

## ЗАВИСИМОСТИ "ОТНОСИТЕЛЕН МОМЕНТ - МАСА" И "АБСОЛЮТНА ЗВЕЗДНА ВЕЛИЧИНА - МАКСИМАЛНА СКОРОСТ НА ВЪРТЕНЕ" ЗА НЯКОИ ТИПОВЕ АКТИВНИ ГАЛАКТИКИ

Г. Т. Петров, В. А. Минева

### 1. Увод

Относителният вътрешен момент на въртене на галактиките позволява да се направи известна оценка за динамичните параметри на изследваните обекти. За първи път подобен анализ е проведен от Озерной, (1967 а), който е изследвал зависимостта между масата и относителния момент за 190 галактики от каталога на Холмберг, (1964). За хомогенни сфероиди с постоянна ъглова скорост той получава зависимостта  $\kappa \sim m^{2/3}$  и показва, че тя е обусловена от характера на динамичното равновесие в спиралните галактики. На тази основа Засов и Озерной, (1967) предлагат относителният момент на въртене на галактиките да се определя от израза  $\kappa = 2/5 (\gamma m R)^{1/2}$ , където  $\kappa$  е относителният вътрешен момент,  $R$  е голямата полуос на галактиката,  $m$  е нейната маса, а  $\gamma$  е гравитационната константа. Полученият от Озерной степенен закон  $m^{2/3}$  впоследствие е потвърден от Дай Вен-сяй и др., (1978, 1979) за извадка от 400 галактики, чиито маси са определени по оптични и радио данни. Караско и др., (1982) допълнително включват плоски системи и потвърждават зависимостта  $\kappa \sim m^n$ , като  $n \approx 2/3 \pm 3/4$ . Доколкото  $\kappa \sim (m R)^{1/2}$ , то съотношението  $\kappa \sim m^n$  предполага съществуването на напълно определена зависимост между радиуса и масата на галактиките. За спиралните галактики тази зависимост е изследвана от много автори - Озерной, (1967б), Холмберг, (1975), Петерсън и др. (1979), Ветолани и др. (1980). Разглежданата статистическа зависимост  $\kappa \sim m^n$  не отразява напълно състоянието на въртене на галактиките - остава неизвестна онази част от галактиките, която не участва във въртенето. За отчитането й Караценцев (1988) въвежда безразмерния

коэффициент  $\varepsilon_T$ , с който за различните морфологични типове се отчита онази част от пълната маса на галактиката, която участва във въртенето.

Настоящата работа представя резултатите от статистическото изследване на 165 галактики с различна степен на активност. Масите на галактиките са определени по ширината на линията на неутралния водород  $\lambda$  21 см. Данните са главно по каталога на Хъчмайер и др. (1983). Масите за отделните типове активни галактики са представени в Петров и Минева (1988) и Минева и Петров (1988а, б).

2. Зависимости между относителния момент, масата, линейният диаметър и светимостта на галактиките

Масите на 47 сейфъртови галактики / в. т.ч. 13 рентгенови източници /, 84 маркарянови галактики, 21 аракелянови и 13 нормални галактики са определени при предположение за сферично разпределение на веществото. Използвана е схемата, предложена от Караценцев (1985): 
$$M_{25} = \gamma^{-1} V_M^2 (A_{25}/2),$$
 където  $M_{25}$  е масата на галактиката до изофота 25 зв.в-на/ кв. сек.,  $V_M$  е максималната скорост на въртене, а  $A_{25}$  е линейният диаметър до указаната изофота. За галактиките от късен морфологичен тип приетото представяне води до завишаване на масата с около 25 %, тъй като при тях по-приложим и моделът на тънък диск / Ван Муурсел (1983) /.

Относителният момент е определян по съотношението  $\mathcal{K}_i = \frac{2}{5} \varepsilon_T \cdot (\gamma M_{25} A_{25}/2)$  / Минева (1987) /, където  $\varepsilon_T$  се мени от 0.1 до 1.0 в зависимост от морфологичния тип. Линейните диаметри и светимостите на галактиките са приведени в системата на Холмберг, използвайки редуционната схема, предложена от Караценцев и др. (1985). Стойността на константата на Хъбъл е приета  $H = 75$  км/сек.Мпс.

Зависимостта "маса - линеен диаметър" за 165 галактики от

различен морфологичен тип е представена на фиг. 1, а на фиг. 2 е представена зависимостта "относителен момент - линеен диаметър". Последната се разпада на две зависимости - за спирални и за елиптични галактики. Следва да се отбележи, че малкият брой елиптични галактики / само пет / не позволява категорични изводи. На фиг. 3 е представена резултантната зависимост "относителен момент - маса" за 142 спирални, 18 линзовидни и 5 елиптични галактики. Представените данни образуват две отделни последователности, отразяващи вероятно отношението между плоската и сферичната подсистеми. Аналогичен вид има и зависимостта "относителен момент - светимост" за разглежданите галактики, представена на фиг. 4.

