

Знакомство учащихся средней школы со структурой развитой физической теории

при повторении и обобщении изученного материала

Стерелюхин А.И., Фёдоров В.А. (ТГУ им. Г.Р. Державина)

В методологии научного познания разработан вопрос о структуре развитой физической теории. Учёные-философы, занимающиеся анализом научного познания, в структуре развитой физической теории выделяют основание, ядро и следствия.

Основание развитой физической теории составляют эксперименты, результаты которых не могут быть объяснены ни одной из существующих к этому времени теорий. Кроме этого, основание теории также включает накопленные экспериментальные факты, термины и понятия, связанные с экспериментами, законы, установленные в ходе экспериментов. Совокупность всего перечисленного составляет эмпирический базис теории. В процессе развития и формирования основания теории постепенно выделяется особый элемент основания: так называемый, идеализированный объект теории.

Ядро развитой теории включает постулаты и принципы, понятия, установленные в процессе разработки теории, теоретически выведенные законы и уравнения, фундаментальные физические константы, характерные для данной теории. В ядро теории также входят законы сохранения.

Следствие развитой физической теории составляет объяснение тех экспериментов, которые не могли быть в своё время объяснены другими теориями (они лежат в основании теории), предсказания новых явлений на основе разработанной теории, применения теоретических знаний в технике, а также философское осмысление вновь построенной теории.

Знания структуры развитой физической теории с успехом может быть использовано в преподавании физики как в высшей, так и в средней школе.

Известно, что в школьном курсе на первой ступени изучения физики не проводят обобщений на уровне теорий. В 7 - 9 классах средней школы изучаемый материал обобщается только на уровне физических понятий и физических законов. На второй ступени обучения физике требуется проводить обобщения на уровне физической теории. Для этого школьников необходимо познакомить со структурой развитой физической теории. Ознакомление обучаемых со структурой физической теории, на наш взгляд, целесообразно провести на уроке повторения и обобщения изученного материала тем «Основы молекулярно-кинетической теории» и «Температура. Энергия теплового движения молекул» (10 класс).

Перед уроком школьники получают таблицу, которую надо заполнить на уроке, а затем вклеить в рабочую тетрадь.

Таблица 1. Структура развитой физической теории

Следствия	
Ядро	
Основание	

Повторив с учащимися основные положения молекулярно-кинетической теории строения вещества, материал о размерах и массе мельчайших частиц вещества, о движении и взаимодействии этих частиц, выделяем наблюдения явлений, опыты и экспериментально установленные факты, которые привели учёных к построению модели идеального газа. На основе опытных фактов обосновываем определение понятия «идеальный газ». *Идеальный газ* – это идеальная модель (модель, которую можно себе представить мысленно, в идее) газа, которая отвечает следующим требованиям.

1. Молекулы идеального газа – материальные точки.

Они не имеют размеров.

2. Молекулы идеального газа движутся хаотично.

Скорости молекул при комнатной температуре составляет сотни метров в секунду. Эти скорости сравнимы со скоростями пуль и пушечных ядер. Движение молекул можно описывать, пользуясь законами классической механики.

3. Молекулы идеального газа взаимодействуют между собой и со стенками сосуда только при столкновениях. Столкновения молекул будем считать абсолютно упругими. Столкновения молекул подчиняются законам классической механики Ньютона.

Последнее (третье) требование означает, что потенциальная энергия молекул идеального газа равна нулю. Следовательно, у молекул идеального газа имеется только кинетическая энергия.

Учащиеся заполняют нижнюю часть таблицы: основание теории. Оставив сверху одну строчку, в этой части таблицы они пишут:

1) Наблюдения и опыты, доказывающие, что тела состоят из частиц, между которыми есть промежутки:

-наблюдение стирания ступеней храмов (это было замечено ещё в Древней Греции);

- растворение краски в воде, других веществ в соответствующих растворителях;

-наблюдения сжатия и расширения газов в насосах и пневматической технике;

-опыт смешивания воды и спирта в высокой мензурке;

2) Наблюдения и опыты, доказывающие, что молекулы движутся непрерывно и хаотично:

-диффузия газов, жидкостей и твёрдых тел;

-броуновское движение в газах и в жидкостях;

3) Наблюдения и опыты, показывающие взаимодействие молекул (сцепление свинцовых цилиндров и др.);

4) Эксперимент Дж.В.Ст. Рэля по оценке размеров молекул, физические и химические эксперименты М.В. Ломоносова, Дж. Дальтона, А. Авогадро и др.

Записываем понятия, которые были введены на этапе формирования основания теории: атом и молекула, молярная масса.

В оставленной строке учащиеся записывают идеализированный объект изучения этой теории: *идеальный газ*.

