

АКАДЕМИЯ НАУК СССР



РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ
ЛИТЕРАТУРА»
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

Л. Я. Бляхер, А. Т. Григорьян, Б. М. Кедров,
Б. Г. Кузнецов, В. И. Кузнецов, А. И. Купцов,
Б. В. Левшин, С. Р. Микулинский, Д. В. Ознобишин,
З. К. Соколовская (ученый секретарь), В. Н. Сокольский,
Ю. И. Соловьев, А. С. Федоров (зам. председателя),
И. А. Федосеев (зам. председателя),
Н. А. Фигуровский (зам. председателя),
А. П. Юшкевич, А. Л. Яншин (председатель),
М. Г. Ярошевский

А. В. Козенко

**Джеймс Хопвуд
ДЖИНС**

1877—1946

Ответственный редактор
доктор физико-математических наук
В. Н. ЖАРКОВ



МОСКВА
«НАУКА»
1985

ББК 20 г
К 59
УДК 501

Рецензенты:

доктор физико-математических наук

А. А. ГУРШТЕЙН

доктор физико-математических наук

М. У. САГИТОВ

кандидат химических наук

Г. Б. ШАЛТУПЕР

К 59 Козенко А. В. ДЖЕЙМС ХОПВУД ДЖИНС. 1877—1946 /
А. В. Козенко.— М.: Наука, 1985.— 145 с.— (Научная био-
графия).

Книга посвящена жизни и деятельности Джеймса Хопвуда Джинса — выдающегося английского физика и астронома первой половины XX в., пионера теоретической астрофизики, в становлении которой он сыграл большую роль. Джинс был первым ученым, применившим в астрономии методы теоретической физики. Важное место в его творчестве занимали также работы по кинетической теории газов и теории излучения.

Биография Джинса на русском языке издается впервые. При написании использованы неопубликованные архивные материалы.

Для читателей, интересующихся историей физики и астрономии.

ББК 20 г

Предисловие

Имя Джеймса Хопвуда Джинса пользовалось широкой известностью с 20-х годов нашего века не только среди ученых: физиков и астрономов, но и среди непрофессионалов, интересующихся вопросами естествознания. В этом нет ничего удивительного, ведь Джинс был не только крупным ученым — автором важнейших работ в области теоретической физики и астрофизики, но и талантливым популяризатором науки. Широта его научных интересов и оригинальная философская интерпретация достижений науки в сочетании с художественным стилем изложения делали популярные работы Джинса классическими образцами произведений подобного жанра. Некоторые из его популярных книг были переведены на русский язык и изданы в СССР в конце 20-х — начале 30-х годов, познакомив советского читателя с последними достижениями зарубежной астрофизики.

В истории науки Джинс рассматривается как один из создателей нового научного направления — теоретической астрофизики. Он был в ряду первых профессиональных физиков-теоретиков, начавших работать в области астрономии и привнесших в нее аппарат теоретической физики как метод научного исследования небесных объектов.

В начале своей научной деятельности Джинс занимался кинетической теорией газов и теорией излучения. Им была получена и строго обоснована формула для распределения энергии в спектре равновесного излучения, носящая в настоящее время имя Рэля — Джинса. Джинс является создателем теории гравитационной неустойчивости, лежащей в основе современных исследований в области космогонии и космологии. Со временем астрофизические проблемы стали все сильнее занимать ученого. Из-под его пера выходят основополагающие работы по звездной динамике, теории внутреннего строения и эволюции звезд, теории фигур равновесных вращающихся конфигураций. Наи-

большую известность Джинсу принесла его приливная гипотеза образования Солнечной системы. Эта гипотеза в свое время подвергалась справедливой критике, в том числе со стороны известного советского ученого Н. Н. Парийского. Однако некоторые теоретические результаты Джинса в этой области сохранили значение до наших дней и использовались в современных работах по космогонии М. Вульфсоном и др.

Являясь членом Лондонского королевского общества с 1906 г., Джинс в течение 10 лет был его секретарем и много сделал для развития науки в Великобритании. Участвуя в первых международных тематических съездах физиков — Сольвеевских конгрессах, он способствовал развитию контактов между учеными разных стран.

Несмотря на выдающуюся роль Джинса в истории мировой науки, о его творчестве, да и о нем самом написано очень мало. На русском языке совсем отсутствует литература о Джинсе и его вкладе в науку, за исключением сведений справочного характера. Настоящая монография написана с целью восполнить этот пробел. Тематически ее можно разделить на две части. В первой кратко изложена биография Джинса, его становление как ученого, организатора и популяризатора науки. Во второй анализируется вклад Джинса в теоретическую физику и астрономию, рассматриваются его философские воззрения и популярные произведения. Особое внимание уделено критическому разбору философских взглядов Джинса — представителя кембриджской школы «физического» идеализма.

При изложении биографических сведений использовалась немногочисленная литература о Джинсе, изданная в основном в Великобритании. Здесь прежде всего надо назвать биографию Джинса, написанную Э. Милном и изданную в 1952 г., и биографический очерк Дж. Гроувера, а также воспоминания современников Джинса — его друзей и коллег С. Робертса, У. Х. Мак-Кри и др. Автор имел возможность использовать архивные материалы — письма, конспекты и статьи Джинса, хранящиеся в Центральной библиотеке Кембриджского университета и в библиотеке Лондонского королевского общества. Копии этих материалов были любезно предоставлены автору д-ром Р. Е. Пудритцем (Институт астрономии Кембриджского университета). Леди Джинс прислала ряд фотографий из лич-

ного архива и дала разрешение на их публикацию. Секретарь редакции журнала астрономической ассоциации С. Данлоп предоставил копию портрета сэра Джеймса Джинса из галереи Королевского общества (приведен на обложке). Профессор У. Х. Мак-Кри (Астрономический центр Университета графства Сассекс) подарил ряд своих статей о Дж. Джинсе. Автор выражает им свою искреннюю признательность.

Шестая глава написана совместно с Л. В. Потаповой. На разных стадиях подготовки рукописи к печати отдельные ее разделы читали В. Л. Гинзбург, А. А. Гурштейн, В. В. Казютинский, Л. Ф. Моногарова, Л. В. Потапова, М. У. Сагитов, Г. Б. Шалтупер, сделавшие полезные критические замечания. Всем им и особенно В. Н. Жаркову, согласившемуся стать ответственным редактором этой книги, автор приносит свою глубокую благодарность.

Глава 1

Детство и годы учебы

1

Джеймс Хопвуд Джинс родился 11 сентября 1877 г. в г. Ормскирке, вблизи Саутпорта, в графстве Ланкашир. Ормскирке — торговое местечко в низменности, разделяющей устья рек Мерсей и Рибль, которое в то время считалось частью предместий Ливерпуля, оспаривающего у Лондона место первого торгового порта в мире.

Джинс происходил из семьи журналистов-бизнесменов. Оба его деда и прадед были владельцами газет, а двоюродный брат отца сэр Александр Джинс был владельцем ливерпульских газет «Дейли Пост» и «Эхо». Отец Джеймса, Вильям Таллох Джинс, занимался политической журналистикой, представляя газету «Глобус» в пресс-галерее палаты общин. Он в совершенстве знал работу парламента, и его коллеги с Флит-стрит в трудных случаях часто обращались к нему за помощью, в которой он никогда не отказывал. Это доброжелательное отношение к людям унаследовал его сын. Отец Дж. Джинса отличался широтой интересов. Он был квалифицированным экспертом в области экономики и промышленного развития, интересовался историей науки. Ему принадлежат две книги об ученых: «Жизнеописания ученых-электротехников» и «Творцы стального века».

Мать Джеймса, Марта Энн Хопвуд, от которой он получил второе имя Хопвуд, происходила из г. Стокпорта, расположенного по обоим берегам реки Мерсей к югу от Манчестера. Она родилась в старинной протестантской семье промышленников, изготавливавших часовые механизмы. Один из ее предков был священником, возглавлявшим индипендентскую общину во времена О. Кромвеля. Его небольшая часовня, еще в нашем веке использовавшаяся как школа, по-прежнему стоит в Мериле графства Чешир.

Когда Джеймсу было восемь месяцев, его родители переехали в Брайтон, а через два года — в Лондон.

Атмосфера в доме Джинсов отличалась пуританской добродетелью, сочетающейся с неукоснительным соб-

людением религиозных обрядов и ритуалов. Особенно религиозной была его мать. Отец старался способствовать интеллектуальному развитию мальчика и оказал на него большое влияние.

Джеймс обладал прекрасной памятью и был не по годам развитым ребенком. В три года он понимал какое время показывают часы, к четырем годам уже свободно читал.

Джеймс особенно увлекался действиями с числами. Он их легко запоминал и в семь лет забавлялся тем, что перемножал цифры на номерах извозчиков. Читая книги, Джеймс натолкнулся на таблицы логарифмов. Хотя он и не мог понять, для чего они нужны, но легко запомнил первые двадцать значений. В семье Джинсов долго помнили случай, когда однажды его мать забыла билет на поезд и Джеймс смог назвать контролеру его номер.

Он очень интересовался различными механизмами, особенно часами. На его детских рисунках можно найти часы всех форм и размеров. В девятилетнем возрасте он написал свое первое сочинение в девять страниц под названием «Часы». Оно было в яркой голубой обложке и имело много рисунков. В тексте содержались сведения об основных принципах работы часов и давалось описание их конструкции. Как раз в это время отец Джинса писал свои работы по истории науки. Очевидно, Джеймс подражал здесь занятию отца.

Джинс очень любил музыку. У него оказался абсолютный слух, и его стали обучать игре на рояле. В 12 лет он уже неплохо играл и на органе. Его любимым композитором был И. С. Бах.

В сентябре 1890 г. Джеймс поступил в Тейлоровскую коммерческую школу в качестве приходящего ученика. Это была школа для детей верхушки среднего класса с достаточно высоким уровнем преподавания. Школа находилась в Сити, приблизительно в двух милях от дома, и Джеймс часто проходил это расстояние по четыре раза в день. Иногда он ездил на трамвае, обычно вместе со своим другом Вильямом Элдертоном. Оба не любили шумных и подвижных игр. Застенчивость Джинса и слегка отрывистая манера говорить, оставшаяся у него на всю жизнь, ограничивали число его друзей в школе. Но Элдертону нравилась любознательность Джеймса и та легкость, с которой он разбирался в сложных математических вопросах. В школе у Джинса

проявились блестящие математические способности и устойчивый интерес к математике и физике. В своей комнате он соорудил маленькую физическую лабораторию, где ставил простейшие опыты.

Директором школы, где учился Джинс, был В. Бэйкер, основатель «современной школы», дающей общее среднее образование с практическим уклоном. Однако у себя в школе Бэйкер сохранил структуру классической гимназии. В классической школе было восемь старших учеников, наблюдающих за порядком в младшем классе, и восемь репетиторов, в современной же соответственно только по четыре. Джинс закончил младший шестой класс в классической школе в 1893 г., а затем перешел в современную школу. В 1894 г. он уже был первым учеником старшего шестого класса¹ современной школы, а через два года стал вторым по математике.

В Тейлоровской коммерческой школе у Джинса были высококвалифицированные учителя математики: С. Т. Саундерс, С. О. Робертс и С. В. Пэйн. Первый даже в возрасте 91 года вспоминал замечательное усердие Джинса: «Школьник, — говорил он, — который никогда не шалил» [130, с. 3]. Робертс преподавал математику на высоком уровне, но быстрый стиль его изложения затруднял восприятие среднего ученика. Для Джинса же он служил стимулом к более глубокому и полному изучению математики.

Один из одноклассников Джинса, сидевший с ним за одной партой, вспоминал позднее, что Джеймс любил сидеть, положив ногу на ногу, опершись локтем на колени и положив подбородок на руку. Эта привычка сохранилась у него на всю жизнь.

В школе Джинс интересовался не только науками. Он любил театр и сам исполнял небольшие женские роли в школьной самодеятельной постановке.

Но особенно поражала всех игра Джинса на школьном органе.

¹ Каждый класс в частной школе делился на старший и младший: младший первый, старший первый и т. д. Дело в том, что мальчики поступали в школу с самой различной подготовкой, отсюда крайняя неравномерность состава класса по возрасту и по знаниям. В школе ученики получали общие сведения по грамматике, естествознанию, математике, греческому и французскому языкам. В конце семестра (а их было три в году) определялось место ученика в классе по успеваемости и поведению.

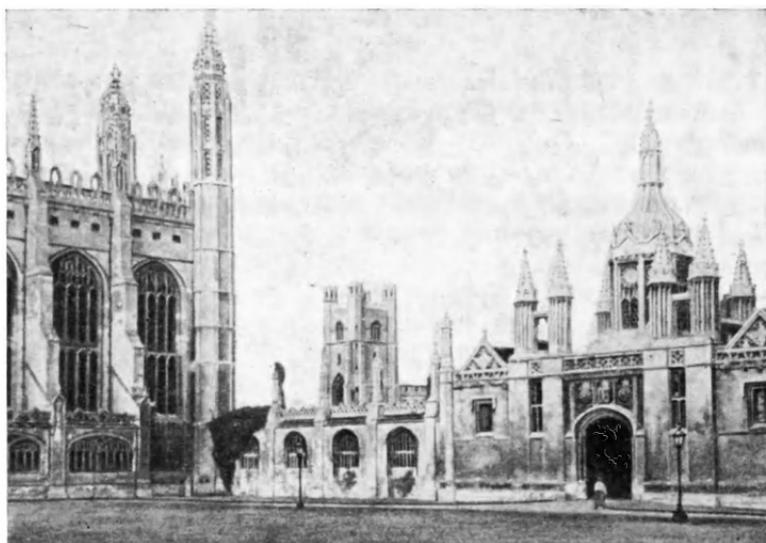
В 1896 г. Джинс выдержал вступительные экзамены и был зачислен в Тринити-колледж Кембриджского университета. Он получил большую стипендию, что свидетельствовало о его прекрасной подготовке. Здесь Джинс приступил к изучению математики.

Джинс не случайно решил поступить в Кембриджский университет.

Оксфордский и Кембриджский университеты — старейшие аристократические учебные заведения Великобритании, отличающиеся высоким уровнем преподавания и выдающимися научными результатами. В области математических и естественных наук Кембридж даже превосходил Оксфорд.

Кембридж расположен на реке Кем, южном притоке реки Уз, в мало живописной равнине, но его старинные университетские здания монументальны и по-своему очаровательны. Над городом возвышается здание Королевского колледжа — замечательный памятник стрельчатой архитектуры XV в. Большое впечатление производит Тринити-колледж (Св. Троицы) — в то время самый богатый и многолюдный в университете. Всемирную славу ему принес гениальный английский ученый Исаак Ньютон, жизнь которого с 1664 по 1696 г. была связана с этим колледжем. Университетская библиотека насчитывала около четверти миллиона томов. При колледже находились одни из лучших в Европе Геологический музей и обсерватория, в которой под руководством Дж. К. Адамса велись интенсивные астрономические наблюдения. Самый старый колледж (Св. Петра) был основан в 1257 г., через девять лет после учреждения первой школы Оксфорда.

В университетах бережно сохранялись традиции и церемониалы, возникшие еще в средние века. Это проявлялось и в повседневном быту (совместные трапезы облаченных в мантии студентов и преподавателей и торжественные церемонии присуждения ученых степеней), и в особенностях системы обучения, издавна базирующейся на методе прикрепления нескольких студентов к преподавателю-репетитору — тьютеру. Студенты встречались с преподавателем поодиночке или группами из двух-трех человек для того, чтобы в непринужденной обстановке беседовать об изучаемом предмете и о выполненных заданиях. Таким образом,



Кембриджский университет

обучение проходило при непосредственном общении. В обязанности профессора входило лишь чтение небольшого количества лекций. Благодаря этому у профессора оставалось достаточно много времени для научных исследований, которые в то время, да и в наши дни в Англии проводятся в основном в университетских лабораториях.

Но наряду с достоинствами такого характера обучения существовали и недостатки традиционных кембриджских «экзаменов на отличие», заставлявших при подготовке к ним изучать огромное количество несущественного материала и тренироваться в решении искусственных задач.

На вступительных экзаменах Дж. Джинс и его кембриджский товарищ Г. Х. Харди, впоследствии ставший математиком с мировой известностью, обнаружили исключительные способности. Поэтому их руководитель Г. Т. Уолкер, который позже стал генеральным директором Индийских обсерваторий и профессором Императорского колледжа, предложил им принять участие в первой части математического экзамена на отличие через два года вместо положенных трех, чтобы сэкономить год для более серьезной работы, связанной со

сдачей второй части экзамена. Приняв такое необычное решение, и руководитель, и студенты проявили определенную смелость. Джинс и Харди стали заниматься с Р. Р. Веббом — наиболее известным преподавателем математики того времени. Они также слушали лекции Дж. В. Глэйтера, А. Н. Уайтхеда, Е. Т. Уиттекера — талантливых ученых и прекрасных педагогов.

Результат их занятий не замедлил сказаться. В марте 1897 г. Джинсу выделили ординарную большую стипендию Тринити. На первой части экзамена в 1898 г. Джинс вместе с Дж. Ф. Камероном, позже ставшим членом Гонвилл- и Кайус-колледжа, был в списке вторым; Р. Хадсон был первым, а Харди — четвертым. После того как места стали известны, Джинс сказал Элдертону, что Хадсон вполне заслужил первое место, так как мог работать по семь-восемь часов в день, в то время как все остальные занимались не более шести.

Однако сданный экзамен не принес им степени бакалавра искусств. Для этого нужно было сдать еще специальный экзамен, на котором они получили не высшую, а ординарную степень (1899). В этом сказывались недостатки существовавшей экзаменационной системы. Критерии оценки знаний нуждались в изменении, и в 1910 г. эта система экзаменов² была отменена, не без влияния тогда уже известного математика Г. Харди [168].

В студенческие годы у Джинса в комнате стоял большой рояль. Джинс брал уроки у выдающейся пианистки Кетлин Бракшау. Он часто аккомпанировал на студенческих концертах и даже стал секретарем студенческого клуба «Вопрос».

Жизнь такого университетского городка, как Кембридж, была довольно замкнутой и ее мало касались бурные события в мире. С 1895 по 1905 г. у власти находился блок консерваторов и либералов-юнионистов, проводивший империалистическую политику. Правительство возглавлял лидер консерваторов

² «Математический трипос» — конкурсные экзамены для математиков — был установлен в Кембридже еще в первой половине XVIII в. Ч. П. Сноу писал о них: «Существовала специальная система подготовки к этим экзаменам. Таким одаренным людям, как Харди, Литлвуду, Расселу, Эддингтону, Джинсу и Кейнсу, пришлось потратить два-три года, чтобы подготовиться к участию в этом необычайно усложненном состязании» [190, с. 33].

Р. Солсбери, но ведущее положение в кабинете вскоре занял министр колоний Джозеф Чемберлен. В 1899 г. была развязана англо-бурская война, которая требовала от Англии колоссального напряжения. К началу века она окончательно утрачивает промышленное первенство. Дестабилизируется внутренняя жизнь страны, обостряются социальные противоречия, все глубже становится кризис буржуазной идеологии и культуры.

Джон Голсуорси, характеризуя взгляды воспитанников аристократических школ и колледжей того времени, сказал: «Мы почти все поголовно были реакционерами...» [222, с. 43]. Джинс не отличался здесь от основной массы. В своих политических взглядах он придерживался точки зрения буржуазно-либерального социолога и экономиста Джона Стюарта Милля. Милль даже понятие свободы рассматривает в рамках концепции утилитаризма, утверждая, что свобода даст возможность разумному эгоисту в полной мере отстаивать собственные интересы и это будет полезно обществу. Свобода слова, мысли, печати, ассоциаций провозглашается высшей ценностью, целью развития человеческого общества. По философским взглядам Милль близок к Огюсту Контю — основоположнику позитивизма. Учитывая также крайне религиозную атмосферу семьи, в которой воспитывался Джинс, нетрудно понять, почему он в своих последующих публицистических и философских работах стоит на идеалистических позициях.