Коефициентите на регресия и корелация за представяните зависимости, определени по метода на най - малките квадрати, са представени в таблица 1. Във втората част на таблицата са приведени същите коефициенти за аналогични зависимости при нормалните галактики, определени от Минева (1987).

Сравнението на гореизложените зависимости с тези, определени от Минева, показва, че връзките между различните изследвани от нас параметри са по-добре изразени при активните галактики, отколкото при нормалните галактики, членове на двойни или кратни системи.

3. Зависимост "абсолютна звездна величина - максимална скорост на въртене" на галактиките.

Съгласно Засов и Кязумов (1983), зависимостта " $V_{\max} - M_{\text{абс}}$ " за нормалните галактики отразява тенденцията максималната скорост на въртене да намалява от по-ранните към по-късните морфологични типове галактики. Тази тенденция е отбелязвана и от други автори. На фиг. 5 е представена обобщена зависимост " $M_H - V_{\max}$ " за активните галактики от различен морфологичен тип.

Тук  $M_H$  означава абсолютната звездна величина в системата на Холмберг. Средните стойности и грешките са представени в табл. 2а. От общите разглеждания са изключени някои екстремални стойности / указани в скоби след броя на обектите / съгласно общоприетите статистически критерии - виж напр. Смирнов и Дунин-Барковский (1965), като критичните стойности за  $n > 30$  бяха определени чрез екстраполация. Резултатите се отличават от тези за нормалните галактики. При активните галактики не се забелязва тенденцията, указана от Засов и Кязумов (1983). От представените данни определено следва само, че спиралните галактики от подтип  $S_m$  имат средно по-ниски светимости и се въртят по-бавно. Картината, обаче, коренно се изменя, ако се разгледа същата зависимост за галактиките с различна степен на активност. На фиг. 6а е представена зависимостта между абсолютната звездна величина и максималната скорост на въртене за 68 сейфертови и аракелянови галактики, в т.ч. 13 рентгенови източници, а на фиг. 6б е представена аналогичната зависимост за 84 Маркарянови галактики. Данните за средните стойности и грешките са представени в таблица 2б, а на фиг. 7 е представена обобщената зависимост " $M_H - V_{max}$ ". Забелязва се много плавно увеличаване на максималната скорост и абсолютната звездна величина с увеличаване степеня на активност на обектите. Интересно е, че рентгеновите източници сред сейфертовите галактики не се отделят като по-активни. Едно възможно обяснение е, че бурните процеси в ядрата на рентгеновите източници изкривяват чисто кръговите движения и водят до по-ниски средни стойности за  $V_{max}$ , а оптичната звездна величина не отразява нагледно интегралната светимост на обекта. Може да се отбележи, че използвайки критерия на Фишер, статистически се показва неразличимостта на сейфертовите галактики с и без рентгеново излъчване по  $V_{max}$ .

#### 4. Основни резултати

Разглежданата извадка от около 160 галактики с различна степен на активност позволява да се проведе едно сравнително изучаване на динамичните параметри на нормалните и на активните галактики. Както се вижда от данните, представени в таблица 1, двете извадки не се различават съществено в зависимост от морфологичния тип. Съвсем различна е картината, когато като определящ се разглежда типът активност.

В таблица 3 са представени средните стойности и грешките на линейните диаметри, масите и относителните моменти за различните типове активни галактики. За сравнение са приведени същите величини за извадка от нормални галактики, подобрена по следните признаци: от изследваните от Караценцев (1985) 227 галактики, са изключени всички активни обекти. От останалите са подобрени 98 обекта, чиито маси са определени по ширината на водородната линия  $\lambda$  21 см. На фиг. 8а, б, в са представени зависимостите " $\lg M - \lg A_{25}$ ", " $\lg K - \lg A_{25}$ " и " $\lg K - \lg M$ ", аналогични на фиг. 1 - 3, за различните типове активни галактики. Прави впечатление рязкото разделяне върху тези диаграми на нормалните и активните галактики. На фиг. 8а ясно е изразена тенденцията Маркаряновите и Аракеляновите галактики да са по-компактни. Обратно, обектите със силна степен на активност показват тенденция да са сред най-масивните и най-големите. Последното в най-голяма степен важи за сейфертовите галактики от тип 2.

Интересно е близкото групиране на Аракеляновите и на Маркаряновите галактики. Известно е, че само около 3% от Маркаряновите галактики са едновременно и галактики с висока повърхностна яркост - т.с. Аракелянови галактики. Следователно на последните ще бъде характерна по-висока светимост. Наистина, за 21 Аракелянови галактики  $\langle \lg L \rangle = 10.00 \pm 0.16$ ,  $\sigma = 0.72$ ,

а за 84 Маркарянови галактики  $\langle \lg L \rangle = 9.60 \pm 0.15$ ,  $\sigma = 1.33$ .

