

Ю. А. Сауров (www.saurov-ya.ru)

Формирование модельного мышления при изучении физики

В самом себе, в своем мышлении, в сознании
он опоры не имел...

Г.П. Щедровицкий

Вне духа и без духа нет и слова,
есть лишь колебания воздуха.

Э. Ильенков

План выступления

- **Введение.** Проблема формирования мышления в методике обучения физике как науке и как практике
- **Часть 1.** Современные теоретико-методологические представления о мышлении
- **Часть 2.** Элементы методики формирования модельного мышления...
- **Заключение**
- Литература

Теоретическое введение о формате рассмотрения модельного мышления...

ПРОБЛЕМА

- Физика как учебный предмет – не менее чем любой другой учебный предмет, гуманитарная дисциплина, несущая свои особенности из-за особенностей усваиваемых знаний. Методика обучения физике по определению жестко гуманитарный предмет, где ведущие знания - педагогические.

А основная гуманитарная проблема обучения - отчуждение школьников от научного мировоззрения и мышления; громадное умственное неравенство людей...

- Мышление – фундаментальное качество школьников, некий феномен со сложной структурой и содержанием. Физическое мышление по предметному содержанию особенное, может быть структурно более определенное.
- По большому счету в методике обучения физике пока нет последовательной методики формирования физического мышление по классам и темам.
- В практике обучения физике категория мышления используется мимоходом без структурного и содержательного развертывания в приемах. А понятия модельного мышления фактически отсутствует.

Часть I. Современные теоретико-методологические представления о мышлении

Мысль 1. Об истории...

Ландсберг : «Нас смущает не столько недостаточность фактов и теоретических представлений, сколько отсутствие ясного и правильного суждения об их отношении...» (1948).

Словом, структура, мышление...

Мултановский: Для модели природы предложена **концепция взаимодействий** со следующей логической схемой синтеза знаний «от абстрактного к конкретному»: а) структурные уровни деления материи (мегамир, макромир, микромир); б) модель пространства (евклидово, однородно, изотропно), времени (однородно, непрерывно, однонаправлено), материи (материальная точка); в) взаимодействие как причина всех явлений и модель взаимодействия (фундаментальная – квантово-релятивистская; полевая; дальное действие); г) универсальные физические величины как характеристики свойств физического объекта (импульс, энергия, момент импульса, заряд); д) иерархия расстояний, формы движения материи в рассматриваемой пространственной области, их описание фундаментальными физическими теориями.

