

трубопроводам подаются реагенты. Закись азота добавляют, чтобы получить активный атомарный фтор, к-рый затем вступает в реакцию с дейтерием, образуя колебательно возбуждённые молекулы (см. также *Химический лазер*). Известны примеры реализации таких лазеров (преим. для военных целей) с дозвуковыми и сверхзвуковыми скоростями продуктов реакций.

Лит.: Соболев Н. Н., Сокоиков В. В., Оптические квантовые генераторы на CO_2 , «УФН», 1967, т. 91, в. 3, с. 425; Тынчинский В. П., Мощные газовые лазеры, там же, с. 389; Карлов Н. В., Конев Ю. Б., Импульсные CO_2 -лазеры высокого давления, в кн.: Справочник по лазерам, пер. с англ., под ред. А. М. Прохорова, т. 1, М., 1978; Веденов А. А., Физика электроразрядных CO_2 -лазеров, М., 1982; Карлов Н. В., Лекции по квантовой электронике, 2 изд., М., 1988; Голубев В. С., Лебедев Ф. В., Физические основы технологических лазеров, М., 1987; Очкин В. Н., Волноводные газовые лазеры, М., 1988; Виттеман В. Дж., CO_2 -лазер, пер. с англ., М., 1990. Ю. Б. Конев, В. Н. Очкин.

СР-ИНВАРИАНТНОСТЬ — инвариантность физ. теории относительно *комбинированной инверсии*. После того как в 50-х гг. было обнаружено нарушение *P-чётности* в слабом взаимодействии, Л. Д. Ландау заметил, что в пределах достигнутой в то время эксперим. точности инвариантность относительно *СР-преобразования* сохраняется [1]. Однако в 1964 Дж. Кристенсен, Дж. Кронин, В. Л. Фитч, Р. Тёрли [2] обнаружили редкий распад долгоживущего нейтрального K_L^0 -мезона на два π -мезона ($\pi^0\pi^0$ или $\pi^+\pi^-$), что означало нарушение *СР-и*. До настоящего времени нарушение *СР-и* наблюдалось только в распадах нейтральных *K-мезонов*. Наблюдавшееся до 1988 нарушение *СР-и* объясняется наличием малой мнимой части в амплитуде $K^0 \rightarrow \bar{K}^0$ -перехода:

$$|\eta_{00}| e^{i\phi_{00}} = \frac{A(K_L^0 \rightarrow \pi^0\pi^0)}{A(K_S^0 \rightarrow \pi^0\pi^0)},$$

$$|\eta_{+-}| e^{i\phi_{+-}} = \frac{A(K_L^0 \rightarrow \pi^+\pi^-)}{A(K_S^0 \rightarrow \pi^+\pi^-)},$$

где $A(\dots)$ и ϕ — амплитуды и фазы соответствующих распадов. При этом несохранение *СР-чётности* целиком возникает за счёт смешивания состояний K_1^0 и K_2^0 , имеющих разную *СР-чётность*. Так, напр., распад $K_2^0 \rightarrow 2\pi$ происходит в два этапа: $K_2^0 \rightarrow K_1^0 \rightarrow 2\pi$, и только на первом этапе нарушается *СР-чётность*. Но в 1988 было обнаружено указание на возможное неравенство параметров η_{00} и η_{+-} , описывающих распады $K_L^0 \rightarrow 2\pi^0$ и $K_L^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$ [3], к-рое объясняется несохранением *СР-чётности* в прямых амплитудах соответствующих распадов. В рамках совр. теории *электрослабого взаимодействия* наблюдаемое нарушение *СР-чётности* естеств. образом возникает за счёт комплексности констант взаимодействия кварков с дублетом *Хиггса бозонов*, определяющих смешивание кварков в слабых *заряженных токах*. Эта комплексность проявляется только при наличии трёх (или более) *поколений фермионов*, но не наблюдается для случая одного или двух поколений. Малость нарушения *СР-и* в распадах *K-мезонов* объясняется близостью матрицы смешивания кварков к единичной.

СР-и предсказывает равенство вероятностей распадов частицы и античастицы в *C-сопряжённых* состояниях. Заметное нарушение *СР-и* ожидается в распадах частиц, содержащих *b-кварк*. Отличие от нуля электрич. дипольных моментов (ЭДМ) элементарных частиц также являлось бы проявлением нарушения *СР-и*. Эксперим. ограничение на ЭДМ нейтрона: $d_n < 1,1 \cdot 10^{-25}$ см. Если всё нарушение *СР-и* сводится к фазе констант в стандартной модели, то имеет место оценка $d_n = e \cdot 10^{-32 \pm 2}$ см [4] и обнаружение ЭДМ нейтрона в эксперименте практически невозможно. При выходе за рамки стандартной модели (дополнит. хиггсовские мультиплеты, *суперсимметрия*) возникают новые возможности нарушения *СР-и* и становится возможным значение d_n порядка эксперим. ограничения.

