а) понятие вероятности (основное уравнение МКТ, радиоактивность), б) случайные физические величины (скорость молекул и др.), в) функции распределения случайных величин (закон радиоактивного распада и др.).

Приведем конкретные **примеры использования** метода математического моделирования в школьном курсе физики.

В курсе физики десятого класса изучается тема «Электрическое поле». При ее изучении в общеобразовательной школе рассматриваются несколько видов электростатических полей, решаются задачи для однородного электростатического поля, поля точечного заряда и изучаются картины силовых линий электростатического поля двух зарядов. Можно в **лабораторном практикуме** организовать следующую работу «Численное моделирование электростатического поля трех зарядов».

---

*См. полнее: Вопросы методологии при обучении физике / под. ред. Ю. А. Саурова. – Киров, 1998. – 82 с.

Материалы: миллиметровая бумага, циркуль, линейка, картина силовых линий электростатического поля трех зарядов.

Теория работы. Цель работы состоит в изучении поля трех зарядов с использованием одной из моделей поля – картины силовых линий. Силовая линия электростатического поля – это воображаемая линия, касательная к которой в каждой точке совпадает с направлением вектора напряженности поля в этой точке. Получить картину силовых линий поля трех зарядов экспериментально в условиях средней школы не представляется возможным. Как же можно построить эту картину ?

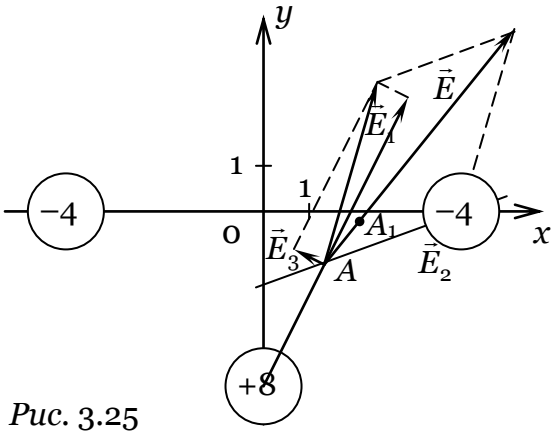


Рис. 3.25

Для построения силовых линий используется метод, получивший широкое распространение с развитием ЭВМ, – метод численного моделирования. Рассмотрим применение этого метода в «ручном» варианте на примере силовой линии. Порядок действий:

• Вводится система координат, в этой системе координат определяются координаты зарядов (рис. 3.25).

Вычисляется напряженность поля каждого заряда в выбранной точке, в точке A – векторы $\vec{E}_1$, $\vec{E}_2$, $\vec{E}_3$. С помощью циркуля и линейки векторы $\vec{E}_1$, $\vec{E}_2$, $\vec{E}_3$ строятся на чертеже в некотором масштабе.

С помощью геометрических построений находится сумма этих трех векторов.

Полученный вектор $\vec{E}$ является вектором напряженности поля в точке A (рис. 3.25). Вдоль этого вектора делается шаг наперед заданной длины. Получается точка A_1, и весь процесс повторяется до тех пор, пока силовая линия не закончится на каком-либо заряде или пока силовая линия не выйдет за пределы нужной области.

Примерный ход работы: а) на листе миллиметровой бумаги начертите систему координат и отметьте положение и величины трех зарядов; б) отметьте на миллиметровой бумаге положение точки A; в) постройте силовую линию с началом в точке A, взяв шаг 1 см; г) возьмите готовую картину силовых линий (выдается) и сравните полученный вами результат с имеющимся; д) сделайте вывод о том, как влияет длина шага на точность построенной модели.

Контрольные вопросы: В какой из точек *В*, *С* или *Д* (рис. 3.26) напряженность поля больше и почему? Укажите приблизительно области, в которых поле можно моделировать полем точечного заряда? Однородным полем? Вычислите напряженность поля в точке *С* (рис. 3.26). Как будет двигаться электрон, помещенный в точку Д поля с начальной скоростью, равной нулю ?

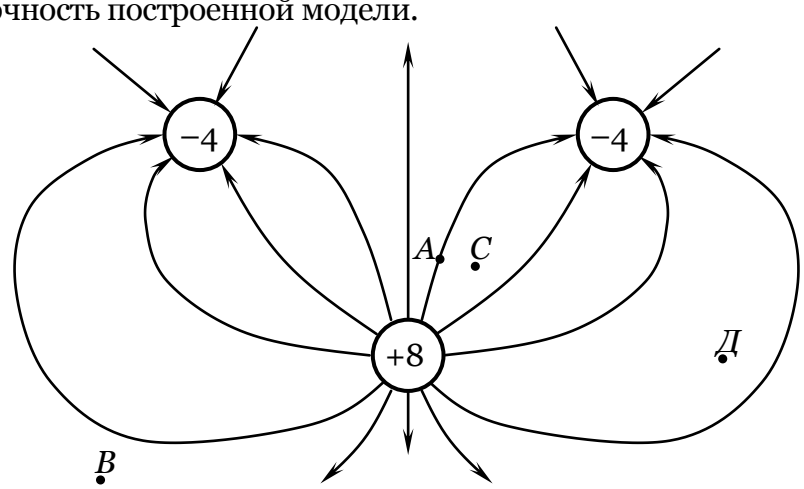


Рис. 3.26

Приведем еще **два примера** применения метода математического моделирования. В обучении физике явно или неявно используются две операции работы с графиками функций: интерполяция и экстраполяция. **Интерполяция** – восстановление функции по известным ее значениям в заданных точках. Всякий раз, когда мы говорим: «Отметьте результаты эксперимента на числовой плоскости и полученные точки соедините плавной линией», – мы предлагаем выполнить интерполяцию. Этот прием внешней работы (и мыслительных действий при осознании!) с графиками функций довольно часто используется в школьном курсе физики: в лабораторных работах, в задачах, при выводе некоторых формул. Рассмотрим простые примеры.

Экспериментальная задача «Определение жесткости пружины». Последовательность решения: а) получим при измерении несколько экспериментальных точек (обычно четыре, так как больше не позволяет динамометр, жесткость пружины которого определяем); б) по полученным точкам строим график зависимости растяжения пружины от приложенной силы (это и есть интерполяция); в) берем любую точку графика и определяем жесткость пружины, используя закон Гука.

Рассмотрим применение **интерполяции при решении задачи**: при выполнении лабораторной работы «Определение толщины листа бумаги способом рядов» были получены следующие результаты:

П, число листов	40	60	80	100	120	140
Толщина пачки К, мм	3	5	7	9	11	13

Построить график зависимости толщины пачки от числа листов и по графику определить толщину пачки из 65 листов.

Решение. Отметим на числовой плоскости точки с координатами (п. к). Если считать, что все листы одинаковой толщины, то графиком должна являться прямая линия. Проведем прямую линию через эти точки (интерполяция). Найдем толщину пачки из 65 листов. Получается: толщина пачки равна 5,5 мм.

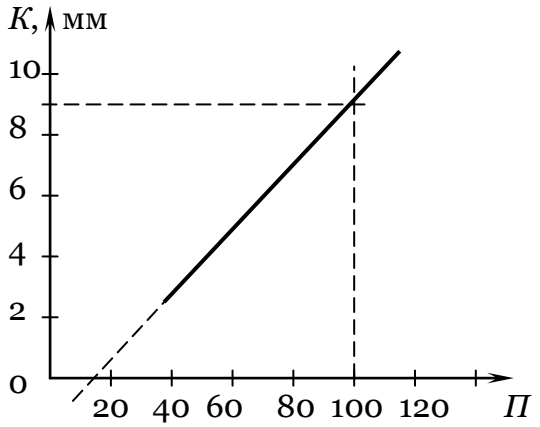


Рис. 3.27

Рассмотрим **применение интерполяции при выводе закономерности** на примере задачи из журнала «Квант» (1997). В таблице 3.2 приведены экспериментальные данные о теплоемкостях и молярных массах некоторых твердых тел. На основании этих данных установите физическую закономерность и заполните пустые клетки таблицы.

Таблица 3.2

	C, Дж/(г · К)	*A*, г/моль
Серебро	0,238	107
Золото	0,128	197
Висмут	0,122	209
Кобальт	0,417	59
Медь	0,383	64
Железо	0,447	
Литий	3,52	7
Магний		24
Платина	0,131	196
		48
Ванадий	0,484	51

Решение. Необхоимо выполнитьследующую последовательность действий.

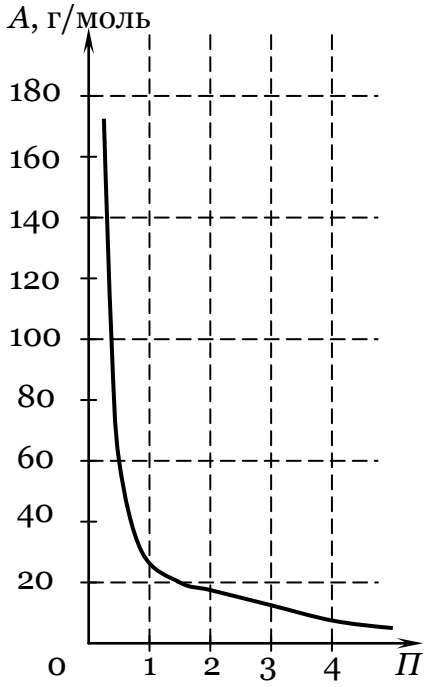


Рис. 3.28

а) построить график зависимости $A = f(C)$ (рис. 3.28);

б) определить физическую закономерность, о которой идет речь по условиям задачи (графиком зависимости является ветвь гиперболы, значит функция задается формулой вида $A = K/C$, где $K > 0$). (Это гипотеза, которую нужно проверить.);

в) преобразовать формулу к виду $AC = K$ и рассчитать значение K для нескольких столбцов таблицы: серебро – $107 \cdot 0{,}238 = 25{,}3$; золото – $197 \cdot 0{,}128 = 25{,}2$; кобальт – $59 \cdot 0{,}41 = 24{,}6$; литий – $7 \cdot 3{,}52 = 24{,}6$;

г) сравнить значения K, рассчитанные для разных столбцов таблицы, их примерное равенство является подтверждением гипотезы о виде функции. Найдем среднее значение K: $K = (25{,}3+25{,}2+24{,}6+24{,}6)/4=24{,}9$Дж/(моль·К). Видим, что K имеет размерность универсальной газовой постоянной, примерно равно $K = 3R$. Итак, $A = 3R/C$.

д) опредлим значения «пустых» клеток таблицы: железо – $C = 0{,}447$ Дж/(г · К), отсюда $A = 55$ г/моль – определено по графику, $A = 55{,}7$ г/моль – определено по формуле $A = 3R/C$. (Аналогично заполняются две другие пустые клетки таблицы.)

Перейдем к рассмотрению **экстраполяции**. Экстраполяция – продолжение функции за пределы ее области определения. В физике продление графика за область определения по измерениям далеко не так просто: закономерность просто может не выполняться, физический смысл операции теряется. Рассмотрим пример.

Вернемся к лабораторной работе «Определение жесткости пружины». При экстраполяции возникают вопросы: Можно ли продолжить график дальше, за точку A (рис. 3.29)? Каким образом его продолжать? Продолжим прямую влево (участок AOB). Почему график проходит через начало координат? А если не проходит, то что это означает? Что означают отрицательные координаты точек на отрезке OB? Всегда ли имеет смысл участок OB графика? Как далеко можно продолжить график вправо? С чем связано это ограничение?

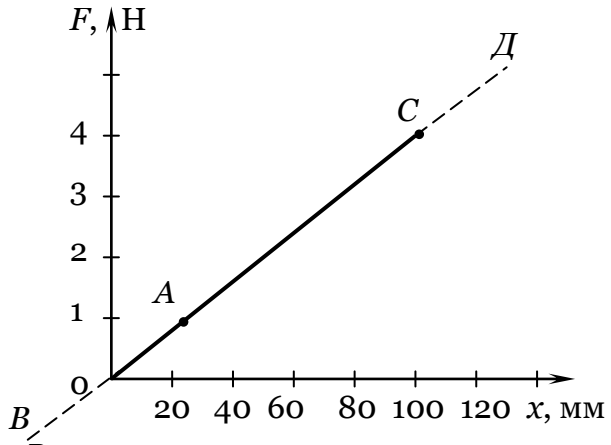


Рис. 3.29

Решим задачу: жесткость пружины динамометра равна 40 Н/м. Найти удлинение пружины под действием силы 100 Н.

Дадим ответы на некоторые из этих вопросов. Все они в той или иной мере связаны с границами применимости закона Гука. За точку A график продолжить можно и графиком будет прямая линия. Так как при малых деформациях закон Гука выполняется. Ограничение на продолжение графика вправо связано с нарушением закона Гука при больших деформациях.

Например, решим задачу: $F = kx \rightarrow x = F/k$, $x = 100$ Н / 40 Н/м = 2,5 м. Но длина проволоки, из которой изготовлена пружина динамометра очевидно меньше 2,5 м. Этот результат говорит о том, что в данной ситуации нельзя применять закон Гука.

Приведем еще пример важности понимания границ применимости математической модели. Вернемся к задаче про толщину листа бумаги. Пусть по графику (см. рис. 3.27) требуется определить толщину пачки из 5 листов бумаги. Если продолжить график влево, то получим парадоксальный результат; толщина пачки из 5 листов равна – 0,5 мм. Но толщина листа не может быть отрицательной. В этом и состоит отличие решения математической задачи от задачи физической.

Выводы. Применение математических методов при решении физических задач требует определенной мыслительной культуры. Так возникает проблема о корректности использования математической модели. Сформулируем некоторые **основные требования** к математической модели при изучении физики: простота модели (модель не должна быть очень громоздкой); доступность для исследования (знаний школьников в области математики должно хватать для изучения модели); адекватность изучаемому явлению (модель должна верно описывать, хотя бы грубо, поведение нужного физического объекта); модель должна быть грубой (малые изменения исходных величин не должны вызывать больших изменений результатов).

Заключение. Математические структуры несут форму физического мышления. Не случайно В. В. Мултановский настойчиво утверждал значение структур физических знаний для формирования физического мышления. Во многом эти структуры заданы через математические действия (формы). Не случайно в современной физике существуют работы, например, учебное пособие под названием «Геометрофизика», в котором не только форма, но и физическое содержание в сильной степени определяется математическими структурами.*

3.9. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРЕПОДАВАНИЯ КАК НОСИТЕЛЬ НОРМ СОВРЕМЕННОГО НАУЧНОГО МЫШЛЕНИЯ

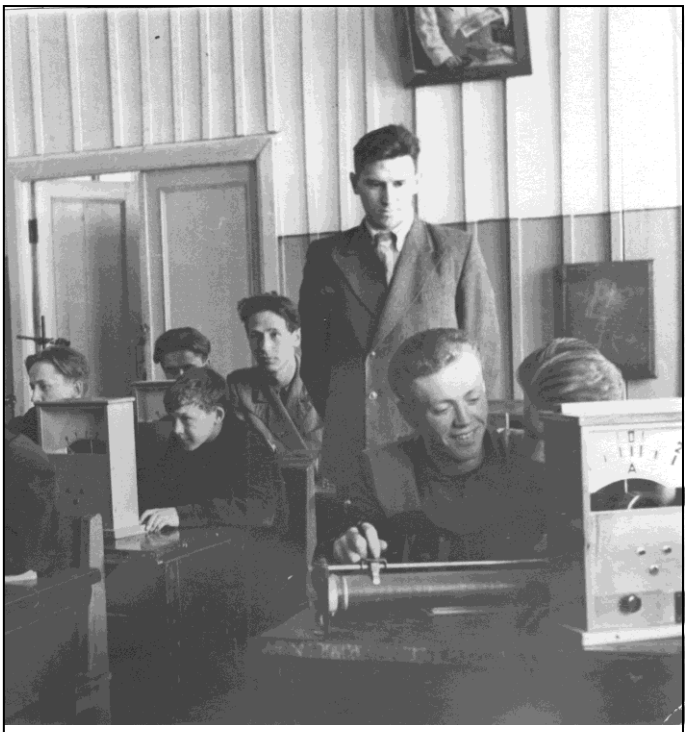
Постановка проблемы о мышлении учителя. Последние десять-двадцать лет постепенно усиливаются диспропорции деятельности субъектов образования – школьников, учителей, студентов, методистов, ученых-педагогов. Проблемы, прежде всего, проявляются в несогласованности деятельности (мотивов, структуры и др.), ее результатов. Часто «правила игры» нарушаются: все занимаются всем, все во всем специалисты... В постоянно реформируемой системе образования, возникают опасные деформации. В частности, происходит вымывания мышления на всех уровнях и видах деятельности (меловая физика, ЕГЭ...), а в свое время Г. П. Щедровицкий жестко писал, что деятельность без мышления преступна. Одна из деформаций, на наш взгляд, явная дискриминация в разных аспектах деятельности преподавания. Учитель – равноправный субъект образования, его деятельность, развитие, научно-методическое творчество должны быть в полной мере обеспечены, в том числе и исследованы. Во многих случаях, по многим аспектам это явно забыто. Хотя энтузиазм передовой части учителей высок, хотя их участие в научно-методической работе расширилось, но это не заменяет производства новых перспек-

*Владимиров Ю. С. Геометрофизика. – М.: БИНОМ, 2005. – 600 с.

