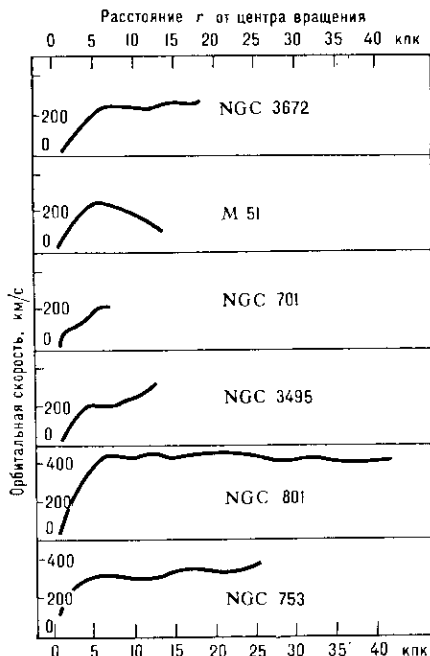


ные предположения (сферич. симметрия, суперпозиция сферич. и плоской составляющих и др.).

Если плотность вещества в галактике убывает с ростом радиуса быстрее, чем $\rho \sim r^{-3}$, то $M(r) \rightarrow \text{const}$ и должна наблюдаться характерная кеплеровская зависимость $v(r) \sim r^{-1/2}$ на достаточно больших расстояниях r . Однако для мн. галактик эта зависимость не наблюдается: $v(r)$ либо не убывает с ростом радиуса, либо



Кривые вращения спиральных галактик: I тип — NGC 701, NGC 3495; II тип — NGC 3672, NGC 801, NGC 753; тип III — M 51.

убывает слишком медленно. Это свидетельствует о существовании у мн. галактик мощных невидимых коронок (см. *Скрытая масса*), масса к-рых часто превосходит видимую массу галактик (звёздного компонента и газа). Согласно ряду наблюдений, внутри галактик тоже может существовать скрытая масса, но не превосходящая по плотности видимый компонент.

С др. стороны, анализ устойчивости быстро вращающегося галактич. диска также приводит к выводу, что значит. часть массы галактик должна быть заключена в сферич. составляющей. Этот вывод согласуется с характером кривых вращения ряда галактик, у к-рых макс. скорость вращения диска коррелирует со светимостью балджа. С быстрым вращением СГ связывают существовавшие у них массивных, сильно сплюснутых дисков и характерной спиральной структуры (см. *Спиральные галактики*).

Эллиптич. галактики вращаются значительно медленнее спиральных. Кроме того, в них вращение маскируется случайным движением звёзд. Поэтому вращение ЭГ изучено значительно хуже вращения СГ. Тем не менее найдено, что вращение многих ЭГ происходит настолько медленно, что их наблюдаемая эллиптичность не связана с вращением, а обусловлена сильной анизотропией распределения случайных скоростей звёзд. По-видимому, эти галактики образовались при слиянии двух (или нескольких) галактик меньшей массы. В то же время для мн. галактик наблюдаемое вращение хорошо согласуется с видимой формой галактики. Это согласие отмечается и для всех изученных балджей СГ.

Проблема происхождения В. г. подробно обсуждалась в 70-е гг. 20 в. в связи с разл. теориями образования крупномасштабной структуры Вселенной. По-видимому,

популярная в прошлом гипотеза обмена галактик угл. моментом при их близком пролёте (за счёт действия приливных сил) не согласуется с данными наблюдений. В. г. связано, скорее всего, с их образованием из сильно турбулизованного газа. Турбулизация газа на догалактич. стадии эволюции Вселенной могла произойти под воздействием сильных ударных волн, возникающих при образовании «блинов» (из к-рых формируются затем скопления галактик) или при ядерных взрывах звёзд первого поколения. Анализ ряда численных моделей образования галактик показывает, что существ. влияние на В. г. могло оказать слияние галактик в ходе эволюции структуры Вселенной. В целом проблема происхождения В. г. ещё не решена.

