

## СПЕКТРАЛЬНОЕ НАБЛЮДЕНИЕ ГАЛАКТИКИ Kaz17

М.А.КАЗАРЯН, Э.Л.КАРАПЕТЯН

Поступила 17 февраля 2006

Принята к печати 20 сентября 2006

Приводятся результаты спектрального исследования галактики Kaz 17. В ее спектре были отождествлены 150 линий, из них 21 является эмиссионной, а остальные - линиями поглощения. Эти линии принадлежат к следующим элементам и ионам: H $\beta$ , HeI, HeII, CII, NI, NII, [NII], NIII, [OI], OII, [OIII], [NeIII], NaI, MgI, [MgI], SiI, [SiII], TiI, CrI, FeI. Примерно 56% линий поглощения принадлежат к элементу FeI. Из линий поглощения 10, принадлежащих к TiI и FeI, являются одиночными. Остальные - из-за близости длин волн сливаются и образуют отдельные полосы поглощения. В спектре Kaz 17 не отождествлены 10 линий, из которых 8 являются эмиссионными. В общем счете в спектре Kaz 17 наблюдаются 160 линий. По структуре эмиссионных линий Kaz 17 можно отнести к типу Sy1, а по линиям поглощения она больше напоминает нормальную галактику.

1. *Введение.* Среди галактик с УФ-избытком встречаются такие, у которых отношение интенсивностей линий [OIII]  $\lambda\lambda$  5007 и 4959 отличается от теоретического значения ( $I_{5007}/I_{4959} = 3$ ). Одной из причин отклонения возможно является слияние этих линий с линиями [FeII]  $\lambda\lambda$  5007, 5006, 4972, 4951 и 4947. Например, у галактик Kaz 147 и Kaz 207 отношения  $I_{5007}/I_{4959}$  равны 2.15 и 2.25, соответственно [1,2]. В таких случаях можно предположить, что интенсивность линии [OIII]  $\lambda$  4959 увеличилась за счет слияния с линиями [FeII]  $\lambda\lambda$  4972, 4951 и 4947. У галактики Kaz 235 в этой части спектра наблюдается только бленда линий [FeII]  $\lambda\lambda$  4951 и 4947, а линия [OIII]  $\lambda$  4959 вообще не наблюдается. Это хорошо видно на рисунке, который приведен в [3]. У галактики Kaz147a, наоборот,  $I_{5007}/I_{4959} = 5.26$  [1], т.е. примерно на 1.8 раза больше теоретического значения. В этом случае интенсивность линии [OIII]  $\lambda$  5007 возможно увеличилась за счет интенсивности линий [FeII]  $\lambda\lambda$  5007, 5006.

В спектре изучаемой галактики наблюдается такой же эффект; отношение интенсивностей линий [OIII]  $\lambda\lambda$  5007 и 4959 равно примерно 0.6, которое очень сильно отличается от его теоретического значения. Кроме этого, Kaz 17 имеет ряд других интересных особенностей, которые представлены ниже.

2. *Наблюдательные данные и их обработка.* Наблюдения проводились на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории со спектральной камерой SCORPIO. При наблюдении была использована гризма

( $C = 600 \text{ мм}^{-1}$ ) с центральной длиной волны  $\lambda 5200 \text{ \AA}$ . Система охватывает спектральную область  $\lambda \lambda 3920 - 7420 \text{ \AA}$  с дисперсией  $1.7 \text{ \AA/pix}$ . Щель спектральной камеры была направлена на восток - запад, а ее ширина была равна  $2''$ , высота -  $5'$ . Для Каз 17 были получены четыре спектра, два из них - 26 сентября 2003г., а два - 23ноября 2005г. Экспозиция каждой из первых двух спектров была 40 мин, а вторых - 30 мин.

