**Особенности научного познания окружающего мира**

И.И.Нурминский, Н.К.Гладышева, школа № 548, г. Москва

**§ 1. Экспериментальные законы природных процессов**

Открываемые учеными законы природы часто разделяют на два типа: экспериментальные и теоретические.

К экспериментальным относят законы и факты, выявленные в ходе эксперимента, опыта. В качестве примера можно назвать уже известные вам закон Ома и закон Паскаля, факт уменьшения атмосферного давления с высотой над поверхностью Земли, факт появления электрического тока в проволочной катушке, если меняется пронизывающее ее витки магнитное поле (явление электромагнитной индукции).

Теоретическими называют законы, которые выявляются в ходе рассуждений, основанных на научных представлениях об изучаемых природных процессах. Таковыми, например, являются закон всемирного тяготения и закон сохранения импульса (количества движения), вывод о независимости скорости электромагнитных волн от выбора инерциальной системы отсчета, зависимость p = nkT, связывающая давление газа с его концентрацией и температурой.

Вопрос о том, правильно или нет (а если правильно, то насколько точно и полно) экспериментальные и теоретические законы отражают реальные закономерности окружающего нас мира, издавна волнует ученых и философов. В этом отношении наиболее «подозрительны» теоретические законы. Ведь они выявляются на основе тех или иных представлений о природных процессах и объектах. И если это представление (модель) недостаточно верно соответствует действительности, то сомнительна и истинность полученного на ее основе теоретического закона. Например, закон всемирного тяготения Ньютон получил, считая, что притяжение Луны Землей имеет ту же природу, что и притяжение Землей находящихся вблизи ее поверхности предметов – камня, яблока и т.п. Этот вопрос мы подробно рассмотрели в 7-м классе. Но если бы «на самом деле» гравитационное взаимодействие планет по своей природе отличалось от притяжения Землей находящихся вблизи ее поверхности предметов, то закон тяготения оказался бы неверным.

Вопрос о теоретических законах будет более детально рассмотрен в следующем параграфе. А сейчас обратимся к законам экспериментальным. Законы, выявленные экспериментально, интуитивно воспринимаются нами как истинные. В самом деле, в эксперименте мы имеем дело с реальными объектами природы – газами, жидкостями, камнями, пружинами и т.д., а не с нашими представлениями о них, т.е. не с их моделями. Вспомним один из таких опытов.

В металлический стакан плотно вставлен поршень, «запирающий» в стакане некоторое количество воздуха (рис. 1). Надавливая на поршень с силой F, мы сжимаем воздух, создавая в нем давление , где S – площадь поршня. С помощью подобной установки Роберт Бойль в 1662 г. выявил связь между давлением воздуха и его объемом: давление обратно пропорционально объему воздуха.

При выявлении этого закона, ныне называемого законом Бойля, ученый не строил никаких предположений о том, что такое воздух, состоит ли он из частиц и т.д. Истинность закона Бойля не зависит от изменения представлений о составе и строении воздуха.

И все-таки экспериментальные законы лишь частично отражают законы природы. Их относительная истинность объясняется по крайней мере двумя обстоятельствами.

1. Любой эксперимент проводится при каких-то определенных условиях, и выявленный закон может претендовать на истинность именно в этих условиях. Если условия опыта изменить, то такой закон может оказаться нарушенным.

Обратимся к уже рассмотренному закону Бойля. Во время своих опытов Бойль постепенно, медленно, увеличивал давление p поршня на воздух, измеряя при этом остававшийся под поршнем объем V воздуха. Однако, если бы он сжимал воздух быстро, помещая на поршень сразу тяжелые грузы, то связь давления p с объемом V оказалась бы иной. Дело в том, что при сжатии газа его температура повышается, что тоже сказывается на давлении газа. Однако при медленном сжатии воздух в стакане успевает остыть, и его температура в опытах Бойля практически не менялась. Поэтому законом Бойля можно пользоваться только тогда, когда температура газа (и, конечно, его масса) не меняется.

Далее, во время своих опытов Бойль не очень сильно сжимал воздух – приблизительно от 104 Па до 106 Па. Спустя 200 лет француз Анри Реньо выяснил, что в области больших давлений обратная пропорция между p и V нарушается. На рис. 2 пунктирной линией нанесен график связи давления газа с его объемом согласно закону Бойля, а сплошной линией – график связи p с V согласно современным данным.

