

О ПРИНЦИПЕ ЛЕ ШАТЕЛЬЕ-БРАУНА В КУРСЕ ФИЗИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

Цель курса физики в техническом вузе – использование потенциала физических знаний для подготовки специалистов широкого профиля, способных находить творческие решения технических задач, причем порой на стыке различных наук. Знания в узкоспециальных областях быстро устаревают, поэтому актуальной становится задача акцентирования внимания обучаемых на фундаментальных принципах функционирования как физических, так и технических систем.

К таким принципам относится, например, хорошо известный принцип дополнительности, устранивший противоречие понятий волна-частица на основе концепции вероятностей, и вытекающий из него принцип неопределенностей, согласно которому существует предел точности измерения определенных пар величин (например, положения частицы и ее импульса), который не может быть преодолен усовершенствованием приборов и методов измерений.

В настоящем сообщении обсуждается неоправданно редко, на наш взгляд, упоминаемый в курсе физики принцип Ле Шателье-Брауна, который был предложен в 1884 г. французским химиком Анри Ле Шателье (1850–1936 гг.) для описания обратимых химических реакций и обобщен в 1887 г. немецким физиком К. Ф. Брауном (1850–1918 гг.) для равновесных термодинамических систем. Согласно принципу Ле Шателье-Брауна, на всякое внешнее воздействие система отвечает такими изменениями, которые стремятся ослабить это воздействие. Учет этого принципа позволяет качественно описать поведение системы, которая стремится сохранить свое равновесное состояние, перестраивая его до новой оптимальной организации, противодействуя всем влияниям, изменяющим исходное состояние [1].

Так повышение температуры вызывает в системе эндотермическую реакцию, протекающую с поглощением тепла, а при понижении температуры интенсивней становится экзотермическая (протекающая с выделением тепла) реакция, тормозя уменьшение температуры. Подобные процессы смещения равновесия системы происходят и при изменении давления. Основоположники названного принципа исходили из аналогии с известным в электродинамике правилом Ленца, сформулированным в 1833 г, рассматривая различные примеры термодинамического равновесия, которые можно представить в форме, похожей на правило Ленца [2].

Согласно этому правилу, при всяком изменении магнитного потока через поверхность, охватываемую проводящим контуром, ток в контуре имеет такое направление, чтобы создаваемое им магнитное поле препятствовало изменению магнитного потока.

Данный принцип объясняет появления токов Фуко в массивных проводниках, например, в сердечниках трансформаторов (которые изготавливают из тонких пластин, разделённых изоляторами, для предотвращения потери энергии на нагревание) и торможение таких проводников во внешнем магнитном поле, что используется для демпфирования подвижных частей измерительных приборов и лежит в основе принципа действия магнитных тормозов.

Помимо термодинамики и электродинамики принцип Ле Шателье-Брауна применим и в других разделах физики. Приведём несколько примеров. Наиболее наглядно этот принцип объясняет поведение гироскопа – массивного тела, быстро вращающегося с угловой скоростью ω вокруг своей оси симметрии, например, вокруг закреплённой горизонтальной оси. Если подвесить грузик к оси гироскопа, то он не наклоняется, а совершает прецессионное движение с угловой скоростью $\Omega \ll \omega$, то есть с точки зрения рассматриваемого принципа гироскоп противодействует внешнему воздействию, не позволяя грузику опускаться. Если пытаться ускорить процессию, то гироскоп отвечает поднятием груза, и, наоборот, искусственное замедление прецессионного движения эквивалентно ослаблению реакции гироскопа на внешнее воздействие – грузик будет опускаться. Использование принципа Ле Шателье-Брауна оказывается полезным при анализе работы стабилизирующих гироскопических приборов [2, 3].

Интересной иллюстрацией применения рассматриваемого принципа в волновой оптике является дифракция – на внешнее воздействие с целью ограничения площади сечения пучка свет реагирует отклонением от прямолинейного распространения, то есть увеличением ширины пучка.

Одним из примеров проявления принципа Ле Шателье-Брауна в физике твёрдого тела является эффект Холла в металлах и полупроводниках, где происходят такие изменения, которые противодействуют внешнему магнитному полю [2]. Действительно, в отсутствие магнитного поля ток в проводниках и полупроводниках обусловлен электрическим полем. При воздействии магнитного поля происходит перераспределении зарядов до тех пор, пока действующая на них сила со стороны электрического поля не компенсирует силу, возникающую при воздействии магнитного поля.

В настоящее время принцип Ле Шателье-Брауна приобрел междисциплинарный характер, являясь общим названием для ряда похожих принципов в экономике, философии, теории систем и в других науках, изучающих поведение и взаимодействие различных систем с целью обнаружения основных принципов их функционирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базаров, И. П. Термодинамика / И. П. Базаров – М. : Высш. шк., 1991. – 378 с.
2. Белонучкин, В. К. Основы физики. Курс общей физики : учебн. : в 2 т. / В. К. Белонучкин, Д. А. Заикин, Ю. М. Ципенюк. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. – Т. 2. Квантовая и статистическая физика. – 504 с.
3. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. – 4-е изд., стереот. – М. : ФИЗМАТЛИТ ; Изд-во МФТИ, 2005. – Т. I. Механика. – 560 с.