тивных продуктов методистами, дидактами, педагогами. Мы активно «проедаем» старые наработки. В целом учителя явно хуже, чем 15–20 лет назад, обеспечены методической литературой, другими ресурсами организации своей деятельности. И надо думать, что ресурс этот истощается. Важно и то, что в условиях скудности средств деформируется сама деятельность преподавания (изменяются цели, мотивация, активность деятельности...).

Мысль

Предметная деятельность – это не только деятельность с физическими и техническими объектами, но и разнообразная мыслительная деятельность с моделями, идеями, понятиями, законами, теориями и др. Значение мыслительной деятельности все время растет как для труда, так и собственного развития.



В. А. Кондаков (1915–1991) – инициатор организации научно-методической деятельности в нашем пединституте. В его аспирантуре, что по тем временам редкость, учились Н. Н. Цвейтова (Новоселова), Н. А. Кокорин, В. В. Мултановский, С. А. Хорошавин... Жаль, что в 1961 г. Виктору Анатольевичу пришлось уехать из Кирова.

Многие идеи В. А. Кондакова востребованы и сейчас: идея построения дидактики физики, генерализации учебного материала, «интегрального вида» дидактических моделей... Его книга «Строение и свойства вещества» (Просвещение, 1970) читается с интересом...

При реформировании образования педагогические идеи должны быть переведены на язык деятельности преподавания, притерты в реальной жизни с другими деятельностями. Ох, как трудно в действительности реализовать любую педагогическую концепцию, технологию. Как легко они искажаются, умирают без развернутой методической поддержки. Никакого существенного эффекта не будет ни от новых учебников, ни от всевозможных систем вроде ЕГЭ, если не будет изменения структуры и содержания деятельности преподавания. Здесь нужны не просто слова и установки, но новые процедуры, приемы деятельности, здесь нужен постоянный обмен деятельностью. Словом, нужна практика как творчество. И мышление здесь – важнейший ресурс и трудовой деятельности, и развития учителя.

Мышление учителя проявляется в широком (всем!) спектре форм выражения: в деятельности преподавания на уроке, в рефлексивной деятельности в условиях научно-методической работы, в предметной деятельности, например, при работе с оборудованием, в деятельности проектирования учебного процесса, в общении со школьниками и коллегами и др.

Итак, мышление учителя организуется, во-первых, через систему методических норм, прежде всего, по организации познавательной деятельности школьников. И современное мышление возможно только при задании современных норм деятельности. Во-вторых, эффективное усвоение норм возможно только в творческой деятельности, то есть в такой деятельности где меняется сама норма, где она «притирается» к реальности.

Н. Н. Новоселова (1929–2006), доцент, прожила свою жизнь активно, творчески, даже в условиях болезни и постели её мысль работала и работала...

Вот **фрагмент её воспоминаний**: «О нашей группе. Училось 18 человек. Все они, не смотря на возраст, уже прошли суровую школу жизни. Изергин Толя пришел после морских сражений, другие голодные и полуголодные трудились в тылу, как могли помогали фронту. И эта закалка дала результаты. Со второго курса персональную стипендию им. Молотова получали Мултановский, Краснов, Цвейтова, на круглые пятерки учились Кокорин, Копвиллем, Пальвадре. Неуспевающих не было...»

Теоретические основы формирования методического мышления в форме содержательных абстракций, обеспечивающих стратегии методики обучения, можно рационально выразить так:

• Познавательная учебная дидактическая система имеет строение: «ученик-субъект – знание-объект – учитель-управление взаимодействием» (В. А. , 1977, с. 8 и др.).

• Изменение системы выражено в изменении ее состояния, то есть состояния ее элементов.

• Механизм изменения состояния познавательной системы – деятельность; разнообразная деятельность приводит к процессам и результатам (в том числе освоении мышления, понимания, предметной деятельности, рефлексии).

• Содержание учебного курса физики структурно строиться на уровнях теоретических обобщений (понятия, законы, теории, ФКМ), что при развертывании обеспечивает а) системы знаний, б) понимание, в) теоретическое мышление.

• Методическое мышление организуется по логике а) получения и освоения фундаментальных содержательных абстракций (здесь существенен синтез, а не просто абстрагирование) процессов образовательной деятельности, б) движения «от абстрактного к конкретному» при организации учения.

Рис. 3.30

Суть деятельности преподавания в организации другой деятельности (учебной), в ее управлении. Точнее, в согласовании,

«сшивании» нескольких деятельностей, в том числе учебной, трудовой, игровой, исследовательской и др.

В состав деятельности преподавания входит и организация, то есть проектирование и конструирование образовательных процессов, и управление, то есть действия на движение образовательной системы, и руководство, то есть постановка целей и их достижение. Подчеркнем, что это все деятельности, у них есть общее строение, но по функциям и содержанию это разные деятельности, требующие разного отношения. На схеме (рис. 3.30) систематизированы общие знания о деятельности преподавания. В целом схема задает, в первом приближении, исходную систему знаний («сухой остаток»), несущую в форме представлений некую онтологию деятельности преподавания. На этой платформе и рассматривается мышление учителя.

Приведем некоторые экспериментальные данные, которые подкрепляют вывод о сложном положении в развитии учителя. Приведем фрагмент результатов проведения теста «Организация учебного познания при обучении физике» (40 учителей разных школ Кировской области).*

Опыт и проблемы использования принципа цикличности в преподавании физики	
1. Есть ли интерес школьников к различным мировоззренческим вопросам?	
А) Есть постоянный интерес	40
Б) Нет интереса	8
В) Трудно определить, есть ли интерес	17
Г) Специально вопросы мировоззрения на уроках не выделяются	22
Д) Затрудняюсь ответить	13
2. Знают ли ваши ученики этапы процесса познания окружающей природы?	
А) Знают и могут использовать это знание на практике	5
Б) Знают, мы это рассматриваем на уроках, но не уверен, что смогут воспользоваться	50
В) Твердых и точных знаний нет	30
Г) Точных требований к этим знаниям нет	15
3. Выделена ли в учебнике определенная логика учебного познания? (**Вариант 1**)	
А) Да	15
Б) Нет	5
В) Не очень ясно	80
Г) В этом нет необходимости	0
4. Целесообразно ли систематическое использование принципа цикличности в преподавании физики? (**Вариант 2**)	
А. Да	70
Б) Нет	5
В) В наших условиях невозможно	20
Г) Свой вариант ответа	5
5. Используете ли вы принцип цикличности в преподавании физики?	
А) Да	30
Б) Нет	17
В) Нет конкретных методик и рекомендаций по использованию принципа	48
Г) Свой вариант ответа	5

* Соколова Н. В. Изучение подготовки учителей по методологии учебного познания // Исследование процесса обучения физике. – Киров: Изд-во ИУУ, 2003. – С. 19-21.

Интерпретация данных. Фактически по самооценке не менее у 50 % учителей существуют содержательные и организационные трудности использования известного методического принципа в обучении физике. А реальность, очевидно, еще сложнее.

В 2000 (100 учителей) и 2005 (53 учителя) годах среди учителей был проведен тест на исследование знаний учителей о физической картине мира (см. Приложение). Приведем интерпретацию данных. Следует отметить, что все последние 15 лет систематически в разных формах (специальные тесты, лекции, творческие группы, конференции и др.) обращалось внимание учителей на вопросы методологии познания. И все же затруднения учителей существенны. Число учителей успешно справившихся с первым блоком вопросов об определении и содержании ФКМ возросло примерно на 20 % по сравнению с 2000 г. Более половины учителей осознают значимость этих знаний. По второму блоку вопросов об использования знаний о ФКМ можно отметить тенденцию повышения интереса учителей к проведению уроков обобщения по физическим картинам мира. Тем не менее, половина респондентов испытывают затруднения в подготовке и проведении этих уроков, так как не имеют специальных методических рекомендаций. Третий блок вопросов посвящен изучению знаний школьников о ФКМ. Более 50 % учителей (2000 г. – 34 %) отмечают, что у школьников есть представления о содержании современной ФКМ. Интерес школьников к различным мировоззренческим вопросам несколько повысился с 13 % до 21 %.

С. А. Хорошавин (1930-2003?), профессор, окончил КГПИ им. В. И. Ленина, за искренность и смелость был отчислен из аспирантуры, но позднее трудом и талантом стал профессором, замечательным физиком-экспериментатором.

Вот его **мысль** из письма: «Школа может не выдержать мутного потока учебных планов, программ, учебников...». Мысль об учебнике А. В. Перышкина: «Он сначала показывает связь между физическими явлениями на качественном уровне и лишь потом образ явления замещает символом...».

На фото: С. А. Хорошавин ведет курсы учителей по изготовлению УКВ радиостанции (Киров, 1958).

Характеристики мышления учителя. Специалисты-педагоги и дидакты выделяют в качестве ключевой характеристики **практичность мышления** учителя, подчеркивая его не меньшую сложность по отношению к теоретическому мышлению. Более того, мышление учителя, функционируя в логике «от абстрактного к конкретному», сближается по процессам использования понятий с теоретическом отношением к действительности [103, с. 17 и др.].

Описывая мышление учителя (типично эмпирическое описание), обычно характеризуют его внешнюю деятельность. Выделим главное, прежде всего следуя работе «Мышление учителя» (М., 1990):

• «Центральным моментом… является процесс принятия педагогических решений», при этом обнаруживается «внутреннее единство интеллектуальных, эмоциональных и волевых качеств личности» (с. 18). Здесь необходимы действия: сложность анализа учебной ситуации, учет материальных и иных условий, Причем «превращение сложного в простое является одним из важнейших показателей конкретного мышления учителя-практика» (с. 19).

• Неотрывность планируемых действий (решений) от исполнения, где сразу же включена реальность выполнения действий.

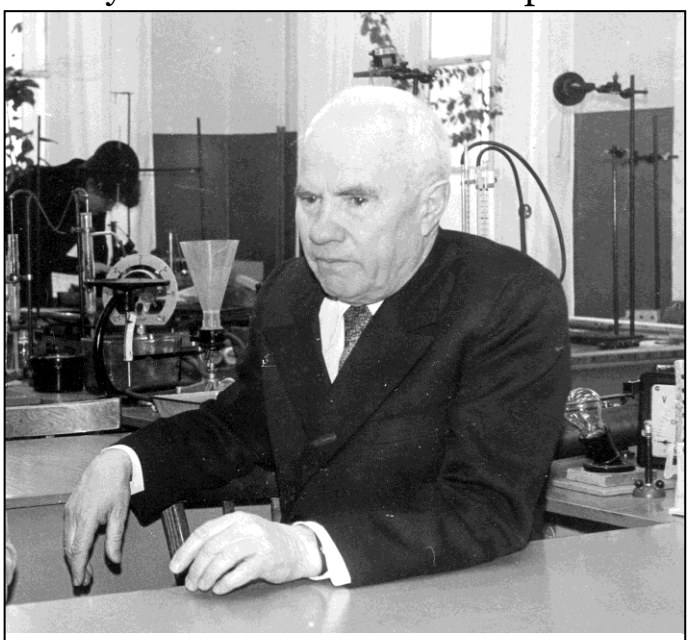
• Гибкость, критичность, быстрота, осмотрительность практического мышления, которое осуществляется всегда в условиях дефицита времени (с. 20).

• Становление практического мышления учителя идет от освоения техническими приемами деятельности (умения владеть речью, мимикой и др.) до превращения содержания в средство организации и формирования опыта деятельности школьников (с. 25).

• В практическом мышлении учителя сочетается опора на социальные нормы мышления и на индивидуальный опыт творчества. Последнее в сильной степени зависит не только от профессиональной подготовки учителя, сколько от его личности (ценностных ориентиров, духовного кругозора и др.).

• Перенос теоретических знаний в практику решения многосложных задач образования требует преобразования представлений, что на понятийном языке выражается в конкретизации понятий, в построении систем понятий, например, от таких абстрактных понятий как «деятельность», «мышление», «развитие» до умений, до таких знаний как факт, гипотеза, метод, прием, модель и др. (с. 42 и др.).

• Творческое мышление учителя выражается и в



Л. А. Горев (1915–2006?), доцент, в методике обучения физике исторически известен книгой «Занимательные опыты по физике в 6–7 классах» (Просвещение, Япония). Он учил методике Г. А. Бутырского, Ю. А. Саурова…

В предисловии одной из книг **он писал**: «Занимательность в сильной степени зависит от ряда причин: от вопроса, который ставится перед опытом, от приборов, от заинтересованности и даже от настроения учащихся» (1971). Сейчас признано: проблемность – один из мотиваторов мышления.

искусстве строить верные решения педагогических задач: ставить субъекта действия в активную познавательную позицию, стимулировать интеллектуальные победы, помогать в случаях затруднения, помогать высказывать свои мысли, вести диалог и др.

• Важным (генерализирующим деятельность, нормирующим мышление) ресурсом является наличие у учителя ведущих педагогических идей, которые выполняют аналитическую и конструктивную функции, обеспечивают рациональность в деятельности (с. 49).

• Важной составляющей практического мышления учителя является овладение им основных норм физического мышления.

Примеры проектов и решений. Для системного представления о путях совершенствования мышления учителя в деятельности преподавания ниже рассматриваются в логике «от абстрактного к конкретному» несколько проектов.

Первый пример. Громадным потенциалом (и что важно, сейчас востребованным) для развития деятельности преподавания, а отсюда учителя в целом, является **освоение методологии** не только своей предметной области, но и деятельности в целом. Правда, следует определиться, что необходимо освоить в первую очередь, что – во вторую и т. д. И здесь принципиально важно **построение пространства методологической культуры** (полнее см. работы В. В. Мултановского, В. Г. Разумовского, Ю. А. Саурова).

Программа формирования методологической культуры. В последние годы все громче и принципиальнее стала ставиться цель существенного продвижения уровня формирования методологической культуры. С одной стороны, это вызвано постоянно фиксируемыми экспериментально грубыми ошибками в подготовке школьников, студентов, учителей. С другой стороны, возрастающим требованием со стороны практики к методологической подготовке специалистов, выпускников вузов, учителей и др. В принципе речь идет о любых субъектах образования – школьниках, учителях, студентах, преподавателях, различных образовательных системах (кафедры, школы и др.). Эти субъекты образования являются (или должны быть!) на своем уровне целостными носителями совокупности качеств, определяющих отношение к познанию и преобразования мира. Такие общие нормы и обозначаются как методологическая культура.

Проблематизация. В условиях реформирования (и развития) экономики, идеологии, образования обостряются **проблемы функционирования и развития методики обучения физике**. Выделим **три группы причин** для создания новых программ методического деятельности (и освоения нового методического мышления).

• Понятийный аппарат (и сама структура) методики обучения физике сформированы более 30-50 лет тому назад, эпизодические добавки концепций и понятий дела не меняли, а только усложняли систему знаний, в том числе инородными представлениями психологии, культурологии и т.п. Причину мы видим в отсутствии механизмов интеграции новых знаний. Остаются без ясного ответа многие принципиальные вопросы: С какими явлениями имеет дело методика обучения физике? Как они изображаются? Как они описываются? В то же самое время слабо и не системно учитываются достижения методологии, пе-

дагогики, психологии, социологии, менеджмента... Понятия методики обучения физике тяжело, не эффективно работают как для практики обучения, так и для теории. В лучшем случае они обслуживают изучение методики физики в вузе. Но архаизмы учебных систем знаний, их слабый интеллектуальный уровень уже давно не способствуют интересу к преподаванию методики физики (а далее и физики).

• В самой системе методики обучения физике не заложены процедуры создания новой практики, процессуальные аспекты принижены в пользу статичных знаний, отсюда как следствие принижены роли деятельности учителя и ученика. Практика все жестче требует работающих механизмов (**машин**) получения знаний методики. Подчеркнем, что новая практика (новая деятельность) давит на старые решения. А методика обучения физике все еще не может разобрать, что предметы деятельности и предметы науки – разные. В сложном состоянии находится изучение (исследование) реальности: методики практически не развиваются, носят вкусовой характер, условия не описываются, процедуры интерпретации не развиты и т.д. Формализм и словоблудие резко усилили свои позиции.