Уже при давлении, превышающем атмосферное в 60 раз, закон Бойля нарушается. Поэтому о законе Бойля говорят, что он имеет ограниченную область применимости – область не очень высоких давлений газа.

Ограниченной оказывается область применимости и у других экспериментальных законов. Вспомните, например, закон Ома. Ом экспериментально установил, что сила тока I, текущего по металлической проволоке, пропорциональна напряжению на ее концах. Но попробуйте повторить опыт Ома, когда температура проволоки не остается неизменной!

**Фронтальная экспериментальная работа**

Проверьте закон Ома, используя в качестве проволоки металлическую нить электрической лампочки или спираль электроплитки.

Постройте экспериментальный график зависимости I от U по результатам вашего эксперимента и сравните его с графиком на рис. 3.

Посмотрите, не накаляется ли нить (спираль) при тех значениях силы тока, когда ваш график начинает заметно отличаться от прямой . Можно ли утверждать, что закон Ома выполняется только при небольших токах, когда температура провода практически не меняется?

2. Сами измерения многих физических величин основываются на определенных теоретических представлениях об окружающем мире, так что полученные на их основе экспериментальные законы не могут быть «более истинными», чем эти теоретические представления. Например, во многих астрономических исследованиях измеряется расстояние до планет Солнечной системы. Это можно сделать двумя способами – с помощью 3-го закона Кеплера или с помощью радиолокатора (см. задание 5 из упр. 1). В первом случае мы фактически признаем истинной коперниковскую картину движения планет вокруг Солнца, ведь законы Кеплера сами получены на основе именно такой картины. Использование же радиолокатора основано на представлении о том, что существуют электромагнитные волны, что они распространяются со скоростью c = 3•108 м/с и отражаются от препятствий (в том числе от планет).

ЗАДАНИЯ

1. По каким причинам истинность экспериментальных законов считается не абсолютной, а относительной?

2. По какому признаку можно отнести закон к экспериментальным?

**§ 2. Теоретические модели природных объектов и процессов**

Экспериментально установленные законы являются фундаментом, на котором строится научная теория. В частности, экспериментально изученные закономерности взаимодействия заряженных тел, существования магнитного поля электрического тока и возникновения электромагнитной индукции послужили основой для создания одного из разделов теоретической физики – электродинамики.

Однако экспериментальные законы имеют существенный недостаток. Они могут ответить на вопрос «Как?», но не отвечают на вопрос «Почему?». Например, закон Паскаля говорит о том, как передается давление жидкостью или газом: давление, производимое на газ, передается им во все стороны одинаково. Но этот закон никак не объясняет, почему газ передает давление одинаково во все стороны и почему газ вообще передает производимое на него давление.

Следующим шагом в познании явлений (процессов) природы является создание научной теории этих явлений (процессов). Такая теория, опираясь на небольшое число исходных представлений об объектах природы, позволяет предсказать, что именно может происходить с этими объектами при тех или иных условиях. Например, кинетическая теория газа базируется на следующих представлениях о газе:

– газ состоит из частиц;

– частицы газа движутся, причем их движение беспорядочно и никогда не прекращается;

– среднее расстояние между частицами газа велико по сравнению с размерами самих частиц;

– движение каждой частицы и их взаимодействие при столкновениях описываются законами ньютоновской механики;

– средняя кинетическая энергия поступательного движения частиц газа связана с абсолютной температурой газа соотношением:

– давление газа – это результат беспрерывных толчков составляющих его частиц, которые налетают на поверхность стенок сосуда при своем беспорядочном движении.

Это представление позволило не только выяснить, как газ передает оказываемое на него давление, но и объяснить, почему давление передается. Более того, на основе перечисленных представлений о газе удалось получить закон, связывающий давление p газа с его температурой T и концентрацией частиц n: p = nkT. Это – теоретический закон. Он выявлен не экспериментально, а путем рассуждений и математических расчетов. Очерченные выше представления кинетической теории о газе составляют теоретическую модель газа, т.е. его образ, описанный на языке теории.

