

Значение физики для объяснения мира и развития производительных сил общества

Урок 135. Физика и Вселенная

Цель: показать взаимосвязь явлений.

Ход урока

Физика – наука о природе, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие закономерности природы, строение и законы движения материи. Физику относят к точным наукам. Ее понятия и законы составляют основу естествознания. Границы, разделяющие физику и другие естественные науки, исторически условны. Принято считать, что в своей основе физика является наукой экспериментальной, поскольку открытые ею законы основаны на установленных опытным путем данных. Физические законы представляются в виде количественных соотношений, выраженных на языке математики. В целом физика разделяется на экспериментальную, имеющую дело с проведением экспериментов с целью установления новых фактов, проверки гипотез и известных физических законов, и теоретическую, ориентированную на формулировку физических законов, объяснение на основе этих законов природных явлений и предсказание новых явлений.

Структура физики сложна. В нее включаются различные дисциплины или разделы. В зависимости от изучаемых объектов выделяют физику элементарных частиц, физику ядра, физику атомов и молекул, физику газов и жидкостей, физику плазмы, физику твердого тела. В зависимости от изучаемых процессов или форм движения материи выделяют механику материальных точек и твердых тел, механику сплошных сред (включая акустику), термодинамику и статистическую механику, электродинамику (включая оптику), теорию тяготения, квантовую механику и квантовую теорию поля. В зависимости от ориентированности на потребителя получаемого знания выделяют фундаментальную и прикладную физику. Принято выделять также учение о колебаниях и волнах, рассматривающее механические, акустические, электрические и оптические колебания и волны под единым углом зрения. В основе физики лежат фундаментальные физические принципы и теории, которые охватывают все разделы физики и наиболее полно отражают суть физических явлений и процессов действительности.

Единую полную теорию всего происходящего во Вселенной построить невозможно, поэтому сначала создаются частные теории, объединяющие какие-то части Вселенной. Надежды на создание непротиворечивой единой теории, в которую войдут все частные теории, не оставляют физиков. Создание такой теории принято называть объединением физики. Его созданию Эйнштейн безуспешно отдал последние годы своей жизни. Но, отказавшись принять реальность квантовой механики, ее принцип неопределенности как фундаментальный принцип мироздания, он не смог достичь успех на этом поприще.

С. Хокинг и другие физики-теоретики с оптимизмом (хотя и осторожным) смотрят на возможность построения единой теории, завершающей поиски окончательных законов природы.

Сейчас имеет место общая теория относительности, представляющая собой частную теорию гравитации. Есть частные теории, описывающие слабые, сильные и электромагнитные взаимодействия, — их можно объединить в теорию великого объединения. Но последняя физиками не признается удовлетворительной, поскольку не включает гравитацию и содержит величины, которые не выводятся теоретически, а подбираются путем их наилучшего согласия с экспериментом (например, относительные массы разных частиц). Считается, что основной трудностью построения теории, объединяющей гравитацию с другими силами, является невключенность квантовомеханического принципа неопределенности в классическую общую теорию относительности. Поэтому исходным моментом создания единой теории является объединение общей теории относительности и принципа неопределенности квантовой механики. В результате этого объединения черные дыры перестают быть таковыми, исчезают сингулярности, Вселенная становится замкнутой и безграничной. Но в этом случае возникают трудности, обусловленные тем, что, в соответствии с принципом неопределенности, пространство должно быть заполнено парами виртуальных частиц и античастиц, обладающих бесконечной энергией и бесконечной массой. Создаваемое ими гравитационное притяжение должно привести к сворачиванию Вселенной до бесконечно малых размеров. Подобные парадоксы бесконечности обычно устраняются с помощью перенормировки — процедуры введения новых бесконечностей для компенсации старых. В частных теориях полученные с помощью перенормировки предсказания согласуются с результатами наблюдений. В плане же создания полной теории метод перенормировок не позволяет теоретически предсказывать действительные значения масс и сил, поэтому их приходится подбирать подгонкой к эксперименту. Есть лишь

два числа, которые можно подгонять при включении принципа неопределенности в общую теорию относительности. Это – величина гравитационной силы и космологическая постоянная. Однако их изменения не могут устранить бесконечность. Получается, что мы имеем теорию, в соответствии с которой, некоторые величины (например, кривизна пространства – времени) являются бесконечными, хотя из изменений вытекает, что они конечны. Поэтому для выхода из положения стали использовать так называемую теорию супергравитации, которая бесконечности устраняла, хотя оставалось сомнение в том, все ли бесконечности устранялись, а затем физики обратились к теориям струн в которых прогнозировалось сокращение бесконечностей¹.