• Верные идеи остаются на уровне деклараций, медленно разрабатываются до уровня приема. Много разговора о технологиях, но мало новых решений, то есть мало методической техники. Так, все последние годы мы теряем подготовку в предметных знаниях и умениях, особо не приобретая в развитии. В целом противопоставление знаний и развития оказывается не продуктивным. И в методической деятельности, особенно стратегического плана, не видно поддержки государства: издательства перешли на коммерческую основу, новые идеи со всех сторон испытывают прессинг, и их разработка все больше становится частным делом, научные конкурсы быстро стали формальными под конкретных людей. Организационно-социальные проблемы на местах тоже давят не в пользу обучения физике. И эти обстоятельства должны быстрее и эффективнее учитываться в инструментарии обучения.

В трудных условиях выход всегда ищется в ясных, простых, принципиальных решениях. Повторим: практика требует новой практики, новых норм и новых деятельностей (и мышления как деятельности). Может быть главное, она требует согласования техник обучения. Но ясные позиции для этого может дать только метавзгляд – **методология**. Не случайно за последние двадцать лет выполнено более десятка докторских диссертаций, близких к этой теме: Ю. А. Сауров, 1992, И. Г. Пустильник, 1997, Н. В. Шаронова, 1997, С. В. Бубликов, 2000, П. В. Зуев, 2000, В. В. Майер, 2000, А. Н. Малинин, 2000, А. А. Никитин, 2001, Н. Е. Важеевская, 2002, А. И. Лешуков, 2003 и др. В связи с постановкой задачи следует отметить, что, к сожалению, в методике физики в должной степени так и не осознана программа, которую в 1972 году фактически предложил В. Г. Разумовский. Хотя все последние тридцать лет она в той или иной степени выполнялась, но эти процессы шли неравномерно, иногда завуалировано, с перерывами, трудно воспринимались, не было долговременных специальных программ и т.п. Сейчас можно говорить, что она по многим причинам исчерпала себя, говорить только о реализации принципа цикличности уже узко, мало, поэтому для развития необходим новый шаг, новая программа. Но в этой программе прежние наработки должны быть освоены, использованы как материал.

Идеи и принципы. Почти очевидно, что методика обучения физике имеет дело с конструируемыми (искусственными) объектами и явлениями, то есть с деятельностными объектами. Решая задачи трансляции культуры нужных образцов (область физики), то есть востребованных процедур деятельности, методика физики должна построить эффективные механизмы (методики,

процедуры исследования и др.), организовать их непрерывное производство и воспроизводство. Отсюда первой **фундаментальной идеей** (и принципом) развития методики обучения физике является **построение** (выращивание, конструирование) нужной новой **практики**. А для этого необходимы знания практики, методические идеи, организаторы и управленцы (учителя) этих процессов. Второй **фундаментальной идеей**, интегрирующей многие представления, является сквозное использование языка (принципа) **деятельности** (рис. 3.30). Здесь много разных аспектов, их надо осознать и строить язык технологий, согласуя представления методологии, психологии, социологии и др. Но главное – необходимо развернуть производство нужных деятельностей и знаний, их обеспечивающих. А такой социальный заказ рождается не просто в кабинетах, он должен быть притерт в диалоге специалистов-экспертов. Заметим, что нужны разные деятельности и разные знания, из разных областей, порою трудно согласуемые. В идее деятельности, прежде всего, заложена деятельностная природа знания. Можно говорить и о деятельностной картине мира.

Третьей **фундаментальной идеей** является необходимость **разделения деятельности** и специалистов, и областей. Область физического образования стала весьма разнообразной, разнородной, многоаспектной. Уже невозможно быть универсальным специалистом, даже доктора наук друг друга не понимают. Поэтому необходимо выделение областей деятельности со всеми их особенностями, инструментарием и т. п. Ясно, например, что разработчики учебных книг – носители определенного опыта, они его формируют и копят долгое время, и нет никакого резона использовать таких специалистов, например, для изучения практики. Ясно и другое, все более востребованы механизмы согласования разных деятельностей. Пока это делается не осознанно, прямо скажем, плохо.

С какими деятельностями мы имеем дело? В самых общих чертах можно выделить в системах обучения физике три группы деятельностей: учебную деятельность, деятельность преподавания, научно-исследовательскую деятельность. Причем знания о каждой этой группе имеют «деятельностную природу», то есть их содержание и форма зависят от метода получения, от цели. И только через эту призму надо решать проблемы: К каким результатам, продуктам, знаниям эта деятельность приводит? Какими знаниями (знаками, моделями, процедурами) эта деятельность обслуживается? Каковы механизмы развертывания той или иной деятельности? При этом **методическое мышление** рассматривается как процессы замещения той или иной деятельности знаковыми системами (Г. П. Щедровицкий).

Учитель должен ориентироваться в методологии а) науковедения (структура и статус знаний, механизмы или процедуры построения знаний, методические модели, процедуры согласования знаний); б) проектировании реальности (построение учебных систем знаний, организация и управление процессами усвоения, воспроизводство научно-исследовательской, совместной деятельности); в) методики исследования реальности, диагностики успехов (получение и систематизация эмпирического материала, исследование процессов обучения, оценка адекватности моделей, процедур, механизмов, производство методик исследования и др.).

Четвертой **фундаментальной идеей** является **исторический подход**. С одной стороны, он выражается в признании развития практики, но и в учете традиций, в методе последовательного приближения. Отсюда и вопросы типа: Разве причины отсутствия интереса к предмету остались старые? Таким образом, в каждый исторический период методика должна по-новому осознавать и решать на первый взгляд известные проблемы. На этой основе планиру-

ются и процедуры исследовательской деятельности. С другой стороны, все время необходима работа по производству новых знаний, в том числе в форме планов и проектов деятельности. Построение истории действительности требует проектирования ее как деятельности. В целом необходима разработка истории идей методики обучения физике. Немаловажным является учет принципа «бритва Оккама»: не изобретай сущностей сверх меры.

Какой результат следует планировать?

• На разных уровнях деятельности в МОФ освоение знаний и процедур методологического подхода. Лучшее понимание и воспроизводство всех процессов. В частности, получит новое дыхание исследовательская деятельность.

• Формирование методологической культуры в нашей области деятельности. Формирование организаторов-управленцев для практики обучения физике.

• Практика получает такие нормы и процедуры деятельности, которые будут способствовать а) построению современных учебных систем знаний, б) упрощению усвоения, в том числе новые процедуры и средства усвоения, в) росту интереса к предмету и др. Физика усилит роль лидера в познании вообще.

Рис. 3.31. *Все интеллектуальные процессы (воля, мышление, внимание, коммуникации...) успешно формируются в конкретной предметной деятельности*

Стратегическим итогом этой работы является формирование **методологической культуры** школьников, учителей, методистов, т. е. неких норм (отчасти одинаковых, отчасти разных) деятельности, в том числе неких норм запретов, которые бы выступали регуляторами при организации процессов обучения физике и управлении этими процессами, в конечном итоге в воспроизводстве деятельностей, характерных для области физического образования. Принципиальным для любой деятельности в методике обучения физике является социальная практика, разная для школьников, учителей, методистов. Например, для школьников это участие в олимпиадном движении, конструировании моделей и выполнении проектов, консультировании младших школьников, проведении вечеров и т.п.

Какие же получаться новые образования в результате построения и освоения методологической культуры субъектами образовательной деятельности? Приведем их возможный перечень.

• Нормы знания об исследовании учебной деятельности и деятельности преподавания.

• Новые духовно-ценностные нормы деятельности учения и преподавания.

• Механизмы согласования знаний и деятельности (метазнания), системное представление методики обучения физике и деятельности.

• Новые механизмы, процедуры реализации, в том числе проектирования действительности, практики.

• Новые процедуры и новая практика получения новых методических знаний. Схемы (модели) соответствующей деятельности.

При построении процесса освоения методики обучения физике в вузе основной (системообразующей) идеей является **педагогическое (методическое) творчество** как системообразующая деятельность. Происходит дополнение и отчасти преодоление естественнонаучной парадигмы в познании и описании образовательной деятельности. Вся система методической подготовки студентов физиков должна быть выстроена как творчество а) над системами знаний, б) над педагогическими явлениями, в) над самим собой как субъектом и объектом учения. Под этим углом зрения должны быть переосмыслены содержание и формы организации всех курсов и всех занятий.

Метакомпетенции учителя

- Любая деятельность включает усвоение (воспроизводство) норм и их реализацию на практике (построение реальности)
- Устойчивые качества – нормы, выраженные в знаниях и умениях
- Выражается, прежде всего, в общих умениях соответствующей деятельности (проектирования, управления, учения, преподавания, планирования и др.)
- Овладение методами (нормами) познавательной деятельности: разделение объектов и предметов, системный подход, языки описания, исследование и понимание и др.
- Деятельность с деятельностями, методами и методиками; овладение соответствующим инструментарием

Деятельность с образцами культуры, знаками и моделями – предметная деятельность

- Освоение образцов творческой деятельности на разных уровнях, с разными предметами

При выполнении экспериментальных исследований **необходимы одновременно** мышление, деятельность, рефлексия, коммуникация. Вот почему здесь можно проявить творчество любому школьнику, вот почему в такой деятельности каждый школьник успешен.

Исторический опыт учителей физики 50-х годов по созданию кабинетов физики, по проведению политехнических практикумов, развитию кружковой деятельности трудно переоценить...

Второй пример. В ежедневной практике учителя в первоочередном плане следует направить свои усилия на освоение, в первом приближении, методологии естественнонаучного познания в деятельности преподавания. Так, на практике неприятной болезнью остается смешивание объектов природы и объектов науки, например тела и его частной модели – материальной точки. Это пронизывает содержание учебников, различных пособий. И весьма сильно затрудняет понимание явлений, то есть освоение знаний, догматизирует системы знаний, не позволяет субъектам обучения смелее искать новые средства описания. Странно, но, например, неожиданным и трудным для учителя оказывается вопрос: какое физическое явление описывает второй закон Ньютона? Если ответственно оценивать ситуацию, то для преодоления только одной этой по содержанию методологической проблемы надо много потрудиться и учителям, и методистам. Речь идет не об их понимании и решении проблемы, речь о реализации такого подхода в деятельности учителей и школьников, построении образцов деятельности и др.

Здесь заложены нормы современного физического мышления, но и нормы методического мышления.

Тем более не преодолено **отождествление реальных процессов и средств их описания** в педагогической науке и практике. И это существенно тормозит построение эффективных систем знаний, технологий и методик обучения. Нельзя сказать, что усилия в этом направлении не предпринимаются. Одним из характерных примеров является введение понятий о **модели урока**, моделировании уроков. Между рекомендациями под названием «урок физики» и «модели уроков физики» стоит идейная пропасть. Она видится в том, что первое понятие как бы обозначает реальность, а второе – лишь средство ее формирования со своими границами применимости, со своими правилами использования. Словом, с этими объектами по идее надо по-разному работать. Дифференциация этих понятия представляет современную эпоху в методике обучения, ей соответствует другой по мировоззрению учитель. С точки зрения методологии любые рекомендации должны рассматриваться как модель, как средство описания, а таким образом здесь уже нет места моде, выделении «плохих» и «хороших» средств и т. п.

В модели урока системообразующим элементом является организация учебной деятельности школьников (см. идею В. А. Кондакова о функциональности учебного знания). 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 – не просто объект повторения, но объект 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 более конкретную (точную) свою модель, определить границы применимости «идеальной» модели урока. Такая работа учителя соответствует теоретическому познанию. Деятельность преподавания по структуре становится адекватной учебной деятельности.

Несколько моделей уроков могут задать систему, определяющую технологию организации учебного процесса. Трудно найти другую методическую систему обладающую всеми признаками технологии: есть цели (задачи) обучения и они достаточно конкретно (диагностично) выражены; есть средства достижения целей обучения, причем они даются в комплексе (организация познания, содержание, методические средства, мотивация и др.); есть средства контроля, причем они даются на таком же языке как и задачи и средства их достижения. Относительная устойчивость системы моделей уроков (технологии как макромодели) 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 и др. 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 достаточно целостную 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, в целом методического мышления.

Третий пример. Фундаментальный характер приобретает управление познавательной деятельностью школьников. И здесь много аспектов: от конструирования содержания урока до приемов процесса учебной деятельности. В дополнение к ранее изложенному приведем еще несколько примеров организации мышления при решении задач, то есть **реализации методического мышления.** Классификация задач организуется по особенностям познавательной деятельности цикла научного познания (факты и т.д.).

1. Работа с фактами при решении физических задач. Деятельность с фактами при решении задачи складывается из принципиально трех видов работы: выделения элементов текста задачи и их понимания, интерпретации (термины, символы, понятия); определения физических объектов и явлений, их свойств, характеристик; работы с объектами (некими фактами) используемого языка описания, то есть обычно математическими объектами. Важно понять, что обычно к фактам в обучении относят некие нормативные образования, нормы. Они, несомненно, несут в большей или меньшей степени субъективную новизну для любого ученика. Объективно новые факты – это результат научного исследования; они могут встречаться в обучении, но весьма редко. Итак, к фактам при решении задачи могут быть отнесены: а) объекты и явления реальности, б) свойства объектов и явлений, в) значения физических констант, справочные данные физических величин и т.п., г) некоторые общеизвестные положения, в целом знания, например, понятия о материи, материальной точке как модели тела, формулы законов и др.

Приведем примеры **отношения учителя к процессу решения**.

Пример 1. Почему, прежде чем налить крутой кипяток в толстостенный стакан, в него опускают металлическую ложку?

Типичное решение задачи такое: ложка обладает большой теплоемкостью, и вода тем самым охлаждается. Но верное ли это решение? Для ответа надо поработать с теоретическими фактами.

Оценим дополнительную внутреннюю энергию воды в стакане при ее нагревании, допустим, при нагревании от 20 до 100°С. Получаем $Q = cm\Delta t = 4200\text{Дж/кг}\cdot\text{К}\cdot 0{,}2\text{кг}\cdot 80\text{К} = 67200\text{Дж}$. Количество теплоты, которое получит ложка: $Q = 440\cdot 0{,}02\cdot 80 = 704\text{Дж}$. Вывод: ложка сравнительно мало отберет энергии от воды, примерно 1%. На этом факте возникает реальное сомнение: верно ли решение?

Придется вновь повторить вопрос: при каких условиях стакан треснет? Можно предположить, что это произойдет из-за неравномерного нагрева стекла. И факт, что металлическая ложка играет существенную роль при этом. Какую? Очевидно, при большой теплопроводности металла наличие ложки делает нагрев стакана более равномерным. Как экспериментально доказать это предположение? Можно попробовать заменить металлическую деревянной ложкой. Последняя к тому же имеет удельную теплоемкость примерно в пять раз больше железа.

Методический вывод. Факт (эмпирический и теоретический) играет ключевую роль при решении задач, важно найти нужный факт и уметь его использовать при решении. Факты при решении задачи подбираются под цель, их отбор и значение сильно зависит от модели (гипотезы) явления, то есть факт не абсолютен.

2. Выдвижение гипотез при решении задач. У любой задачи переход от общего описания явления (косвенно или прямо) в тексте к конкретной задачной ситуации, а затем к модели явления – труден. Так или иначе, он сопровождается предположениями, то есть гипотетическими условиями, ограничениями и т. п. Чем лучше школьники будут видеть гипотезы, то есть выполнять эти интеллектуальные действия, тем полноценнее их физическое мышление. В наиболее явном виде гипотезы чаще применяются при решении экспериментальных, качественных задач, задач на «черный ящик» и задач «на оценку». Приведем примеры.

Пример 1 Оцените предел радиуса слышимости разговора на открытом воздухе (задача Капицы).

Качественные по формулировке задачи Капицы – всегда довольно сложные для решения. Они предполагают несколько уровней решения в зависимости от подготовки. Фактически речь идет о построении нескольких моделей разной степени точности для описания того сюжета, который задан в задаче. В прямом смысле это не просто задачи, а задачи-проблемы. Метод их решения ученику не известен. Выдвигать идеи-гипотезы, строить на их основе теоретические модели, находить нужные параметры – вот общий и весьма продуктивный ориентир для решения подобных задач.

Гипотеза-модель 1. Сначала выделим в описанном событии физическое явление: это распространение звука человеческого голоса; можно ограничиться более простым случаем – распространение звука одной частоты. Среда, в которой распространяется звук (воздух), – однородная, бесконечная, неподвижная; скорость звуковых волн разных частот – одинаковая; затухания (поглощения) звука нет. Это самая идеальная модель описанного события распространения звука.

