

с Д. э. с. Заряж. частицы, ускоренные в сильных Д. э. с., образуют в прилегающей плазме электронный и ионный пучки. При этом возможно развитие разл. пучковых неустойчивостей и происходит генерация плазменных колебаний, в частности ленгмюровских.

При нарушении условия Бома в неизотермич. плазме ($T_e > T_i$) с током могут образовываться короткоживущие слабые Д. э. с. с таким $\Delta\phi$, что $e\Delta\phi \ll 2T_e$. Характерное время этих динамич. образований $t \sim \omega_p^{-1} = \sqrt{m_i/4\pi n e^2}$ (ω_p — плазменная частота); их существенной структурной особенностью является наличие отрицательного потенциала (т. н. виртуального катода) непосредственно перед скачком потенциала в Д. э. с. При этом часть электронов, переносящих ток через Д. э. с., отражается от этого потенциального барьера.

Обмен импульсом между электронами и ионами в Д. э. с. часто рассматривается как механизм трения электронов об ионы, объясняющий аномальное сопро- тивление плазмы.

Лит.: Двойной слой и электродная вилетина, М., 1981. А. С. Волокитин.

ДВОЙНЫЕ ЗВЁЗДЫ — пары звёзд, обращающихся вокруг общего центра масс. Данное определение предполагает наличие устойчивой орбиты и тем самым ограничивает расстояние между компонентами и периоды обращения. Пары с расстоянием более 10^4 а. е. ($1 \text{ а. е.} = 1,496 \cdot 10^{13} \text{ см}$) постепенно разрушаются при взаимодействии с ближайшими к ним звёздами Галактики. Наименьшее расстояние соответствует контакту звёзд и равно сумме радиусов компонентов ($\sim 10^9 \text{ см}$). Периоды обращения варьируют примерно от 6 ч до 10^6 лет. Подавляющее большинство известных Д. з. (ок. $7,5 \cdot 10^4$) — это в и з у а л ь н о - д в о й н ы е звёзды (ВДЗ), их можно наблюдать раздельно (угловое расстояние между компонентами ВДЗ, как правило, $> 0,1''$).

Звёзды, у к-рых зарегистрировано (по эффекту Доплера) изменение лучевой скорости вследствие орбитального движения, называют с п е к т р а л ь н о - д в о й н ы м и звёздами (СДЗ). Вычислено ок. 1000 орбит СДЗ. В нек-рых Д. з. (как правило, тесных) компоненты поочерёдно затмевают друг друга, такие Д. з. наз. з а т м е н ы м и двойными звёздами (ЗДЗ). Каталоги содержат ок. 4000 ЗДЗ. Имеются и др. способы обнаружения и исследования Д. з., напр. по периодич. колебаниям координат (а с т р о м е т р и ч е с к и е Д. з., или, как их иногда называют, звёзды с тёмными спутниками), по необычному виду спектра (звёзды с составными спектрами), по сопоставлению пространств. скоростей звёзд (пары с общим собственным движением) и т. д. ВДЗ чаще всего открывают и наблюдают с помощью малых и средних телескопов, снабжённых микрометрами. Систематически наблюдались лишь звёзды ярче 9-й звёздной величины (9^m). Разрешающая способность телескопов порядка $0,1''$, на пределе разрешения разность блеска компонентов — не более 1^m , для широких пар она возрастает. ВДЗ с расстоянием более 2^0 наблюдают также фотографически, что повышает точность измерений. Самые тесные пары наблюдают со спекл-интерферометрами на крупных телескопах с разрешением до $0,02''$ и точностью до $0,001''$ (см. *Спекл-интерферометрия*). Неск. Д. з. с расстоянием от $0,001''$ открыто по фотометрич. наблюдениям их покрытий Луной.

Наблюдения ВДЗ в нек-рых случаях дают возможность проследить движение компонентов и вычислить орбиту, т. е. найти 7 элементов орбиты: период P , эпоху прохождения через периастр T , большую полуось a (в секундах дуги), эксцентриситет e и 3 угла, характеризующих ориентацию орбиты: наклонение i , долготу периастра ω и позиционный угол восходящего узла Ω . В 4-м каталоге орбит приведены орбиты 847 пар с периодами от года до 10^3 лет. Осн. доля известных ВДЗ расположена в окрестностях Солнца.

