

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 16

НОЯБРЬ, 1980

ВЫПУСК 4

УДК 523.855

СПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХЪЯДЕРНОЙ ГАЛАКТИКИ МАРКАРЯН 266

А. Р. ПЕТРОСЯН, К. А. СААКЯН, Э. Е. ХАЧИКЯН

Поступила 4 марта 1980

Принята к печати 14 июля 1980

Приводятся результаты кинематического и динамического исследования двухъядерной галактики Марк. 266. Измерения спектральных линий показывают, что ядра этой галактики вращаются со скоростями 132 км/с (ядро „а“) и 286 км/с (ядро „b“), причем в разные стороны. Разница лучевых скоростей самих ядер составляет примерно 280 км/с. Массы ядер равны $7 \cdot 10^9 M_{\odot}$ („а“) и $3.3 \cdot 10^{10} M_{\odot}$ („b“). Принимая, что Марк. 266 образовалась вследствие распада единичного тела, рассмотрены два пути развития после ее распада: а) ядра вращаются вокруг общего центра тяжести, б) они разлетаются в диаметрально противоположные стороны. Для случая а) вычислены орбитальная масса и угловой момент системы. Показано, что сумма индивидуальных масс ядер составляет менее половины их орбитальной массы. Для случая б) вычислены угловой момент, энергия распада и возраст системы ($8.4 \cdot 10^{72}$ г см²/с, $8 \cdot 10^{75}$ эрг и 10^7 лет соответственно). Отмечается также, что оба ядра Марк. 266 показывают некоторые признаки сейфертовских галактик второго типа.

1. Введение. Маркарян 266, вошедшая в список галактик с UV-избытком с двумя и кратными ядрами [1], имеет давнюю «историю». Введенная еще в 1888 г. Дрейером в каталог NGC под номером 5256 [2], она описана им как маленькое пятно с возрастанием яркости к центру. На Паломарских картах она выглядит так, как описывает ее Воронцов-Вельяминов [3]: «К ромбовидной (N) касательно расположена туманная полоса». Впервые двухъядерную структуру галактики выявил Цвикки [4]. Им она описывается как галактика с двумя ядрами и с «перьями». Известная уже под обозначениями NGC 5256, МКГ 8-25-31, I Zw 67, она вошла в третий список Маркаряна [5] и охарактеризована как пара неразрешенных сфероидальных галактик $d3 + d3$. Позже Марк. 266 вошла в каталог «Изо-

лированных пар галактик» Караченцева под номером 388 [6] как пара спиральных галактик в общей оболочке.

В 1969 г. Барбон, впервые получив спектр Марк. 266 [7], определил красные смещения обоих ядер галактики и подробно описал их спектры. Результаты электрофотометрических измерений галактики в цветах U, B, V, R приведены в диссертации Хакра [8], а в цветах H, K, L и на 8.4 мкм в [9].

Радиоизлучение Марк. 266 впервые было обнаружено в 1968 г. Галактика вошла в Кембриджский обзор радиоисточников [10] на 408 МГц и получила обозначение BP 173. Ее радиоспектр описан в работе [11], а совсем недавно в работе [12] были приведены данные радиоинтерферометрических наблюдений этой галактики.

В настоящей работе приведены результаты детального кинематического и динамического исследований галактики Марк. 266, первое описание морфологии и спектра которой приведено в [1] и [13].

2. *Наблюдательный материал, обработка и результаты.* Спектры Марк. 266 были получены в первичном фокусе шестиметрового телескопа САО АН СССР 19/20 декабря 1977 г. Использован спектрограф СП-160 с контактным электроннооптическим преобразователем с волоконным выходом М9ЦВ. Спектры получены на пленке Kodak 103a-O при двух углах дифракционной решетки, охватывающих спектральный диапазон примерно от 3500 до 7200 Å. Дисперсия на выходе ЭОП равна ~ 85 Å/мм, а масштаб перпендикулярно дисперсии равен 20"/мм. Экспозиция снимка для каждого спектрального поддиапазона равнялась 27 мин. Источником спектра сравнения служила лампа с полым катодом (Fe+Ne). Измерения выполнены на «Аскорекорде».

