

тируется как результат существования ударных фронтов в межзвёздной среде. За редким исключением СВ являются закручивающимися, т. е. их концы направлены в сторону, обратную вращению. СВ редко обладают правильной формой, часто они имеют иррегулярные очертания, изломы, ответвления, разрывы. В некоторых случаях СВ сливаются, образуя замкнутые кольца; такие С. г. наз. кольцевыми.

Различают СВ флюккулентные и регулярные. Первые представляют собой совокупность отдельных многочисл. коротких дуг, не продолжающих одна другую. Вторые прослеживаются на большом протяжении, нередко более одного оборота. В этом случае чаще всего наблюдаются две ветви. Обычно ветви С. г. содержат в той или иной пропорции признаки обоих структурных типов.

Механизм образования и поддержания спиральных ветвей. В дифференциально вращающемся диске галактики спиральная структура может быть долгоживущей в двух случаях: когда СВ непрерывно возникают и разрушаются и когда весь спиральный узор вращается с одинаковой угл. скоростью, в отличие от диска С. г., т. е. не связан с ним жёстко. Первый вариант пригоден для объяснения флюккулентных СВ, к-рые образуются, если в галактиках непрерывно возникают локальные очаги звездообразования. Дифференц. вращение растягивает их в дуги, пока они не потеряют яркость и не исчезнут с прекращением образования массивных звёзд. Концентрацию старых звёзд диска флюккулентные СВ не меняют.

Регулярные СВ рассматриваются как волновые образования в диске [идея принадлежит Б. Линдбладу (B. Lindblad)]. В процессе движения вокруг центра С. г. звёзды и газ периодически проходят через гребни волн. При этом регулярно меняется как плотность, так и скорости их движения. Анализ поля скоростей газа С. г. (а для нашей Галактики — и звёзд) подтверждает волновой характер СВ. Наиб. высокую амплитуду изменения плотности имеет газ, поскольку дисперсия скоростей газовых облаков (≈ 10 км/с) в неск. раз ниже, чем звёзд диска, а столкновения газовых масс сопровождаются потерей энергии. Повышение плотности газа в СВ является осн. причиной увеличения интенсивности звездообразования в них.

Разрабатывается неск. подходов к объяснению механизмов возбуждения и поддержания спиральных волн плотности (СВП) в С. г. Возможность существования СВП как малых возмущений в гравитирующем бесстолкновит. (звёздном) диске впервые была показана в работе К. Лица (C. Lin) и Ф. Шу (F. Shu). В наиб. простом случае в гидродинамич. приближении для линейных колебаний, описывающих туго закрученные СВ, дисперсионное соотношение имеет вид:

$$m^2(\Omega - \Omega_p)^2 = \kappa^2 - 2\pi C_0 k + k^2 c_s^2.$$

Здесь $k = 2\pi/\lambda$ — волновое число, m — мода колебаний (число спиралей), Ω и Ω_p — угл. скорости вращения диска и СВП соответственно, C_0 — невозмущённая поверхностная плотность диска, c_s — скорость звука или дисперсия скоростей, $\kappa = \sqrt{2\Omega(2\Omega + r d\Omega/dr)}$ — эпициклич. частота. Роль сил упругости в бесстолкновит. среде играют силы Кориолиса. Знак k определяет направление вращения спиралей (закручивающиеся или раскручивающиеся СВ). Дисперсионное соотношение даёт два решения для k , соответствующих «коротким» и «длинным» волнам, к-рые отличаются помимо λ направлением распространения. Величина Ω_p для бесстолкновит. газа может иметь значения в интервале $\Omega - \kappa/m < \Omega_p < \Omega + \kappa/m$. Области диска, где реализуются верхние и нижние пределы, наз. соответственно внешним и внутренним линдбладовскими резонансами, а область $\Omega = \Omega_p$ — коротацией. Короткие волны распространяются от коротации к резонансам, длинные — в обратном направлении. На резонансах проис-

ходит обмен энергией между волной и звёздным диском. Если внутр. резонанс отсутствует, волна отражается от центра, при этом может произойти её усиление. Волновой пакет распространяется радиально со скоростью $\approx c_s$, проходя через диск за $\sim 10^9$ лет. Это обстоятельство, как и затухание СВП при появлении ударной волны в газе, заставляет искать механизмы усиления или возбуждения колебаний. В качестве генератора СВП предлагались вращающийся бар (перемычка), если он имеется в С. г., а также наличие внешнего возмущающего тела (близкого спутника).