За сравнение ще приведем и аналогичните стойности за сейфертовите галактики. За 13 рентгенови източници  $\langle \lg L \rangle = 10.16 \pm 0.14$ ,  $\sigma = 0.5$ ; за 16 СГ тип 1  $\langle \lg L \rangle = 10.32 \pm 0.14$ ,  $\sigma = 0.56$  и за 15 СГ тип 2  $\langle \lg L \rangle = 10.28 \pm 0.14$ ,  $\sigma = 0.56$ . В същото време за 98 нормални галактики  $\langle \lg L \rangle = 9.98 \pm 0.06$ .

## 5. Заключение

По единна методика, използвайки данни за ширините на водородната линия  $\lambda$  21 см, са определени масите и моментите на въртене за около 160 активни галактики. Потвърдени са вече известни зависимости  $M$  от морфологичния тип, които важат и за активните, и за нормалните галактики.

Не е потвърдена за активните галактики тенденцията по-късните морфологични типове да се въртят по-бавно. Това определено може да се каже само за галактиките от подтип  $S_m$ .

Аналогичните зависимости от типа активност показват ясна тенденция за разделяне на обектите по типове активност, но сравнително малката извадка не позволява да се отчете едновременно и влиянието на морфологичния тип.

Диаграмите от типа на фиг. 8а-с могат да служат като косвени диагностични диаграми за отделянето на Сейфертовите обекти сред другите типове активни обекти.

Самостоятелна секция по Астрономия  
с Национална астрономическа обсерватория  
при Българската академия на науките

София

Таблица 1

Коефициенти на регресия и корелация за зависимостите между относителният момент, масата, светимостта и линейният диаметър

ЗАВИСИМОСТ	$y = a.x + b$			забележка
	$a \pm da$	$b \pm db$	$r$	
Lg m - Lg A <sub>25</sub>	1.38 ± 0.03	8.90 ± 0.08	0.81	
Lg K - Lg A <sub>25</sub>	1.16 ± 0.10	-2.77 ± 0.33	0.84	за Е - гал.
	1.20 ± 0.02	-1.91 ± 0.04	0.92	за - гал.
Lg K - Lg m	0.67 ± 0.05	-8.56 ± 0.08	0.96	за Е- гал.
	0.72 ± 0.01	-8.06 ± 0.02	0.96	за - гал.
Lg K - Lg L	0.72 ± 0.12	-8.56 ± 0.26	0.78	за Е - гал.
	0.65 ± 0.02	-6.98 ± 0.03	0.84	за - гал.
<u>НОРМАЛНИ ГАЛАКТИКИ</u>				
Lg m - Lg A <sub>25</sub>	1.29 ± 0.10	9.44 ± 0.02	0.61	за 97 гал. Търнър
Lg K - Lg A <sub>25</sub>	1.26 ± 0.03	-2.72 ± 0.01	0.81	за 43 Е-гал.
	1.31 ± 0.05	-1.97 ± 0.02	0.92	за 169 -гал. *
Lg K - Lg m	0.70 ± 0.01	-8.84 ± 0.01	0.99	за 42 Е-гал. *
	0.70 ± 0.04	-7.88 ± 0.01	0.93	за 169 -гал. *
Lg K - Lg L	0.69 ± 0.06	-8.15 ± 0.03	0.84	за 43 Е-гал.
	0.62 ± 0.07	-6.50 ± 0.02	0.72	за 54 - гал.

Забележка: Отбелязаните със звездичка обекти са от списъка на Караченцев, останалите са от списъка на Търнър.

Средни стойности и дисперсии на абсолютните звездни величини и максималните скорости на въртене за галактики от различен морфологичен тип / табл. 2а / и с различна степен на активност / табл. 2б /

Таблица 2а

Тип	Sa	Sb	Sc	Sm	S0	E
n	33 /1/	44 /2/	32	29	17 /1/	5
$\bar{X}$	-20.33	-19.61	-19.75	-18.60	-19.77	-19.41
$\Delta\bar{X}$	$\pm 0.24$	$\pm 0.26$	$\pm 0.23$	$\pm 0.37$	$\pm 0.47$	$\pm 0.57$
$\sigma$	1.40	1.76	1.31	1.97	1.88	1.28
n	32 /2/	45 /1/	31 /1/	29	18	5
$\bar{X}$	177.0	168.0	148.8	109.2	158.3	174.0
$\Delta\bar{X}$	$\pm 13.4$	$\pm 12.8$	$\pm 11.8$	$\pm 7.6$	$\pm 23.3$	$\pm 34.5$
$\sigma$	75.8	86.2	65.6	41.0	98.7	77.1

