

А Я ДЕЛАЮ ТАК

К МЕТОДИКЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОДХОДА ПРИ ОБУЧЕНИИ УЧАЩИХСЯ ЭЛЕМЕНТАМ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ ПРОФИЛЬНОГО УРОВНЯ

A METHODOLOGY FOR APPLYING A DYNAMIC APPROACH IN TEACHING SCHOOL CHILDREN ELEMENTS OF QUANTUM MECHANICS IN THE SCHOLASTIC PHYSICS COURSE OF SUBJECT ORIENTED EDUCATION

Голубева Ольга Валентиновна, старший преподаватель кафедры физики ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный педагогический университет».



golubeva_bellskih@mail.ru

В данной работе предложена одна из возможных методик введения в школьный курс физики последовательного описания динамики квантово-механической частицы на основе принципа причинности.

This paper presents one of the possible methods of introducing consistent description of quantum-mechanical particle dynamics on the base of the causality principle in to the scholastic physics course.

Ключевые слова: **методика, динамический подход, элементы квантовой механики, профильный уровень.**

Keywords: **methodology, dynamic approach, elements of quantum mechanics, subject-oriented education.**

В философском познании мира фундаментальная роль принадлежит принципу причинности. Человек в результате своей практической деятельности от знания простого факта сосуществования явлений в их временной последовательности пришел к пониманию того, что явления не просто сосуществуют и не просто следуют одно за другим с определенной повторяемостью, а что одно явление вызывает, производит другое. Это представление привело к формулированию всеобщего принципа причинности, утверждающего, что все реальные природные, общественные и психические явления и процессы детерминированы, то есть возникают, развиваются и уничтожаются в результате действия других явлений и процессов.

Принцип причинности является одной из идей, на основе которой может быть осуществлена генерализация учебного материала курса физики. В данном случае генерализация выступает как частнометодический принцип и реализуется при последовательном динамическом описании физических систем, что может быть осуществлено во всех разделах курса физики. Последовательное динамическое описание физических явлений и систем позволяет реализовать единую схему построения курса физики, и тем самым выстроить приобретаемые школьниками знания в четкой логической последовательности.

Предлагаемый подход представляется выражением более общего принципа – философского принципа причинности.

Рассмотрение происходящих в окружающем мире событий в причинно-следственной связи доступно и понятно учащимся, поскольку с понятиями причины и следствия они неосознанно сталкиваются повседневно.

Последовательное динамическое описание физических систем послужит базой для введения понятия «эволюция» и тесно связанных с ним понятий об открытых системах, вероятностных и других процессах, лежащих в основании современной науки и научного мировоззрения. Оно позволит учащимся познакомиться с одним из методов физической науки. Наконец, изучение физики на основе последовательного динамического подхода будет способствовать более осознанному усвоению учащимися курса физики при его дальнейшем изучении, воплощая, таким образом, идею непрерывного образования.

Далее принцип причинности будем рассматривать в более узком смысле, как **принцип детерминированности состояний**. В таком случае он может быть сформулирован следующим образом: *начальное состояние физической системы определяет все ее последующие состояния, если известны внутренние взаимодействия и внешние поля, действующие на систему.*

Предлагаемый методический подход представлен на схеме 1, демонстрирующей реализацию динамического принципа в классической и квантовой механике.

Всякая физическая теория является частью некоторого определенного раздела физики (наряду с совокупностью экспериментальных методов исследования и эмпирическим материалом). Поэтому содержание конкретной физической теории во многом определяется классом физических систем, которые она рассматривает. Физическая система – совокупность материальных объектов с многообразием их взаимосвязей и связей с окружением. Это понятие включает такие составляющие, как: природа материальных объектов, считаемых «элементарными», и их число; характерные для них скорости (энергии) и масштабы; характер их взаимодействия друг с другом и внешней средой.

Разнообразие систем влечет за собой и разнообразие физических теорий, причем все фундаментальные физические теории обладают высокой степенью разветвленности и существенно различаются между собой. Но, несмотря на это, их общая структура едина. С точки зрения динамического описания в каждой теории можно выделить три определяющих компонента:

1. способ описания состояния физической системы;
2. набор физических величин и способы их описания;
3. динамические законы (уравнения) движения.

