

УДК 372.853

Ю. А. Сауров, М. П. Уварова
 О СТРУКТУРНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯХ
 ФИЗИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ В ОБУЧЕНИИ

Физическое мышление — это сложное структурное образование интеллектуальных процессов. В зависимости от особенностей предметной деятельности его структура и содержание могут быть уточнены и технологично представлены в виде определенных составляющих. Поэтому для практики обучения физике так важно выделить составляющие физического мышления, фактически «результаты обучения», и на этой основе строить методики формирования (присвоения) мышления как «опыта рода».

Ключевые слова: методология деятельности, физическое мышление, теоретические обобщения, структуры мышления, ориентировки учебной деятельности.

Каждый, кто хочет учить мыслить,
 должен уметь мыслить сам.

Э. Ильенков¹

Проблема реальности формирования физического мышления. Конечно, освоение «опыта рода» остается самой общей категорией содержания образования. Но в ее рамках сейчас максимально актуальным оказывается формирование мышления и миропонимания. Без них невозможно современное освоение любого опыта [1, 2, 10].

Однако для практики обучения важно, чтобы цели обучения были достижимыми, измеримыми, первостепенными. Все это относится и к формированию физического мышления в обучении. Только достаточно точное, четкое и определенное представление о физическом мышлении позволит формировать методическое мышление учителей, создавать методики, технологии формирования физического мышления учащихся, методики его диагностики.

В настоящее время есть все основания предположить, что для понимания значения и роли мышления в обучении его следует, особенно в методике, рассматривать в рамках парадигмы о структуре. Мышление, несомненно, — система, а система является, прежде всего, структурой. Не случайно во всех случаях, когда рассматривается вопрос о физическом мышлении, логика (или лучше методология) выходит на первый план [4]. Заметим, что формирование

¹Ильенков Э. В. Об идолах и идеалах. — М.: Политиздат, 1968. — С. 210.

физического мышления и мировоззрения десятилетиями отмечалось в программах как фундаментальная задача обучения физике. Хотя представления о формировании физического мышления остаются для учителей и методистов неясными, не технологичными и не диагностируемыми [12, 13, 14].

Сейчас осознано и принято, что учащиеся в процессе обучения физике должны осваивать «опыт рода», перенимая нормы мышления, мыслительной деятельности (В.В. Давыдов [2], В.В. Мултановский [9]). Но удачное или нет выделение (построение) норм мышления в обучении все равно было центрировано и опиралось на определение структуры физического познания. Так, профессор В.В. Мултановский обоснованно утверждал, что физическое мышление задается и передается формой и содержанием физической теории как фундаментального обобщения. А в итоге особенности физического мышления были сформулированы в концепции взаимодействий: а) в качестве главного физического явления выступает изменение состояния системы в результате взаимодействия [9, с. 143]; б) определены структурные уровни деления материи (мегамир, макромир, микромир); в) заданы модели пространства (евклидово, однородно, изотропно), времени (однородно, непрерывно, однонаправлено), материи (материальная точка); г) взаимодействие определено как причина всех явлений, а модели взаимодействия — квантово-релятивистская, полевая, дальнего действия; д) обозначены универсальные физические величины как характеристики свойств физического объекта (импульс, энергия, момент импульса, заряд); е) далее следуют иерархия расстояний, формы движения материи в рассматриваемой пространственной области, их описание фундаментальными физическими теориями [9]. Значение структур знаний для мышления здесь ключевое. Но это значение должно быть выражено и на языке процессов учебной деятельности, на языке умений. В нашем случае на это обращается основное внимание. И это тоже представляемо структурами, только действий.

Мышление — феномен; оно признается как реальность. Но технологичнее говорить о мыслительной деятельности. Именно на этом языке задаются черты, особенности мышления. Мышление как деятельность связано с другими деятельностями: внешней, предметной, речевой, рефлексией, пониманием... Издавна было стремление задать мышление структурами. Первым и существенным актом мысли является выделение предмета мысли [17], содержание мышления — это процесс соотношения мысли с предметом (А.А. Зиновьев и др. [1, 3, 5, 8]). Для методики обучения физике это фундаментальное основание. Оно показывает, что процессом мышления учащихся можно управлять: при решении любой задачи мы сначала всегда выделяем изучаемые объекты и явления, тем самым организуя и активизируя мышление учащихся.

