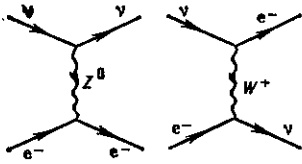


( $e^-$ ). Эти бозоны являются промежуточными в том же смысле, что и фотон ( $\gamma$ ) в рассеянии заряж. частиц. Обмен векторными бозонами  $W^\pm$  (электрич. заряд соответственно  $+e$  и  $-e$ ),  $Z^0$  (электрич. заряд 0) и  $\gamma$  осуществляет связь между токами в единой теории электрослабого взаимодействия, основанной на группе симметрии  $SU(2) \times U(1)$ . В этой теории массы  $W^-$  (массы  $W^+$



и  $W^-$  равны) и  $Z^0$ -бозонов вычисляются теоретически и выражаются через константу Ферми  $G_F$  и Вайнберга угла  $\theta_W$ :

$$m_W = \frac{1}{\sin\theta_W} \left( \frac{\pi\alpha}{\sqrt{2}G_F} \right) = \frac{37,3}{\sin\theta_W} \text{ [ГэВ]},$$

$$m_{Z^0} = \frac{m_W}{\cos\theta_W},$$

где  $\alpha = 1/137$  — постоянная тонкой структуры. Угол Вайнберга и массы  $m_W$ ,  $m_{Z^0}$  измерятся в независимых экспериментах, поэтому справедливость приведённых соотношений с процентной погрешностью служит очень важным аргументом в пользу теории электрослабого взаимодействия.

Масса ( $m_W$ ) и ширина ( $\Gamma_W$ ) заряж.  $W$ -бозона равны соответственно  $80,6 \pm 0,4$  ГэВ и  $2,25 \pm 0,14$  ГэВ, масса ( $m_{Z^0}$ ) и ширина ( $\Gamma_{Z^0}$ ) нейтрального  $Z^0$ -бозона равны  $91,161 \pm 0,031$  ГэВ и  $2,534 \pm 0,027$  ГэВ. Заряж.  $W$ -бозон в 70% случаев распадается в адронные состояния, в 30% — в лептонные состояния  $e\nu$ ,  $\mu\nu$  и  $\tau\nu$  (относительная вероятность каждой лептонной моды равна 10%).  $Z^0$ -бозон распадается в адронные состояния в 71% случаев, его лептонные моды распада и их относительные вероятности равны соответственно:  $e^+e^-$  (3,2%),  $\mu^+\mu^-$  (3,36%),  $\tau^+\tau^-$  (3,33%) и  $\nu\bar{\nu}$  (19,2%).

М. В. Терентьев.

**ПРОМЕТИЙ** (Prometium), Pm, — радиоактивный хим. элемент III группы периодич. системы элементов, ат. номер 61, относится к лантаноидам. Выделен Дж. Маринским (J. Marinsky), Л. Гленденином (L. Glendenin) и Ч. Корнеллом (C. Coryell) из продуктов деления U в 1945. Ничтожные кол-ва П. обнаружены в земной коре. Известны изотопы  $^{139}\text{Pm}$  —  $^{154}\text{Pm}$ , наиб. долгоживущим является малодоступный  $^{145}\text{Pm}$  (электронный захват и  $\alpha$ -распад,  $T_{1/2} = 17,7$  года). Наиб. значение имеет  $\beta$ -радиоактивный  $^{147}\text{Pm}$  ( $T_{1/2} = 2,623$  года), к-рый в заметных кол-вах образуется в ядерных реакторах. Конфигурация внешних электронных оболочек  $4s^2 3d^10 4p^6 5s^2 4f^6$ . Энергии последоват. ионизации атома 5,55; 10,90; 22,3 и 41,1 эВ соответственно. Металлич. радиус атома Pm 0,182 нм, радиус иона  $\text{Pm}^{3+}$  0,099 нм. Значение электроотрицательности 1,07.

Металлич. П. имеет гексагональную кристаллич. структуру, параметры решётки  $a = 0,365$  нм и  $c = 1,165$  нм, плотность  $7,26$  кг/дм<sup>3</sup>,  $t_{пл} = 1080$ — $1170$  °C (по разл. данным),  $t_{кип}$  ок.  $3000$  °C. Уд. теплоёмкость  $c_p = 27,59$  Дж/(моль·К), теплота плавления  $8,8$  кДж/моль. Коэф. линейного расширения  $9 \cdot 10^{-6}$  К<sup>-1</sup>.

По хим. свойствам схож с др. лантаноидами, степень окисления +3. Нуклид  $^{147}\text{Pm}$  — компонент светосоставов длительного (до неск. лет) действия, его используют в источниках радиоакт. излучения в атомных батарейках.