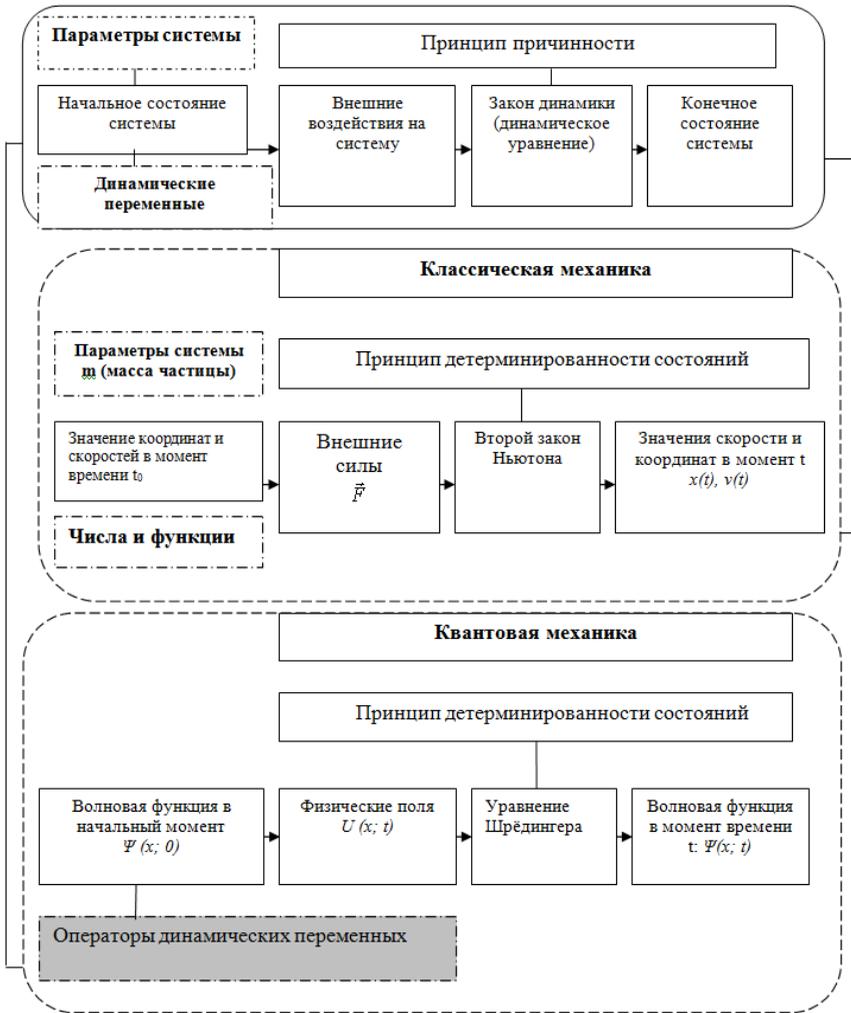


Схема 1. Модель реализации динамического принципа при описании движения физических систем

Понятие «состояния» является:

- фундаментальным и, следовательно, тесно связанным с системой важнейших физических понятий, законов и принципов; формирование понятия состояния обогащает все связанные с ним элементы физического знания;
- методологическим, так как лежит в основе научного метода изучения явлений;

- центральным понятием любой фундаментальной физической теории [3]. Как замечает Г.Я. Мякишев «общность фундаментальных теорий, проявляется, прежде всего, в том, что все они вводят в качестве основного понятия понятие состояния физической системы» [6, с. 43]. Это должно способствовать формированию у школьников единой естественнонаучной картины мира, что составляет базу для формирования научного мировоззрения.

Исторически сложилось так, что понятие «состояние» в микромире учёными трактовалось неоднозначно. Первоначально понятие «состояние» объектов микромира исследователи пытались объяснить с позиции картины мира классической физики. Они соотносили, в частности, волновую функцию, как характеристику состояния микрообъектов, с некоторым физическим полем, подобным электромагнитному. Естественно, что понятие «состояние» в этом случае трактовалось ими в классическом смысле и носило все черты понятия «состояние» классической физики.

Говоря об объективности реального состояния микрообъекта, А. Эйнштейн занимал в целом верную материалистическую позицию, но не доводил ее до конца. По Эйнштейну микрообъекты ничем не отличаются от объектов классической физики, и только прибор, применяющийся для измерения, препятствует одновременному выявлению характеристик микрочастиц: координат и импульсов. Основываясь на этом, он утверждал, что квантовая механика неполна, так как не раскрывает способы измерения характеристик микрообъектов. «Ошибка Эйнштейна состоит не в том, – писал В.А. Фок, – что он признавал понятие квантового состояния объективным (оно и в самом деле объективно), а в том, что он не делал различия между потенциально возможным и действительным, и фактически относил понятие состояния к действительным» [7, с. 14-15].