Нарушение *СР-и* может иметь важное значение и для макрофизики. Одним из актуальных вопросов космологии является происхождение *барионной асимметрии Вселенной*.

Как отметил в 1967 А. Д. Сахаров, нарушение *СР-и* необходимо для получения барионной асимметрии в *горячей Вселенной теории*. Эта идея получила развитие в рамках теории *Великого объединения*.

Сильное взаимодействие также содержит возможность нарушения *СР-и*, связанную с т. н. θ -членом в лагранжиане *квантовой хромодинамики*: $(\theta/32\pi^2) G_{uv} \bar{G}_{uv}$, где G_{uv} — тензор глюонного поля, \bar{G}_{uv} — дуальный тензор. Эксперим. ограничение на d_n пересчитывается в следующее ограничение на значение безразмерной константы θ : $\theta < 10^{-8}$. Наличие в теории столь малой константы требует объяснения. Один из способов естеств. образом избежать нарушения *СР-и* в сильном взаимодействии состоит во введении дополнит. специальной глобальной *симметрии U(1)*. При этом предсказывается существование лёгкого псевдоскалярного бозона — *аксиона*.

Лит.: 1) Ландау Л. Д., О законах сохранения при слабых взаимодействиях, «ЖЭТФ», 1957, т. 32, с. 405; 2) Christensen J. H. [e. a.], Evidence for the 2π decay of the K_S^0 meson, «Phys. Rev. Lett.», 1964, v. 13, p. 138; 3) Burkhardt H. [e. a.], First evidence for direct CP violation, «Phys. Lett.», 1988, v. B206, p. 169; 4) Шабалин Е. П., Электрический дипольный момент нейтрона в калибровочной теории, «УФН», 1983, т. 139, в. 4, с. 561. М. И. Высоцкий.

СР-ЧЁТНОСТЬ (комбинированная чётность) — произведение *P-чётности* и *зарядовой чётности*. Понятие оказывается полезным, т. к. в слабом взаимодействии *СР-ч.* с хорошей точностью сохраняется (см. также *СР-инвариантность*). Приведём важный пример. Два π -мезона имеют положительную *СР-ч.*, а K^0 - и \bar{K}^0 -мезоны (см. *K-мезоны*) определённой *СР-ч.* не обладают. Поэтому на два π -мезона распадается линейная суперпозиция состояний $|K_1^0\rangle = (|K^0\rangle + |\bar{K}^0\rangle)/\sqrt{2}$, ортогональная ей суперпозиция $|K_2^0\rangle = (|K^0\rangle - |\bar{K}^0\rangle)/\sqrt{2}$ распадается на три π -мезона. Из-за малого фазового объёма вероятность распада $K_2^0 \rightarrow 3\pi$ примерно на три порядка меньше, чем $K_1^0 \rightarrow 2\pi$. Это делает возможным наблюдение таких явлений, как осцилляция *Странности* в пучке *K-мезонов* в вакууме и регенерация K_1^0 -мезонов в веществе. М. И. Высоцкий.

СРТ-ТЕОРЕМА — см. *Теорема СРТ*.



ЧАНДРАСЕКАРА ПРЕДЕЛ — верх. предел массы (M_4) холодного невращающегося *белого карлика*. Установлен С. Чандрасекаром (S. Chandrasekhar, США) в 1931. Давление P внутри белого карлика (БК) определяется электронным вырожденным газом (см. *Квантовый газ*) и зависит только от плотности вещества ρ . Внутри БК плотность монотонно возрастает от поверхности к центру. Чем больше масса БК M , тем больше плотность ρ_c в его центре; увеличивается также плотность любого промежуточного слоя и уменьшается радиус R БК. Как только энергия Ферми электронного газа начинает превышать энергию покоя электрона $m_e c^2$ (это происходит при плотн. $\rho \geq 10^6$ г/см³), электронный газ становится релятивистским и рост давления с увеличением плотности замедляется. В результате даже небольшое увеличение массы БК приводит к значит. возрастанию ρ_c и, когда M приближается к M_4 , радиус БК быстро убывает, плотность ρ_c стремится к бесконечности, а зависимость $P(\rho)$ асимптотически приближается к закону

$$P = K\rho^{4/3}, \quad (1)$$

где

$$K = \frac{1}{8} \left(\frac{3}{\pi}\right)^{1/3} \frac{hc}{(m_e \mu_e)^{4/3}} \approx \frac{1,244 \cdot 10^{15}}{\mu_e^{4/3}} \left[\frac{\text{см}^3}{\text{с}^2 \Gamma^{1/3}} \right]. \quad (2)$$