На рис. 1 приведена картина изоденс снимка Марк. 266, полученного в первичном фокусе 2.6-м телескопа Бюраканской обсерватории 25/26 февраля 1977 г. на нагретой пластинке Kodak 11a-O с экспозицией 25 мин. Изоденсы построены с помощью микроденситометра АМД-1 и ЭВМ САО АН СССР. На рис. 1 плотность фона соответствует 0.9, а каждый шаг изоденс соответствует изменению плотности на 0.1.

На картине четко выделяются оба ядра. Кроме этого хорошо заметно протяженное гало со сверхассоциацией на юго-западе. На рис. 2 приведен участок спектра Марк. 266 у линии H_{α} . Как видно из рисунка, спектральные линии галактики в направлении перпендикулярной дисперсии имеют интересную структуру: эмиссионные линии ядер галактики наклонены и притом в разные стороны. Это указывает на то, что сами ядра вращаются в противоположные стороны, причем их соприкасающиеся области от нас удаляются.

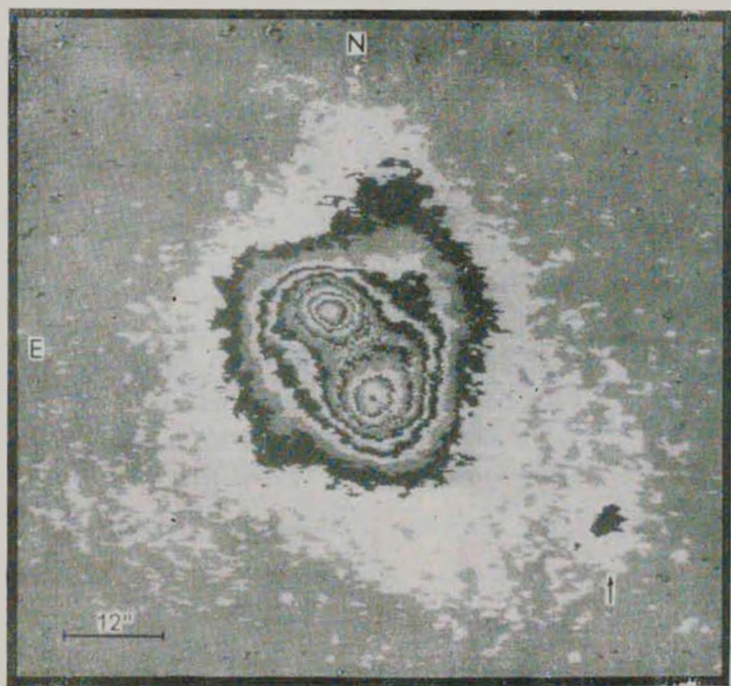


Рис. 1. Картина изоденс Марк. 266. Стрелкой указана сверхассоциация.

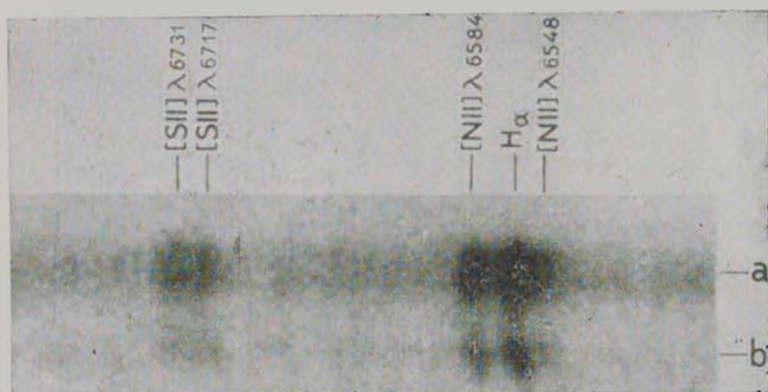


Рис. 2. Спектр Марк. 266 в области H_{α} . Первичный фокус БТА. оригинальная дисперсия $\sim 85 \text{ \AA/mm}$.

К ст. А. Петросян, К. Саакян, Э. Хачикян

Для учета ошибок, вводимых спектрографом и ЭОП в структуру линий, был получен спектр сравнения по всей высоте щели спектрографа. Измерение формы линий спектра сравнения вдоль всей высоты щели дало возможность внести с достаточной точностью поправку за кривизну изображения щели при определении лучевых скоростей различных областей галактики.

