

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА НАГЛЯДНОСТИ ДЛЯ ИЗЛОЖЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ВОПРОСОВ, СВЯЗАННЫХ С СИММЕТРИЕЙ В ФИЗИКЕ

Кафедра методики преподавания физики.

Научный руководитель - А. В. Ляпцев

Сегодняшние проекты в сфере образования нацелены на внедрение в процесс обучения инновационных технологий, которые могли бы обеспечить развитие образования, вывести его на более высокий уровень. Одним из этапов реорганизации образования стало появление различных профильных направлений, которые обеспечивают формирование у учащихся более глубоких знаний. А также это позволит сделать процесс обучения более интересным и доступным.

С другой стороны, современные научные знания становятся настолько теоретизированными, что учащиеся не способны воспринять их лишь со слов преподавателя. На помощь приходит такой методический прием, как физическое и компьютерное моделирование. Он позволяет сконцентрировать внимание учащихся на определенных свойствах объекта, заглянуть в область микромира, смоделировав процессы, происходящие там¹. Математическое модели-

рование позволяет предсказывать новые факты, показывать суть происходящих процессов².

Это особенно полезно, если изучаемые явления недоступны для непосредственного восприятия. То есть механизмы процессов, играющие столь большую роль в понимании материала не наглядны. Для исправления этого недостатка прибегают к различного рода моделированию.

Одним из примеров такого моделирования может являться моделирование процессов, объясняемых на основании принципов симметрии. Развитие учения о симметрии позволяло выдвигать новые научные гипотезы, а так же объяснять сложившиеся теории. Это основано на свойстве симметрии, отражать наиболее общие закономерности явлений природы, а следовательно, способности предсказывать дальнейшее развитие процессов. Сейчас признанным является утверждение о том, что принципы

симметрии являются наиболее высокой степенью познания физического мира, стоящими над физическими законами и теориями. Идеи симметрии являются стержневыми идеями современной физики³.

Исходя из вышеизложенного, представляется необходимым более детальное рассмотрение принципов симметрии и построение единой физической картины мира, основанной на этих принципах в курсе физики как в школе, так и в вузе. Принципы симметрии с одной стороны объединяют многие физические явления и являются основой для их объяснения, а с другой стороны симметрия достаточно наглядна и может быть продемонстрирована с помощью физических и математических моделей.

Строить процесс обучения, основываясь на принципы симметрии можно в каждом разделе физики, начиная от симметрии пространства - времени в механике, до СРТ-симметрии в физике элементарных частиц. Уровень изучения так же может быть различным: от объяснения с помощью простых физических опытов в классах с гуманитарным профилем до математического моделирования в физико-математических классах и вузах.

Несмотря на всё многообразие учебных пособий и разную глубину изучения материала, многие явления, которые могут быть рассмотрены с точки зрения нарушения симметрии понятно и доступно, традиционно рассматриваются поверхностно. Проведенный констатирующий эксперимент показал, что к концу обучения в школе ученики имеют лишь интуитивное понятие о нарушении симметрии. Что же касается представления о самом понятии «симметрия», то оно опирается только на математическое представление, сформированное учащимися на геометрическом уровне. Им бывает трудно увидеть преобразование симметрии в объектах реального мира. Поэтому переход к использованию понятия «симметрия» в физике должен опираться на уже имеющиеся представления учащихся и быть поэтапным: начиная от геометрических представ-

лений к представлению о симметрии как наиболее общим принципам описания физических объектов. Но даже эти знания можно использовать для объяснения многих явлений, происходящих на микроуровне, если сопоставить этим явлениям механические или математические модели.

Рассмотрим, как может быть использовано понятие симметрии при изучении раздела «Молекулярная физика». Здесь же учащиеся впервые могут быть ознакомлены с понятием «нарушения симметрии». В школах с профильным изучением физики в разделе молекулярная физика вводится понятие фазовых переходов I и II рода. Для учителей важным является показать, какие явления происходят при фазовых переходах. В этом случае объяснение механизмов процессов, происходящих при переходах легко объяснить, используя преобразование симметрии внутреннего строения вещества.

Опираясь на объяснение симметрии внутреннего строения вещества, мы тем самым, используем симметрию в ее геометрическом представлении, то есть то, с чем учащиеся уже знакомы.

Наряду с этим важно подчеркивать симметричность различных законов и явлений в ходе их изучения и при решении задач (симметрия электрического и магнитного полей в едином электромагнитном поле, метод зеркальных изображений в электростатике, симметричность процессов в колебательных системах относительно положения равновесия).

В качестве примера использования идей современной науки в обучении можно рассматривать введение в программы вузов, а сейчас и школ, вопросов, связанных с изучением самоорганизации живых и неживых систем⁴. В школьной физике примером самоорганизующихся систем могут служить автоколебательные системы. В вузе, кроме того, рассматриваются вопросы, связанные с бифуркацией, линейными и нелинейными системами.

В конечном итоге необходимо создать представление о симметрии как критерии,

который ограничивает многообразие структур, которые могут существовать в природе. Она устанавливает внутренние связи между объектами, которые никак друг с другом не связаны. Любая классификация основана на выявлении свойств симметрии классифицируемых объектов.