В кинетической теории вещества вы встречались также с теоретическими моделями жидкости и твердого тела. Они отличаются друг от друга и от модели газа компоновкой частиц:

– в жидкостях и твердых телах частицы сближены, соприкасаются друг с другом;

– в твердых кристаллических телах частицы расположены упорядоченно.

Такая теоретическая модель позволила нам объяснить испарение и отвердевание жидкостей, плавление твердых тел.

Теоретические модели лежат в основе не только кинетической теории вещества, но и всех других физических теорий. Так, электродинамика базируется на таком представлении (теоретической модели) об электрическом поле:

– электрическое поле существует вокруг любого электрического заряда;

– электрическое поле возникает и в пространстве, где меняется с течением времени поле магнитное;

– изменение с течением времени электрического поля вызывает в окружающем пространстве появление магнитного поля;

– электрическое поле действует на попадающий в него электрический заряд, причем способность поля действовать на заряд характеризуется (оценивается) напряженностью поля.

В предыдущем параграфе мы отмечали, что истинность теоретических законов не бесспорна. Почему? Во-первых, истинность самого представления той или иной теории об изучаемых природных процессах и объектах далеко не очевидна. В самом деле, мы не видим частиц газа, – как же можно быть твердо уверенным, что газ действительно состоит из частиц, да еще обладающих свойствами, которыми их «наделяет» кинетическая теория? А если усомниться в существовании самих частиц, то все остальные рассуждения, основанные на этой теоретической модели газа и приводящие к закону p = nkT, тоже вызывают сомнение. Не видим мы и электрического поля, не можем непосредственно с помощью своих органов чувств убедиться в его реальном существовании (и в наличии у него тех свойств, которые учитывает электродинамика).

Во-вторых, изучая закономерности какого-либо природного процесса, ученые должны сперва описать его. Любое же описание, будь то художественный образ на картине, в музыке, описание на бытовом языке или на языке науки, есть лишь модель изучаемого процесса, а не сам процесс. Как известно, у любого природного объекта и процесса неисчерпаемое множество свойств, и любое описание фиксирует только некоторые из них.

Это справедливо и для теоретических моделей изучаемых природных процессов и явлений. Предположим, вы подкинули мяч вертикально вверх. Полет этого мяча на «языке» механики, скорее всего, выглядит так: «Тело массой m движется под действием силы Fт притяжения Земли с начальной скоростью v0, направленной вертикально вверх».

Из множества свойств, присущих мячу, учтено только одно его свойство, характеризуемое массой m. Из всего многообразия свойств Земли учтено тоже только одно – свойство притягивать мяч с силой Fт. Именно эти свойства мяча и Земли в данном случае сочтены достаточно существенными. Все остальные свойства не учитываются нашей теоретической моделью полета мяча. Форма мяча, его цвет, объем, упругость, изношенность покрышки и многое, многое другое сочтено несущественным, не влияющим на полет мяча. И в принципе вполне может оказаться, что какое-то из свойств мяча не учтено напрасно.

Таким образом, при описании процесса всегда имеется опасность упустить какое-то существенное его свойство. В таком случае теоретическая модель будет представлять собой искаженный образ процесса. Естественно, что и теоретические законы, полученные на основе таких теоретических моделей, окажутся неверными. Поэтому истинность физических теорий и теоретических моделей природных процессов всегда проверяется экспериментально.

ЗАДАНИЯ

1. Приведите примеры механических, тепловых и электромагнитных процессов, подтверждающие справедливость следующих утверждений:

а) при объяснении природных явлений (процессов) создаются теоретические модели этих процессов и участвующих в них объектов;

б) любая научная теория, основываясь на моделях объектов и процессов, обладает лишь относительной истинностью.

Если вы считаете эти утверждения ошибочными, попробуйте обосновать свои возражения (может быть, тоже примерами).

**§ 3. Взаимосвязи теории и эксперимента в познании природы**

Для физика понять природный процесс – это значит суметь описать его механизм на языке науки. Другими словами, создать теоретическую модель процесса. Если речь идет не об одном, а о группе родственных процессов, то нужно разработать их теорию. Естественно, что основные положения теории должны учитывать все существенные особенности всех природных процессов и объектов, которые она изучает.

