

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА ЧАСТИЦ НА ПОРОГЕ XXI ВЕКА

А.Л.Любимов

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Обсуждаются перспективы развития экспериментальной физики частиц. Отмечено появление внешних факторов, неблагоприятных для этого развития, и указаны некоторые необходимые действия для противостояния им.

The nearest future of experimental particle physics is discussed. Some external factors which slow down the development of this science and what is to be done to resist them are stressed.

Моисей Александрович Марков был физиком широчайшего диапазона научных интересов, простиравшегося от фундаментальных проблем теории до конкретных экспериментов, где он также был автором многих идей и предложений. В то же время его занимали актуальные вопросы развития науки (этому соответствовала его многолетняя деятельность в должности академика-секретаря Отделения ядерной физики АН СССР), волновали общие проблемы, стоящие перед человечеством, и роль интеллигенции в их решении (этому соответствовало его активное участие в Пагуошском движении, где он представлял Советский Союз).

Поэтому мне представляется уместным в этом сборнике, посвященном памяти Моисея Александровича, коснуться некоторых вопросов развития экспериментальной физики частиц, притом не только научных.

Первая элементарная частица — электрон — была открыта 100 лет назад, в 1897 году.

Как развивалась с тех пор наука об элементарных частицах, и что ждет ее в недалеком будущем?

В классических опытах по атомной и ядерной физике были открыты фотоны, протоны и нейтроны, а также ряд важнейших свойств частиц, в частности, спин.

С исследования космических лучей началась физика высоких энергий. Были открыты позитроны, мюоны, пионы, электромагнитные каскадные ливни, множественное рождение, странные частицы, барионная асимметрия Вселенной и многое другое.

Полвека назад, благодаря созданию ускорителей на высокие энергии, наступила новая эра физике элементарных частиц. Она стала наиболее фунда-

ментальным разделом современной физики, ее "передним краем". Темпы и масштаб развития физики частиц были удивительными даже для XX века*.

Не буду перечислять сделанные за этот период крупнейшие открытия: они общеизвестны.

Проведенные исследования привели к созданию Стандартной модели, охватывающей совокупность экспериментальных данных и их интерпретацию теорией электрослабого взаимодействия и квантовой хромодинамикой. Эта модель — веха на пути развития физики частиц, обозначающая границу ее нынешнего состояния, за которой начинается область качественно новых явлений, представлений и моделей.

Поэтому главными задачами экспериментальной физики частиц в настоящее время являются, с одной стороны, проверка лежащей в основе стандартной модели гипотезы о механизме возникновения масс частиц в процессе спонтанного нарушения симметрии электрослабого взаимодействия, т.е. поиск предсказываемых этой гипотезой бозонов Хиггса, с другой — выход за пределы Стандартной модели.

Возможно, что эти задачи смогут быть частично решены на существующих ускорителях (прежде всего на LEP2 и тэватроне), но более вероятным представляется, что для этого необходимы значительно большие энергии, и ответ на поставленные вопросы сможет быть получен только на ЛНС.

Физика частиц стала не только наукой о микромире на субъядерном уровне, но и наукой о наиболее общих законах и принципах построения нашего мира, призванной ответить не только на вопрос, как он устроен, но и на вопрос, почему он такой, какой он есть.

Эти два аспекта физики частиц — обращенный в микромир и глобальный — связаны естественным образом, ибо чем проще исследуемые объекты и явления, тем четче проявляются в них наиболее общие законы, поскольку закономерности более сложных систем на них не действуют. На уровне элементарных частиц остается действие лишь самых основных законов, более того — свойства этих частиц (в том числе сам факт их существования) являются проявлением таких законов**.

Как сказал С.Вайнберг, "... изучение элементарных частиц представляет на сегодня самый верный — а возможно, и единственный — путь к пониманию фундаментальных законов природы".

Глобальный характер физики частиц часто недостаточно осознается физиками-экспериментаторами, занятыми решением конкретных задач о свой-

*Показательно, что за вторую половину XX века треть всех Нобелевских премий по физике была присуждена за работы в области физики частиц.

**Здесь есть аналогия с биологическими исследованиями, где экспериментируют на микробах или дрожжах для выявления общих свойств и закономерностей устройства живой материи.

ствах частиц, и тем более недостаточно — людьми, не связанными с этой наукой, в том числе теми, от кого зависит ее финансирование.

Физика частиц во многом изменила устоявшиеся представления о характере фундаментальной науки, ее организации и потребляемых ею ресурсах. На смену экспериментам, осуществляемым учеными-одиночками или небольшими группами в тиши университетских лабораторий, физика частиц ввела индустриальные масштабы сооружаемых установок, исследования на которых осуществляются большими коллективами, насчитывающими иногда много сотен человек из разных институтов, университетов и лабораторий.

Именно для исследований по физике частиц были созданы крупнейшие международные научные центры — ЦЕРН в Женеве и ОИЯИ в Дубне. Это позволило объединить на основе международного сотрудничества интеллектуальные, материальные и финансовые ресурсы стран-участниц этих институтов.

