

РОЛЬ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА СООТВЕТСТВИЯ В ФОРМИРОВАНИИ СИСТЕМЫ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ О ФИЗИЧЕСКИХ ЗАКОНАХ

С.А. Иванов¹

Самарский государственный технический университет,
4430100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244

E-mail: ivsa73@mail.ru

Проведен анализ последовательного уточнения физических законов в процессе изучения ряда учебных вопросов по физике непосредственно на занятиях. Данное уточнение является своеобразным применением методологического принципа соответствия.

Ключевые слова: система знаний, физические законы, теоретические модели.

Традиционное изучение принципа соответствия в курсе физики заключается в его применении к рассмотрению теории атомного излучения и релятивистских формул, в пределе стремящихся к формулам классической механики. В этом случае он выражен как узкий физический принцип, устанавливающий границы применимости только для классической механики Ньютона.

Методологический характер принципа соответствия раскрывается в его систематическом применении к изучению границ применимости физических понятий, законов, концепций строения материи и взаимодействия.

Каждый физический закон может изучаться в качестве частного случая какого-либо более точного закона, в котором бы учитывались несущественные признаки реальных явлений и объектов. В этом находит здесь применение принцип соответствия, при этом повышается эффективность изучения учащимися границ применимости законов механики Ньютона, закона всемирного тяготения, законов сохранения энергии и импульса, газовых законов, законов Кулона, Ома, гармонических колебаний и геометрической оптики.

Как следует из [2, 3], система физических законов входит в состав ядра физической теории, используя при этом тот или иной идеализированный объект ее основания. Если учитывать тот факт, что степень идеализации объекта прямым образом влияет на степень идеализации относящегося к нему закона, то применение с этой позиции принципа соответствия позволяет как нельзя точно продемонстрировать приближенный характер научного познания через «бесконечную последовательность относительных истин» [1, с. 135], чем, собственно, и является любой физический закон. В свою очередь, признание студентами и учащимися данного факта стимулирует учебно-воспитательный процесс формирования у них научного мировоззрения при обучении физике: принцип соответствия открывает возможности не только для простого описания границ применимости физических законов, но еще и для систематизации их внутри ядра изучаемой теории в качестве изучения предельных переходов между ними.

Используя данную концепцию, далее будем излагать методические возможности применения принципа соответствия к *физическим законам и понятиям*.

Использование здесь принципа соответствия подразумевается по двум позициям.

Во-первых, теоретическая демонстрация степени идеализации закона, из которой делается вывод не только о его границах применимости, но и о преемственности создания более точных и сложных концепций на его основе. Данная позиция, на наш

¹ Сергей Анатольевич Иванов (к.п.н., доцент), доцент, каф. общей физики и физики нефтегазового производства

взгляд, приемлема для студентов любого профиля обучения, так как здесь важна философская интерпретация закономерностей человеческого познания, практическая значимость которой для обучения исследована Н.В. Шароновой в работе [4].

Во-вторых, применяется соответствие друг другу математических формул с различной степенью сложности. Для этого каждый раз делается вывод о степени приближенности вычислений тех или иных характеристик природного явления по различным формулам. Данная позиция также рекомендуется к обучению студентов, так как не требует для ее осмысления дополнительного времени из отведенного на учебно-воспитательный процесс.

В качестве основных методов для использования здесь принципа соответствия нами применяется: 1) методика поэтапного формирования у обучаемых представлений о границах применимости законов и понятий; 2) решение задач на отыскание степени достоверности того или иного закона либо понятия.

Как известно, законы динамики Ньютона применимы в случаях, если можно пренебречь: 1) дискретностью физических величин; 2) малым интервалом взаимодействий; 3) принципиальной неопределенностью измерения координат и скорости тел. Закон тяготения, кроме этого, можно применять только в случае притяжения двух объектов, которые могут считаться материальными точками. Как известно, данные три позиции означают, что законы Ньютона применимы только в макромире, так как квантовые эффекты бесконечно малы. Учащиеся должны знать, что в мегамире и микромире действуют более сложные физические законы, предельным случаем которых являются четыре закона Ньютона. Понятие предельного перехода здесь можно развить посредством решения задач с применением релятивистского закона сложения скоростей, а также примеров с применением формул из курса механики. Приведем некоторые из них.