Итак, конечной целью научных исследований является создание теории изучаемых природных процессов. Но для построения теоретической модели нужно знать свойства моделируемого процесса, чтобы выбрать из этих свойств наиболее существенные. Необходимые сведения дают экспериментальные исследования. Например, в распоряжении Максвелла были сведения об электрических и магнитных явлениях, экспериментально выявленные поколениями ученых разных стран в течение XVIII–XIX вв. Из их числа Максвелл и выбрал те (по его мнению – наиболее существенные), которые обобщил в виде нескольких положений своей электродинамики.

Но если экспериментальные исследования создают основу для разработки теории, то и теория не остается в долгу перед учеными-экспериментаторами. Первая задача созданной теории состоит в том, чтобы объединить россыпь всех известных из опытов фактов и законов в компактную, легко обозримую систему. До Максвелла, например, ученые должны были помнить множество уже выявленных особенностей электрических, магнитных и световых явлений (в школьных учебниках описана лишь малая их часть). Современному ученому это уже не нужно: сведения о любом из таких явлений он может «прочесть» (получить) в небольшом числе основных положений электродинамики.

Систематизируя уже известные из экспериментов факты и законы, новорожденная теория одновременно проходит предварительную проверку на истинность. А именно: насколько правильно и полно основные положения теории «впитали в себя» все существенные особенности изучаемых природных процессов, насколько правильно теория моделирует эти процессы. Дело в том, что теория не просто систематизирует полученные из экспериментов сведения о природных процессах, она их объясняет. Если создаваемая теория удовлетворительно объясняет все уже известные факты и законы, относящиеся к изучаемым природным процессам, она получает право на существование.

Конечно, никакая теория не рождается в законченном, «отшлифованном» виде, в котором она излагается в учебниках по физике. Практически любая «новенькая» физическая теория имеет много недостатков. Используя эту теорию для объяснения уже известных экспериментальных фактов и законов, ученые уточняют ее. В частности, пытаются включить в основные положения теории те особенности природных процессов и объектов, которые оказываются существенными, но не были учтены ранее. С подобной ситуацией мы встречались в 8-м классе, знакомясь с кинетической теорией вещества. Так, для объяснения особенностей плавления твердых тел и отвердевания жидкостей нам пришлось уточнить теоретические модели этих объектов – предположить, что в кристаллическом твердом теле расположение частиц гораздо более упорядоченно, чем в жидкостях.

Возможности любой новой физической теории не ограничиваются систематизацией и объяснением уже известных фактов и законов. Ее начинают использовать для дальнейшего изучения природных процессов, причем наилучшие результаты получаются, если экспериментаторы и теоретики работают в тесном контакте, учитывая результаты работы друг друга.

Дело в том, что возможности экспериментального метода исследований ограничены. Если ученый пользуется чисто экспериментальным методом, не создав предварительно теоретическую модель изучаемого процесса, то он не может предвидеть, как поведет себя процесс и каковы его возможные особенности. Поэтому ученый-экспериментатор часто не замечает эти особенности. Например, уже в опытах Фарадея его установка испускала радиоволны (электромагнитные волны). Радиоволны испускались и во многих других опытах с переменными токами, которые проводились учеными разных стран в течение XIX в. Однако вплоть до 1888 г. этот факт обнаружен не был. В то время обнаружить испускание электромагнитных волн при протекании по проводам переменного тока можно было только случайно, чего не произошло. Иногда же неумение предвидеть возможные последствия изучаемого процесса приводило к трагедии. Так, в 1751 г. при изучении электрических зарядов в атмосфере во время грозы от удара молнии погиб член Петербургской академии наук Георг Рихман. Он не знал, что электрический ток опасен для человека.

Современный физик, прежде чем ставить опыт, изучает теоретическую модель объекта. Он может на основе теории предположить, что при тех или иных условиях может произойти в рамках этой модели. Например, пусть в каком-то месте пространства начало изменяться электрическое или магнитное поле. Как мы выяснили в § 1, электродинамика Максвелла предсказывает в этом случае появление электромагнитных волн. Более того, электродинамика подсказывает способы обнаружения этих волн и их особенности. В частности, что скорость электромагнитных волн в вакууме (и в воздухе) должна быть равна 3•108 м/с, что волны должны оказывать давление на препятствия и т.д. Получив такие сведения, экспериментатор ставит свои опыты более целенаправленно, его работа становится гораздо продуктивнее. Именно так, зная предсказания электродинамики о возможном существовании электромагнитных волн и об их свойствах, Генрих Герц сумел экспериментально обнаружить и исследовать эти волны.