Спектры обрабатывались по программе „MIDAS“. Спектр Каз 17 имеет сложную структуру, состоит из многих эмиссионных линий и линий поглощения. В ее спектре отождествлены 150 линий, из них 21 является эмиссионной, 10 линий не удалось отождествить, из них 8 эмиссионные, т.е в спектре в целом наблюдаются 160 линий. Линии отождествлены со следующими элементами и ионами: H I, He I, He II, C II, N I, N II, [N II], N III, [O I], O II, [O III], [Ne III], Na I, Mg I, [Mg I], Si II, [Si II], Ti II, Cr I, Fe I. В пределах погрешности измерения ( $\leq 7 \text{ \AA}$ ) подавляющее большинство линий поглощения, наблюдаемых в спектре Каз 17, с помощью таблиц [4] были отождествлены с линиями элементов Fe I, Ti II, Cr I. В этих таблицах, кроме длины волны линий, приведены также их интенсивности в произвольных единицах. Для элементов Fe I, Ti II и Cr I максимальные значения интенсивностей приняты равными 1000, 400 и 5000 единиц, соответственно. Отмеченные максимальные интенсивности в [4] имеют линии Fe I  $\lambda 4383.5$ , Ti II  $\lambda 6146$  и Cr I  $\lambda 4254.3$ , которые также яркие в спектре Каз 17.

Считались отождествленными те линии, для которых интенсивность была  $\geq 70$  единиц. Отметим, что только 4 линии Ti II имеют интенсивность 70 единиц, а у остальных линий интенсивность  $\geq 100$  единиц. Поэтому можно считать, что отождествление линий отмеченных элементов произведено довольно точно.

В табл.1 приведены соответственно: наблюдаемые длины волн  $\lambda_{\text{набл}}$  и их лабораторные значения  $\lambda_0$ , элемент или ион (рядом в скобках приведены интенсивности линий из таблицы [4]), красные смещения  $z$ , эмиссионные линии отмечены через  $e$ , абсорбционные -  $a$ .

Примерно 56% линий поглощения принадлежат элементу Fe I, из них 9 являются одиночными, наблюдается еще одна одиночная линия, которая принадлежит к Ti II. Остальные линии сливаются и образуют отдельные полосы поглощения. Как видно из табл.1, каждая из этих полос содержит разное количество линий. При определении красных смещений, для каждой из этих полос в качестве лабораторной длины волны взято среднее значение длин волн компонентов, а в качестве длины волны наблюдения была взята длина волны самого глубокого минимума данной полосы.

Как видно из рис.1а, эмиссионная линия Na очень сильная и

Таблица 1

ОТОЖДЕСТВЛЕНИЯ ЛИНИЙ И ПОЛОС

$\lambda_{\text{набл.}}$	$\lambda_0$	Химич. элемент	Эмиссия или абсорбция	$z$
1	2	3	4	5
6870	6731	[SII]	e	0.0207
6856	6717	[SII]	e	0.0207
6816	6678	FeI (250)	a	0.0207
	6584	[NII]	e	
6703	6563	H $\alpha$	e	0.0213
	6548	[NII]	e	
6632	6495	FeI (400)	a	0.0211
6622	6482.1	NII	e	0.0216
	6411.7	FeI (100)	a	
6542	6408	FeI (150)	a	0.0211
	6400	FeI (200)	a	
6516	6393.6	FeI (100)	a	0.0191
6498	6364	[OI]	e	0.0211
6422	6287.1	SII	e	0.0215
	6261.1	TiI (300)	a	
6380	6258.7	TiI (300)	a	0.0193
	6258.1	TiI (200)	a	
6360	6220.5	TiI (100)	a	0.0229
	6215.3	TiI (100)	a	
6324	6191.6	FeI (100)	a	0.0214
	6160.7	NaI (500)	a	0.0211
6288	6154.2	NaI (500)	a	
	6091.2	TiI (125)	a	0.0213
6218	6085.2	TiI (100)	a	
6018	5895.9	NaI (5000)	a	0.0212
	5889.9	NaI (9000)	a	
6000	5876	HeI (3000)	e	0.0211
5988	5866.5	TiI (300)	a	0.0210
5965	5840...		e	0.0213
	5786.0	TiI (100)	a	
5891	5774.1	TiI (70)	a	0.0205
	5766.3	TiI (70)	a	
	5762.3	TiI (70)	a	
5778	5662.2	TiI (70)	a	0.0208
	5658.8	FeI (100)	a	
5722	5615.6	FeI (400)	a	0.0189
	5506.8	FeI (150)	a	
5606	5501.5	FeI (150)	a	0.0185
5520	5405.8	FeI (400)	a	
	5404.1	FeI (300)	a	0.0213
5440	5328.0	FeI (400)	a	0.0210
5400	5283.6	FeI (800)	a	0.0220
5380	5270.4	FeI (400)	a	0.0220
	5269.5	FeI (800)	a	
5343	5232.9	FeI (900)	a	0.0210