Таблица 2б

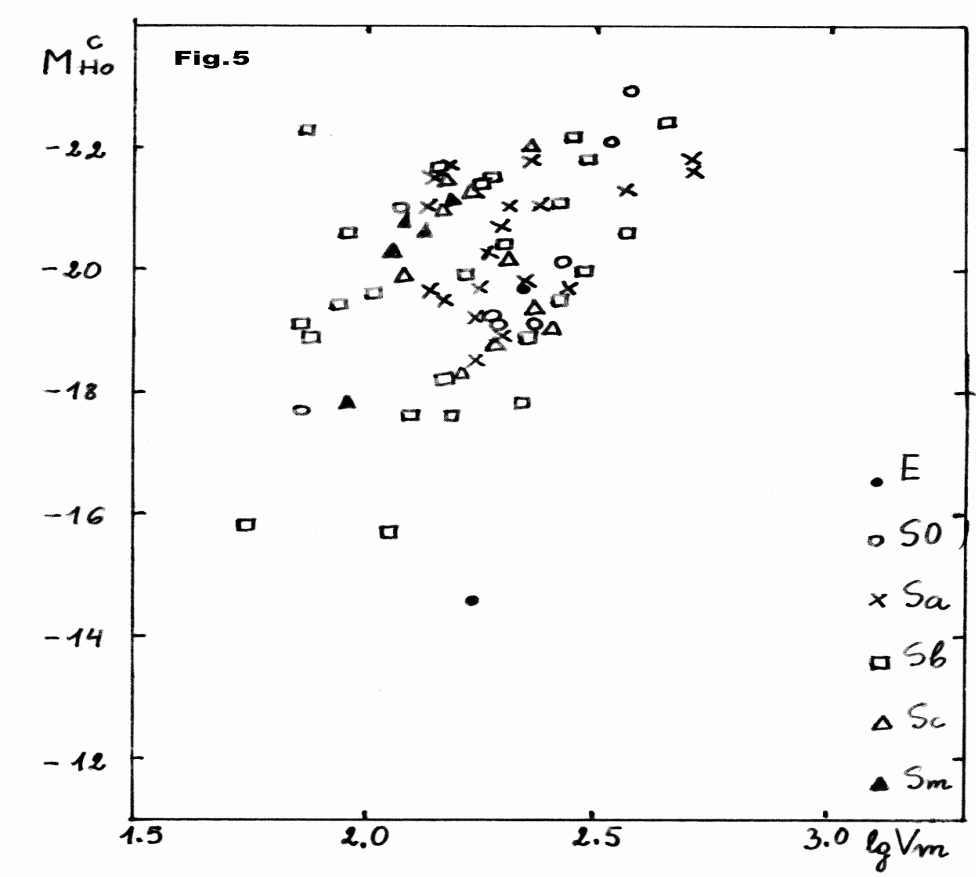
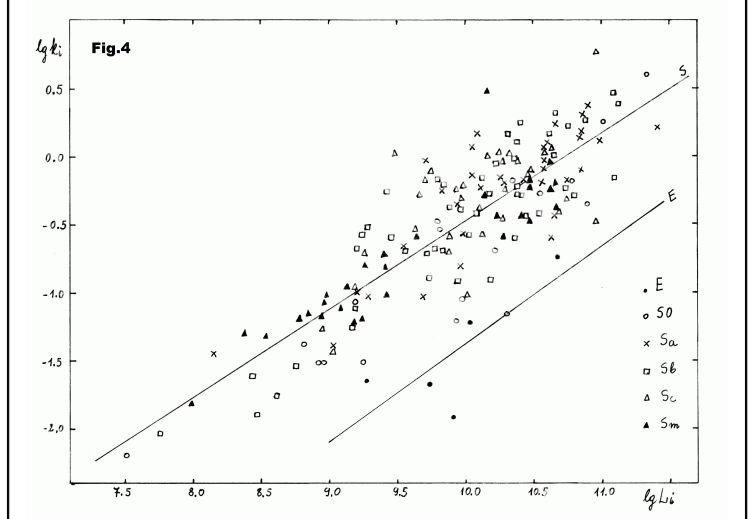
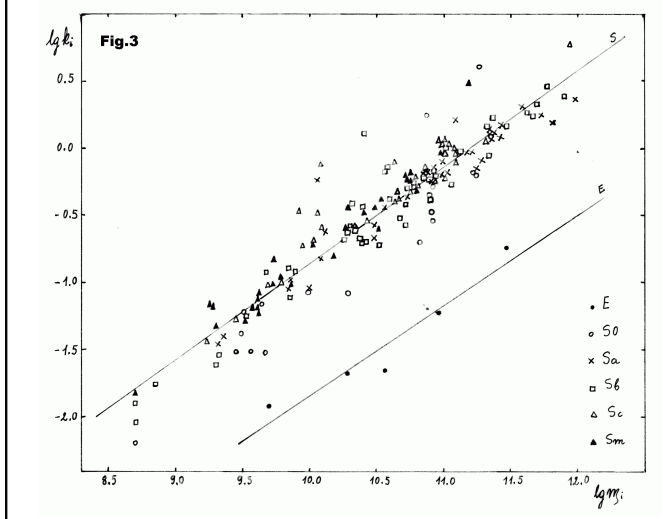
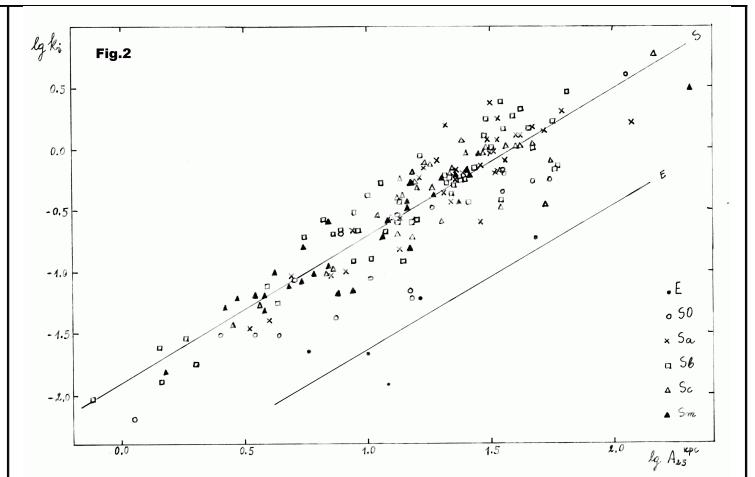
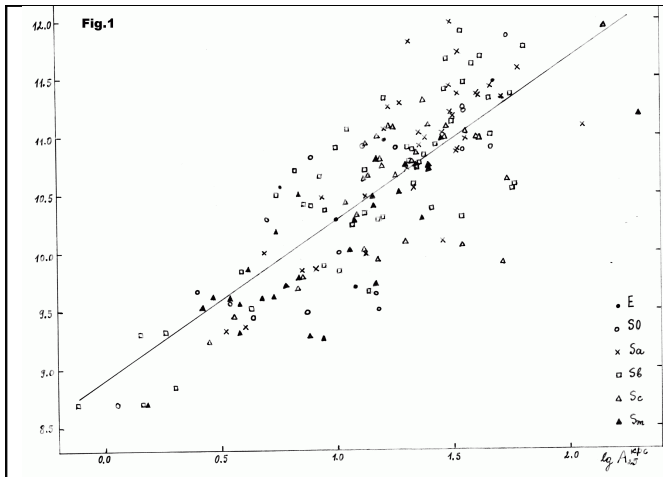
Тип	X- ray	Sy 6	Акн G	Mrk G
n	13	34	21	84
$\bar{X}_{\pm}$	-20.01 $\pm$ 0.34	-20.39 $\pm$ 0.24	-19.61 $\pm$ 0.40	-19.13 $\pm$ 0.24
$\sigma$	1.25	1.40	1.81	2.24
n	12 /1/	33 /1/	21	82 /2/
$\bar{X}_{\pm}$	174.1 $\pm$ 13.0	224.6 $\pm$ 15.3	140.9 $\pm$ 12.3	126.6 $\pm$ 6.8
$\sigma$	45.2	87.8	56.3	62.0