Мы рассмотрели наиболее типичную картину взаимосвязи теоретических и экспериментальных методов познания природы. Как видим, эта взаимосвязь оказывается непростой. Для наглядности мы изобразили ее на рис. 4. Экспериментальные исследования дают ученым сведения об изучаемых природных процессах и объектах (экспериментальные законы и факты), на основе которых создается теория этих процессов. Созданная теория, в свою очередь, приводит ранее разрозненные экспериментальные сведения в систему и объясняет их. В попытках таких объяснений теория проверяется и уточняется. Далее теоретический и экспериментальный методы начинают «работать» вместе. Теория предсказывает новые, еще не известные ученым особенности изучаемых природных процессов и условия их обнаружения, направляя экспериментальные исследования и делая их более целеустремленными. Эксперимент, в свою очередь,проверяет, действительно ли особенности природных процессов оказываются такими, какими их предсказывает теория. Если результаты эксперимента подтверждают теоретические предсказания, то это служит подтверждением истинности теории. В противном случае теорию приходится уточнять. Таким образом, «совместная работа» теории и эксперимента по изучению еще не исследованных природных процессов и объектов служит для проверки теории.

ЗАДАНИЯ

Используя материал по кинетической теории вещества, проиллюстрируйте одним-двумя примерами следующие утверждения:

1) теория объясняет экспериментальные факты и законы;

2) теория предсказывает особенности еще не изученных явлений и процессов;

3) эксперимент проверяет и уточняет теорию.

**§ 4. Математический язык в физике**

Мы уже говорили, что физики при изучении природных процессов создают их теоретическую модель – образ, описанный на языке теории. Такое описание бывает двоякое: словесное и математическое. Например, полет мяча, подкинутого вверх, может быть описан так.

Посмотрим, какие возможности таятся в том и другом способе описания теоретической модели процесса. Используя словесное описание теоретической модели полета мяча и законы механики, мы можем предсказать следующие особенности движения мяча.

Первая особенность. Скорость v движения мяча вверх должна постепенно уменьшаться: ведь по мере подъема возрастает потенциальная энергия взаимодействия мяча с Землей и в соответствии с законом сохранения энергии уменьшается его кинетическая энергия. На какой-то высоте мяч остановится, а затем начнет падать вниз со все возрастающей скоростью под действием притяжения Земли.

Вторая особенность. Мяч будет двигаться только по вертикали, не отклоняясь в стороны. Ведь при t = 0 горизонтальная составляющая его скорости равна нулю, и на мяч в этом направлении ничто не действует, а в инерциальной системе отсчета скорость тел без причины не меняется (это основной признак инерциальных систем отсчета).

Воспользуемся теперь математическим описанием модели движения мяча. В конце параграфа показано, что выписанная нами система уравнений, т.е. математическая запись модели движения мяча, имеет следующие решения:

Графики полученных зависимостей v от t и x от t приведены на рис. 6 и 7 соответственно.

Вы можете сами убедиться, что графики содержат в себе всю информацию о движении мяча, которую мы извлекли из словесного описания теоретической модели его движения. Но графики и формулы дают еще и дополнительные сведения:

– что движение мяча не зависит от его массы m;

– что, например, через 0,2 с после броска мяч должен находиться на высоте 0,6 м (см. рис. 7) и подниматься со скоростью 2 м/с (см. рис. 6);

– что мяч достигнет верхней точки своего полета через t1 с после броска, поднявшись на высоту h;

– что девочка, подкинувшая мяч, поймает его через t2 = 0,8 с после броска.

Итак, математическая запись теоретической модели природного процесса позволяет выявить гораздо больше его особенностей, чем словесная запись. Поэтому физики в своих исследованиях широко используют язык математики. При этом они поступают следующим образом:

– создают словесное описание нужного образа изучаемого природного процесса (теоретическую модель);

– «переводят» словесное описание теоретической модели процесса на язык математики;

– решают полученную систему уравнений, пользуясь математическими теоремами, правилами и т.д.;

– «переводят» найденные решения уравнений в словесное описание особенностей изучаемого процесса.

