

звёзд главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга — Расселла, т. е. являются протозвёздами. В тесных Д. з. нормальный ход эволюции может нарушаться: более массивный компонент эволюционирует быстрее, первым расширяется, и его вещество перетекает частично на менее массивный компонент, после чего звёзды меняются ролями (см. *Полость Роша*). При перетекании (*аккреции* вещества) на компактный объект (*белый карлик* или *нейтронную звезду*) вещество сильно разогревается и излучает в УФ- и рентг. диапазонах. Установлено, что *новые звёзды* и взрывные переменные звёзды также являются тесными Д. з., обменивающимися веществом (см. *Тесные двойные звёзды*).

Исследовалась связь двойственности с др. характеристиками звёзд. Число Д. з. возрастает от менее массивных звёзд к более массивным. Частота двойных велика у нек-рых групп звёзд с особенностями хим. состава — звёзд Am, BaII, CH; не исключено, что все такие звёзды — двойные (см. *Металлические звёзды*). Пониженная частота Д. з. отмечается у старых звёзд сферич. подсистемы Галактики. Наши сведения о частоте Д. з. относятся, однако, к малой части Галактики и страдают неполнотой из-за того, что не все они открыты.

Лит.: Бэттен А., Двойные и кратные звёзды, пер. с англ., М., 1976; Heintz W. D., Double stars, Dordrecht, 1978; A b t H. A., Normal and abnormal binary frequencies, «Ann. Rev. Astr. Astroph.», 1983, v. 21, p. 343; Double stars, physical properties and genetic relations, ed. by L. Kopal, J. Rahe, Dordrecht, 1984. А. А. Токовичин.

ДВОЙСТВЕННОСТИ ПЕРЕСТАНОВОЧНОЙ ПРИНЦИП — инвариантность однородной системы *Максвелла* уравнений относительно замены $E \rightarrow H, D \rightarrow B, H \rightarrow -E, B \rightarrow -D$, где E, D, H, B — соответственно напряжённость и индукции электрич. и магн. полей. Отсюда вытекает правило замены для электрич. P^e и магн. P^m поляризации: $P^e \rightarrow P^m, P^m \rightarrow -P^e$, а также для диэлектрич. ϵ и магн. μ проницаемостей: $\epsilon \rightarrow \mu, \mu \rightarrow \epsilon$. При наличии источников возникает асимметрия Д. п. п., связанная с тем, что электрич. зарядам ρ^e и токам j^e сопоставляются нек-рые эфф. магн. заряды ρ^m и токи j^m : $\rho^e \rightarrow \rho^m, j^e \rightarrow j^m$. Поскольку, однако, магн. монополи в природе не обнаружены, соответствующие магн. источники вводятся как совокупность магн. диполей, реализуемых с помощью кольцевых электрич. токов. Д. п. п. позволяет исходя из одного решения ур-ний Максвелла получать другое, минуя обращение к самим ур-ниям. Напр., по известному полю переменного во времени электрич. диполя в однородной среде получается поле магн. диполя (рамки с током); по известным *Френеля формулам* для одной поляризации падающей волны — аналогичные ф-лы для др. поляризации и т. п. Д. п. п. органически связан с дуальностью тензоров эл.-магн. поля в четырёхмерном *Минковского пространстве-времени*, поэтому иногда его наз. принципом дуальности. В теории дифракции Д. п. п. устанавливает связь между эл.-магн. полями, дифрагировавшими на отверстии S , прорезанном в бесконечно тонком идеально проводящем плоском экране, и на плоской пластине, совпадающей по форме с отверстием S . В этом случае его часто наз. обобщённым принципом Бабины (см. *Бабины теорема*) или просто принципом двойственности. Принцип двойственности позволил, в частности, развить теорию т. н. плоских дифракц. излучателей, в т. ч. узких щелей в плоском экране, эквивалентных тонкому электрич. вибратору.

Лит.: Гольдштейн Л. Д., Зернов Н. В., Электромагнитные поля и волны, 2 изд., М., 1971; Вайнштейн И. А., Электромагнитные волны, М., 1957; Вольф М., Вольф Э., Основы оптики, пер. с англ., 2 изд., М., 1973. М. А. Миллер, И. Г. Кондратьев.

ДВУЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЕ — то же, что *двойное лучепреломление*.

ДВУМЕРНЫЕ МОДЕЛИ квантовой теории поля — модели квантовой теории поля (КТП), рассматриваемые в двумерном пространстве-времени (одно

пространственное и одно временное измерения). Благодаря ряду специфич. упрощений Д. м. КТП допускают значительно более детальное, чем в многомерном случае, исследование. В то же время нек-рые из них обнаруживают черты, характерные для реалистич. теорий (нетривиальный спектр частиц, *перенормировки*, *спонтанное нарушение симметрии* и т. п.; см. ниже). Ряд Д. м. находит непосредств. применение в физике одномерных и двумерных систем (полимеры, плёнки, поверхностные явления и т. п.), при формулировке нек-рых реалистич. моделей КТП в четырёхмерном пространстве-времени.

К наиб. известным Д. м. КТП относятся: модель Швингера [1] — двумерная КТП, описывающая взаимодействие заряж. ферми-поля $\psi(x)$ с «эл.-магн.» полем $A_\mu(x)$:

$$L_{\text{int}} = e \int A_\mu(x) j_\mu(x) d^2x,$$

где L_{int} — лагранжиан взаимодействия, e — константа взаимодействия, $j_\mu(x) = : \psi(x) \gamma_\mu \psi(x) :$ — векторный ток фермионов (:...: означает *нормальное произведение*, черта над оператором поля — дираковское сопряжение), γ_μ — *Дирака матрицы*, $\mu = 0, 1$ (используется система единиц $\hbar = c = 1$). Наиб. просто эта модель исследуется с помощью т. н. бозонизации (см. ниже).

Ис-за роста с увеличением расстояния (R) между заряж. частицами одномерного кулоновского взаимодействия, $\epsilon(R) \sim R$, заряж. фермионы и антифермионы в этой модели не существуют как отд. частицы, а оказываются связанными в нейтральные «мезоны». Такое же явление имеет место в двумерной неабелевой калибровочной теории поля — модели 'т Хоофта [2]. Это может служить моделью конфайнмента (невылетания кварков; см. *Удержание цвета*), ожидаемого в *квантовой хромодинамике*.

Модель Тирринга — теория заряж. ферми-поля с четырёхфермионным взаимодействием (см., напр., [3]):

$$L_{\text{int}} = \frac{g}{2} \int j_\mu(x) j^\mu(x) d^2x$$

(g — константа взаимодействия). В случае массивного поля теория содержит богатый спектр частиц: при $g < 0$ кроме заряж. фермионов имеется серия фермион-антифермионных связанных состояний. Модель Тирринга перенормируема, её поведение на малых расстояниях соответствует *масштабной инвариантности*. Существуют также обобщения модели Тирринга, содержащие ферми-поле с дополнительными внутр. индексом и обладающие неабелевыми группами симметрии; примером является модель Гросса — Невье [Д. Гросс (D. Gross), А. Невье (A. Neveu), 1974], к-рая обладает *асимптотической свободой* и моделирует спонтанное нарушение симметрии (см. *Внутренняя симметрия*).

Нелинейная σ -модель (n -поле) — теория N -мерного поля $n^i(x)$ ($i = 1, 2, \dots, N$), к-рая описывается лагранжианом

$$L = \frac{1}{2g} \sum_{i=1}^N \partial_\mu n^i \partial_\mu n^i d^2x$$

($\partial_\mu \equiv \partial/\partial x_\mu$) при дополнит. условии $\sum_{i=1}^N n^i(x) n^i(x) = 1$.

Благодаря этому дополнит. условию N -мерный вектор $n^i(x)$ изменяется только по направлению и принимает значения на $(N-1)$ -мерной сфере. При $N > 2$ теория перенормируема и асимптотически свободна [4]. В рамках *возмущений теории* в σ -модели происходит спонтанное нарушение $O(N)$ -симметрии и возникают безмассовые частицы (*голдстоуновские бозоны*). По рост заряда в этой модели на больших расстояниях приводит к разрушению вакуума, характерного для голдстоуновского механизма нарушения симметрии, восста-