Пример 1. Можно ли считать ускорение свободного падения g постоянной величиной для высоты 64 км над поверхностью Земли?

Решение. Если $h = 0,01R$ 64 км, то

$$g = \frac{GM_{\oplus}}{R^2 + 2Rh + h^2} = \frac{GM_{\oplus}}{R^2 + 0,02R^2 + 0,0001R^2} \approx G \frac{M_{\oplus}}{R^2}$$

– и тогда g можно считать постоянной величиной $9,8 \text{ м/с}^2$.

Вывод: условием предельного перехода от общей формулы к идеальному закону $g = \text{const}$ является $h \ll R$.

$$g = G \frac{M_{\oplus}}{(R + h)^2}$$

Пример 2. Для ускорения, с которым скользит тело по наклонной плоскости с углом наклона α , получается результат $a = g (\sin \alpha - \cos \alpha)$. В чем здесь заключается предельный переход к формуле для равнозамедленного движения с ускорением $a = g$? К формуле для свободного падения с ускорением $a = g$?

Решение. Если угол наклона $\alpha = 90^\circ$, то в этом случае

$$a = g (\sin 90^\circ - \cos 90^\circ) = g (1 - 0) = g - \text{свободное падение.}$$

Если угол наклона $\alpha = 0$, то в этом случае $a = g (0 - 1) = -g$ – скольжение по горизонтальной поверхности.

Нельзя обойти стороной рассмотрение степени идеализации в курсе физики законов сохранения. В ходе их изучения следует подчеркнуть, что закон сохранения полной механической энергии является частным случаем общего закона сохранения энергии для механического движения; законы сохранения сформулированы для замкнутых систем, которых на самом деле в природе быть не может, – это идеализация,

которой пользуются, если можно пренебречь сравнительно *малым взаимодействием* с телами вне системы.

В этом находит здесь применение принцип соответствия.

Можно считать, таким образом, что принцип соответствия применительно к отдельным законам кроме повышения мировоззренческой стороны физики *стимулирует углубление в их физическую сущность*, которая зачастую скрывается за словесной формулировкой.

Формула вычисления кинетической энергии $E_k = \frac{mv^2}{2}$ выводится из предположения, что сила воздействия постоянна, а скорость поэтому меняется равномерно и ее можно считать средней. Отсюда следуют границы применимости данной формулы: она достоверна только для механических воздействий (столкновений, соударений, деформации, трения и т.д.). Для воздействий на далеких расстояниях (в масштабах мегамира) придется применять математически более сложные расчеты кинетической энергии. Принцип соответствия находит здесь свое применение в том, что формула кинетической энергии является частным случаем более сложных расчетов в пренебрежении малым временным промежутком взаимодействия.

Формула вычисления потенциальной энергии $E_p = mgh$ выводится из предположения, что g – постоянная величина. Отсюда границы применимости данного закона: только для процессов вблизи земной поверхности, иначе надо учитывать зависимость ускорения g от расстояния, что намного более сложно. Иначе говоря, формула энергии $E_p = mgh$ есть частный случай формулы $E_p = G \frac{Mm}{(R+h)^2} \cdot h$ для процессов недалеко от поверхности Земли в пренебрежении очень малым изменением поля гравитационного тяготения, в чем и заключается здесь применение принципа соответствия.

Формула вычисления потенциальной энергии $E_p = \frac{kx^2}{2}$ упруго деформированного тела выводится из предположения, что коэффициент упругости k не зависит от величины деформации x , а поэтому сила упругости считается средней. Отсюда следуют ее границы применимости: только для таких малых деформаций, при которых можно считать k постоянным коэффициентом, иначе придется применять сложную зависимость k от величины деформации x (нелинейный процесс). Данная формула – частный случай более сложных (нелинейных) законов в пренебрежении малым изменением коэффициента деформации k . Это есть проявление методологического принципа соответствия.

