

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՄԱՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ԲՅՈՒՐԱԿԱՆԻ ԱՍՏԳԱԴԻՏԱՐԱՆԻ ՀԱՂՈՐԴՈՒՄՆԵՐ
СООБЩЕНИЯ БЮРАКАНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

ՊԻԱԿ XV ВЫПУСК

КРАТНЫЕ СИСТЕМЫ ТИПА ТРАПЕЦИИ

В. А. АМБАРЦУМЯН



Вводные замечания. Сейчас же после того, как в 1948 году на основании данных об О-ассоциациях мы установили, что они являются распадающимися системами, было решено обратить внимание на особенности звезд, входящих в О-ассоциации. В начале 1949 года Б. Е. Маркарян и автор заметили, что подобно тому как в центральном скоплении туманности Ориона имеется Трапеция Ориона, так и в находящемся близ центра ассоциации Лебеда небогатом скоплении IC 4996 находится кратная система ADS 13626, которая также отличается от кратных систем обыкновенного типа, как и Трапеция Ориона. Интересная фотография этой системы дана на втором снимке Бюраканского Атласа Открытых Скоплений. В вышедшей в том же году работе Маркаряна и автора об ассоциации вокруг Р Лебеда[1] впервые введено понятие о системах типа Трапеции и установлено их космогоническое значение. В 1950 и 1951 годах были опубликованы весьма важные работы Маркаряна[2,3], посвященные звездным скоплениям, в которых была выявлена исключительно большая роль систем типа Трапеции в строении О-скоплений. В 1951 году нами были опубликованы в „Докладах АН АрмССР“ две статьи о трапециях[4] и о кажущихся трапециях, т. е. псевдотрапециях [5]. В 1952 году на втором космогоническом совещании в Москве П. П. Паренаго[6] сообщил о результатах выполненной им обработки всех произведенных до того момента и опубликованных наблюдений Трапеции Ориона. По мнению Паренаго, эти результаты подтверждают предсказанную в Бюракане положительность полной энергии систем типа Трапеции. В начале 1954 года появилась работа Шарплесса[7], в которой на основании снимков, произведенных в Обсерватории Маунт Вилсон, полностью подтверждена установленная Маркаряном тесная связь систем типа Трапеции с О-скоплениями, подробно рассмотрена связь трапеций с диффузными туманностями, а также найдено несколько новых трапеций.

В настоящее время для дальнейшего развития знаний об этих системах более всего необходимо измерение относительных положений звезд в них и определение спектральных типов составляющих.

Термин „Трапеции“ или „системы типа Трапеции“ с первого взгляда не очень удобен, так как среди рассматриваемых систем встречаются не только четверки, но и тройки, пятерки и т. д. Однако определение, которое мы даем в § 1, является совершенно ясным и его единственный недостаток заключается в некоторой условности границы между трапециями и системами обыкновенного типа.

Употребление же термина „Трапеции“ уже вошло в литературу и не привело и не может привести к какимлибо недоразумениям.

В настоящей статье мы пытаемся дать изложение некоторых вопросов, касающихся систем типа Трапеции.

§ 1. ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

Большинство кратных систем, наблюдаемых нами, обладает следующим свойством: в них нельзя найти трех составляющих a, b, c , таких, что все три расстояния ab, ac и bc имели одинаковый порядок величины. Кратные звезды, обладающие этим свойством, удобно называть кратными системами *обыкновенного типа*.

Характерным примером кратной системы обыкновенного типа является четверная звезда ϵ Лиры, состоящая из двух пар: ϵ^1 Лиры и ϵ^2 Лиры. Расстояние между этими двумя парами равно $207''.8$. Между тем расстояние между двумя составляющими ϵ^1 Лиры равно $3''.1$, а расстояние между составляющими ϵ^2 Лиры всего $2''.3$. Очевидно, что какие бы три звезды мы не выделили в этой четверной системе, одно из расстояний между ними будет по величине на два порядка меньше каждого из остальных двух расстояний.

Если кратная звезда не обладает указанным свойством и в ней можно найти три такие составляющие, все три расстояния между которыми одинакового порядка величины, то мы будем называть ее *кратной системой типа Трапе-*

ции. Интересно, что в самой Трапедии Ориона все шесть расстояний между ее четырьмя главными составляющими одного порядка величины.

Из такого определения очевидно, что в число систем типа Трапедии попадают и такие кратные звезды, конфигурация которых может ничем не напоминать геометрическую трапецию. Так, например, прямолинейная цепочка из трех близких между собой звезд ABC будет считаться системой типа Трапедии, если расстояния AB и BC одинакового порядка величины. Точно так же в число трапедий попадут цепочки из четырех, пяти и большего числа звезд.

Для конкретности дальнейших рассуждений целесообразно условиться точно, в каких случаях мы считаем два расстояния величинами одного и того же порядка. Будем считать, что два расстояния имеют один и тот же порядок величины, если их отношения больше одной трети и меньше трех.

Для начала остановим наше внимание на тройных звездах. В этом случае мы имеем всего три расстояния: AB, AC и BC. Обозначим отношение наибольшего из этих расстояний к наименьшему через k . Тройная система будет обыкновенной кратной или кратной системой типа трапедии в зависимости от того, будет ли k больше или меньше трех.

Хорошо известно, что среди наблюдаемых тройных звезд преобладают системы обыкновенного типа. Но для выяснения того, насколько это преобладание реально и не вызвано избирательностью в наблюдениях, а также того, насколько резко оно выражено у звезд разной физической природы, в частности разного спектрального типа, обратимся к некоторым фактам.

В списке ближайших звезд, составленном Койпером [8], где приводятся звезды, удаленные от нас не более, чем на 10.5 парсек, имеется семь тройных систем. При этом все главные звезды этих систем относятся к главной последовательности. В таблице 1 приводятся значения логарифмов больших полуосей орбит (выраженные в астрономических единицах) далекого и более близкого спутника (по Койперу), значения логарифмов отношения x этих полуосей и

самых χ . В последнем столбце таблицы даются спектральные типы составляющих в тех случаях, когда они известны.

Таблица 1

Звезда	$\lg a_1$	$\lg a_2$	$\lg \chi$	χ	Спектр
40 Eri	1.53	2.72	1.19	16	K1, wA, M6
α Cep	1.37	4.12	2.75	563	G0, K5, M5e
-8° 4352	0.11	2.80	2.69	490	M2, M5
36 Oph	1.50	3.72	2.22	166	K2, K1, K6
HR 6426	1.10	2.44	1.34	22	K3, K4, M2
μ Her	1.07	2.59	1.52	33	G7, M4
-32° 16135	1.31	4.52	3.21	1600	M5, M5, M1
-31° 17815					

Рассмотрение этой таблицы показывает, что: 1) наименьшее значение χ равно 16, т. е. среди ближайших к нам кратных звезд нет ни одной системы типа Трапеции, и 2) среднее значение $\overline{\log \chi}$ равно 2.27, т. е. в среднем (геометрическое среднее!) χ имеет значение порядка двухсот.

Столь большие отношения полуосей орбит позволяют свести движения в каждой такой тройной системе в первом приближении к простым кеплеровским движениям по эллиптическим орбитам.

То, что сделанные выводы правильно характеризуют кратные системы, находящиеся в окрестностях Солнца, подтверждается примером единственной четверной звезды, находящейся внутри той же сферы с радиусом в 10.5 парсек — звезды ϵ UMa. Эта система представляет собой двойную звезду с большой полуосью относительной орбиты, равной 18 астрономическим единицам, причем обе составляющие, в свою очередь, представляют собой спектрально-двойные звезды со значениями больших полуосей орбит порядка 1.5 и 0.04 а. е. И в этом случае система весьма далека от того, чтобы быть системой типа Трапеции. Дело и в этом случае практически сводится к эллиптическим движениям в системе.

Картина лишь немного изменяется, когда мы вместо ближайших звезд рассматриваем звезды с наибольшим видимым блеском.

Из всех звезд, ярче $4^m.0$ и расположенных севернее параллели $\delta = -30^\circ$, только 15 обладают двумя или более физическими визуальными спутниками. Эти звезды распределяются по спектрам следующим образом:

O—B2	B3—B9	A	F—G	K—M
4	3	3	3	2

Из этих 15 звезд только две (ζ Персея и σ Ориона) являются кратными системами типа Трапеции. Таким образом, и в этом случае обыкновенные системы резко преобладают. Надо учесть также, что в число рассматриваемых 15 систем входят только те кратные системы, в которых, по крайней мере, три компонента визуально разделяются друг от друга. Между тем мы имеем севернее склонения $\delta = -30^\circ$ еще 16 визуально двойных звезд ярче $4^m.0$, у которых, по крайней мере, одна составляющая является спектрально двойной. Все эти системы являются кратными системами обыкновенного типа. Таким образом, мы на самом деле имеем всего 31 кратную звезду ярче $4^m.0$. Причем их распределение по спектральным типам таково:

O—B2	B3—B9	A	F—G	K—M
8	3	8	8	4

Это распределение по введенным нами интервалам спектральных типов можно считать, грубо говоря, равномерным. Между тем обе упомянутые выше кратные системы типа Трапеции оказываются в одном и том же промежутке O—B2. В связи с этим установленное выше отсутствие кратных систем типа Трапеции среди ближайших к нам звезд естественно поставить в связь с отсутствием внутри сферы радиусом 10.5 парсек вокруг Солнца голубых гигантов со спектрами O—B2.

