

УДК 373.016:53

ПРИМЕНЕНИЕ ДИАЛЕКТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ФОРМИРОВАНИЮ ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА ФИЗИКИ У УЧАЩИХСЯ

О. С. Филиппенко

аспирант

Белорусский государственный университет (г. Минск)

В статье анализируется применение диалектического подхода к изучению некоторых вопросов понятийного аппарата физики. В статье затрагиваются вопросы: основные причины использования диалектического подхода при изучении понятийного аппарата некоторых физических величин, рассмотрение его применения на примере электрического заряда, указание основных сложностей, возникающих в процессе изучения физических понятий, и пути их разрешения.

Ключевые слова: диалектический подход, электрический заряд, физическое понятие, физическая величина.

Введение

Формирование понятийного аппарата физики представляет собой сложный, динамический процесс. Поэтому, в ходе изучения данного вопроса необходимо рассмотреть не только физического аспекта понятийного аппарата, но и некоторых других (философского, педагогического, психологического).

Диалектический метод является одним из основных методов философии науки. Этот подход характеризуется тем, что в процессе обучения необходимо сосредоточить внимание на таких аспектах изучаемого материала, как всесторонность рассмотрения объектов изучения, исследование взаимосвязи между элементами в их совокупности, детерминизм, изучение в развитии.

Процесс формирования понятийного аппарата физических величин изучения является сложным и длительным, диалектическим. Начальным этапом этого процесса часто выступают интуитивные представления, которые закладывают дальнейшее понимание сущности явлений, физических законов, описывающих их, и определяющих их физических величин.

Практическая значимость затронутой темы обусловлена необходимостью поэтапного введения физических понятий с помощью диалектического подхода для их более полного и глубокого усвоения учащимися. В качестве примера рассматривается электрический заряд.

Цели статьи:

- 1) обоснование применения диалектического подхода для изучения понятийного аппарата некоторых физических величин (электрического заряда);
- 2) указание основных сложностей, возникающих в процессе изучения физических понятий;
- 3) способы разрешения указанных сложностей.

Актуальность тематики обусловлена необходимостью поэтапного формирования представлений о физических понятиях при обучении физике учащихся.

Философский аспект рассмотрения понятийного аппарата

Рассмотрение философского аспекта (куда также включены основные законы логики) крайне необходимо, поскольку задает правила, критерии, структуру, как отдельных понятий, так и их системы, по которым и формируется понятийный аппарат. Среди основных философских идей, которые способствуют формированию понятийного аппарата физики у учащихся можно выделить идеи диалектики, кумулятивизма, рациональной реконструкции, методологического релятивизма, конвенционализма, радикального конвенционализма. Однако базовыми идеями все-таки являются идеи диалектики, оформленные в виде ее основных законов [1, с. 156]:

- 1) закон всеобщей взаимосвязи;
- 2) закон развития;
- 3) закон единства и борьбы противоположностей;
- 4) закон перехода количества в качество;
- 5) закон отрицания отрицания (двойного отрицания).

Указанные законы диалектики лежат в основе диалектического подхода при обучении физики и ее понятийного аппарата.

Обоснование необходимости использования диалектического подхода при обучении физике приводится в методической литературе [2, с. 55; 3, с. 33], где выявлены основные причины применения диалектического подхода (как базового) к изучению понятийного аппарата физики:

- 1) любое понятие находится в ограниченной неразрывной связи с другими понятиями;
- 2) все понятия подвержены изменению, развитию;
- 3) в процессе развития представлений о том или ином понятии происходит накопление количественных изменений, что приводит к качественным превращениям;
- 4) развитие существующих представлений о понятиях приводит к противопоставлению (борьбе) противоположных гипотез (тенденций).

Кроме законов диалектики, которые во многом созвучны законам развития основных физических представлений можно также указать на сходство понятийных аппаратов физики и диалектики. Базовыми категориями каждого из них выступают: “материя”, “движение”, “взаимодействие”, “понятие” и т. д.