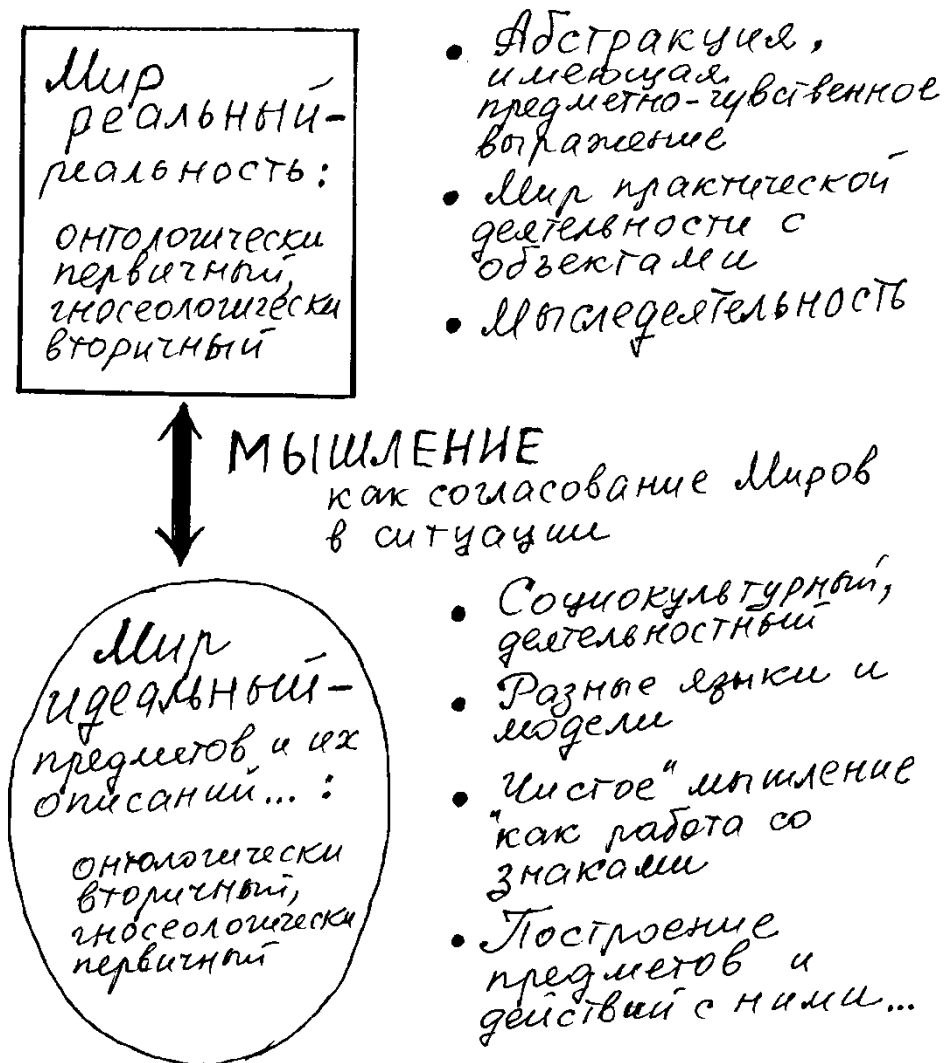


Феномен мышления...

- **Онтология.** Мышление – это интегральное обозначение фундаментального феномена субъекта. Этот феномен неопределенно сложный, формы и смыслы которого исторически менялись. По природе он естественно-искусственный, социальный. Нередко им обозначают вообще любую интеллектуальную деятельность. Но в разной деятельности (познавательной, управленческой, организационной, технической, педагогической и др.) мышление предстает по-разному. В точном, но и в достаточно узком смысле, мышление состоит в интеллектуальной деятельности по особым правилам с идеальными объектами (знаками, образами, мифами, понятиями).
- **Знаковое (речь и др.) физическое мышление** как фундаментальная мыслительная (теоретическая, интеллектуальная) деятельность, которой надо овладеть в обучении физике.
- **Специфика физического мышления**, в главном, проявляется через известные результаты-знания физического познания. Рационально можно выделить следующие знания: Факты – единицы материала, с которым имеют дело в деятельности; онтологические картинки мира, т. е. изображения реальности; Средства выражения знаний, фактов, т. е. языки описания, представления; Методы познания...

•

Мысль 2. Мышление как связь миров...



Удивительно: Мир реальный строится и признаётся объективным – в Идеальном мире...

Мысль 3. Различение реальности и описаний

Первый аспект: реальность и описания задаются и реализуются в обучении через систему понятий, значит, надо разделить по статусу понятия

Второй аспект: все описания – одинаково идеальные по природе образования, но они разные по формам и функциям. Так возникает проблема отношений между понятиями (и классификации): физические величины, принципы, модели, идеализированные объекты, механизмы, конструкты и др.

Например: В чём различение понятий «вещь – объект – предмет – система – модель»?

Третий аспект: различение деятельности с предметами реальности и предметами-описаниями.

Четвертый аспект: задание этих различений в учебных текстах и в методических текстах, в действиях



