

Динамическая обусловленность хаббловского типа и светимости
нормальных спиральных галактик

Hubble's Type and Luminosity of the Normal Spirals
from the Dynamical Point of View

Массы (M_{tot}), размеры (R), максимальные скорости вращения (V_m), отношения масса-светимость (M_{tot}/L_B), найденные Рубин и ее сотрудниками (*V.S. Rubin*, in: *Internal Kinematics and Dynamics of Galaxies*, IAU Symp No. 100, D.Reidel Publ. Co., Boston/London, 1983, p.3), а также светимости (M_B) спиральных галактик Sa, Sb, Sc типов могут быть сведены в наглядную таблицу.

Таблица

M_B	$-18^m+,-19^m$ III-IV, III $R=3+7$ (кпк)	-20^m-21^m II-III, II $R=7+20$ (кпк)	-22^m-23^m I-II, I $R=20+50$ (кпк)	Класс светим. $\frac{M_{tot}}{L_B} \left(\frac{M_{\odot}}{L_{\odot}} \right)$
Тип				
Sa	$M_{tot}=2.5+8$ $V_m=140+200$	$M_{tot}=8+35$ $V_m=200+300$	$M_{tot}=35+110$ $V_m=300+430$	6.1 ± 0.7
Sb	$M_{tot}=1+4$ $V_m=100+150$	$M_{tot}=4+30$ $V_m=150+230$	$M_{tot}=30+125$ $V_m=230+320$	4.4 ± 0.4
Sc	$M_{tot}=0.7+2.5$ $V_m=85+120$	$M_{tot}=2.5+15$ $V_m=120+180$	$M_{tot}=15+60$ $V_m=180+250$	2.6 ± 0.2

Массы M_{tot} даны в единицах $10^{10} M_{\odot}$, скорости V_m — в км/с. Приведенным в таблице светимостям сопоставлены классы светимости по ван ден Бергу (I-IV), для Sa галактик — условно.

Выводы из таблицы. Во-первых, как показано Рубин (*ibid*), светимости L_B и массы M_{tot} в среднем изменяются одинаково для галактик всех типов с ростом их размеров по закону $R^{1.6}$: $M_{tot}/L_B \approx const$ для данного хаббловского типа. Средняя плотность в галактике должна убывать с R ($\propto R^{-1.4}$). Угловая скорость вращения центральных областей галактики растет вместе с размерами, также и $V_m \propto R^{0.4}$.

Рубин и др., (*ApJ* 289, 81, 1985) показано, что отношение полной динамической массы M_{tot} к массе светящейся материи M_{lum} не зависит

от хаббловского типа и светимости галактики $M_{tot}/M_{lum} \approx 2$. Тогда $M_{tot} \approx 2M_{lum} = 2(M_d + M_b)$, где M_d — масса диска, M_b — масса сфероидальной компоненты. Принимая во внимание, что в среднем отношения светимости сфероидальной компоненты L_b к светимости диска L_d для галактик Sa — $L_b/L_d = (0.8-1.0)$, для Sb — $L_b/L_d = (0.4-0.5)$, для Sc — $L_b/L_d = (0.1-0.2)$ (F. Simien, G. de Vaucouleurs, ApJ 302, 564, 1986), а $M_b/M_d = K(L_b/L_d)$ (где $K = \frac{M_b/L_b}{M_d/L_d}$), получаем, что отношение M_{tot}/M_d постоян-

но в пределах хаббловского типа и примерно равно 4 для галактик Sa, 3 для Sb, 2 для Sc и, по-видимому, не является функцией размера.

Во-вторых, угловой момент диска $P = M_d VR$ при фиксированной светимости падает в 1.5–2 раза вдоль хаббловской последовательности от Sa к Sc галактикам. Но быстро растет при фиксированном хаббловском типе с ростом размеров системы ($P \propto R^{2.8-3.0}$) в сторону классов высокой светимости.

В-третьих, геометрия спирального узора (хаббловский тип) при заданной светимости зависит от отношения M_{tot}/M_d . Изменение этого отношения при переходе между хаббловскими типами (при фиксированной светимости) связано с изменением M_{tot}/M_d , остается примерно одинаковой, так как V_m убывает почти как отношение M_b/M_d .