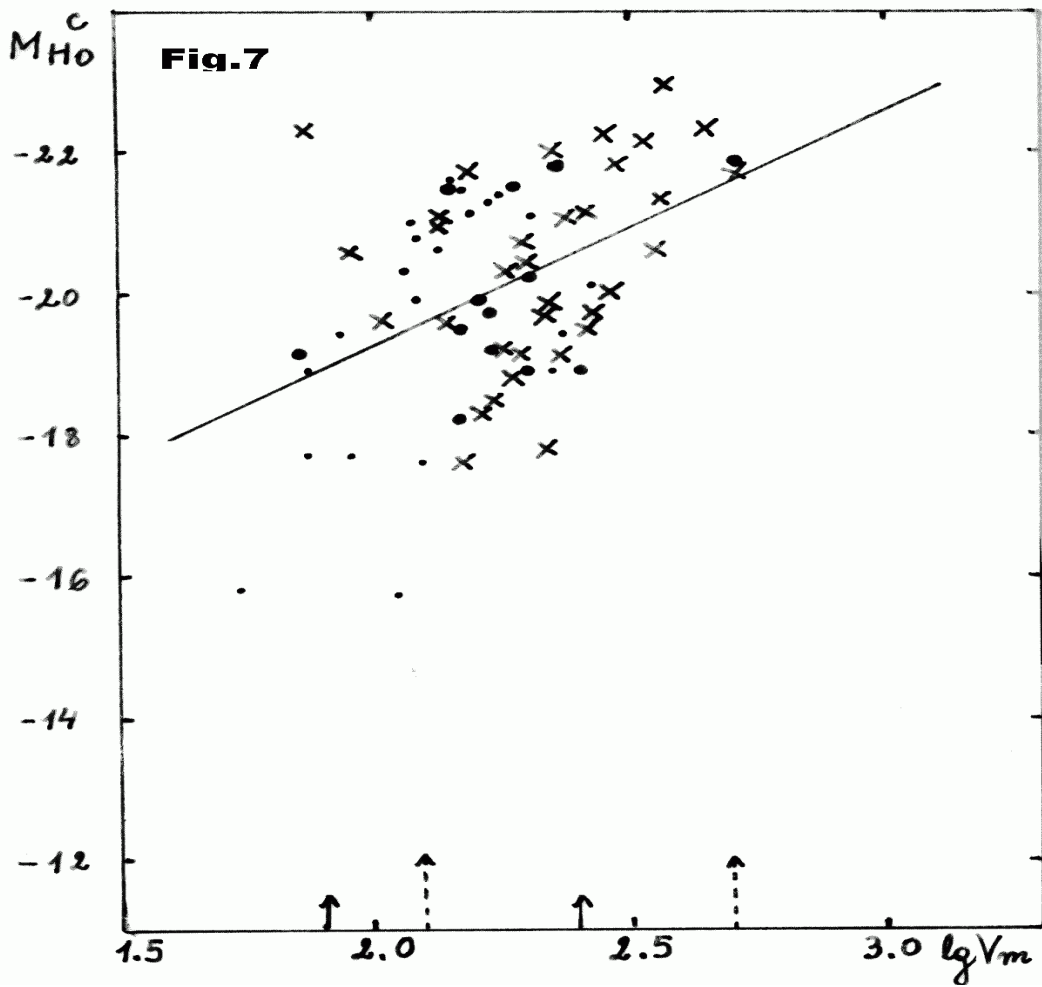
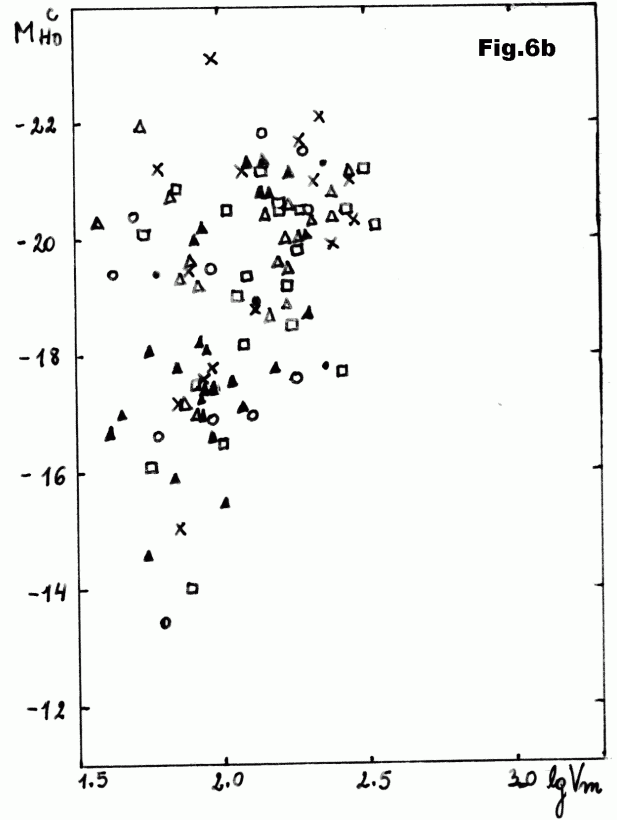
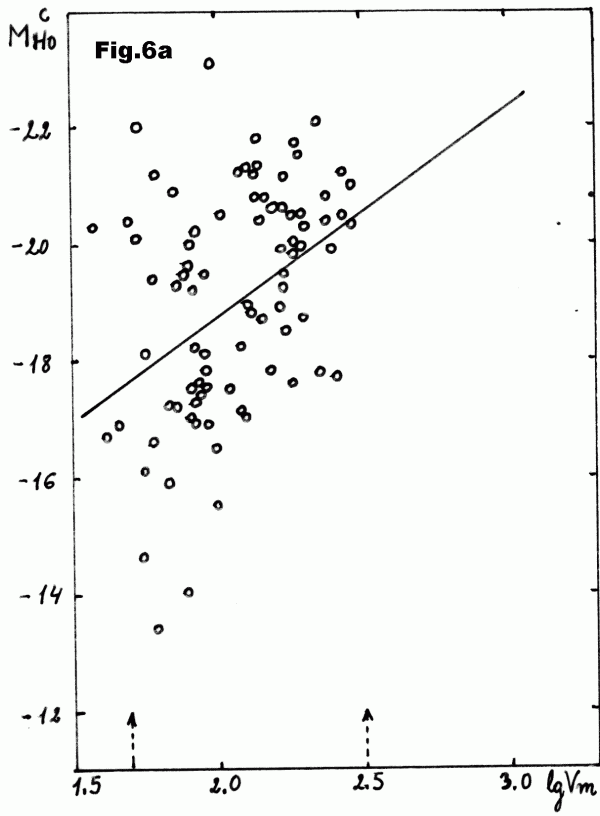


