

О ЗАКОНАХ ФИЗИКИ

Современная физика чрезвычайно обширна, характеризуется своей разветвленностью и весьма узкой специализацией, свойственной и всей науке наших дней. Узкая специализация возникла не по какой-то злой воле, а отражает объективные закономерности человеческого познания, и прежде всего эмпирическое происхождение наших знаний. Первичными, являются наблюдение и физический эксперимент. В процессе накопления, обработки и обобщения опытных данных рождается физический закон, представляющий собой некое соотношение между измеряемыми физическими величинами. Физический закон обязан согласовываться с имеющимися экспериментальными данными, но главное — он должен обладать предсказательной силой, позволяя предугадывать результаты новых опытов и даже новые физические явления.

Всякий физический закон имеет свою область применимости, определяемую кругом рассматриваемых явлений и допустимыми пределами изменения характеризующих их величин. Чем шире эта область, тем больше предсказательная сила закона и тем больше его ценность. Если данное соотношение между физическими величинами обладает чрезмерной конкретностью (закон Архимеда) либо очень узкой областью применимости (закон Ома), то в этом случае говорят об *эмпирическом правиле*, или феноменологической закономерности. Но существуют физические законы с максимально широкой областью применимости (закон сохранения энергии, уравнение Шредингера и т. д.). Они называются *фундаментальными законами* природы. Основная цель физики состоит в собирании и обработке экспериментального материала, в извлечении из него разного рода эмпирических правил, в формулировке фундаментальных законов и в получении их конкретных следствий — в виде уже установленных ранее эмпирических правил и, самое главное, в виде новых закономерностей, которые должен подтвердить новый эксперимент.

В самый ранний период естествоиспытатели вынуждены были ограничиваться собиранием разрозненных фактов, их предварительной систематикой и формулировкой весьма частных феноменологических закономерностей. В те времена практически каждый крупный исследователь был универсалом. Впоследствии были открыты некоторые гораздо более общие законы, описывающие преимущественно механические явления, — принцип относительности Галилея, законы классической механики, закон всемирного тяготения. Разного рода эмпирические правила типа закона рычага или законов Кеплера были мгновенно выведены в качестве простых следствий указанных законов. Наконец наступило, время установления наиболее фундаментальных законов природы, отличающихся прежде всего

универсальностью. К тому же были разработаны и некоторые общие методы теоретического и экспериментального исследования.

Ныне большинство разделов физической науки — физика твердого тела, физика плазмы, квантовая электроника, оптика, радиофизика и т. п., — оперируют с фундаментальными законами как с заданными, не подвергая их сомнению и не выясняя границ применимости. Они применяют как общие, так и свои собственные методы исследования. Здесь, по словам Л.Д. Ландау, физика развивается не вглубь, авширь. Прямо или косвенно опираясь на фундаментальные законы и на внутренние эмпирические правила, в этих областях пытаются найти вещества с заданными свойствами (высокотемпературные сверхпроводники), синтезировать новые вещества (металлический водород), объяснить уже давно известные экспериментальные данные (скажем, макроскопические характеристики тел), а также исследовать или открыть новые явления, в принципе вытекающие из фундаментальных законов (управляемый термоядерный синтез, лазеры, транзисторы). В каждом разделе физики существует и непрерывно возникает огромное количество своих трудностей и проблем, рождается множество специфических методов исследования, формулируется большое число частных закономерностей. Уследить за всеми этими процессами и тем более решить все многочисленные проблемы теперь просто не в состоянии один, даже самый гениальный, человек. Отсюда и проистекает упоминавшееся выше все более и более мелкое дробление физической науки, все более и более узкая специализация в ней.

Вернемся, однако, к фундаментальным законам. Все они известны либо в виде динамических уравнений — обычно дифференциальных (например, уравнения Максвелла), но иногда более сложных (например, интегро-дифференциальное уравнение Больцмана в кинетической теории или интегральные уравнения дисперсионного метода в квантовой теории поля), либо в виде законов сохранения алгебраического типа. Последние могут вытекать из динамических уравнений, но тогда они не являются фундаментальными, а потому не столь уж интересны (хотя и чрезвычайно полезны). Главное же, законы сохранения обычно можно получить совершенно независимо от динамических уравнений, исходя лишь из самых общих свойств симметрии пространства-времени (энергия, импульс, момент импульса, четность) и фундаментальных взаимодействий (электрический заряд, изоспин, гиперзаряд и т.д.). Важно подчеркнуть, что начальные и граничные условия в сами динамические уравнения и в законы сохранения обычно не входят, и их следует задавать отдельно.