Наиболее строгая интерпретация понятия квантового состояния была дана В.А. Фоком. Сущность квантовых состояний он выразил следующим образом: «Состояние микрообъекта, описываемое волновой функцией, является объективным в том смысле, что оно представляет собой независимую от наблюдателя характеристику потенциальных возможностей того или иного результата взаимодействия атомного объекта с прибором» [7, с.15]. Совокупность таких возможностей задается в момент времени, непосредственно предшествующий физическому процессу, «проявляющему» то или иное состояние частицы. Волновая функция в данном случае характеризует эти потенциальные возможности частицы и имеет по отношению к динамическим характеристикам микросистемы вероятностный смысл. В то же время набор квантовых параметров определяет действительное состояние микросистемы вполне однозначно.

Гносеологический аспект понятия квантового состояния проявляется на двух уровнях. К первому уровню относятся динамические величины, ко второму – квантовые числа. По отношению к первому уровню понятие квантового состояния характеризует частицу со стороны возможности (потенциальных проявлений свойств микрочастиц), по отношению ко вто-

рому уровню – со стороны действительности. Оба уровня взаимосвязаны посредством волновой функции. Их единство обеспечивает полноту описания квантового состояния микросистемы.

В онтологическом аспекте понятие состояния в квантовой физике выступает как понятие, отражающее доминирующий способ существования физических объектов в определенный момент времени, так как всякой микрочастице (материальному объекту) присуще в любой момент времени то или иное состояние.

Особенностью квантовой механики является то, что в ней понятие состояния тесно связано с понятием вероятности. Вероятность в одном из своих содержательных аспектов характеризует на микроуровне меру способности материальных объектов проявлять себя тем или иным образом. Вероятностная природа микрообъектов связана с наличием объективной неопределенности в явлениях микромира. Это свойство находит свое непосредственное выражение в принципах и законах квантовой физики, например, в принципе Гейзенберга.

Важным представляется выяснить смысл волновой функции по отношению к понятию “состояние”, поскольку эта функция несет в себе обобщенную информацию об объективных свойствах и состояниях микрообъектов. Понятие квантового состояния отражает существование микрообъекта в некоторый момент времени и в определенных условиях. Волновая же функция – лишь один из способов выражения на языке теории этого существования.

Итак, понятие состояния частицы (системы) наряду с понятием физических величин является исходным понятием физики. Это обусловлено главным образом тем, что именно изменение состояния во времени имеется в виду, когда говорят о динамике системы. Здесь речь идет о физических величинах, зависящих от состояния. Их называют *динамическими переменными* в отличие от *параметров системы*, не зависящих от состояния (масса, заряд, коэффициент упругости и т.п.).

Понятию «состояние» уделяется незаслуженно мало внимания в школьных курсах физики. Тем самым игнорируется адекватное описание динамического поведения физических систем. Введение понятия состояния, начиная с ньютоновой механики, служит основой теоретического обобщения при изучении всей физики на базе единого динамического подхода.

Важным компонентом физической теории является определенный набор физических величин, которыми каждая физическая теория оперирует. Физические величины, выступающие в качестве внутренних характеристик частиц системы или описывающих их способность участвовать в том или ином взаимодействии, называются параметрами системы. Их значения не зависят от состояния системы, а полностью определяются природой составляющих систему материальных объектов.

Задать состояние физической системы в некоторый момент времени – значит задать значения минимального числа независимых величин

(переменных состояния), знание которых позволяет нам по известным алгоритмам находить все остальные физические величины (при заданных значениях параметров системы). В более узком, но общепринятом в физике смысле, задать состояние системы – значит задать значения минимального набора величин, с помощью которых можно вычислить в тот, же момент времени другие физические величины. Величины, задающие состояние, могут быть не только переменными (во времени) числами или векторами, но и функциями (координат, импульсов), что проявляется при описании статистических и квантово-механических систем.

Следующая ступень теоретического описания динамического поведения системы – это предсказание, вычисление состояний в будущем. Таким образом, третьим существенным компонентом физической теории являются законы динамики, позволяющие проследить с той или иной степенью детализации развитие физической системы во времени, то есть предсказать характеристики системы в произвольный момент времени, если они известны в начальный момент времени.