Возьмем теперь звезды ярче видимой величины $5^m.5$, расположенные севернее склонения -30° . Оказывается, что

среди них имеется уже 16 звезд, являющихся главными составляющими систем типа Трапеции.

Они распределяются по спектральным типам следующим образом:

О—В2	В3—В9	А	F—G	K—M
5	6	1	3	3

Мы видим в этом случае значительное преобладание звезд типов О—В над другими типами. Это преобладание усиливается, если мы, желая отбросить оптические системы типа Трапеции, когда звезда поля случайно проектируется рядом с двойной звездой, исключим те случаи, когда спутник очень слаб или находится недостаточно близко к главной звезде. Для этого введем хотя бы следующие верхние границы для расстояния d до главной звезды для различных интервалов видимой величины спутника.

m	d
11.5—12.5	10"
10.5—11.5	30"
9.5—10.5	50"
8.5—9.5	80"

Что касается спутников слабее $12^m.5$, то их мы все отбросим, независимо от значения d .

В таком случае в нашем списке останется только 11 звезд. Данные о них приведены в таблице 1. В последнем столбце этой таблицы даются звездные величины тех трех составляющих кратной системы, расстояния между которыми одинакового порядка и расположение которых послужило основанием для отнесения системы к типу Трапеции.

Очевидно, что и введенные нами ограничения на угловые расстояния спутников не исключают возможности того, что среди оставшихся звезд все же имеются оптические трапеции, т. е. случаи, когда на двойную звезду случайно проектируется какая-либо звезда фона. Встает вопрос, какое число систем из перечисленных в таблице одиннадцати может быть оптическими Трапециями. Для ответа на этот вопрос сделаем следующий грубый подсчет. Примем, что

Таблица

Название	ADS	HD	Спектр	m_1	m_2	m_3
γ Гер	2843	24398	B1 Ib	2.9;	9.3;	11.1
+14°79'	3579	31764	B8	5.2;	6.7;	9.0
11 Аур	3824	33951	A2	5.2;	7.2;	11.0
θ^1 Ори	4186—8	37022	O7	5.4;	6.8;	6.8
Σ Ори	4241	37468	O9.5 V	4.0;	7.5;	10.3
γ СМа	5977	57061	O9III	5.0;	10.5;	11.2
P Руп	6205	60863	B3	5.2;	9.3;	10.0
γ Мон	6617	67954	G0	5.0;	8.5;	10.7
—21°49'08"	11169	166937	B8p	4.0;	9.5;	9.5
59 Суг	14526	200120	B3nc	4.7;	9.0;	11.5
+34°43'71"	14831	202904	B3nc	4.6;	10.2;	10.2

случайно проектирующимися звездами фона являются слабейшие компоненты тройных систем (что по статистическим соображениям более вероятно). Учтем, что средняя звездная величина слабейших компонентов наших систем равна 10.1 и что звезд до $10^m.1$ в экваториальной галактической зоне приходится порядка 10 на квадратный градус. Поскольку для превращения данной двойной звезды, в результате проектирования на нее какой-либо звезды фона, в тройную систему типа Трапеции, могущую попасть в таблицу 2, нужно, чтобы звезда фона спроектировалась в круг определенного радиуса вокруг этой двойной звезды (в данном случае этот круг в среднем имеет радиус в $50''$), то элементарным путем, исходя из указанной концентрации звезд фона, найдем, что вероятность превращения таким путем одной двойной звезды в оптическую Трапецию равна приблизительно

$$\frac{1}{180}.$$

Однако для того, чтобы получившаяся оптическая группа представлялась системой типа Трапеции, необходимо, чтобы взаимное расположение физического и оптического спутника удовлетворяло определенным условиям. Например, оптический спутник не должен проектироваться слишком близко к одной из двух составляющих, или слишком да-

леко от обеих. Вероятность выполнения этих условий нами специально не вычислялась. Однако нетрудно убедиться, что она должна быть меньше половины, хотя и не должна по порядку величины отличаться от половины. Поэтому вероятность того, что на данную двойную систему спроектируется звезда и притом так, что получится оптическая система типа Трапеции с характеристиками, заключенными в принятых при составлении таблицы 2 границах, должна быть меньше $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{180} = \frac{1}{360}$. Между тем к северу от $\delta = -30^\circ$

имеется 444 визуальных двойных системы, у которых главная звезда ярче $5^m.5$. Поэтому математическое ожидание числа оптических Трапеций, главные звезды которых ярче $5^m.5$, будет равно 1,2. Таким образом, среди кратных систем типа Трапеции, приведенных в таблице 2, следует ожидать наличие одной-двух оптических систем.

Распределение звезд таблицы 2 по спектральным типам следующее:

О—В2	В3—В9	А	F—G	К—М
4	5	1	1	0

Таким образом, из 11 кратных систем типа Трапеции 9 имеют главные звезды типов О и В, т. е. мы имеем резкое преобладание звезд ранних типов. Более того, не исключена возможность того, что единичные экземпляры, принадлежащие к типам А и F—G, как раз являются оптическими системами. Возможно также, что они являются кажущимися системами типа Трапеции, т. е. такими системами обыкновенного типа, которые только в результате проектирования представляются нам системами типа Трапеции. В дальнейшем мы подробнее остановимся на том, как искажаются статистические данные, касающиеся Трапеций, вследствие того, что мы имеем дело не с реальными расстояниями компонентов, а лишь с их проекциями на небесную сферу.

Из приведенных в таблице 2 систем все четыре системы с главными звездами типа О—В2 входят, по всем данным, в те или иные О-ассоциации. В частности ζ Персея входит в ассоциацию Персей II, звезды θ' и σ Ориона входят в ас-

социацию Ориона и система 30т Большого Пса входит в звездное скопление NGC 2362, являющееся ядром небогатой группировки горячих гигантов.

Из звезд более поздних спектральных подразделений звезда ADS 11169 (μ Стрельца), имеющая по уточненной классификации спектр cV8e, входит, повидимому, в состав ассоциации Стрелец I. В отношении других звезд типов V3—V9 можно сказать, что они наверное не входят в известные O-ассоциации.

Таким образом, из этого сопоставления мы убеждаемся, что между системами типа Трапеции, главные звезды которых относятся к подразделениям O—V2, и O-ассоциациями существует тесная связь.

§ 2. О ПСЕВДОТРАПЕЦИЯХ

Прежде чем перейти к дальнейшему изучению данных о кратных системах типа Трапеции следует остановиться на том, что некоторые кратные, будучи на самом деле системами обыкновенного типа, могут представиться в проекции на небесную сферу кратными системами типа Трапеции. Действительно, нам поневоле приходится в большинстве случаев определять не отношения истинных расстояний между компонентами, а лишь отношения между проекциями этих расстояний на небесную сферу и по значениям этих отношений причислять кратную систему к той или иной категории. При некоторых условиях проектирования система обыкновенного типа может представиться нам системой типа Трапеции. Такие системы мы будем называть псевдотрапециями. Возможно и обратное. Система типа Трапеции в проекции может нам представиться системой обыкновенного типа. Такие системы мы будем называть кажущимися системами обыкновенного типа.

Из простых геометрических соображений очевидно, что если у тройной системы обыкновенного типа отношение к значительно больше $k_0=3$ (как это имеет место для тройных звезд, находящихся в окрестностях Солнца), то вероятность того, что при проектировании она окажется систе-

мой типа Трапеции, т. е. такой, в которой $k < k_0$ будет очень мала по сравнению с единицей, если только допустить, что все ориентировки системы по отношению к наблюдателю равновероятны. Точно так же, если мы имеем систему типа Трапеции, у которой k достаточно близко к единице, то вероятность того, что она представится в проекции системой обыкновенного типа, особенно системой с большим значением k , будет очень мала. Искажения, происходящие в результате проектирования и приводящие к переходу из одной категории в другую, будут происходить чаще всего в тех случаях, когда k близко к k_0 .

Поскольку из наблюдений получается, что число трапеций во много раз меньше, чем число систем обыкновенного типа, то очевидно, что и число реальных трапеций во много раз меньше числа реальных систем обыкновенного типа. В самом деле, если бы число реальных трапеций было бы того же порядка, что и число реальных обыкновенных систем, или значительно больше, то переход небольшой части трапеций в категорию кажущихся систем обыкновенного типа не мог бы уменьшить порядок числа систем типа Трапеции и наблюдаемое число их также было бы по порядку величины не меньше числа систем обыкновенного типа.