Подготовку к сдаче второй части конкурсного экзамена по математике на золотую медаль Джинсу пришлось прервать из-за болезни (туберкулезная инфекция колена). Он покинул Кембридж весной 1899 г. Сначала он лечился в санатории в Рингвуде, а позже в Мандслее. Через три года он окончательно выздоровел. Однако в 1900 г. Джинс приезжал в Кембридж для сдачи второй части экзамена, где занял второе место с отличием. Первым был Харди. Вскоре после этого Джинс был удостоен стипендии имени И. Ньютона по астрономии и оптике, а в 1901 г. его работа «Распределение энергии молекул» [2] была отмечена премией Смита. Предмет исследований Джинса имел большое значение, так как был посвящен актуальной проблеме распределения энергии в динамической системе, определяемой большим числом параметров. Работа была опубликована в «*Philosophical Transactions of the Royal Society*».

Джинс был избран членом Тринити-колледжа с большой стипендией в октябре 1901 г. одновременно со своим старым школьным другом историком Рональдом Лоуренсом. В письме к другому школьному товарищу М. Пальмеру Джинс писал: « Я очень рад, что Лоуренс избран в тот же самый день, что и я; после длительного перерыва мы снова вместе» [130, с. 6]. Харди также был избран членом колледжа со стипендией за отличные успехи в предыдущем году и имел обыкновение говорить, что он рассматривает свое избрание как важнейшее событие своей жизни. Для Джинса это избрание также было очень важно, так как оно позволяло ему без финансовых затруднений продолжать лечение.

Глава 2

Профессор прикладной математики

1

В 1903 г. Джинс получил степень магистра, а на следующий год был назначен лектором по математике. Эту должность он занимал до отъезда в Принстон в 1905 г.

Но и ранее, находясь в санаториях, Джинс не переставал активно работать. Там он написал свою первую монографию «Динамическая теория газов» [11], которая была опубликована в 1904 г., неоднократно переиздавалась и служила популярным учебником для студентов и справочником для научных работников в течение многих десятилетий. Джинс не терял связи с Кембриджем, о чем свидетельствует его обширная корреспонденция. Он переписывался со многими членами Тринити и другими своими друзьями и знакомыми. Среди его корреспондентов мы находим имена Г. Харди, Р. Лоуренса и некоторых других, которые постоянно держали его в курсе университетских новостей, сообщали о новых научных достижениях. Благодаря им Джинс не ощущал себя оторванным от научного мира.

Развитию физической интуиции Джинса, несомненно, способствовало его занятие в Кавендишской лаборатории в 1899—1900 гг. Это были годы расцвета



Дж. Дж. Томсон

лаборатории. Возглавлявший ее Дж. Дж. Томсон в 1897 г. открыл электрон; он также вел активное исследование электропроводности газов, интересовался рентгеновскими лучами и радиоактивностью. Томсон был третьим кавендишским профессором, преемником Дж. К. Максвелла и Дж. У. Рэля на посту главы Кавендишской лаборатории, открытой 16 июня 1974 г. «Томсон восхищал меня...» — писал Э. Резерфорд в 1895 г., а через полтора десятилетия Нильс Бор сооб-

щал: «Я увидел действительно великого человека...».

Как раз в эти годы начиная с 1895 г., когда в Кембридже была учреждена докторантура для способных молодых ученых со всего мира, начал складываться тот интернациональный дух физики, столь характерный для первой трети XX в. В Кавендишской лаборатории на тихой улочке Фри-Скул-лейн старинного Кембриджа стажировались новозеландец Э. Резерфорд, шотландец Ч. Т. Вильсон, француз П. Ланжевен и др., ставшие впоследствии знаменитыми учеными — создателями новой физики. «К 1898 г., — пишет А. Пиппард, — очень трудно встретить какие-либо следы прежнего чисто количественного подхода; начинаются поиски природных закономерностей за пределами математической предсказуемости» [175, с. 25]. Джинсу с его формально-математическим мышлением удалось проникнуться духом физической науки, что позволило ему в дальнейшем правильно оценивать перспективные направления.

В 1901 г. выходит статья Джинса, посвященная механизму излучения, затем исследования по кинетической теории газов, радиоактивности и, наконец, следует отметить работу по теории теплового излучения абсолютно черного тела [21], опубликованную в 1905 г. В ней Джинс использовал положение Дж. Рэля о равно-

распределении энергии по степеням свободы в спектре равновесного излучения. Джинсом был исправлен ошибочно введенный Рэлеем множитель в формуле, по праву носящей сейчас имя Рэля — Джинса. Кроме того, эта работа, выполненная с позиций классической физики, показала, что последняя находится в явном противоречии с экспериментом, и способствовала принятию планковской квантовой модели.



Джордж Дарвин

В начале 1900-х годов Джинсом под влиянием Джорджа Хауэрда Дарвина, профессора астрономии и экспериментальной философии (физики) Кембриджского университета, были выполнены работы по астрономической тематике: была опубликована статья об устойчивости вращающихся жидких цилиндров [5], а также фундаментальная работа по гравитационной неустойчивости, вышедшая в 1902 г. [7]. Собственно это были работы физика-теоретика, но имеющие широкие астрономические приложения. В этом также проявился интерес Джинса к проблемам микромира — молекулярной физике и макромира — астрономии. И хотя после своего выздоровления он занимался в основном статистической механикой, его работы в двух столь различных областях сделали его широко известным ученым. Поэтому, когда осенью 1904 г. Джинс был выдвинут кандидатом на вакантное место заведующего кафедрой математики Абердинского университета, он смог получить рекомендации людей с мировой известностью.

Так, член Тринити-колледжа Х. М. Батлер писал: «...он считается одним из наиболее блестящих и оригинальных наших молодых математиков. Его характер — очень легкий, манеры — очень приятные, и он выделяется среди нас всех» [130, с. 11].

Дж. Дарвин свидетельствовал: «Я не видел работ мистера Джинса за время его обучения в Тринити-кол-

ледже. Но весьма примечательное его сочинение на звание члена Тринити было представлено мне как одному из экзаменаторов. Статья оказалась очень оригинальной, в ней использовались нетривиальные методы решения задачи большой математической сложности. Предмет работы был особенно интересен для меня, и мы провели несколько полезных дискуссий по ней после экзамена. Я с удовольствием рекомендовал его статью в Королевское общество для публикации в «Philosophical Transactions». Позднее я представил еще две его работы в Королевском обществе и считаю, что результаты, содержащиеся в этих статьях, составляют значительный вклад в науку» [130, с. 12].

И Дж. Дж. Томсон подтверждал: «Я прочитал много работ мистера Джинса, особенно тех, которые касаются проблем электричества и кинетической теории газов; их оригинальность и сила производят впечатление. Я не знаю ни одного молодого математика, который сделал бы более компетентные или более важные работы с применением математики для объяснения природных явлений. Я думаю, что университет должен быть счастливым, если он сможет пользоваться услугами мистера Джинса, работы которого свидетельствуют о большом математическом таланте» [130, с. 12].

Но Джинс отказался от этой вакансии, и на нее был избран Х. М. Макдональд. Однако вскоре Джинсу было предложено новое вакантное место.

Летом 1905 г. Джинс участвовал в работе конференции Британской ассоциации (основанной в 1831 г. для популяризации научных знаний) в Кейптауне в качестве секретаря секции физики и математики. Сразу же после открытия конференции он получил телеграмму с приглашением на должность профессора прикладной математики в Принстонском университете, Нью-Джерси. Джинс не колеблясь оставил работу в Британской ассоциации и вернулся в Англию, чтобы подготовиться к переезду в Америку.

2

Нью-Йорк встретил Джинса статуей Свободы, небоскребами, гудками автомобилей, суетой людей и светом реклам. Но Принстон — маленький университетский город, зеленый и тихий, недалеко от океана, был больше похож на «добрую, старую Англию».

Джинс был приглашен в Принстон президентом уни-

верситета Вудро Вильсоном, который предпринимал активные действия по его расширению. В. Вильсону суждено было стать впоследствии президентом США, победив на выборах 1912 г. кандидатом от демократической партии.

Пригласить Джинса рекомендовал старый друг и помощник Вильсона Г. Б. Файн, обладавший необыкновенной интуицией на перспективных молодых ученых. Вместе с Джинсом в Принстоне в 1905 г. начали преподавать Оуэн В. Ричардсон, получивший позже Нобелевскую премию за открытие зависимости плотности тока насыщения термоэлектронной эмиссии от температуры катода, математик Джордж Биркгофф, астроном Генри Норрис Рессел, который построил диаграмму спектр — светимость и сделал первые надежные оценки процентного содержания химических элементов во Вселенной, а также другие выдающиеся работы по астрофизике.

Прибыв в Принстон уже известным ученым, Джинс в основном читал усложненные лекции для наиболее способных студентов старших курсов. Многие из студентов, получивших хорошую подготовку по математике в Принстоне, пришли в замешательство от его виртуозного стиля, выдержанного в кембриджской традиции.

В 1906 г. Джинс был избран членом Лондонского Королевского общества. Это признание на родине пришло к нему, когда ему было всего 28 лет. На это событие остроумные студенты ответили сочиненной ими песенкой:

Вот это Джимми Хопвуд Джинс,
Он хочет сделать нас математическими машинами.
Молодой и блестящий член Королевского общества,
Ему нет равных, мы все это признаем.

В это же время происходят важные события в личной жизни Джинса: он помолвлен с Шарлоттой Тиффани Митчелл, дочерью географа и путешественника Альфреда Митчелла. Она происходила из семьи известных нью-йоркских банкиров Тиффани. Свадьба состоялась в 1907 г. Жена Джинса имела значительное состояние, и профессор стал выступать в роли бизнесмена, распоряжаясь капиталом.

Шарлотта Джинс была очаровательной женщиной, к тому же обладала поэтическим даром. Брак их был счастливым. В 1912 г. у них родилась дочь Оливия.

После смерти Шарлотты Джинс в 1935 г. в издательстве Кембриджского университета был опубликован ее поэтический сборник «Driftweed» с предисловием Дж. Джинса.

В Принстоне Джинс оставался до 1909 г. и затем вместе с женой навсегда вернулся в Англию. Он так и не смог привыкнуть к американскому образу жизни и до конца дней оставался истинным англичанином.

Во время пребывания в Принстоне Джинс написал две монографии: «Теоретическая механика» [22] и «Математическая теория электричества и магнетизма» [28]. Первая была прекрасным учебником для студентов старших курсов и аспирантов, а вторая, неоднократно переиздававшаяся издательством Кембриджского университета, представляла собой исчерпывающее введение в теорию Дж. Максвелла. Как сказано в предисловии к ее первому изданию, в ней «довольно полно изложена теория электромагнетизма, которой каждый студент должен овладеть, прежде чем приступит к изучению специальных или прикладных разделов предмета. Настоящая книга предназначена для того, чтобы изложить в этих пределах математическую теорию электромагнетизма вместе с математическим анализом, необходимым для работы. Объем книги приблизительно такой же, как и оригинальной работы Максвелла, но настоящая книга во многом более элементарна, чем труд Максвелла. Произведение Максвелла написано для читателей, в совершенстве владеющих математикой; эта же книга написана специально для студентов и физиков с ограниченными знаниями математики».

Второе издание 1911 г. вышло в трех частях: «Электростатика и электрический ток», «Магнетизм» и «Электромагнетизм». По словам Джинса, первая часть — это просто развитие древних представлений о свойстве янтаря, вторая — развитие представлений о свойстве магнитного железняка. Эти части независимы одна от другой. Их объединяет третья часть, посвященная учению электромагнетизма, развитого М. Фарадеем и Дж. Максвеллом. Излагая теорию, Джинс использует современный математический аппарат: теоремы Грина, теорию потенциальных функций, функции Лежандра, комплексные переменные и конформные преобразования. Монография имеет большой объем, так как в ней не используются векторные методы, но стиль изложения удобен для начинающего изучать предмет.

Книга написана легким языком, в ней собрано множество интересных задач и упражнений, что делает ее еще более полезной.

В принстонский период Джинсом также опубликован ряд научных статей по динамической теории газов, теории излучения и... по устойчивости подводных лодок, что говорит о том, что прикладные задачи также не были ему чужды.

3

После возвращения в Англию Джинс в 1910 г. занял место Стоксовского лектора по прикладной математике Кембриджского университета.

Для Англии это было беспокойное время. Участились стачки. Либеральный кабинет Г. Асквита был вынужден проводить политику умеренных социальных реформ, но она сочеталась с усиленной милитаризацией страны. Англия готовилась к войне. Но Джинс как всегда был далек от большой политики. Он преподавал в Кембридже и занимался научной работой в области теории излучения, движения электронов и строения атома. Авторитет его в этой области стал столь высок, что он был приглашен в числе других 23 выдающихся физиков мира на I Сольвеевский конгресс.

Идея проведения международных физических конгрессов принадлежала профессору Берлинского университета крупному физическому и химическому В. Нернсту, который и организовал субсидирование мероприятия крупным бельгийским промышленником Э. Сольве. Выходец из рабочей среды, химик-самоучка, Сольве изобрел промышленный метод производства соды и построил несколько заводов, которые принесли ему громадное состояние. К концу жизни он был владельцем крупнейшего концерна, двух банков и 38 замков и поместий [142, с. 329]. Особую симпатию он питал к чистой науке и ученым, занимающимся фундаментальными вопросами.

Местом проведения конгресса был выбран Брюссель. Возглавить организационный комитет Сольве просил Г. А. Лоренца. Крупнейшим физикам мира были разосланы приглашения с просьбой принять участие в совещании.

Конгресс проходил с 30 октября по 3 ноября 1911 г. и был целиком посвящен излучению и квантам. Вступительное слово произнес Лоренц. В частности, он сказал: «...нас не покидает чувство, что мы находимся в

тупики; старые теории оказываются все менее способными проникнуть во тьму, окружающую нас со всех сторон» [169, с. 88].

В центре внимания конгресса была теория Планка. Естественно, что участие Джинса, работы которого показали неприменимость классических методов для анализа проблемы излучения, было очень полезным. Но этот форум не привел к определенному результату. До создания квантовой механики еще оставалось 14 лет.

Вот как отзывался Джинс о подходе Лоренца к науке, сравнивая его с максвелловским: «Цели обоих ученых были одинаковыми, но их методы были различными. Для Максвелла наука была заколдованной сказочной страной, в которой никто не знал, какое чудо может произойти дальше. Наука Лоренца была мастерской, в которой инструменты исключительной точности тщательно располагались на глазах у всего мира в направлении заранее намеченной цели; могло показаться, что развитие науки идет по заранее очерченному плану» [169, с. 278]. Но как раз тогда, в эпоху «бури и натиска», эпоху создания новых научных представлений такая стратегия научного поиска была совершенно неприемлема.

Менее чем через год после возвращения с Сольвеевского конгресса Джинс оставил преподавательскую деятельность в Кембридже. После женитьбы Джинс стал независимым в материальном отношении. В 1912 г. он переселился в Гуильдфорд — одно из живописнейших предместий Лондона. «Ниже Годельминга река (Уэй. — *А. К.*) прорывается через холмы, — пишет Э. Реклю, — сквозь отверстие с ровными стенами, как будто обрезанными мечом. Город Гуильдфорд, охраняющий проход, был некогда резиденцией западных сакских королей, и многие постройки его ведут начало от средних веков. В Англии немного видов, столь очаровательных, как в окрестностях Гуильдфорда, с прекрасными лугами, разбросанными группами деревьев, тщательно обработанными полями, стенами, покрытыми плющом, и гладкими дорогами, извивающимися по скатам холмов между оградами» [186, с. 116].

Джинс всегда предпочитал суетливому городу спокойные и живописные предместья, где можно было посвятить все свободное время занятиям наукой. Однако он не избегал конгрессов и конференций, где в личном контакте с физиками мог обсуждать результаты своих

исследований, узнавать о новых гипотезах, ощущать дух живой науки. В сентябре 1913 г. Джинс отправляется в Бирмингем, чтобы принять участие в работе Британской ассоциации содействия развитию науки, на которой должны были присутствовать Дж. Рэлей, Э. Резерфорд, Г. Лоренц, Мария Кюри, Дж. Лармор и создатель новой модели атома молодой датский физик Нильс Бор.

Вот как вспоминает об этом Бор: «На этом заседании, на котором присутствовала мадам Кюри, проходила, в частности, общая дискуссия по вопросам излучения с участием таких известных авторитетов, как Рэлей, Лармор и Лоренц; следует особенно отметить присутствие Джинса, который сделал вводное сообщение, посвященное приложению квантовой теории к проблеме строения атома. Его ясное изложение фактически было первым проявлением серьезного интереса со стороны физической общественности к рассмотрению тех проблем, которые за пределами манчестерской группы (группы Резерфорда. — *А. К.*) были встречены в общем весьма скептически» [183, с. 182].

Свою речь Джинс начал словами: «Доктор Бор пришел к чрезвычайно остроумному, оригинальному и, можно сказать, убедительному толкованию законов спектральных циклов». И далее: «Сегодня единственно значимым подтверждением правильности этих предположений является тот факт, что они действуют на практике» [172, с. 170].

Через неделю после окончания конференции Бор пишет жене: «Пока дела идут настолько хорошо, что трудно желать лучшего. Джинс открыл дискуссию о проблеме излучения солидным докладом и дал благожелательную оценку моей теории. Думаю, что он убежден в некоторой реальности моих взглядов» [172, с. 170].

В конце 1913 г. Джинс прибыл в Брюссель, где с 27 по 31 декабря состоялся II Сольвеевский конгресс, посвященный строению вещества. На конгрессе большой доклад о строении атома сделал Дж. Дж. Томсон, который изложил свои несколько модифицированные представления на эту тему. Но общее настроение в физике в это время выразил в дискуссии по докладу Лоренц: «Так как модель Томсона не содержит ничего несовместимого с правилами механики, кажется весьма сомнительным, чтобы можно было вывести из нее правильный закон излучения» [210, с. 325].

Джинс был такого же мнения. Его блестящая физическая интуиция подсказывала ему, что прав Бор, и он одним из первых публично поддержал его теорию. Но сам работать в этой новой, внутренне противоречивой физике Джинс не мог. Последовательная квантовая теория будет создана лишь через полтора десятка лет, когда Джинс уже оставит научную деятельность.

На конгрессе Джинс также узнал об открытии М. Лауэ в 1912 г. дифракции рентгеновских лучей, подтверждающей волновую природу проникающей радиации. Международное сотрудничество физиков приносило ощутимую пользу, но начавшаяся в августе 1914 г. первая мировая война на долгие годы прервала его.

4

В 1914 г. выходит из печати расширенное изложение доклада Джинса в Физическом обществе «Сообщение об излучении и квантовой теории» [36]. Так как шла война, оно не сразу стало известно широкому кругу ученых, но уже в 1919 г. обсуждалось во всем мире и способствовало привлечению внимания к квантовой концепции и ортодоксальной теории атома Бора. Совместно с «Сообщением о релятивистской теории гравитации» Эддингтона (1918), также сделанным в Физическом обществе, оно оказало решающее влияние на распространение новых концепций физики в Великобритании.