Законы динамики (уравнения движения), как правило, являются дифференциальными уравнениями первого порядка по времени относительно переменных состояния. Осторожность перед внедрением в школьную физику этого «сложного» математического аппарата (которому уже более трёхсот лет и который был создан из-за потребностей физики) исключает возможность введения, анализа структуры и решений динамических уравнений для понимания общих физических и естественнонаучных закономерностей. Вместе с тем, в учебном пособии [1] приводятся дифференциальные уравнения второго порядка и их решения (§2, §10), а в учебнике математики [4], предназначенном для старших классов школы, вводится понятие о дифференциальных уравнениях, рассматривается ряд задач, которые приводят к дифференциальным уравнениям первого и второго порядков, анализируются их решения (гл. IV, §11, п.44).

Трудности могут возникнуть в электродинамике и квантовой механике, где уравнения движения являются дифференциальными уравнениями в частных производных. Но и это разрешимо. Квантовое описание основывается на использовании комплексных чисел и функций, а они изучаются в школьном курсе математики [5]. Таким образом, имеются все предпосылки к формированию квантово-механических представлений учащихся профильных физико-математических классов.

В работе [2] показаны методические возможности реализации динамического подхода в разделе «Квантовая физика». Особенности и новизна предлагаемых здесь методических решений проявляются в том, что:

- динамический закон в дифференциальной форме трактуется с единой позиции в классической и в квантовой механике как закон изменения во времени состояния физической системы (частицы); тем самым понятие состояния приобретает функциональное содержание – оно становится понятием динамики;

- квантово-механический принцип суперпозиции оказывается тем фундаментом, на котором основывается уравнение динамики квантово-механических систем;
- закон квантово-механической динамики (уравнение Шрёдингера) не просто «записывается», а последовательно поясняется, «конструируется» на основе базовых положений, таких как существование кванта действия \hbar , принципов неопределённости и суперпозиции и др. [7]; в частности, стационарное уравнение Шрёдингера получается здесь как следствие;
- волна де Бройля в таком подходе понимается как решение уравнения Шрёдингера для свободной частицы; из последнего вытекает, что стационарные состояния есть состояния, зависящие от времени по гармоническому закону.

В заключение резюмируем, что предлагаемая методика формирования знаний об элементах квантово-механической динамики у учащихся профильных физико-математических классов в дидактическом плане соответствует концепции теоретических обобщений. При разработке модели методики обучения учащихся элементам квантово-механической динамики в условиях профильной подготовки ориентирами и направляющими служили: 1) цели и задачи современного профильного физического образования; 2) личностно-деятельностный подход, теория развития познавательного интереса, мотиваций и ассоциативная теория умственной деятельности; 3) ряд обще- и частнодидактических принципов, обеспечивающих отбор содержания обучения; 4) психолого-педагогические и возрастные особенности учащихся старшего школьного возраста.

В научном плане предлагаемая методика базируется на фундаментальной роли понятия состояния в квантовой механике, особенностях способа его задания по сравнению с классическим координатным представлением, а также описанием динамики производными по времени от волновой функции; она основывается на квантово-механических принципах: неопределённости, суперпозиции состояний, причинности (детерминированности состояний), принципиально комплексном виде функции состояния, наличии кванта действия (постоянной Планка).

Эффективность данной методики подтверждена результатами педагогического эксперимента, который проводился в течение 2000-2012 годов в школах города Липецка.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глазунов А.Т. Физика: учеб. пособие для 11 кл. школ и классов с углубленным изучением физики / А.Т. Глазунов и др.; под ред. А.А. Пинского.- М.: Просвещение, 2003.– 432 с.
2. Голубева, О.В. Элементы динамики квантовомеханических систем в школьном курсе физики/ О.В. Голубева// Вестник МГОУ. Сер. Педагогика. – 2008. – №3. – С.165- 170. – 0,68 п.л.

3. Вавинский, С.А. Развитие у школьников знаний о состоянии при изучении фундаментальных физических теорий: дис. канд. пед. наук / С.А. Вавинский.- М., 1988.
4. Колмогоров, А.Н. Алгебра и начала анализа: учебник для 10-11 классов средней школы. [Текст] / А.Н. Колмогоров, А.М. Абрамов и др. – М.: Просвещение. – 2008. – 384 с.
5. Мордкович, А. Г. Алгебра и начала математического анализа. 10 класс. В 2 ч. Ч. 1. Учебник для учащихся общеобразовательных учреждений (профильный уровень) / А. Г. Мордкович, П. В. Семенов. — 6-е изд., стер. — М.: Мнемозина, 2009. — 424 с.
6. Мякишев Г.Я. От динамики к статике / Г.Я. Мякишев.- М.: Знание, 1983.- 64с.
7. Фок, В.А. Квантовая физика и строение материи. [Текст] /В.А. Фок. — Л.:Изд. Либроком. – 2010. – 72 с.