При изучении основ МКТ и термодинамики основной идеализированный объект – идеальный газ. Целесообразно задать учащимся вопрос: «Существует ли в природе идеальный газ?». Поиск ответа открывает возможности осмыслить степень идеализации данного понятия – ведь это *теоретическая модель газа*, взаимодействием между частицами которого пренебрегают. Например, воздух в жилой комнате можно считать идеальным газом, и в этом случае он подчиняется закону Менделеева – Клапейрона. Следующий вопрос «В каких случаях воздух нельзя будет считать идеальным газом?» предполагает выяснение учащимися границ применимости данной модели и связанных с ней законов: если давление газа в десятки раз больше атмосферного, то молекулы окажутся на близких к друг другу расстояниях, таким образом увеличив силы электрического притяжения и отталкивания, и тогда ими пренебречь будет уже нельзя; аналогичная ситуация ожидает молекулы газа при температурах, близких к абсолютному нулю. Каким же законам подчиняется газ в случае очень низких температур и очень высоких давлений? Можно объяснить так: вследствие очень сложной математической трактовки данных законов их рассматривать не будем, но что должно фигурировать в их формулах? Ответ в том, что усложненные законы состояния газа учитывают взаимодействие между частицами, их размеры (радиус) и в предельном случае переходят в уравнение Менделеева – Клапейрона. Несущественными признаками в газовых законах являются взаимодействие молекул и их собственные

размеры. Пренебрежение ими составляет использование в данном случае принципа соответствия: закон Менделеева – Клапейрона есть частный случай более сложных законов газа.

Рекомендуется разобрать задачу: назовите условие предельного перехода от уравнения состояния 1 моля газа $\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$ к уравнению $pV = RT$.

Решение. $b \ll V$ – то есть суммарный объем самих молекул пренебрежимо мал по сравнению с объемом сосуда газа, $\frac{a}{V^2} \ll p$ – то есть член, характеризующий притяжение и отталкивание молекул газа, пренебрежимо мал и не влияет на его давление.

Границы применимости закона термодинамического равновесия, закона Менделеева – Клапейрона и следующих из него газовых законов (изопротессов) следуют из наличия условий: количество частиц тела сохраняется постоянным, если пренебречь их малым испарением, если не учитывать пренебрежимо малое электромагнитное притяжение (или отталкивание) молекул, из которых состоит тело. Принцип соответствия находит здесь свое применение в том, что если данные законы распространить на остальные агрегатные состояния вещества, то они окажутся недостоверными, так как в случае жидких и твердых тел нельзя пренебречь взаимодействием молекул: оно приводит к более сложной зависимости между макропараметрами (случаи плавления, кристаллизации, объемного расширения и т.д.). Это выражает границы применимости изопротессов и является не чем иным, как проявлением методологического принципа соответствия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Барашенков В.С.* Проблемы неисчерпаемости материального мира // Сб.: Философия и физика. – Воронеж: Изд-во университета, 1974. – 226 с.
2. *Мултановский В.В.* Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе: Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1977. – 168 с.
3. Основы методики преподавания физики в средней школе / В.Г. Разумовский, А.И. Бугаев, Ю.И. Дик и др.; под ред. А.В. Перышкина и др. – М.: Просвещение, 1984. – 308 с.
4. *Хижнякова Л.С.* Основные требования к учебному комплексу по методике преподавания физики // Сб.: Проблемы определения концепции государственного образовательного стандарта по физике. Педагогический вуз. Средняя школа. – М.: Изд-во МПУ, 1995.

Поступила в редакцию 21/II/2010;
в окончательном варианте - 15/III/2010.

UDC: 378

THE ROLE OF METHODOLOGICAL PRINCIPLE OF CORRESPONDENCE IN THE SYSTEM OF FORMING STUDENTS' KNOWLEDGE ABOUT PHYSICAL LAWS

S.A. Ivanov

Samara State Technical University
244 Molodogvardeiskaya str., Samara, 443100
E-mail: ivsa73@mail.ru

The successive definition of physical laws is being analyzed in the process of learning physics. This definition is applied as a methodological principle of correspondence.

Key words: system of knowledge, physical laws, theoretical models.

Original article submitted 21/II/2010;
revision submitted - 15/III/2010.

Sergei A. Ivanov (PhD, Associate professor), Associate professor, Dept. General Physics and Physics of Oil and Gas Production