«Сообщение» Джинса состояло из семи глав. Первая была названа «К необходимости квантовой теории», последняя — «К физическим основам квантовой теории». Вторая и третья главы подытоживали собственные исследования Джинса в области теории излучения в соответствии с классической физикой и излагали революционную гипотезу Планка, четвертая — шестая содержали боровскую теорию водородного и водородоподобных атомов и их спектров, эйнштейновскую теорию фотоэффекта и теорию удельной теплоемкости твердых тел по А. Эйнштейну, П. Дебаю и Ф. А. Линдману. В заключительной части своего «Сообщения» Джинс писал: «...можно согласиться с мнением, что пока некоторого рода совпадение (теоретических положений и экспериментальных фактов.— А. К.) не повлияет на квантовую теорию и волновую теорию света, физическая интерпретация квантовой теории, вероятно, останется в очень неудовлетворительном состоянии... Объ-

яснение спектра равновесного излучения нуждается в квантовой теории и ни в чем ином, кроме квантовой теории, включая все скачки в теории и их удивительные физические следствия. Основной идеей старой механики была непрерывность: «природа не любит скачков». Основным понятием новой механики является дискретность...» [36]. Джинс заканчивает свою работу свободным переводом заключения из статьи Анри Пуанкаре «Гипотеза квантов»; «Мы видим сейчас, как встал этот вопрос. Старые теории, которые, казалось, до последнего времени были способны объяснить все известные явления, вдруг встретились с неожиданным препятствием. Как видно, некоторые модификации стали необходимы. Гипотеза, предложенная М. Планком, была столь странной, что стали искать теории, которые позволили бы отказаться от нее. Однако до сих пор исследования свидетельствуют о невозможности отказа, хотя и новые теории изобилуют трудностями, которые реальны, а не представляются иллюзорными из-за инерции нашего мышления в эпоху последних радикальных преобразований». И далее: «Невозможно в настоящее время предсказать окончательное решение вопроса. Может быть, будет найдено несколько совершенно различных решений? Или сторонники новой теории преуспеют в преодолении трудностей, которые мешают нам ее безоговорочно принять? Суждено ли дискретности господствовать над другими физическими положениями и будет ли ее победа окончательной? Или в конце концов будет установлено, что эта дискретность только кажущаяся и скрывает серию непрерывных процессов?» [182].

Джинс не случайно закончил свое «Сообщение» словами Пуанкаре. Ещё на I Сольвеевском конгрессе Пуанкаре произвел неотразимое впечатление на Джинса своим гениальным математическим талантом, «той легкостью, с которой он подходил к наиболее трудным физическим проблемам, даже к тем, которые были для него новыми», — как говорил Лоренц. Ему также импонировал философский подход Пуанкаре к изучению природы. И круг интересов Джинса был близок к интересам Пуанкаре: это и квантовая гипотеза, и теория фигур вращающихся гравитирующих масс, и космогония, но в эти области науки Джинсу еще предстояло внести свой вклад. Наконец, Джинс, так же как и Пуанкаре, в последние годы своей жизни напишет несколько книг

для самого широкого круга читателей, популяризирующих достижения современной физики и астрофизики, совершенных по стилю, занимательных и глубоких по содержанию.

«Сообщение» Джинса, вышедшее в 1914 г., было практически его последней работой по физике. Она подытоживала его безуспешные попытки дать объяснение спектра равновесного излучения на основе классических представлений. Хотя Джинс понимал неизбежность и необходимость нового подхода, но принять его он так и не смог. 1914 год стал годом кризиса в исследованиях Джинса.

Он продолжал пристально следить за успехами атомной физики и квантовой теории и даже опубликовал в 1923 г. небольшую заметку об α - и β -излучениях, но все же можно считать, что в 1914 г. завершился один период научной деятельности Джинса. Следующие 14 лет его жизни будут посвящены активной работе в области астрономии и космогонии.

На решение этих проблем Джинс переносит весь мощный аппарат математики и теоретической физики. Джинс, можно сказать, был одним из первых физиков-теоретиков (и по полученному образованию, и по последующей деятельности), которые начали работать в астрофизике. Этот процесс более характерен для второй половины XX в., когда приход в астрономию профессиональных физиков стал неизбежен вследствие изменения методов наблюдений и теоретических исследований.

Глава 3

Секретарь Королевского общества

1

Из Гуильдфорда, где Джинс некоторое время жил после прекращения преподавательской деятельности в Кембридже, он переселился в Лондон. Лето 1913 г. семья Джинсов провела в одном из округов Дартмура — в Девоншире, где в обилии водились тетерева и куропатки. Осенью Джинс с семьей возвратился в Лондон. С начала лета 1914 г. он живет в Эмершеме, где и узнает о начале войны. Это трагическое событие мало

повлияло на жизнь Джинса — независимого и состоятельного английского ученого, члена Королевского общества.

В 1918 г. Джинс приобрел поместье Кливленд-Лодж в Доркинге и навсегда поселился там. Это было недалеко от Гуильдфорда в его излюбленных окрестностях Лондона, где река Моль прокладывает себе путь в известковых породах Нортдаунской возвышенности. Он любил прогуливаться в парках и садах Кливленд-Лоджа или спокойно сидеть на лужайке. В это время он мог не отвлекаясь раздумывать над интересующими его научными проблемами. Джинс как истинный англичанин очень любил свой сад, хотя сам никогда в нем не работал. Со временем Джинс все больше времени стал уделять музыке. На его вилле был установлен орган, на котором он играл по несколько часов в день. Играл он только для своего удовольствия и никогда не выступал перед посторонними слушателями. В 1917 г. у Джинса был первый сердечный приступ — сигнал начинающейся болезни, но спокойная жизнь в Кливленд-Лодже в окружении семьи и немногочисленных слуг позволила ему на многие годы забыть о нем.

В этот период Джинс начинает теоретические исследования в области астрономии и астрофизики, все более глубоко проникая в проблемы астрономической науки. Из под его пера выходят работы, посвященные звездным скоплениям, гравитационной неустойчивости газовых туманностей, теории звездных потоков, теории фигур равновесия вращающихся самогравитирующих масс и некоторым вопросам космогонии. В основном они публикуются в «Monthly Notices of the Royal Astronomical Society».

В 1917 г. Джинс получил премию имени Адамса Кембриджского университета за работу «Проблемы космогонии и звездной динамики» [55], которая вышла отдельным изданием в 1919 г. В ней подытожены фундаментальные исследования фигур равновесия вращающихся самогравитирующих масс как несжимаемых, так и, что особенно ценно, сжимаемых и даны приложения их результатов непосредственно к реальным астрономическим объектам. Эта работа стала классической и вошла в золотой фонд астрономической науки. В ней решены проблемы, привлекавшие внимание математиков со времен К. Маклорена. Одним из основных выводов было утверждение, что объекты типа нашей Солнечной систе-

мы должны быть очень немногочисленны во Вселенной, так как их образование есть следствие чрезвычайно редкого явления — близкого прохождения одной звезды около другой. Естественно, что многие положения этой работы в настоящее время пересмотрены, но целый ряд развитых в ней математических методов и идей сохраняет свое значение до наших дней. Однако в современной литературе обычно ссылаются не на этот труд, а на монографию 1928 г. «Астрономия и космогония» [88], в которую вошли основные результаты этой более ранней работы.

Следует особо отметить, что в книгах Джинса сложные вопросы излагаются простым, образным языком. Это, вместе с блестящим синтезом теории и наблюдений, делает его книги одними из лучших научных монографий по астрономии, когда-либо написанных. В свое время они стимулировали привлечение молодых физиков-теоретиков и математиков к решению астрономических проблем.

Джинс уделяет много внимания подбору иллюстративного материала и оформлению своих книг. Это видно из его письма к Джорджу Эллери Хейлу, директору обсерватории Маунт-Вилсон: «Дорогой профессор Хейл, я занят, насколько позволяет время, подготовкой книги по космогонии и подбором фотографий. Как я и ожидал, я получил разрешение репродуцировать все шестнадцать фотографий, без исключения». И далее: «Меня особенно интересуют боковые спирали Пиза, так как они очень хорошо согласуются с фигурами, которые я вычислил для вращающихся газов (Бейкерманская лекция, Королевское общество, 1917, она еще не опубликована). Если бы Вы позволили мне воспроизвести их, конечно с соответствующими ссылками и благодарностями, я был бы очень рад. Я буду писать также отдельно Ричи и Пизу.

Моя книга выйдет в очень хорошем оформлении в издательстве Кембриджского университета и, я уверен, оно отдаст должное Вашим тонким фотографиям» [130, с. 21—22].

В этом письме Джинс также упоминает о Бейкерманской лекции, с которой он выступал перед Королевским обществом в 1917 г. (получить такое приглашение было большой честью). Джинс избрал для лекции тему, по которой он за последние четыре года получил важные результаты. Лекция называлась «Фигуры вра-

щающихся сжимаемых масс» [56]. Она была опубликована как статья в «Philosophical Transactions» Королевского общества в 1919 г.

В 1909 г. Джинс избран в Королевское астрономическое общество Великобритании. В этом обществе объединяются видные ученые, ведущие исследования Вселенной. Оно было основано в 1820 г. и носило название Лондонского астрономического общества. В 1831 г. королевским указом ему было присвоено его нынешнее название. Патроном общества является монарх. Общество проводит ежемесячные заседания и раз в год, обычно в феврале, — общее годовое собрание. Интересно отметить, что Джинс, уже будучи членом этого общества, не публиковал своих работ в издаваемом им журнале «Monthly Notices of the Royal Astronomical Society» до 1913 г., т. е. до тех пор пока его основные научные интересы не переместились в область астрономии. Джинс обычно направлял свои статьи по физике в «Philosophical Transaction» или «Proceedings of the Royal Society», а по астрономии — в «Proceedings of Philosophical Transactions of the Royal Society».

С 1916 по 1928 г. он уже часто помещает статьи в «Monthly Notices of the Royal Astronomical Society». В этом журнале была опубликована серия работ Джинса, в которой он критиковал эддингтоновскую теорию внутреннего строения звезд. Не вдаваясь в подробности научной дискуссии между Дж. Джинсом и А. Эддингтоном, отметим, что эта дискуссия носила очень острый характер. Эддингтон был нетерпим к критике своих работ и в дискуссиях применял иногда довольно резкие и обидные для оппонента выражения. Это сильно огорчало Джинса, который всегда был очень искренним критиком и четко представлял недостатки или неполноту своих собственных рассуждений. Хотя он и обнаружил непонимание аппроксимационного подхода Эддингтона, это побудило других исследователей обратить внимание на ряд интересных вопросов в теории Эддингтона и сыграло свою положительную роль. Тем не менее приходится констатировать, что и Джинс, и Эддингтон в течение многих лет придерживались различных взглядов. Дискуссионные статьи Джинса и Эддингтона, публиковавшиеся в журнале «Monthly Notices of the Royal Astronomical Society», значительно увеличили его тираж. В этом проявился интерес не



Артур Эддингтон

только к предмету дискуссии, но и к взглядам двух выдающихся ученых.

Э. Милн пишет: «Открытие дебатов по астрономии между Джинсом и Эддингтоном в 1917—1919 гг. имело одно интересное следствие. Харди, конкурент Джинса на экзаменах и на Смитсоновскую премию, стал вместе с другими членом Королевского астрономического общества для того, чтобы иметь возможность посещать эти дебаты и слушать, как полемизируют Эддингтон и Джинс. Конечно, Харди посещал дебаты и в январе 1931 г., когда конфликт стал трехсторонним (в него включился Э. Милн.— А. К.) и, кроме того, внес в него свой вклад. Его вклад был особенным: он представил некоторые аналитические результаты, полученные Ральфом Говардом Фаулером по дифференциальному уравнению структуры звезды, и заметил, что при всех имеющихся теориях, предложенных Эддингтоном, Джинсом и Милном, он уверен лишь в одном, а именно в том, что, когда все эти теории отомрут и будут забыты, только чисто математическая работа Фаулера останется жить» (130, с. 31).

Милн в дебатах в Королевском астрономическом об-

пестве в 1929—30-м гг. резко критиковал физическую интерпретацию Эддингтона. Выступив в январе 1931 г. на возобновившихся дебатах, он в основном поддержал Джинса, но некоторые положения его теории критиковал и развил по-своему, причем сделал это недостаточно корректно, что очень огорчило Джинса. И хотя полемика была очень бурной, сам Милн впоследствии вспоминал, что когда он немного позднее встретил Джинса на собрании одного научного общества, Джинс был с ним очень обходителен. Безусловно, и сам Милн испытывал к Джинсу симпатию и глубокое уважение, неопровержимым свидетельством чему является его превосходная биография Джинса, которую он писал уже будучи тяжело больным, незадолго до смерти.

Впоследствии Джинс и Эддингтон сохраняли свои непримиримые точки зрения, но не мешали другим придерживаться собственных точек зрения, а также и примыкать к одной из развиваемых ими. Они как бы старались не вспоминать о тех вопросах, которые в свое время вызвали бурную полемику.

Джинс был очень доброжелателен к своим коллегам и начинающим молодым ученым и никогда не переносил конфликтные ситуации в науке на личные взаимоотношения. Это особенно проявилось во время его пребывания на посту секретаря Королевского общества.

2

В 1919 г., вскоре после того как Джинс был награжден Золотой медалью Королевского общества, он был избран на должность секретаря общества, которую занимал в течение десяти лет.

Среди множества поздравительных писем, полученных им по этому поводу, было письмо от Дж. Э. Хейла. Он писал: «Мой дорогой Джинс, я уже давно собирался послать Вам мои поздравления по случаю Вашего избрания секретарем Королевского общества, а также мои поздравления Совету, так как я уверен, что это событие будет иметь немалое значение для будущего развития общества. (Хейл был избран иностранным членом Королевского общества в 1909 г.— А. К.) Сейчас, несомненно, очень критический период в развитии науки, и политика, проводимая такой авторитетной организацией, как Королевское общество, может направить ее русло в соответствующую сторону. В нашей стране



Дж. Джинс

(США.—А. К.) и, возможно, в Англии условия очень сложные. С одной стороны, увеличивается стоимость жизни, и высокая зарплата, предлагаемая в индустрии, переманивает хороших исследователей с факультетов учебных заведений. С другой стороны, имеется заметный прогресс в публичном признании науки и исследований и, таким образом, очевидна необходимость большего развития исследований, что не соответствует интересам правительств и меценатов еще в большей степени, чем это было прежде. Это выразилось, в частности, в строгом ограничении объема исследований в области чистой науки, сделанного крупными промышленниками». Далее Хейл пишет о необходимости организации Национальных советов по астрономии, геофизике, математике и т. п., которые могли бы объединиться соответственно в Международные союзы, а также о создании международных реферативных журналов по различным областям знаний. Он заключает свое письмо так: «Мы сейчас работаем над программой, которая будет определять наблюдения на 100-дюймовом телескопе, и надо сказать, что Ваша книга, которой я так восхищен, — наше главное руководство в подготовке наступления на спиральные

туманности и на многие другие задачи. Надеюсь, что Вы будете время от времени присылать свои предложения по этим исследованиям, так как наша программа будет достаточно гибкой, чтобы следовать им» [130, с. 34].

Должность секретаря сделала Джинса весьма влиятельной фигурой; он во многом определял политику Королевского общества. Его способности бизнесмена пригодились для приведения в порядок финансовых дел общества, капитал которого превышал миллион фунтов стерлингов. При Джинсе также заметно возрос авторитет издаваемого обществом с 1832 г. журнала «Proceeding of the Royal Society». Его серия А превратилась в первый английский журнал по физическим наукам. Ранее наиболее важные оригинальные статьи по физике публиковались в «Philosophical Magazine», куда их обычно посылали Резерфорд и его сотрудники, Бор, Дарвин, да и сам Джинс. Более объемные работы издавались в «Philosophical Transactions» (как говорил Резерфорд, — «хоронились в мавзолее»).

Будучи президентом Королевского общества с 1925 по 1930 г., Резерфорд совместно с Джинсом старался отобрать лучшие и наиболее важные статьи английских ученых-физиков для «Proceedings A». И хотя по каждой статье официально составлялись отзывы ведущих специалистов в данной области, все статьи проходили через руки Джинса. Он часто помогал молодым авторам с присущей ему доброжелательностью и вниманием.

Глубокая физическая интуиция позволила ему оценить выдающуюся работу начинающего П. Дирака, в которой на основе развития идей В. Гейзенберга разработан общий формализм квантовой теории. Вместе с Р. Фаулером Джинс способствовал внеочередной публикации статьи Дирака в последнем выпуске «Proceedings A» за 1925 г. В 1926 г. Дирак уже стал всемирно известным. Умение понять значение научной работы — неопределимое достоинство на таком ответственном посту, и Джинс обладал им.

Джинс получил премию имени Хопкинса Кембриджского философского общества за 1921—1924 гг. «за работы по теории газов и излучения и эволюции звездных систем». В 1924 г. он становится научным консультантом обсерватории Маунт-Вилсон. Эту почетную должность он высоко ценил и оставался сотрудником обсерватории до 1944 г.



Эрнест Резерфорд

Приглашая Джинса занять эту должность, Хейл писал: «Если Вы окажете нам честь, приняв это предложение, я буду очень рад, так как убежден, что сотрудничество будет в высшей степени полезным для нас и, возможно, будет также до некоторой степени интересным и для Вас. Мы придаем огромное значение всем специально сделанным пожеланиям относительно новых направлений наблюдений, и мы рады исполнить их до получения Ваших следующих указаний. Вместе с тем Вы не обязаны отвечать на наши вопросы, если ответ для Вас не очевиден. Цель жалованья научному консультанту — не плата за работу, сделанную для нас, но

за вклад в маленькие шажки к успеху в исследованиях той области, которой все мы интересуемся.

Мне необходимо также узнать, согласны ли Вы принять эту должность, которую мы так самонадеянно предлагаем? Вы будете самым желанным гостем в обсерватории в любое время и сможете оставаться у нас столько, сколько пожелаете. Я уверен, что Вы найдете много важных тем для дискуссий с членами нашего коллектива Милликеном, Эпштейном, Нойесом и другими исследователями из Калифорнийского технологического института в Пасадене» [130, с. 36].

В 1923 г. Джинс прочитал Гаффриевскую лекцию в Лондонском физическом обществе. Незадолго до этого он был награжден Золотой медалью Королевского астрономического общества за работы по теоретической космогонии. Вручая Джинсу медаль, президент общества Артур Эддингтон произнес приветственную речь. Он не отказал себе в удовольствии напомнить Джинсу их разногласия о внутреннем строении звезд, но в целом очень высоко оценил его вклад в астрономическую науку, в том числе приложение методов, используемых в газовой динамике, к звездным скоплениям и особенно цикл работ по фигурам равновесия вращающихся масс, а также приливную космогоническую гипотезу. В частности, Эддингтон сказал:

«Я полагаю, что ничто в астрономии не апеллирует более к человеческому воображению, чем мысль, что каждая из мириад точек света на небе есть Солнце, дающее тепло и свет обращающимся вокруг них планетам... Кажется, что это предположение граничит с невозможным, но отказаться от него нельзя по той причине, что мы сами существуем. Однако мы забыли щедрость Природы. Как много желудей должно быть разбросано для того, чтобы вырос дуб! И почему ей нужно быть более экономной со своими звездами, чем с желудями?.. Не главная ли цель для нее обеспечить дом для своего избалованного ребенка — Человека, и ее метод — сталкивать миллионы звезд для двух или трех счастливых случаев, достигающих цель.

Позвольте мне повторить, что доктор Джинс не считает установленным, что наша Солнечная система — уникальная, необычная и, возможно, единственная во Вселенной, но он показал, как слаба противоположная точка зрения, согласно которой планетные системы — обычные атрибуты звезд» [130, с. 38].

JEANS

Add 7653/J2

RS

CLEVELAND LODGE
DORKING.

Jan 20. 29.

My dear Rutherford -

I feel rather worried about Edington's paper & his intemperate adventuring campaign. It makes the R.S. look rather foolish, & I am afraid they may think I have let them down. Also Williker may feel he has a real grievance.

I can't take any action, but I want you to know the facts.

The paper was received at the R.S. on Dec. 10th. The offices closed on Dec 22nd for Christmas, so that I had to either rush it through in 12 days, or hold it up for 7 weeks. The original MS contained a definite statement (struck out in proof) that Siryaba had obtained a value for e (given below) & for ρ (the figures).