Применение диалектического подхода при формировании физических понятий

В ходе формирования и усвоения понятийного аппарата физики учащиеся сталкиваются с рядом трудностей, которые являются следствием их диалектического характера. В качестве основных сложностей усвоения физических понятий можно выделить следующие:

- 1) любое физическое понятие не может быть рассмотрено обособлено. Обычно можно установить многочисленные связи физического понятия с другими понятиями, что позволяет лучше понять природу самого понятия, а также его сущность;
- 2) сами понятия бывают неоднозначными и внутренне противоречивыми. Например, при определении понятия делаются некоторые допущения, при пренебрежении которыми может искажаться физический смысл понятия;
- 3) для фундаментальных понятий невозможно дать строгое определение (дефиницию), а остальные понятия должны выражаться через фундаменталь-

ные. Так может существовать несколько определений, которые, на первый взгляд, кажутся противоречивыми, но, на самом деле, лишь рассматривают понятие с различных сторон. Поэтому, некоторые физические понятия считают фундаментальными (то есть известными, для которых выделяются характерные особенности, но дефиниции нет), остальные же определяются через них;

4) физические величины определяются посредством законов, а законы формулируются как установление количественных связей между величинами. В зависимости от поставленной задачи нам приходится выбирать: либо рассматривать закон в некотором смысле, как определение физических величин, либо использовать его формулировку как уравнение, в котором все величины считают определенными [4, с. 52].

Для разрешения этих сложностей необходимо использование диалектического подхода при изучении физики и ее понятийного аппарата.

Применение диалектического подхода на примере формирования физического понятия “электрический заряд”

В качестве примера, иллюстрирующего высказанные общие положения, рассмотрим физическое понятие “электрический заряд”¹.

Рассматриваемое понятие тесно связано с другими понятиями: электромагнитные взаимодействия, электромагнитное поле (и его характеристики), электрический ток (и его характеристики), кроме того, электромагнитные взаимодействия определяют физические характеристики веществ, их химические свойства (как следствие атомарной структуры), характеристики ядер также частично определяются электромагнитными взаимодействиями.

Иными словами, понятие электрического заряда пронизывает большинство разделов физики, поэтому и в процессе изучения этих разделов идет постепенное накопление знаний и формирование понятия электрический заряд [5, с. 61].

Противоречивость понятия “электрический заряд” проявляется на этапе его определения. Электрический заряд играет двоякую роль: с одной стороны является источником поля, с другой – “прибором” для обнаружения и исследования этого поля. Совокупность этих взаимно противоречивых суждений о заряде дает целостное представление о его роли в электрическом поле [4, с. 52].

Перейдем к одному из сложных и важных этапов изучения любого понятия: его определению. Чтобы дать определение некоторой физической величины, необходимо подвести ее под более общее понятие и выделить ее существенные черты. Следуя этой логике, электрический заряд можно определить, как характеристику тел (частиц), определяющую его электромагнитные взаимодействия [6, с. 52]. Однако такое определение нельзя считать “совершенным и законченным”: понятие заряда определяется через понятие электромагнитных взаимодействий, которое, в свою очередь, может быть определено только через понятие заряда.

Поэтому следует признать, что “электрический заряд” является фундаментальным физическим понятием, которое не может быть строго определено, сущность этого понятия раскрывается через его фундаментальные свойства (существование двух видов зарядов, инвариантность, дискретность, сохранение заряда).

Любая физическая величина допускает ее количественное измерение, для чего необходимо определить единицу ее измерения и создать эталон этой вели-

¹ Как это принято в литературе, слово “заряд” часто имеет двоякий смысл: первый и основной – физическая величина, второй – “точечное заряженное тело”. Из контекста понятно, в каком смысле используется термин, поэтому далее мы также будем использовать этот термин в указанных двух смыслах.