С. Хокинг допускает три варианта ответа на вопрос, возможна ли единая теория. Первый вариант: полная теория может быть сформулирована. Второй вариант: единой полной теории нет, а есть лишь бесконечная последовательность теорий, дающих все более точное описание Вселенной. Третий вариант единой полной теории Вселенной не существует, события в последней происходят произвольно и беспорядочно и не могут быть предсказаны далее некоторого предела. Если ставить цель – найти систему законов, дающих возможность предсказывать события в пределах точности, устанавливаемой принципом неопределенности, то тем самым третий вариант исключается. Вторая возможность, исходящая из существования бесконечной последовательности все более точных теорий, согласуется с нашим опытом. Но последовательность все более точных теорий при переходе к более высоким энергиям может иметь предел. При каких-то энергиях и должна существовать единая теория Вселенной. Столь высокие энергии могли возникнуть на ранних стадиях развития Вселенной. Поэтому изучение ранней Вселенной может привести к созданию полной единой теории.

Если бы полная единая теория оказалась математически непротиворечивой и ее предсказания совпадали с опытом, то «этим завершилась бы длинная и удивительная глава в истории интеллектуальной борьбы человечества за познание Вселенной»². Но создание такой теории не означает, что мы сможем предсказывать события вообще, ибо возможности предсказаний ограничиваются, во-первых, принципом неопределенности и, во-вторых, неумением находить точные решения описывающих теорию уравнений (а потому необходима

¹ См.: Хокинг. С. Краткая история времени от большого взрыва до черных дыр.

² Там же.

разработка приближенных методов, позволяющих предсказывать результаты в реальных ситуациях).

До недавнего времени считалось, что Вселенная не изменяется со временем – из того, что гравитационные силы являются всегда силами притяжения, следует, что Вселенная должна либо расширяться, либо сжиматься. Из общей теории относительности известно, что в прошлом было состояние с бесконечной плотностью и большой взрыв, положивший начало отсчету времени. Если Вселенная начнет сжиматься, то в будущем должно появиться еще одно состояние с бесконечной плотностью – произойдет большой хлопок, означающий конец течения времени. В образовавшихся черных дырах возникнут сингулярности, в которых законы перестанут действовать.

При объединении квантовой механики и общей теории относительности может возникнуть новая возможность, когда пространство и время образуют конечное четырехмерное пространство без сингулярностей и границ. С помощью этой возможности можно было бы объяснить однородность Вселенной в больших масштабах и отклонения от однородности в меньших масштабах (галактики, звезды, человеческие существа), а также существование наблюдаемых стрел времени.

Предположим, что единая полная теория создана – это будет набор правил и уравнений. Но ведь она не отвечает на вопрос, почему должна существовать Вселенная, которую описывает эта теория. «Пока большинство ученых слишком заняты развитием новых теорий, описывающих что есть Вселенная, и им некогда спросить себя, почему она есть. Философы же, чья работа в том и состоит, чтобы задавать вопрос «почему», не могут угнаться за развитием научных теорий. В XVIII веке философы считали все человеческие знания, в том числе и науку, полем своей деятельности и занимались обсуждением вопросов типа: было ли у Вселенной начало? Но расчеты и математический аппарат науки XIX и XX вв. стали слишком сложны для философов и вообще для всех, кроме специалистов. Философы настолько сузили круг своих запросов, что самый известный философ нашего века Витгенштейн по этому поводу сказал: «Единственное, что еще остается философии, – это анализ языка. Какое унижение для философии с ее великими традициями от Аристотеля до Канта»¹.

Итак, что же представляет собой современная физика и какова тенденция ее развития? Будет целесообразно взглянуть на пройденный физикой путь глазами ее творцов и оценить достигнутое их сло-

¹ Хокинг С. Краткая история времени от большого взрыва до черных дыр.

вами. Прежде всего, что представляет собой физика как целостное образование?

Физика, в представлении В. Вайскопфа, – это дерево, в нижней части ствола которого находятся классическая физика, электродинамика и физика теплоты вместе с широко раскинувшимися ветвями, символизирующими обширные приложения этих направлений. Выше по стволу находится атомная физика с ее ветвями, такими как химия, материаловедение, электроника и оптика. Еще выше расположена ядерная физика с ее молодыми ветвями, символизирующими науку о радиоактивности, метод меченых атомов, геологию и астрофизические приложения. На вершине, где пока нет ветвей, помещаются современные физика элементарных частиц и космология. Шестьдесят лет назад верхушкой без ветвей была атомная физика.¹

Следующий вопрос: какова роль физики в современном мире? По этому поводу В. Гейзенберг выразился следующим образом: «...современная физика представляет собой только одну, хотя и весьма характерную сторону общего исторического процесса, имеющего тенденцию к объединению и расширению нашего современного мира <...> в двух решающих пунктах, она, по-видимому, помогает направить развитие по мирным рельсам. Во-первых, она показывает, что применение оружия в этом процессе имело бы чудовищные последствия, и, во-вторых, своей доступностью для многих исторически сложившихся способов мышления она пробуждает надежду, что в окончательном состоянии различные культурные традиции, новые и старые, будут сосуществовать, что весьма разнородные человеческие устремления могут быть соединены для того, чтобы было новое равновесие между мыслями и действием, между держательностью и активностью»².