Зачем делают двойной перевод: со словесного описания на математический и обратно? По крайней мере по трем причинам.

Во-первых, сами задачи, встающие перед учеными, формируются и формулируются словесно, словесное описание природных процессов ближе к реальности, чем математическое. Возьмем для примера два описания одной и той же задачи.

Если ограничиться математическим описанием, то задача решается относительно просто:

– при T = T1 имеем p1 = nkT1;

– при T = T2 имеем p2 = nkT2.

Поделив первое уравнение на второе, получим: .

Отсюда

Ответ: p2 = 105 Па.

Словесное же описание задачи сразу подсказывает, что эта задача не может быть решена с помощью формулы p = nkT, т.к. задолго до 200 К (т.е. –73 °С) большая часть водяного пара превратится в лед.

Во-вторых, математическое решение задачи дает численные значения математических символов, входящих в уравнение, и вид графиков связи одного символа с другим. Но ученый-экспериментатор изучает конкретные, наблюдаемые, особенности природного процесса. Чтобы можно было сопоставить результаты теоретического изучения процесса с результатами его экспериментального исследования, их нужно выразить на одном языке. Поскольку подавляющее большинство людей способны мыслить словами и образами, а не математическими формулами, то и математическое решение задачи переводят на язык слов. В нашем примере с мячом математическое решение – это графики на рис. 6 и 7, а его «перевод» – приведенное в тексте перечисление особенностей полета мяча. Именно после такого перевода экспериментатор может проверить правильность предсказания этих особенностей, выяснив, например, действительно ли мяч поднимется на высоту h = 80 см и упадет обратно через 0,8 с после броска.

В-третьих, математика «не чувствует», насколько разумно, реально полученное решение. На рис. 6 и 7 нижние части графиков очерчены овалом. С точки зрения математики эти части ничем не хуже остальных, не обведенных. Но если перевести математическое решение на язык слов, то они оказываются неравноправными.

Предположим, что, подбросив мяч, девочка затем ловит его. Тогда в момент времени t2 = 0,8 с полет мяча прерывается, мяч оказывается в руках девочки. Следовательно, обведенные овалом участки графиков не имеют реального физического смысла. Как видим, перевод результатов математического анализа природного процесса на язык слов необходим для ос мысления этих результатов.

Математику часто сравнивают с мельничными жерновами, куда физики-теоретики «засыпают зерно» – составленные ими теоретические модели природных процессов. Жернова на мельнице играют, конечно, важную роль, Поэтому физики обычно хорошо владеют математикой. Более того, многие разделы современной математики были созданы учеными, занимавшимися физикой (Декартом, Ньютоном, Эйлером, Гельмгольцем, Пуанкаре и др.). Но все-таки качество муки на мельнице определяется в основном качеством зерна. Аналогично: соответствие предсказанных теорией особенностей природных процессов реальности в первую очередь определяется качеством их теоретических моделей.

Решение системы уравнений – математической модели полета мяча

следует:

(mv – mv0) = – mg (t – t0), или mv – mv0 = – mgt + mgt0.

Учитывая, что t0 = 0, и сокращая обе части равенства на m, получаем:

v = v0 – gt.

Третье уравнение

можно преобразовать, сократив обе его части на m и учтя, что x0 = 0:

или

ЗАДАНИЯ

1. Зачем физики используют математику при анализе природных процессов?

2. Почему при анализе природных процессов нельзя обойтись только языком математики?

3\*. Подберите примеры, подтверждающие, что математическое описание теоретической модели процесса позволяет предсказать больше его свойств, чем только его словесное описание. Используйте для этого уже изученный материал по электродинамике и кинетической теории вещества.

**§ 5. Взаимосвязь физических теорий**

Наличие общих физических величин

Вы, наверное, обратили внимание на то, что в разных физических теориях нередко используются одни и те же физические величины. Например, масса m используется и в механике для характеристики тела, и в кинетической теории вещества для характеристики тела и его частиц. Физическую величину скорость v мы тоже встречаем и в механике, и в кинетической теории вещества. А такая физическая величина, как энергия E, используется во всех физических теориях.

Может показаться, что такое проникновение одной и той же физической величины в несколько теорий объясняется историческим развитием науки. Ведь первой была развита механика. И вполне естественно, что при создании других теорий ученые использовали уже сложившиеся представления об окружающем мире, которые дала механика. Это так. Но более существенная причина в другом.