Мышление может быть понято как деятельность со знаками [11, 12, 13]. Г. П. Щедровицкий трактует мышление как «замещение объектов знаками и действия со знаками» [17]. Такое замещение — ядро мышления. Для освоения физического мышления необходимо организовать эту деятельность, управлять ее формированием, использовать моделирование как фундаментальную ведущую учебную деятельность [4]. Мышление является структурным и процессуальным, акты, этапы мышления протекают не мгновенно, а один за другим. Вопрос о числе и содержании этапов мышления требует исследования. Технологически важно, что каждый этап выражен в той или иной деятельности учащихся, а значит, мышление может быть диагностировано по предметным действиям.

О структуре физического мышления и ее значении. Мы убеждены, что многие трудности в изучении и усвоении физики в школе обусловлены слабым вниманием к процессам понимания и мышления. А причинами такого слабого внимания являются нечеткие и несовременные представления о структуре деятельности понимания и мышления [13, 14]. Чтобы сделать процессы понимания и мышления «правильными» и явными, надо а) коллективно выработать рациональные (нормативные) представления, б) постоянно и максимально конкретно их тиражировать.

На первом этапе важно задать рамку теоретико-методологической позиции. Вот ее черты.

- Для обучения физике важно учитывать историчность мышления: мы живем не вообще во времени и пространстве, а в данной фактически точке (историческом месте) и нас интересуют современные нормы мыслительной деятельности.

- Мышление — феномен, по построению сложная структура элементов знаний разной природы [17]. По-видимому, под задачу эта структура каждый раз при известной инвариантности ядра определяется заново, фактически уточняется. В рамках этой структуры вычлняются и процессы. Важно, что структуры выражены схемами-моделями, они и задают «логическую жизнь» мыслительной деятельности.

- На наш взгляд, можно представить *структуру мышления на трех уровнях*:

- а) Надпредметный уровень представлен следующими структурами действий: общей логикой движения понятий «от абстрактного к конкретному»; дидактического потенциала математики как языка физики; общей логикой научного метода познания «факты, проблема — гипотеза, модель — следствия, дедуктивный вывод — эксперимент, опыт деятельности»; связи деятельности мышления с деятельностью понимания, чувственно-эмоционального отношения, коммуникативно-кооперированных отношений; различений материального и идеального миров.

Рамка логики построения методической технологии мыслительной деятельности как процесса может быть представлена схемой: идеализированный объект — мыслительный акт; система актов: акт проблематизации — проблема, акт выбора метода — метод, акт действия над проблемой — результат, акт оценки — итог; инструменты мыслительной деятельности — понятия, логика, методология, системный подход и др. [6, 7, 13].

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

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

• Для учебного мышления необходимо задать в какой-либо форме *процессы* (в принципе разные для разных предметных деятельностей): построение научных фактов, гипотезирования, экспериментирования, моделирования, систематизации и обобщения, конкретизации, диалога по схеме логики научного метода познания в форме «факты, проблема — гипотеза, модель — следствия, дедуктивные выводы — эксперимент, практика». Сами эти процессы на практике тоже структурируются через систему понятий.

Итак, остановимся на твердой позиции: физическое мышление следует целенаправленно формировать в форме структур и процессов и диагностировать по их различным представлениям в конкретной деятельности. Разные структуры мышления по видам предметной деятельности ведут к разным процессам, а потом и разным умениям. Структура мышления в форме мыслительной деятельности традиционнее и лучше всего конкретизируется на языке предметных умений.

Для примера рассмотрим логику (структуру) мыслительной деятельности при поиске решения учебной проблемы (задачи) на языке умений.