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5
5321	5208.6 } 5206.0 } 5192.4 } 5191.5 }	FeI (200) CrI (500) FeI (400) FeI (400)	а а а а	0.0218
5290	5183.6 } 5173.7 } 5172.7 } 5171.6 }	MgI (500) TiI (125) MgI (200) FeI (300)	а а а а	0.0211
5262	5162.3 } 5150.8 }	FeI (300) FeI (150)	а а	0.0204
5185	5077		а	0.0213
5176	5066		е	0.0213
5152	5049.8 } 5041.8 } 5041.1 } 5039.9 } 5025.5 } 5024.8 } 5022.9 } 5022.3 }	FeI (400) FeI (300) Fe I (125) TiI (125) TiI (100) TiI (100) TiI (100) FeI (150)	а а а а а а а а	0.0212
5128	5020.1 } 5016.2 } 5015 }	TiI (100) TiI (100) FeI (500)	а а а	0.0213
5114	5007	[OIII]	е	0.0214
5103	4999.5 } 4994.1 } 4991.1 }	TiI (200) FeI (200) TiI (200)	а а а	0.0216
5073	4966.1 } 4957.6 } 4957.3 }	FeI (300) FeI (300) FeI (100)	а а а	0.0216
5063	4959	[OIII]	е	0.0210
5034	4938.8 } 4938.2 } 4928.3 } 4924.8 } 4921.8 } 4920.5 } 4919 }	FeI (300) FeI (100) TiI (100) FeI (100) TiI (100) FeI (500) FeI (300)	а а а а а а а	0.0216
4987	4903.3 } 4890.8 } 4885.1 } 4872.1 }	FeI (500) FeI (100) TiI (150) FeI (100)	а а а а	0.0210
4965	4871.3 } 4861	FeI (200) H $\beta$	а е	0.0214
4953	4859.7 } 4856 }	FeI (150) TiI (100)	а а	0.0209
4880	4840.9 }	TiI (125)	а	0.0213
4860	4779		а	0.0213
	4760		е	0.0213

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5
4805	4708 } 4707.3 }	CrI (200) FeI (100)	а а	0.0207
4782	4685.7 } 4681.9 }	HeII (300) TiI (200)	е а	0.0207
4775	4678.8 } 4667.6 }	FeI (150) TiI (150)	а а	0.0202
4762	4667.5 } 4656.5 }	FeI (150) TiI (150)	а а	0.0217
	4652.1 } 4634.2 }	CrI (200) NIII	а е	
4738	4640.6 } 4641.8 }	NIII NIII	е е	0.0214
4684	4591.4 } 4580.1 }	CrI (200) CrI (300)	а а	0.0214
4667	4571 } 4556.1 }	[MgI] FeI (150)	е а	0.0210
	4555.5 } 4552.5 }	TiI (125) TiI (150)	а а	0.0216
4652	4549.6 } 4496.9 }	TiI (100) CrI (200)	а а	
	4494.6 } 4489.7 }	FeI (400) FeI (100)	а а	0.0212
4588	4489.1 } 4471.5 }	TiI (100) HeI (400)	а е	0.0211
	4453.3 } 4450.9 }	TiI (150) TiI (150)	а а	
4542	4449.1 } 4447.7 }	TiI (150) FeI (200)	а а	0.0212
	4443.2 } 4442.3 }	FeI (200) FeI (400)	а а	
4488	4404.7 } 4340 }	FeI (1000) Hy -	а е	0.0189 0.0210
4433	4327 } 4307.9 }	Hy FeI (1000)	а а	0.0186
	4305.9 } 4299.2 }	TiI (300) FeI (500)	а а	0.0194
4384	4289.7 } 4267.2 }	CrI (3000) CII	а е	
4358	4224.2 } 4222.2 }	FeI (200) FeI (200)	а а	0.0213
	4219.4 } 4217.6 }	FeI (250) FeI (150)	а а	0.0213
4310	4216.2 } 4194 }	FeI (200) е	а е	0.0212
4283	4165 } 4158.8 }	е FeI (100)	е а	0.0212
4265	4157.8 } 4156.8 }	FeI (150) FeI (100)	а а	
4244	4154.8 } 4154.5 }	FeI (100) FeI (100)	а а	0.0211
	4153.9 } 4153.9 }	FeI (100) FeI (120)	а а	