Драматическим подтверждением необходимости, более того, неизбежности международного сотрудничества в физике высоких энергий стала история сооружения трех самых больших ускорителей.

В ЦЕРН создается *pp*-коллайдер LHC с энергией пучков 7 ТэВ.

В США в конце 80-х годов началось осуществление амбициозного проекта создания в рамках национальной программы суперколлайдера SSC с энергией пучков 20 ТэВ. Однако осенью 1993 г. оно было прекращено по решению конгресса США. К этому времени на сооружение SSC было уже затрачено около двух миллиардов долларов, проложено 23 км туннеля (из 87) и т.д. На прекращение работ пришлось выделить 640 миллионов долларов.

Огромные трудности испытывает другой национальный проект — сооружение ускорительно-накопительного комплекса в ИФВЭ (Протвино). Из-за переживаемого Россией финансового кризиса и резкого сокращения ассигнований на науку работа по проекту была почти приостановлена, и пришлось отказаться от намерения создать коллайдер на энергии пучков по 3 ТэВ и ограничиться планами создания ускорителя с энергией 600 ГэВ.

В то же время работы по сооружению LHC в ЦЕРН ведутся успешно и в них, помимо стран-участниц этой организации, приняли участие целый ряд других стран, в том числе США и Россия, а также Япония, Канада, Израиль, Индия, страны-участницы ОИЯИ и т.д. Так что сотрудничество по созданию этого ускорителя стало всемирным.

Экспериментальная база физики частиц развивается также за счет ряда проектов меньшего масштаба: сооружаются новые ускорители "среднего калибра", увеличивается светимость тэватрона, создается целый ряд новых детекторов, как универсальных, так и нацеленных на решение отдельных задач. Таким образом, можно надеяться, что в планируемом будущем (охватывающем две стадии — "до LHC" и "LHC и другие") в распоряжении мирового сообщества физиков будет иметься необходимый минимум ускорите-

лей, детекторов и других технических средств для решения основных экспериментальных задач и выхода физики частиц на ожидаемый следующий уровень.

Тем не менее в последние годы видны и неблагоприятные тенденции, тормозящие развитие этой науки. Престиж физики частиц падает, уменьшается приток в нее способной молодежи: происходит смена приоритетов в фундаментальных науках, общество все более склоняется к первоочередному развитию наук, более близких к повседневным нуждам человека (экология, биология и т.д.). Доля финансирования физики частиц в национальных программах сокращается, что наиболее чувствительным образом проявилось в решении конгресса США о прекращении работ по проекту SSC.

Этим тенденциям противостоит расширяющееся международное сотрудничество, ставшее формой существования физики высоких энергий, а в России и ряде других стран, где финансирование фундаментальной науки катастрофически сократилось, также основным средством выживания этой науки.

Однако общий баланс факторов, влияющих на дальнейшее развитие физики частиц, все же неблагоприятен.

Даже в условиях всемирного сотрудничества вряд ли сможет быть сооружен коллайдер следующего после LHC поколения, основанный на существующих принципах. Затраты на его сооружение, хотя и небольшие по сравнению с военными расходами крупных государств (порядка стоимости нескольких атомных подводных лодок), превышали бы реальный "потолок" возможных вложений в такой проект.

Для обеспечения перспективы экспериментальных исследований в области физики частиц нужны новые идеи и новые технологии создания ускорителей и детекторов, которые могли бы значительно снизить их стоимость.

Необходимо расширить использование ускорителей и другого оборудования, применяемого в экспериментальной физике частиц, для прикладных задач (например, создание пучков частиц для лучевой терапии, получение синхротронного излучения и т. д.).

Следует пропагандировать роль экспериментальной физики частиц как стимула технического прогресса, поскольку для создания все более совершенных установок, находящихся нередко за гранью возможностей современной техники, требуется разработка новых технических устройств и тончайших технологий (не случайно проводились международные конференции "Передовые технологии и физика частиц", собиравшие вместе физиков и представителей фирм, разрабатывающих наукоемкие технологии.)

Поскольку снижению интереса общества к физике частиц способствовало, наряду с другими причинами, отсутствие в последние годы ярких, а тем более сенсационных результатов, при появлении в дальнейшем таких результатов их нужно будет широко пропагандировать, даже, не побоюсь этого слова, рекламировать.

Необходимо существенно усилить пропаганду физики частиц как глобальной науки об устройстве мира, в котором мы живем*. Следует ввести ее основные представления (а также непосредственно связанную с ними историю ранней Вселенной) в программы обучения в старших классах средней школы. Ознакомление общества с этими представлениями будет не только способствовать созданию благоприятной атмосферы для проведения дальнейших исследований по физике частиц, но и повысит интеллектуальный уровень самого общества.

*К сожалению, название "физика частиц" не отражает глобальный характер этой науки. Может быть, ввести более точное название?