Этап 1 мыслительной деятельности. Анализ учебной проблемы, выделение свойств и функций изучаемого объекта, явления, выявление компонентов, связей. Мыслительную деятельность на этом этапе можно представить в виде следующих умений:

– умение выделять изучаемые объекты;

- умение определять, характеризовать состояние объекта или системы;
- умение работать с понятиями (в том числе с модельными представлениями об объектах: идеальный блок, нерастяжимая нить и пр.);
- умение выделять, определять взаимодействия;
- умение характеризовать рассматриваемую систему физическими величинами.

Этап 2 мыслительной деятельности. Построение модели изучаемой системы и работа с ней.

Если под моделью классически понимать «такую мысленно представляемую или материально реализованную систему, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает нам новую информацию об этом объекте» (В. А. Штофф) [16, с. 19], то можно выделить такие умения деятельности моделирования как:

- умение выделять свойства или процессы, подлежащие исследованию (моделированию);
- умение строить (подбирать) такую модель, которая позволяла бы изучить свойство или явление проще и доступнее;
- умение строить графическую модель ситуации (рисунок, график и пр.);
- умение строить математическую модель явления;
- умение исследовать модель (теоретически или экспериментально).

Этап 3 мыслительной деятельности. Анализ полученных знаний, проведенной работы. На этом этапе можно выделить такие умения как:

- умение искать границы применимости модели и знаний, полученных с ее помощью;
- умение анализировать и изменять модель (в творческих учебных заданиях);
- умение анализировать полученные в задании результаты с различных позиций: оценка правдоподобности ответа, проверка размерности ответа (в задачах) и др.

Прикладные вопросы методики освоения физического мышления. Методика — это нормирование опыта и его воспроизводство в обучении [12–14]. Мышление как опыт должно быть задано структурой и процессами в разной предметной деятельности. Надо перестроиться, и не просто запоминать физические знания, а понимать физический мир. Лучше всего это проиллюстрировать *на примере решения экспериментальной задачи*.

Фактически практика признает, что физическое мышление явным образом проявляется при решении учебных задач. Деталей

здесь много, ими и займемся. Во-первых, надо определиться, какое мышление надо формировать при решении задачи. И что понимать под словом «физическое». Во-вторых, как понимание мышления реализовать в процедурах работы с задачей. В-третьих, как оформить процедуры учебной деятельности при решении физических задач.

Пример решения задачи «Как и почему изменяются показания динамометра, если нить 1 перерезать (рис. 1.1)?».

1 этап решения: анализ текста и анализ физического явления. Анализ текста качественной задачи. Надо уточнить, что в задаче дано: даны массы тел, они разные; величина масс тел задана, но численно не известна; в начальном состоянии фактически известна (измеряема) величина действия тел на подвес — динамометр показывает вес двух известных тел. Надо найти: изменение действия тел (их веса) на динамометр при их движении.

Анализ физического явления. В первом состоянии системы тела покоятся: на левое тело действуют Земля, шнур и нить; на правое тело действуют шнур и Земля. Это причины такого явления.

Во втором состоянии происходит ускоренное движение первого и второго тел.

Движение тел поступательное, внутренних движений мы не выделяем, поэтому при описании моделируем тела материальными точками. Для них и формулируются законы. Хотя на рисунках для наглядности изображения тел часто приводят в форме прямоугольников.

2 этап решения: идея, план, метод решения. Очевидно, задача по методу задания и методу решения — экспериментальная. Хотя факт изменения веса можно эмпирически зафиксировать, но его причину надо выяснять на основе теоретических представлений (модели).

3 этап решения: математическая модель физических явлений. Теоретическая модель явления покоя наших тел (первое состояние) на языке сил простая. На тело (материальную точку) слева будут действовать три силы: сила тяжести, сила упругости шнура 2 и сила упругости нити 1 ; на тело справа действуют шнур и Земля, значит, приложены две силы, по величине они равны. Отсюда для двух тел причины покоя будут разные. Важно, что при таком явлении равновесия динамометр покажет вес двух тел. Итак, получаем

$$R_1 = (m_1 + m_2)g.$$

Второе состояние: нить 1 разрезана, тела пришли в движение. Опишем движение тел. Сначала представим его в форме модели-рисунка (рис. 1.2), а затем для каждого тела запишем основное уравнение динамики для материальной точки

$$m_1 \vec{a}_1 = m_1 \vec{g} + \vec{F}_H, \quad m_2 \vec{a}_2 = m_2 \vec{g} + \vec{F}'_H.$$