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4	5
4188	4102	H $\delta$	a	0.0210
4170	4083		e	0.0210
4107	4026.2	CrI (100)	a	0.0208
	4021.9	FeI (200)	a	
	4021.8	TiI (100)	a	
4086	4001		e	0.0212
4048	3970	H $\epsilon$	a	0.0196
3984	3908.8	CrI (200)	a	0.0215
	3906.5	FeI (300)	a	
	3902.9	FeI (500)	a	
	3899.7	FeI (500)	a	
	3895.7	FeI (400)	a	
	3886.3	FeI (600)	a	
3964	3882		e	0.0212
3947	3868.7	[NeIII]	e	0.0202

широкая, ее крылья с красной и синей стороны сливаются с линиями [NII]  $\lambda\lambda$  6584 и 6548, и они вместе составляют одну очень яркую и широкую полосу. Эмиссионные линии [SII]  $\lambda\lambda$  6731 и 6717 также сливаются, что указывает на то, что запрещенные линии также широкие.

Из табл.1 видно, что рядом с линией  $N_1$  в интервале примерно  $\Delta\lambda = 35\text{Å}$  наблюдаются 10 линий поглощения элементов TiI и FeI, а рядом с линией  $N_2$  в интервале примерно  $\Delta\lambda = 9\text{Å}$  - 3 линии поглощения этих же элементов. Эти линии сливаются с  $N_1$  и  $N_2$  и уменьшают их интенсивность, причем интенсивность  $N_1$  уменьшилась примерно в 3.5 раза больше, чем интенсивность  $N_2$ . Около линии H $\beta$  также наблюдаются линии поглощения TiI и FeI. Линия H $\gamma$  имеет слабый эмиссионный компонент, а ее компонент поглощения сравнительно сильный, судя по другим более коротковолновым линиям балмеровской серии H $\delta$  и H $\epsilon$ , которые наблюдаются в поглощении, можно предположить, что H $\beta$  также имеет компонент поглощения. Вероятно интенсивность эмиссионного H $\beta$  компонента уменьшилось в следствие слияния с линиями TiI и FeI.

Такая же картина наблюдается у эмиссионных линий HeII  $\lambda$  4686 и HeII  $\lambda$  4471. На рис.1b приведена область спектра, где видны  $N_1$ ,  $N_2$ , H $\beta$  и соседние с ними линии поглощения FeI.

3. *Эквивалентные ширины и полуширины линий.* В табл.2 приведены эквивалентные ширины и полуширины линий и полос поглощения. Как видно из таблицы большинство линий составляют отдельную полосу. Линии, вошедшие в данную полосу поглощения, имеют разные интенсивности и каждая из них вносит свою долю в