Средние лучевые скорости центров ядер Марк. 266 были вычислены на основе измерения положения девяти различных линий в спектре. Полученные значения v , исправленные за вращение Солнца вокруг центра Галактики по [14], соответственно для „а“ и „b“ ядер равны 8551 км/с с $\sigma^a = 49$ км/с и 8424 км/с с $\sigma^b = 68$ км/с (здесь и ниже σ ошибка одного измерения).

Кроме этого, по измерениям четырех линий [N II] λ 6584, H₁, [O III] λ 5007 и H₂ получена картина распределения лучевых скоростей по галактике вдоль высоты щели. Данные приведены в табл. 1. В первом столбце приведено расстояние от геометрического центра галактики на се-

Таблица 1

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛУЧЕВЫХ СКОРОСТЕЙ В ГАЛАКТИКЕ МАРКАРЯН 266
ОТНОСИТЕЛЬНО ЛУЧЕВОЙ СКОРОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА

Расстояние от геометрического центра	Разница лучевых скоростей относительно лучевой скорости геометрического центра					
	H ₂	[N II]	[O III]	H ₁	Δv_r	σ
Северо-восток $+10''$	-100	-116	-139	-143	-125	22
8	-77	-92	-133	-195	-126	53
6	-83	-35	-94	-118	-88	35
4	-43	-14	-70	-56	-46	24
$\div 2$	$\div 8$	-37	$\div 90$	0	$\div 16$	54
Юго-запад $-2''$	$\div 47$	-95	-119	-31	-50	74
4	-10	-46	-119	-25	-50	48
6	-129	-155	-224	-154	-166	41
8	-363	-238	-303	-133	-244	80
-10	-395	-349	-398	-108	-313	138

веро-восток и юго-запад вдоль высоты щели в секундах дуги. В последующих четырех столбцах приведены разницы лучевых скоростей относительно скорости геометрического центра галактики для ее разных точек вдоль высоты щели, вычисленные по вышеотмеченным линиям. В шестом столбце дано среднее значение для этой разницы, а в седьмом — величина ошиб-

ки. Для наглядности, на рис. 3 приведена кривая распределения лучевых скоростей в галактике относительно лучевой скорости геометрического центра. На рисунке вертикальными черточками указаны ошибки одного измерения. Указаны также центры ядер галактики.

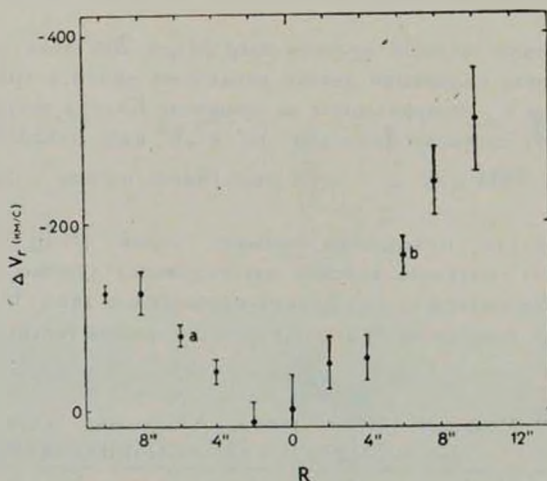


Рис. 3. Поле скоростей Марк. 266.

3. *Обсуждение.* Расстояние между центрами ядер в проекции равно $\sim 12''$, что, при $H = 75$ км/с Мпс, соответствует $R_{op} = 6.5$ кпс. Диаметры обоих ядер равны примерно $6''$ или в линейных единицах $d_a = d_b = 3.2$ кпс. Вычисленная по девяти линиям разница лучевых скоростей ядер Марк. 266 равна 127 км/с с $\sigma = 84$ км/с, а скорости вращения „а“ и „б“ ядер вокруг своих осей на расстоянии 1.6 кпс от их центров, выведенные из измерений четырех линий, соответственно равны: $v^a = 50$ км/с с $\sigma = 58$ км/с и $v^b = 130$ км/с с $\sigma = 107$ км/с, причем, как было указано выше, вращение происходит в разные стороны.