Таким образом, на самом деле число реальных систем обыкновенного типа во много раз больше, чем число реальных трапеций. Но тогда появляется опасность, что даже небольшой процент систем обыкновенного типа, превратившись при проектировании в псевдотрапеции, может значительно увеличить число наблюдаемых трапеций по сравнению с числом реальных трапеций.

Более того, возникает вопрос: не может ли случиться, что все наблюдаемые кратные системы типа Трапеции являются псевдотрапециями. Если этот вопрос в такой общей форме решится отрицательно, то его можно также поставить в отношении только тех наблюдаемых трапеций, у которых главная звезда принадлежит к тому или иному физическому типу.

Для того, чтобы ответить на эти вопросы, следует считать вероятность превращения при проектировании сис-

темы обыкновенного типа в псевдотрапецию, затем помножить число систем обыкновенного типа на эту вероятность и полученное таким образом математическое ожидание числа псевдотрапеций сравнить с общим числом трапеций, наблюдаемых в проекции. Если реальных трапеций вообще (или реальных трапеций, в которых главная звезда имеет заданный физический тип) не существует в Галактике, то число наблюдаемых трапеций, с точностью до случайного отклонения, должно быть равно полученному математическому ожиданию.

Как мы покажем ниже, в случае ранних спектральных типов число наблюдаемых трапеций намного превосходит указанное математическое ожидание. Отсюда можно будет сделать вывод, что существование реальных трапеций, особенно таких, у которых главные звезды принадлежат к спектральным типам O—B2, не подлежит сомнению.

Как мы указывали выше, вероятность превращения тройной системы обыкновенного типа в результате проектирования в псевдотрапецию зависит от значения k . Поэтому, чтобы вычислить среднюю вероятность превращения в псевдотрапецию для всей совокупности тройных систем обыкновенного типа, мы должны знать закон распределения действительных значений k . Хотя данных для сколько-нибудь точного вывода этого закона распределения у нас недостаточно, сделаем все же попытку составить такой закон распределения, который, по крайней мере, не противоречил бы имеющимся скудным данным.

В обыкновенной тройной системе, состоящей из звезд А, В и С, одно из расстояний должно иметь меньший порядок величины, чем два других. Пусть это будет расстояние АВ. Тогда k будет равно большему из отношений $\frac{AC}{AB}$ и $\frac{BC}{AB}$.

Поскольку обе эти величины велики по сравнению с единицей и, вместе с тем, не могут отличаться друг от друга больше, чем на единицу, то мы не сделаем заметной ошибки, положив для определенности $k = \frac{AC}{AB}$. Изменим мысленно размеры всех систем так, чтобы $AB = 1$ и

чтобы сохранялось подобие. Тогда будем иметь: $AC = k$. Совместим после этого мысленно все звезды A изучаемой совокупности тройных звезд обыкновенного типа в одной точке, сохраняя при этом ориентировку каждой системы. Тогда звезды B расположатся вокруг A на поверхности сферы с радиусом, равным единице, и составляющие C образуют облако точек вокруг A с расстояниями от A , равными k . Поскольку во всех случаях $k > k_0$, т. е. все наши системы принадлежат к обыкновенному типу, то это облако будет находиться за пределами сферы с радиусом, равным k_0 вокруг A , а тем более за пределами единичной сферы.

Тот факт, что при аналогичном совмещении всех главных составляющих *двойных звезд* [9] их спутники располагаются в пространстве конфигураций с плотностью обратно пропорциональной кубу расстояния от A , приводит к мысли, что и распределение значений k , т. е. выраженного в относительной мере расстояния далекого спутника C от главной звезды A , также должно подчиняться этому закону плотности, т. е., что плотность должна быть пропорциональна

$\frac{1}{k^3}$. Допустив это, мы приходим к выводу, что число тройных звезд, у которых k заключено в некотором интервале dk , будет пропорционально $\frac{4\pi k^2 dk}{k^3}$, т. е. пропорционально

$\frac{dk}{k}$. Вследствие этого число троек, для которых k заключено между какими-нибудь двумя значениями k' и k'' , должно быть пропорционально $\log \frac{k''}{k'}$. Из таблицы 1 видно, что для

ближайших звезд число троек, у которых k заключено между 10 и 100 а. е., равно числу троек, для которых k заключено между 100 и 1000 а. е. Это можно рассматривать как подтверждение приведенного вывода из принятого нами закона распределения точек C вокруг точки A и тем самым, как косвенное подтверждение этого закона.

Однако закон распределения плотности вероятности $\frac{1}{k^3}$

может соблюдаться не везде, а только в некотором интервале. По определению систем обыкновенного типа мы должны иметь $k > k_0$, т. е. значения k имеют нижнюю границу. С другой стороны, тройные системы не могут быть сколь угодно широки, поскольку очень широкие системы при движении в Галактике должны быстро разрушаться под влиянием возмущений от проходящих звезд. Поэтому должна быть и некоторая эффективная верхняя граница для k . Мы обозначим ее через k_1 . Строго говоря, значение k_1 должно зависеть от значения длины АВ. Но мы примем для всех случаев одно значение для k_1 , что не должно внести существенных ошибок в результат, поскольку, как мы увидим, зависимость этого результата от k_1 весьма слабая.

Теперь мы можем приступить к вычислению вероятности превращения тройной системы обыкновенного типа в результате проектирования в псевдотрапецию при сделанных предположениях. При этом мы будем принимать, что все возможные ориентировки кратных систем равно вероятны.

§ 3. ВЕРОЯТНОСТЬ ПРЕВРАЩЕНИЯ

Итак, после совмещения звезд А тройных систем обыкновенного типа в начале координат и соответствующего изменения масштаба в каждой системе мы можем добиться того, что все спутники В расположатся на сфере с радиусом, равным единице. Спутники С расположатся между сферами с радиусами k_0 и k_1 , причем, плотность их распределения в полости между этими сферами будет обратно пропорциональна k^3 , а вне этой полости будет равна нулю. При этом подразумевается также, что: 1) поверхностная плотность точек В на единичной сфере постоянна и не зависит от угловых координат, 2) плотность точек С также не зависит от угловых координат и 3) при задании точки В, т. е. при задании направления АВ, вектор АС может иметь с равной вероятностью всевозможные направления, т. е. если мы выберем тройки, у которых направление АВ лежит в некотором узком конусе, точки С все же расположатся вокруг А так, что их плотность не будет зависеть от направления и будет обратно пропорциональна k^3 .

Спроектируем теперь как распределение точек В, так и распределение точек С на какую-либо плоскость. Если N_0 есть поверхностная плотность точек В на единичной сфере, то плотность точек В в проекции на расстоянии r от центра будет равна:

$$N_B = \begin{cases} \frac{2N_0}{\sqrt{1-r^2}} & (r \leq 1) \\ 0 & (r > 1) \end{cases} \quad (1)$$

Если $n(r)$ есть объемная плотность точек С, то в проекции, на расстоянии r от центра мы будем иметь поверхностную плотность:

$$N_C = 2 \int_0^r \frac{n(\rho) \rho d\rho}{\sqrt{\rho^2 - r^2}}, \quad (2)$$

которая не зависит от положения точек В в проекции.

Но мы видели выше, что

$$\begin{aligned} n(\rho) &= \frac{n_0}{\rho^3} \quad (k_0 < \rho < k_1), \\ n(\rho) &= 0 \quad (\rho < k_0 \text{ или } \rho > k_1). \end{aligned} \quad (3)$$

Интегрируя, мы находим:

$$N_C = \begin{cases} \frac{2n_0}{r^3} \left(\sqrt{1-\frac{r^2}{k_1^2}} - \sqrt{1-\frac{r^2}{k_0^2}} \right) & (r < k_0), \\ \frac{2n_0}{r^3} \sqrt{1-\frac{r^2}{k_1^2}} & (k_0 < r < k_1), \\ 0 & (r > k_1) \end{cases} \quad (4)$$

Пусть теперь звезда В находится в проекции в одной из точек кольца, соответствующего интервалу расстояний от r до $r + dr$. Вероятность этого при распределении (1), очевидно, будет равна

$$W_B(r) dr = \frac{r dr}{\sqrt{1-r^2}}. \quad (5)$$

Тогда для того, чтобы система была псевдотрапецией, необходимо, чтобы было:

$$r_C < k_0 r_B.$$

А вероятность этого при данном r_B будет:

$$P(r_c < k_0 r_B) = \frac{\int_0^{k_0 r_B} N_c(r) r dr}{\int_0^{\infty} N_c(r) r dr} \quad (6)$$

Полная вероятность того, что отношение проекций $\frac{AC}{AB}$ у наудачу взятой тройной системы будет меньше k_0 , равна:

$$U = \int_0^1 W_B(r) P(r_c < k_0 r) dr$$

или, в силу (6),

$$U = \frac{\int_0^1 \frac{r dr}{\sqrt{1-r^2}} \int_0^{k_0 r} N_c(\rho) \rho d\rho}{\int_0^{\infty} N_c(\rho) \rho d\rho} \quad (7)$$