Если исходить из фундаментальных законов, то в принципе можно вывести любую закономерность, предсказать любое явление, вычислить любую величину (например, плотность воды). Однако в подавляющем большинстве случаев это оказывается нецелесообразным или же практически вообще невозможным. Связано это либо с

невообразимым объемом вычислительных работ, неподвластным даже самым быстродействующим ЭВМ, либо с отсутствием адекватных методов расчета, либо просто с незнанием самих фундаментальных законов, что отличает пока физику высоких энергий. Именно по указанным причинам существует в физике, а также в химии и биологии огромное количество полуфеноменологических закономерностей. Они формулируются независимо от фундаментальных законов природы, непосредственно из обработки экспериментального материала, и выступают в качестве разного рода эмпирических правил или в качестве более или менее правдоподобных гипотез. Нет никаких сомнений, что подобные закономерности, если они подмечены верно, не противоречат фундаментальным законам, а служат их опосредствованными следствиями. Убежденность в справедливости сказанного сразу позволяет отвести всяческие антинаучные течения (вспомним хотя бы историю с вечными двигателями), хотя и не является, конечно, панацеей.

Таким образом, в своем развитии физика вовсе не следует аксиоматическому принципу, столь свойственному на первый взгляд математике. (На самом деле и при построении математики главенствующая роль принадлежит индукции, а не дедукции.) Аксиоматика обычно является венцом того или иного узкого раздела знаний. В действительности происходит непрерывное забегание вперед, формулируются новые правила и положения, возникающие, по-видимому, на голом месте. Зачастую, но не всегда, они приводят к новым, иногда грандиозным практическим приложениям. Чаще всего указанные правила позже доказываются или хотя бы поясняются на основе фундаментальных законов природы, но одновременно возникают новые полуэмпирические закономерности. Показательна в этом отношении история сверхпроводимости. Явление сверхпроводимости было открыто в 1911 г., принципиальное объяснение на основе квантово-механических представлений оно получило лишь в 1958 г., а затем был обнаружен целый ряд эффектов, которые не поддавались последовательной теоретической трактовке. Описанный выше процесс протекает перманентно, а потому непрерывно регистрируются многообразные открытия и изобретения. Фундаментальные же законы и концепции формулируются чрезвычайно редко, и авторы их обычно удостоиваются Нобелевской премии.

Итак, число фундаментальных законов природы и тесно связанных с ними фундаментальных констант относительно устойчиво. Задача физики элементарных частиц как раз и состоит в подтверждении или в установлении границ области применимости уже известных фундаментальных законов и в попытках открытия новых законов такого рода. Обычно их ищут на пути исследования очень больших и очень малых расстояний, что пока было вполне оправданно. "Неужели Природа устроена также, как бесконечная матрешка?" — вопрошает один известный физик. Никто этого не знает, но до сих пор действительно

получалось так, что при переходе к новым масштабам открывались кардинально новые закономерности.

Наиболее полно разработаны в настоящее время фундаментальные законы электродинамики, т. е. квантовой теории электромагнитного взаимодействия. Ее предсказания совпадают с экспериментальными данными с точностью до десяти (!) значащих Цифр. Для физиков электродинамика есть образец, которому они стараются следовать при открытии новых явлений и выработке новых концепций. Недаром наиболее современная трактовка сильного взаимодействия идейно примыкает к электродинамике и получила название квантовой хромодинамики. Но может случиться и так, что успехи квантовой электродинамики служат своего рода психологическим тормозом на пути создания радикально новых теоретических схем. Ведь сама она строится на основе обычной классической теории Максвелла с учетом "лишь" требований квантовой механики.

Так или иначе, ныне считается, что в основе соответствующих эвристических методов лежит глубокое единство всех известных полей, являющихся участниками или переносчиками фундаментальных взаимодействий: электромагнитного (фотоны), сильного (мезоны, а ныне "глюоны"), слабого (промежуточные бозоны) и гравитационного (гравитоны). В течение всей второй половины своей жизни А.Эйнштейн работал над единой теорией гравитационного и электромагнитного полей в ее классическом варианте, не учитывающем квантовых эффектов. Два последних своих десятилетия посвятил построению единой теории материи и другой крупнейший физик XX века — В. Гейзенберг, который в основу всей схемы положил единственное квантовое поле, подчиняющееся некоторому нелинейному уравнению. На этом пути были выработаны очень важные, и интересные концепции (например, представление о вырожденном вакууме) и получены весьма впечатляющие результаты. Но единая теория Гейзенберга наткнулась на ряд серьезнейших трудностей, которые представляются непреодолимыми.

Теперь соответствующие унитарные программы постепенно начинают претворяться в жизнь, причем на более высоком уровне и даже в гораздо более широких масштабах. Построена единая теория электромагнитных и слабых взаимодействий, прекрасно согласующаяся с опытом. Сейчас речь идет уже о разработке единой теории всех вообще взаимодействий и управляемых ими частиц и полей, и здесь наметились вполне реальные успехи.