Страница письма Джинса к Резерфорду

Во многом слова Эддингтона сохраняют значение до наших дней. Современные точки зрения на различные аспекты космогонической гипотезы Джинса будут изложены в соответствующих главах.

3

Джинс приобрел очень высокий авторитет в академических кругах. Он был избран президентом Королевского астрономического общества. Находясь на этом посту с 1925 по 1927 г., он произнес три приветствен-

ные речи при вручении Золотых медалей общества Фрэнку Дайсону (1925), Альберту Эйнштейну (1926) и Фрэнку Шлезингеру (1927). Эти речи были произнесены в характерном для Джинса живом стиле и заслуживают того, чтобы хотя бы отдельные отрывки из них были процитированы.

Вручение награды Королевскому астроному Ф. Дайсону «за его вклад в астрономию вообще и за его работы по собственным движениям звезд, в частности», Джинс начал словами: «Не в обычаях общества награждать Золотой медалью королевских астрономов; действительно, только один директор Гринвичской обсерватории был удостоен этой награды прежде: это Дж. Б. Эри, который получил медаль в первый раз в 1833 г. и затем в 1846...». И далее: «Причина, по которой королевские астрономы редко получают медаль, не в трудности сделать открытие; она выражена с предельной ясностью с этого самого председательского места при предыдущем вручении медали Королевскому астроному. При вручении медали Эри в 1846 г. Каптейн Смит сказал: «Наша медаль была первоначально учреждена как знак одобрения личных усилий, безвозмездного и бескорыстного труда любителя, а не для выражения наших чувств при официальных встречах с общественным деятелем или успеха, с которым он может исполнять свои обязанности.

Королевский астроном должен быть по роду деятельности занятым человеком; естественно редко найдется кто-либо, кто после выполнения своих тяжелых ежедневных обязанностей будет иметь силы и желание для занятий астрономией по любви. Именно потому что сейчас эту должность занимает такой человек, я исполняю сегодня приятную обязанность вручить ему медаль» [130, с. 39—40].

В начале речи, посвященной награждению А. Эйнштейна «за исследования по теории относительности и теории гравитации», Джинс рассказал притчу: «Некоторые из Вас, возможно, помнят историю о детях, которые отправились в путь, чтобы узнать, где кончается радуга. После целого дня путешествия по горам и долам они признали неудачу — радуга была такой же, ничуть не больше, чем когда они начинали путь... Они подумали, что стали жертвой коварного обмана; ведь когда они начинали путь, они ясно видели, что радуга висит над ближайшим холмом. Может быть, радуга, холмы и весь

мир вступили в заговор, чтобы помешать им достичь ее?» [130, с. 42].

В этой речи Джинс пытался выразить свое понимание революционного преобразования физики, сделанного Эйнштейном. Конечно, сейчас нельзя согласиться с ней полностью, но образность ее не вызывает сомнений.

Третья речь была произнесена при вручении медали Ф. Шлезингеру. В ней ярко проявляется необычная разносторонность Джинса. Он профессионально говорит о проблемах в области астрономической техники, фотографии и определения звездных параллаксов, где он не имел специальной подготовки. Начало речи было весьма лирично: «На рассвете цивилизации, когда человек пробудился от длительного интеллектуального сна, он олицетворял различные сферы своей деятельности девятью музами. Только одна из них была отведена науке, и эта муза — астрономия. Вполне возможно, что главный бог Олимпа не знал какой-либо другой науки, кроме астрономии, а может быть, он думал, что только она одна заслуживает уважения, мы не знаем. Но говорят, что с тех пор как были признаны другие науки появились и новые музы, олицетворяющие их. И когда все они собирались, чтобы поделиться своими успехами, то случалось, что молодые музы обгоняли Уранию. Однако Урания всегда находила, что ответить. Она отмечала, во-первых, необъятность своих задач; такие науки, как география, геодезия и геология, чья область деятельности ограничена поверхностью одной маленькой планеты, могут несомненно требовать совершенного состояния всего комплекса изучаемых ими вопросов, но изучение всей Вселенной требует решения задач другого порядка трудности. Она могла также отметить исключительную сложность этих задач, поскольку уже после первых шагов астрономия не могла получать новые данные без инструментов почти невероятной точности. Более того, вместо того чтобы изучать явления, когда захочется, ей приходится подчиняться природе, а изменения в природе происходят очень медленно по сравнению с человеческой жизнью; весь возраст астрономии как науки относится к возрасту звезд, как промежуток между двумя тиканьями часов к целому веку. Наконец, Урания часто с гордостью и грустью говорила, что, хотя научные проблемы очень увлекательны, весь ее прогресс основан на красивых и фундаментальных

работах очень небольшого числа ученых. Мы надеемся, что Урания будет довольна, если, как и в предшествующих случаях, высшей премии нашего общества будет удостоен автор не только прекрасных по стилю, но и наиболее значительных работ» [130, с. 45].

Действительно, после первых определений звездных параллаксов, сделанных почти одновременно В. Я. Струве, Ф. Бесселем и Т. Хендерсоном в 1837—1838 гг., число звезд, у которых был измерен параллакс, росло очень медленно, и в 1901 г. в каталоге С. Ньюкома он был указан только у 72 наиболее близких звезд. Положение в этом вопросе в корне изменилось, после того как Ф. Шлезингер для определения звездных параллаксов предложил фотографический метод. В 1924 г. им был опубликован «Общий каталог параллаксов», который содержал уже 1870 объектов, причем случайные ошибки не превышали $0,01''$. Предложенный метод позволил быстро и с высокой точностью определять параллаксы для большого количества звезд. Одно это, не говоря уже о других достижениях Шлезингера, несомненно делало его достойнейшим для награждения Золотой медалью Королевского астрономического общества.

Деятельность Джинса на посту президента Королевского астрономического общества не ограничивалась участием в торжественных церемониях и вручением наград, он старался усовершенствовать механизм его работы, способствовать тому, чтобы его деятельность отвечала ускоренным темпам развития науки. Джинсу принадлежит заслуга в организации ежегодных лекций им. Дж. Дарвина в Королевском астрономическом обществе. Таким образом Джинс дал возможность Королевскому астрономическому обществу увековечить память Джорджа Хауэрда Дарвина, президента Общества в 1899—1900 гг. Необходимо отметить, что здесь он выступил в роли не только инициатора и высшего администратора — президента Общества, но и мецената. В письме к казначею Общества Ф. Д. М. Стрэттону он предложил Обществу сумму в 1000 фунтов стерлингов, годовой доход с которой должен был идти на оплату приглашенного лектора. Джинс высказал пожелание, чтобы лектор был выдающимся ученым и, как правило, иностранцем. Допускалась также возможность приглашения специалистов не только по астрономии, но и по близким наукам — геофизике или даже физике.

Первым прочесть Дарвиновскую лекцию был приглашен Дж. Хейл, почетный директор обсерватории Маунт-Вилсон, выдающийся ученый и крупный организатор науки в США. Основанные им обсерватории являлись не только наблюдательными центрами, но и прекрасно оснащенными физическими лабораториями. Он был также инициатором организации Международного астрономического союза в 1919 г. и одним из основателей «Astrophysical Journal». В письме к Хейлу, написанном Джинсом по поручению Совета, говорится: «Совет очень заинтересован в том, чтобы это предложение получило хорошее начинание, пригласив действительно известного астронома возглавить список лекторов всех времен» [130, с. 50]. Но, к сожалению, Хейл не смог посетить Англию по состоянию здоровья и ответил отказом. Джинс в ответном письме выразил сожаление по поводу невозможности приезда Хейла и благодарил за приглашение посетить Калифорнию с длительным визитом. В этом же письме он жалуется на большую нагрузку секретаря Королевского общества, пишет о своем желании выйти в отставку и об общей атмосфере своей жизни: «Все это администрирование и заседания создают ужасную нехватку времени и реальных возможностей для исследований» [130, с. 51]. Джинс пишет, что за пять дней пребывания в Лондоне ему пришлось присутствовать на заседаниях 15 комиссий. Это был действительно очень активный период в его жизни.

Первая Дарвиновская лекция была прочитана Френком Шлезингером, приглашенным в 1927 г. и, как мы знаем, удостоенным медали Королевского астрономического общества в том же году. Его лекция называлась «Астрономическая фотография для прецизионных измерений». С этого времени выдающиеся зарубежные астрономы стали регулярно читать Дарвиновские лекции.

Несмотря на большую загруженность, связанную с исполнением обязанностей секретаря Королевского общества, Джинс не снижает темпов своей научной деятельности. В 1922 г. он выступил в Оксфордском университете с Галлеевской лекцией на тему: «Небулярная гипотеза и современная космогония» [61]. В ней он дал обзор развития космогонических представлений, начиная с лапласовского «Изложения системы мира» (1796) до своих собственных исследований. В 1925 г. Джинс читает Роус-Болловскую лекцию в Кембриджском университете, посвященную квантовой теории атома. Этот

обзор показал, что Джинс пристально следил за развитием новой физики, хотя и не принимал в нем непосредственного участия.

Наиболее активно Джинс работает в это время в области астрономии. Только в «*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*» он опубликовал с 1913 по 1928 г. более 45 работ, которые обобщены им в монографии «Астрономия и космогония» [88], выпущенной в 1928 г. Но 1928 год был последним годом его активной научной деятельности.

Глава 4

Последние годы жизни

1

Конец 20-х годов был отмечен промышленным и торговым упадком Англии, вызвавшим подъем забастовочного движения и политических выступлений. Политическую жизнь характеризовала междоусобная схватка партийных лидеров, представлявших интересы английской буржуазии. В 1929 г., после непродолжительного периода относительной стабильности, началась полоса глубочайшего экономического кризиса. Он наступил осенью 1929 г. в США, а затем захватил Европу. Кризис сильно ударил по расчетному и торговому балансу Англии. Это отразилось на фунте стерлингов, курс которого стал падать и достиг к 1931 г. уровня на 30% ниже золотого стандарта; 21 сентября золотой стандарт фунта был отменен.

В это трудное для Англии время были затронуты и финансовые интересы Джинса. «Джинс начал заниматься бизнесом со времени своей первой женитьбы. После его смерти его состояние оценивалось в 256 054 фунта — одно из самых больших, которое когда-либо было у британских ученых. Он был очень удачливым бизнесменом. Случайно встретив его в поезде, идущем из предместья в Лондон, стройного, несколько сутуловатого, подвижного, с чисто выбритым ясным лицом и настороженным выражением, легко было принять его за удачливого маклера с интеллектуальным хобби» [125, с. 104—105]. Чтобы сохранить, а по возможности, и приумножить



Джеймс Джинс в середине 30-х годов

свое состояние, Джинсу приходилось все больше времени уделять финансовым делам.

В 1928 г. Джеймс Х. Джинс был возведен в рыцарское достоинство за заслуги перед наукой и Королевским обществом.

Однако с возрастом вести оригинальные научные исследования ему становилось все труднее. Шарлотта Джинс рассказывала Э. Милну, что сам Джинс признавал снижение своих математических способностей в последние годы.

«На его (Джинса. — А. К.) счету были большие научные достижения; в 1929 г. ему было 52 года; и нет ничего более драматичного в биографии большого ученого, чем когда поток оригинальных работ, вместо того чтобы сразу пересохнуть, становится все тоньше. Джинс, по-видимому, прошел вершину расцвета своих математических способностей. Вероятно, он осознавал это. Меньше всего он касался теперь технических деталей математических исследований, зато мог несколько отступить и как бы издали обзирать, что он сам и другие свершили, и излагать это с пользой для любителей» [130, с. 73]. Действительно, Джинс в последние два десятилетия своей жизни обратился к популяризации науки и осмысливанию ее результатов с философской точки зрения. Оставить самостоятельные научные исследования и начать карьеру популяризатора было для Джинса трудным, но обдуманном реше-

нием. Среди талантов, которыми обладал Джинс, был не только талант ученого и музыканта, но и талант писателя. Он обладал удивительной меткостью языка, ясностью изложения и яркостью сравнений. Широта знаний и дар писателя выдвинули его на одно из первых мест среди популяризаторов научных исследований.

Но, как это часто бывает, Джинса побудил перейти на новое поприще случай. Свою монографию «Астрономия и космогония» (1928), подытоживающую его исследования в этих областях, он завершил яркой главой, резюмирующей содержание книги ясным образным языком без помощи математического аппарата и с живыми иллюстрациями. Эта глава обратила на себя внимание Р. Фаулера—профессора математики Кембриджского университета (зятя Э. Резерфорда), который сказал об этом секретарю университетского издательства С. Робертсу. Робертс сразу оценил живую манеру письма Джинса; он говорил коллегам, что совершенство его стиля не уступает «Оксфордской книге английской прозы». Робертс же привлек Джинса к написанию первой популярной книги. Вот как об этом вспоминает он сам: «Я хорошо помню, как Р. Фаулер вошел в мой кабинет и спросил меня: «Читали ли Вы последнюю книгу Джинса?» Я обратил вопрос в шутку и напомнил Фаулеру в ответ, что не обязан читать каждую книгу, которую издаю. Тогда, более серьезно, Фаулер сказал: «О да, но Вы должны взглянуть на ее последнюю главу». Это был хороший совет, и я прочитал ее, особенно после напоминания моего коллеги Кингсфорда, что сочинение по космогонии, видимо, будет продаваться лучше других скучных академических сочинений.

В это время я часто ездил по дороге в Уортинг, где жили мои родители. Дом Джинса в Доркинге был всего в нескольких ярдах от главной дороги, и поэтому я напросился к нему на ленч в день, когда должен был ехать в Уортинг. Первый раз я видел Джинса в домашней обстановке; он оказал мне очень радушный прием. Он угощал отличным красным вином и после ленча мы вернулись в его рабочий кабинет. После нескольких общих фраз я затронул интересовавшую меня тему и спросил Джинса, не думал ли он над тем, чтобы написать популярную книгу. Он ответил в характерной для него манере. Глядя на меня с доброжелательным,

но слегка надменным выражением, он сказал: «Да, несколько издателей толкали меня к этому».

— Ну, и что? — спросил я.

— Вы хорошо издаете небольшие математические работы, но не сможете продавать популярные книги.

— Даже если книгу напишете Вы?

С этого момента обстановка стала непринужденнее. Я почувствовал, что Джинс уже определил объем публикации для издания, известного своими высокими качествами, и, как я позднее узнал, у него было большое желание продолжить свое дружеское соперничество с Эддингтоном, чья «Природа физического мира» имела большой успех в 1928 г.

Джинс не торговался относительно гонорара, и соглашение об издании книги «Вселенная вокруг нас» [92] было подписано в апреле 1929 г. Мы договорились об иллюстрациях, и книга вышла в сентябре. Тираж первого издания в 7500 экземпляров был распродан уже в октябре. Мы в издательстве, конечно, были обрадованы, и, таким образом, Джинс вступил на новый путь» [130, с. X].

Джинс, по свидетельствам коллег, был искренне рад успеху «Вселенной вокруг нас» и в дальнейшем уже не прекращал работать в области популяризации астрономии и физики.

В следующем 1930 г. вице-канцлер колледжа Кембриджского университета «Master of Magdalene» А. Б. Рамзей пригласил Джинса выступить с Реджевской лекцией. Как только Робертс узнал об этом, он написал Джинсу, что хотел бы опубликовать лекцию и просил выслать копию, чтобы печатать ее сразу же после выступления Джинса. Но Джинс к этому времени уже вошел во вкус популяризаторской работы и не только пообещал прислать рукопись заранее, но и предупредил о значительно большем, чем лекция, объеме книги. Еще за несколько недель до выступления Джинса Робертсом был отпечатан тираж книги «Загадочная Вселенная» [94].

Джинс прочитал лекцию в здании Совета Кембриджского университета 4 ноября. Лекция имела шумный успех. Утром о ней уже писала лондонская «Таймс». В течение следующих месяцев ее подробно излагали различного рода журналы и даже сельские священники включали отдельные ее положения в свои проповеди. Последнее происходило отнюдь не случай-

но — подход Джинса к философской интерпретации достижений астрономии был сугубо идеалистическим. Именно в этой лекции Джинс впервые высказал свою мысль, что создатель Вселенной должен был быть математиком. Не обсуждая здесь подробно философские и теологические построения Джинса, которым посвящена специальная глава, отметим только, что успех такой лекции закономерен в обществе с господствующей религиозной идеологией.

Несколько недель после лекции Джинса «Загадочная Вселенная» продавалась по 1000 экземпляров в день — тираж, сравнимый с тиражами бестселлеров того времени. Книга была прекрасно оформлена — Робертс подчеркивал, что печатник издательства Вальтер Льюис сделал это с большим вкусом.

Эта публикация еще больше укрепила репутацию Джинса как прекрасного популяризатора. Одна популярная книга следовала за другой, Джинса пригласили выступить в серии радиопередач Би-Би-Си. Робертс вспоминал, что иногда дело не обходилось без курьезов и мелких недоразумений. Так, книга «Путь жизни звезд» (1931) [95] была основана на цикле радиопередач, и ее первая часть, переданная для публикации в «Sunday Express», случайно оказалась довольно похожей на одну из радиопередач, напечатанных в «The Listener». Редактор «Sunday Express» нашел в этом повод для обиды и дело дошло до суда. Джинсу и Робертсу пришлось немало потрудиться, чтобы урегулировать этот конфликт и добиться примирения.

2

Итак, к славе Джинса-ученого прибавилась слава Джинса — популярного писателя, автора работ высокого литературного мастерства. Джинс стал знаменит как лектор и в ученых кругах, и в самой широкой аудитории.

Известность Джинса не ограничивалась только Великобританией. В Соединенных Штатах книги Джинса были очень популярны. Они также были переведены на многие языки мира. Так, «Загадочная Вселенная» публиковалась во Франции, Германии, Италии, Португалии, Дании, Норвегии, Швеции, Финляндии, Польше и некоторых других странах. В СССР в 30-х годах Джинс был одним из наиболее известных зарубежных



Through Space and Time

*The Royal Institution Lectures
for Christmas 1933*

SIR JAMES JEANS

224 pages 54 plates About 8s. 6d. net
Ready in October

Пригласительный билет на публичную лекцию Дж. Джинса

астрономов, хотя его справедливо критиковали за идеалистические философские концепции. В 1932 г. появилась «Вселенная вокруг нас» [113] в прекрасном переводе, сделанном замечательным советским астрономом и историком науки Н. И. Идельсоном, а в 1933 г. — «Движение миров» [115] под редакцией А. А. Михайлова. В настоящее время эти книги стали библиографической редкостью.

Джинс был удостоен почетных докторских степеней многих университетов, включая Оксфордский, Манче-

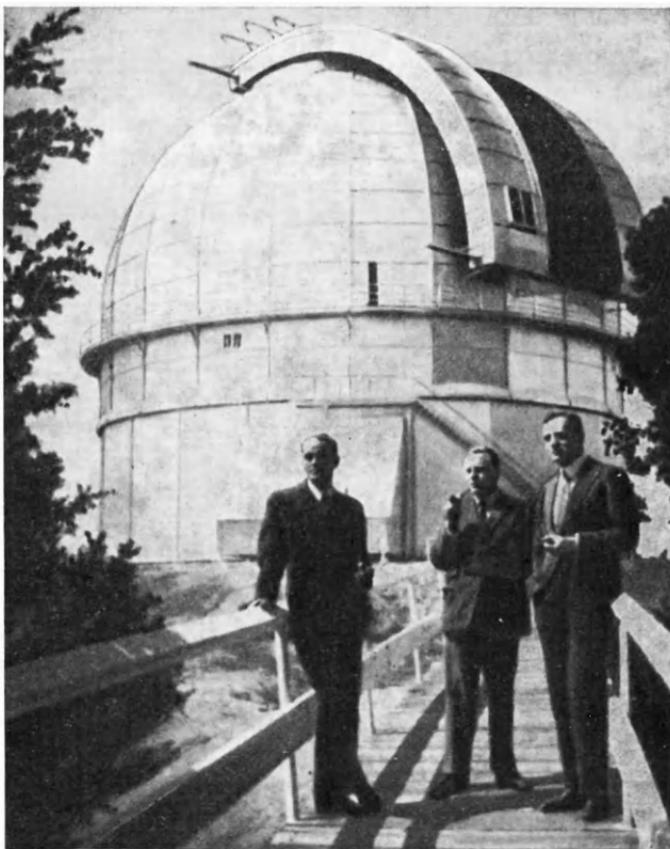
стерский, Дублинский, Бенаресский, Сант-Андреуский, Абердинский, Джона Хопкинса и Калькутский. Тейлоровская торговая компания отметила его редким отличием—Почетной привилегией компании. Франклинский институт в Филадельфии наградил его в 1931 г. медалью имени Франклина.

