

частиц, радиоастрономии, квантовой электроники и Ф. твёрдого тела требуют небывалых масштабов и затрат средств, к-рые зачастую доступны лишь крупным государствам или даже группе государств с развитой экономикой.

Огромную роль в развитии ядерной Ф. и связанной с ней Ф. элементарных частиц сыграли два обстоятельства. Во-первых, разработка методов наблюдения и регистрации отд. актов превращений элементарных частиц, вызванных их столкновениями друг с другом и с атомными ядрами. Во-вторых, создание *ускорителей заряженных частиц*, положившее начало развитию Ф. высоких энергий. Особую роль играют ускорители на встречных пучках, к-рые позволили повысить эфф. энергию столкновения частиц.

Были созданы высокоэффективные счётчики заряд. частиц, основанные на разл. принципах: газоразрядные, сцинтилляционные, черенковские и др. Фотоумножители позволяют регистрировать единичные фотоны. Наиб. полную и точную информацию о событиях микромира получают с помощью камеры Вильсона, пузырьковой и искровой камер, в к-рых можно непосредственно наблюдать следы (треки) пролетевших заряд. частиц. При исследовании частиц высоких энергий особенно эффективны два последних типа камер (наряду с регистрацией частиц в толстослойных фотоэмульсиях), т. к. из-за большой плотности среды в этих детекторах пробеги частиц невелики и удаётся проследить цепочку превращений частиц. Получаемая от регистрирующих устройств информация обрабатывается с помощью ЭВМ. В искровых камерах регистрация и анализ треков частиц осуществляются автоматически с использованием вычислит. машин непосредственно в экспем. установках.

Значение ускорителей заряд. частиц определяется следующими обстоятельствами. Чем больше энергия (импульс) частицы, тем меньше, согласно принципу неопределённости, размеры объектов или их деталей, к-рые можно различить при столкновениях частицы с объектом. К 1995 эти мин. размеры составляют 10^{-16} см. Изучая рассеяние электронов высокой энергии на протонах и нейтронах, удалось обнаружить элементы внутр. структуры нуклонов — распределение электрич. заряда и магн. момента внутри этих частиц (т. н. *формфакторы*). Рассеяние электронов сверхвысоких энергий на нуклонах указывает на существование внутри нуклонов неск. отд. образований сверхмалых размеров, названных *партонами*. Впоследствии эти образования были отождествлены с кварками.

Др. причина интереса к частицам высоких энергий — рождение при их столкновениях с мишенью новых частиц всё большей массы. Открыто неск. десятков *стабионов* и *ядерно-стабильных* частиц и более двухсот *резонансов*, причём подавляющее число частиц и их античастиц было открыто на ускорителях. Кроме того, исследование рассеяния частиц сверхвысоких энергий способствует выяснению природы сильных и слабых взаимодействий.

Исследованы самые разл. типы ядерных реакций. На ускорителе Объединённого ин-та ядерных исследований в Дубне впервые осуществлено столкновение релятивистских ядер. На ускорителе в Серпухове получены ядра антитрития и антигелия и открыт рост полного сечения взаимодействия адронов очень высоких энергий при их рассеянии друг на друге («серпуховский эффект»). Успешно идёт синтез трансурановых элементов.

Развитие радиофизики получило новое направление после создания радиолокаторов во время 2-й мировой войны. Радиолокаторы нашли широкое применение в авиации, морском транспорте, в космонавтике. Была осуществлена локация небесных тел: Луны, Венеры и др. планет, а также Солнца. Совершенствование радиолокац. приборов привело к революции в старейшей из наук — астрономии. Были сооружены гигантские радиотелескопы, улавливающие излучения космич. тел со спектральной плотностью потока энергии $\sim 10^{-26}$ эрг/(см²·с·Гц). Информация о космич. объектах неизмеримо возросла. Удалось открыть радиозвёзды и радиогалактики с мощным излучением в радиодиапазоне. В 1963 были открыты наиб. удалённые от нас

квазизвёздные объекты — *квазары*. Их светимость в сотни раз превышает светимость ярчайших галактик. Разрешающая способность совр. радиотелескопов, использующих передвижные антенны, управляемые ЭВМ, достигает угл. секунды (для излучения с длиной волны в неск. см).