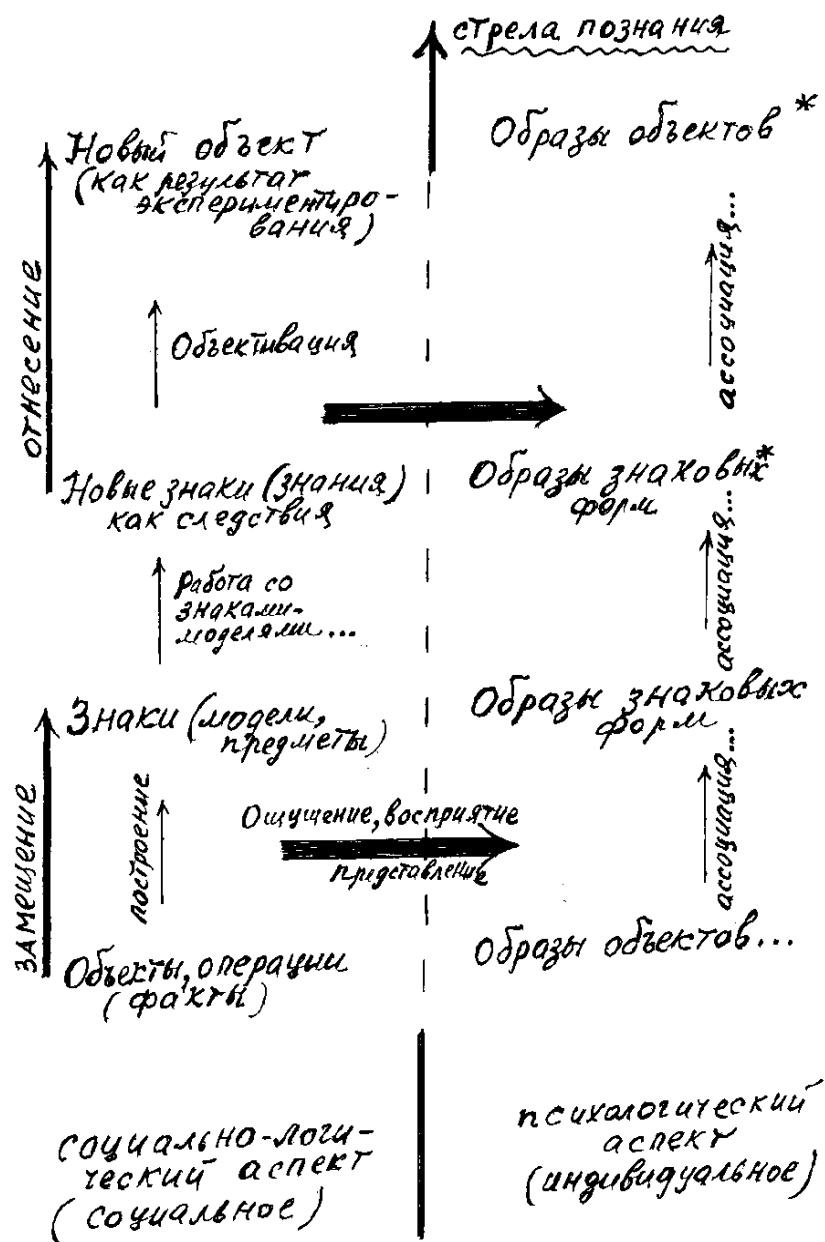
Мысль 4. Модельное мышление: определение структуры...

- Само по себе любое мышление – это структура... Но в разной

деятельности (познавательной, управленческой, организационной, технической, педагогической и др.) мышление предстает по-разному. В точном, но и в достаточно узком смысле, мышление состоит в интеллектуальной деятельности по особым правилам с идеальными объектами (знаками, образами, мифами, понятиями).

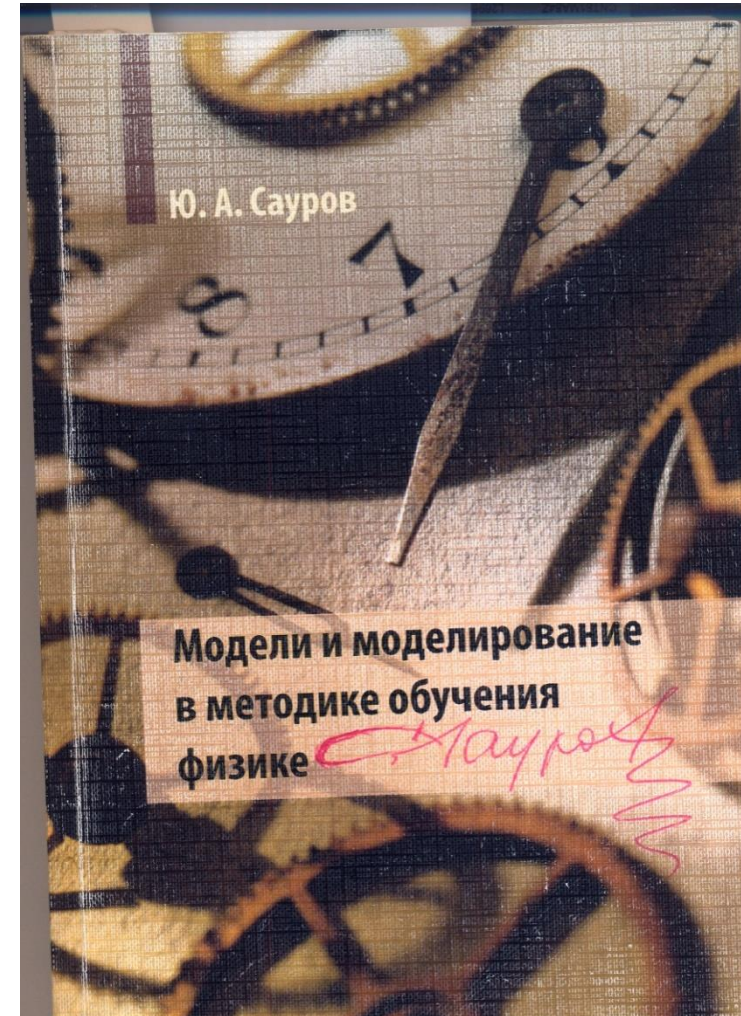
- Ключевое отношение этой структуры: объекты --- их модели