И еще один вопрос: какова цель физической науки? А. Эйнштейн и Л. Инфельд, завершая свою книгу «Эволюция физики»³, отмечают, что физические концепции стремятся представить картину реальности и установить ее связь с миром чувственных восприятий. Одним из первичных понятий выступает понятие объекта. Понятие любого материального объекта создается на основе опыта. Физика фактически начинается с введения понятия массы, силы и инерциальной системы, которые приводят к формулировке механической картины действительности. Для физика XIX века реальность внешнего мира состояла из частиц, между которыми действуют простые силы, кото-

¹ См.: Вайскопф В. Физика в двадцатом столетии. М., 1977. С. 265.

² Гейзенберг В. Физика и философия. М., 1963. С. 175–176.

³ Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. М., 1965. С. 240–242.

рые зависели только от расстояния. Он верил в то, что с помощью этих понятий удастся объяснить все явления природы. Когда физики столкнулись с явлениями электромагнитного характера, было введено понятие электромагнитного поля (ибо понятие электромеханического эфира в объяснении электромагнитных явлений не могло вскрыть их сущность). Для того, чтобы понять, что не поведение тел, а поведение чего-то находящегося между ними, т. е. поля, упорядочивает явления и позволяет понять их сущность, требовались значительные психологические усилия. Дальнейшее развитие науки отбросило старые понятия и ввело новые. Так, теория относительности отбросила понятие абсолютного пространства и времени и ввела понятие четырехмерного пространственно-временного континуума. Квантовая теория раскрыла новые существенные черты реальности: прерывность встала на место непрерывности, вместо законов, управляющих индивидуальными объектами, появились вероятностные законы. Но цель физических теорий осталась прежней – с их помощью мы пытаемся вскрыть сущность наблюдаемых фактов, упорядочить и постичь мир чувственных восприятий. То есть мы стремимся к тому, чтобы наблюдаемые факты следовали из нашего понимания реальности. Без веры во внутреннюю гармонию нашего мира, без веры в возможность охватить реальность с помощью теоретических построений не может быть науки.

Огромное разнообразие фактов в области атомных явлений заставляет изобретать и вводить в обиход новые физические понятия. Вещество состоит из элементарных частиц – элементарных квантов вещества. Свет также состоит из фотонов – квантов энергии. Поиски ответов на вопросы, чем является свет – волной или ливнем фотонов, чем является пучок электронов – ливнем элементарных частиц или волной, побуждает еще дальше отступить от механического мировоззрения. Квантовая физика и формулирует законы, управляющие совокупностями, а не индивидуумами. В квантовой физике описываются не свойства, а вероятности, формулируются законы, управляющие изменениями во времени вероятностей, относящиеся к большим совокупностям индивидуумов, а не законы, раскрывающие будущее системы, как это присуще классической физике.

Таким образом, немногим более ста лет назад наука была описательной: описание движения твердых тел или жидкостей в механике и гидродинамике, свойств электрических и магнитных полей в электродинамике, реакции атомов и молекул в химии. Затем цели физики изменились: от описания она перешла к объяснению. Прогресс науки, осуществленный Планком, Эйнштейном, Резерфор-

дом, Бором, Зоммерфельдом, Шредингером, Гейзенбергом, Паули и Дираком привел к открытию кванта действия, атома, обладающего ядром, квантованных орбит, квантовой механики, динамики атома. Следующий этап в развитии физики открылся работами М. Склодовской-Кюри, позволившими приступить к изучению внутреннего строения атомного ядра. Исследования структуры атома выявили огромное разнообразие элементарных частиц, что заставило физиков искать в этом разнообразии единство и пытаться строить концепцию объединения физики. Классический этап в развитии физики с построением квантовой теории уступил место неклассическому. Сегодня физика начинает переход к постнеоклассическому этапу своего развития. Сложившаяся на неклассическом этапе развития физики картина мира является принципиально незавершенной – ощущается все большая потребность в переходе к эволюционной парадигме.