

физики элементарных частиц, указав, с каким типом взаимодействия будет связано появление новых физ. представлений. Экспериментально установлено, что верх. граница Ф. д. составляет ок. 10^{-17} см; имеются аргументы в пользу ещё меньшего значения ($l < 10^{-20}$ см). Поэтому величины, связанные с эл.-магн., сильным и, скорее всего, слабым взаимодействиями, уже не могут претендовать на роль Ф. д. Весьма вероятно, что Ф. д. окажется гравитац. длина.

Эксперим. метод определения Ф. д. основан на сравнении с опытом результатов расчёта разл. физ. эффектов, выполненного в соответствии с существующей теорией. Такое сравнение (во всех случаях, когда оно могло быть проведено) до сих пор не показало к.-л. расхождений. Поэтому эксперимент даёт пока лишь верх. границу Ф. д. Для этой цели используются прежде всего опыты при высоких энергиях, выполняемые на ускорителях и характеризующиеся относительно невысокой точностью. К ним относятся опыты по проверке нек-рых предсказаний *квантовой электродинамики* (рождение и аннигиляция пар, рассеяние электронов на электронах и т. д.), а также *дисперсионных соотношений* для рассеяния пионов на нуклонах. К др. типу принадлежат прецизионные статич. эксперименты: измерения аномального магн. момента электрона и мюона, лэмбовского сдвига уровней энергии и т. д. Обсуждались предложения по использованию информации, идущей от космич. объектов, — космич. лучей сверхвысоких энергий ($\sim 10^{19}$ эВ), *пульсаров, квазаров, чёрных дыр*.

Существует ряд моделей теории, содержащей Ф. д. (варианты нелокальной квантовой теории поля, теорий квантованного пространства-времени и др.). Нек-рые из них применяются при планировании и обработке результатов экспериментов по определению Ф. д.

Острота проблемы Ф. д. существенно ослабела в связи с успехами *квантовой теории поля* (теории *электрослабого взаимодействия, квантовой хромодинамики, великого объединения*), основывающейся на обычных фундам. представлениях физики. Вместе с тем, согласно совр. представлениям, на расстояниях порядка гравитац. длины происходит радикальное (хотя и не революционное) изменение физ. картины мира: начинают проявляться дополнит. измерения пространства-времени, квантовые флуктуации метрики и др. В таком ограниченном смысле эту длину уже сегодня отождествляют с Ф. д.

Лит.: Тамм И. Е., Собр. науч. трудов, т. 2, М., 1975; Марков М. А., Гипероны и К-мезоны, М., 1958; его же, О природе материи, М., 1976; Сахаров А. Д., Существует ли элементарная длина?, «Физика в школе», 1968, № 2, с. 6; Блохинцев Д. И., Пространство и время в микромире, 2 изд., М., 1982; Киржниц Д. А., Проблема фундаментальной длины, «Природа», 1973, № 1, с. 38; его же, Элементарная длина, там же, 1991, № 10, с. 8.

Д. А. Киржниц.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ — постоянные, входящие в ур-ния, описывающие фундам. законы природы и свойства материи. Ф. ф. к. определяют точность, полноту и единство наших представлений об окружающем мире, возникая в теоретич. моделях наблюдаемых явлений в виде универсальных коэф. в соответствующих матем. выражениях. Благодаря Ф. ф. к. возможны инвариантные соотношения между измеряемыми величинами. Т. о., Ф. ф. к. могут также характеризовать непосредственно измеряемые свойства материи и фундам. сгл природы и совместно с теорией должны объяснять поведение любой физ. системы как на микроскопич., так и на макроскопич. уровне. Набор Ф. ф. к. не является фиксированным и тесно связан с выбором системы единиц физ. величин, он может расширяться вследствие открытия новых явлений и создания теорий, их объясняющих, и сократиться при построении более общих фундаментальных теорий.

Наиб. часто применяемыми Ф. ф. к. являются: *гравитационная постоянная G*, входящая в закон всемирного тяготения и ур-ния общей теории относительности (релятивистской теории гравитации, см. *Тяготение*); *скорость света c*, входящая в ур-ния электродинамики и соотношения

спец. *относительности теории*, определяющей единство пространства и времени, а также область релятивистских явлений; *Планка постоянная h* (или $\hbar = h/2\pi$), входящая в квантовую теорию излучения, ур-ния квантовой механики и определяющая связь между величинами микро- и макромира; заряд электрона e — элементарный электрич. заряд, входящий в микроскопич. ур-ния электродинамики, в частности в *Кулона закон*; массы электрона m_e и протона m_p ; *Больцмана постоянная k*, определяющая связь между темп-рой и характерной энергией термодинамич. системы.