- Физическое модельное мышление -- это ещё кроме того использование таких предметов науки как модели физических объектов и явлений



Мысль 5. Экспериментирующее мышление

- В обучении физике это экспериментирование одновременно с разными предметами – материальными и идеальными...
- Можно выделить *три относительно самостоятельных мира экспериментирования*: а) онтологии экспериментирования (реальность), заданные знаниями-схемами о сущности и существовании; б) системы знаний о нормах деятельности экспериментирования, т.е. в итоге методические проекты в форме принципов, характеристик, моделей, материала, ориентировок; в) системы знаний и процедуры исследования реальности экспериментирования.
- А.В. Ахутин: «сам эксперимент, т.е. анализ предмета в различных условиях его существования, непосредственно оказывается экспериментом над понятием и движением в рамках понятия» и «мышление как таковое можно понять как экспериментирование...»



Часть II. Элементы методики формирования модельного мышления

Мысль1. Программа нормирования: Выработка норм знаний и норм действий с моделями, их признание. В итоге, признание фундаментальности деятельности моделирования

1. Задание моделей основных физических объектов школьного курса физики. Например, не ясно что такое «реальный газ».
2. Задание как нормы моделей типичных физических явлений (возможны разные языки: образно-символический, математический, информационный и др.)
3. Задание развернутых методических образцов-моделей практики использования моделей (вплоть до открытых уроков). **Модели уроков**
4. Отработка интерпретаций: согласование моделей, границы применимости и др.

Нормирование: детали...

- Мышление не только жестко нормируемая структура и процесс, но и эмоционально-волевой феномен. В принципе, и то, и другое транслируемо, воспроизводимо и ценно.
- 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», научным методом познания.
- В методике физики мыслительная деятельность организуется и управляется разными смысловыми ориентировками: принципом различения реальности и описаний, объектов и явлений, деятельностью моделирования и экспериментирования, логикой познавательных предметных действий – классификации, обобщения, систематизации, вывода и др.

Нормирование мышления через умения

Блок «Деятельность моделирования»				
1	Умение выделять изучаемое физическое явление	48		64
2	Умение выделять и определять физическое явление по рисунку, графику, таблице и др.	48		58
3	Умение выполнять решение любых задач по логике «выделение явления – описание явления»	46		48
4	Умение зафиксировать объекты и явления в изображении: рисунок-модель, схема	52		71
5	Умение переходить от одних средств описания физических явлений к другим	50		66
6	Умение строить (выбирать) модель физического объекта и явления	34		52
7	Умение определять границы применения моделей (на примерах)	15		36

Мысль 2. Ориентировки мыслительной деятельности

Таблица 10

- **Ориентировки деятельности – законы-правила деятельности.** Ориентировки мышления имеют смысл только тогда, когда есть сама Деятельность
- **Научный метод познания** формирует реальность (и в смысле Природы, и в смысле Практики) в образовании, задаёт ориентировку деятельности в реальности
- **Проблема Деятельности, адекватной современным нормам, – самая острая проблема практики...**
- **Программа нормирования фундаментальных качеств (реальности), т.е. описаний.** В частности, выработка норм знаний и норм действий с моделями, их признание. **Проблемы-задачи:** 1. Задание моделей основных физических объектов школьного курса физики. Например, всё ещё не ясно что такое «реальный газ». 2. Задание как нормы моделей типичных физических явлений (возможны разные языки: образно-символический, математический, информационный и др.). 3. Задание развернутых методических образцов-моделей практики использования моделей (вплоть до открытых уроков). 4. Отработка интерпретаций: согласование моделей, границы применимости и др.
- **О борьбе с устаревшими нормами...**

Механические колебания

Факты

- **Объект изучения:** колебательное движение тела или системы тел
- **Виды колебательного движения:** свободные (идеальные), затухающие, вынужденные
- **Определение явления**
- **Кинематические характеристики движения:** амплитуда, период, частота, координата, фаза колебания