По [14] угол наклона галактики Марк. 266 к лучу зрения $i = 27^\circ$. Принимая во внимание своеобразие строения галактики это значение трудно считать надежным. Тем не менее, если предположить, что оси собственного вращения „а“ и „б“ ядер перпендикулярны плоскости галактики и их движение относительно друг друга происходит в той же плоскости, то отсюда можем получить следующие пространственные значения для Δv_r , v^a , v^b и R : $\Delta v_r = 280$ км/с, $v^a = 132$ км/с, $v^b = 286$ км/с и $R = 7.3$ кпс.

Если использовать обычную формулу для вычисления массы, то для „а“ и „b“ ядер получаются соответственно следующие значения масс (в пределах радиуса 3''):

$$M_a = 7.0 \cdot 10^9 M_{\odot}, \quad M_b = 3.3 \cdot 10^{10} M_{\odot}.$$

Авторы придерживаются той точки зрения, что ядра Марк. 266 образовались вследствие распада первоначального единичного тела. Можно рассмотреть два пути развития системы после ее распада:

а) Ядра вращаются вокруг общего центра тяжести.

б) Ядра разлетаются в диаметрально противоположные стороны.

При этом в обоих случаях считается, что система остается замкнутой.

Оценим некоторые физические величины системы ядер для случаев

а) и б) в отдельности.

Случай а).

Интегральная масса ядер. Используя исправленные за эффект проектирования значения величин Δv_r и R , полученные выше для интегральной массы ядер, получим

$$M_{a+b} = \Delta v_r^2 \frac{R}{G} = 1.4 \cdot 10^{11} M_{\odot}.$$

Если не принимать во внимание значение угла наклона оси галактики к лучу зрения (морфология галактики пекулярна), то

$$M_{a+b} = \frac{32}{3\pi} (\Delta v_r)_{np}^2 \cdot \frac{R_{np}}{G} = 8.2 \cdot 10^{10} M_{\odot},$$

где $32/3\pi$ — фактор проекции, получаемый из предположения круговых движений ядер вокруг общего центра [15].

Сравнивая сумму индивидуальных масс „а“ и „b“ ядер галактики с их интегральной массой, видим, что сумма индивидуальных масс ядер составляет менее половины их «орбитальной» массы.

«Дефект массы» в данном случае может быть следствием: 1) либо неучета массы материи, окружающей ядра, 2) либо нестационарности самой системы. Однако для выяснения того, какая из этих возможностей играет решающую роль, нужны дополнительные наблюдения.

Угловой момент. Как было отмечено выше, сами ядра вращаются. Используя вышеприведенные данные, для собственных угловых моментов „а“ и „b“ ядер галактики получаем соответственно значения:

$$J_a \cong \frac{1}{2} M_a v^2 d_a = 9.1 \cdot 10^{17} \text{ г см}^2/\text{с};$$

$$J_b \simeq \frac{1}{2} \mathfrak{M}_b v_b^2 d_b = 9.3 \cdot 10^{72} \text{ г см}^2/\text{с}.$$

Если ядра движутся по круговым орбитам вокруг центра масс системы со скоростями

$$v_a = \frac{2\pi D_a}{P}, \quad v_b = \frac{2\pi D_b}{P},$$

где D_a, D_b — расстояние ядер от центра тяжести системы, P —период вращения, то тогда орбитальный момент вращения системы будет:

$$J_{\text{орб.}} = \mathfrak{M}_a v_a D_a + \mathfrak{M}_b v_b D_b = \frac{2\pi}{P} (\mathfrak{M}_a D_a^2 + \mathfrak{M}_b D_b^2).$$

Если

$$D_a + D_b = R \text{ и } \frac{D_a}{D_b} = \frac{\mathfrak{M}_b}{\mathfrak{M}_a},$$

то

$$J_{\text{орб.}} = \frac{2\pi}{P} R^2 \frac{\mathfrak{M}_a \mathfrak{M}_b}{\mathfrak{M}_a + \mathfrak{M}_b}.$$

С другой стороны, по третьему закону Кеплера

$$\frac{R^3}{P^2} = \frac{G}{4\pi^2} (\mathfrak{M}_a + \mathfrak{M}_b),$$

тогда

$$J_{\text{орб.}} = \sqrt{G \cdot R} \frac{\mathfrak{M}_a \cdot \mathfrak{M}_b}{\mathfrak{M}_a + \mathfrak{M}_b}.$$