При вычислении числителя полученного выражения следует иметь в виду, что поскольку $r < 1$

$$\rho < k_0 r \leq k_0,$$

вследствие чего нужно будет использовать только первое из выражений (4) для $N(\rho)$. Итак,

$$\int_0^1 \frac{r dr}{\sqrt{1-r^2}} \int_0^{k_0 r} N_c(\rho) \rho d\rho = 2n_0 \int_0^1 \frac{r dr}{\sqrt{1-r^2}} \int_0^{k_0 r} \left(\sqrt{1-\frac{\rho^2}{k_1^2}} - \sqrt{1-\frac{\rho^2}{k_0^2}} \right) \frac{d\rho}{\rho}.$$

Интегрируя правую часть полученного выражения по частям и пренебрегая второй и высшими степенями отношения $\frac{k_0^2}{k_1^2}$, получаем

$$\int_0^1 \frac{r dr}{\sqrt{1-r^2}} \int_0^{k_0 r} N_c(\rho) \rho d\rho = 2n_0 \left[\lg 2 - \frac{1}{2} \right] - \frac{n_0}{12} \frac{k_0^2}{k_1^2}. \quad (8)$$

Что касается знаменателя формулы (7), то он легко вычисляется, поскольку

$$2\pi \int_0^{\infty} N_c(\rho) \rho d\rho = \int_0^{\infty} n_c(\rho) 4\pi \rho^2 d\rho,$$



откуда, на основании (3), легко находим:

$$\int_0^1 N_c(\rho) \rho d\rho = 2n_0 [\lg k_1 - \lg k_2]. \quad (9)$$

Внося (8) и (9) в (7), получаем:

$$U = \frac{\lg 2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{24} \frac{k_0^2}{k_1^2}}{\lg k_1 - \lg k_0}. \quad (10)$$

Выражение U и дает нам искомую вероятность превращения тройной звезды обыкновенного типа в псевдотрапецию. Правда, оно страдает некоторой неточностью, происходящей из-за того, что при интегрировании по формуле (7) всех элементарных вероятностей по случаям, когда у нас должна получиться псевдотрапеция, мы распространили интегрирование и на те случаи, когда проекция звезды C находится настолько близко к A или к B , что тройка должна наблюдаться как обыкновенная система, вследствие того, что в этих случаях одно из расстояний (CA или CB) будет очень мало по сравнению с AB . Однако понятно, что сумма вероятностей подобных элементарных случаев очень мала по сравнению с вероятностью получения псевдотрапеции, и прибавление этой суммы к искомой величине вероятности превращения внесет в результат лишь небольшую ошибку. Следует обратить внимание, что вычисляемое по формуле (10) значение U медленно меняется с изменением значения k_1 , и поэтому мало чувствительно к ошибкам в определении k_1 .

Если судить непосредственно по ближайшим тройным звездам, данные о которых приведены в таблице 1, то придется принять, что верхняя граница отношений k должна достигать нескольких тысяч. Однако, когда речь идет не о ближайших к нам тройных звездах, а о совокупности тройных звезд каталога Эйкенена, то эта оценка значения k_1 теряет свою силу. Примем, прежде всего во внимание, что мы учитываем лишь визуальные псевдотрапеции. Следовательно, спутник B должен быть визуально отделен от A . Для этого нужно, чтобы его линейное расстояние от A измерялось по меньшей мере сотнями астрономических единиц. При этих условиях оценка в 500 а. е. для среднего значения

расстояния АВ не может считаться преувеличенной. Если пределом для расстояния АС является 10000 а. е. или 20000 а. е., то, очевидно, что k_1 мы должны придать значение между $k_1 = 20$ и $k_1 = 40$. Мы примем $k_1 = 30$. Положив также $k_0 = 3$, мы получим $U = 0.08$.

Таким образом, при проектировании около 8% обыкновенных тройных систем должно превратиться в псевдотрапеции.

Выше речь шла о кратных системах, наиболее часто встречающихся—о тройных звездах. Но совершенно очевидно, что в результате проектирования превращение систем обыкновенного типа в псевдотрапеции должно иметь место и в случае систем более высокой кратности. Так, для простоты возьмем четверные системы обыкновенного типа. Они могут быть двух родов: 1) две тесные пары АВ и CD отделены друг от друга расстоянием, во много раз большим, чем АВ или CD. 2) вокруг тесной пары АВ обращается далекий спутник С и вокруг тройки АВ + С обращается еще более

далекий компонент D, причем $\frac{AC}{AB} > k_0$ и $\frac{AD}{AC} > k_0$.

Структуру первого вида можно представить формулой АВ + CD, а структуру второго вида—формулой (АВ + С) + D.

В первом случае задача об образовании псевдотрапеций мало отличается от случая тройных звезд. Если в случае тройных звезд для получения псевдотрапеции звезда С должна спроектироваться на определенную узкую область неба около АВ, то здесь, в случае четверки типа АВ + CD пара CD должна спроектироваться на определенную узкую область около АВ. Поэтому разница в величине вероятностей превращения будет небольшая.

В случае же систем типа (АВ + С) + D вероятность превращения в псевдотрапецию сложится из двух вероятностей: вероятность проектирования С в узкую область вокруг АВ и вероятность проектирования D на область, окружающую тройку АВ + С. Очевидно, что в этом случае вероятность превращения будет почти в два раза больше, чем в случае тройных звезд, т. е. она должна быть порядка 16%.

Принимая во внимание сравнительную частоту четверных и тройных звезд и оценив грубо, какая доля четверных звезд обыкновенного типа относится к второй из указанных выше категорий, а также учитывая возможное влияние систем высшей кратности, мы примем за средневзвешенное значение вероятности превращения кратной звезды обыкновенного типа в псевдотрапецию

$$P = 0.09.$$

§ 4 КРАТНЫЕ СИСТЕМЫ В КАТАЛОГЕ ЭЙТКЕНА

Каталог Эйткина содержит значительное число кратных систем, которые могут быть отнесены к типу Трапеции. Однако среди них должно быть известное число оптических трапеций, т. е. групп, представляющихся нам трапециями, в которых имеется такой оптический спутник, отбрасывание коего должно повести к исключению системы из числа трапеций, и некоторое число псевдотрапеций. Для того, чтобы при подсчете числа трапеций по возможности избежать оптических систем, мы ограничили наше изучение теми системами каталога Эйткина, в которых рассояния слабых компонентов находятся в пределах, введенных нами в § 1. При таком условии главным искажающим фактором будут псевдотрапеции, хотя некоторое число оптических систем может все же остаться. Результаты подсчетов приведены в таблице 3 в отдельности для различных спектральных типов главных звезд кратных систем. В первом столбце даны интервалы спектральных типов, во втором столбце числа всех кратных систем, главные звезды которых принадлежат соответствующему интервалу спектральных типов, при условии, что расстояния компонентов находятся в пределах, указанных в § 1, в третьем столбце, вычисленные на основании найденной выше вероятности, теоретические числа псевдотрапеций, в предположении, что все наблюдаемые кратные являются системами обыкновенного типа и, наконец, в четвертом столбце числа наблюдаемых трапеций, соответствующие данным интервалам спектральных типов.

Таблица 3 показывает, что для спектральных типов от А до К вычисленные количества псевдотрапеций почти сов-

Таблица 3

Спектры	Общее число кратных	Вычисленное количество псевдотрапеций	Количество наблюдаемых трапеций
O—B2	24	3	16
B3—B5 + B	30	3	12
B8—B9	51	5	14
A	206	19	22
F	147	13	17
G	102	9	14
K	72	6	9
M	10	1	4
Неизвестный спектр	434	39	71

падают, с точностью до случайных отклонений, с числами наблюдаемых трапеций. Небольшое превышение наблюдаемых трапеций над числом вычисленных псевдотрапеций для этого спектрального интервала может объясняться наличием небольшого числа оптических трапеций. Отсюда мы должны сделать важное заключение о том, что среди кратных звезд, охватываемых каталогом Эйткена, главные звезды которых относятся к типам от A до K, или вовсе нет реальных трапеций, или процент реальных трапеций ничтожно мал. Из первых же трех строк той же таблицы мы прямо заключаем, что *среди кратных систем, главные звезды которых принадлежат интервалу типов O—B, имеется значительный процент реальных трапеций*, в частности, примерно половина кратных звезд, главные компоненты которых принадлежат спектральному интервалу O—B2, являются реальными трапециями.

Поскольку, согласно имеющимся данным, большинство звезд типа O—B2 входит в звездные ассоциации и эти звезды являются молодыми звездами, то имеющийся эмпирический материал прямо говорит о том, что реальные трапеции встречаются почти исключительно как группы, в которые входят молодые звезды.

Ряд систем типа Трапеции входит в состав O-скоплений, которые в свою очередь являются ядрами звездных ассоциаций. Как установил Маркарян, наличие кратных систем

типа Трапеции является характерным признаком значительной части О-скоплений. Многие О-скопления содержат в себе по две, а иногда и по три системы типа Трапеции. Совсем недавно результаты Маркаряна были вновь подтверждены в работе Шарплесса.