С. С. Бердосов,

**ПРОНИЦАЕМОСТЬ МАГНИТНАЯ** — см. *Магнитная проницаемость*.

**ПРОПАГАТОР** (функция распространения, причинная функция Грина) в квантовой теории поля (КТП) — функция, характеризующая распространение релятивистского поля (или его кванта) от одного акта взаимодействия до другого. П. является решением классич. волнового уравнения с  $\delta$ -образной правой частью, удовлетворяющим специфич. краевым условиям. Простейший П.  $D^c(x-y)$  скалярного поля  $\phi(x)$  описывает распространение скалярной частицы между точками пространства-времени  $x$  и  $y$  и может быть представлен в виде 4-мерного интеграла Фурье

$$D^c(x-y) = (2\pi)^{-4} \int e^{ik(x-y)} \Delta^c(k) d^4k,$$

$$\Delta^c(k) = (m^2 - k^2 - i\epsilon)^{-1}, \quad \epsilon \rightarrow +0.$$

Бесконечно малая мнимая добавка  $i\epsilon$ , отвечающая упомянутым выше краевым условиям, даёт правило обхода полюсов  $\Delta^c(k)$ , так что после выполнения интегрирования П. оказывается представимым в виде  $D^c(x-y) = \Theta(x^0 - y^0) D^-(x-y) - \Theta(y^0 - x^0) D^+(x-y)$ . Т. о., при  $x^0 > y^0$  он совпадает с отрицательно-частотной частью перестановочной функции Паули — Йордана (см. также *Сингулярные функции*), равной вакуумному среднему  $D^-(x-y) = i < \phi(x)\phi(y) >$ , а при  $x^0 < y^0$  — положительно-частотной части, т. е.  $i < \phi(y)\phi(x) >$ . Поэтому

$$D^c(x-y) = i < T\phi(x)\phi(y) >$$

где  $T$  — символ хронологического произведения; при  $x^0 > y^0$  описывает распространение скалярного кванта из  $y$  в  $x$ , а при  $x^0 < y^0$  — из  $x$  в  $y$ . Важность П. в КТП связана с тем, что он является осн. понятием ковариантной теории возмущений и фигурирует в правилах Фейнмана. Центр. роль П. в квантовополевой теории возмущений впервые установлена Д. Ривье (D. Rivier) и Э. Штюкельбергом (E. Stueckelberg).

$\Phi$ -цию распространения, учитывающую радиац. поправки при движении частицы между точками  $x$  и  $y$ , наз. оде́ты́м пропaгaтoром или дву́хточечной функцией Грина.

Лит.: Rivier D., Stueckelberg E., A convergent expression for the magnetic moment of the neutron, «Phys. Rev.», 1948, v. 74, p. 218; Feynman R. P., Theory of positrons, там же, 1949, v. 76, p. 749; его же, Space-time approach to quantum electrodynamics, там же, p. 769; Боголюбов Н. Н., Ширков Д. В., Квантовые поля, М., 1993. Д. В. Ширков.

**ПРОПОРЦИОНАЛЬНАЯ КАМЕРА** — электронный координатный детектор частиц, представляющий собой множество пропорциональных счётчиков, имеющих общий катод и заключённых в газовый объём. Действие П. к. основано на определении координаты точки траектории частицы по срабатыванию одного из счётчиков.

Имеется большое кол-во разновидностей П. к. — плоские, цилиндрические и т. п. [1—4]. Принцип действия можно объяснить на примере плоской П. к., в к-рой имеются 2 плоских катода и в центре между ними анод в виде тонких параллельно натянутых сигнальных проволок (симметричная П. к.). Анодные проволочки диаметром  $d$  удалены на расстояние  $s$  друг от друга и  $l$  от катода (катоды делают из тонкой металлич. фольги). На П. к. подается высокое напряжение  $V_0$ , величина к-рого зависит от геометрии камеры, прежде всего от расстояния между проволочками. В симметричной П. к. при  $l > s > d$ ,  $V_a = V_0$ ,  $V_k = 0$  (рис. 1) потенциал точки с координатами  $x, y$  равен

$$V(x, y) = (g/4\pi\epsilon_0) \{ 2\pi l/s - \ln 4 [\sin^2(\pi x/s) + \text{sh}^2(\pi y/s)] \}.$$

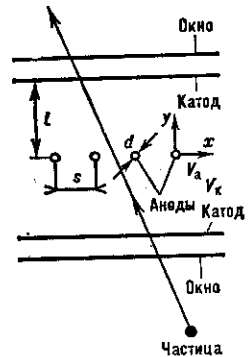


Рис. 1. Схема пропорциональной камеры (сечение).