Развитие физики атома, атомного ядра и элементарных частиц потребовало введения ряда новых Ф. ф. к.: *Ридберга постоянной* для бесконечной массы атомного ядра R_∞ , определяющей атомные спектры; *тонкой структуры постоянной* α , характеризующей эффекты квантовой электродинамики и *тонкую структуру* атомных спектров; *магнитных моментов* электрона и протона μ_e и μ_p ; константы Ферми G_F и угла Вайнберга θ_w , характеризующих эффекты *слабого взаимодействия*; массы промежуточных Z^0 - и W -бозонов m_Z и m_W , являющихся переносчиками слабого взаимодействия, и т. д. Развитие физики *сильных взаимодействий* на основе кварковой модели составных адронов и *квантовой хромодинамики*, несомненно, приведёт к новым Ф. ф. к. С др. стороны, имеется тенденция к построению единой теории всех фундам. взаимодействий (эл.-магн., слабого, сильного и гравитационного, см. *Великое объединение*), что позволило бы уменьшить число независимых Ф. ф. к. Так, уже создана единая теория *электрослабых взаимодействий* (т. н. стандартная модель Вайнберга — Салама — Глэшоу), в результате чего константа Ферми G_F перестаёт быть независимой и выражается через константы \hbar , α , θ_w и m_W :

$$G_F = \frac{\pi \alpha \hbar^3}{\sqrt{2} m_W^2 c \sin^2 \theta_w} = 1,16639(2) \cdot 10^{-5} (\hbar c)^3 \text{ ГэВ}^{-2}.$$

Наиб. точные значения Ф. ф. к. обычно получают путём сравнения результатов прецизионных измерений с предсказаниями соответствующих теоретич. моделей. Все перечисленные выше Ф. ф. к. (кроме α) являются размерными величинами, поэтому их численные значения зависят от размера соответствующих осн. физ. величин и выбора системы единиц, а также от степени точности измерений и расчётов. В итоге возникает довольно сложная процедура согласования значений Ф. ф. к. на основе *наименьших квадратов метода* с учётом соотношений, связывающих Ф. ф. к. Последнее такое согласование было проведено Р. Коэнном (E. R. Cohen) и Б. Тэйлором (B. N. Taylor) в 1986 (табл.). Уточнение значений Ф. ф. к. имеет важное значение для метрологии, а также может привести к обнаружению (или устранению уже известных) противоречий в физ. описании природы.

Использование Ф. ф. к. позволяет приблизиться к установлению «истинной» системы осн. физ. единиц на инвариантной основе, фиксированной в природе. Согласно М. Планку (M. Planck), т. н. естественные единицы измерения определяются так, чтобы нек-рые из Ф. ф. к. обратились в единицу (или фиксированное число). Первую попытку построить такую систему в 1874 предпринял Дж. Стони (G. J. Stoney), предложивший в качестве таких констант c , G и e . В 1899 Планком была предложена естеств. система единиц, получившая его имя. В системе единиц Планка к единице приравняются c , G и \hbar . При этом планковская единица массы m_P получается равной $(\hbar c/G)^{1/2} \approx 2,2 \cdot 10^{-5}$ г, планковская единица длины $l_P = \hbar/m_P c = (\hbar G/c^3)^{1/2} \approx 1,5 \cdot 10^{-35}$ м, планковская единица времени $t_P = l_P/c = (\hbar G/c^5)^{1/2} \approx 5,4 \cdot 10^{-44}$ с. Эти единицы используются в квантовой теории гравитации, космологии и моделях единой теории фундам. взаимодействий.

В атомной физике и нерелятивистской квантовой механике применяется система атомных единиц Хартри (D. R. Hartree, 1928). В этой системе к единице приравнены m_e , e и \hbar , единицей длины служит борковский радиус $a_0 = \hbar/m_e c \alpha \approx 5,3 \cdot 10^{-9}$ см, единицей скорости — скорость электрона на первой борковской орбите $v_0 = \alpha c$, единицей