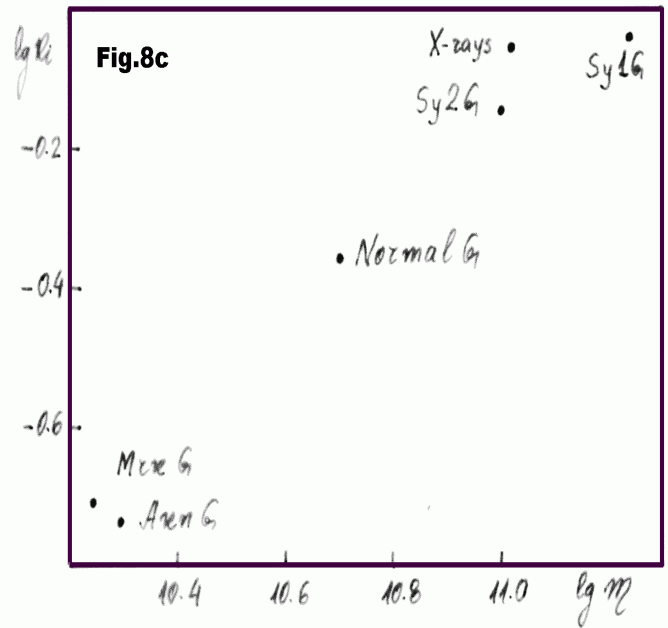
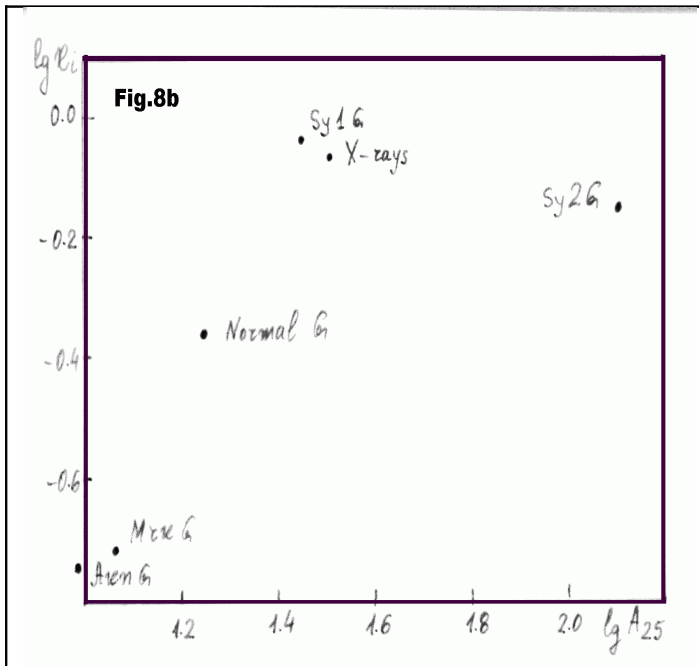
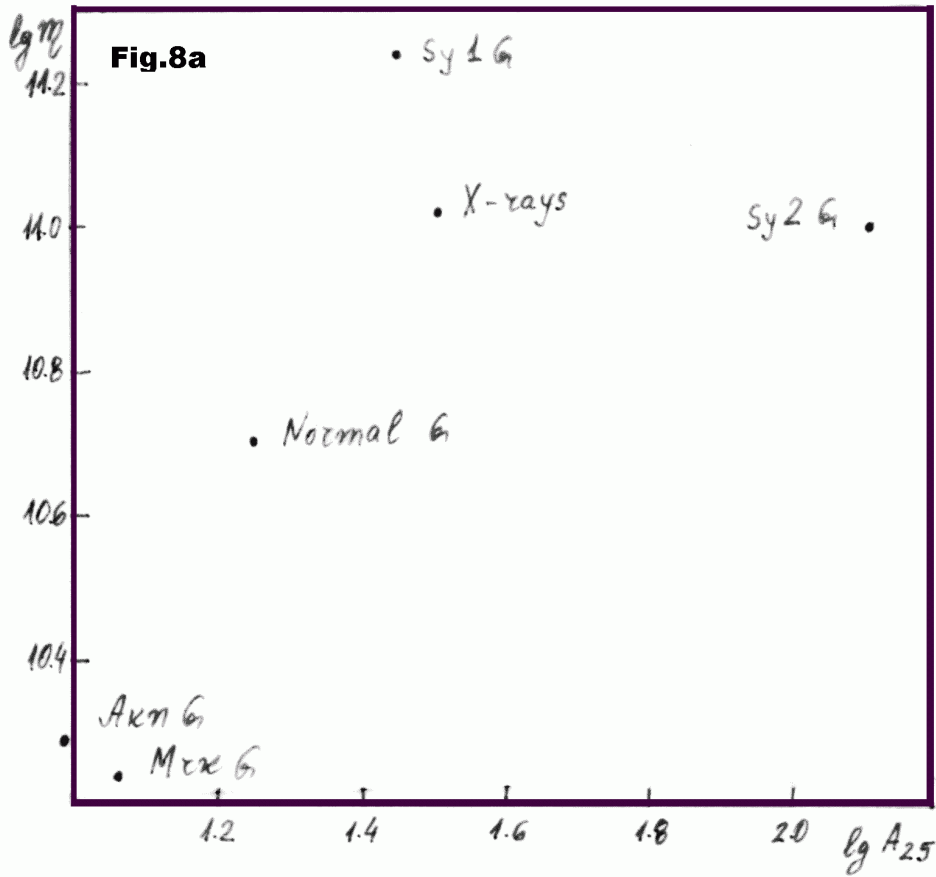
таблица 3