Следовательно, дополняющие друг друга классификации Хаббла и ван ден Берга имеют единый динамический базис. Это хорошо согласуется с представлениями волновой теории спиральной структуры. Действительно, угол закрутки спирального узора δ определяется соотношением $\text{tg } \delta = k_\phi/k_r$, где k_ϕ — азимутальное, k_r — радиальное волновые числа. k_r выражается в долях характеристического числа Тумре $k_T = \frac{\kappa^2}{2\pi G \sigma_d}$, где κ — эциклическая частота звезды. Число k_T можно

представить через средние значения масс $M_{tot}(r)$ и $M_d(r)$ в пределах данного радиуса r и фактор $\alpha = 2\Omega/\kappa$ (Ω — угловая скорость вращения

диска): $k_T = \frac{M_{tot}}{M_d} \frac{2}{\alpha^2 r}$, так как $\sigma_d = \frac{M_d(r)}{\pi r^2}$, а $\Omega^2 r^2 = \frac{G M_{tot}(r)}{r}$. Тогда

$$\text{tg } \delta = \frac{k_\phi}{k_r} = \frac{m/r}{k' \cdot k_T} = \frac{m \alpha^2 M_d(r)}{2 k' M_{tot}(r)}$$

(m — число рукавов, $k' = k_r/k_T$ — число по-

рядка единицы). Параметр α с радиусом меняется слабо, если же и относительная масса диска ведет себя также, то $\text{tg } \delta$ может характеризовать крупномасштабную спиральную структуру в целом по всему диску, опуская индекс r . Если отношение M_{tot}/M_d и α постоянны, то хаббловский тип должен быть фиксирован, что и имеет место в

строках таблицы. Напротив, при изменении отношения M_{tot}/M_d угол закрутки должен меняться, что и следует для столбцов таблицы.

Различие в выраженности спирального узора по строкам объясняется ростом момента и изменением относительной скорости узора и межзвездного вещества (*W.W. Roberts, M.S. Roberts, F.H. Shu, ApJ* 196, 381, 1975). Изменение выраженности спирального узора от Sa к Sc типу при фиксированной светимости объясняется влиянием на устойчивость диска конечности угла закрутки (*М.Н. Максумов, Тадж. Бюлл.* № 64, 1974; *А.К. Морозов, АЖ* 57, 681, 1980).

Авторы благодарят *А.А. Сучкова, М.А. Смирнова, А.В. Засова* за обсуждение и критические замечания.

Summary. The morphology and luminosity of the spiral galaxies are determined by their dynamical features: the total mass of the galaxy M_{tot} and the relation M_{tot} to the mass of the galaxy disk M_d (M_{tot}/M_d), the angular momentum of the disk P , and their dimension R . Therefore a Hubble type and luminosity class by van den Bergh of spiral galaxies have the unique dynamical basis. At fixed luminosity, the relation M_{tot}/M_d determines the pitch angle of the spiral pattern; and the change of the strength of the spiral pattern from Sa through Sc is due to the influence of the finite pitch angle to the disk stability. Within a Hubble type, $M_{tot}/M_d \approx \text{const}$, and the increasing of the strength of the spiral pattern with the increasing of the luminosity of the galaxies is due to the growth of the P .

Ин-т астрофизики
АН Тадж.ССР

М.Н. Максумов
M.N. Maksumov
Ф.Х. Сахибов
F.H. Sahibov

Поступила 28 мая 1987 г.

Существует ли в Солнечной системе невидимая масса?

Is there an Unseen Mass Contained in the Solar System?

Резюме. Показано, что в Солнечной системе в области гелиоцентрических расстояний $r > 3 \cdot 10^3$ а.е. может находиться невидимая масса порядка $M \sim 10^4 M_\odot$. Здесь же в этом случае сосредоточен практически весь угловой момент Солнечной системы, который может превышать на 2 порядка суммарный угловой момент планет.

One of the main results of the "Vega" and "Giotto"-missions was the determination of the Halley comet mass: $M_H \approx 3 \cdot 10^{17}$ g (*R.Z. Sagdeev, P.E. Eliasberg, V.I. Moroz, Nature*, 1987 (in press)). Another important result of these missions was the extremely low value of the albedo of the Halley comet nucleus ($A_H \approx 0.04$). It was shown by Weissman (*Astron. Ap.*, 118, 90, 1983) that the mass of a typical new comet is of the order of $M_c \approx 7.3 \cdot 10^{15}$ g if its albedo is equal to $A_c \approx 0.6$. If we suppose that the