24 февраля того же года Джинс писал Хейлу: «Наконец, к моему большому удовольствию, я нашел возможность посетить Маунт-Вилсон — предположительно в первой половине мая. Пишу, чтобы узнать, есть ли какая-нибудь надежда увидеть Вас в это время в Пасадене или, в случае вашего отсутствия там, узнать, где Вы скорее всего будете? Вы, наверное, видели в газетах, что Франклинский институт был настолько любезен, что наградил меня своей медалью, и я пересекаю океан, чтобы получить ее 20 мая. Я останусь здесь, пока Оливия не вернется в колледж, что, полагаю, будет числа 17 апреля, и отправлюсь прямо в обсерваторию» [130, с. 74].

Хейл в ответном письме выразил удовлетворение по поводу высшего отличия Франклинского института и пригласил Джинса принять участие в съезде Американской ассоциации развития науки в Пасадене, который организовали У. Адамс и Р. Милликен с 15 по 20 июня. Последние предложили Джинсу выступить на съезде. Джинс, однако, был вынужден придерживаться своего плана более раннего визита в Пасадену и писал Хейлу 16 апреля: «Я очень сожалею, что не могу сделать так, как Вы с Адамсом и Милликеном предполагали, и посетить Пасадену в июне для участия в съезде Американской ассоциации. Трудность заключается в том, что я не совсем свободный человек. Оливия сейчас в Кембриджском колледже, и, так как моя жена отправляется со мной в Калифорнию, мы можем совершать путешествие в пределах, ограниченных семестром колледжа, который оканчивается в середине июня. Если бы я знал, что Американская ассоциация устраивает съезд в это время в Пасадене, мне бы, возможно, удалось по-другому устроить Оливию, но когда я получил приглашение, было уже слишком поздно что-либо изменить» [130, с. 76].

При вручении медали Джинс выступил с докладом «Происхождение Солнечной системы» [98].

Широкое международное признание, многочисленные чествования Джинса омрачились многолетней бо-



**У. Адамс, Дж. Джинс и Э. Хаббл
в обсерватории Маунт-Вилсон**

лезную жены. В 1934 г. она умерла. Вот что писал Джинс вскоре после этого своему старому другу Хейлу: «Моя жизнь полностью изменилась со смертью моей любимой жены, которая скончалась в конце мая. Она была очень больна уже в течение некоторого времени, но мы отправились во Флориду в марте и, так как она чувствовала себя хорошо, я надеялся, что мы сможем поселиться в Пасадене или, возможно, вернуться обратно осенью. Но во Флориде ей стало очень плохо, мы поспешили домой, и через несколько недель она умерла. К счастью, после кратковременного обострения

наступило облегчение и она провела свои последние дни спокойно. Ее потеря была ужасным ударом для меня, так как мы были такими большими друзьями, но особенно тяжело, что у нее еще возникла и глухота и она не понимала, что ей говорят.

Я все еще надеюсь, что смогу вскоре приехать в Калифорнию и заняться исследованиями более активно, чем было возможно в последние несколько лет. В настоящее время Оливия живет со мною, но временами она впадает в тяжелую апатию.

Как Вы знаете, здесь был Хаббл, но у нас почти не было возможности видаться с ним. От него было приятно услышать, что в Вашем здоровье имеются существенные улучшения. Может быть, это будет продолжаться.

Мои теплые пожелания миссис Хейл и Вам» [130, с. 77].

После смерти жены Джинс находился в очень подавленном состоянии. Вот что пишет об этом его друг Робертс, который сам незадолго до этого пережил большое горе, — в 1932 г. у него умерла жена, и это еще более их сблизило. «Он был доведен до отчаяния одиночеством и был неподдельно рад моему приезду. Его дочь лежала больная, и ему было приятно видеть кого-нибудь, с кем он мог хотя бы поделиться своим горем... Позже, летом 1934 г., Джинс проводил уик-энд в моем доме на Бартон-роад. Он был еще усталым и угнетенным, но, я думаю, он был доволен переменной обстановки и компании. Моя мать жила со мной, и я был приятно удивлен, заметив, с каким вниманием он прислушивался к ее старомодным советам и утешениям» [130, с. XII].

У Джинса постепенно возвращался интерес к жизни, он становился все более деятельным. Когда внезапно скончался В. Харди, незадолго до того избранный президентом Британской ассоциации, Джинс согласился занять эту почетную должность. Его президентская речь была произнесена уже в характерной для него живой манере.

В 1935 г. Королевский институт в Лондоне основал кафедру астрономии. Первым профессором астрономии был приглашен Дж. Джинс. На этой должности он пробыл до 1946 г., когда ухудшающееся состояние здоровья заставило его уйти в отставку. После Джинса эту долж-



Сюзанна и Джеймс Джинс в Кливленд-Лодже.
Фотография Альберта Керра

ность занял королевский астроном Г. Джонс. В том же году в жизни Джинса произошло событие еще более важное, чем получение новой профессуры.

3.

В сентябре 1935 г. состоялось бракосочетание Джинса и Сюзанны Хокк, австрийской органистки с международной известностью. Они поселились в Кливленд-Лодже. В доме был орган, на котором играл сам Джинс. Но для жены он построил в отдельном зале новый орган, выполненный в стиле барокко XVII в. Хотя оба органа зала были соседними, они были акустически изолированы, так что на каждом органе можно было играть не мешая друг другу, но при желании оба органа могли звучать и вместе.

Музыка была одним из самых сильных связующих звеньев этого брака. Джинс аккомпанировал своей жене во время ее концертного турне по Америке в 1937 г. Сюзанна подала ему идею написать книгу, в которой музыка рассматривалась бы с научной точки зрения. Такая книга «Наука и музыка» (1937) [104] была написана Джинсом и посвящена жене. Она содержала главы по теории чистых тонов, натуральной гармонии, структуре музыкальных инструментов, акустике кон-



Дж. Джинс в последние годы жизни

цертных залов, а также истории музыки. Книга пользовалась широкой известностью как одно из наиболее ценных введений в научные аспекты музыки. Правда, Джинс был не первым физиком, писавшим с научной точки зрения о музыке. Так, первой печатной работой Макса Планка — выдающегося физика-теоретика и прекрасного пианиста, знатока классической музыки — была «Темперированная нормальная гамма». Музыкальные способности часто сопутствуют математическому дарованию.

В том же 1937 г. Джинс принял почетную должность директора Королевской академии музыки, а в 1938—1939 гг. был президентом студенческого союза Королевской академии музыки.

В эти последние годы своей жизни Джинс не переставал интересоваться наукой, особенно ее философскими аспектами. Им были написаны книги «Физика и философия» [106] и «Развитие физической науки» [109]; последняя была опубликована уже после смерти Джинса. В 1944 г. он выступил с лекцией «Астрономические горизонты» [108].

В Англии и за рубежом Джинс — всемирно извест-

ный ученый. В 1937 г. он был награжден медалью имени Макерджи Индийской ассоциации и совершил путешествие в Индию для ее получения, попутно приняв участие в проходившем там конгрессе Британской ассоциации. В следующем году его наградили Калькутской медалью Королевского азиатского общества Бенгалии. 1939 год ознаменован для Джинса высшим отличием Соединенного Королевства — он получил орден «За заслуги». Через четыре года его альма-матер Тринити присвоил ему почетную степень доктора.

Во втором браке у Джинса родилось трое детей: Михаэл Антони (1936), Кристофер Винсент (1939) и Кэтрин Анне (1946).

В первые же дни второй мировой войны Кливленд-Лодж был реквизирован военными властями. Семья Джинсов переехала в графство Сомерсет, а позднее в Уэльс.

После войны Джинс с семьей вернулся в Кливленд-Лодж и лишь изредка приезжал в Лондон для чтения лекций в Королевском институте. В последние годы Джинс стал часто болеть. В январе 1945 г. у него обнаружили коронарный тромбоз. Ему пришлось отказаться от многих обязанностей и ограничить свою деятельность. Но иногда, когда Джинс хорошо себя чувствовал, он приезжал в клуб Астрономического общества, где встречался со своими коллегами, узнавал последние научные новости. Джинс даже совершил поездку в Монтроз на север Шотландии во время летних каникул 1946 г., но это было его последнее путешествие. Вскоре после возвращения, 15 сентября вечером Джинс почувствовал себя плохо и через шесть мучительных часов умер от второго приступа коронарного тромбоза. Утро своего последнего дня он провел слушая музыку. В официальном сообщении говорилось, что сэр Джеймс Джинс скончался 16 сентября 1946 г. в своем имении Кливленд-Лодж и что наука потеряла одного из своих блестящих представителей. Джинс был похоронен в присутствии узкого круга членов семьи и ближайших друзей на Миклихемском кладбище.

Джинс был выдающимся ученым и талантливым популяризатором науки. К сожалению, он всегда работал один и не создал научной школы. Но Джинс навсегда остался в своих научных трудах, учебниках и книгах. Он был одним из тех, кого по праву называют классиками естествознания.

Вклад Джинса в физику

1

Прежде чем осветить вклад Джинса в физическую науку, рассмотрим вкратце ее состояние в конце XIX в.

Наибольшее влияние на развитие физики в это время оказали теплотехника и электротехника. Во второй половине XIX в. к паровым машинам добавились двигатель внутреннего сгорания и паровая турбина. А после открытия Вернером фон Сименсом принципа динамомашины англичанин Ледд построил в 1867 г. первую динамомашину, пригодную для получения тока. Начали создаваться различные типы электродвигателей, широко использовавшиеся в промышленности. Для развития электроламповой промышленности было необходимо создать хороший вакуум, что породило вакуумную технику. Без нее невозможно было бы изучать явления, приведшие к построению электронной теории. По этому поводу Дж. Дж. Томсон писал: «Если наука помогает промышленности, то, в свою очередь, и промышленность помогает науке. Иллюстрацией может служить то, что потребность в высоком вакууме для электрических и электронных ламп привела к тому, что получение высокого вакуума стало коммерчески выгодным делом, а в результате физик имеет в своем распоряжении насосы настолько большой мощности, что они могут поддерживать вакуум, несмотря на то что в сосуд, где он создается, непрерывно втекает поток частиц, которые мы желаем изучать. Это исключительно важно при изучении заряженных частиц и электронов» [195, с. 109—110].

Потребности производства и внутренняя логика развития науки приводят к особо интенсивным исследованиям в области теории теплоты и электродинамики. В теории теплоты — это развитие термодинамики, непосредственно связанной с теплотехникой, и создание кинетической теории газов, приведшие к возникновению нового направления — статистической физики. В электродинамике — это создание теории электромагнитного поля, а также возникновение нового раздела — электронной теории.

Милин предполагал [130], что Джинс начал изучать физику по двум популярным в конце века в Англии изданиям — «Популярным лекциям» Г. Гельмгольца, изданным в 1893 г., и «Фрагментам науки» Дж. Тиндаля (1892).

В работах в основном излагался первый закон термодинамики — закон сохранения энергии и история его открытия от Ю. Майера и Дж. Джоуля до исследований Г. Гельмгольца. В них также рассматривалась концепция равновесного излучения и история ее возникновения. Надо сказать, что хотя установление закона сохранения энергии и привело к пониманию всеобщей связи между явлениями, но Гельмголец как бы сводил все физические формы движения материи к механическому движению. Электромагнитные явления, в том числе оптические, рассматривались как проявление механических волнообразных движений во всепроникающей среде — эфире. В известной в прошлом веке энциклопедии промышленных знаний «Промышленность и техника» профессор Артур Вильке этот вопрос трактует так: «Еще остроумный английский физик Максвелл, разрабатывая математически идеи Фарадея, теоретическим путем пришел к тому, что свет и электричество стоят в тесном родстве, но доказать это родство опытом впервые удалось немецкому исследователю Г. Герцу». И далее: «Великий английский физик Фарадей в 1845 г. открыл своеобразную связь между светом и магнетизмом. Как читателю, конечно, известно, современная физика рассматривает свет как колебания светового эфира, совершающиеся перпендикулярно к направлению светового луча» [181, с. 602].

Физики того времени предполагали, что понимание связи между электричеством и светом может дать ключ к более глубокому проникновению в тайны природы. Но они колебались между двумя концепциями: одни отдавали предпочтение взаимодействию «весомых частиц», другие в невесомом эфире видели «неисчерпаемое вместилище естественных сил или энергий». Общую ситуацию в физике того времени обрисовал Эйнштейн: «Обратимся теперь к физике, какой она представлялась в то время. Несмотря на то что в отдельных областях она процветала, в принципиальных вещах господствовал догматический застой. В начале (если такое было) бог создал ньютоновы законы движения вместе с необхо-

димыми массами и силами. Этим все и исчерпывается; остальное должно получаться дедуктивным путем, в результате разработки надлежащих математических методов» [209, с. 265].

Эта уверенность в завершенности, законченности физической науки была настолько сильной, что, несмотря на то что уже были экспериментально открыты естественная радиоактивность, рентгеновские лучи, электрон, лорд Кельвин в своей речи в Королевском институте в апреле 1900 г. заверил ученых в том, что физика, разрешив все наиболее существенные проблемы, вошла в спокойную гавань. Сам за себя говорит и такой эпизод из биографии М. Планка, характеризующий общую ситуацию. Когда он сообщил своему учителю Йолли о намерении заняться теоретической физикой, Йолли ему ответил: «Молодой человек, зачем Вы хотите испортить себе жизнь, ведь теоретическая физика уже в основном закончена, дифференциальные уравнения решены, остается рассмотреть отдельные частные случаи с измененными граничными и начальными условиями. Стоит ли браться за такое бесперспективное дело?» [170, с. 90].

В этот период, правда, были два, как их назвал в упомянутой уже нами речи Кельвин, «облачка» на ясном небосводе науки. Это — невозможность определения точного закона спектрального распределения плотности энергии равновесного излучения и невозможность объяснения опыта А. Майкельсона на основе классических представлений. Именно в попытках понять эти явления и родились два направления — квантовая теория и теория относительности, составившие фундамент современной физики.

Джинс в своих работах пользовался в основном методами классической физики, хотя впоследствии в обзорах, популярных и философских произведениях он проявил понимание и осведомленность в работах неклассического направления. Да и некоторые его собственные физические работы подводили к утверждению идей квантовой физики.

2

Работы Джинса по физике в основном группируются по двум направлениям — кинетической теории газов и теории излучения.

Первая его научная работа «Стратифицированный электрический разряд» [1] была опубликована в 1900 г., когда он еще учился в Кембридже. Она была посвящена теоретическому объяснению оптического поведения разрядов в вакуумных трубках. Сложное стратифицированное свечение впервые наблюдал А. Абриа в 1848 г., и затем оно более полувека изучалось Г. Гейсслером и И. Гитторфом в Германии и У. Круксом в Англии. Кстати, по имени последнего стеклянные трубки с впаянными электродами, из которых был откачан воздух, назывались «круковскими трубками». Изучалось поведение тлеющих разрядов в зависимости от целого ряда факторов, таких, как природа газа, геометрия электродов, давление. Под влиянием открытия в 1895 г. Рентгеном X-лучей этой работой заинтересовался и Дж. Дж. Томсон. Ранее, еще в 1893 г., он рассматривал катодные лучи как явление, аналогичное электролизу. А в 1897 г., измеряя отклонения катодных лучей в электрических и магнитных полях, он обнаружил частицу, у которой отношение e/m (e — заряд, m — масса) на три порядка больше, чем у иона водорода, образующегося при электролизе. Это отношение не изменялось в зависимости от материала электродов и типа используемого газа. Он хотел назвать эту частицу «корпускулой», Кельвин — «электрионом», но с легкой руки Лоренца распространился введенный ранее Дж. Стони термин «электрон».

Именно Томсон и предложил Джинсу теоретическое исследование разряда в круковской трубке. Недаром Джинс около года стажировался у него в Кавендишской лаборатории. Работа Джинса вышла двумя частями в марте 1900 и в мае 1901 гг. Обе они были представлены членом Королевского общества Дж. Дж. Томсоном. В работе было показано, что томсоновская теория электрической проводимости газов посредством заряженных ионов применима для объяснения стратифицированного характера свечения и других наблюдаемых эффектов при разряде в круковской трубке. Уже в этой работе проявился блестящий математический талант Джинса, получившего аналитические решения весьма сложных уравнений, которые Томсон решал только графически или численными методами. Джинс также дал физическую интерпретацию полученным решениям. Проявив глубокую физическую интуицию, он во второй части своей работы ввел предположение о том, что скорость

отрицательных ионов (электронов) много больше, чем положительных. Подытоживая свою работу, Джинс в заключении второй части пишет: «Результаты были получены строгими математическими методами» [1, с. 529].

Вторая статья Джинса «Распределение энергии молекул» [2], удостоенная, как мы уже отмечали, премии Смита, была посвящена распределению энергии в динамической системе с большим числом параметров. В ней Джинс дает строгое доказательство закону равномерного распределения энергии в кинетической теории газов. В последующих работах «Кинетическая теория газов, развитая с новой точки зрения» [9] (1903), «Колебания, вызванные столкновениями молекул» [10] (1903), «Кинетическая теория газов» [12] (1904), «Определение размеров молекул из кинетической теории газов» [14] (1904), «Постоянство молекулярных скоростей в кинетической теории газов» [15] (1904) и подытоживающей их монографии «Динамическая теория газов» [11] (1904) Джинс дал доказательство закона Максвелла для распределения скоростей молекул, рассмотрел колебания молекул, изложил методы определения размеров молекул по вязкости газов, проводимости газами тепла, коэффициенту диффузии газов, закону Бойля и объему, занимаемому веществом в твердом и жидком состояниях. Работа по определению размера молекул была доложена на заседании Британской ассоциации 23 августа 1904 г. В докладе Джинс привел эффективные диаметры молекул газа и средний диаметр молекулы воздуха порядка $2,7 \cdot 10^{-8}$ см, близкие к современному значению. Джинс никогда не ограничивался теоретическим рассмотрением, он стремился довести расчеты до числа и сравнить свои результаты с экспериментальными данными.

Отдельные работы Джинса посвящены частным проблемам молекулярной теории.

Джинс занимался и электронной теорией металлов. Он публикует работу «Движение электронов в твердых телах» [31]. Первая ее часть «Электрическая проводимость, закон Кирхгофа и излучение очень длинных волн» вышла в 1909 г., одновременно с монографией Лоренца «Теория электронов и ее применение к явлениям света и теплового излучения». Джинс во многом приходит к совпадающим выводам. Здесь он улучшает теорию, развитую П. Друде, согласно которой в металле

содержится громадное количество свободных электронов, принимающих участие в тепловом движении. При отсутствии внешнего электрического поля, вследствие хаотичности движения, переноса электричества не происходит. Если же создать разность потенциалов, то на электроны в определенном направлении действует сила, скорости электронов упорядочиваются и возникает электрический ток. Теория Друде по существу развивает представления В. Вебера, еще в 1862 г. рассматривавшего электрический ток как следствие упорядоченного движения заряженных частиц. Джинс обосновывает формулу Друде для электропроводности.

$$\delta = e^2 N l / m u,$$

где e , m , u , l — заряд, масса, скорость и длина свободного пробега электрона соответственно; N — число электронов в единице объема.