Используя значения индивидуальных масс ядер и расстояния между ними, получим, что

$$J_{\text{орб.}} = 4.0 \cdot 10^{72} \text{ г см}^2/\text{с}.$$

При этом момент вращения первоначального одиночного тела, вычисленный с помощью формулы $J_0 = J_{\text{орб.}} + (J_b - J_a)$ (соотношение составлено с учетом направления вращения), получается порядка 10^{73} г см²/с. На самом деле действительное значение J_0 больше этого, так как здесь не учитывается момент вращения диффузного вещества, в которое погружены ядра Марк. 266.

Случай б).

Угловой момент. Если окружающее ядра вещество образовалось после распада и его угловой момент равен нулю, то угловой момент первоначального одиночного тела переходит в угловой момент собственного вращения обоих ядер галактики. Тогда, используя полученные выше значения угловых моментов собственного вращения ядер, для углового момента первоначального тела получим значение

$$J_0 = J_b - J_a = 8.4 \cdot 10^{22} \text{ г см}^2/\text{с}.$$

Возможно, что окружающее ядра диффузное вещество образуется до начала распада и несет с собой некоторое количество углового момента. Тогда угловой момент первоначального тела должен быть больше приведенного выше значения.

Энергия распада. Попытаемся теперь оценить приблизительно то значение энергии, которое необходимо для образования двух ядер Марк. 266 из одного первоначального тела в случае б). Заранее отметим, что здесь не рассматривается вопрос о механизме распада, одним из результатов которого является образование ядер галактики.

Предположим, что энергия распада в основном расходуется на сообщение кинетической энергии ядрам галактики и на преодоление гравитационного притяжения между ними после распада. Предположим также, что массы и размеры ядер не меняются с течением времени и что первоначальная потенциальная энергия, которая противодействовала распаду, выражается следующим образом:

$$U_0 = -G \frac{M_a M_b}{d_a + d_b}.$$

Тогда для энергии распада получим выражение

$$E_{\text{рас.}} = \mu \frac{\Delta v^2}{2} + G M_a M_b \left(\frac{2}{d_a + d_b} - \frac{1}{R} \right),$$

где μ приведенная масса:

$$\mu = \frac{M_a M_b}{M_a + M_b}.$$

После подстановки соответствующих значений получим, что

$$E_{\text{рас.}} \approx 8.1 \cdot 10^{57} \text{ эрг.}$$

Ясно, что в действительности значение энергии распада должно быть больше, по крайней мере по двум причинам. Во-первых, по всей вероятности, размеры ядер в первоначальный период были меньше, чем в настоящее время, во-вторых, образующаяся при распаде материя концентрирована не только в ядрах, но и образует, например, гало, явно наблюдаемое вокруг них. Таким образом, нами оценен нижний предел для энергии распада.

Возраст системы. Для оценки возраста системы предположим, что в начальный момент распада разницы скоростей между ядрами была порядка $10^3 \div 5 \cdot 10^3$ км/с. Тогда время, прошедшее с начала момента распада, будет порядка $10^7 \div 3 \cdot 10^6$ лет. Даже в том случае, если разницы скоростей между ядрами все время оставалась постоянной и равной наблюдаемой в настоящий момент скорости 280 км/с, возраст системы не будет превышать $3 \cdot 10^7$ лет. Отсюда можно сделать вывод, что в случае б) система имеет сравнительно небольшой возраст.

Интересно отметить, что оба ядра Марк. 266 показывают некоторые признаки сейфертовских галактик второго типа.

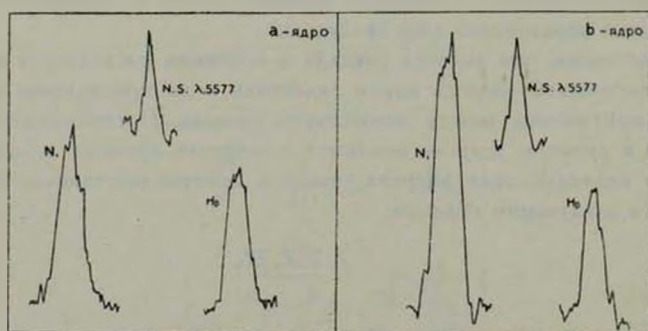


Рис. 4. Профили линий N_1 , H_2 и $[O I] \lambda 5577$ в спектре „а“ и „б“ ядер Марк. 266.