Наличие систем типа Трапеции в О-скоплениях, их роль в строении скоплений и, наконец, их роль в качестве классификационного признака для скоплений типа О выявлены с особой четкостью в „Атласе Открытых Звездных Скоплений“ Маркаряна, изданном Бюраканской обсерваторией в 1952 году. Поскольку О-скопления являются молодыми образованиями, мы вновь имеем свидетельство в пользу молодости систем типа Трапеции.

§ 5. НЕУСТОЙЧИВОСТЬ КРАТНЫХ СИСТЕМ ТИПА ТРАПЕЦИИ

Тот факт, что подавляющее большинство кратных систем имеет строение, дающее основание отнести их к системам обыкновенного типа, уже давно привлек к себе внимание астрономов. Как было уже указано, движения в такой системе сводятся приблизительно к совокупности кеплеровских движений. Совершенно очевидно, что эти движения могут продолжаться чрезвычайно долго и такие системы являются в высокой степени устойчивыми. В этом отношении кратные системы обыкновенного типа составляют контраст с обычными открытыми скоплениями. Как было показано нами, если даже принять, что открытые скопления находятся в стационарном состоянии в поле регулярных сил скопления, все же, при сближениях отдельных звезд между собой будут происходить процессы обмена кинетическими энергиями, в результате чего время от времени в скоплении будут появляться звезды со скоростями, превосходящими критическую скорость. Эти звезды будут покидать скопление и оно с течением времени должно разрушаться. В кратных системах обыкновенного типа такие процессы обмена кинетическими энергиями не происходят, так как самоустройство кратной звезды такого типа исключает возможность случайных сближений, при которых происходит этот обмен.

Совершенно иное положение мы должны иметь в случае кратных систем типа Трапеции. Такие системы весьма похожи на обычные открытые скопления и отличаются от них лишь тем, что число членов в каждой трапеции мало. Между тем время распада скопления зависит именно от числа его членов. Чем меньше это число, тем короче время распада. Малые линейные размеры трапеций, по сравнению с скоплениями, также обуславливают уменьшение времени распада.

Формула для времени распада звездных скоплений в предельном случае, когда число звезд равно нескольким единицам, а радиус скопления порядка 10000 а. е., приводит к промежутку времени порядка $2 \cdot 10^6$ лет. Это означает, что трапеция успеет распасться пока каждая из звезд в ней успеет совершить всего несколько оборотов.

Этот результат физически понятен. За время нескольких оборотов каждая рассматриваемая звезда имеет значительные шансы сблизиться настолько тесно с какой-либо другой звездой, что их энергия взаимодействия превзойдет энергию взаимодействия рассматриваемой звезды с системой в целом, которая имеет полную массу, лишь в несколько раз превосходящую массу отдельной звезды. В результате рассматриваемая звезда имеет большие шансы быть выброшенной.

Итак, все эти рассуждения приводят к выводу о том, что продолжительность жизни кратных систем типа Трапеции не может быть свыше двух миллионов лет и это подтверждает вывод об их крайней молодости.

Заметим здесь, что сказанное выше не отвергает в отдельных специальных случаях возможности некоторых периодических движений, при которых кратная система большую часть времени имеет конфигурацию типа Трапеции. Однако подобные периодические движения требуют выполнения определенных специальных начальных условий, что мало вероятно. Поэтому весьма мало вероятно и то, что реальные трапеции, встречающиеся в Галактике, совершают такие периодические движения и являются устойчивыми системами.

При выводе формулы для времени распада открытых скоплений, которая выше была применена к трапециям, предполагается, что полная энергия скопления отрицательна. Как мы увидим в следующем параграфе, вопрос о знаке полной энергии систем типа Трапеции заслуживает особого внимания и не исключена возможность, что многие трапеции обладают положительной полной энергией. В таком случае получается иной результат для времени жизни трапеции.

§ 6. ПОЛНАЯ ЭНЕРГИЯ СИСТЕМ ТИПА ТРАПЕЦИИ

Непосредственное изучение движений в двойных звездах показывает, что эти движения совершаются по эллиптическим орбитам. Это означает, что полная энергия этих систем отрицательна. Однако, если бы мы даже вовсе не наблюдали непосредственно эллиптических движений в двойных звездах, сам факт существования огромного множества двойных звезд в Галактике в предположении о применимости закона Ньютона доказывал бы отрицательность полной энергии подавляющего большинства из них.

В самом деле, допустим на минуту, что значительная часть двойных звезд в Галактике имеет положительные энергии. Поскольку случаи близкого прохождения по гиперболическим орбитам друг около друга ранее независимых звезд должны быть очень редки, мы их можем вовсе не рассматривать. В таком случае мы должны были бы признать, что в Галактике в данный момент имеются миллиарды пар, которые только что начали удаляться друг от друга. Но это противоречит всем нашим представлениям о сроках звездной эволюции. Поэтому ясно, что пар с положительной энергией может быть лишь ничтожное количество.

Однако совершенно иное положение мы имеем в случае систем типа Трапеции. Орбитальные движения в них не изучены и мы не можем поэтому основывать на них какие-либо выводы о знаке полной энергии этих систем. Считать, что допущение о положительности полной энергии у части этих систем противоречит представлению об их возрасте мы также не можем. Мы видели, что эти системы

являются молодыми. Поэтому представление об обязательной отрицательности энергии всех или подавляющего большинства систем типа Трапеции было бы предвзятым представлением, основанным на неправильной аналогии.

С другой стороны очевидно, что кратные системы типа Трапеции являются группами совместно возникших звезд. При возникновении группы каждая звезда должна была получить некоторую скорость. Естественно ожидать, что их скорости в разных случаях могли быть разной величины и в некоторых случаях быть настолько велики, что полная энергия группы могла оказаться положительной. Вместе с тем нам известно, что в системах, которые находятся в тесном родстве с трапециями, мы наблюдаем положительность полной энергии. Мы имеем в виду те О-ассоциации и О-скопления, в которых происходит быстрое расширение. Естественно ожидать, что и среди систем типа Трапеции многие обладают полной энергией положительного знака.

Если это так, то возраст этих трапеций должен равняться промежутку времени, необходимому для того, чтобы звезды трапеции, выйдя из объема, где они возникли, со скоростями не меньшими, чем те скорости, которые у них в данный момент имеются (и которые превосходят критические скорости), могли бы достичь наблюдаемых в настоящий момент положений. Расчет показывает, что в таком случае возраст многих трапеций должен оцениваться цифрой порядка 10^5 лет и во всяком случае не выше 10^6 лет. Согласно Паренаго, наш вывод о положительности полных энергий, по крайней мере части трапеций, подтверждается данными о движениях в самой Трапеции Ориона (θ^1 Ориона).

Однако следует отметить, что для большинства трапеций продолжительность промежутка времени, за который имеются наблюдения, и точность самих наблюдений недостаточны для того, чтобы вывести скорости относительных движений и тем самым сделать заключение о знаке полной энергии. Но, поскольку в данном случае речь идет лишь об определении относительных скоростей для данного момента времени, а не о получении траекторий, то задачу определения знака энергии для многих трапеций следует

считать вполне разрешимой. К сожалению, эти системы, являющиеся обычно широкими кратными, до сих пор не привлекали должного внимания наблюдателей. Теперь, когда становится все более ясным их гигантское значение для проблемы возникновения звезд, надо надеяться, что они будут наблюдаться более усердно. Имея это в виду, мы даем в конце статьи список систем типа Трапеции.

§ 7. О РАЗВИТИИ КРАТНЫХ СИСТЕМ ТИПА ТРАПЕЦИИ

В предыдущем параграфе мы видели, что у нас нет никаких данных для того, чтобы отвергнуть предположение о положительном знаке кратных систем типа Трапеции. Вместе с тем, наблюдения не дают еще достаточно данных для прямого и окончательного решения вопроса о знаке полной энергии. Однако можно попытаться представить себе картину эволюции системы типа Трапеции при различных допущениях о знаке и сравнить выводы с наблюдениями.

В случае, если полная энергия Трапеции в момент ее возникновения была отрицательна, то развитие ее должно было бы идти путем последовательного выбрасывания из нее отдельных звезд, а иногда и звездных пар и вообще систем обыкновенного типа. Поэтому через некоторое время мы должны были бы наблюдать около трапеции отдельные звезды того же возраста, выброшенные из нее в разное время. В случае же если полная энергия положительна и звезды расходятся из центра с некоторыми скоростями, с самого начала превосходящими критические скорости, трапеция должна расширяться как целое до тех пор, пока размеры системы не станут велики по сравнению с линейными размерами других широких кратных систем. Таким образом, в первом случае поблизости Трапеции следует ожидать присутствия звезд той же природы и того же возраста, что и члены трапеции. Во втором случае этого не должно быть.