На основе этой модели можно определить расстояние распространения звука – это бесконечность. Или лучше сказать, неопределенно большое расстояние.

Гипотеза-модель 2. В дополнении к предыдущей модели надо ли учесть фактор приемника звука? Надо ли учесть условия Земли? Надо ли учесть прямолинейное распространение звука?

Гипотеза-модель 3. Наконец наступает время учета факторов более сложного представления среды распространения звука, то есть воздуха: движение воздуха, затухания звука в воздухе. Движение воздуха изменяет форму распространения звука, например, если ветер дует навстречу звуку, то существенно уменьшается слышимость. Направление звука при этом искривляется вверх, что может привести к тому, что волна не дойдет до наблюдателя. Искривление зависит от скорости ветра. Но в обычных условиях и человеческого голоса этот фактор, по-видимому, мало значим. Рассеяние и поглощение звука – существенные факторы.

Гипотеза-модель 4. Имеет ли значение на слышимость разговора наличие других источников звука?

Гипотеза-модель 5. Для решения задачи используем новый метод – проведем экспериментальное исследование, заключающееся в прямом измерении расстояния между человеком источником звука и человеком – регистратором звука. Учитывается ли при этом персональные качества человека?

Пример Экспериментальные задачи и задачи на «черный ящик» предполагают различные подходы при рассмотрении сюжета задачи, отсюда не слу-

чайно продуктивным является выдвижение гипотез в ходе коллективного решения задач.

Например: «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 – ключ, 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 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. В настоящее время уже в системах заданий ЕГЭ встречаются **задания на понимание смысла гипотезы**.

3. Работа с моделями при решении физических задач.

Школьные учебные физические задачи по форме задания (задачники) и процедурам деятельности обычно сразу предполагают вполне определенную модель объектов и в целом явления. Это сильно ограничивает видение реальных физических процессов, обычно выделяется одно явление, предполагается построение самой простой его модели и т.д. Но, во-первых, это создает условия для формализма, во-вторых, сильно затрудняет достижение основной цели – формирования физического мышления.

Пример 1. Определите внутреннюю энергию аргона в баллоне, если его масса 5 кг, а температура 300 К.

Решение. 1. К фактам следует отнести наличие газа в баллоне, его массу и температуру внешней среды.

2. Моделью для решения задачи выбираем идеальный газ. Вспоминаем определение внутренней энергии идеального газа. $U = N\overline{E} = \nu N_A \frac{3}{2}kT = \frac{3}{2}\nu RT$.

3. Математическое решение. По таблице молярная масса аргона равна $M = 40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. В итоге получаем $U = \frac{3 \cdot 5 \cdot 8{,}31 \cdot 300}{2 \cdot 40 \cdot 10^{-3}} \approx 5 \cdot 10^5$ Дж.

4. Анализ ответа (по смыслу некий реальный или интеллектуальный эксперимент). 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.

Пример 2. Тепловой двигатель использует 0,35 кг бензина на 1 кВт ч мощности. Температура нагревателя 227°С, а температура холодильника 27°С. Сравните КПД нашего реального теплового двигателя с КПД идеальной тепловой машины Карно. Каковы причины различий?

Решение. При решении задач надо все время показывать «столкновение» реальности и модели, дополнение разных моделей. Для идеального цикла Карно имеем определение КПД: $\eta_{ид} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 0{,}4$. Но для реальности КПД определяется по отношению полезно затраченной энергии ко всей энергии, то есть $\eta_{реал} = \frac{A}{Q} = \frac{P \cdot t}{m \cdot q} = \frac{1000 \cdot 3600}{0{,}35 \cdot 44 \cdot 10^6} = 0{,}23$, где удельная теплота сгорания бензина равна $44 \cdot 10^6$ Дж/кг.

Получилось правильно по логике отношения «реальная ситуация – модель»: у реального двигателя КПД всегда меньше. Очевидно, что в реальности часть энергии просто теряется. Заметим, что и во втором случае КПД вычисляется исходя из неких модельных представлений о рассматриваемом процессе: какую работу следует учитывать? Как определить количество теплоты для нашего бензина? Причины различий КПД не только в точном учете энергии, но и самом цикле теплового процесса. Идеальный цикл Карно, как модель, в реальных тепловых двигателях не реализуется.

Пример 3. Оцените среднюю температуру Земли. (Эта задача относится к задачам Капицы, решение которых как раз нацелено на явное и осознанное использование моделей.)

Решение. Наиболее известной моделью излучения энергии 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 $q = 1{,}36 \cdot 10^3$ 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.: Макишев Г. Я. и др. Физика. 11 класс: учебник для общеобразоват. учреждений. М.: Просвещение, 2008. С. 355). 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. Иначе, решение принимает абсолютный характер. А это принципиально, не так. В нашем случае, реальная

Земля точно не описывается моделью «абсолютно черного тела»: некоторые длины волн при излучении не проходят атмосферы и др.

Методический комментарий. Когда возможно видение (понимание) физической реальности? Да тогда, когда мы можем использовать для ее описания несколько моделей, в итоге суммируя представления об изучаемом объекте. Не случайно только в этом случае полновесно звучит вопрос о границах применимости. Так это в физике, так это должно быть в обучении. В учебном эксперименте проблема многообразного видения явлений, условий и т. п. формулируется естественнее, хотя в школе сейчас это тоже делается редко. Но при решении задач пока такой практики тоже мало. Школьники при таком отношении к задаче понимают или усваивают, что нет раз навсегда поставленной и решенной задачи, в том числе задачи описания объекта. В зависимости от цели точка видения и средства описания явления могут быть разными. Так формируется творческое отношение к решению задач. Так формируется у учителя научно-теоретическое методическое мышление.

Четвертый пример. Кроме реализации норм деятельности преподавания мышление учителя выражается (и совершенствуется) в научно-методическом **творчестве**. Творчество в деятельности учителя – необходимая составляющая деятельности преподавания в целом (см. полнее К. А. Коханов, Ю. А. Сауров, 2012). Любая творческая деятельность учителя (эмпирическая или явно теоретическая) нуждается в сознательном регулировании, в осознании, в рефлексии. Но пока редки и случайны исследования по выявлению вклада такой деятельности в повышение квалификации учителя, в эффективность преподавания и обучения в целом, в социальное самочувствие учителя. Формировать, учитывать и использовать такую деятельность учителя – необходимость времени. Преподавание (во всей совокупности процессов) должно осознаваться как феномен культуры, как объект, который для больших коллективов людей определяет комфорт жизни, атмосферу взаимоотношений, условия реализации. К сожалению, последние десятилетия тренд на индивидуализацию научно-методической деятельности учителя (мало открытых рабочих уроков, творческих групп и др.) тормозит ее социальные эффекты, не способствует становлению коллективной мыследеятельности.

Известно, что любая творческая деятельность (и по мотивам, и по итогам) – неотчужденная деятельность. Здесь поле искусству деятельности, гипотезам, методическим экспериментам и т. п. Без этого методическая деятельность не может удовлетворить (прежде всего, по мотивам) разнообразную познавательную деятельность. Но основной результат работы учителя вместе с учениками ежегодно «уходит» из школы, ему постоянно нужны новые решения. И существует острая проблема накопления объективных данных успехов учителя, его роста, осознания себя как профессионала. В этом смысле личностная значимость научно-методической работы учителя очевидна. В этом процессе мышление учителя – фундаментальный ресурс. И его социальные мотивы понятны.

Обратимся к определению и характеристикам научно-методической деятельности учителя. Это деятельность по созданию нового методического продукта – знаний о процессе обучения, методик изучения отдельных вопросов, технологий обучения и др. Стихийно этот процесс всегда существовал в школе, но, во-первых, он был связан с получением лишь субъективно новых решений, во-вторых, был малопродуктивен (длителен по времени, обычно отсутствует оформление, эпизодичность и т.п.). Объект изучения – окружающая учителя педагогическая действительность; типичный предмет – знания об особенностях обучения своего класса, отдельные методические приемы и решения, иногда – технологии изучения тем или разделов. Можно выделить следующие типичные черты стихийной научно-методической работы учителя: тесная (и тем ограниченная) связь со своей практической работой, конкретность в форме находки или отдельного приема, фрагментарность результатов, стихийность выбора тем или решений, незаконченность и нечеткость изложения, узость тематики, не критичность в описании результатов, отсутствие планов и системы в проведении (и другие).

Целенаправленная научно-методическая деятельность приобретает новые черты и новое качество: ориентирована на получение объективно новых результатов, формирует исследовательские умения, настраивает на сознательное и планируемое достижение результатов обучения, стимулирует разработку технологий обучения (и другое). Главное – повышается уровень и качество теоретического конструирования формируемой действительности, меняется характер и смысл (по многим параметрам) деятельности учителя.

В нашей практике в рамках научной лаборатории «Моделирование процессов обучения физике» (ИУУ, г. Киров) под наиболее актуальные проекты почти двадцать лет (с 1994 года) организуется научно-методическая деятельность групп учителей. Подчеркнем, что речь едет не об участии учителей в исследованиях методистов, а об организации собственно их исследований, чаще всего коллективных исследований. В их ходе столкновение идей, фактов, решений способствовали как освоению новых знаний, так и развитию методического мышления.

Основными целями временных творческих коллективов учителей основными были следующие **цели**: развитие научно-методического творчества учителей физики; «создание» передового педагогического опыта; координация деятельности учителей физики, пропаганда и внедрение новых методических решений; подготовка учителей высшей квалификации. Работа творческих групп учителей организовывались на следующих **принципах**: добровольность, открытость участия, но и избирательность в подборе групп учителей; ответственность и дисциплинированность при выполнении работ; результативность и практичность; сотворчество, безвозмездная помощь, творческая конкуренция и профессиональная честность; духовность (широкое интеллектуальное общение). **Формы** организации деятельности творческих лабораторий были разнообразными и все время обогащались: теоретические заседания, обсуждение научно-методических работ, рецензирование авторских материалов, консультационная работа, подготовка научно-методических статей и книг, подготовка,

проведение и обсуждение результатов педагогических экспериментов, конференция по результатам деятельности.

Активизация научно-методической деятельности естественно привела к созданию традиций в организации творчества, в целом складывается определенная методическая среда, способная к саморазвитию, все больше новые нормы методического мышления востребуются сообществом учителей и транслируются в системах методической деятельности.

Выводы. Если раньше требования-нормы к достижениям школьников (знания, нормы мышления и мировоззрения) автоматически становились требованиями к учителю (и методикой для учителя, прежде всего, был учебник!), то сейчас, прежде всего, аспекты управления познанием в преподавании требуют (по содержанию, структуре и др.) особой деятельности учителя. И мышление учителя физики особое. Оно аккумулирует нормы физического познания, но и нормы организации и управления, нормы ценностного отношения к человеку и миру (философия, методология, аксиология). Учитель становится духовным Учителем жизни. И в своей профессиональной деятельности он должен не только знать и понимать, но и мыслить. При этом по цели недостаточно только ориентироваться на нормы физического мышления.

3.10. КОНЦЕПЦИЯ ОСВОЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ КУЛЬТУРЫ ФИЗИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Обобщим и подведем итоги выполненного исследования.

Актуальность задачи. Во-первых, почти очевидно, что для современной эпохи в развитии нашей страны **необходимы новые нормы мышления и деятельности.** Основание для их формулирования в методике физики было заложено (на основе интегрирования методологии, психологии, дидактики и др.) поисками и исследованиями не одного поколения методистов (В. Г. Разумовский, В. В. Мултановский, Н. А. Родина, В. А. Орлов, А. А. Пинский, И. И. Нурминский, В. В. Майер и др.).

Во-вторых, раз на переломе 80-х годов из-за событий в стране **не получилось реформирования образования** под этим углом зрения, то сейчас при наличии условий и воли необходимы
а) эволюционное накопление решений и их освоение,
б) революционные изменения по отдельным направлениям (норм деятельности и др.). Первый процесс должен расширяться в различных формах (преобразование деятельности учителей, издание новых учебников и пособий, научные исследования) и готовить почву для постоянной эволюции системы и процессов обучения физике.

В-третьих, необходимы комплексные дидактические **исследования** по выявлению особенностей и эффективности использования различных **норм физического мышления** и реальной практики их функционирования. Только на основе научных знаний реальности формирования физического мышления, накопления соответствующих фактов можно рационально готовить новые методические решения. Причем даже в обучении физике, например, при решении задач проявляется разное по виду мышление – научное, проектировочное, управленческое...

ИНВАРИАНТЫ СОВРЕМЕННОГО МЫШЛЕНИЯ

- Системный взгляд на человека, причем ведущим является отношение к нему как к цели
- Примат человека над техникой, цели над средствами, культуры над производством
- Принятие иерархии целей, ценностей, смыслов, идей и др.
- Принятие естественно-искусственного мира человека, относительности деления реального мира на мир природы и гуманитарный мир
- Различие объекта и предмета, возможность бесконечного разнообразия средств описания объектов
- Диалектический характер познания мира, трактовка истории как развития
- Принятие иерархии субъектов, предметов

В-четвертых, в социальную по масштабам **практику формирования и освоения современного научного физического мышления** должны быть вовлечены методисты разной специализации, учителя физики, преподаватели физики вузов. Для этого должны производится и воспроизводится новые деятельности в обучении физике, транслироваться и пропагандироваться опыт.

В-пятых, должна быть разработана **долговременная научная программа по формированию физического мышления** школьников, студентов, учителей. Ее концептуальные основы изложены ниже.

• Задача нормирования физического мышления и передачи его культурных образцов должны быть принята как методический (дидактический) принцип. И его реализация должна быть обеспечена в материале курсов физики, в деятельности учителей и методистов, в методических системах и методике использования оборудования. Дополнительно и на этом основании должны быть развернута творческая познавательная деятельности субъектов образования, хотя она и имеет множество форм, но как задача должна быть тоже нормирована, прежде всего достижениями методологии и психологии.

• Содержание задачи формирования мышления должно быть осмыслено и представлено на двух уровнях – эмпирическом и тео-

ретическом. Это касается как содержания физического образования, так и процессов обучения.

В-шестых, **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.

• В формировании физического мышления средствами методики обучения приоритет в содержании образования должен быть отдан **методу научного познания** и формам его реализации (программа В. Г. Разумовского и др.).

• Известный современный отечественный физик-теоретик Ю. С. Владимиров выделяет несколько **схем миропонимания**: 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 миропонимания опирается на категории пространства-времени и частиц.* Автор отмечает тенденцию строить познание на монистической парадигме (с. 429-433). По-видимому, следует признать, что А. Эйнштейн стремился к такому же основанию физики.

Для правильного понимания роли парадигм автор опирается на позицию Э. Маха: «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» (там же, с. 522).

В-седьмых, все в большей степени следует учитывать **неклассический тип мышления**, который выражается в особых познавательных действиях (Г. П. Щедровицкий и др.). Выделим некоторые особенности этого мышления: отказ «от прямолинейного онтологизма и пониманием относительности истинности теорий и картин мира», принятие типов объяснений и им описаний, включающих операции познавательной деятельности, ответы природы определяются не только ее свойствами, но и «способом постановки наших вопросов», объект познания выступает как сложная система, «как процесс, воспроизводящий некоторые устойчивые состояния, и изменчивый в ряде других характеристик», расширение рефлексии

*Владимиров Ю. С. Геометрофизика. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 600 с.

над деятельностью, отказ от фундаментализма и субъектоцентризма, взаимодействие мышления и опыта, в частности, изменение отношения к опыту на основе прогресса мышления, существование мышления как сплава априорного и эмпирического и др. (В. С. Степин, 2000, с. 622-627; В. А. Лекторский, 2001, с. 7, 141-142).

* *
*

Реальность мыслительной деятельности учителей и школьников разнообразна. Здесь при ее исследовании нас ждет еще не одно открытие. А мышление остается стратегическим приобретением субъекта образования. Это сущностное качество человека, поэтому его формирование – ключевая задача обучения физике. И потенциал этого учебного предмета в состоянии обеспечить освоение современной культуры физического мышления, но и шире – культуры в целом. Не случайно многие великие физики были великими мыслителями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

История культуры учит нас, что фантастическое
со временем становится реальным.[*]
П. Л. Капица

Большая ошибка думать, что чувство долга
и принуждение могут способствовать
находить радость в том, чтобы смотреть и искать.
А. Эйнштейн[**]

Во все времена в программах декларировалась необходимость и важность формирования мышления школьников. В методиках это выражалось, насколько понимали проблему разные авторы, в той или иной деятельности (в физике – экспериментальной или теоретической) с объектами или явлениями, моделями или уравнениями. Но с течением времени именно эта деятельность и изменяется: частью уходит из-за потери актуальности, частично свертывается, интерпретируется по-другому и т. д. Словом, возникает потребность появившимся новым видам (формам) деятельности придать форму норм мышления. И таким образом упростить учебную деятельность, сделать ее более целенаправленной, эффективной, инвариантной через нормы мышления.