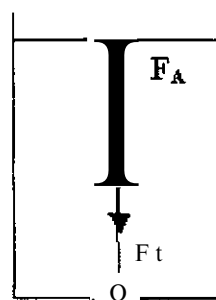
Рассмотрим подробнее изложение вопроса о фазовых переходах. Кристаллическое тело имеет анизотропию свойств, которая проявляется в том, что в разных направлениях свойства кристаллов разные. Это связано с различиями в длинах ребер кристаллической решетки. Различие свойств в разных направлениях говорит о том, что кристаллы обладают меньшей симметрией, чем, например, жидкости или газы. Последние агрегатные состояния вещества характеризуются изотропией свойств (например, по всем направлениям одинакова сжимаемость, свет проходит без изменения интенсивности). Если мы рассматриваем небольшой объем жидкости или газа, то эти вещества можно считать однородными.

Изотропность свойств у газов и жидкостей определяется большим количеством операций, в ходе которых свойства объекта не меняются (поворот, параллельный перенос и т. д.). Обратившись к моделям кристаллической решетки, мы увидим, что у неё таких преобразований меньше, чем у жидких тел.

Далее, на основании различия в симметрии внутреннего строения, можно рассмотреть закономерности фазовых переходов. «Газы и жидкости характеризуются одинаковой симметрией внутреннего строения, в отличие от твердых тел. То или иное свойство симметрии может появляться только скачком. В каждом состоянии тело будет обладать той или иной симметрией. Значит, можно указать к какой из двух фаз оно относится»⁵. Кривая равновесия таких фаз не может оборваться в изолированной точке. Она может либо заканчиваться в точке пересечения её с другой кривой равновесия, либо уходить в бесконечность. Это можно наблюдать на диаграмме состояния в осях

РТ. Важным является вопрос о том, каким именно образом происходит выстраивание осей кристалла при переходе жидкость - твердое тело. Молекулы жидкости занимают вполне определенные места вследствие уменьшения температуры, а следовательно, и энергии движения частиц, и образуют кристаллическую решетку. Форма кристаллической решетки (направление осей симметрии и размеры ребер) обуславливается внешними факторами.

Все вышеперечисленные закономерности являются абстрактными, так как не могут быть продемонстрированы на опыте в силу микромасштабов происходящих процессов. Тем не менее основополагающий процесс, который определяет структуру и свойства фаз - нарушение симметрии внутреннего строения вещества - можно показать помощью простых опытов, иллюстрирующих понятие нарушение симметрии в макромасштабах. Кроме того, в этих опытах наглядно демонстрируются и другие понятия: устойчивое и неустойчивое равновесие, флуктуации, значимость флуктуации не только в микромире, но и макромире⁶.



Примером такой демонстрации может быть следующая. Возьмём сосуд с водой. В сосуд опускаем карандаш (или любую тонкую деревянную палочку), к одному концу которого прикреплена нить так, что она находится на оси карандаша. К другому концу нити привязан грузик, который удерживает карандаш под водой. Система симметрична по отношению к вращению вокруг оси, проходящей вдоль карандаша (осевая симметрия). Когда карандаш полностью закрыт водой, он находится в устойчивом

положении равновесия относительно этой оси. Если отклонить карандаш в сторону, то он вернется в исходное положение, так как моменты сил, действующих на карандаш, возвращают его обратно. Будем теперь отливать воду, уровень воды будет понижаться. При некотором уровне, равновесие, соответствующее симметричному состоянию, становится неустойчивым и малейшие флуктуации (колебания воды, воздуха, асимметрия самой системы) приводят к тому, что карандаш начинает отклоняться от вертикали. Сторона отклонения выбирается случайным образом, в зависимости от малейших внешних воздействий на карандаш.

В какой-то момент времени, в результате изменения внешних условий устойчивое симметричное состояние системы переходит в неустойчивое состояние. Для такого перевода системы достаточно малых внешних воздействий. Такие внешние воздействия порождают флуктуации, которые всегда имеют место в системе с большим числом частиц. Приведенный опыт моделирует спон-

танное нарушение симметрии при переходе жидкость - твердое тело. В тоже время эта модель является доступной и наглядной для объяснения на школьном уровне физики. Различием в симметрии объясняется отсутствие критической точки между фазами и наличие четкой границы между фазами. При базовом уровне изучения физики сопоставляются нарушение симметрии карандаша и нарушение симметрии жидкости, не обращаясь к вопросу о флуктуациях. Для профильной школы, а также вуза опыт обсуждается более тщательно, возможно даже с обращением к фазовой диаграмме в осях РТ. Еще раз подчеркивается роль флуктуации. Постановка вышеприведенной задачи может сопровождаться расчетной задачей, которую можно предложить как школьникам, так и студентам. В такой задаче необходимо просчитать уровень воды, при котором карандаш отклоняется от симметричного положения, т. е. симметрия начнет нарушаться. Аналогичные опыты можно привести также и для других систем⁶.

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ www.fmi.asf.ru/library

² Кондратьев А. С. Физическое моделирование и иерархия временных масштабов. // Физическое образование в вузах. Т. 2. № 3, 1986.

³ Чарушиников В. Д. Экстрималльность. Законы сохранения. Симметрия. Кстово, 2003.

⁴ Дик Ю. И. и др. Примерные программы среднего (полного) общего образования. М., 2002. С. 21.

⁵ Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т. 2. М., 1975. С. 479.

⁶ Ляпцев А. В., Сергеева И. В. Моделирование явлений, связанных со спонтанным нарушением симметрии // Физика в школе и вузе. СПб., 2004. С. 22.