

Литература

1. Паренаго П. П., АЖ 1947, 24, № 3, 167.
2. Kinman T. D. MN, 1959, 119, 157.
3. Паренаго П. П., Кукаркин Б. В., Флоря Н. Ф., Труды ГАИШ, 1949, 16, 47.
4. Kinman T. D. Radcliff obs. reprint № 9.
5. Субботин М. Ф., Курс небесной механики, т. 3.

Вопросы.

А. С. Шаров. На каком основании считается NGC 5694 движущимся к центру Галактики?

А. Я. Филин. На основании большого значения лучевой скорости.

А. С. Шаров. Этого явно недостаточно.

Г. М. Идлис. Среди использованных скоплений есть ли такие, которые расположены далее 20 кпс? Имеются ли существенные различия для скоплений, расположенных ближе и дальше 20 кпс?

А. Я. Филин. Скопления, удаленные более 20 кпс, использованы в работе, но их слишком мало — 3, чтобы говорить о каких-либо особенностях.

ДОКЛАД В. К. АБАЛАКИНА (ОДЕССА)
О ПЕРИОДИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЯХ ЗВЕЗД ВНУТРИ
ЭЛЛИПСОИДАЛЬНЫХ ЗВЕЗДНЫХ СИСТЕМ

Попытки применения к задачам Звездной динамики аналитических методов Небесной механики встречаются с большими трудностями. С одной стороны, ввиду малой звездной плотности, иррегулярными силами, возникающими при звездных сближениях, можно, как известно, в первом приближении пренебречь. Поэтому задача о движении звезды в звездной системе сводится к небесно-механической задаче определения регулярной орбиты в стационарном силовом поле. Но с другой стороны, неизвестно точное выражение для потенциала гравитационных сил, из-за незнания распределения массы в звездных системах.

В последнее время благодаря усилиям многих исследователей для Галактики и других систем созданы, основанные на данных наблюдения, эмпирические модели, аппроксимирующие реальные звездные системы. В этих моделях уровенные поверхности звездной плотности аппроксимируются семейством эллипсоидов. Однако даже для случая неоднородных эллипсоидов вращения интегрирование уравнений движения в конечном виде невозможно. Поэтому до сих пор исследование звездных траекторий ограничивалось лишь плоской задачей движения в экваториальной плоскости (исследования Б. Линдблада и др.). Еще сложнее дело обстоит в случае неоднородного трехосного эллипсоида.

В настоящем сообщении кратко излагаются некоторые результаты работы, выполненной в Институте Теоретической Астрономии АН СССР и в Одесской астрономической обсерватории и посвященной описанию движения индивидуальной звезды внутри неоднородной самогравитирующей звездной системы, имеющей форму трехосного эллипсоида, пользуясь методами исследования, обычно считающимися принадлежащими к области Небесной механики. Именно, в упомянутой работе находят условия периодичности движения звезды внутри эллипсоидаль-

ного скопления при заданном законе распределения плотности без учета, по крайней мере, в первом приближении эффектов взаимодействия рассматриваемой звезды с другими звездами скопления и газо-пылевой средой.

Поставленная задача решается на основе следующей модели. Дад неоднородный трехосный эллипсоид с гомотетическим расслоением вещества. Во внутреннем гравитационном силовом поле этого эллипсоида движется материальная частица нулевой массы. Предполагается, что плотность вещества эллипсоида зависит от полярной его оси, через которую посредством вторых эксцентриситетов эллипсоида выражены его две другие оси. При этом рассматривается как вращающийся вокруг полярной оси эллипсоид, так и неподвижный. Реальность предлагаемой схемы решения обеспечивается большой длиной свободного пробега звезды внутри звездного скопления, моделируемого данным эллипсоидом. Для окрестности Солнца характеристическое отношение $\sim 10^4$; с некоторой степенью достоверности можно ожидать, что и в других реальных звездных системах это обстоятельство сохраняется. Вследствие малости величины звездной плотности характер движения рассматриваемой звезды полностью определяется суммарным притяжением всей системы в целом — регулярной силой. Далее предполагается однородность рассматриваемой звездной системы в смысле звездного состава, что дает возможность принять один и тот же закон изменения звездной плотности для всего скопления.