В этой работе Джинс также показал, что закон Кирхгофа есть прямое следствие электронной теории вещества. Во второй ее части «Излучение всех длин волн в полностью отражающем объеме. Естественное излучение и источник естественного излучения низкой интенсивности» [31] рассматривается излучение движущегося электрона. При количественном анализе используется как разложение Лоренца, так и модифицированное разложение с экспоненциальным множителем, предложенное Джинсом. Конечно, сам Джинс прекрасно понимал ограниченность своего подхода, но строгое решение проблем теории газов, жидкости и твердых тел стало возможно только на основе квантовых представлений.

Мы не останавливались подробно на этих работах Джинса, поскольку в настоящее время они имеют только исторический интерес, но его работы по теории излучения способствовали становлению квантовых представлений.

3

Первая работа Джинса по теории излучения «Механизм излучения» [4], представленная к публикации Физическим обществом, вышла из печати еще в 1901 г. Это свидетельствует о проявлении интереса Джинса к проблемам излучения буквально с первых шагов научной деятельности. В этом произведении содержится

ряд интересных предположений. Так, Джинс считает, что излучение в газе порождается большим числом вибраторов. Для объяснения линейного спектра элементов он предположил, что излучение производится «вибраторами, которые не зависят от расположения ионов в атоме» [4], — весьма остроумное решение для того времени, когда еще не было правильной модели атома. Джинс пытается оценить размер атомов и приходит к выводу, что их радиус порядка $10^{-9}n^{1/3}$ см, где n — атомный вес, а также дать объяснение эффекта Зеемана, что, конечно, в то время не могло увенчаться успехом и носило характер чисто формальной схемы.

В 1904 г. появляется его коротенькая заметка «Предположительное объяснение радиоактивности» [13]. Хотя работа в целом неверна, надо учитывать, что тогда еще природа α -частиц не была выяснена и Джинс пользовался концепцией эфира, но все же в ней есть рациональное зерно. Догадка Джинса о том, что естественная радиоактивность не вызывается внешними причинами, а является свойством материи, в дальнейшем получила блестящее подтверждение.

Центральное место в исследованиях Джинса по физике занимают работы, развивающие классическую теорию равновесного излучения. Впервые ею занялся Пьер Прево, который в 1809 г. установил, что излучение нагретого объекта не зависит от окружающей среды. Правильное теоретическое понимание проблемы излучения в свете законов термодинамики мы находим только у Г. Кирхгофа, который в 1859—1861 гг. установил основной закон теплового излучения и ввел понятие абсолютно черного тела. Абсолютно черное тело — объект, который вообще не отражает и не пропускает падающее на него излучение, а полностью его поглощает. Испускаемое же им излучение имеет универсальный характер, т. е. одинаково для всех черных тел с одинаковой температурой. С помощью законов термодинамики Кирхгоф показал, что для всех тел для излучения одной и той же длины волны при одной и той же температуре T отношение испускательной и поглощательной способностей одно и то же. Если $E(\nu)$ — излучательная способность тела для данной частоты ν , а $A(\nu)$ — его поглощательная способность, то

$$E(\nu)/A(\nu) = f(\nu, T),$$

где $f(\nu, T)$ — универсальная функция.

Кирхгоф не представил в явном виде функцию $f(\nu, T)$, а только отметил, что она стремится к нулю при низких температурах для видимой области спектра и отличается от нуля для более длинных волн. Следовало определить вид этой функции экспериментально, изучая распределение энергии излучения в спектре черного тела, так как универсальная функция связана простым соотношением с плотностью энергии равновесного (чернотельного) излучения $\rho(\nu, T)$:

$$f(\nu, T) = (c/4\pi)\rho(\nu, T),$$

где c — скорость света.

Как писал Кирхгоф, перед физикой стоит «задача огромной важности: найти функцию $f(\nu, T)$ ».

Первый шаг в этом направлении был сделан Й. Стефаном в 1879 г. в работе «О связи между тепловым излучением и температурой», в которой была определена мощность M , излучаемая единицей нагретой поверхности:

$$M(T) = \pi \int f(\nu, T) d\nu.$$

Анализируя опыты Дж. Тиндаля, П. Дюлонга и А. Пти, П. Прево и др., Стефан устанавливает закон

$$M(T) = aT^4,$$

показывающий, что общая интенсивность равновесного излучения при температуре T пропорциональна T^4 . Теоретическое обоснование этого соотношения дал в 1884 г. Л. Больцман в работе «Вывод на основании электромагнитной теории света закона Стефана о зависимости теплового излучения от температуры». Больцман основывал свою теорию на том факте, что излучение не только обладает энергией, но и создает давление. При изотропном излучении, например, $p = \bar{\rho}/3$, где p — давление; $\bar{\rho}$ — средняя плотность излучения.

Следующий шаг был сделан В. Вином, предложившим в 1896 г. формулу для распределения энергии в спектре равновесного излучения. В этом исследовании он основывался на установленном им же в 1893 г. соотношении, согласно которому удельная интенсивность I излучения черного тела

$$I_{\lambda T} = \lambda^{-5} F(\lambda T),$$

или

$$I_{\nu T} = \nu^3 F(\nu/T).$$

Из этих формул вытекал закон смещения Вина $\lambda_{\max}T = \text{const}$. Однако одних термодинамических соображений было недостаточно для определения вида функции F . Поэтому Вин рассматривает ансамбль несвязанных молекул — осцилляторов — в замкнутой зеркальной полости. При термодинамическом равновесии в ней устанавливается распределение энергии, соответствующее излучению абсолютно черного тела. Применяя распределение Максвелла, учитывая закон смещения и закон Стефана—Больцмана, Вин приходит к искомому соотношению

$$I_{\lambda, T} = a\lambda^{-5} \exp(-b/\lambda T),$$

где a и b — некоторые постоянные.

Некоторое время считалось, что закон Вина хорошо удовлетворяет экспериментальным данным. Однако исследования в широком диапазоне длин волн выявили расхождение между теоретической и экспериментальной кривыми в длинноволновой части спектра. Это несоответствие стимулировало новые теоретические исследования.

В 1900 г. выходит из печати работа Дж. Рэлея «Замечания по поводу закона полного излучения» [224]. В ней Рэлей, исходя из своих исследований колебаний замкнутой воздушной массы, рассматривает колебания эфира по аналогии с колебаниями воздуха, представляя излучение, находящееся в замкнутой полости, в виде совокупности стоячих монохроматических волн и приписывая каждой такой волне две степени свободы. Рэлей применяет закон равномерного распределения энергии по степеням свободы. Тогда в случае термодинамического равновесия на каждую монохроматическую волну приходится в среднем энергия ε , равная kT , где k — постоянная Больцмана. Исходя из этого условия, Рэлей легко получает

$$I_{\lambda, T} = c_1\lambda^{-4}T.$$

Однако чтобы избежать бесконечного значения для полной энергии излучения, он интуитивно вводит экспоненциальный множитель и выражение приобретает вид $c_1T\lambda^{-4} \exp(-c_2/\lambda T) d\lambda$, где c_1 и c_2 — некоторые постоянные [224].

В том же году немецкий физик Макс Планк 19 октября на заседании Физического общества в Берлине

предложил новую формулу распределения энергии, полученную полуэмпирическим путем:

$$I_{\lambda, T} = \frac{8\pi c}{\lambda^5} \frac{h}{\exp(hc/k\lambda T) - 1},$$

или

$$I_{\nu, T} = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \frac{h\nu}{\exp(h\nu/kT) - 1},$$

где h — постоянная Планка; k — постоянная Больцмана.

Эта формула давала полное совпадение с экспериментальными данными во всем диапазоне частот. Действительно, для $h\nu \ll kT$ она переходит в формулу Рэлея — Джинса, а в противоположном случае $h\nu \gg kT$ — в формулу Вина. Перед Планком стояла задача дать строгое теоретическое обоснование предложенному соотношению, что он и сделал уже в декабре 1900 г. Теоретическое рассмотрение привело его с неизбежностью к положению, что энергия распределяется между осцилляторами не произвольно, а конечными порциями — квантами, кратными $h\nu$. Но признание дискретности энергии выходит за рамки классической физики. Поэтому сам Планк и весь научный мир рассматривали это предположение только как рабочую гипотезу, которую в дальнейшем можно будет объяснить на основе классических представлений.

Дальнейшее развитие науки показало, что это была не рабочая гипотеза, а гениальная разгадка одного из основных законов природы. С этого года ведет счет времени квантовая физика, и Планка по праву считают ее основоположником.

Как уже отмечалось, в начале 1900-х годов эту гипотезу рассматривали только как экзотичное предположение и искали пути решения проблемы, оставаясь в рамках классических представлений. В первое десятилетие XX в. Джинс также старался решить эту задачу со строго классических позиций и, хотя его попытки не увенчались успехом, нельзя сказать, чтобы они были совершенно бесполезными, так как в конечном итоге вели к признанию квантовых идей. Интенсивность полного излучения определялась Джинсом различными методами. В 1905 г. он строго показал, что закон Рэлея можно получить, применяя общие методы классической статистики к волнам эфира в замкнутой полости [17]. Он моделировал излучение в зеркальной полости систе-

мой стоячих волн. Тогда энергия излучения может быть представлена в виде суммы энергий невзаимодействующих гармонических осцилляторов. Плотность энергии стоячих волн равна суммарной средней энергии всех осцилляторов, заменяющих нормальные колебания и имеющих те же частоты:

$$\rho(\nu, T) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \bar{\epsilon}.$$

К выражению для средней энергии осциллятора Джинс применяет классическое выражение $\bar{\epsilon} = kT$ и получает зависимость интенсивности равновесного излучения от температуры:

$$I(\nu, T) = \frac{8\pi kT}{c^3} \nu^2,$$

или

$$I(\lambda, T) = 8\pi kT \lambda^{-4}$$

— соотношение, известное в физике как формула Рэля—Джинса. При расчете средней энергии колебаний Джинс использует теорему равномерного распределения энергии. Ранее Джинс уже имел дело с обоснованием этой теоремы. Значительная часть его «Динамической теории газов» была посвящена рассмотрению этой теоремы в различных конкретных случаях.

В «Сообщении об излучении и квантовой теории» [36], сделанном в 1914 г. в Физическом обществе, Джинс получил свое соотношение для излучения колеблющегося электрона. В этой работе Джинс также вычислил излучение свободного электрона. Это более сложное в математическом отношении исследование было успешно проведено Джинсом. Он сумел найти аналитическое решение уравнения и опять пришел к своему соотношению для плотности излучения. Все это еще более укрепило уверенность Джинса в правильности полученного соотношения.

Однако, как нетрудно заметить, закон Рэля — Джинса неприменим для всего спектра, так как при интегрировании по всем частотам он приводит к бессмысленному результату — бесконечно большой плотности энергии при $\nu \rightarrow \infty$:

$$E = \int_0^{\infty} \rho(\nu, T) d\nu \rightarrow \infty.$$

Это привело бы к тому, что источники энергии, заключенные в полости, излучали бы до тех пор, пока вся заключенная в них тепловая энергия не перешла бы в электромагнитное излучение и их температура не упала бы до абсолютного нуля. Сейчас мы знаем, что это является следствием неприменимости классической статистики Больцмана с ее непрерывной функцией распределения к излучению.

На этом примере физика впервые столкнулась с неудовлетворительностью классических представлений. Но тогда это было еще непонятно. Джинс настаивал на справедливости своего соотношения для всех частот, причем в нем не было экспоненциального множителя, произвольно, но предусмотрительно введенного Рэлеем. Строгий, в классическом смысле, вывод Джинса не оставлял для него места. Полуэмпирический экспоненциальный множитель Рэля предотвращал появление бесконечного значения полной энергии излучения, или, как это называл П. Эренфест, «ультрафиолетовую катастрофу». Она разразилась в 1905 г., когда Джинс поставил вопрос о необходимости, с позиций классической физики, выполнения его соотношения для всех длин волн. Акцентируя на этом внимание, он в конечном итоге способствовал признанию теории Планка. Заслуга Джинса была в том, что он показал, что классическая волновая теория электромагнитного излучения описывается только законом Рэля—Джинса. В начале же 900-х годов и Планк, и другие авторы использовали только рэлеевское соотношение для интенсивности излучения в длинноволновой области. Но парадоксальность развития науки привела к тому, что несколько позже Джинс [18], уже зная о теории Планка и его дискретных квантах энергии и считая ее удобной гипотезой, полагал в конечном результате необходимым предельный переход к непрерывному распределению энергии. Для этого надо было положить $h=0$, и тогда формула Планка переходила в соотношение Рэля—Джинса. Таким образом Джинс целиком стоял на классических позициях. Но ему необходимо было найти выход из создавшегося положения. Джинс делал попытки разрешить это противоречие, основываясь на классических представлениях, и отстаивал правильность как самого вывода, так и конечного результата.

Джинс предложил считать, что для установления термодинамического равновесия между излучением и

веществом стенок полости, в которой оно находится, требуется бесконечно большое время. Чтобы спасти свою формулу, он предположил, что на практике случай равновесного излучения не может реализоваться, но это оказалось неправильным.

С этих позиций Джинс рассматривал излучение двигающегося с ускорением электрона, вводя экспоненциально убывающую функцию при малых λ . Действительно, при выводе своего соотношения Джинс пользовался законами статистической механики, справедливыми для любых динамических систем, описываемых уравнениями Гамильтона. С другой стороны, для длинных волн этот же закон был выведен из электронной теории. Поэтому можно считать, что полученный закон имеет всеобщий характер. Однако состояние равновесия между эфиром и материей устанавливается лишь после перехода всей энергии к эфиру, но в диапазоне коротких волн для этого требуется бесконечно большое время. Противоречие между теорией и опытными данными снимается. Таким же образом отстаивал Джинс свою теорию в 1911 г. на I Сольвеевском конгрессе, где его критиковали Лоренц и другие ученые.

Но еще до этого, в 1909 г. Эйнштейн в работе «К современному состоянию проблемы излучения» писал: «Мнению Джинса можно противопоставить утверждение о том, что применять общие результаты статистической механики к полости, заполненной излучением, по-видимому, недопустимо». И далее: «По моему мнению, нельзя сомневаться в том, что наши современные теоретические представления с необходимостью приводят к закону, защищаемому Джинсом. Но с меньшей уверенностью можно утверждать, что формула (Джинса. — А. К.) противоречит опыту. Почему же твердые тела испускают видимый свет, начиная лишь с определенной, довольно резко ограниченной температуры? Почему все вокруг не заполнено ультрафиолетовым излучением, если оно все же испускается при обычной температуре? Как можно сохранять долгое время в кассетах высокочувствительные фотопластинки, если они постоянно испускают коротковолновое излучение?» [209, с. 166—167].

В этой же работе Эйнштейн отмечает положительные стороны подхода Джинса, в частности воспроизводит проделанный Джинсом анализ размерностей и отмечает его «чрезвычайную важность». Работы Джинса

во многом способствовали тому, чтобы теория Планка получила признание как единственная верная теория, и тому, что уже в 1916 г. Эйнштейн мог писать: «Сегодня мы знаем, что никакое рассмотрение, основанное на классической механике и электродинамике, не может привести к правильной формуле излучения и что классическая теория обязательно дает формулу Рэлея (в формулировке Джинса. — А. К.)» [209, с. 393]. Об этом свидетельствовали и работы самого Джинса. Так, уже в статье «К термодинамической теории излучения» [24], присланной в 1906 г. из Принстона, Джинс приходит к заключению, что теория излучения в ее классическом виде фатальна для термодинамики. А в 1909 г. он использует формулу Планка и приближение Лоренца [30]. В следующем году он публикует статьи «Анализ излучения с электронных орбит» [33] и «Планковская теория излучения и ньютоновская механика» [34], в которых он окончательно убеждается в невозможности связать свою теорию с экспериментальными данными и приходит к выводу о правильности закона Планка. Интересна выдвинутая им рабочая гипотеза о том, что механизм излучения, по-видимому, такой же, как и поглощения. Это было удачной догадкой Джинса, поскольку механизм излучения и поглощения еще не был разгадан, да и сама модель атома тогда еще не существовала.

Это были практически последние работы Джинса в области физики. Его все более начинают занимать вопросы астрофизики и космогонии.

Глава 6

Вклад Джинса в астрономию

1

К концу XIX в. новые методы исследования — фотография и спектральный анализ — совершили в астрономии настоящий переворот. На их основе стала быстро развиваться астрофизика и уже с начала XX в. подавляющее число исследований в астрономии было посвящено астрофизике. Эти работы приносили все новые

и новые сведения о природе Солнца и планет, звезд и туманностей. Для интерпретации астрофизических наблюдений, осмысливания новой информации о природе небесных тел, постановки проблем их происхождения и эволюции требовались методы теоретической физики. Приход в астрономию физиков-теоретиков вытекал из самого хода развития науки, был ее объективной потребностью. Одним из первых ученых, которые стали работать в области астрофизики, был Дж. Джинс.

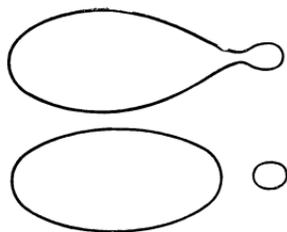


Рис. 1. Деление грушевидной конфигурации по Дж. Джинсу

Необходимо подчеркнуть, что уже в начале своей научной деятельности Джинс, под влиянием одного из своих учителей Дж. Дарвина, написал ряд работ, в которых теоретически рассмотрел актуальные для астрономии того времени вопросы. Это «Равновесие вращающихся жидких цилиндров» [5] (1902), «Устойчивость сферической туманности» [7] (1902), «Колебания и устойчивость гравитирующих планет» [8] (1903).

В первой из них Джинс рассматривает сложный вопрос устойчивости вращающихся самогравитирующих равновесных конфигураций в упрощенном частном двухмерном случае, в котором трехмерные тела представляются цилиндрами. Именно двухмерность задачи позволяла использовать теорию функций комплексных переменных. Джинс решил уравнения равновесия в случае вращения с различной угловой скоростью ω . Таким образом он получил серии равновесных конфигураций. По мере роста ω двухмерный аналог серии сфероидов Маклорена сменяется серией аналогов эллипсоидов Якоби, а затем грушевидных фигур. Хорошее совпадение результатов в двух- и трехмерном случаях позволило Джинсу распространить аналогию и на высокие значения ω , для которых не существует результатов в трехмерном случае. Двухмерные серии заканчивались делением на две отдельные эллипсоидальные конфигурации в случае $\omega^2/2\pi\rho=0,455$ (рис. 1). Таким образом, в работе был получен важный результат о неустойчивости грушевидных фигур равновесия и о делении их при достаточно высокой угловой скорости вращения на две отдельные фигуры. Все это су-

щественно использовалось Джинсом в его последующих исследованиях.

Вторая работа заложила основы теории гравитационной неустойчивости, на которой построены современные космогонические представления. Я. Б. Зельдович и И. Д. Новиков один из разделов своей фундаментальной монографии «Строение и эволюция Вселенной» [156, с. 272—279] озаглавили «Теория Джинса». Они пишут: «Впервые задачу об устойчивости однородного распределения вещества математически поставил и решил в рамках теории малых возмущений Джинс (1902).

Это решение подробно изложено в известном курсе Джинса (1929). Несмотря на некоторую непоследовательность, которая будет отмечена и исправлена в последующем изложении, теория Джинса до сих пор представляет не только исторический интерес. Ее ценность подчеркивается такими прочно укоренившимися названиями, как «джинсовская длина волны», «джинсовский инкремент».

