

Член-корреспондент АН СССР П. Н. КРОПОТКИН

СПЕКТР МАСС ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И КОНСТАНТЫ СЛАБОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

I. Для поисков закономерностей в соотношениях констант уже давно (¹⁻⁷) используются два постулата: а) любая физическая константа может быть в принципе выражена через основные постоянные, б) безразмерные соотношения, близкие к единице ($N \sim 10^0 - 10^1$), считаются не случайными. Используя, кроме того, теорию размерностей и приняв в качестве основных констант массу электрона m , элементарный заряд e , постоянную Планка \hbar , скорость света c и постоянную тяготения G , можно показать, что любые безразмерные соотношения констант выражаются уравнениями вида

$$Q = Nm^{2x}(e^2)^y \hbar^{-(x+y)} c^{-(x+y)} G^x = NK^{-(x+y)} \beta^{-x}.$$

Здесь $K = \alpha^{-1} = \hbar c / e^2 = 137,04$, $\beta = e^2 / Gm^2 = 4,17 \cdot 10^{42}$ — основное электрогравитационное соотношение. Обычно $x, y = 1$ или 0 .

II. Дирак (^{3, 4}) обратил внимание на то, что известные безразмерные соотношения констант образуют две группы — величины порядка 10^{40} и $10^0 - 10^1$. В соответствии с приведенной формулой следует различать три группы безразмерных соотношений:

1) Большие коэффициенты, близкие к 10^{40} , 10^{80} . Они могут быть выражены через β и обнаруживаются при сравнении космологических и микрофизических параметров. Так, например, отношение максимальной плотности, т. е. плотности атомных ядер (10^{15} г/см³), к плотности, характеризующей предельное рассеяние материи (10^{-29} г/см³), равно $10^{43} \sim \beta$. При значении постоянной Хаббла $H = 108$ км/(сек·Мпс) (⁸) имеет место соотношение $R/r = K^{-1}\beta$, откуда

$$RL^2 = r^3, \quad (1)$$

$$GR = \alpha e^4 / (m^3 c^2); \quad (2)$$

здесь $R = c/H$, $L = \sqrt{\hbar G / c^3} = 1,6 \cdot 10^{-33}$ см, $r = e^2 / (mc^2)$ — радиус электрона.

Так как некоторые из этих соотношений уже рассматривались (^{3-5, 9-11}), нет необходимости останавливаться на них подробнее.

2) Небольшие коэффициенты ($10^2 - 10^7$) характерны для микрофизики (⁶) и имеют общий вид

$$Q = N_1 K^p + N_2 K^q \dots + N_n K^z. \quad (3)$$

В качестве примера можно привести формулу, которая выражает магнитный момент электрона μ_e через комбинацию основных констант, имеющую такую же размерность:

$$\frac{\mu_e}{(\hbar e / mc)} = \frac{1}{2} [1 + (2\pi)^{-1} K^{-1} - 0,3\pi^{-2} K^{-2}]. \quad (4)$$

С коэффициентами, близкими к 1, через величину r или $r_0 = r/2$ могут быть выражены такие естественные единицы длины, как константа

во втором

$$m_{\mu} = 3Km / 2 = 205,6 m = 105,0 \text{ МэВ}$$

и в третьем

$$m_{\pi} = 2Km = 274,1 m = 140,0 \text{ МэВ.}$$

Массы m_{μ} и m_{π} близки к массам мюона и пиона ⁽¹⁶⁾. Уравнение (8) выражает, с отклонениями до 0,1—0,8%, массы всех заряженных мезонов (масса каона K равна $m_{\gamma} + 0,5m_{\mu}$, эта $\eta = m_{\gamma} + m_{\mu}$, ро $\rho = m_{\gamma} + 3m_{\mu}$, $\omega = m_{\gamma} + 2m_{\mu} + m_{\pi}$, $\phi = 2m_{\gamma} + m_{\pi}$) и барионов (масса протона $m_p = 2m_{\gamma} + 0,5m_{\mu}$, $\Sigma = 2m_{\gamma} + 3m_{\mu}$, $\Xi^{-} = 3m_{\gamma}$, $\Lambda = 2m_{\gamma} + m_{\mu} + m_{\pi}$, $\Omega^{-} = 3m_{\gamma} + 2m_{\mu} + m_{\pi}$). Многие резонансы точно соответствуют этой же формуле. Например, $\Xi(1530) = 3m_{\gamma} + 2m_{\mu}$, $N(1670)$ и $\Lambda(1670) = 3m_{\gamma} + 2m_{\mu} + m_{\pi}$, $z_0(1865) = 4m_{\gamma} + m_{\mu}$, $\Lambda(2340) = 5m_{\gamma} + m_{\pi}$, $\Delta(2850) = 6m_{\gamma} + 2m_{\mu}$. Масса $K^*(890) \sim 2m_{\gamma}$, $K(1320) \sim 3m_{\gamma}$, $\Sigma(1770) \sim 4m_{\gamma}$, $N(2190) \sim 5m_{\gamma}$, $N(2650) \sim 6m_{\gamma}$. Нарастание масс в мультиплетах происходит путем добавления величин, близких к $1/2m_{\mu}$, $2m_{\mu}$, m_{π} (например, 144—149 МэВ $\sim m_{\pi}$ в унитарном декаплете $JP = 3/2^{+}$). В сериях барионных резонансов наблюдается также увеличение массы на 430—500 МэВ — величину, близкую к m_{γ} .