Мы считаем, что материалом для поиска новых норм является методология познавательной деятельности, опыт научной деятельности в фундаментальной физике, представленный в деятельности великих физиков, методологически осмысленный опыт теории и практики обучения физике.

В обучении мышление естественно нормируется как деятельность, как последовательность действий. Феноменологический (внешний) уровень такой нормировки направлен на управление учением. Но в возможностях структурно-содержательной нормировки заложен большой, в том числе и исследовательский, потенциал. Творческая работа над освоением относительно новых норм мышления в состоянии дать новое качество обучения, заложить основание для нового этапа развития физического образования.

Следует, однако, признать, что глубина и многоаспектность проблематики исследования мышления не позволили нам отработать многие вопросы. А они нас волнуют. Обозначим на будущее некоторые важные стороны нашего предмета, которые, хотя на исто-

---

[*]Капица П.Л. Эксперимент. Теория. Практика. – М.: Наука, 1974. – С. 273.

[**]Эйнштейн А. Собрание научных трудов в четырех томах. Т. IV. – М.: Наука, 1967. – С. 265.

рическом материале и названы, но методически в должной мере не развернуты:

• Можно ли зафиксировать, что в методике как науке пока нет ясного научного предмета «методика организации физического мышления, т.е. средств, приемов работы, диагностики и др.»? Какие инварианты в методическом представлении (и задании) мышления можно определить?

• Чем мышление отличается от мыслительной деятельности? Какие нормировки мышления необходимы и возможны в обучении физике? И в какой степени нужно обращать внимание в обучении на задачи формирования (присвоения) мышления, а, скажем, не понимания?

• Каковы особенности различения индивидуального и «родового», коллективного (может быть, эмпирического и теоретического) мышления? И как нормируется и то, и другое в обучении физике?

• Каковы особенные отношения деятельности моделирования и мышления, деятельности экспериментирования и мышления? Как современное мышление может быть задано в системах фундаментальных (но и традиционных) физических понятий? Происходит ли в обучении развитие систем понятий и изменение отсюда мышления?

• Каковы процедуры разделения процесса мышления и формальных операций (действий, скажем, математических)? Как (в чём конкретно) мышление выражается во внешней (в том числе письменной) речи?

• Чем мыслительная деятельность с объектами отличается от мыслительной деятельности со знаками (знаковыми моделями)? Чем мышление отличается от творческого мышления? Каковы особенности организации мышления разных типов (научного, проектного и др.)?

• Из чего состоит методическая техника организации физического мышления? И как в процедурах она должна развертываться? Какие средства и методы организации мышления необходимы при обучении физике? Чем по методической технике организации процессов отличается понимание от мышления, мышление от рефлексии?

• Круг обозначенных вопросов опирается на традиции методологии (см. ранее) и, по нашему мнению, должен быть осмыслен и реализован на методическом материале в ближайшее десятилетие.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Методики диагностики мышления должны представлять собой систему диагностик проявления разных сторон (форм, уровней) мыслительной деятельности. Один из вариантов построения системы – по содержанию деятельности в физике (уровням физических обобщений): 1) Различение физических объектов и явлений и средств их описания. 2) Описание физических объектов и явлений физическими понятия и физическими величинами. 3) Описание физических объектов и явлений физическими законами. 4) Описание физических объектов и явлений физическими теориями. 5) Интерпретация природы в физической картине мира есть содержательный элемент физического мышления.

Другой вариант построения диагностики – по видам учебной деятельности (репродуктивная и творческая, экспериментирование и моделирование и др.). Ниже в приложениях даны некоторые из используемых нами методик из следующей системы:

I Метакомпетенции

1) Мотивация познавательной деятельности.

2) Освоение деятельности экспериментирования (Экспериментального метода познания).

3) Освоение деятельности моделирования (Модели и моделирование в физике).

II. Диагностика фундаментальных предметных знаний

1) Понимание смысла физических величин и действий с ними.

2) Понимание физических явлений (законов).

3) Системное представление о фундаментальной теории

4) Системное представление о ФКМ.

III. Диагностика проектной деятельности

1) Умение построить теоретический проект на тему.

2) Умение обосновать проект.

Приложение 1. Мотивация

Тест по исследованию мотивации (10–11-е классы)

	В первом столбце приведены результаты тестирования учащихся 10-11 классов общеобразовательных школ Кировской области (316 учащихся)	*2010-2011, % ответов*	*Средняя школа*		
			2010-2011, 10 класс	*2012-2013, 11 класс*	*2012-2013, 10 класс*
I. Отношение к предмету					
1	*На какую оценку Вы хотели бы учиться по физике?*				
А	На «отлично»	50			
Б	На «хорошо».	41			
В	На «удовлетворительно»	7			
Г	Не знаю	2			
2	*Каково ваше отношение к предмету?*				
А	Люблю больше всех других предметов	9			
Б	Интересуюсь физикой как наукой	34			
В	Не выделяю физику среди других предметов	47			
Г	Не интересуюсь физикой	10			

	В первом столбце приведены результаты тестирования учащихся 10-11 классов общеобразовательных школ Кировской области (316 учащихся)	*2010-2011, % ответов*	*Средняя школа*		
			2010-2011, 10 класс	*2012-2013, 11 класс*	*2012-2013, 10 класс*
3	*Читаете ли Вы дополнительную литературу по физике?*				
А	Редко и случайно	36			
Б	Только по рекомендации учителя	32			
В	Регулярно и самостоятельно	6			
Г	Не читаю	27			
4	*Какой учебный предмет кажется Вам наиболее трудным*				
А	Химия	44			
Б	Физика	24			
В	Математика	21			
Г	История	9			
Д	Литература	6			
II. Отношение к учебному процессу					
5	*Что вызывает интерес на уроках физики?*				
А	Рассказ учителя	38			
Б	Решение задач	12			
В	Самому отвечать у доски	3			
Г	Наблюдать опыты	53			
Д	Читать учебник	1			
6	*Какое домашнее задание Вы выполняете с интересом?*				
А	Чтение учебника	16			
Б	Решение задач	20			
В	Проведение опытов	21			
Г	Подготовка доклада	27			
Д	Не знаю	20			
7	*Какой деятельностью Вы хотели бы заниматься на уроках физики?*				
А	Решать задачи	12			
Б	Выполнять экспериментальные исследования	66			
В	Составлять конспект изучаемого материала	11			
Г	Работать в группе по решению трудной задачи	15			
Д	Выполнять контрольную работу	2			
8	*Какую из форм контроля знаний вы предпочитаете?*				
А	Зачет	8			
Б	Решение задач	14			
В	Ответ у доски	8			
Г	Выполнение теста	57			
Д	Любую	14			
9	*Задаете ли Вы дополнительные вопросы?*				
А	Очень редко	25			
Б	Время от времени	27			
В	Иногда, случайно	22			
Г	Задаю часто	8			
Д	Не задаю	18			
III. Отношение к теоретическому решению задач					
10	*Любите ли Вы решать задачи по физике?*				
А	Очень редко	3			
Б	Люблю	24			
В	Не очень люблю	43			
Г	Не люблю	25			
Д	Не знаю	5			
11	*Какой прием решения физических задач Вы чаще всего используете?*				
А	Вычисление физических величин	72			
Б	Использование известных формул	17			
В	Анализ физического явления	12			
Г	Проверку ответа	3			

	В первом столбце приведены результаты тестирования учащихся 10-11 классов общеобразовательных школ Кировской области (316 учащихся)	*2010-2011, % ответов*	*Средняя школа*		
			2010-2011, 10 класс	*2012-2013, 11 класс*	*2012-2013, 10 класс*
12	*Какие задачи Вы хотели бы решать?*				
А	Требующие долгих поисков решения	11			
Б	Не требующие поисков решения	22			
В	Задачи, способы решения которых мне известны	51			
Г	Только задачи-головоломки, занимательные и т.п.	11			
Д	Никакие	9			
13	*Какой способ работы с задачей Вы предпочитаете?*				
А	Полное и ясное объяснение задачи учителем	36			
Б	Коллективный разбор решения задачи в классе	37			
В	Самостоятельное решение задачи в классе	11			
Г	Самостоятельное решение задачи дома	8			
Д	Решение задач вдвоем с товарищем	12			
14	*Какой цели при решении задач Вы стремитесь достигнуть?*				
А	Получить правильный ответ	35			
Б	Освоить метод решения	45			
В	Получить удовольствие от решения	8			
Г	Получить отличную оценку за решение	16			
15	*Что побуждает Вас решать физические задачи?*				
А	Заставляют учителя и родители	12			
Б	Сознание своего долга	19			
В	Необходимость получить оценку	38			
Г	Стремление преодолеть трудности в познании явлений	11			
Д	Интерес к процессу познания	16			
Е	Нет желания решать задачи	8			
	IV. Отношение к экспериментальному методу познания				
16	*Какие задачи Вы предпочитаете решать?*				
А	Для подготовки к ЕГЭ	26			
Б	Качественные	14			
В	Экспериментальные	26			
Г	Расчетные	38			
17	*Сколько опытов Вы провели в школе на последних 3 уроках?*				
А	Более 5	7			
Б	Около 3-4	22			
В	1-2	49			
Г	Ни одного	20			
19	*Какую деятельность при изучении физических явлений вы предпочитаете?*				
А	Чтение учебника	28			
Б	Коллективное решение задач	43			
В	Самостоятельное выполнение опытов	23			
Г	Изготовление физических моделей в домашних условиях	9			
20	*Чем отличается теоретическое изучение объекта от экспериментального изучения?*				
А	Теоретическое изучение точнее	24			
Б	Экспериментальное изучение точнее	22			
В	Экспериментальное изучение проще теоретического	34			
Г	Теоретическое изучение ограничено, а экспериментальное – нет	22			

Приложение 2. Экспериментирование

Тест: Экспериментальный метод познания

Часть 1. Тест по теории

№	*Вариант 1*	*% верных*	*№*	*Вариант 2*	*% верных*
1	*Какая логическая схема точнее отражает познание физических явлений?*		*1*	*Выберите правильный порядок логики метода научного познания.*	
А	Факты – эксперименты		А	Идея – анализ – синтез – новая идея	
Б	Факты – модель – эксперимент		**Б**	**Факты – модель – следствия – эксперимент**	
В	**Факты – модель – следствия – эксперимент**		В	Эксперимент – теория – применение знаний на практике	
Г	Объекты – эксперимент.		Г	Понятие – закон – теория	
2	*Что такое научная гипотеза?*		*2*	*Что такое модель явления?*	
А	Опытный факт		А	Факт	
Б	Физическая величина		**Б**	**Закон**	
В	Форма закона		В	Утверждение	
Г	**Предположение о природе явлений**		Г	Предположение	
3	*В каком из высказываний перечислены лишь физические величины?*		*3*	*В каком из высказываний перечислены лишь объекты природы?*	
А	Электромагнитная волна, электромагнитное поле, точечный источник		А	Электромагнитная волна, напряженность электрического поля, интенсивность волны	
Б	Скорость, длина, дифракция		Б	Точечный источник света, зеркало Ллойда, световой вектор	
В	Период, оптическая разность хода, световой луч		В	Колебательный контур, антенна, заземление	
Г	**Длина волны, оптическая длина пути, интенсивности волны**		**Г**	**Электромагнитная волна, электромагнитное поле**	
4	*В каком из высказываний перечислены модели физических объектов?*		4	*Из приведенных ответов выберите тот, в котором перечислены лишь названия физических явлений?*	
А	Бипризма Френеля, световой луч, точечный источник света		А	Отражение волн, преломление волн, интерференционная картина	
Б	Скорость, разность фаз, точечный источник света		Б	Мерцание звезд, интерференция, дифракция	
В	Интерференция, дифракция, монохроматическая волна		**В**	**Интерференция, дифракция, преломление**	
Г	**Точечный источник сета, гармоническая электромагнитная волна, световой луч**		Г	Длина волны, разность фаз, условия максимумов интенсивности световых волн	
5	*У любой ли модели есть границы применимости?*		5	*Какую гипотезу можно выдвинуть для объяснения радужного перелива цветов на тонких плёнках мыльного пузыря?*	
А	Иногда есть, иногда нет, зависит от условий		**А**	**При сложении волн появляется устойчивая картина из усиления или ослабления световых колебаний**	
Б	В большинстве случаев нет		Б	При прохождении через	

№	Вариант 1	% верных	№	Вариант 2	% верных
				стенки мыльного пузыря происходит разложение света в спектр	
В	**Всегда есть**		В	Свет имеет волновую природу	
Г	Модель применима всегда		Г	Волновая поверхность в любой момент времени представляет собой не просто огибающую вторичных волн, а результат их интерференции	
6	*Какова роль эксперимента на начальном этапе научного познания?*		6	*Какова роль эксперимента на конечном этапе научного познания?*	
А	Экспериментальное доказательство верности теоретического предположения		**А**	**Экспериментальное доказательство верности теоретического предположения**	
Б	**Накопление фактов для их дальнейшего обобщения и объяснения**		Б	Наблюдение фактов для их дальнейшего обобщения и объяснения	
В	На начальном этапе эксперимент не используется		В	На конечном этапе эксперимент не нужен	
Г	Построение моделей физического явления		Г	Выдвижение научной гипотезы	
7	*Для чего создаются физические теории: 1) для интереса в объяснении явлений, 2) для предсказания неизвестных явлений, 3) для выяснения причины открытых явлений, 4) для обучения школьников?*		*7*	*В результате чего справедливость физической теории может быть поставлена под сомнение?*	
А	Только 1)		А	Если результат одного опыта не совпадает с теорией, то теория не верна	
Б	Только 2)		Б	Теория верна всегда.	
В	**Только 2) и 3)**		В	Теория всегда верна, но имеет границы применимости	
Г	Только 1) и 4)		**Г**	**Новые явления, новые закономерности могут привести к установлению границ применимости теории**	
8	*В учебнике написано: «...минимум интенсивности при интерференции получается, когда оптическая разность хода между когерентными волнами от точки их образования до точки соединения, равна нечетному числу длин полуволн». Это утверждение является...*		*8*	*В учебнике написано: «... если свет отражается от оптически более плотной среды, то происходит потеря полуволны». Это утверждение является...*	
А	**Опытным фактом**		**А**	**Опытным фактом**	
Б	Физическим принципом		Б	Физическим законом	
В	Названием явления		В	Названием явления	
Г	Гипотезой		Г	Гипотезой	

Часть 2. Практика выполнения экспериментального исследования

Может быть выбрано конкретное исследование из учебника. Например: вариант 1, 10 класс: *исследование условия равновесия твердого тела*. Вариант 2, 11 класс: наблюдение интерференции света и определение длины световой волны, излучаемой полупроводниковым лазером.

Приложение 3. Освоение метода моделирования при изучении световых явлений

I. Общие знания о моделях объектов и физических явлений

1. Какой из перечисленных источников света можно использовать для получения резкой тени от вашей руки?

А. Размерами менее 1 мм. *Б*. Размерами более 1 мм. *В*. Лампу от карманного фонарика. *Г*. Настольную лампу. *Д*. Любой из перечисленных, при условии, что его размеры во много раз меньше расстояния до руки. *Е*. Любой из перечисленных, при условии, что его размеры во много раз меньше расстояния от руки до тени. *Ж*. Нет верного ответа.

2. Верно ли утверждение: «Световой луч то же самое, что и световой пучок?»

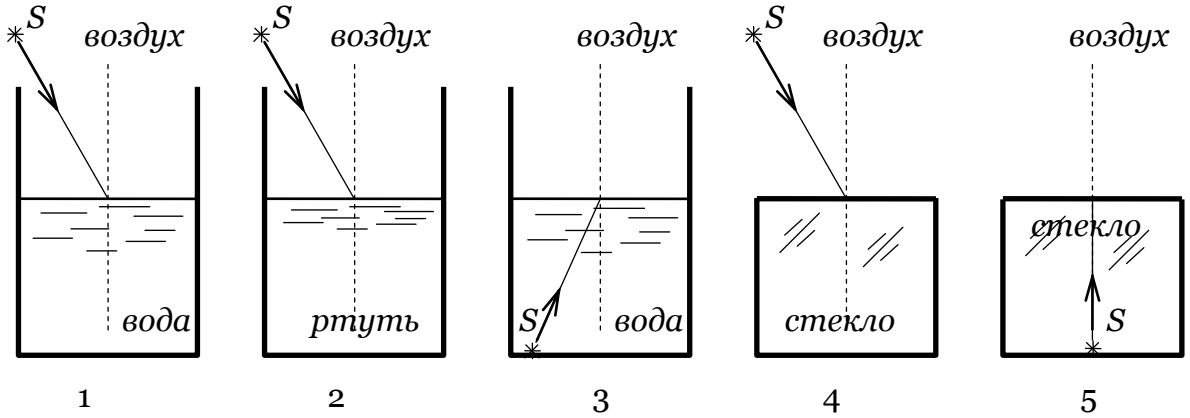
А. Да. *Б*. Иногда «да», иногда «нет». *В*. Нет.