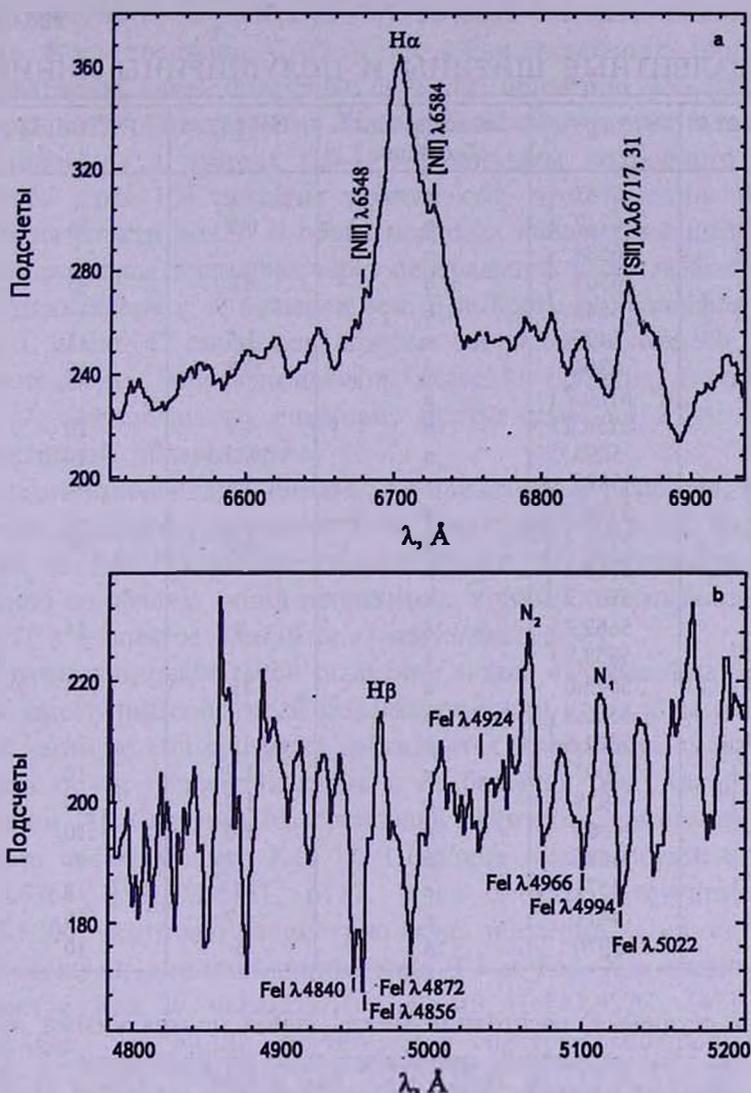


Рис.1. Области спектра галактики Kaz 17. а) вокруг линий H $\alpha$  + [NII]  $\lambda\lambda$ 6584, 6548 ; б) вокруг N $_1$ , N $_2$  и H $\beta$ .

эквивалентную ширину и полуширину полосы. Причем длина волны глубокого минимума полосы совпадает с длиной волны яркого компонента. 12 линий в табл.2 представлены отдельно.

4. *Обсуждение результатов.* Kaz17 принадлежит к морфологическому классу L. Ее размеры 4" x 40", большая ось направлена приблизительно на север - юг. В [5] было отмечено, что распределение поверхностной яркости на изображении галактики почти однородное. Однако подробное изучение снимка, полученного на 2.6-м телескопе, показывает, что в центральной части вдоль большой оси наблюдаются

## ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ШИРИНЫ И ПОЛУШИРИНЫ ЛИНИЙ

Элемент	$\lambda_0$	Эмиссия или абсорбция	$W_\lambda$ (А)	FWHM(А)
[SII]	6731	е		
[SII]	6717	е	6.9	26
[NII]	6584	е		
H $\alpha$	6563	е	33	45
[NII]	6548	е		
FeI	6495	а	1.5	13
[OI]	6364	е	2.8	16
NaI	6160.7	а		
NaI	6154.2	а	4.9	20
NaI	5893	а	8.0	14
HeI	5876	е	5.4	9.5
TiI	5786.0	а		
TiI	5774.1	а	8.0	14
TiI	5766.3	а		
TiI	5762.3	а		
TiI	5662.2	а	8	14
FeI	5658.8	а		
FeI	5615.6	а	11	14
FeI	5506.8	а		
FeI	5501.5	а	10	14
[OII]	5007	е	1.2	10
[OIII]	4959	е	1.9	10
H $\beta$	4861	е	1.0	10
HeII	4686	е	1.2	6
[MgI]	4571	е	4	12
HeI	4471	е	4.7	15
He	3970	а	6	10