Появление члена $1/2m_{\mu}$ в формуле для масс нуклонов следует сопоставить с энергетической устойчивостью пары ($p+n$). Масса пары нуклонов в атомных ядрах очень точно соответствует величине $m_{p+n} = 4m_{\gamma} + m_{\mu}$. Полученные результаты позволяют думать ⁽¹⁷⁾, что основу структуры ряда элементарных частиц составляют тяжелый аналог электрона — мюон и кванты, равные энергии фотонов в излучениях с длинами волн $\lambda = r$, $1/2r$, $1/3r$.

III. «Спектр» время жизни нестабильных частиц, распадающихся под влиянием слабых ($T_f \sim 10^{-10}$ сек., $T_n = 9,32 \cdot 10^2$ сек. — время жизни нейтронов) и сильных ($\tau = r/c = 10^{-23}$ сек.) взаимодействий (рис. 1) в основных чертах соответствует пропорциям

$$\frac{T_n}{T_f} : \frac{T_f}{\tau} : \left(\frac{e^2}{Gmm_p} \right)^{1/3} = 1 : 1 : 1,3. \quad (1.9)$$

Таким образом, $\sqrt{T_n \tau} = 0,936 \cdot 10^{-10}$ сек. = T_f . Время жизни ⁽¹⁶⁾ мезонов $K^{\pm} 1,235 \cdot 10^{-8}$ сек. = $0,96 (KT_f)$, $\pi^{\pm} = 2,602 \cdot 10^{-8}$ сек. = $1,01 (2KT_f)$, $K_2^0 = 5,129 \cdot 10^{-8}$ сек. = $1,05 (4KT_f)$, $\mu \sim K^2 T_f$.

В целом анализ констант указывает на существование еще не изученных взаимосвязей между всеми четырьмя типами взаимодействий.

Геологический институт
Академии наук СССР
Москва

Поступило
3 V 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ П. В. Бриджмэн, Анализ размерностей, Л.—М., 1934. ² А. Эйнштейн, Собр. научн. тр., 3, 1966, стр. 253. ³ Р. А. М. Дирак, Nature, 139, № 3512, 323 (1937). ⁴ Р. А. М. Дирак, Proc. Roy. Soc. (London), A-165, 199 (1938). ⁵ G. Gamow, Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A., 59, № 2, 313 (1968). ⁶ М. Борн, УФН, 16, № 6 (1936). ⁷ В. Л. Гинзбург, УФН, 103, № 1, 87 (1971). ⁸ A. Sandage, Galaxies and the Universe, 1968. ⁹ П. Н. Кропоткин, ДАН, 198, № 4 (1971). ¹⁰ P. Jordan, Schwerkraft und Weltall. Grundlagen d. theoret. Kosmologie, Braunschweig, 1955. ¹¹ К. П. Станюкович, Вестн. Московск. унив., сер. 3, № 5 (1968). ¹² G. Gamow, Phys. Rev. Lett., 19, № 13, 759 (1967). ¹³ Теорет. физика и физика элем. частиц. Итоги науки, Изд. АН СССР, 1965. ¹⁴ В. Гейзенберг, Введение в единую полевою теорию элем. частиц. М., 1968. ¹⁵ В. Вайскопф, УФН, 96, № 4, 673, 16 (1968). ¹⁶ Particle Properties, Phys. Letters, 33-B, № 1 (1970). ¹⁷ Сборн. Поле и материя, М., 1971.