Главное в теории Джинса — учет двух факторов: тяготения, стремящегося собрать вещество в отдельные комки, и давления, стремящегося выравнять неоднородности, равномерно распределить вещество» [156, с. 272].

Эта высокая оценка работы Джинса выдающимися советскими учеными подтверждается ее актуальностью для нынешних исследований. Редко на какую монографию ссылаются более чем через полвека после ее выхода в свет, а уж если такое случается, то она считается классическим произведением и входит в золотой фонд науки. В цитировавшейся выше монографии это самая ранняя из всех упоминавшихся работ. Джинса по праву можно назвать пионером теоретической астрофизики.

Изложим кратко подход Джинса к этой проблеме. Как известно, для идеального газа справедливы классические уравнения гидродинамики:

уравнение неразрывности

$$-\partial\rho/\partial t + \operatorname{div}(\rho\bar{v}) = 0,$$

уравнение Эйлера

$$\partial\bar{v}/\partial t + (\bar{v}\operatorname{grad})\bar{v} + (1/\rho)\operatorname{grad} p + \operatorname{grad} \varphi = 0,$$

уравнение Пуассона

$$\Delta\varphi=4\pi G\rho,$$

где ρ — плотность; \bar{v} — скорость; p — давление; φ — гравитационный потенциал; G — гравитационная постоянная. Неограниченное однородное распределение вещества не имеет определенного гравитационного потенциала, а ограниченное в пространстве распределение должно сколлапсировать. Поэтому предположение Джинса, что невозмущенным состоянием является покоящийся газ ($\bar{v}=0$), равномерно распределенный в пространстве ($\rho=\rho_0=\text{const}$), некорректно¹. Джинс рассматривает возмущение, при котором на элемент среды начинают действовать две силы: гравитационная (вследствие изменения плотности) и давления (из-за градиента плотности). При рассмотрении возмущения в неограниченной среде из соображений симметрии в ней полагается $g=\nabla\varphi_0=0$ и поэтому $\nabla p_0=0$. В равновесии из уравнения Эйлера (для простоты рассматриваем одномерную задачу) следует: $-\partial p/\partial x=\rho_0\partial\varphi/\partial x$, но $\partial p/\partial x=(\partial p/\partial\rho)_{\text{ад}}\partial\rho/\partial x=c^2\partial\rho'/\partial x$, где плотность $\rho=\rho_0+\rho'$; $|\rho'|\ll\rho_0$; $c=(\partial p/\partial\rho)_{\text{ад}}^{1/2}$ — скорость звука. Потенциал φ удовлетворяет уравнению Пуассона $\partial^2\varphi/\partial x^2=4\pi G\rho'$. Исключаем из приведенных уравнений φ , тогда $c^2\partial^2\rho'/\partial x^2+4\pi G\rho_0\rho'=0$. После подстановки $\rho'=\text{const}\times\sin(\omega t+2\pi x/\lambda)$, полагая $\omega=0$, получаем $\lambda\equiv\lambda_{\text{дж}}=c\sqrt{\pi/G\rho_0}$, т. е. гравитационная неустойчивость наступает при возмущениях, превышающих $\lambda_{\text{дж}}$ — джинсовскую длину волны.

Впоследствии теория Джинса развивалась многими исследователями применительно к различным конкретным случаям. Е. М. Лифшицем была решена в рамках общей теории относительности важнейшая для космологии задача о распаде расширяющейся среды на сгущения [167]. Д. Линден-Белл и С. Лоу рассмотрели процесс окончания фрагментации во Вселенной [219]. В. Л. Поляченко и А. М. Фридман дали критерии гравитационной неустойчивости в многокомпонентной среде [176]. Подробное изложение работ по этой тематике и библиография имеются также в монографиях [150, 151], где учитываются электромагнитные поля и другие усложняющие факторы.

¹ Строгий вывод критерия Джинса содержится в монографии [156].

И последняя из ранних астрономических работ Джинса [8] посвящена колебаниям и устойчивости вращающихся гравитирующих тел. В ней показано, что для сферически-симметричной самогравитирующей массы радиуса a , средней плотности ρ_0 и среднего значения модуля сжатия λ_0 устойчивость зависит от значения функции $G\rho_0^2 a^2/\lambda_0$, где G — гравитационная постоянная. Если эта функция не превышает некоторого критического значения, то конфигурация устойчива, если превосходит, то неустойчива. Оценка устойчивости реальных объектов усложняется незнанием законов сжимаемости и распределения в них плотности. Эти теоретические соображения Джинс применяет к рассмотрению небулярной гипотезы происхождения нашей планетной системы.

В этой же работе Джинс одним из первых поставил вопрос об изучении напряжений и колебаний в Земле. Он отмечает возможность определения истинных значений параметров Ляме λ и μ с помощью измерения времени распространения сейсмических волн, вызываемых землетрясениями. Конечно, тогда эти определения не могли быть достаточно точными. Джинс писал, что найденная средняя скорость распространения сейсмических волн составляет около $9,7$ км/с и не зависит от длины пути, что по современным представлениям отнюдь не так. Сейчас, однако, для нас важно, что уже с начала века теоретическая физика робкими шагами входит в науки о Земле. Начинается становление теоретической геофизики, которая бурно развивается со второй половины XX в. Джинс в развитие рассмотренной работы публикует в 1923 г. статью «Распространение сейсмических волн» [65]: Он начинает ее с методологически правильной постановки задачи: «Для полного понимания распространения возмущений от землетрясений требуется решение проблемы колебания упругой сферы, в которой взаимное гравитационное притяжение элементов принимается во внимание вместе с изменением физических констант, характеризующих изменение свойств земного вещества с расстоянием от центра» [65, с. 554]. Учет влияния кривизны земной поверхности и силы тяжести становится необходимым для волн с периодами порядка 1 мин и более. Джинсом одним из первых была построена в первом приближении теория собственных колебаний Земли для сферически-симметричной модели. Эта работа послужила непосредственным ответом на требования сейсмологии, так

как был существенно превышен минутный период колебаний (прежний предел регистрации), а периоды, превышающие 3 мин, уже характерны для высокочастотных собственных колебаний Земли. При больших n собственные колебания можно рассматривать как интерференцию поверхностных волн. В этой же работе Джинсом было получено фундаментальное соотношение, связывающее тон колебания номера n с его периодом T и фазовой скоростью распространения соответствующей поверхностной волны v :

$$(n+1/2)/a=K=2\pi/vT,$$

где a — радиус Земли; K — волновое число. Подробнее теория этого вопроса изложена в [153, с. 223].

Используя это соотношение и связь между n и $\omega=2\pi/T$, получаемую из принятой модели Земли, можно теоретически рассчитать зависимость фазовых скоростей от периода. Верный своим принципам доводить исследование до числа, Джинс сравнивает свои теоретические результаты с данными сейсмических наблюдений.

В работе 1902 г., как мы уже отмечали, Джинс затронул вопросы теории фигуры Земли. Он обсуждает проблемы, связанные с отклонениями фигуры Земли от сферической симметрии и с напряжениями, которые необходимы для их поддержания. Области наибольшей концентрации напряжений Джинс считал областями наибольшей сейсмической активности. Это он пытался подтвердить фактическим сейсмологическим материалом, однако в то время его было явно недостаточно. В настоящее время эти предположения не получили подтверждения, так как возникновение концентрации напряжений, приводящих к землетрясениям, оказалось связанным с целым рядом сложных процессов, протекающих в верхних слоях нашей планеты, о которых во времена Джинса даже не подозревали. К проблеме фигуры нашей планеты Джинс обращался и позже в статье «Гравитационная неустойчивость и фигура Земли» [46] в 1917 г. и позднее, опять-таки развивая идеи статьи, опубликованной в 1902 г. Это еще раз подчеркивает богатство идейного содержания ранних работ Джинса.

Впоследствии Джинс еще не раз возвращался к тематике своих первых астрономических работ, широко использовал их результаты, развивал и уточнял их.

После двухлетнего перерыва, в 1913 г., Джинс опубликовал работу «Кинетическая теория звездных скоплений» [35]. С тех пор ежегодно до 1928 г. из-под его пера выходило несколько научных работ, всего около полусотни. Конечно, мы не имеем возможности осветить содержание каждой из них даже самым схематичным образом. Мы остановимся только на самых важных и рассмотрим вопросы, в решение которых Джинс внес весомый вклад. Поэтому далее мы не будем придерживаться строго хронологической последовательности изложения и перейдем к рассмотрению тематически связанных проблем в исследованиях Джинса.

2

Работу в области астрономии, после того как его интересы полностью сконцентрировались на ней, Джинс начинает с исследований по звездной динамике. И хотя это была работа в новой области науки, методика ее была уже знакомой, так как Джинс использовал математический аппарат, известный ему по работам в кинетической теории газов. В 1913 г. Джинс впервые публикует в «Monthly Notices of the Royal Astronomical Society» — главном астрономическом журнале Великобритании статью «Кинетическая теория звездных скоплений» [35]. Основной проблемой, решаемой в ней, было определение отклонений в направлениях движений звезд, возникающих в результате их сближения друг с другом. Джинс принимает, что 10^9 звезд находятся в пределах 1000 парсек (пк), причем средняя масса звезды полагается равной пяти массам Солнца. Далее он произвольно, но довольно разумно выбирает относительную скорость звезд при взаимном сближении в 60 км/с. При таких параметрах Джинс получает, что для возникновения отклонения в параллельном потоке звезд в 1° требуется $3,2 \cdot 10^9$ лет, в 2° — $8 \cdot 10^{11}$ лет и наконец в 5° — $5 \cdot 10^{12}$ лет. Заметим, что последние два временных интервала превышают современную оценку возраста Вселенной и поэтому представляются физически бессмысленными.

Джинс весьма красочно описывает результаты своих исследований: «...рассмотрим определенный звездный поток, в котором все звезды движутся параллельно и с одинаковой скоростью 40 км/с. Предположим, что рассматриваемые звезды на протяжении всей длины пото-

ка отклоняются от основного направления не более чем на 2° . Через 100 млн. лет будет потеряна только одна из 8000 звезд потока, которые отклонятся от своего первоначального направления не более чем на $10'$. Через 3200 млн. лет будет потеряна уже одна из 250 звезд и среднее отклонение от первоначального направления — 1° . Через 80 000 млн. лет будет потеряна одна десятая часть и среднее отклонение составит угол 5° . Таким образом, поток будет разрушен не мгновенно в результате столкновений, но при постепенном рассеянии» [35, с. 12].

На основании этого Джинс считал, что Галактика не находится в стационарном состоянии. Сейчас, однако, исходя из известного нам возраста Вселенной, мы сделали бы противоположный вывод из подобного рассмотрения. Действительно, за время существования Вселенной порядка 10 млрд. лет рассеяния звезд в Галактике практически происходить не будет.

Продолжая эти исследования, Джинс в 1915 г. пытается теоретически объяснить наличие двух звездных потоков. Концепцию двух звездных потоков предложил Я. Каптейн, интерпретируя свой богатый наблюдательный материал о собственных движениях звезд. Он сообщил о ней первоначально на Астрономической ассамблее в Сан-Луи, штат Миссури, в 1904 г., а затем на съезде Британской ассоциации в Кейптауне в 1905 г., в работе которого участвовал также и Джинс.

Концепция Каптейна заключается в следующем. Если построить диаграмму звездных скоростей, представив последние векторами, исходящими из одной точки, то она должна была бы быть вытянута в сторону антиапекса вследствие движения Солнца. Но оказалось, что собственные движения обнаруживают два преимущественных направления, указывающих на точки, которые Каптейн назвал «вертексами». Наиболее естественным, считал Каптейн, интерпретировать такую картину как суперпозицию движений Солнца и двух групп звезд, происходящих в противоположных направлениях. Причем считалось, что эти два звездных потока проникли друг в друга. С помощью поправки, учитывающей эффект движения Солнца, были определены «истинные вертексы». Они оказались расположенными в противоположных точках неба: один в созвездии Щита, другой — в созвездии Ориона. Их координаты были $\alpha_1=91^\circ$, $\delta_1=+13^\circ$ и $\alpha_2=271^\circ$,

$\delta_2 = -13^\circ$. В то время казалось удивительным, что они находились на Млечном Пути и один из вертексов был близок по направлению к центру Галактики, а другой соответственно имел противоположное направление. Это обстоятельство в последующих исследованиях получило естественное объяснение.

Среди них прежде всего следует отметить работы А. Эддингтона и К. Шварцшильда. Эддингтон показал, что в любом объеме пространства представлены звезды как одного, так и другого потока. Из этого прямо следует, что звезды этих потоков идеально перемешаны. В связи с этим концепция двух потоков стала представляться слишком искусственной. Точка зрения Шварцшильда была более естественной. Он отказался от введения двух звездных потоков и просто предположил, что для остаточных звездных движений существуют предпочтительные направления, совпадающие с вертексами Каптейна. Исходя из того, что проекции скоростей на эти направления распределены по закону Максвелла, Шварцшильду удалось определить дисперсии скоростей звезд и заключить, что наибольшая дисперсия у скоростей вдоль линии истинных вертексов. Джинс также участвовал в решении этой проблемы. Он исследовал общие условия, при которых может выполняться эллипсоидальный закон распределения звездных скоростей Шварцшильда, применяя к звездам законы кинетической теории газов. Это послужило примером для будущих исследований. В 1916 г. он рассмотрел детали взаимного проникновения звездных потоков и понял всю трудность такого решения проблемы. Резюмируя, Джинс писал: «В заключение мы должны опять повторить, что проблема, которую мы обсуждали, слишком сложна, чтобы дать ее полное решение» [43].

Правильное решение этой проблемы нашел шведский астроном Б. Линдبلاد только в 1921 г. Он показал, что закономерности в распределении собственных скоростей звезд являются проявлением вращения нашей Галактики. Большинство звезд движется вокруг центра Галактики по почти круговым орбитам, а более наклоненные и вытянутые орбиты создают наблюдаемые отклонения. Точка зрения Линдблода получила блестящее подтверждение и еще более полное развитие в работах голландского астронома Яна Оорта. В 1927 г. он не только подтвердил гипотезу Линдблода о крупномасштабном вращении внутри Галактики, но и на основа-

нии эффектов дифференциального вращения выделил подсистемы звезд. Так, он показал, что звезды сферической составляющей Галактики отличаются целым рядом параметров от звезд плоской составляющей.

Несмотря на то что Джинсу не удалось дать правильную интерпретацию собственных движений звезд, необходимо отметить его выдающийся вклад в развитие звездной динамики. Так, Б. Линдблад в классической обзорной работе «Динамика Галактики» писал: «Можно сказать, что началом работ по галактической динамике послужили фундаментальные работы Эддингтона и Джинса» [192, с. 39]. Далее Линдблад более подробно раскрывает содержание трудов Джинса: «Джинс развил более общую теорию, введя функцию распределения как функцию интегралов движения. В применении к эллипсоидальным распределениям анализ Джинса все еще ограничен однородными выражениями второго порядка для скоростей; средние дифференциальные движения в системе не принимаются во внимание. Каптейн сформулировал динамическую теорию для «типичной звездной системы», полученной из его статистических работ по распределению звезд. Анализ этой «типичной системы» был существенно развит Джинсом в важном исследовании, содержащем много математических приемов, используемых для исследований в области галактической динамики» [192, с. 40]. (Имеется в виду статья Джинса «Движения звезд во вселенной Каптейна» (1922).— *А. К.*)

Э. Сойер-Хогг в обзоре «Звездные скопления» излагает взгляды Джинса по этому вопросу «Исследуя разрушающие скопления силы, Джинс в своей пионерской работе (имеется в виду статья 1922 г. «Динамика движущихся скоплений» [60].— *А. К.*) предположил, что наша галактическая система в целом могла бы образоваться из остатков распавшихся скоплений, которые возникали в плоскости Галактики и состояли из звезд, объединявшихся между собой более тесно, чем в настоящее время» [192, с. 203].

Работы Джинса по звездной динамике сохраняют свое значение до настоящего времени из-за рациональности методов, используемых в них.

Джинс разработал метод изучения парного сближения звезд. Он предположил, что сближения могут быть настолько тесными, что орбиты звезд подвергнутся взаимным гравитационным возмущениям и это при-

ведет к изменению направления движения на угол θ . Джинс получил соотношения, дающие полное решение задачи:

$$\operatorname{tg}(\theta/2) = G(m_1 + m_2)/V^2 p, \quad \Delta V/V = 2\sin(\theta/2).$$

где m_1 и m_2 — массы звезд; G — гравитационная постоянная; V — относительная скорость движения; p — минимальное расстояние сближения.

Джинс рассмотрел также эффект от многократных слабых сближений. В этом приближении даже при учете аддитивности эффект все же пренебрежимо мал. С современной точки зрения галактические орбиты подавляющего большинства звезд не испытывают возмущений от своих ближайших соседей.

Основным достижением Джинса в звездной динамике было приведение в нее методов кинетической теории газов. Джинс ввел для звезд гамильтоновы координаты и импульсы q_1, q_2, q_3 и p_1, p_2, p_3 и построил шестимерное фазовое пространство. Тогда уравнение движения звезды легко написать с помощью функции Гамильтона $H(p, q)$:

$$\dot{q}_i = \partial H / \partial p_i, \quad \dot{p}_i = -\partial H / \partial q_i \quad i=1, 2, 3.$$

Если $f(q_1, p_1, t)$ — функция распределения в фазовом пространстве, то справедливо уравнение непрерывности

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 \left(\frac{\partial f}{\partial q_i} \frac{\partial q_i}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial p_i} \frac{\partial p_i}{\partial t} \right) = 0.$$

Это уравнение для звездных систем впервые было использовано Джинсом в 1915 г. [40].

Метод Джинса широко использовался последующими исследователями. Так, Линдبلاد применил его в 1925 г. для объяснения зависимости асимметрии звездных движений от дисперсии их скоростей, открытой Э. Стремгреном. Метод изучения тесных сближений звезд применялся и развивался в работах К. Шарлье в 1917 г. и С. Чандрасекхара в 1942 г. В звездной динамике закон постоянства фазовой плотности стал называться теоремой Джинса, а его монография «Проблемы космогонии и звездной динамики» [55] долгие годы считалась одним из основных руководств в этой области.

Будучи по складу мышления физиком, Джинс, конечно, не мог удовлетвориться только изучением звездных движений. Его интересовали источники энергии излучения и внутреннее строение звезд. Но общий уровень развития физической науки того времени объективно обусловил то, что его работы в этой области, несмотря на ряд блестящих догадок и остроумных решений, не носили все же такого фундаментального характера, как работы по звездной динамике.

В «Астрономии и космогонии» [88], подытоживавшей астрономические исследования Джипса, им были поставлены следующие основные вопросы: «Что представляют в конечном счете звезды? Что заставляет их светить и как долго они смогут это продолжать? Почему двойные и кратные звезды так часто встречаются на небе и как они образуются? Что означает характерная плоская форма галактических систем и почему одни звезды в них двигаются в потоках, как косяки рыб, тогда как другие следуют независимым курсом? Что означают внегалактические туманности, которые кажутся с первого взгляда другими Вселенными вне нашей собственной Вселенной — Галактики и которые сравнимы с ней по размерам, хотя и отличаются по общей структуре? И затем вырисовывается фундаментальный вопрос: какие изменения происходят в этих сложных системах астрономических объектов, как они возникли и каким будет их конец?» [88, с. 29].