В альтернативном подходе, предложенном А. М. Фридманом, СВП имеют не гравитационную, а гидродинамич. природу и генерируются в результате гидродинамич. неустойчивости в газовом диске, к-рый погружён в звёздный диск С. г. Колебания возбуждаются в узкой области диска, где велик градиент скорости вращения $v(r)$ (вблизи локального максимума кривой вращения). Возникающие при этом СВ имеют закручивающуюся форму, а их число определяется отношением $\Delta v/c_s$, где Δv — перепад скорости. Наблюдения показывают, что локальный максимум на кривой вращения наблюдается в центр. части мн. галактик (напр., Галактика, М 31), хотя и не всех. По-видимому, единого механизма генерации СВП не существует.

Лит.: Воронцов-Вельяминов В. А., Внегалактическая астрономия, 2 изд., М., 1978; Рольфс К., Лекции по теории волн плотности, пер. с англ., М., 1980; K g u i t P. C. v a n d e r, S e a r l e L., Surface photometry of edge-on spiral galaxies. 3. Properties of the three dimensional distribution of light and mass in disk of spiral galaxies, *Astron. and Astrophys.*, 1982, v. 110, p. 61; K e n n i c u t t R. C. J r., The rate of star formation in normal disc galaxies, *Astrophys. J.*, 1983, v. 272, p. 54; F r i d m a n A. M. и др., Centrifugal instability in rotating shallow water and the problem of the spiral structure in galaxies, *Phys. Lett.*, 1985, v. 109 A, p. 228; Фремов Ю. Н. и др., Современные представления о природе спиральной структуры галактик, «УФН», 1989, т. 157, в. 4, с. 599. А. В. Засов.

СПЛАВЫ — макроскопически однородные многокомпонентные системы, в к-рых хотя бы один из компонентов обладает металлич. свойствами. В более широком смысле термин «С.» относят также к полупроводниковым, оксидным, солевым, органическим и др. многокомпонентным системам (см. *Гиббса правило фаз*). Обычно С. находятся в кристаллич. состоянии, однако некоторые из них могут быть получены в аморфном состоянии (напр., *металлические стёкла*).

С. подразделяются на однофазные (гомогенные) и многофазные (гетерогенные). Среди отд. фаз в С. различают: *твёрдые растворы*, в к-рых атомы или ионы *компонентов*, смешиваясь в произвольных соотношениях, образуют общую кристаллич. решётку, характерную для одного из компонентов; *интерметаллические соединения*, для к-рых характерно определ. соотношение между составляющими их элементами и кристаллич. решётки к-рых отличны от решёток образующих их элементов. Для нек-рых групп С. используют традиц. названия: чугуны и стали (Fe — C), латуни (Cu — Zn), бронзы (Cu — Sn).

Классификация. Кроме классификации С. по числу фаз, находящихся в равновесии, С. различают по характеру диаграмм состояния (твёрдые растворы, эвтектич. С., эвтектоидные С., перетектич. С. и др.; см. *Диаграмма состояния*), по осн. компоненту (ферросплавы, медные С. и т. п.) или по двум осн. компонентам (*железо-углеродистые С.*, *медно-никелевые С. и т. п.*), а также по осн. свойству или назначению (магн. С., сверхпроводящие С. и т. п.).

Наиб. последовательна классификация С. по степени упорядочения атомов: жидкий или аморфный С. (отсутствуют и *дальний* и *ближний порядок* в расположении атомов разного сорта); неупорядоченные твёрдые растворы замещения; твёрдые растворы замещения с ближним порядком; твёрдые растворы внедрения; кристаллич. фаза с упорядоченным распределением атомов, когда атомы компонентов С. образуют неск. вставленных друг в друга кристаллич. подрешёток.