Среди открытых СДЗ присутствуют, как правило, тесные пары, т. к. у компонентов таких пар выше ско-

рости орбитального движения и их легче обнаружить. Лучевые скорости измеряют либо по спектрограммам, снятым с возможно большей дисперсией (точность от 0,25 до 10 км/с), либо с помощью спец. фотоэлектрич. спектрометров, отличающихся высокой чувствительностью и большой скоростью регистрации. В отд. случаях достигнута точность $\sim 10 \text{ м/с}$. Большинство известных СДЗ ярче 6^m , хотя сейчас на крупных телескопах можно определять скорости звёзд до 16^m с точностью $\sim 1 \text{ км/с}$. По лучевым скоростям определяют след. элементы орбиты: P , T , e , ω , $a \sin i$ (в км). Данные о спектральной и визуальной орбитах дают возможность найти a в линейной мере, определить расстояние до звёздной системы, сумму масс, а иногда и массы компонентов Д. з.

По фотометрич. наблюдениям ЗДЗ строят кривую блеска (зависимость блеска от фазы периода) и находят по ней P , T , e , i , ω и радиусы компонентов в единицах большой полуоси. Сочетание спектральных и фотометрич. данных также позволяет определить абс. размеры орбиты и сумму масс.

Изучение орбитального движения — единственный прямой способ определения масс звёзд на основе соотношения $M_1 + M_2 = a^3/P^2$, где M_1 и M_2 — массы компонентов в ед. массы Солнца ($M_\odot = 1,989 \cdot 10^{33} \text{ г}$), a и P выражены в а. е. и годах соответственно. Насчитывается лишь неск. десятков звёзд с надёжно измеренными массами. Массы M и светимости L звёзд-карликов, расположенных на главной последовательности *Герцшпрунга — Расселла диаграммы*, удовлетворяют след. эмпирич. зависимости (см. *Масса — светимость зависимость*): $\lg L = 3,8 \lg M$, при $M > 0,5$ и $\lg L = 2,4 \lg M - 0,4$ при $M < 0,5$, где M — масса в солнечных ед., L — болометрич. светимость (т. е. полная мощность излучения) в ед. светимости Солнца ($L_\odot = 3,826 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$). Применение зависимости масса — светимость к звёздам с известной визуальной орбитой позволяет определить динамич. массы и расстояния между компонентами ВДЗ.

Д. з. обычно рассматривают как часть более широкого класса кратных звёзд, поскольку ок. трети известных Д. з. имеют более тесные подсистемы, т. е. являются, по меньшей мере, тройными. Устойчивы только те кратные системы, у к-рых велико отношение периодов и нет тройных сближений звёзд.

Орбитальные плоскости Д. з. ориентированы в пространстве случайно, что связывают с хаотичностью движения частиц газа и пыли межзвёздной среды, из к-рых образовались Д. з. В сравнительно широких парах ($P > 100$ лет) сочетание масс компонентов соответствует случайной комбинации одиночных звёзд. Такие системы могли образоваться в результате *гравитационного захвата* второго компонента: либо при тройных сближениях звёзд (напр., в процессе распада молодого звёздного скопления), либо при двойных сближениях протозвёзд и последующего неупругого взаимодействия, сечение к-рого у протозвёзд велико. Эксцентриситеты орбит у широких пар больше, чем у тесных. Д. з. с $P < 100$ лет вероятнее всего образовались посредством деления (фрагментации) вращающегося протозвёздного облака в процессе его сжатия в звёзды. У таких Д. з. имеется тенденция к равенству масс компонентов, экваториальные плоскости звёзд в среднем близки к орбитальной плоскости системы. При делении вращающегося облака осн. доля углового момента сохраняется в качестве орбитального момента системы и тем самым устраняется избыток момента, препятствовавший сжатию. Это обстоятельство объясняет многочисленность Д. з. (см. *Звездообразование*).

Д. з. использовались для проверки теории *эволюции звёзд*, поскольку компоненты возникли одновременно и массы их часто известны. Обнаружено, напр., что в Д. з. с молодыми голубыми главными компонентами слабые вторые компоненты иногда располагаются выше