Как мы уже отмечали, физики-теоретики имеют дело с теоретическими моделями изучаемых природных объектов и процессов. Свойства природных объектов и процессов учитываются в теоретических моделях с помощью физических величин. Те свойства, которые оказывают существенное влияние на механические процессы, характеризуются механическими величинами. Вспомните: в механике действие одного тела на другое мы характеризовали силой F; движение тела в выбранной системе отсчета – скоростью v, импульсом mv и кинетической энергией Eк; взаимодействие (связь) тел друг с другом мы оценивали (характеризовали) потенциальной энергией Eп. Для характеристики свойств, существенных при построении теоретических моделей электромагнитных процессов, используются сила тока I, напряженность электрического поля E и т.д.

Таким образом, вопрос о том, какими именно физическими величинами нужно пользоваться в механике, а какими – в электродинамике, решает «сама природа». История развития науки и философские воззрения ученых (а иногда и их остроумие) сказываются лишь на выборе названия той или иной физической величины, но не на ее физическом смысле. Использование какой-либо физической величины в нескольких физических теориях объясняется именно взаимосвязью процессов в природе. Например, то свойство тела, которое мы характеризуем его массой m, оказывается существенным при анализе и механического, и теплового аспектов происходящих в природе явлений.

**Наличие общих законов**

В природе свойства объектов и процессов связаны между собой. Эта связь свойств на языке физических теорий отображается в виде физических законов. Вспомните, например, второй закон Ньютона

(mv) = F • t.

Он связывает между собой изменение импульса mv тела с силой F и промежутком времени t, в течение которого эта сила действовала.

Естественно предположить, что некоторые связи свойств природных объектов могут проявляться в разных аспектах происходящих в природе явлений. И действительно, некоторые физические законы «действуют» не в одной, а в нескольких теориях. Особое место среди таких законов занимают так называемые законы сохранения. Мы познакомились с двумя из них: законом сохранения импульса и законом сохранения энергии. Оба эти закона замечательны тем, что действуют во всех без исключения физических теориях. У ученых, естественно, возникла мысль: а не отражают ли законы сохранения импульса и энергии глубинных свойств окружающего мира?

И действительно, в 1918 г. немецкий математик Эмма Нетер доказала: законы сохранения импульса и энергии связаны со свойствами пространства и времени.

Сохранение энергии связано с однородностью времени, т.е. с тем, что природные процессы при одних и тех же внешних условиях сто лет назад протекали так же, как они протекают сегодня и будут протекать в следующем тысячелетии. Именно из-за однородности времени мы можем в своих исследованиях выбирать момент начала отсчета времени (запускать секундомер) произвольно, когда нам это удобно.

Сохранение импульса связано с однородностью пространства. Однородность пространства означает, что при одинаковых внешних условиях природный процесс протекает одинаково и в Москве, и в Лондоне, и в мчащемся далеко от Земли космическом корабле.

Так как все природные изменения происходят в пространстве и протекают во времени, то свойства пространства и времени накладывают на них свой отпечаток. Именно поэтому законы сохранения импульса и энергии действуют во всех естественнонаучных теориях, не только физических, но и биологических, химических и др. С помощью законов сохранения каждая научная теория позволяет выражать особое, присущее только ей, отображение свойств пространства и времени. Но в изученных нами теориях просматривается точка зрения и на другие глубинные свойства природы. Рассмотрим некоторые из них.

**Непрерывность движения**

При изучении физики мы неоднократно прибегали к графическому описанию рассматриваемых процессов. В качестве примера на рис. 8, 9 и 10 приведены уже встречавшиеся нам графики зависимости от времени скорости падающего со скалы камня, температуры цинка при нагревании и силы тока в цепи переменного тока.

Обратите внимание на одну особенность графиков: все они выполнены непрерывными плавными линиями. В «Правилах построения графика по экспериментальным точкам», которыми вы пользовались, тоже указывается, что после нанесения на координатную плоскость экспериментальных точек нужно провести по ним плавную непрерывную линию. Но почему линия графика должна быть плавной?