Лит.: Тейлор Р. Дж., Галактики: строение и эволюция, пер. с англ., М., 1984; Засов А. В., Клязумов Г. А., Кривые вращения нормальных галактик, «Астрон. ж.», 1983, т. 60, с. 656; Davies R. L. и др., The kinematic properties of faint elliptical galaxies, «Astrophys. J.», 1983, v. 266, p. 44. А. Г. Дорошкевич.

ВРАЩЕНИЕ ЗВЁЗД о с е в о е. Вращение (В.) Солнца открыто Г. Галилеем (G. Galilei) по движению солнечных пятен. Вращение др. звёзд впервые было обнаружено в 1909 Ф. Шлезингером (F. Schlesinger) при исследовании спектров затменных двойных звёзд.

Большинство определений скорости В. з. основано на эффекте Доплера. Наблюдения позволяют найти лишь значение величины $v \sin i$, где v — экваториальная скорость В., i — угол между осью В. и лучом зрения. Ср. значение v определяется в предположении, что оси В. з. ориентированы случайным образом по отношению к лучу зрения: $v \sin i = (\pi/4)v$. Периоды В. нек-рых маломассивных звёзд, обладающих активностью солнечного типа (см. *Солнечная активность*), находят по изменению блеска, обусловленным прохождением по диску звёздных пятен. Период В. пульсаров определяется по периоду следования импульсов.

Угл. моменты звёзд j вычисляются в предположении, что их угл. скорости В. не изменяется с глубиной. Большинство маломассивных звёзд, находящихся на стадии эволюции, предшествующей стадии гл. последовательности (ГП), вращаются медленно, $v \sim 10$ км/с. Для них характерны значения $j \sim 10^{16}$ см²/с. Звёзды ГП спектральных классов O5 — F2 с массами $1,5 M_{\odot} \leq M \leq 50 M_{\odot}$ вращаются быстро: $150 \text{ км/с} \leq v \sin i \leq 400 \text{ км/с}$ ($10^{17} \text{ см}^2/\text{с} \leq j \leq 3 \cdot 10^{18} \text{ см}^2/\text{с}$); в этом интервале $j \sim M^{2/3}$. У звёзд с массами $M < 1,5 M_{\odot}$ скорости $v < 50$ км/с и резко падают с уменьшением массы. Сжатие звёзд при уходе с ГП ускоряет их В. Скорости В. белых карликов $v \geq 60$ км/с ($j \geq 5 \cdot 10^{15}$ см²/с), а периоды В. меньше 20 мин. Периоды В. известных пульсаров заключены в интервале от $\approx 1,6$ мс до неск. с ($v = 10 - 4 \cdot 10^4$ км/с, $j = 10^{12} - 10^{15}$ см²/с). Вероятно, ещё быстрее должны вращаться чёрные дыры. Теоретически период их В. может достигать величины $6 \cdot 10^{-5} (M/M_{\odot})$ с.

Изменения скорости В. з. в ходе их эволюции обусловлены двумя причинами: сравнительно быстрым изменением объёма звезды с сохранением её угл. момента и изменением угл. момента. Замедление вращения Ар-, Ам-звёзд обусловлено потерей угл. момента в результате взаимодействия их магн. полей с межзвёздной средой. В тесных двойных звёздах скорость В. может изменяться из-за приливного взаимодействия компонентов или перетекания вещества. Замедление маломассивных звёзд с $M < 1,5 M_{\odot}$ на ранних стадиях эволюции вдоль ГП обусловлено взаимодействием звёздного ветра с их магн. полем, к-рое «заставляет» частицы ветра двигаться с пост. угл. скоростью вплоть до расстояний, в неск. десятков раз больших радиуса звезды.

Установлен ряд общих теорем, характеризующих равновесное состояние (отсутствие внутр. макроскопич. движений) вращающейся звезды, в к-рой совпадают поверхности пост. плотности и пост. давления. Центр масс такой звезды должен лежать на оси В. (теорема