Решение проведено в следующем порядке: получено выражение гравитационного потенциала для неоднородного эллипсоидального тела. Из системы дифференциальных уравнений движения звезды, следуя методу Пуанкаре, выделяется т. наз. «порождающая система» уравнений, не зависящая существенно от малого параметра, за который мы принимаем некоторую величину, связанную со вторыми эксцентриситетами эллипсоида, и, пользуясь методом Линдштедта в форме Ляпунова, находим периодическое решение порождающей системы, соответствующее периодическому движению звезды внутри некоторого глобулярного звездного скопления, от которого, по предположению, мало отличается данное эллипсоидальное скопление, и зависящее от некоторого числа произвольных постоянных — квазикеплеровых элементов орбиты звезды.

Для существования периодических движений при малом параметре, не равном нулю, то-есть в случае полной исходной системы уравнений движения, некоторые произвольные постоянные порождающего решения должны иметь определенные значения. В силу того, что система уравнений автономна и допускает независимый от времени интеграл энергии, получаются искомого периодические решения, зависящие от двух произвольных постоянных, одна из которых есть произвольно выбранный начальный момент.

Полученные результаты можно резюмировать следующим образом. В случае вращающегося эллипсоидального звездного скопления порождающее решение зависит от 4 произвольных постоянных: наклоности, дающее решение зависит от 4 произвольных постоянных: наклоности, долготы восходящего узла орбиты звезды, расстояния перигелия орбиты от восходящего узла и начального момента, период обращения звезды фиксирован. Искомое периодическое движение звезды с периодом, отличным от периода порождающего движения, зависит от двух произвольных параметров: наклоности и начального момента. В неподвижном эллипсоидальном скоплении порождающее решение зависит от 5 произвольных параметров — тех же, что и в случае вращающейся

ся системы, с добавлением в качестве произвольного постоянного эксцентриситета орбиты звезды. Искомое периодическое движение в этом случае зависит от двух произвольных постоянных — наклонности и начального момента — при условии отыскания движений с периодом, отличным от периода порождающего движения. Искомые периодические движения с периодом порождающего движения в обоих указанных случаях зависят от одного произвольного параметра, а именно, от начального момента. Найдены пределы изменения аномалистического и абсолютного периодов обращения звезды. Различия между аномалистическим и абсолютным периодами обращения звезды, сохраняющиеся и при движении звезды внутри эллипсоидального звездного скопления, говорят о вращении линии апсид орбиты звезды.

Периодические решения получены с точностью до второй степени малого параметра. Они могут в известной степени характеризовать динамическую эволюцию звездных орбит индивидуальных звезд в эллипсоидальных скоплениях. Кроме того с их помощью может быть решена, повидимому, обратная задача: при известном распределении элементов звездных орбит, однозначно определяемом функцией распределения постоянных интегралов энергии и площадей для рассматриваемого скопления, сделать выводы о форме системы звезд, о распределении масс внутри нее и т. п.

Обсуждение докладов и выступления

Т. А. Агекян. Три рабочих формулы, которые рассматривал А. С. Шаров, получены из выражений для потенциала, данных Линдбладом, Кузминым и Ботлингером. Можно их записать в общем виде. Хорошее совпадение во всех трех случаях можно объяснить наличием в общей формуле двух параметров. Если ставилась задача об отыскании наилучшей формулы, то нужно было уравнения общего вида решать по способу наименьших квадратов. Нужно было бы привлечь и данные о других галактиках. Трудно согласиться с заявлением А. С. Шарова, что закон вращения других галактик известен хуже, чем для нашей Галактики.

Р. Б. Шацова. В докладе М. Г. Колхидашвили вопрос касается поисков возможных форм функции распределения скоростей. Думаю, что функция четвертого типа может быть получена из функции распределения логарифма скоростей.

Речь скорее может идти не об отклонениях, а о какой-то другой функции.

Я. Э. Эйнасто. Нахождение формы функции распределения скоростей на основе эмпирического материала имеет большое значение в звездной динамике и кинематике. Особенно важно выяснить форму распределения скоростей однородных групп звезд и форму интегрального распределения.

При решении этих вопросов необходимо учитывать селекцию наблюдательного материала по скоростям и относительную численность звезд различных подсистем в окрестности Солнца в Галактике. Это было опущено в частности М. Г. Колхидашвили, который пытался определить упомянутые распределения.

Кроме того следует учитывать обстоятельство, что распределение наблюдательных ошибок компонентов пространственной скорости не нормально, не смотря на то, что распределение ошибок компонентов

собственных движений, лучевых скоростей, тригонометрических параллаксов и абсолютных величин можно допустить нормальным.