чины. Наиболее очевидным является подход с использованием закона Кулона. Коэффициент пропорциональности полагают безразмерным и равным единице ($k = 1$), при этом сила взаимодействия определяется формулой

$$F = \frac{q_1 q_2}{r^2}. \quad (1)$$

На основании этой формулировки единица заряда (ед. зар. СГС) определяется как величины двух одинаковых точечных зарядов, находящихся на расстоянии 1 см в вакууме и взаимодействующих с силой в 1 дин. Обратим внимание, что приведенный закон Кулона в данной связи играет двоякую роль – как основа для определения единицы заряда и как уравнение для расчета характеристик электрического взаимодействия тел.

В общепринятой системе СИ использован принципиально иной подход. В качестве основной электрической единицы выбрана единица силы тока – Ампер, которая определяется посредством закона взаимодействия токов (закон Ампера). В этой системе единица электрического заряда (Кулон) является производной – заряд протекающий за 1 с через поперечное сечение проводника при силе тока в 1 А. Основная причина такого определения электрических величин техническая, проще создать эталон силы тока (токовые весы), чем эталон электрического заряда, определенного в системе СГСЭ.

Возможен и иной наиболее логичный подход: известно, что существует (правда, пока не понятно почему?) элементарный заряд – заряд электрона. Поэтому логично выбрать его в качестве единицы измерения заряда (как в атомной системе единиц). Такая система единиц естественна и удобна для атомной, ядерной физики, физики элементарных частиц, но крайне неудобна для описания макроскопических явлений ввиду малости величины элементарного заряда.

С дискретностью электрического заряда связано еще одно логическое противоречие. Во многих случаях удобно использовать такие характеристики распределения зарядов, как объемную, поверхностную и линейные плотности зарядов. Например, объемная плотность заряда математически определяется как предел отношения электрического заряда к силе тока:

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta V}. \quad (2)$$

Но с физической точки зрения стремление заряда к нулю невозможно, так как существует минимальный заряд. Аналогичная ситуация и с определением силы тока

$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t}. \quad (3)$$

С этим противоречием приходится смириться, подразумевая (или явно подчеркивая), что эти определения применимы в тех случаях, когда рассматриваются электрические заряды значительно превышающие по величине элементарный заряд.

Формулировки физических законов, как правило, определяют и причинно-следственные связи. Так обсуждаемый здесь закон Кулона (не важно, в какой системе единиц) указывает, что причиной возникновения силы электрического

взаимодействия являются электрические заряды². Однако при рассмотрении реальных физических явлений “включаются” дополнительные связи, которые существенно усложняют структуру “причина-следствие”. Например, вектор напряженности электрического поля у поверхности проводника направлен по нормали к поверхности и по модулю равен

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}. \quad (4)$$

Конечно, и в этом случае заряд является источником электрического поля, но и само электрическое поле влияет на равновесное распределение зарядов. Начинают играть роль опосредованные взаимосвязи: распределение зарядов определяет поле, а поле влияет на распределение зарядов. Такое динамическое взаимодействие продолжается до установления равновесия между зарядами и полем, то есть примешиваются другие причины, явления и т. д.

Аналогичная ситуация возникает и при изучении закона Ома для участка цепи

$$I = \frac{U}{R}. \quad (5)$$

С одной стороны, электрическое поле (характеризующееся в данном случае напряжением) является причиной возникновения электрического тока. С другой стороны, при последовательном соединении проводников на каждом из них выполняется соотношение $U_i = IR_i$. Это соотношение является следствием перераспределения поля (благодаря перераспределению зарядов) внутри проводников. Иными словами протекание электрического тока влияет на характеристики электрического поля.

Можно выявить и другие проблемы и противоречия, связанные с рассматриваемым понятием “электрический заряд” [7, с. 77]. Например, на основании того, что заряд сохраняется и не зависит от системы отсчета (как говорят, является инвариантным), часто учащиеся отождествляют такие свойства других физических величин, как “сохранение величины” и “инвариантность величины”. Поэтому необходимо объяснить, что величина может сохраняться в конкретной системе отсчета при происходящих в ней превращениях и при этом не являться инвариантной (например, масса, импульс, энергия) [7, с. 80].