Дело в том, что правила построения графиков отражают точку зрения изученных нами теорий на особенности любых изменений в природе. А именно, что свойства природных объектов и процессов могут меняться только постепенно, в соответствии с латинским изречением «Natura non facit saltus» (природа не делает скачков). Поэтому и физические величины, характеризующие эти свойства, тоже могут меняться только постепенно, непрерывно. Причем предполагается, что при своем изменении физическая величина в каждый момент времени имеет вполне определенное точное значение.

Если однородность пространства и времени запечатлена во всех без исключения теориях, то с непрерывностью происходящих в природе изменений дело обстоит иначе. В зависимости от точки зрения на это свойство природы физические теории разделяются на две группы. Теории, в основе которых лежит представление о непрерывности (постепенности) природных процессов, называют классическими. К ним, в частности, относятся механика, кинетическая теория вещества и электродинамика, с которыми мы уже познакомились. Теории же, которые «не требуют» непрерывности природных процессов и характеризующих их физических величин, относят к квантовым. С примером квантовой теории мы познакомимся в следующей главе.

Любые происходящие в природе изменения часто называют общим термином движение. Поэтому говорят, что одной из особенностей классических теорий является предположение о непрерывности движения: любая физическая величина может меняться только постепенно, плавно, и в любой момент времени она имеет вполне определенное точное значение.

**Однозначность причинно-следственных связей**

Обратимся еще раз к рассмотренным в 7-м и 8-м классах задачам.

Задача 1. Со скалы столкнули камень. Какую скорость будет иметь этот камень через 2 с?

Задача 2. Напряжение на концах отрезка провода увеличили в 2 раза. Во сколько раз изменилась сила протекающего через него тока?

Решив эти задачи, вы уверенно скажете: через 2 с камень будет иметь скорость 19,6 м/с; сила тока в проводе увеличилась в 2 раза. Что вы подумаете, если, экспериментально проверив свои расчеты, обнаружите, что в проведенных вами опытах скорость камня оказалась не 19,6 м/с, а 3 м/с; что сила тока увеличилась не в 2, а в 1,5 раза? Наверное, одно из трех: либо вы ошиблись в измерениях, либо у вас неисправны измерительные приборы, либо неправильно поставлен опыт (например, провод в процессе опыта раскаляется).

Что же дает вам основание считать, что, свободно падая со скалы, камень за 2 с приобретает скорость именно 19,6 м/с, а не 3 м/с, что сила тока при повышении напряжения на концах провода в 2 раза обязательно увеличивается тоже в 2 раза? Вы скажете: расчет производился с помощью формул механики и электродинамики, правильность которых на практике проверялась бессчетное число раз и ныне не вызывает сомнений. Например, формула

однозначно предсказывает, что при увеличении напряжения U в 2 раза, во столько же раз должна увеличиться сила тока I в проводе.

Мы уже говорили, что законы и формулы в физике фиксируют связи физических величин, характеризующих свойства природных объектов и процессов. В частности, формула в электродинамике отражает связь тех особенностей движения электрических зарядов в проводнике, которые мы характеризуем соответственно физическими величинами: силой тока I, напряжением U и сопротивлением R. Изменение электрического поля или сопротивления проводника обязательно отразится на движении электрических зарядов в нем. В ситуации, представленной в задаче 2, причиной является повышение напряжения электрического поля, следствием – изменение характеристики движения зарядов, силы тока I. Формула однозначно связывает изменение напряжения U (причину) с изменением силы тока I (следствием). Можно утверждать, что электродинамика предполагает однозначность причинно-следственных связей в природных процессах. Так же обстоит дело с механикой и всеми другими классическими теориями.

Как видим, во всех классических теориях предполагается, что причинно-следственные связи явлений в природе однозначны. Если какое-то явление при некоторых условиях служит причиной другого явления (следствия), то при этих условиях возникновение первого явления всегда вызывает второе явление. Это – тоже общая особенность классических теорий.

ЗАДАНИЯ

1. Какими особенностями наделяют природу все классические теории?

2. Приведите свои примеры, иллюстрирующие особенности классических теорий.

3. Законы физики, с которыми вы познакомились, выявлялись поколениями ученых из разных стран мира. Могли бы мы пользоваться этими физическими законами, если бы в природе не соблюдались законы сохранения импульса и энергии? Ответ поясните.