Далее учащиеся приступают к отбору материала, относящегося к ядру рассматриваемой теории. Учащиеся обычно сразу предлагают записать в таблицу основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа. Кроме этого, записывают другие формулы, которые учащиеся использовали при решении задач по этим темам. Так как движение и взаимодействие молекул идеального газа описывается законами механики Ньютона, к ядру теории следует отнести и законы Ньютона, а также закон сохранения импульса и закон сохранения полной механической энергии.

В классах с углубленным изучением физики в ядро теории следует записать распределение Дж. К. Максвелла (распределение молекул газа по скоростям) и распределение Л. Больцмана (распределение молекул газа по энергиям).

К ядру развитой физической теории относятся фундаментальные физические константы. Учащиеся предлагают записать в таблицу число Авогадро, постоянную Больцмана, универсальную газовую постоянную.

К понятиям, формирующимся при построении ядра теории, относим такие как средняя арифметическая и среднеквадратичная скорости молекул, наиболее вероятная скорость молекул, степень свободы молекулы, распределение молекул по скоростям и др.

В ядро теории входит также математический аппарат, язык теории, на котором ведут исследования и выражают результаты теоретических исследований. Для теории идеального газа кроме классических законов механики Ньютона, в которой учащиеся изучали только динамические законы, характерны статистические законы, выполняющиеся только для большого числа частиц. Этот факт учащиеся отмечают в таблице.

После того как заполнена часть таблицы, относящаяся к ядру теории, приступают к обсуждению следствий молекулярно-кинетической теории.

Следствием развитой теории является теоретическое объяснение наблюдений, экспериментов, опытных фактов, которые привели к созданию данной теории. Учащиеся, основываясь на молекулярно-кинетической теории, дают объяснения явлениям и опытам, которые были записаны в части таблицы, относящейся к основанию теории.

Весьма важным следствием развитой теории является предсказание новых явлений, которые не были замечены ранее. В этом и состоит предсказательная сила теории.

Укажем, что в процессе теоретического обоснования модели броуновского движения в 1905 г. А. Эйнштейном и польским физиком М. Смолуховским был предсказан ряд закономерностей движения броуновских частиц. Соответствующие явления были обнаружены, и их закономерности нашли своё подтверждение в опытах Ж.Перрена и Т.Сведберга, проведённых в 1906 году. В частности, средний квадрат смещения броуновской частицы в любом направлении оказался пропорциональным времени, как и предсказывала теория. В упомянутых экспериментах были определены постоянная Больцмана и число Авогадро. Таким образом, эксперименты Перрена и Сведберга оказались новым методом определения этих фундаментальных физических констант. А выявленные закономерности нашли своё подтверждение также в явлениях, связанных с течением слабых электрических токов.

Упомянутые здесь эксперименты, в ходе которых гипотезы получили подтверждения, учащиеся отмечают в верхней части таблицы.

О существовании молекул, о движении и их взаимодействии друг с другом на протяжении более двух тысяч лет шли ожесточённые философские споры. Особенно обострились эти дискуссии в конце XIX века. Достаточно вспомнить выражение австрийского физика и философа Маха, высказанное им о движении молекул: «Шабаш ведьм!». Австрийский физик, один из основателей молекулярно-кинетической теории Людвиг Больцман нападениями «доброжелателей» был доведён до самоубийства.

В отношении закона диффузии и других законов явлений переноса, философские оппоненты физиков тогда выдвигали обвинение в том, что физики якобы выдумывают законы, а потом их «навязывают» природе.

В 1920 году всем спорам и дискуссиям в отношении молекулярно-кинетической теории строения вещества пришёл конец. В этом году немецкий физик О. Штерн экспериментально подтвердил «распределение Максвелла». Это задача о неодинаковой скорости молекул газа при постоянной температуре была поставлена и теоретически решена Дж.К. Максвеллом ещё в 60-е годы XIX века. Её решение просуществовало более 50 лет в виде гипотезы, не имевшей экспериментального доказательства. И вот опыт Штерна! Это был решающий эксперимент, снявший все сомнения в существовании молекул, в реальности их движения, в математическом описании их взаимодействия и т. д.

Подводя итоги работы учащихся на уроке, преподаватель отмечает стройность, упорядоченность рассматриваемой теории, отмечает её общность (она оказывается справедливой для всех газов при невысоком давлении и достаточно высокой температуре).

Литература

1. Мултановский В.В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. – М.: Просвещение. 1977. – 168 с.

2. Теория и методика обучения физике. Общие вопросы. Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений /С.Е. Каменецкий, Н.С. Пурышева, Н.Е. Важеевская и др. Под ред. С.Е. Каменецкого, Н.С. Пурышевой – М.: Издательский центр «Академия», 2000, - 368 с.

3. Стерелюхин А.И. Подготовка преподавателей естественнонаучных дисциплин к формированию методологических знаний учащихся: монография/А.И. Стерелюхин, В.А. Фёдоров, Л.Н. Макарова; Федеральное агентство по образованию, ГОУВПО «Тамб. гос. ун-т им. Г.Р. Державина», Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2009. 94 с.