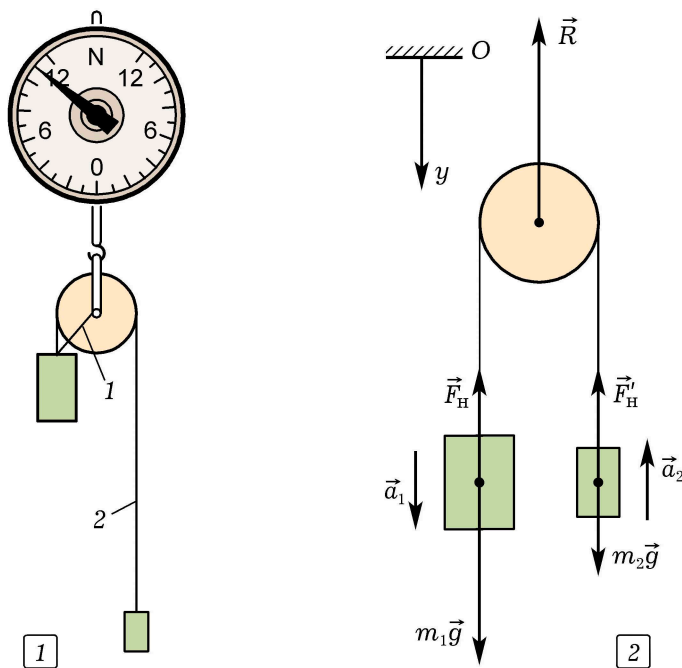


Рис. 1

В проекциях на ось Oy получаем:

$$m_1 a_1 = m_1 g - F_H, \quad -m_2 a_2 = m_2 g - F'_H.$$

Решение системы уравнений дает выражение для величины силы натяжения:

$$F_H = 2g \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}.$$

При условии, что $R_2 = 2F_H$ получаем формальный ответ. Остается сравнить его с выражением для веса в первом состоянии. Простые преобразования дают такой числовой ответ: $R_1/R_2 = 9/8$. Словом, при ускоренном движении тел динамометр покажет уменьшение веса.

4 этап решения: анализ процесса решения и анализ ответа. Во-первых, если сначала задачу решить теоретически, то эксперимент дает подтверждение предсказанию. Например, для масс 400 г и 200 г в первом случае вес равен 6 Н, а при движении тел — 16/3 Н. Словом, показания динамометра действительно уменьшаются. Во-вторых, эксперимент раскрывает богатство реальности при разных параметрах тел, точности динамометра, трения в оси неподвижного

блока и др. Так, заметим, что на практике различие в показаниях может быть и незаметным... И возникает вопрос для исследования: при каких условиях эксперимента этот эффект проявляется лучше?