3. Что называют зеркальной поверхностью?

А. Любая плоская поверхность. *Б*. Любая плоская металлическая поверхность. *В*. Любая очень гладкая поверхность. *Г*. Нет верного ответа.

4. Какие опыты необходимо проделать (см. рис.), чтобы продемонстрировать справедливость гипотезы: «при переходе из одной прозрачной среды в другую происходит преломление света». (На рис. показан ход лучей до границы раздела сред.)

А. 1, 2, 3. *Б*. 1, 2, 4. *В*. 1, 2, 5. *Г*. 1, 3, 4. *Д*. 1, 3, 5. *Е*. 1, 4, 5. *Ж*. 2, 3, 4. *З*. 2, 3, 5. *И*. 2, 4, 5. *К*. 3, 4, 5.



II. Применение моделей для объяснения явлений

5. В каком случае все перечисленные физические явления могут быть объяснены изученными законами геометрической оптики?

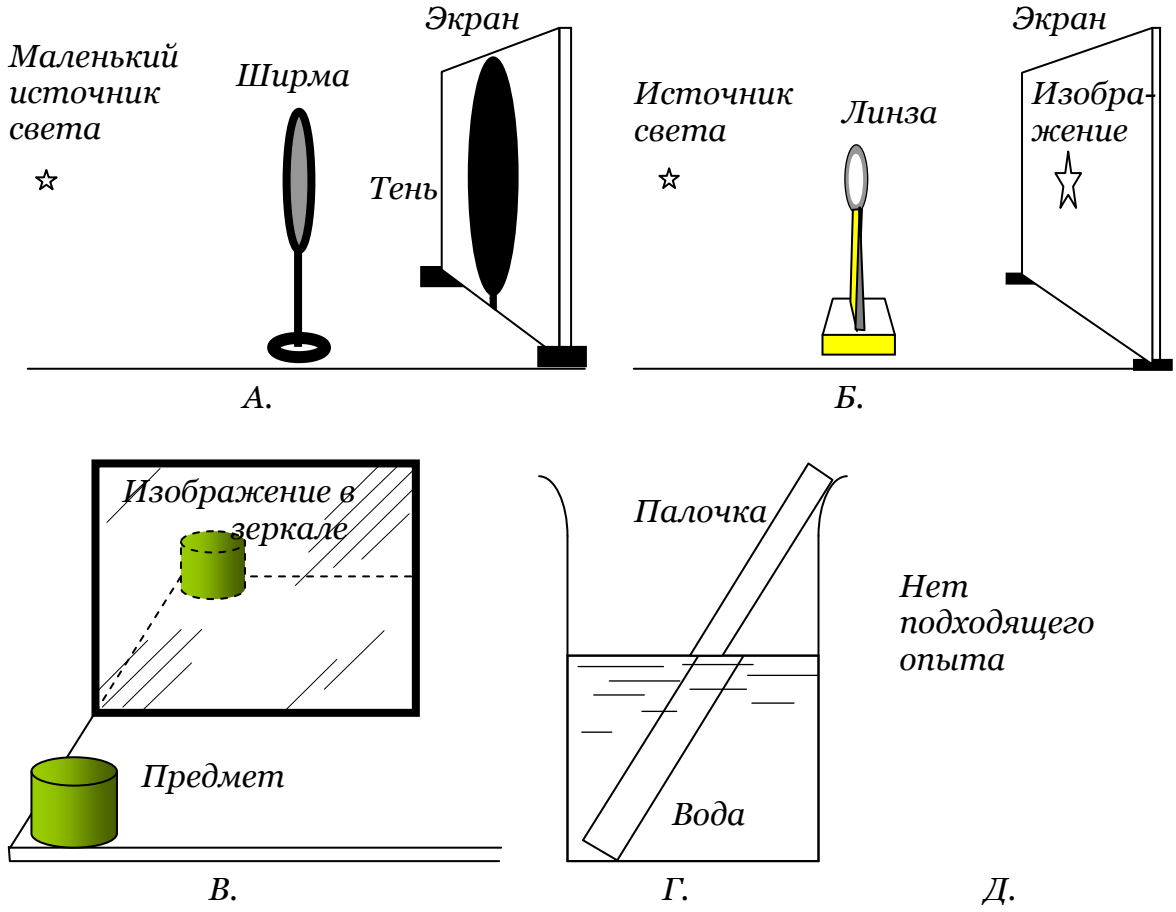
А. Изображение в зеркале; изображение слайда на экране от диапроектора; независимость распространения света от одного источника от наличия других источников; кажущееся уменьшение глубины чашки при заполнении ее водой.

Б. Изображение на сетчатке глаза; тени от предметов в солнечный день; окрашивание света при прохождении через цветные очки; эффект излома стержня на границе раздела двух сред «вода-воздух».

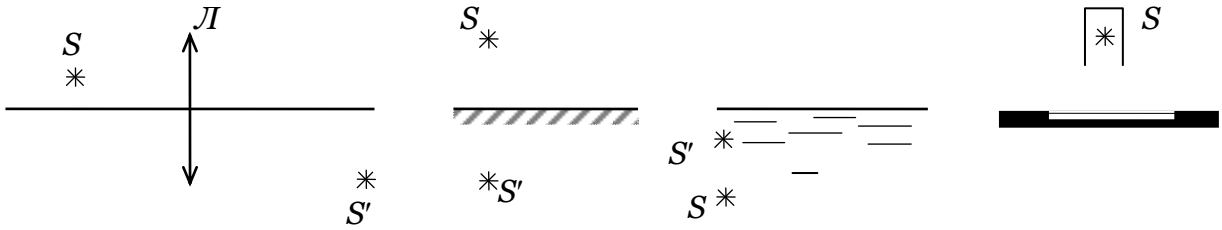
В. Изображение окна на экране, даваемое линзой; блеск снега в солнечный день; зеленый цвет листьев деревьев; полутень от препятствия при неточечном источнике света.

Г. Нет верного варианта ответа.

6. Какой из опытов, представленных на рис., наилучшим образом демонстрирует прямолинейность распространение света?



7. В каком из представленных на рис. построений можно ограничиться использованием одного светового луча?



А. Построение изображения в линзе

Б. Построение изображения в зеркале

В. Построение изображения в воде

Г. Построение светлой области

III. *Границы применимости моделей*

8. Как вы считаете, позволяют ли законы отражения и преломления света точно предсказать поведение светового пучка при отражении и преломлении?

А. Да, так как законы физики должны выполняться всегда. *Б*. Нет. *В*. Иногда «да», иногда «нет». *Г*. Не знаю.

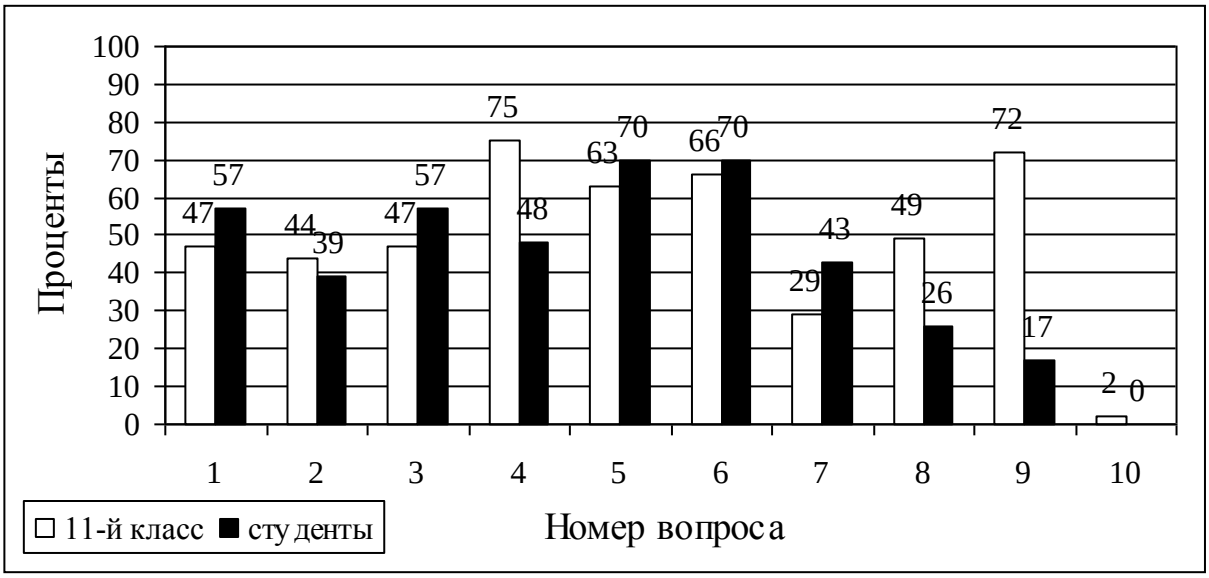
9. Верно ли, что действительное изображение источника света, полученное в линзе, можно рассматривать как новый источник света по отношению к другой линзе и зеркалу?

А. Да. *Б*. Иногда «да», иногда «нет». *В*. Нет.

Приложение 4. Результаты теста по проверке сформированности знаний о моделях и действий моделирования у учащихся 11-х классов и студентов вуза после изучения/повторения геометрической оптики

№ вопр.	Выявляемые знания и умения	Тестируемые			
		11-й класс		Студенты	
		Число	%	Число	%
1	Умеют практически определять, какой источник света моделируется точечным	85	47	13	57
2	Имеют представления о модельном характере знаний: знают, что луч – модель пучка	80	44	9	39
3	Знают, какая поверхность называется зеркальной	84	47	13	57
4	Знают, как доказывается закон преломления света	135	75	11	48
5	Знают, какие явления описываются геометрической оптикой	114	63	16	70
6	Знают, как экспериментально доказывается прямолинейность распространения света	118	66	16	70
7	Умеют рационально применять луч для описания световых явлений	53	29	10	43
8	Имеют представления о модельном характере знаний: знают, что закон – это модель явления	88	49	6	26
9	Знают о свойствах действительного изображения	130	72	4	17
10	Полностью справились с тестом	4	2	0	0

Результаты теста по оптике

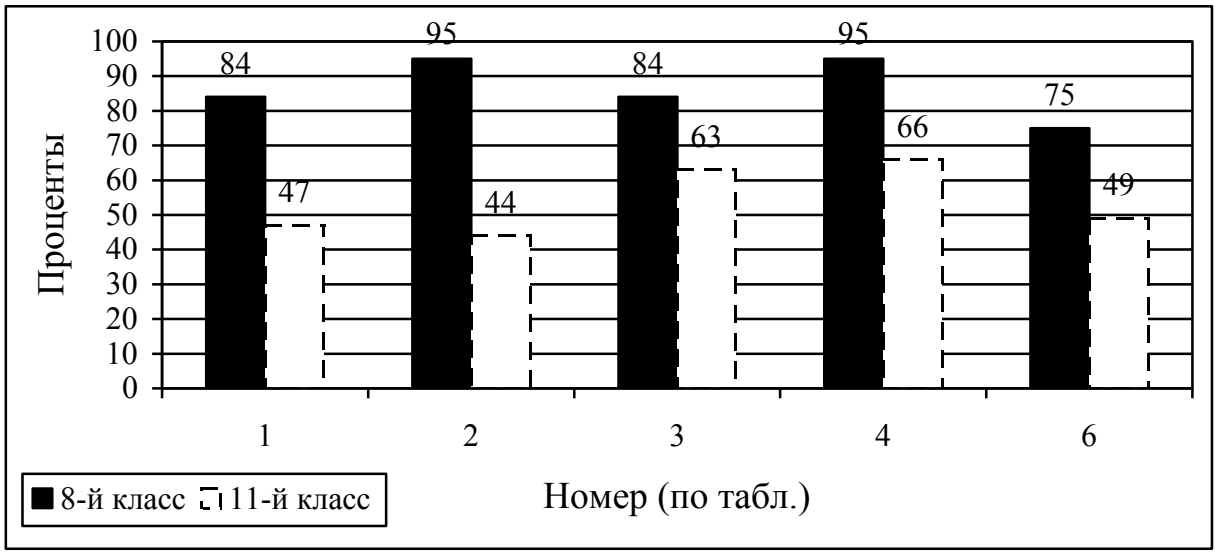


Приложение 5. Сравнительные результаты теста по моделям и моделированию школьников 11-го класса с результатами учащихся 8-х классов, участвующими в коллективном выполнении лабораторных работ

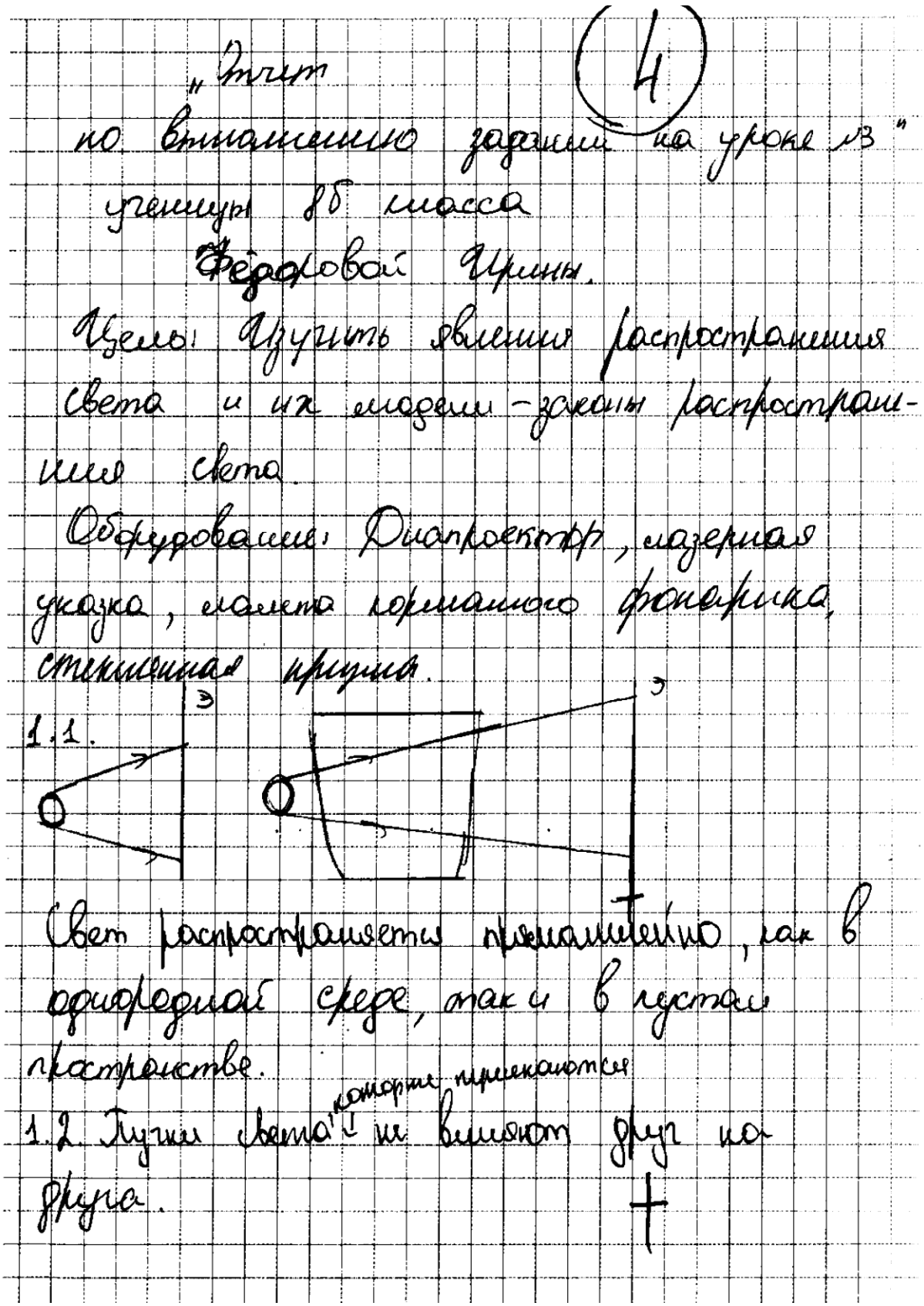
№	*Выявляемые знания и умения*	*8-й класс*		*11-й класс*		*T*	$T_{кр}$	*Значимость различия*
		Число	*%*	*Число*	*%*			
1	Умеют практически определять, какой источник света моделируется точечным	48	84	85	47	22,57	6,635	+
2	Имеют представления о модельном характере знаний: знают, что луч – модель пучка	54	95	80	44	44,56	6,635	+
3	Знают, какие явления описываются геометрической оптикой	48	84	114	63	7,784	6,635	+
4	Знают, как экспериментально доказывается прямолинейность распространения света	54	95	118	66	18,52	6,635	+
5	Умеют рационально применять луч для описания явлений	17	30	53	29	0,003	–	–
6	Имеют представления о модельном характере знаний: знают, что закон – модель явления	43	75	88	49	12,34	6,635	+

На диаграмме отражены статистически значимые изменения результатов, приведенных в табл.