три слабых сгущения, расстояние между двумя центральными из них около 3". От этих сгущений, приблизительно на расстоянии 12" к югу и на расстоянии 8" к северу, наблюдаются узкие, с шириной около 1", темные полосы, которые приблизительно перпендикулярны к большой оси. Она имеет сильный УФ-избыток (балл 2), с морфологией спектра типа "d". Как было отмечено выше, спектры получены с разницей примерно в два года. По структурам эти спектры почти не отличаются друг от друга, поэтому в табл.1 и 2 приведены данные, полученные при обработке спектров первого этапа времени. Спектр Kaz 17 включает в себя 14 эмиссионных линий, 10 линий поглощения TiI и FeI и 34 полосы поглощения. Для каждой группы определены средние значения красных смещений, которые равны;  $z_1 = 0.0211 \pm 0.8 \times 10^{-4}$ ,  $z_2 = 0.0205 \pm 2 \times 10^{-4}$  и  $z_3 = 0.0210 \pm 0.7 \times 10^{-4}$ , соответственно. Используя значение  $z_1$ , полученное по эмиссионным линиям, определена  $M_H$  для Kaz 17 при

$H = 75$  км/с/Мпк, ( $m_{\kappa}$  взята из [3]), которая оказалась равной  $-19^m.1$ .

На 6-м телескопе САО и на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории нами получены спектры примерно 150 галактик из выборки [5-9]. Спектральные данные большинства этих галактик были опубликованы в работах [10-12]. Результаты подробного изучения спектров этих 150 галактик показывают, что ни один из них не похож на спектр Kaz17. В обоих периодах наблюдений щель спектрографа проходила примерно через центральную часть галактики, почти перпендикулярна к ее большой оси. В выборке [7-9] морфологический класс L имеют 52 галактики, которые составляют около 9% от общего числа галактик. Морфологический класс 11 галактик, в том числе и Kaz 17, определен по снимкам, полученным на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории.

Среди линзообразных галактик по признакам морфологии, по распределению яркости на поверхности, по протяженности и т.д. Kaz 17 очень похожа на Kaz 119, однако по спектру они отличаются друг от друга, особенно по обилию линий поглощения, которые наблюдаются в спектре Kaz 17, а в спектре Kaz119 они отсутствуют [13].

Другим примером такой галактики может являться Kaz 69, которая также имеет линзообразный морфологический класс и на центральной яркой части ее снимка также наблюдается темная полоса шириной  $1''$ , которая почти перпендикулярна к ее большой оси. Kaz 69 является лайнером [1]. Спектральные признаки лайнеров наблюдаются также у газового составляющего Kaz 17. Широкие низковозбужденные линии [OI]  $\lambda 6364$ , [SII]  $\lambda\lambda 6731, 6717$ . В ее спектре отсутствует линия [OI]  $\lambda 6300$ , которая характерна для лайнеров. Она сливается с близлежащими линиями поглощения TiI и FeI. Как видно из табл.2 в спектре Kaz 17 наблюдаются линии HeI  $\lambda\lambda 5876, 4471$ , а также HeII  $\lambda 4686$ . Эти линии отсутствуют в спектрах лайнеров, например, в спектрах трех лайнеров Kaz 33[14], Kaz 69 [1] и Kaz 73 [15].