Средни стойности и дисперсиите им за линейните диаметри,  
масите и относителните моменти за галактики с различна степен  
на активност

		$\lg A_{25}$	$\lg M$	$\lg K_i$
X-ray /13/	$\bar{X}_{\pm}$ $\sigma$	$1.51 \pm 0.05$ 0.18	$11.02 \pm 0.12$ 0.43	$-0.06 \pm 0.06$ 0.23
CG 1 /14/	$\bar{X}_{\pm}$ $\sigma$	$1.45 \pm 0.07$ 0.28	$11.24 \pm 0.12$ 0.45	$-0.04 \pm 0.09$ 0.34
CG 2 /17/	$\bar{X}_{\pm}$ $\sigma$	$2.11 \pm 0.71$ 2.92	$11.00 \pm 0.12$ 0.51	$-0.15 \pm 0.09$ 0.38
Акн Г /21/	$\bar{X}_{\pm}$ $\sigma$	$0.99 \pm 0.09$ 0.40	$10.29 \pm 0.14$ 0.64	$-0.74 \pm 0.12$ 0.55
Мрк Г /84/	$\bar{X}_{\pm}$ $\sigma$	$1.06 \pm 0.05$ 0.45	$10.24 \pm 0.08$ 0.72	$-0.71 \pm 0.06$ 0.60
Норм. /98/	$\bar{X}_{\pm}$ $\sigma$	$1.25 \pm 0.03$ 0.28	$10.70 \pm 0.06$ 0.59	$-0.36 \pm 0.10$ 0.43







## REFERENCES

- Carrasco L., Roth M., Serrano A., 1982, *A & Ap.*, 106, 89.
- Dai W. S., Lin R. L., Hu F. X., 1978, *Acta Astr. Sinica*, 19, 24.  
 \_\_\_\_\_, 1979, *Chinese Astron.*, 3, 31.
- Holmberg E., 1964, *Arc. for Astr.*, 3, 387.  
 \_\_\_\_\_, 1975, in "Galaxies and the Universe", eds. Sandage  
 A., Sandage M., Kristian J. Univ. of Chicago Press, p. 151.
- Huchtmeier W., Richter O., Bohnenstengel H., Hauschildt M., 1983,  
 ESO Sci. Prepr. No. 250.
- Karatchentsev I. D., 1985, *Sov. AJ*, 62, 3 ( in russian ).  
 \_\_\_\_\_, 1988, *Double Galaxies*, M., Nauka (in russian)
- Karatchentsev I., Karatchentseva V., Sterbanovskii A., 1985,  
*Astroph. Invest. ( SAO )*, 19, 3 ( in russian ).
- Mineva V. A., 1988, *Sov. AJ*, in press.
- Mineva V., Petrov G., 1988a, *C.r. Acad. Sci. Bulg.*, in press.  
 \_\_\_\_\_, 1988b, \_\_\_\_\_.
- Ozernoi L. M., 1967a, *Astr. Tsirc. No. 407* ( in russian ).  
 \_\_\_\_\_, 1967b, *Astr. Tsirc. No. 422* ( in russian ).
- Peterson B., Strom S., Strom K., 1979, *AJ*, 84, 735.
- Petrov G., Mineva V., 1988, *C.r. Acad. Sci. Bulg.*, in press.
- Smirnov N., Dunin - Barkovskii I., 1965, *Theory of propability  
 and mathematical statistics*, M., Nauka.
- van Moorsel G., 1983, *Neutral Hydrogen Observations of Binary Ga-  
 laxies*, Rijksuniversiteit te Groningen.
- Vettolani G., Maramo B., Zamorani G., Bergamini R., 1980,  
*MNRAS*, 193, 269.
- Zasov A., Kjazumov G., 1983, *Sov. AJ*, 60, 656 ( in russian ).
- Zasov A., Ozernoi L., 1967, *Astr. Tsirc. No. 405* (in russian ).

Accepted: September 1989