Диаграмма. *Значимые результаты, приведенные в табл.*



Приложение 6. Фрагмент отчета группового исследования школьников при изучении световых явлений



(4)

„Отчет
по внеаудиторному заданию на уроке №3"
ученицы 8Б класса
Федоровой Ирины.

Цель: Изучить явления распространения света и их модели – законы распространения света.

Оборудование: Диапроектор, лазерная указка, модель карманного фонарика, стеклянная призма.

1.1.

Свет распространяется прямолинейно, как в однородной среде, так и в пустом пространстве.

1.2. Лучи света, которые пересекаются не влияют друг на друга.

Приложение 7. Знание о содержании ФКМ

Вопрос	*2000, %*	*2005 %*
1.Об определении и содержании физической картины мира		
1. Что такое физическая картина мира (ФКМ)?		
А) Отражение объективной реальности	7,5	31
Б) Картина восприятия мира человеком	3,8	14
В) Физическая модель природы	**64,2**	**43**
Г) Совокупность знаний физики и философии	18,8	9
Д) Процесс зарождения, становления, развития природы	5,7	3
Е) Нет верного ответа	-	-
2. Что такое энергия?		
А) Характеристика движения и взаимодействия частиц	**69,8**	**47**
Б) Движение и взаимодействие частиц	5,7	9
В) Причина изменения движения	9,4	-
Г) Нет верного ответа	15,1	36
3. Входят ли в современную картину мира представления классической механики?		
А) Нет, не входят	5,3	6
Б) Нет, не входят, они устарели	-	-
В) Современная картина мира является квантово-статистической	40,4	34
Г) Механика не входит в ФКМ	1,9	6
Д) Нет верного ответа	**51,9**	**54**
4. Какие физические теории входят в содержание современной ФКМ?		
А) Механика, динамика, СТО	3,5	3
Б) Механика жидкостей, квантовая физика, электродинамика, термодинамика	-	6
В) Механика, СТО, молекулярная физика	-	-
Г) Квантовая физика, молекулярная физика, статистическая физика	24,5	17
Д) Квантовая физика, молекулярная физика, электродинамика, механика	**69,8**	**74**
5. Каковы границы применимости ФКМ?		
А) Нет границ применимости	9,6	16
Б) Границы не определены	17,3	33
В) Границ по определению быть не может	15,4	27
Г) Границы применимости есть и они известны	**48,1**	**16**
Д) Нет верного ответа	9,6	8
6. Какие из перечисленных идей используются в современной ФКМ?		
А) Причинности, относительности, существование сил природы, познаваемости	-	8
Б) Причинности, взаимодействия, непрерывности движения, познаваемости	5,7	14
В) Взаимодействия и движения материи, развития мира	7,5	-
Г) Причинности, относительности, взаимодействия, объективного существования материи, познаваемости	**54,7**	**39**
Д) В состав ФКМ входят представления механики, квантовой физики, электродинамики, статистической физики	32,1	39
7. Какие из перечисленных физических законов входят в состав современной ФКМ?		
А) Закон Кулона, закон Паскаля, закон Ома	0	0
Б) Закон сохранения энергии, законы динамики	11,3	23
В) Газовые законы, уравнение Эйнштейна	9,4	5
Г) Закон Кулона, закон Ома, все другие законы	47,2	46
Д) Нет верного ответа	**32,1**	**26**

Вопрос	*2000, %*	*2005 %*
II. О методике использования знаний о ФКМ		
8. Имеете ли Вы опыт проведения вводных историко-методологических уроков, чтобы познакомить учащихся с некоторыми исходными принципами теории?		
А) Да, для всех разделов курса	13,7	3
Б) Только на факультативных занятиях	11,8	8
В) Нет, из-за недостатка времени такие уроки не проводятся	31,4	13
Г) Нет	5,9	19
Д) Практически нет	37,2	57
9. Проводите ли Вы обобщающие уроки для формирования представлений о механической картине мира после изучения механики и об электромагнитной – после изучения электродинамики?		
А) Да, всегда	9,3	5
Б) Иногда, если позволяет время	66,7	50
В) Только на факультативных занятиях		
Г) Нет, так как не ясно как это делать	20,3	28
Д) Затрудняюсь ответить	3,7	17
10. Проводите ли Вы в конце 11 класса обобщающие уроки для формирования представлений о современной ФКМ?		
А) Да, но практически они мало что дают	41,7	24
Б) Иногда, если позволяет время	33,3	24
В) Только на факультативных занятиях	2,1	4
Г) Нет	16,6	38
Д) Затрудняюсь ответить	6,3	10
11. Затрудняетесь ли Вы в подготовке и проведении обобщающих уроков?		
А) Да, в этом нет полной ясности	32	28
Б) Да, никогда не видели таких уроков	9,4	5
В) Да, нет нужных разработок	34	39
Г) Нет, есть уже опыт	20,8	25
Д) Нет, они проходят хорошо	3,8	3
12. Какая форма проведения этих уроков Вам кажется приемлемой?		
А) Лекция	15,1	15
Б) Проблемное изложение	17	10
В) Конференция	22,6	13
Г) Проблемная беседа	28,3	44
Д) Затрудняюсь ответить	17	18
13. Какую последовательность в изучении физических явлений Вы используете на практике?		
А) Определение физического явления, его объяснения	15,1	14
Б) Факты, их описание	5,7	14
В) Чаше всего использую схемы познания явлений из учебника	24,5	36
Г) Факты, модель, следствия	45,3	33
Д) Основание, ядро, следствие	9,4	3
14. Следует ли специально знакомить школьников со структурой фундаментальной физической теории (механики, электродинамики и др.)?		
А) Нет, не следует	3,8	8
Б) Нет, они с ней знакомы		
В) Нет, на это нет времени	5,7	5
Г) Следует	69,8	41
Д) Затрудняюсь ответить	20,7	46

Вопрос	*2000, %*	*2005 %*
15. Есть ли у Вас потребность проводить обобщающие уроки по ФКМ в каждом классе?		
А) На это нет времени	9,7	19
Б) Такие уроки не предусмотрены программой	11,5	3
В) Да, есть	15,4	8
Г) По идее такие уроки проводить надо	51,9	54
Д) Разработок таких уроков нет	11,5	16
III. О знаниях школьников о ФКМ		
16. Знают ли школьники определение и основное содержание ФКМ?		
А) Знают определение, но не знают содержание современной ФКМ	3,8	-
Б) Не уверен, что знают	30,8	50
В) Что-то знают	30,8	17
Г) Твердых и точных знаний нет	21,1	17
Д) Точных требований к знаниям о ФКМ нет	13,5	16
17. Есть ли интерес школьников к различным мировоззренческим вопросам?		
А) Есть постоянный интерес	20,8	13
Б) Нет интереса	15,1	11
В) Трудно определить, есть ли интерес	28,3	22
Г) Специально вопросы мировоззрения не выделяются	26,4	27
Д) Затрудняюсь ответить	9,4	27
18. Знают ли Ваши школьники, в чем отличие материальной точки от тела?		
А) Нет, не знают	0	0
Б) Нет, так вопрос в учебнике не ставится	0	2
В) Это одинаковые понятия	1,9	-
Г) Знают, мы это рассматриваем на уроках	88,5	81
Д) Знают из учебника	9,6	17
19. Знают ли Ваши школьники, какой из принципов – близкодействия или дальнодействия – точнее объясняет природу взаимодействия объектов?		
А) Знают, вопрос повторяется на обобщающих лекциях	10	6
Б) Знают из содержания учебника	20	11
В) Знают из содержания факультативного курса	6	3
Г) Знают из обсуждения на уроках	48	46
Д) Нет верного ответа	16	34
20. Понимают ли школьники необходимость создания специальной теории относительности?		
А) Третья часть школьников понимает	2	3
Б) Все школьники понимают	0	0
В) Половина учащихся разбирается в этом вопросе	2	3
Г) Осознанно понимают этот вопрос только некоторые учащиеся	72	61
Д) Затрудняюсь ответить	24	33

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агошкова Е. Б. Категория «система» в современном мышлении // Вопр. философии. – 2009. – № 4. – С. 57-71.
2. Академик Лев Давыдович Ландау: Сб. статей. – М.: Знание, 1978. – 64 с.
3. Антология мировой философии в четырех томах. Том 2. – М.: Мысль, 1970. – С. 223-231, 231-295.
4. Алферов Ж. И. Физика и жизнь. – М.; СПб.: Наука, 2001. – 288 с.
5. Андреев В. И. Об оценке и развитии исследовательских способностей старшеклассников в обучении физике. – Казань, 1975. – 157 с.
6. Атепалихин М. С., Сауров Ю. А. Вопросы методологии физических измерений при обучении физике: Монография. – Киров: Изд-во Кировского ИПК и ПРО, 2005. – 106 с.
7. Ахутин А. В. История принципов физического эксперимента. – М.: Наука, 1976. – 292 с.
8. Басов Н. Г. О квантовой электронике: Статьи и выступления. – М.: Наука, 1987. – 400 с.
9. Бессраб М. Я. Ландау. Страницы жизни. – М.: Московский рабочий, 1971. – 136 с.
10. Библер В.С. Мышление как творчество: Введение в логику мысленного диалога. – М.: Политиздат, 1975. – 399 с.
11. Бондаревская Е. В. В защиту «живой» методологии // Педагогика. – 1998. – № 2. – С. 102–105.
12. Боно Э. Нестандарное мышление. – Минск: ООО «Попурри», 2000. – 224 с.
13. Бор Н. Атомная физика и человеческое познание. – М.: Изд-во иностранная литература, 1961. – 151 с.
14. Борн М. Эйнштейновская теория относительности. – М.: Мир, 1972. – 368 с.
15. Борн М. Размышления и воспоминания физика. – М.: Наука, 1977. – 280 с.
16. Бранский В.П. Теория элементарных частиц как объект методологического исследования. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. – 257 с.
17. Бриллюэн Л. Новый взгляд на теорию относительности. – М.: Мир, 1972. – 142 с.
18. Бунге М. Философия физики. – М.: Прогресс, 1975. – 347 с.
19. Вавилов С. И. Собрание сочинений. Т. 3. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 870 с.
20. Вавилов С. И. Ленин и современная физика. – М.: Наука, 1977. – 72 с.
21. Вайскопф В. Физика в двадцатом столетии. – М.: Атомиздат, 1977. – 272 с.
22. Величковский Б. М. Когнитивная наука: Основы психологии познания: в 2 т. – Т. 2. – М.: Смысл: Издательский центр «Академия», 2006. – 432 с.
23. Вечтомов Е. М. Философия математики: Монография. – Киров: Изд-во ВятГГУ, 2004. – 192 с.
24. Вигнер Е. Этюды о симметрии. – М.: Мир, 1971. – 318 с.
25. Выготский Л. С. Психология. – М.: Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2000. – 1008 с.
26. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. – М.: Наука, 1989. – 400 с.
27. Гинзбург В. Л. О теории относительности. – М.: Наука, 1979. – 240 с.
28. Гинзбург В. Л. О науке, о себе и о других. – М.: Наука, 1997. – 272 с.

29. Гинзбург В. Л. О физике и астрофизике. – М.: Наука, 1985. – 400 с.
30. Голдстейн М., Голдстейн И. Как мы познаем. Исследование процесса научного познания. – М.: Знание, 1984. – 256 с.
31. Голин Г. М. Образовательные и воспитательные функции методологии научного познания в школьном курсе физики: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – М., 1986. – 31 с.
32. Голин Г. М. Вопросы методологии физики в курсе средней школы. – М.: Просвещение, 1987. – 127 с.
33. Гребенев И. В. Дидактика физики как основа конструирования учебного процесса. – Н. Новгород: Изд-во Нижегородского университета им. Н. И. Лобачесвского, 2005. – 247 с.
34. Громыко Ю. В. Метапредмет «Знак». Схематизация и построение знаков. Понимание символов. – М.: Пушкинский институт, 2001. – 288 с.
35. Грэхэм Л.Р. Естествознание, философия и науки о человеческом поведении в Советском Союзе. – М.: Политиздат, 1991. – 480 с.
36. Губин В. Б. О физике, математике и методологии. – М.: ПАИМС, 2003. – 321 с.
37. Губин В. Б. О науке и о лженауке. – М.: Изд-во РУДН, 2005. – 96 с.
38. Гусинский Э. Н. Построение теории образования на основе междисциплинарного системного подхода. – М.: Школа, 1994. – 184 с.
39. Гусинский Э. Н., Турчанинова Ю. И. Введение в философию образования. – М.: Логос, 2000. – 224 с.
40. Гутнер Л. М. Методологические проблемы измерения. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1972. – 136 с.
41. Давыдов В. В. Нерешенные проблемы теории деятельности // Психологический журнал. – 1992. – Т. 2. – № 2. – С.3–13.
42. Давыдов В. В. Теория развивающего обучения. – М.: ИНТОР, 1996. – 544 с.
43. Дирак П. Лекции по квантовой теории поля. – М.: Мир, 1971. – 243 с.
44. Дирак П. Пути физики. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 88 с.
45. Захаров В.Д. Метафизика в науках о природе // Вопр. философии. – 1999. – № 3. – С. 97–111.
46. Зверева Н. М. Активизация мышления учащихся на уроках физики. – М.: Просвещение, 1980. – 112 с.
47. Зелиг К. Альберт Эйнштейн. – М.: Атомиздат, 1966. – 231 с.
48. Зиновьев А. А. Фактор понимания. – М.: Алгоритм, 2006. – 528 с.
49. Зинченко В. П., Моргунов Е. Б. Человек развивающийся: Очерки российской психологии. – М.: Триволта, 1994. – 304 с.
50. Зоммерфельд А. Пути познания в физике. – М.: Наука, 1973. – 318 с.
51. Ильенков Э. В. Об идолах и идеалах. – М.: Политиздат, 1968. – 319 с.
52. Ильенков Э. В. Ленинская диалектика и метафизика позитивизма. – М.: Политиздат, 1980. – 175 с.
53. Ильенков Э. В. Диалектическая логика. – М.: Политиздат, 1984. – 320 с.
54. Ильясов И. И. Структура процесса учения. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 200 с.
55. Калмыкова З. И. Продуктивное мышление как основа обучаемости. – М.: Просвещение, 1981. – 200 с.
56. Калошина И.П. Структура и механизмы творческой деятельности. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 168 с.
57. Капица П. Л. Эксперимент. Теория. Практика. – М.: Наука, 1974. – 287 с.
58. Карнап Р. Философские основания физики. – М.: Прогресс, 1971. – 390 с.
59. Кедров Б. О творчестве в науке и технике. – М.: Мол. гвардия, 1987. – 192 с.
60. Келлер В. Р. Сергей Вавилов. – М.: Молодая Гвардия, 1975. – 320 с.
61. Кобзарев И. Ю. Ньютон и его время. – М.: Знание, 1978. – 64 с.