Приведенные в табл.2 значения полуширин линий не исправлены за значения инструментального профиля линий. По оценкам линий неба это значение не должно превосходить 300 км/с. Однако почти все эмиссионные линии не свободны от влияния близлежащих линий поглощения TiI и FeI. Тем не менее, после исправления за значения инструментального профиля полуширина линии H $\alpha$  превосходит 2000 км/с, эмиссионного компонента линии H $\beta$  - 300 км/с, линии HeI  $\lambda 4471$  - 700 км/с, линии N $_1$  и N $_2$  - 300 км/с, линии [Mg]  $\lambda 4571$  - 400 км/с и т.д. Учитывая эти особенности Kaz 17, можно сказать, что они характерны галактикам типа Sy1, однако никак не понятно такое обилие линий поглощения в ее спектре. Разница красных смещений

первой  $z_1$  и второй  $z_2$  групп составляет всего  $6 \times 10^{-4}$ , или - 180 км/с, причем ошибки их определения у обеих величин примерно одинаковые. Складывается впечатление, что Kaz17 состоит из двух компонентов, один из которых имеет высоковозбужденную газовую составляющую, а другой - особенности нормальной галактики с сильными линиями поглощения (в основном элементов TiI и FeI). Этим она похожа на галактику Kaz163, которая является тесно двойной системой, один из компонентов которой является галактикой типа Sy1, а другой - нормальной галактикой [16]. Однако у Kaz 17, как было отмечено выше, не наблюдаются такие морфологические особенности. Поэтому для более глубокого понимания физических и морфологических особенностей Kaz17, желательно провести новые наблюдения с большим масштабом и с большой дисперсией.

Вышеприведенные данные указывают на то, что Kaz 17 выделяется среди всех других галактик Казаряна.

Ереванский государственный университет,  
Армения, e-mail, astro@ysu.am

## THE SPECTRAL OBSERVATION OF THE GALAXY Kaz17

М.А.КАЗАРЯН, Е.Л.КАРАПЕТЯН

The results of the spectral investigation of the galaxy Kaz17 are presented. In the spectrum of this galaxy 150 lines have been identified, from which 21 are emission and others - absorption lines. These lines belong to the following elements and ions: HI, HeI, HeII, CII, NI, NII, [NII], NIII, [OI], OII, [OIII], [NeIII], NaI, MgI, [MgI], SII, [SII], TiI, CrI, FeI. Approximately 56% of the absorption lines belong to FeI. 10 absorption lines of FeI and TiI, are singles and other absorption lines because of nearness of the wavelengths make up separate absorption bands. The identification of 10 lines of which 8 are emission lines was not possible. In total in the spectrum of Kaz17 160 lines have been observed. By the structure of the emission lines Kaz17 is of Sy1 type galaxy and by the absorption lines it has the characteristics of a normal galaxy.

Key words: *Galaxies: Seyfert type*

## ЛИТЕРАТУРА

1. *М.А.Казарян, Э.С.Казарян*, *Астрофизика*, 33, 169, 1990.
2. *М.А.Казарян, Э.С.Казарян*, *Письма в Астрон. ж.*, 9, 648, 1983.
3. *М.А.Казарян*, *Астрофизика*, 37, 371, 1994.
4. *А.Н.Зайдель, В.К.Прокофьев, С.М.Райский, В.А.Славный, Е.Я.Шрейдер*, *Таблицы спектральных линий*, М., 1969.
5. *М.А.Казарян*, *Астрофизика*, 15, 5, 1979.
6. *М.А.Казарян*, *Астрофизика*, 15, 193, 1979.
7. *М.А.Казарян, Э.С.Казарян*, *Астрофизика*, 16, 17, 1980.
8. *М.А.Казарян, Э.С.Казарян*, *Астрофизика*, 18, 512, 1982.
9. *М.А.Казарян, Э.С.Казарян*, *Астрофизика*, 19, 213, 1983.
10. *М.А.Казарян, Э.С.Казарян*, *Астрофизика*, 26, 5, 1987.
11. *М.А.Казарян*, *Астрофизика*, 27, 399, 1987.
12. *М.А.Казарян, Э.Л.Карапетян*, *Астрофизика*, 45, 559, 2002.
13. *М.А.Казарян, В.С.Тамазян*, *Письма в Астрон. ж.*, 8, 454, 1982.
14. *М.А.Казарян, В.С.Тамазян*, *Астрофизика*, 36, 363, 1993.
15. *М.А.Казарян, Ж.Р.Мартиросян*, *Астрофизика*, 44, 207, 2001.
16. *М.А.Казарян*, *Астрофизика*, 19, 411, 1983.