Нам кажется, что наблюдения, по крайней мере в некоторых случаях, говорят определенным образом в пользу второго варианта. Правда, как известно, системы типа Тра-

педии часто входят в состав скоплений, поэтому они бывают окружены менее плотными группами звезд. Однако строение этих групп никоим образом не говорит в пользу того, что они могут являться результатом последовательного выброса звезд из кратной системы с отрицательной энергией вследствие действия механизма звездных сближений.

В этом отношении интересным примером является скопление NGC 6823, которое, как показал Маркарян, имеет ядро, представляющее собой цепочку звезд типов O и B0. По Шарплессу, каждая из этих ярких звезд является компактной трапедией. Однако окружающее скопление состоит из слабых звезд, и, при этом, не имеет сгущения к центру. Между тем при образовании скопления в результате распада системы с отрицательной энергией мы должны были бы иметь в скоплении также отдельные яркие звезды и сгущение к центру.

Несколько иное положение дел мы имеем в Трапедии Ориона, которая погружена в окружающее ее скопление слабых звезд. Многие из членов этого скопления являются слабыми карликами. Хотя плотность скопления убывает с увеличением расстояния от Трапедии, однако скопление содержит так много членов, что оно не могло образоваться из звезд, принадлежавших ранее Трапедии. Впрочем, это вовсе не является основанием для отрицания генетической связи между скоплением и Трапедией. Эта связь несомненна.

На основании сказанного мы считаем в высшей степени вероятным, что значительная часть, если не большинство, трапедий имеет положительные полные энергии.

В пользу этого вывода говорят приведенные в следующем параграфе факты, относящиеся к некоторым очень широким трапециям.

§ 8. НЕКОТОРЫЕ ВЕСЬМА ШИРОКИЕ СИСТЕМЫ

Если верна развитая в настоящей статье точка зрения на трапедии, как распадающиеся группы, то следует думать, что изучение весьма широких систем этого типа должно привести нас к интересным выводам о дальнейшем развитии составляющих систем типа Трапедии. Конечно, в этом

направлении трудно идти слишком далеко, так как, с одной стороны, наши сведения об относительных собственных движениях весьма скудны и, с другой стороны, мешают звезды фона. Но все же, если в большинстве систем списка, приложенного к настоящей статье, взаимные расстояния составляющих заключены между 0.02 и 0.2 парсека, можно попытаться отыскать отдельные трапеции, в которых взаимные расстояния составляющих достигают от 0.25 до 1 парсека. Просмотр фотографий областей неба, в которых расположены некоторые звездные ассоциации, приводит к результатам, как будто подтверждающим наличие таких широких трапеций. Возьмем для примера область ассоциации Лебедя неподалеку от скопления NGC 6871. Обзор фотографии этой области, полученной в Бюракане на камере Шмидта, позволял сразу установить наличие, по крайней мере, пяти таких групп, которые можно считать широкими трапециями, не считая группы, входящие в само скопление NGC 6871. Спектральные типы и звездные величины звезд указанной области определены Эннером[10]. Оказалось, что во всех пяти широких системах главные звезды имеют спектры типа В. В нижеследующей таблице даются номера этих главных звезд по списку Эннера и координаты. Во втором, третьем и четвертом столбцах таблицы даны звездная величина главной звезды, ее спектральный тип и число составляющих, входящих в систему. В седьмом столбце дано приблизительное значение наибольшего из расстояний между компонентами данной трапеции, выраженное в секундах дуги, а в восьмом, — значение того же расстояния, выраженное в астрономических единицах, причем расстояние ассоциации Лебедя, в которой находятся эти трапеции, принято равным 1500 парсек.

Тот факт, что главными звездами рассматриваемой трапеции являются уже не представители классов О или В0, а представители более поздних подразделений типа В, говорит о том, что средний возраст этих трапеций гораздо выше среднего возраста систем нашего основного списка. Это свидетельствует в пользу того, что они образовались из более тесных трапеций. С другой стороны, по форме своей они напоминают обычные более тесные трапеции. Особенно

Таблица 4

Звезда	m_{pg}	S_p	n	α (1950)	δ (1950)	d_{max}	D_{max}	Примечание
A 34°140	10,00	B5	4	20 03,8	34°10'	52	78,000	
A 35 190	9,56	B2	4	05,6	35 09	93	140,000	
A 35 240	8,22	B2	5	07,1	35 22	55	83,000	BD + 35°3987
A 35 254		B2	4	07,4	35 20	41	61,000	
A 35 253	8,67	B3	6	08,0	35 43	78	117,000	BD + 35°4004

это относится к системам A 34°140 и A 35°190, весьма похожим на Трапедию Ориона. Однако они в линейной мере в десять раз шире последней. В случае, если расширение трапеции обычно происходит только в результате распада, вызванного взаимодействиями звезд при сближениях, то это расширение должно было бы с течением времени сопровождаться изменением формы. Приведенные же, правда весьма скудные, данные скорее говорят о сохранении формы, что может быть объяснено только положительностью полной энергии, когда отдельные составляющие имеют достаточные кинетические энергии, чтобы удалиться от места своего возникновения почти прямолинейно.

§ 9. НАИБОЛЕЕ ТЕСНЫЕ СИСТЕМЫ ТИПА ТРАПЕЦИИ

Для выяснения эволюционной роли систем типа Трапедии Ориона особый интерес должны представлять наиболее тесные системы этого рода. Прежде всего встает вопрос—не можем ли мы наблюдать эти системы на самой ранней стадии их возникновения, когда расстояние между компонентами очень мало, т. е. когда расширение только что началось. В частности, не могут ли некоторые звезды типа O или B0 весьма высокой светимости быть на самом деле весьма тесными группами звезд того же типа, не разделяемыми визуально. Этот вопрос затронут в работе Шарплесса. Предполагая расстояние до звезды типа O или B0 равным 1000 парсек, мы должны принять что в этом случае расстояния между компонентами должны быть меньше 300 а. е. При положительности энергии скорости звезд должны

быть при этом не меньше, чем 5 км/сек. В таком случае такая система может продолжать оставаться визуально неразделенной не более 300 лет. Поэтому нам кажется, что из сотен звезд типа О в лучшем случае только одна или две могут быть застигнуты нами в тот период, когда они представляют собой „будущие визуальные трапеции“. Тем не менее, надо подчеркнуть, что, поскольку более тесные визуальные трапеции, вероятно, являются наиболее молодыми системами, их изучение заслуживает специального внимания.

Говоря о тесных визуальных трапециях, мы должны иметь в виду группы, в которых взаимные расстояния не превосходят трех-четырех тысяч а. е. При расстояниях наблюдаемых нами О-ассоциаций от нас в среднем порядка тысячи парсек это означает, что мы должны уделить особое внимание системам, в которых, по крайней мере, три компонента имеют взаимные расстояния одинакового порядка и притом не более 4". Можно отметить, по крайней мере, шесть таких систем, удовлетворяющих тому требованию, чтобы видимые яркости компонентов были столь велики, что вероятность оптического характера этих трапеций совершенно ничтожна. Такими системами являются ADS 719, ADS 6033, ADS 11344, ADS 364, ADS 4164, ADS 14010. Главная звезда первой из этих систем относится к спектральному классу О6. Главная звезда второй системы известна как переменная VY CMa и относится к спектральному классу Ма. Наибольшее расстояние между компонентами в ней равно 2".9. Поскольку неправильные переменные поздних типов находятся в известном родстве со звездами ранних типов, не исключена возможность, что это реальная трапеция. Более того, обращает на себя внимание, что из десяти кратных звезд типа М четыре представляются трапециями. Поэтому трапеции могут доставить нам новые данные о характере связи между горячими и холодными гигантами. Главная звезда третьей из перечисленных тесных систем относится к типу G5 и поэтому можно предполагать, что эта система является псевдотрапецией. Наконец, спектральные типы звезд остальных трех кратных систем неизвестны. Это показывает, что дан-

ных для суждения о наиболее тесных системах очень мало и что крайне желательно всестороннее их исследование. Небольшая численность столь тесных систем находится в полном согласии с развитыми выше представлениями о неустойчивости трапеций вообще.

§ 10. КАТАЛОГ ТРАПЕЦИЙ

Приложенный к настоящей статье каталог трапеций составлен на основании данных, собранных из каталога Эйткена, а также на основании данных Маркаряна и Шарплесса о кратных системах в открытых скоплениях и газовых туманностях. Этот каталог не является полным даже в отношении звезд, содержащихся у Эйткена. Наша цель заключалась в перечислении тех Трапеций, которые представляют первоочередной интерес. В первом столбце таблицы дан номер по порядку, во втором номере по Эйткenu, или по BD, в третьем и четвертом даны спектральный тип и звездная величина главной звезды, а в пятом — расстояния между компонентами.

Случаи, когда главная звезда принадлежит к одному из типов А, F, G или K, исключены из таблицы, поскольку эти системы в своем большинстве являются псевдотрапециями. Оставлена лишь интересная система ADS 11344 с главной звездой типа G. По возможности точные и частые наблюдения кратных настоящего списка нам кажутся чрезвычайно важными и чем большим количеством наблюдателей они будут промерены, тем лучше.