62. Кондаков В. А. Дидактические основы построения учебных систем знаний по физике. – Куйбышев, 1977. – 47 с.
63. Кондаков Н. И. Логический словарь-справочник. – М.: Наука, 1976. – 720 с.
64. Копнин П. В. Философские идеи В. И. Ленина и логика. – М.: Наука, 1969. – 483 с.
65. Коханов К. А. Модели и моделирование в методике использования учебного физического эксперимента: автореф. дис. ...канд. пед. наук. – Киров, 2000. – 22 с.
66. Коханов К. А. Модели в физическом эксперименте // Физика в школе. – 2004. – № 4. – С. 36–44.
67. Коханов К. А., Сауров Ю. А. Методология функционирования и развития школьного физического образования: монография. – Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2012. – 326 с.
68. Коханов К. А. Организация познавательной деятельности школьников при обучении физике в Кировской летней многопредметной школе // Физика в школе. – 2012. – № 5. – С. 44–53.
69. Краевский В. В. Проблемы научного обоснования обучения: Методологический анализ. – М.: Педагогика, 1977. – 264 с.
70. Краевский В. В. Методология педагогики. – Чебоксары: Изд-во Чуваш ун-та, 2001. – 244 с.
71. Кузнецов Б. Г. Эйнштейн. Жизнь. Смерть. Бессмертие. – М.: Наука, 1979. – 680 с.
72. Кузнецов Б. Г. Современная наука и философия. – М.: Политиздат, 1981. – 183 с.
73. Кун Т. Структура научных революций. – М.: ООО «Изд-во АСТ», 2002. – 608 с.
74. 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.
75. Лекторский В. А. Эпистемология классическая и неклассическая. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 256 с.
76. Ленин В. И. Философские тетради. – М.: ОГИЗ, 1947 . – 469 с.
77. Ленин В. И. Полн. Собр. Соч., т. 18.
78. Лем С. Сумма технологии. – М.: ООО «Изд-во АСТ», 2002. – 668 с.
79. Леонтьев А. А. Деятельный ум. – М.: Смысл, 2001. – 392 с.
80. Леонтьев А. Н. Избранные психологические произведения. – М.: Педагогика, 1983. – Т. I. – 393 с.; Т.II. – 320 с.
81. Леонтьев А. Н. и современная психология. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 288 с.
82. 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.
83. Майер В. В. Учебная физика как дидактическая модель физики // Проблемы учебного физического эксперимента: Сб. науч. тр. Вып. 7. – Глазов, 1998. – С. 13–16.
84. 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.
85. Майер Р. В. Исследование процесса формирования эмпирических знаний по физике. – Глазов: ГГПИ, 1998. – 132 с.
86. Малафеев Р. И., Казенас В.Е. Система развития физико-технического творчества учащихся в процессе обучения физике: Учеб. пособие. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 1999. – 62 с.

87. Малафеев Р. И. Проблемное обучение физике в средней школе. Из опыта работы. – М.: Просвещение, 1980. – 127 с.

88. 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.

89. Малинин А. Н. Методология научного познания в постановке и решении учебных физических задач // Физика в школе. – 2000. – № 5. – С. 61-66.

90. Малинин А. Н. Методы физического познания (философский и дидактический аспекты). – Тамбов: Изд-во ТГУ им. Г. Р. Державина, 1999. – 170 с.

91. Малинин А. Н. Эмпирическая закономерность и теоретический закон // Физика в школе.— 2000.— № 8.— С. 60–66.

92. Мамардашвили М. Мой опыт нетипичен. – СПб.: Азбука, 2000. – 400 с.

93. Мамардашвили М. Кантианские вариации. – М.: Аграф, 2000. – 320 с.

94. Мамардашвили М. Эстетика мышления. – М.: Московская школа политических исследований, 2000. – 416 с.

95. Мандельштам Л. И. Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. – М.: Наука, 1972. – 438 с.

96. Марков М. А. О природе материи. – М.: Наука, 1977. – 216 с.

97. Маркс К., Энгельс Ф. Избранные произведения в двух томах. Т. II. – М.: Политиздат, 1955. – 516 с.

98. Методика обучения физике в школах СССР и ГДР / под ред. В. Г. Зубова и др. – М.: Просвещение, 1978. – 233 с.

99. Меркулов И. П. Генезис научных теорий как логика развития ad hoc гипотез // Вопр. философии. – 1983. – № 11. – С.39–50.

100. Мигдал А. Б. Поиски истины. – М.: Молодая гвардия, 1983. – 239 с.

101. Моисеев Н. Н. Расставание с простотой. – М.: «Аграф», 1998. – 480 с.

102. Мултановский В. В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. – М.: Просвещение, 1977. – 168 с.

103. Мышление учителя: Личностные механизмы и понятийный аппарат / Под ред. Ю. Н. Кулюткина, Г. С. Сухобской. – М.: Педагогика, 1990. – 104 с.

104. Мякишев Г. Я. Динамические и статистические закономерности в физике. – М.: Наука, 1973. – 272 с.

105. Нильс Бор. Жизнь и творчество. Сборник статей. – М.: Наука, 1967. – 344 с.

106. Новиков А. М. Методология образования. – М.: Эгвест, 2002. – 320 с.

107. Нугаев Р. М. Смена базисных парадигм: Концепция коммуникативной рациональности // Вопр. философии. – 2001. – №1. – С. 114–122.

108. Нурминский И. И., Гладышева Н. К. Статистические закономерности формирования знаний и умений учащихся. – М.: Педагогика, 1991. – 224 с.

109. Обучение физике как системный процесс: Межвуз. сб. науч. тр. – Куйбышев, 1985. – 112 с.

110. Одинцова Н. И. Обучение учащихся средних общеобразовательных учреждений теоретическим методам получения физических знаний: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – М., 2002. – 32 с.

111. ОДИ-1 / Организационно-деятельностные игры. – М.: Наследие ММК, 2006. – 720 с.

112. Пайс А. Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна. – М.: Наука, 1989. – 568 с.

113. Паули В. Физические очерки. – М.: Наука,1975. – 256 с.

114. Петрова Г. И. Гносеологический анализ теорий обучения. – Томск: Изд-во Томского университета, 1977. – 134 с.

115. Планк М. Единство физической картины мира. – М.: Наука, 1966. – 288 с.

116. Пойа Д. Математическое открытие: Решение задач: основные понятия, изучение и преподавание. – М.: Наука, 1976. – 448 с.
117. Поппер К. Логика и рост научного знания. – М.: Прогресс, 1993. – 605 с.
118. Поппер К. Предположения и опровержения. – М.: «Изд-во АСТ», 2004. – 638 с.
119. Принцип развития в психологии. – М.: Наука, 1978. – 368 с.
120. Пуанкаре А. О науке. – М.: Наука, 1983. – 560 с.
121. Пустильник И. Г. Теоретические основы формирования научных понятий у учащихся: Монография / Урал. гос. пед. ун-т. – Екатеринбург, 1997. – 103 с.
122. Пустильник И. Г. Теоретические основы формирования научных понятий у учащихся: дис. в виде научного доклада ... д-ра пед. наук. – Екатеринбург, 1997. – 58 с.
123. Раджабов У. А. Эволюция гипотетико-дедуктивного подхода к научному знанию // Вопр. философии. – 1985. – № 11. – С. 61-70.
124. Развитие мышления и умственное воспитание дошкольника / под ред. Н. Н. Подъякова, А. Ф. Говорковой. – М.: Педагогика, 1985. – 200 с.
125. Разумовский В. Г. Физика в средней школе США. Основные направления в изменении содержания и методов обучения. – М.: Педагогика, 1973. – 160 с.
126. Разумовский В. Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике. – М.: Просвещение, 1975. – 272 с.
127. Разумовский В. Г. Отечественная школа: взгляд со стороны // Педагогика. – 1992. – №9. – С. 3–7.
128. Разумовский В. Г. Государственный стандарт образования супердержавы мира к 2000 году // Педагогика. – 1993. – №3. – С. 92 – 100.
129. Разумовский В. Г. Обучение и научное познание // Педагогика. – 1997. – №1. – С. 7–13.
130. Разумовский В. Г. Инновации в преподавании физики в школах за рубежом. – Новосибирск: РИЦ НГУ. 2005. – 185 с.
131. 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.
132. Разумовский В. Г. и др. Физика: Учебник для 10 класса общеобразовательных учреждений. Часть 1. – М.: ВЛАДОС, 2010. – 261 с.
133. Разумовский В. Г. и др. Физика: Учебник для 10 класса общеобразовательных учреждений. Часть 2. – М.: ВЛАДОС, 2010. – 272 с.
134. Разумовский В. Г., Майер В. В. Физика в школе. Научный метод познания и обучения. – М.: ВЛАДОС, 2004. – 463 с.
135. Разумовский В. Г., Сауров Ю. А. Деятельность преподавания как стратегический ресурс образования // Наука и школа. – 2005. – № 6. – С. 2–9.
136. 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.
137. Рузавин Г. И. Методология научного познания. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 287 с.
138. Салмина Н. Г. Виды и функции материализации в обучении. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 136 с.
139. Салмина Н. Г. Знак и символ в обучении. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 288 с.
140. Сауров Ю. А. Основы методологии методики обучения физике: Монография. – Киров: Изд-во Кировского ИУУ, 2003. –196 с.
141. Сауров Ю. А. Программы формирования методологической культуры будущих учителей физики // Профессиональное сознание специалиста. – Минск: РИВШ БГУ, 2004. – С. 60–64.

142. Сауров Ю. А. Принцип цикличности в методике обучения физике: Историко-методологический анализ: Монография. – Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2008. – 224 с.

143. Сауров Ю. А. Глазовская научная школа методистов-физиков: История и методология развития: Монография. – Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2009. – 208 с.

144. Сауров Ю. А. Физика: Поурочные разработки. 10 класс: пособие для учителей общеобразоват. учреждений. – М.: Просвещение, 2010. – 254 с.

145. Сауров Ю. А. Физика: Поурочные разработки. 11 класс: пособие для учителей общеобразоват. учреждений. – М.: Просвещение, 2010. – 256 с.

146. Сауров Ю. А., Сауров С. Ю. Научные картины мира: Элементы эпистемологии. – Киров, 2006. – 192 с.

147. Сачков Ю. В. Введение в вероятностный мир: Вопросы методологии. – М.: Наука, 1971. – 207 с.

148. Сачков Ю. В. Вероятностная революция в науке (Вероятность, случайность, независимость, иерархия). – М.: Научный мир, 1999. – 144 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. Сохор А. М. Объяснение в процессе обучения: Элементы дидактической концепции. – М.: Педагогика, 1988. – 128 с.

151. Степин В. С. Диалектика генезиса и функционирования научной теории // Вопр. философии. – 1984. – № 3. – С.29–38.

152. Степин В. С. Деятельностная концепция знания // Вопр. философии. – 1991. – № 8. – С.129–138.

153. Степин В. С. Теоретическое знание. — М.: «Прогресс—Традиция», 2000. – 744 с.

154. Теоретические основы содержания общего среднего образования / под ред. В. В. Краевского, И. Я. Лернера. – М.: Педагогика, 1983. – 351 с.

155. Тихомиров О. К. Психология мышления. – М.: Изд-во МГУ, 1984. – 272 с.

156. Уайтхед А. Избранные работы по философии. – М.: Прогресс, 1990. – 718 с.

157. Ушаков Е. В. Введение в философию и методологию науки. – М.: Изд-во «Экзамен», 2005. – 528 с.

158. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. – М.: Мир, 1976. – Ч. 1-2. – 439 с.

159. Фейнман Р. Характер физических законов. – М.: Наука, 1987. – 160 с.

160. Фридман Л. М. Логико-психологический анализ школьных учебных задач. – М.: Педагогика, 1977. – 208 с.

161. Фридман Л. М. Наглядность и моделирование в обучении. – М., 1984. – 80 с.

162. Хижнякова Л. С. Введение в методику обучения физике. Методология педагогического исследования. Ч. 2. – М.: МГОУ, 2006. – 68 с

163. Хокинг С. Краткая история времени: От большого взрыва до черных дыр. – СПб.: Амфора, 2005. – 268 с.

164. Хофштадтер Д. Гедель, Эшер, Бах: эта бесконечная гирлянда. – Самара: Издательский дом «Бахрах-М», 2001. – 752 с.

165. Хюсен Т. Образование в 2000 году: Исследовательский проект / под ред. В. Н. Столетова. – М.: Прогресс, 1977. – 341 с.

166. Чижов Г.А., Ханнанов Н.К. Физика. 10 кл.: Учебник для классов с углубленным изучением физики. – М.: Дрофа, 2003. – 480 с.

167. Хрестоматия по физике: Учеб. пособие для учащихся / под ред. Б. И. Спасского. – М.: Просвещение, 1982. – 223 с.

168. Шакуров Р. Х. Барьер как категория и его роль в деятельности // Вопр. психологии. – 2001. – № 1. – С. 3–18.

169. Шамало Т. Н. Теоретические основы использования физического эксперимента в развивающем обучении: Учебное пособие к спецкурсу. – Свердловск, 1990. – 96 с.

170. Шаронова Н. В. Теоретические основы и реализация методологического компонента методической подготовки учителя физики: автореф. дис. … д-ра пед. наук. – М., 1997. – 33 с.

171. Швырев В. С. Научное познание как деятельность. — М.: Политиздат, 1984. – 232 с.

172. Шубинский В. С. Формирование диалектического мышления у школьников. – М.: Знание, 1979. – 48 с.

173. Шубинский С. А. Обучение и научное познание. – М.: Педагогика, 1981. – 208 с

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

175. Щедровицкий Г. П. О некоторых моментах в развитии понятий // Вопр. философии. – 1958. – № 6. – С. 55–64.

176. Щедровицкий Г. П. Избранные труды. — М.: Школа культурной политики, 1995. – 800 с.

177. Щедровицкий Г. П. Философия. Наука. Методология. – М.: Школа культурной политики, 1997. – 656 с.

178. Щедровицкий Г. П. Оргуправленческое мышление: идеология, методология, технология. – М., 2000. – 384 с.

179. Щедровицкий Г. П. Я всегда был идеалистом… – М., 2001. – 368 с.

180. Щедровицкий Г. П. Проблемы логики научного исследования и анализ структуры науки. – М., 2004. – 400 с.

181. Щедровицкий Г. П. Интеллект и коммуникация // Вопр. философии. – 2004. – № 3. – С. 170–183.

182. Щедровицкий Г. П. Мышление – Понимание – Рефлексия. – М.: Наследие ММК, 2005. – 800 с.

183. Эйнштейн А. Физика и реальность. Сб. статей. – М.: Наука, 1965. – 359 с.

184. Эйнштейн А. Собрание научных трудов в четырех томах. Т. IV. – М.: Наука, 1967. – 599 с.

185. Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. – М.: Молодая гвардия, 1966. – 272 с.

186. Эренфест П. Относительность. Кванты. Статистика. – М.: Наука, 1972. – 359 с.

187. Эсаулов А. Ф. Активизация учебно-познавательной деятельности студентов. – М.: Высшая школа, 1982. – 223 с.

188. Юдин Э. Г. Методология науки. Системность. Деятельность. – М.: Эдиториал УРСС, 1997. – 444 с.

189. Юлов В. Ф. Мышление в контексте сознания. – М.: Академический Проект, 2005. – 496 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 3

ВВЕДЕНИЕ: ФИЗИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ КАК ЦЕННОСТЬ И ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ 4

ГЛАВА I. О МЕТОДОЛОГИИ МЫШЛЕНИЯ КАК ОБЪЕКТА И ФОРМЫ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 9

1.1. Актуальность методологии как знания о познавательной деятельности 9
1.2. Эпистемология как теория знания о результатах мышления 16
1.3. Философы: Неистовый поиск мышления... 21
1.4. Методология и трансляция «опыта мышления» 32
1.5. Моделирование и экспериментирование как ведущие познавательные деятельности в обучении физике 36
1.6. Основные психологические представления о мышлении 44
1.7. Методологическая модель мышления 55

ГЛАВА II. КУЛЬТУРА МЫШЛЕНИЯ ВЕЛИКИХ ФИЗИКОВ 61

2.1. Современный метод научного познания и творчество Декарта 61
2.2. Современное теоретическое мышление и творчество Галилея 65
2.3. Построение физического мышления при создании современной физики 69
2.4. Эйнштейн и современная культура научного мышления 83
2.5. Отечественные физики и построение современного физического мышления 90
2.6. Обобщения методологии физического познания 101

ГЛАВА III. ФИЗИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ В НАШЕЙ ШКОЛЕ 106

3.1. Общие проблемы формирования физического мышления в современной средней школе 106
3.2. Опыт теории и практики организации физического мышления в обучении 115
3.3. Проблемы методики организации современного процесса мыслительной деятельности в обучении физике 127
3.4. Мышление и построение учебных систем физических знаний 135
3.5. Принцип цикличности как норма учебной деятельности 148
3.6. Организация мышления школьников при работе с учебной физической задачей 157
3.7. Организация мышления при экспериментировании 167
3.8. Физическое мышление в форме математических действий 182
3.9. Деятельность преподавания как носитель норм современного научного мышления 189
3.10. Концепция освоения современной культуры физического мышления 208

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 212

ПРИЛОЖЕНИЯ 214

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 227

Константин Анатольевич Коханов

Юрий Аркадьевич Сауров

Проблема задания и формирования современной культуры физического мышления

Монография

Научное издание

Сдано в набор 30.06.2013. Подписано в печать 02.09.2013. Формат 60·84 / 16. Печать офсетная. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 14. Тираж 500. Заказ 077/13.

ISBN 978-5-91061-355-7

9 785910 613557