Заключение. Понимание явлений мира обусловлено структурами знаний, запоминание — тоже, применение — тоже. Качество и успешность познавательной деятельности сильно зависят от структуры мыслительной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильенков Э. В. Философия и культура. — М.: Изд-во Московского психолого-социального института, 2010. — 808 с.
2. Давыдов В. В. Теория развивающего обучения. — М.: ИНТОР, 1996. — 544 с.
3. Зиновьев А. А. Фактор понимания. — М.: Алгоритм, 2006. — 528 с.
4. Коханов К. А., Сауров Ю. А. Проблема задания и формирования современной культуры физического мышления: монография. — Киров: Изд-во ИРО Кировской области, 2013. — 232 с.
5. Лекторский В. А. Георгий Петрович Щедровицкий и современная философия // Познающее мышление и социальное действие. — М.: Ф. А. С.-медиа, 2004. — С. 171–205.
6. Майер В. В., Сауров Ю. А. Экспериментальное мышление: смыслы, ценности, черты, технология формирования // Учебная физика. — 2018. — № 4. — С. 45–65.
7. Майер В. В., Сауров Ю. А. Экспериментирующее мышление в методике обучения физике // Физика в школе. — 2018. — № 7. — С. 3–11.
8. Мамардашвили М. Эстетика мышления. — М.: Московская школа политических исследований, 2000. — 416 с.
9. Мултановский В. В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. — М.: Просвещение, 1977. — 168 с.
10. Разумовский В. Г. Проблемы теории и практики школьного физического образования. Избранные научные статьи. — М.: Изд-во РАО, 2016. — 196 с.
11. Розин В. М. Мышление: сущность и развитие. — М.: ЛЕНАНД, 2015. — 368 с.
12. Сауров Ю. А. О программе формирования и исследования физического мышления // Формирование мышления в процессе обучения естественнонаучным технологиям и математическим дисциплинам. — Екатеринбург: УГПУ, 2019. — С. 6–11.
13. Сауров Ю. А. Построение постнеклассической методики обучения физике: методологический и методический синтез: монография. — Киров: Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2022. — 220 с.
14. Сауров Ю. А., Уварова М. П. Проблема диагностики физического мышления в обучении // Перспективы науки и образования. — 2022. — № 5. — С. 233–246.
15. Сорокин А. П. Освоение методологии познания при решении экспериментальной физической задачи // Физика в школе. — 2020. — № 3. — С. 3–6.
16. Штоф В. А. Моделирование и философия. — М.; Л.: Наука, 1966. — 302 с.
17. Щедровицкий Г. П. Мышление — Понимание — Рефлексия. — М.: Наследие ММК, 2005. — 800 с.

Российская академия
образования

Поступила в редакцию 15.05.23.

АВТОРЫ ЖУРНАЛА

1. АРЖАНИК АЛЕКСЕЙ РЕМОВИЧ кандидат педагогических наук, доцент; доцент кафедры физики и методики обучения физике Томского государственного педагогического университета.
2. БОРОДИН ИГОРЬ ДМИТРИЕВИЧ учитель физики, МАОУ Лицей 130, г. Екатеринбург.
3. ВАРАКСИНА ЕКАТЕРИНА ИВАНОВНА кандидат педагогических наук, доцент; доцент кафедры физики и дидактики физики Глазовского государственного педагогического института.
4. ВАСИЛЬЕВ ИВАН АЛЕКСЕЕВИЧ техник кафедры физики и дидактики физики Глазовского государственного педагогического института.
5. КАТАЕВ СЕРГЕЙ ГРИГОРЬЕВИЧ доктор технических наук, профессор кафедры физики и методики обучения физике Томского государственного педагогического университета.
6. КОКИН СЕРГЕЙ МИХАЙЛОВИЧ доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Физика» Российского университета транспорта (МИИТ), Москва.
7. КОРНЕВ ЮРИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ магистрант Глазовского государственного педагогического института.
8. МАЙЕР ВАЛЕРИЙ ВИЛЬГЕЛЬМОВИЧ доктор педагогических наук, профессор; заведующий кафедрой физики и дидактики физики Глазовского государственного педагогического института.
9. МУХИН СЕРГЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ старший преподаватель кафедры «Физика» Российского университета транспорта (МИИТ), Москва.
10. ПОПОВА АЛЁНА ВАЛЕРЬЕВНА ученица 8 класса, МАОУ Лицей 130, г. Екатеринбург.
11. САУРОВ ЮРИЙ АРКАДЬЕВИЧ доктор педагогических наук, профессор, член-корреспондент РАО, профессор кафедры физики и методики обучения физике Вятского государственного университета (Киров).
12. СИДОРЕНКО ФЕЛИКС АРОНОВИЧ доктор физико-математических наук, профессор; профессор кафедры физики Института фундаментального образования Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург).
13. СТОЮХИН СЕРГЕЙ ГЛЕБОВИЧ кандидат физико-математических наук, доцент; доцент кафедры «Физика» Российского университета транспорта (МИИТ), Москва.
14. УВАРОВА МАРИНА ПАВЛОВНА кандидат педагогических наук, доцент кафедры физики и методики обучения физике Вятского государственного университета (Киров).
15. ШТАК АЛЁНА ВАДИМОВНА студент 3 курса физического факультета Томского государственного университета.