Заключение

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод о том, что использование диалектического подхода в ходе формирования понятийного аппарата физики обосновано рядом причин:

- 1) физические понятия не могут быть введены одноразово и однозначно, что демонстрирует рассмотренный пример (электрический заряд);
- 2) осознанное усвоение сущности понятий, само по себе, является сложным и долговременным диалектическим процессом. Этот процесс начинается с качественного описания рассматриваемого класса явлений, затем постепенно (почти на интуитивном уровне) вводятся количественные характеристики (физические

² Традиционно в курсах физики после изучения закона Кулона переходят к изучению электромагнитного поля. В полевой трактовке механизм взаимодействия усложняется: один заряд создает электрическое поле, которое воздействует на другой заряд.

величины), устанавливаются связи между ними (физические законы), наконец, идет обобщение этих законов, установление связей между ними (построение физических теорий);

3) на каждом этапе обучения учащихся смысл изучаемых понятий расширяется, уточняется, устанавливаются прямые и опосредованные связи с другими понятиями (формируется взаимосвязанная сеть понятий), выявляются внутренние противоречия, устанавливаются границы применимости физических законов и т. д.

Таким образом, все указанные выше причины, очевидно, свидетельствуют о том, что процесс усвоения физических понятий является сложным, длительным и часто противоречивым, но с этим необходимо примириться, ибо эти сложности обучения связаны со сложностью окружающего нас мира.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Философия : энциклопедический словарь / под ред. А. А. Ивина. – Москва : Гардарики, 2004. – 1072 с.
2. Теория и методика обучения физике в школе: частные вопросы : учеб. пособие для студ. пед. вузов / С. Е. Каменецкий [и др.] ; под общ. ред. С. Е. Каменецкого. – Москва : Академия, 2000. – 384 с.
3. **Кульбицкий, Д. И.** Методика обучения физике в средней школе : учеб. пособие для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего педагогического образования по физическим специальностям / Д. И. Кульбицкий. – Минск : ИВЦ Минфина, 2007. – 220 с.
4. **Слободянюк, А. И.** Понятийный аппарат физики: история, проблемы, подходы / А. И. Слободянюк, О. С. Филиппенко // Фізика. – Минск, 2014. – № 4. – С. 52.
5. **Филиппенко, О. С.** Диалектический подход в формировании понятийного аппарата учащихся / О. С. Филиппенко // “Физическое образование: современное состояние и перспективы” : республиканский семинар, Могилев, 16 октября 2014 г. / Могилев. гос. ун-т имени А. А. Кулешова ; редкол.: А. Б. Сотский [и др.]. – Могилев, 2014. – С. 61.
6. Физическая энциклопедия : в 5 т. / редкол.: А. М. Прохоров (гл. ред.) [и др.]. – Москва : Большая энциклопедия, 1998. – Т. 2.
7. Методика преподавания физики 8–10 класс : в 2 т. / под ред. В. П. Орехова, А. В. Усовой. – Москва : Просвещение, 1980. – Т. 2. – 343 с.

Поступила в редакцию 20.07.2015 г.

Контакты: Fi-all-ru@yandex.ru (Филиппенко Ольга Сергеевна)

Filippenko O. S. DIALECTICAL APPROACH IN THE FORMATION OF PHYSICS STUDENTS' CONCEPTUAL APPARATUS.

The article analyzes the application of the dialectical approach to the study of some questions of the conceptual apparatus of physics. The paper concentrates on the issues: the major reasons to apply the dialectical approach in the study of the conceptual apparatus of some physical quantities, with the concept of electric charge exemplified; the main difficulties encountered in the process of learning physical concepts and ways of problem solving.

Key words: dialectical approach, electric charge, methods of teaching physics, physical concept, physical quantity.