Исследование радиоизлучения помогло установить источники первичных космич. лучей: протонов, более тяжёлых атомных ядер и электронов. Этими источниками оказались вспышки *сверхновых звёзд*. Было открыто реликтовое излучение, возникшее на ранней стадии эволюции Вселенной (см. *Микроволновое фоновое излучение*).

В 1967 были открыты *пульсары* — быстро вращающиеся *нейтронные звёзды*. Эти звёзды создают направленное излучение в радио- и видимом диапазонах, интенсивность к-рого периодически меняется из-за вращения звёзд.

Большую роль в изучении околоземного космич. пространства и далёкого космоса сыграли космич. станции. Они позволили открыть радиац. пояса Земли, обнаружить космич. источники рентг. излучения и вспыски γ -излучения (эти виды излучения поглощаются атмосферой Земли и не доходят до её поверхности).

Всё большее значение приобретают исследования структуры твёрдых и жидких тел, полимеров, структуры их поверхности. Совершенствуются дифракц. методы исследования строения вещества — *рентгеновский структурный анализ*, с помощью к-рого в нач. 20 в. была впервые доказана строгая упорядоченность расположения атомов (ионов) в кристаллах, *нейтронография* и *электронография*. Выяснено влияние дислокаций и др. дефектов кристаллич. решётки на прочность и пластичность материалов. Важную роль в этих исследованиях сыграло применение *электронных микроскопов* большой разрешающей силы. В 1982 созданы туннельные микроскопы, позволяющие «увидеть» отд. атомы и использующиеся для изучения структуры поверхности, происходящих на ней хим. процессов, а также для обработки поверхности (см. *Сканирующий туннельный микроскоп*). Для исследования структуры вещества и установления распределения электронной плотности в веществе применяется *электронный парамагнитный резонанс*, *ядерный магнитный резонанс*, *Мёсбауэра эффект* и др. резонансные методы. Совершенствуется исследование структуры атомов, молекул, органич. и неорганич. веществ по их спектрам в широком диапазоне частот.

Фантастич. точности достигают измерения амплитуды колебаний микроскопич. тел. С помощью радиотехн. и оптич. датчиков можно регистрировать механич. колебания с амплитудой $\sim 10^{-14}$ см. Планируется создание датчиков для регистрации колебаний с амплитудой 10^{-16} — 10^{-19} см.

5. Основные нерешённые проблемы физики

Физика элементарных частиц. Наиб. фундам. проблемой Ф. остаётся исследование материи на самом глубоком уровне. Накоплен огромный эксперим. материал по взаимодействиям и превращениям элементарных частиц. Произвести же теоретич. обобщение всего этого материала с единой точки зрения пока не удаётся. Остаётся нерешённой проблема определения спектра масс элементарных частиц. Возможно, для решения проблемы спектра масс и устранения бесконечностей в квантовой теории поля необходимо введение нек-рой *фундаментальной длины*, к-рая ограничивала бы применимость обычных представлений о пространстве-времени как о непрерывной сущности. До расстояний $\sim 10^{-15}$ см и соответственно времён $\sim 10^{-25}$ с обычные пространственно-временные соотношения, по-видимому, справедливы. Но на меньших расстояниях, возможно, это и не так. Делаются попытки введения фундам. длины в разл. вариантах квантования пространства-времени. Эти попытки пока не привели к осязательным результатам.

Развиваются квантовые теории, объединяющие др. взаимодействия, кроме эл.-магнитного и слабого. Однако единая теория эл.-слабого и сильного взаимодействия (т. н. *Великое объединение*) пока не получила подтверждения.