Модель

- **Модели колебательных систем:** математический маятник, пружинный маятник, замкнутая система
- **Закон колебательного движения:**

$$x'' = -\omega_0^2 x$$

Его решение:

$$x = A \sin \omega_0 t$$

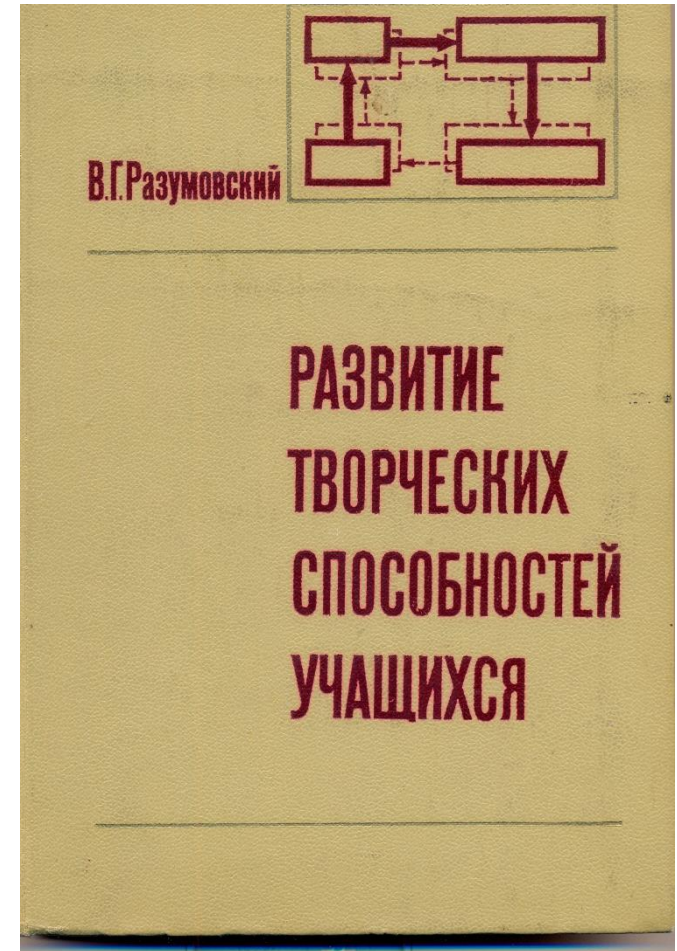
- **Закон сохранения энергии замкнутой колебательной системы**

Следствия

- **Практика**
- **Использование колебаний в часах, приборах геологоразведки, качелях и др.**
- **Расчет характеристик колебательных систем:** периода, амплитуды и др.
- **Получение вынужденных звуковых колебаний в громкоговорителях и др.**
- **Резонанс**

Мысль 3. Программа освоения научного метода познания

- Освоение логики познания физических явлений в форме принципа цикличности: «Факты, проблема -- Гипотеза, модель – Следствия, выводы -- Эксперимент, практика»
- Программа освоения научного метода как часть программы научной грамотности (формирования методологической культуры)
- Принцип цикличности как модель (для учителя) построения содержания темы, закона, явления. .Границы его применимости. Для ученика это модель учебной деятельности познания...



Пример 2. Структурирование системы знаний второго закона динамики

- Описываемое явление
- Система знаний (Закон - Модель явления)
- Границы применимости модели

Второй закон Ньютона

ФАКТЫ

- Ускоренное движение макроскопических тел в природе
- Факты взаимодействия тел
- Описываемое **явление** – движение тела под действием других тел
- **Понятия:** ИСО, механическое движение 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

$$\left. \begin{array}{l} \vec{a} \sim \vec{F} \\ a \sim \frac{1}{m} \end{array} \right\} m\vec{a} = \vec{F}$$

движению последнего:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

- **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**

Мысль 3. Структуры учебных физических знаний как методические модели

- Модельное мышление ученика и модельное мышление учителя
- Совместная кооперированная деятельность
- Современная ФКМ как модель

СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА



Мысль 5. Пример использования моделей при экспериментировании

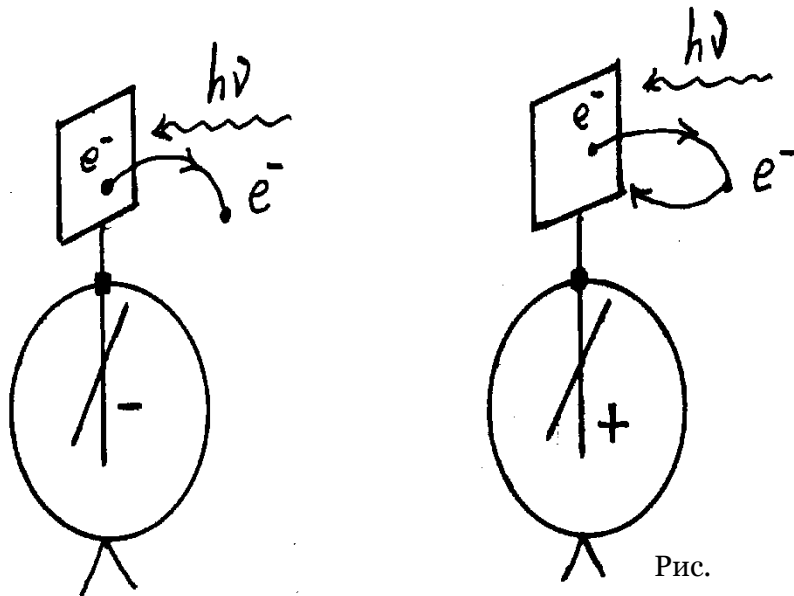


Рис.

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

Мысль 5. Пример организации физического мышления при решении задачи

Пример. 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 сюжета.

- **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?

Продолжение...

- **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?

Часть III. Проблемы методических исследований под углом зрения модельных описаний

- 1. Практика разработки** методических приемов использования моделей: примеры моделей физических объектов – м.т., идеальный газ, кристаллическая решетка, однородное поле, плоская волна, диполь, световой луч, постоянный ток и др.
- 2. Практика планирования и проведения исследований:** модельные, реализуют те или иные нормы, все имеют границы и др. Рефлексия недостатков при использовании моделей объектов и явлений и др. Нужна ревизия измерительных процедур и методик с нормами интерпретации. Экспериментально должны исследоваться в первую очередь отклонения от нормы, т.е. границы реализации
- 3. Переосмысление на языке моделей фундаментальных образований (проявлений) учебной деятельности:** мышления, понимания, коммуникации, рефлексии...

ВТК для разработки моделей уроков базового курса физики, Заслуженные учителя РФ, Кировская область, 1995

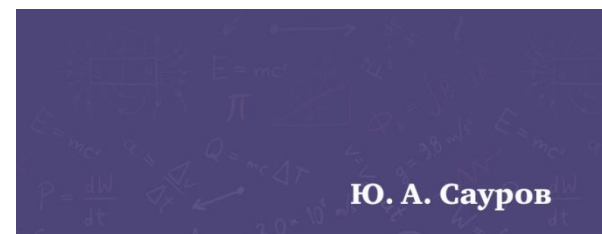


Заключение: Модели в современном учебном физическом познании

- Деятельностная парадигма пока плохо и непоследовательно реализуется в методике обучения физике. И проблема различения теоретического проектирования (как нормативного задания реальности) и реальности **должна постоянно воспроизводиться** (исследоваться).
- **Физик и методолог В. Б. Губин** писал: «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» (2005, с. 9,13).
- **Необходимую для человеческой практики суть явлений в эмпирическом познании не получить, но широкое распространение модельных описаний не должно приводить к их отождествлению с реальностью.**

Литература

- Губин В.Б. О науке и лженауке. – М.: Изд-во РУДН, 2005. – 96 с.
- Сауров Ю. А. Принцип цикличности в методике обучения физике: монография. – Киров: Изд-во КИПК и ПРО, 2008. – 224 с.
- Сауров Ю. А. Физика: Поурочные разработки. 10 класс: Пособие для учителей общеобразов. учреждений. – М.: Просвещение, 2010. – 255 с.
- Сауров Ю. А. Физика: Поурочные разработки. 11 класс: Пособие для учителей общеобразов. учреждений. – М.: Просвещение, 2010. – 256 с.
- Коханов К. А., Сауров Ю. А. Проблема задания и формирования современной культуры физического мышления: монография. – Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2013. – 232 с.
- Сауров Ю.А. Построение постнеклассической методики обучения физике: монография. - Киров: Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2022. - 212 с.



ПОСТРОЕНИЕ ПОСТНЕКЛАССИЧЕСКОЙ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