На рис. 4 приведены регистрограммы спектральных линий H_2 и $[O III] \lambda 5007$, наблюдаемых в спектрах „а“ и „б“ ядер, а рядом, для сравнения,— регистрограммы линий свечения ночного неба $[O I] \lambda 5577$. Хорошо видно, что ширина эмиссионных линий ядер намного больше инструментального контура и имеет полуширину более 800 км/с.

Таким образом, по ширине эмиссионных линий оба ядра Марк. 266 могут быть отнесены к классу объектов Sy2 [16].

В дальнейшем, в отдельной статье предполагается привести результаты детальной спектрофотометрии этой галактики, которые в свою очередь говорят в пользу молодости системы ядер и самих ядер галактики.

Авторы выражают глубокую благодарность академику В. А. Амбарцумяну за дискуссию, а также сотрудникам ВЦ САО АН СССР за помощь в построении изоденс.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

SPECTROSCOPIC INVESTIGATION OF DOUBLE NUCLEUS GALAXY MARKARIAN 266

A. R. PETROSSIAN, K. A. SAHAKIAN, E. Ye. KHACHIKIAN

The results of kinematic and dynamic investigations of double nucleus galaxy Markarian 266 are presented. The measurements of spectral lines show that the nuclei of this galaxy rotate in different directions with the velocities 132 km/s („a“ nucleus) and 286 km/s („b“). The difference of radial velocities of nuclei themselves is about 280 km/s. The mass of „a“ nucleus is about $7 \cdot 10^9 M_{\odot}$ and „b“ — $3.3 \cdot 10^{10} M_{\odot}$. It is suggested that Markarian 266 was formed as a result of decay of one body. Two possible ways of development after the decay are discussed: a) the nuclei rotate around the center of gravity, b) they fly away diametrically in opposite directions. For the a) case the angular momentum and orbital mass of the system are calculated. It is shown that the individual mass of both nuclei is less than half of the orbital mass of the system. For the b) case angular momentum, energy of decay and age of system are calculated ($J_0 = 8.4 \cdot 10^{72}$ gcm²/s, $E = 8 \cdot 10^{57}$ erg and $T = 10^7$ year). It is also noted that both nuclei of Markarian 266 show features of Sy 2 galaxies.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 14, 69, 1978.
2. J. Dreyer, *New General Catalogue*, Mem. RAS., 49, 1888.
3. Б. А. Воронцов-Вельяминов, А. А. Красногорская, В. П. Архипова, *Морфологический каталог галактик*, т. I, М., 1962.
4. F. Zwicky, *Catalogue of Selected Compact Galaxies and Post Eruptive Galaxies*, Switzerland, 1971.
5. Б. Е. Маркарян, *Астрофизика*, 5, 581, 1969.
6. Н. Д. Караченцев, *Сообщ. САО АН СССР*, 7, 3, 1972.
7. R. Barbon, *Kitt Peak National Obs. Contr.*, No. 510, 1969.
8. J. P. Huchra, *The Nature of Markarian Galaxies*, Thesis of Diss., Pasadena, 1977.
9. D. A. Allen, *Ap. J.*, 207, 367, 1976.
10. J. A. Bailey, G. G. Pooley, *M. N.*, 138, 51, 1968.
11. G. Kojolan, R. A. Sramek, D. F. Dickinson, H. Toumassian, C. R. Purton, *Ap. J.*, 203, 323, 1976.

12. *J. T. Stocke, W. G. Tifft, M. A. Kaftan-Kassim, A. J.*, 83, 322, 1978.
13. *А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, Астрофизика*, 15, 209, 1979.
14. *G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, M. G. Corwin*, Second Reference Catalogue of Bright Galaxies, Austin, 1976.
15. *T. Page*, Proc. Fourth Berkley Symp. on Mathematical Statistics and Probability, Univ. of California, 1960.
16. *D. W. Weedman*, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 15, 69, 1977.