Бюраканская астрофизическая обсерватория
Август 1954.

ՏՐԱՊԵԶԻԱՅԻ ՏԻՊԻ ԲԱԶՄԱՍՏՂԵՐ

Ա մ փ n փ n լ մ

Դիտվող բաղմաստղերի մեծամասնությունն ունի մի կարևոր հատկություն: Այդ հատկությունը կայանում է նրանում, որ հնարավոր չէ ընտրել բաղմաստղի բաղադրիչների մեջ այն-

պիսի երեք աստղ, որոնց բոլոր երեք փոխադարձ հեռավորություններն ունենային մեծության միեւնույն կարգ, Ստացվում է, որ այդ երեք հեռավորություններից մեկն ավելի ցածր կարգի մեծություն է, քան երկուսը, Այդպիսի բազմաստղերը մենք անվանում ենք սովորական տիպի բազմաստղեր, Սակայն, թեև համեմատաբար փոքր քանակությամբ, մենք դիտում ենք նաև այնպիսի բազմաստղեր, որոնք օժտված են հակառակ հատկությամբ, այսինքն ունեն այնպիսի երեք բազմադրիչներ, որոնց երեք փոխադարձ հեռավորություններն էլ միեւնույն կարգի են, Այդպիսի սիստեմները մենք անվանում ենք Օրիոնի տրապեցիայի տիպի բազմաստղեր:

Թյուրիմացություններից խուսափելու համար նշենք, որ «Տրապեցիա» բառը գործ է ածվում այստեղ պայմանական իմաստով և Տրապեցիայի տիպի բազմաստղերը կարող են ունենալ և երեք և չորս և ավելի շատ թվով բազմադրիչներ, Սակայն մեծ մասամբ մենք հնարավորություն չունենք որոշելու բազմադրիչների իսկական տարածական հեռավորությունների հարաբերությունները: Մենք դիտում ենք միայն փոխադարձ հեռավորությունների պրոեկցիաները երկնքի վրա և ստիպված ենք որոշել միայն այդ պրոեկցիաների հարաբերությունները, Պրոեկտման ժամանակ կարող է որոշ դեպքերում փոխվել մինչև անգամ հեռավորության մեծության կարգը, Հետևաբար, կազմելով տրապեցիաների մի ցուցակ, որը հիմնվում է դիտված պրոեկցիաների հարաբերությունների արժեքների վրա, մենք կարող ենք ակամա մտցնել այդ ցուցակի մեջ այնպիսի աստղեր, որոնք իրականում սովորական տիպի սիստեմներ են և միաժամանակ կարող են դուրս մնալ ցուցակից իրական տրապեցիաներ:

Կեղծ տրապեցիաների առկայությունը խանգարում է տրապեցիաների ֆիզիկական և վիճակագրական ուսումնասիրությանը, Սակայն մենք հնարավորություն ունենք որոշելու, թե ինչին է հավասար հավանականությունը, որ սովորական տիպի սիստեմը պրոեկտման հետևանքով կվերածվի կեղծ տրապեցիայի: Այստեղից, գիտենալով սովորական տիպի բազմաստղերի քանակը, մենք հնարավորություն ենք ստանում որոշելու կեղծ տրապեցիաների թվի մաթեմատիկական սպասողությունը:

Այդպիսի հաշիվները ցույց են տալիս, որ Օ և B սպեկտրալ տիպերին պատկանող աստղեր ունեցող դիտվող տրապեցիաների թիվը շատ ավելի մեծ է, քան համապատասխան տիպերի կեղծ

տրապեցիաների թվի մաթեմատիկական սպասողությունը: Հավանաբար նույնը կարելի է ասել M տիպի աստղերի մասին: Սակայն A , F , G և K տիպերին պատկանող դիտվող տրապեցիաների քանակությունները նույն մեծության կարգի են, ինչ որ համապատասխան տիպերի կեղծ տրապեցիաների քանակների մաթեմատիկական սպասողությունները: Այստեղից կարելի է եզրակացնել, որ O և B աստղերի մեջ (և գուցե M տիպի աստղերի մեջ) զգալի քանակությամբ գոյություն ունեն իրական տրապեցիաներ, այն ժամանակ, երբ A , F , G և K տիպերի աստղերի մեջ տրապեցիայի տիպի իրական բաղմաստղեր կամ բոլորովին չկան, կամ թե չէ շատ հակալակ թիվ են: Բացի կեղծ տրապեցիաներից, կարող են առաջանալ նաև օպտիկական տրապեցիաներ, երբ դաշտի օտար աստղը պրեեկտվում է որևէ կրկնաստղի կամ բաղմաստղի տիրույթի վրա: Սակայն, դնելով որոշ սահմաններ բաղադրիչների հեռավորությունների և պայծառությանների վրա, մենք կարող ենք հասցնել օպտիկական տրապեցիաների թիվը նվազագույնի:

Սովորական տիպի բաղմաստղերի մեջ բոլոր շարժումները բերվում են էլիպտիկ շարժումների, որոնց վրա ավելանում են որոշ փոքր խանգարումներ: Ահա ինչու այդպիսի սխեմաները կայուն են: Տրապեցիայի տիպի սխեմաները (իհարկե իրական տրապեցիաները) որպես կանոն չեն կարող կայուն լինել: Նրանց մեջ գործում է քայքայման նույն մեխանիզմը, որը ուսումնասիրված է բաց աստղակույտերի դինամիկայում: Ժամանակի ընթացքում փոխադարձ մերձեցումների շնորհիվ բաղադրիչ աստղերը ստանում են այնպիսի կինետիկ էներգիա, որ կարող են թողնել տվյալ սխեմայի և հեռանալ: Այդ պատճառով տրապեցիայի տիպի սխեմաները չեն կարող որպես այդպիսիներ պահպանվել ավելի քան $3 \cdot 10^6$ տարի: Հետևաբար պետք է ենթադրել, որ տրապեցիաների մեջ մտնող աստղերի տարիքը ավելի պակաս է: Այդ հանգամանքը հաստատվում է նաև նրանով, որ O և B տիպի աստղեր պարունակող տրապեցիաները հանդիպում են մեծ մասամբ աստղասլոյուռներում:

Տրապեցիաների երիտասարդ լինելը կասկածի տակ է դնում նրանց էներգիայի արժեքների բացասական լինելը: Կան որոշ հիմքեր ենթադրելու, որ այդ սխեմաների դոնե մի մասը, եթե ոչ մեծամասնությունն ունի դրական լրիվ էներգիա: Այդ դեպքում շատ տրապեցիաների տարիքը կարող է ավելի փոքր լինել, չգերազանցելով ըստ կարգի 10^5 տարի: Ընդունելով այս դատա-

դությունը, մենք պետք է դիտենք յուրաքանչյուր տրապեցիան, որպես միատեղ առաջացած աստղերի մի խումբ, որը կարող է օժտված լինել ինչպես բացասական, այնպես էլ դրական լրիվ էներգիայով: Առաջին դեպքում տրապեցիան կարող է ապրել 1—2 միլիոն տարի, իսկ երկրորդ դեպքում ամենաշատը մի քանի հարյուր հազար տարի: Երկրորդ դեպքում աստղերն իրարից հեռանալով ուղղակի ցրվում են:

Եթե Գալակտիկայում կարող են առաջանալ էներգիայի տարբեր նշան ունեցող բազմաստղեր, ապա բնական է ենթադրել, որ նույնը կարող է ճշմարիտ լինել նաև կրկնակի աստղերի նկատմամբ: Ճիշտ է՝ բացասական լրիվ էներգիա ունեցող կրկնակի աստղերը միշտ կայուն են և նրանց մեջ զուտ դինամիկ դատողությունների հիման վրա հնարավոր չէ տարբերել երկտասարդ զույգերը ծերերից: Բայց կարելի է փնտրել դրական էներգիա ունեցող կրկնակիներ, քանի որ նրանց գոյությունը բխում է վերևում զարգացված տեսակետից:

Այդպիսի զույգերը որոնք իրենցից պետք է ներկայացնեն իրարից հեռացող աստղեր, հարկավոր է փնտրել առաջին հերթին վաղ տիպի աստղերի մեջ և T աստղասփյուռներում:

Այս տեսակետից հետաքրքիր է, որ Մոդեստի աստղասփյուռի մեջ եղած միակ O աստղը՝ 10 Մոդեստի ունի մի արբանյակ, որը նրանից ուղղակի հեռանում է: Այս զույգը հայտնի է որպես ADS 16147: Հարյուր տարվա ընթացքում այդ զույգի փոխադարձ հեռավորությունը աճել է 1.5 աղեղնային վայրկյանով այն ժամանակ, երբ դիրքի անկյունը դիտման սխալների սահմաններում ֆնում է անփոփոխ: Սակայն հարկավոր են հետագա դիտումներ ապացուցելու համար, որ մենք այս դեպքում գործ չունենք օպտիկական զույգի հետ:

Ներկա հոդվածին կցվում է տրապեցիաների ցուցակը, որը կազմված է էյտկենի կատալոգի տվյալների հիման վրա: Դիտվող տրապեցիաներ, որոնց գլխավոր աստղերը պատկանում են A, F, G, K տիպերին, դուրս են հանված ցուցակից, քանի որ նրանց մեծամասնությունը, ըստ երևույթին, ներկայացնում են իրենցից կեղծ տրապեցիաներ:

ЛИТЕРАТУРА

1. *Амбарцумян и Маркарян*, Сообщения Бюраканской обсерватории, вып. II, 1949.
2. *Маркарян*, Сообщения Бюраканской обсерватории, вып. V, 1950.
3. *Маркарян*, Сообщения Бюраканской обсерватории, вып. IX, 1951.
4. *Амбарцумян*, ДАН АрмССР, **13**, 129, 1951.
5. *Амбарцумян*, ДАН АрмССР, **13**, 97, 1951.
6. *Паренаго*, Труды второго совещания по вопросам космогонии, стр. 345, Москва, 1953.
7. *Шарплесс*, Ар. J. **119**, 334, 1954.
8. *Койпер*, Ар. J. **95**, 201, 1942.
9. *Амбарцумян*, Астр. ж. **14**, 207, 1937.
10. *Эньер*, Ар. J. **118**, 77, 1953.