Б. В. Кукаркин. Работы Е. Д. Павловской с А. С. Шаровым и А. Я. Филиппа дают возможность сделать интересные космогонические выводы. Чем больше изучаемый объем, тем больше вероятность встретить внегалактический объект, т. е. увеличивается примесь внегалактического «населения». Время перехода из одной звездной системы в другую около 10^9 лет. Это — солидный срок с точки зрения эволюции. Статистико-механические методы дают довольно точный верхний предел возраста. Возраст объектов, пришедших в Галактику извне, порядка 10^9 лет. Пути происхождения шаровых скоплений разнообразны. Важно уметь выделить в них «пришельцев», а также исследовать различия в химическом содержании.

К. Ф. Огородников. Некоторые места из моего доклада вызвали критические замечания со стороны моих товарищей и друзей в той части, что я слишком сгустил краски, заявив, что Звездная Динамика находится в данное время в состоянии кризиса. Может быть мои критики и правы, но я хотел бы сказать несколько слов в свое оправдание.

Дело в том, что на наших глазах целый ряд видных астрономов за последние годы отошел от работы в области Звездной Динамики. Достаточно указать имена О. Хекмана и В. Фрикке за рубежом и В. А. Амбарцумяна у нас, чтобы стала понятной горечь потери, которую моему не могут не испытывать все работники в области Звездной Динамики. Почему отошли от Звездной Динамики эти и другие крупнейшие ученые? Очевидно потому, что они не видят особых перспектив в этой области Астрономии.

Между тем Звездная Динамика всегда была и всегда останется важной и актуальной частью Астрономии. Разве не ясна всем актуальность проблемы создания в настоящее время новой хорошо обоснованной и ясной классификации галактик взамен устаревшей теперь классической классификации Хаббла? Однако, не ясно ли также, что такую классификацию можно создать только на основе хорошо разработанной звездодинамической теории эволюции галактик. Иначе все попытки создания классификации на основе одних только морфологических признаков ставят Звездную Астрономию в положение, сравнимое с положением Биологии во времена Линнея, когда, основываясь на морфологии, в одну группу втискивали представителей больше времени, то новых видов. Если бы у меня было в распоряжении больше времени, то я бы мог привести немало примеров того, как в один и тот же тип галактик относят объекты, имеющие совершенно разную динамическую природу. Достаточно вспомнить хотя бы тип галактик SO, куда отнесены представители совершенно различных видов с точки зрения динамики. Необходимо помнить, что и классификация Хаббла в свое время была основана на эволюционных идеях Джинса.

Сейчас одним из самых актуальных вопросов Звездной Динамики является вопрос о существовании и конкретной форме третьего независимого интеграла движения для стационарных звездных систем. Весьма вероятно, что третий интеграл существует, но доказательство этого, а также его нахождение представляют еще нерешенную задачу.

Будем надеяться, что совместными усилиями советских звездных динамиков эта задача будет скоро решена.

Наша конференция есть первый случай, когда советские Звездные Динамики собрались в своей среде и могут между собой поговорить. Нужно постараться, чтобы этот первый опыт не был последним и что

число советских астрономов, работающих в увлекательной и важной области Астрономии: Звездной Кинематике и Динамике, будет все возрастать.

Г. М. Идлис. Теория стационарной галактики объясняет наблюдаемую трехосность пекулярных скоростей звезд наличием трех интегралов движения, существование которых в общем случае вытекает из интегрального уравнения Пуассона.

Г. Г. Кузмин пришел к выводу о возможном отсутствии третьего однозначного стационарного интеграла движения в некоторых случаях, но он использовал в качестве «невозмущенного» потенциала выражение, не имеющее физического смысла (соответствующее бесконечной массе).

Законы для потенциала в теории стационарной галактики могут варьировать, но не могут быть, как иногда утверждают, произвольными. Формула П. П. Паренаго играет роль универсального первого приближения.

Аналогичную роль играет функция Шварцшильда.

О. А. Мельников. Я вполне разделяю мнение, высказанное К. Ф. Огородниковым, что в настоящее время вопросами звездной динамики занимаются недостаточно. С моей точки зрения это вызвано тем, что подход к ряду ее вопросов недостаточно глубок. Вспомним прошлое столетие. Тогда нас вполне устраивало Ньютоновское решение, учитывающее только гравитационные силы. Но уже после работы П. Н. Лебедева стало совершенно ясно, что в ряде вопросов совершенно необходимо учитывать также и фотонные силы. В настоящее время, после открытия магнитных полей звезд и межзвездной среды выяснилось, что необходимо учитывать электро-магнитные силы, особенно в вопросах кинематики и динамики туманностей и межзвездной среды.

Кроме того, следует учитывать также и систематические ошибки в данных наблюдений, о которых мы раньше и не подозревали. В частности, я имею в виду ошибки, связанные с системой длин волн неподвижных астрономических источников. До двадцатых годов нашего столетия их не учитывали. Сейчас же это совершенно необходимо делать. Сущность этих ошибок заключается в следующем: имеются две или более тесных спектральных линий-бленд λ_1 и λ_2 с лабораторными интенсивностями I_1 и I_2 . Положение измеряемой бленды мы определяем в большинстве случаев, как средневзвешенное:

$$\lambda = \frac{\lambda_1 I_1 + \lambda_2 I_2}{I_1 + I_2}.$$

Это значение сравнивается с истинным и получается лучевая скорость звезды. Если мы теперь возьмем группы звезд, например, гигантов и карликов, то средние значения λ будут для них совершенно разными. Это обусловлено тем, что благодаря явлению «кривой роста» соотношение интенсивностей линий в спектре звезды W_1 и W_2 в общем будет заметно отличаться от соотношения в лабораторных условиях I_1 и I_2 . Например в области «насыщения» кривой роста строже было бы

взять простое среднее $\lambda = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}$. В ряде неблагоприятных случаев

разница $\lambda - \bar{\lambda}$ соответствует 50 и более км/сек. Не учтя эти систематические ошибки, мы невольно внесем их в результаты дискуссии кинематики и динамики звездной системы. Действительно, предположим, что

наблюдаем звезды до предельной 10-ой звездной величины. При этом звезды-гиганты и сверхгиганты будут иметь -7 , а карлики $+5$ абсолютную звездную величину. А это будет, в свою очередь означать, что звезды карлики мы будем наблюдать в среднем на меньших расстояниях, а звезды гиганты на больших. Появится эффект расстояний, который, конечно, будет фиктивным: результаты по карликам будут относиться к меньшим, а по гигантам к большим объемам. Разница в длин волн будет как бы переведена в разницу расстояний. В частности в 10 км/сек. кпс, которая получается в последнее время и т. д. Без учета указанной систематической ошибки нельзя анализировать измеренные лучевые скорости для изучения кинематики и динамики звездной системы. Я могу привести много других примеров. Но не буду задерживать уважаемое собрание и скажу лишь, что моя мысль сводится к тому, что в настоящее время чисто классическое решение вопросов кинематики и динамики звездной системы не в состоянии ответить на интересующие нас вопросы, которых становится все больше и больше. Только анализируя явления, наблюдаемые в звездных и межзвездных агрегатах с использованием уравнений механики, магнитогидродинамики и фотонной механики, и, используя лучевые скорости с учетом особенностей систем длин волн различных групп звезд, мы можем получить объективные данные о строении и развитии галактик и отдельных групп звезд и межзвездной среды. Перспективы в осуществлении этой программы достаточно велики.

Р. Е. Гершберг. Возраст 10^9 лет, на который ссылался Б. В. Кукаркин очень неточен. Важно предпринять, например, с Абастуманским межзвездным телескопом, работу по выявлению планетарных туманностей. Весьма интересно исследовать эти объекты на переменность, подробнее изучать их ядра.

Г. Г. Кузмин. В наших работах Г. М. Идлис и я приходим к противоположным результатам. Г. М. Идлис находит, что в случае стационарной самогравитирующей осесимметричной звездной системы существуют всегда три консервативных изолирующих интеграла движения звезд. Я же пришел к заключению о наличии в общем случае осевой симметрии только двух таких интегралов. По-видимому, у одного из нас в рассуждениях допущена ошибка. Ее нужно выяснить, взаимно изучив работы друг друга. В своем выступлении Г. М. Идлис выразил сомнение в том, можно ли пользоваться при применении теоремы Пуанкаре «невозмущенным потенциалом» в том виде, который принят в моей работе, поскольку такой потенциал не может соответствовать реальной звездной системе. Однако по моему мнению, «невозмущенный потенциал» является только промежуточным звеном при выводе разложения для интеграла движения и не существенно, соответствует ли он реальной звездной системе или нет. Следует отметить, что с точки зрения применения теории вопрос о существовании третьего изолирующего интеграла и не так важен, поскольку можно пользоваться приближенными квазиинтегралами. В своем выступлении Г. М. Идлис указал еще на желательность построения общих моделей самогравитирующих звездных систем. Однако неясно, что это за общие модели. Нам кажется, что важной задачей является построение конкретных моделей, наилучшим образом соответствующих нашей Галактике. Это мы и пытались сделать в нашей совместной работе с С. А. Кутузовым.