СПИСОК КРАТНЫХ СИСТЕМ ТИПА ТРАПЕЦИИ

№ п/п	ADS	Sp	m _A	Позиционные углы и расстояния			
				AB	AC	AD	
1	202		9 ^m 0	206° 7"	70° 12"		
2	307	B3	8.0	82 9	55 25	80° 47"	
3	364		9.3	132 1.5	183 1.6		BC 244° 1.4
4	423		8.0	350 5	335 47	147 50	
5	719	O6	8.1	82 1.4	136 3.8	194 9	
6	984		9.5	220 9	10 12		
7	1209	B3	7.3	142 14			BC 150 14
8	1237	B0	9.9	276 10	30 14		CD 118 4 DE 23 15 EF 35 14
9	1693		var	30 8	200 14	285 24	
10	1823		9.4	163 7	24 15		
11	1869		9.5	143 4	44 4		
12	1877	B	8.0	104 15			A'B' 226 17 AA 262 39
3	1920	O5f	7.8	95 10	268 15	344 24	
14	2135	B8	8.0	288 11	21 25	66 34	
15	2159	B8	3.7	277 25	213 31		
16	2161	B0	7.1	93 2	297 14	263 15	AE 320 16 AF 74 17
17	2165	O8	8.7	286 0.2	17 12	10 20	AE 137 24
18	BD+60°578	O7	7.9	3 11	331 13	27 23	AE 51 26 AF 152 27
19	2780		9.4	317 6	191 13		
20	2843	B1	2.9	208 13	287 33		

№ п/п	ADS	Sp	m _A	Позиционные углы и расстояния			
				AE	AC	AD	
21	2984	B0	7 ^m 0	308° 18			BE 331°20"
22	3195		8.9	150 11	148 27		BD 84°15"
23	3579	B8	6.0	304 19	63 26		CD 281 05
24	3684	B9	7.8	304 19	63 26		
25	3940	B3	8.2	68 17	154 49		
26	3943	O5	9.0	113 10	333 12	204°15"	AE 119 23
27	4053		8.5	221 1.1	103 4	108 12	AE 132 18
28	4112		9.5	239 7	310 10		AF 200 28
29	4164		9.6	234 2.2	210 3.6		BD 325 2
30	4186		6.8	32 9	131 13	96 22	
31	4241	B0	4.0	294 0.3	236 11	84 13	
32	4728	B2	7.3	110 2.6	296 14	121 28	AE 3 43
33	4884		9.5	180 6	307 13		
34	4962	B8	7.8	258 60			BC 87 15
35	5038		8.5	319 7	322 15		CE 325 42
36	5322	O7	4.8	212 3	14 17	308 41	
37	5682		9.2	152			BC 245 8
38	5685	B3	9.3	229 3	254 7	2 9	
39	5735	B9	8.4	171 7	358 15		
40	5977	O9III.	4.5	90 8	79 15		
41	6033	Ma	7.7	171 0.5	292 2.4	353 2.9	
42	6205	B8	4.7	156 38			BC 130 42
43	6216	B9	7.2	304 7	133 18	99 64	AE 238 72
44	6366	B9	8.0	9 18	88 26		AG 1 84
45	7372		9.3	188 2	248 3.4		Bb 188 2.7

№ № п/п	ADS	Sp	m _A	Позиционные углы и расстояния			
				AB	AC	AD	
46	7474	.	9 ^m 0	123° 7"	95° 11"		CD 137° 21"
47	10489		9.7	269 9	64 11		
48	10529		9.8	127 7	323 7		
49	10637		9.3	286 13			BC 192 6
50	10841		10.6	227 2.5	347 5		
51	10991	O8	8.0	22 5	212 11		CD 277 2 CE 191 6
52	11136	F	9.5	279 5	82 13		
53	11168	B3	7.5	122 7.5	238 13		
54	11169	B8p	4.0	260 17	119 25	312° 47"	AE 115 51
55	11179		8.5	100 31	161 12		
56	11193	B0	8.2	359 18	87 31		Aa 198 12 Ab 67 22 Bc 323 5
57	BD—12°4980	O8f	7.3	189 16	257 18	213 19	AE 19 30 AF 11 38
58	11263		9.6	314 0.7	262 32		CD 203 15
59	11344	G5	8.2	292 0.3	21 0.7		BC 217 0.5
60	11421		8.5	319 12	151 25		
61	12092		9.5	153 8	232 9		BD 72 6
62	12100		10.5	174 5	245 5		
63	12403		10.5	167 15			BC 111 12 Aa 156 5
64	BD—22°3782	O	8.8	248 8	303 10	341 18	AE 307 18
65	13038	A5	7.0	308 10	182 12		
66	13117	B9	6.6	22 10	174 16		
67	13292	B2	8.8	100 17	164 12	135 24	Aa 220 10
68	13312	O5f	7.2	175 2	328 43	172 29	
69	13368	B	9.0	288 12		79 12	BC 163 4 AE 318 15
70	13374	WN5+ +O9,5III	7.0	64 6	28 10	301 11	AE 108 28 AF 29 36

№ № п/п	ADS	Sp	m _A	Позиционные углы и расстояния			
				AB	AC	AD	
71	13376	BO+B5n	7 ^m 6	126' 9"	297° 11"	236° 11"	
72	13610	Ma	7.5	82 33		258 32	BC 182° 4" AE 75 38
73	13626	BO.5IV	8.0	103 19			BC 49 18 Aa 156 4 Ab 158 9 Ac 331 19
74	13943		9.6	264 7			BC 196 5
75	13963		9.0	8 6	356 11		
76	14000	O6f	9.0	204 9	51 18		
77	14010		8.7	250 2.3	268 6.2	196 20	AE 57 21
78	14071		9.9	161 4	228 8	103 28	
79	14330		8.7	354 6	54 6		BC 117 6
80	14338		8.7	245 10	141 18		
81	14438		9.0	280 6	132 10		
82	14526	B3ne	4.9	353 20	141 27	220 38	
83	14545		9.2	22 5			Aa 270 3.4 Bb 24 2.7
84	14825		9.3	203 5	282 9		
85	14831	B3ne	4,6	220 15	180 22		
86	14885	Mb	8.5	202 15	197 21		
87	14966		9.5	195 47			BC 50 5 CD 108 4
88	14969	BO	6,1	29 34	98 54		
89	15014		9.2	157 14	14 15		Aa 5 6
90	15184	O6	5.8	323 1.5	121 12	339 20	

№ п/п	ADS	Sp	m _A	Позиционные углы и расстояния			
				AB	AC	AD	
91	15220	Mc	var	224° 11"	29° 19"		
92	15260		8.8	53 0.9			BC 121° 0. 34
93	15469		9.4	9 5	158 11		
94	15561		8.7	78 7	311 21	34° 20'	Ab 131 16 AE 66 22
95	15654		9.5	193 6	82 10		
96	15679	B9	6.8	110 27			BC 165 23
97	15695		8.9	91 9	119 14		
98	15713		9.0	177 6			BC 256 3 BD 175 14
99	15789		9.0	138 12	15 16	177 16	CE 280 5
100	15834		9.5	91 2	114 12	24 14	aE 80 16 af 73 20
101	15847	B5	5.7	19 6	224 12		
102	16095	B1 Vne+ +B2 V	6.0	186 22		145 81	BC 155 28 Cc 254 1
103	16474	B9	6.6	51 21	260 57		
104	16795	B3	5.0	344 1	269 76		CD 223 1.4 AE 115 43 AF 338 69 AG 349.67
105	16953		9.5	247 14	282 16	15 70	DE 326 5
106	17093		8.6	88 31			Aa 11 25 BC 311 5
107	17124		9.4	46 6	181 9		
108	17171	O8	9.1	290 2	265 10	313 14	AE 135 18