Интересуясь на протяжении многих лет проблемой источника звездной энергии, Джинс в разное время предлагал различные ее решения. Еще в 1904 г. он высказал мысль, что энергия звезд, и в том числе Солнца, возникает за счет аннигиляции вещества. Джинс обосновывал свои гипотетические предположения аргументированной критикой других, ранее предлагавшихся источников звездной энергии, таких, как общий начальный запас тепла или гравитационная энергия звезды. Именно невозможность таким образом объяснить необходимую длительность существования излучающей звезды привела Джинса к поискам субатомных источников энергии. Вот, что об этом писали Джеффри и Маргерит Бербиджи в своем ретроспективном обзоре «Звездная эволюция»: «Их можно разделить на три категории: 1) радиоактивные источники,

2) своего рода аннигиляция массы, 3) синтез тяжелых элементов из более легких. Использование естественной радиоактивности в качестве источника энергии сразу же создало огромные трудности, так как выяснилось, что радиоактивность является самопроизвольным квантовым эффектом, не зависящим от условий внутри звезды. Далее, выделение энергии, если предположить земное обилие урана и тория, не могло бы в достаточной степени увеличить шкалу времени. Искусственная радиоактивность в то время не рассматривалась. Джинс был горячим защитником некоторого моноатомного аннигиляционного процесса, подобного аннигиляции протонов с электронами. Его аргументы основывались на выведенном им критерии устойчивости. Он получил, что все взаимодействия между атомами, между атомами и электронами или между атомами и излучением исключаются, потому что они нарушают эти критерии. Он даже считал, что синтез гелия из четырех протонов может привести к взрывной неустойчивости, хотя он не учитывал, что этот синтез может произойти в результате катализа или целого ряда последовательных реакций. Он исключил также одно из условий, введенных Расселом, заключающееся в том, что имеется пороговая температура, ниже которой источник энергии бездействует. Источник, предложенный Джинсом, был подобен радиоактивности в том отношении, что он не зависел от всех внешних физических параметров. Шкала времени просто выражала время, необходимое для того, чтобы превратить массу, равную солнечной, в излучение, что составляет период порядка 10^{13} лет» [180, с. 143].

Джинс совершенно справедливо считал, что при аннигиляции вещества выделяющаяся энергия по количеству значительно превосходит энергию, выделяющуюся при любой химической реакции, но он ошибочно предполагал возможность аннигиляции протона и электрона. Ошибочным было также предположение Джинса о том, что источником звездной энергии являются сверхтяжелые радиоактивные трансурановые элементы, хотя само предсказание их существования было справедливым. Но это предположение не возникло на пустом месте, оно было обусловлено исследованиями в области физики того времени.

В 1923 г. Г. Крамерс получил соотношения для определения коэффициентов поглощения рентгеновских

лучей атомами водорода и другими более тяжелыми элементами. Джинс, зная о высоких температурах в недрах Солнца и звезд и, следовательно, о преобладании там коротковолнового излучения, сразу понял их большое значение для астрофизики. Из соотношений Крамерса следовало, что коэффициент поглощения пропорционален отношению Z^2/A , где Z — атомный номер и A — атомный вес. Легко видеть, что чем тяжелее поглощающий элемент, тем больше это отношение и тем больше, следовательно, величина коэффициента поглощения. Но коэффициент поглощения, с другой стороны, можно определить по соотношению между светимостью звезды и ее массой, которые определяются из наблюдений. Таким образом, перед Джинсом открылась возможность оценить Z^2/A для звездного вещества, что и было им сделано в 1926 г. [83]. Полученные им значения отношения Z^2/A соответствовали гипотетическим элементам, более тяжелым, чем уран. Кроме того, для молодых звезд, по представлениям Джинса, это отношение было больше, чем для старых. Таким образом, становится понятным генезис мысли Джинса о генерации энергии в недрах звезд вследствие распада трансурановых элементов на более легкие.

К сожалению, в то время не было правильного понимания эволюции звезд, да его и не могло быть; к тому же вскоре выяснилось, что формулы Крамерса не применимы к тяжелым элементам, хотя и дают неплохие результаты для водородоподобных атомов. Таким образом, для гипотезы Джинса не осталось никаких оснований. А. Эддингтон в своей классической монографии «Внутреннее строение звезд» (1926) отмечал, что величина непрозрачности, получаемая по теории Крамерса, отличается от величины непрозрачности по данным астрономических наблюдений, и называл это «мрачным облачком» на горизонте теории звезд. Но он оказался на более верном пути, не следуя за Джинсом, предлагавшим считать звезды состоящими из сверхтяжелых гипотетических элементов. За это, однако, Джинс критиковал Эддингтона: «Я должен, пожалуй, мимоходом указать, что Эддингтон и другие подошли к этому вопросу с другого конца, приписывая Z^2/A величины по догадке на основании наших сведений об элементах в атмосфере Солнца и звезд. Такой путь, однако, очень рискован. Звездный спектр не дает указаний на то, какие элементы следует выбрать как находящиеся внутри;

по крайней мере, есть основания утверждать а priori, что элементы внутри звезды совершенно отличны от элементов на поверхности. Какую ошибку сделал бы наблюдатель на другом небесном теле, если бы он предположил, что на Земле нет других химических элементов, кроме тех, которые есть в атмосфере!» [112, с. 22—23].

На этом примере мы видим, что в условиях ограниченности наблюдательных данных существуют логически обоснованные, но противоречивые точки зрения и только дальнейшее развитие науки позволяет отобрать из них верные. Тем не менее в выполненных Джинсом исследованиях внутреннего строения звезд содержался и ряд верных положений, оказавших огромное влияние на дальнейшее развитие науки.

Джинс развивает теорию Лейна—Риттера—Эмдена равновесных конфигураций звезд с политропным уравнением состояния

$$p = K\rho^{1+1/n},$$

где p — давление; ρ — плотность; K — постоянная; n — индекс политропы. Еще в 1917 г. он впервые высказал мысль о том, что при температурах, господствующих в звездах, вещество их должно находиться в ионизированном состоянии — голые ядра и свободные электроны вносят свой вклад в давление. Этот вывод приводит к важному последствию о понижении реального молекулярного веса вещества звезды и, следовательно, уменьшении температуры в ее центре. Современное значение температуры в центре Солнца отличается от значения, полученного Джинсом, лишь в два-три раза.

Джинс отметил важную роль давления излучения в равновесии звезд. Он совершенно справедливо утверждал, что этот эффект становится значительным для массивных звезд. Как позднее подтвердил Эддингтон, для звезд с массой порядка солнечной давлением излучения можно пренебречь, а для звезд с массой в сотни солнечных оно становится доминирующим.

Развивая теорию внутреннего строения звезд, Джинс обратил особое внимание на механизм переноса энергии. Он показал, что перенос тепла теплопроводностью не может быть достаточным для объяснения мощного излучения с поверхности Солнца и звезд. Джинс правильно полагал, что основная часть энергии в звезде переносится механизмом лучистой теплопроводности.

В этой связи перед Джинсом встала задача объединения теории лучистого равновесия с теорией политропных конфигураций. Хотя и не совсем строгими методами, но он пришел к верному выводу, что звезда с заданными параметрами всегда сможет прийти в положение равновесия. Однако для индекса политропы $n=3$ Джинс считал, что «добавление или изъятие небольшого количества вещества заставит звезду проскакать через целый спектр значений от $\rho_c=0$ до $\rho_c=\infty$ » [88, с. 82]. Этот результат заставил его выступить с критикой эддингтоновской теории, основанной на политропе с $n=3$. Эддингтон доказывал, что светимость зависит только от массы и не зависит от природы источника энергии. Случай $n=3$, однако, является очень интересным и важным, так как он весьма хорошо описывает состояние вещества в белых карликах, в больших горячих звездах и даже в Солнце. Но при построении политропной равновесной модели с $n=3$ необходимо учитывать три особенности: 1) равновесие возможно только при определенном значении массы (если $K=\text{const}$), 2) полная энергия звезды равна нулю, 3) равновесие безразличное, т. е. радиус звезды может быть любым [155].

Джинс показал, что политропа с индексом $n=3,25$ соответствует равновесной конфигурации звезды с постоянным молекулярным весом вещества и равномерно распределенными источниками энергии. Эти несколько формальные изыскания позволили ему вычислить, оставаясь в рамках политропных равновесных моделей, давление и температуру в центральных областях звезд.

Особенно интересно с современной точки зрения, что Джинс рассматривал модели звезд в предположении, что область генерации энергии располагается ближе к центру. Это позволило ему почти в 2 раза уменьшить центральную температуру звезды. Джинс также указал на то, что вследствие сильной ионизации могут нарушаться законы идеального газа для вещества звезды. Он писал: «Это состояние может быть описано как жидкое или полужидкое» [88, с. 108]. И если замечания Джинса к эддингтоновской модели звезды как находящегося в равновесии газового шара можно считать несущественными, то этот его прогноз подтвердился в современных исследованиях эволюции белых карликов. При остывании белого карлика плазменные ионы образуют кулоновскую жидкость, затем кристаллическую решетку и, наконец, квантовую жидкость [140]. Тем не

менее опять-таки нельзя согласиться с его утверждением, что наблюдаемые практически в стабильном состоянии звезды не могут быть в газообразном состоянии. Неверно также его отрицание положения Г. Н. Рессела, согласно которому генерацией звездной энергии можно пренебрегать до тех пор, пока температура не достигнет определенного критического значения (по современным взглядам, только начиная с некоторой критической температуры возможно протекание термоядерных реакций).

И уж никак не вяжутся с современными представлениями его оценки звездных возрастов в 10^{12} – 10^{13} лет. Ведь возраст Вселенной, как мы уже отмечали, оценивается в $(16-18) \cdot 10^9$ лет, и естественно, что звезды не могут быть старше.

Но эти ошибки Джинса нельзя ставить ему в упрек, ведь тогда, когда он занимался изучением внутреннего строения звезд и их эволюции не был известен источник их энергии. Современный этап теории внутреннего строения звезд берет начало с работ Г. Бете. В 1938 г. Г. Бете и К. Критчфелд открыли протон-протонный цикл, а в 1938–1939 гг. Г. Бете и К. фон Вейцеккер независимо обнаружили углеродно-азотный цикл. Приходится только удивляться, как много смогли сделать Джинс, а также Эддингтон, Милн и другие в изучении звезд, не зная основных физических процессов, протекающих в них.

Примером глубокой проницательности Джинса является работа, в которой он говорит о вязкости излучения в звезде (это явление первым подметил Джинс в 1926 г.). Казалось естественным, что излучение переносит момент, что оно оказывает давление, но, как показал Джинс, при градиенте скорости движения вещества в звезде излучение при переносе момента от одного слоя к другому будет создавать действие кажущейся вязкости, сглаживая тем самым градиент скорости². Джинс

² При изучении внутреннего строения звезд взаимодействие между излучением и веществом описывается тензором лучистых напряжений, который по своей структуре аналогичен тензору напряжений для вещества. Поэтому лучистые напряжения можно подразделить на давление излучения и касательные напряжения с коэффициентом лучистой вязкости. Вязкость излучения, как и внутреннее трение, проявляется лишь тогда, когда соседние элементы массы движутся с разными скоростями. При этом механизм торможения вследствие излучения оказывается сильнее, чем вследствие вязко-

дал строгое физическое обоснование подмеченному эффекту³, вычислил коэффициент вязкости излучения и более последовательно рассмотрел механизм переноса момента в движущейся среде. Таким образом, он показал, что в звездах вязкость излучения может быть сравнима с обычной вязкостью газа [82]. Джинс в этой связи высказал также интересное предположение о том, что поток излучения из центральной области звезды, проходя сквозь внешние слои, будет оказывать на них тормозящее воздействие и возмущать таким образом ее вращение как твердого тела. Эти идеи Джинса о вращении звезды интересны для нас главным образом тем, что в них впервые теоретически обосновывается возможность дифференциального вращения. Дальнейшее развитие эта идея получила в работах Э. Милна, а проблема дифференциального вращения стала теоретически изучаться Дж. Васютинским [226] и В. Ярдетским [217]. С. И. Блинниковым была показана возможность дифференциального вращения политропных конфигураций [143], стало изучаться влияние дифференциальности вращения на фигуры и гравитационные поля конфигураций [161]. Идея Джинса о возможности дифференциального вращения небесных тел оказалась весьма плодотворной.

Резюмируя наш краткий обзор исследований Джинса по строению и эволюции звезд, еще раз хочется подчеркнуть, что несмотря на большое количество ошибок, он все же внес огромный вклад в развитие теории, и его имя стоит рядом с именами Р. Эмдена, К. Шварцшильда и А. Эддингтона.

4

Вопросы теории фигур небесных тел, как мы уже отмечали, Джинс рассматривал в самых первых своих работах по астрономии. Однако он неоднократно обра-

сти, если $T/|\text{grad } T| \ll \omega/|\text{grad } \omega|$, где T — температура; ω — угловая скорость вращения. Результаты современных исследований [194] подтверждают предположение Джинса о том, что в лучистых оболочках преобладает торможение излучением.

³ Молекулярный механизм вязкости связан с переносом момента количества движения из одного слоя жидкости, в которой имеется градиент скорости, в другой. Так как в звезде распространяется излучение, обладающее моментом количества движения, то обмен моментом создает эффективную вязкость.

пался к ним на протяжении всей своей научной деятельности.

Теория фигур равновесных вращающихся конфигураций имеет почти трехвековую историю и подробно изложена в ряде монографий [163, 194, 201, 221, 225], освещающих разные периоды и стороны ее развития. Здесь же мы скажем о ней только самые общие слова и немного более подробно об исследованиях Джинса.

Эта теория берет начало с исследования Ньютоном фигуры Земли, в котором он показал, что вращение должно приводить к сплюснутости фигуры. Маклорен в 1742 г. обобщил результат Ньютона на случай быстрого вращения и ввел понятие урвненной поверхности. При возрастании угловой скорости вращения тела (несжимаемой жидкости) до значения, соответствующего $\omega^2/\pi G\rho=0,4493$, сжатие достигает предельного значения, что соответствует эксцентриситету 0,93⁴. При большей скорости вращения уже не будет сфероидальных фигур равновесия. Однако еще до достижения критического значения ω вращающаяся конфигурация становится неустойчивой. Это происходит при значении ω , соответствующем $\omega^2/\pi G\rho=0,37424$ и эксцентриситету 0,81267. В этой так называемой точке бифуркации от последовательности сфероидов Маклорена «ответвляется» последовательность эллипсоидов Якоби (все оси эллипсоида различны), открытая им в 1834 г. Последний сфероид Маклорена является первым эллипсоидом Якоби с двумя экваториальными осями одинаковой длины. Значительно позднее, в 1885 г., А. Пуанкаре показал, что в точке бифуркации устойчивость переходит к эллипсоидам Якоби.

Джинс также исследовал сфероиды Маклорена и эллипсоиды Якоби. В его сочинениях приведены таблицы различных параметров вращающихся конфигураций, где за варьируемый параметр принимается их угловая скорость вращения. Эти таблицы вошли во все учебники по теории фигур небесных тел. Он показал, что в случае сохранения углового момента увеличение плотности математически эквивалентно увеличению углового момента при постоянной плотности. С помощью таблиц Джинс построил диаграмму (рис. 2), представ-

⁴ Сжатие $\alpha=(a-b)/a$, где a , b — экваториальный и полярный радиусы. Эксцентриситет $e=[(a^2-b^2)/a^2]^{1/2}$, где a , b — большая и малая полуоси.

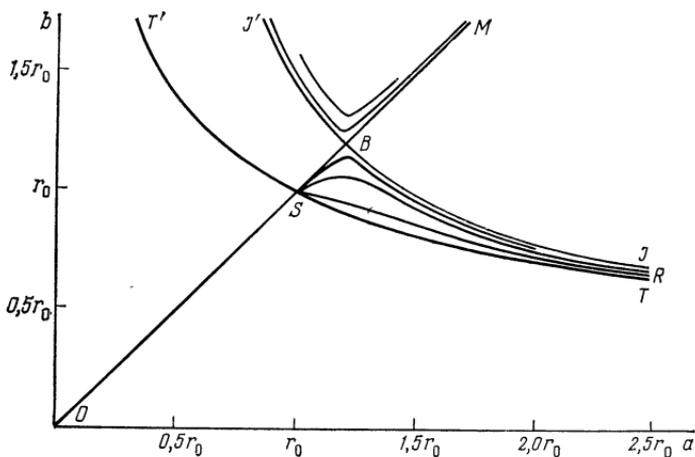


Рис. 2. Диаграмма Джинса линейных серий равновесных конфигураций

ляющую линейные серии сфероидов Маклорена и эллипсоидов Якоби. Еще А. Пуанкаре показал, что при продолжении серии Якоби будет достигнута следующая точка бифуркации, с которой берет начало другая серия равновесных конфигураций, так называемых грушевидных фигур равновесия. В этой точке бифуркации эллипсоиды Якоби утрачивают устойчивость и возникает вопрос о том, обладает ли здесь устойчивостью грушевидная серия?

В трудах Пуанкаре нет исследований этого вопроса. Дж. Дарвин, основываясь, правда, на не совсем строгих расчетах, считал грушевидные фигуры устойчивыми. Почти в то же самое время этим заинтересовался выдающийся русский математик А. М. Ляпунов, пришедший к противоположному заключению.

Особой заслугой Джинса можно считать его попытку решить эту труднейшую проблему. Для этой цели Джинс предлагает новый метод, отличающийся как от оригинального и очень громоздкого аппарата Ляпунова, так и от метода Дарвина, использовавшего теорию эллиптических функций. Он пытается выяснить, будет ли момент инерции увеличиваться или уменьшаться при проходе точки бифуркации от серии эллипсоидов Якоби к грушевидной. Согласно общим принципам Пуанкаре, уменьшение означает неустойчивость, а увеличение — устойчивость.

Для решения этого вопроса Джинс вычисляет гравитационный потенциал возмущенного эллипсоида, у которого возмущение задавалось в виде специальной функции положения точки бифуркации, умноженной на малый параметр e (эксцентриситет). Выражение для гравитационного потенциала на границе возмущенного эллипсоида и в его внутренних точках было подобно по структуре выражению для гравитационного потенциала невозмущенного эллипсоида и совпадало с ним в случае $e=0$. Положение точки бифуркации, определенное Джинсом, оказалось таким же, как и в работах Дарвина, хотя и было получено другим методом. Вместе с тем Джинс отмечает ошибку Дарвина, ограничившегося рассмотрением приближения второго порядка малости e^2 , и показывает необходимость для исследования вопроса об устойчивости грушевидных конфигураций проводить вычисления с точностью до третьего порядка малости e^3 . Вычисления с такой степенью точности — чрезвычайно трудоемкая работа, и Джинс еще раз проявил свое блестящее математическое мастерство. В итоге Джинс пришел к выводу, что момент инерции грушевидной фигуры M связан с моментом M_0 критического эллипсоида Якоби соотношением

$$M = M_0(1 - 0,06765e^2).$$

Это означает, что $M < M_0$, т. е. момент инерции уменьшается при прохождении точки бифуркации. В соответствии со сказанным выше Джинс делает вывод о неустойчивости грушевидных конфигураций.

Таким образом, Джинс приходит к заключению о делении вращающейся массы на две отдельные конфигурации. Как мы уже отмечали, к этому выводу приводили его и результаты работы 1902 г., где исследовался двухмерный случай, в котором трехмерные тела представлялись цилиндрами. Рассмотрение этого вопроса Джинс заключил словами: «Таким образом, мы можем утверждать с определенной уверенностью, что двухмерные серии заканчиваются делением на две самостоятельные массы, и поскольку методы, которыми мы решаем двухмерные и трехмерные задачи, аналогичны, кажется, что с высокой степенью вероятности трехмерные серии также будут оканчиваться подобным делением на две массы» [55, с. 115].

Джинс подчеркнул важность полученного результата для космогонических построений. Он предложил

оригинальную гипотезу образования двойных звезд путем деления быстровращающихся одиночных звезд. Звездами, находящимися в процессе деления, он считал... цефеиды! Джинс считал, что ядра цефеид представляют собой грушевидные конфигурации и окружены шарообразной атмосферой. Так как грушевидная конфигурация неустойчива, ядро цефеиды колеблется, что вместе с вращением вызывает изменение яркости звезды.

Мы не будем здесь детально излагать критику этой гипотезы. Скажем только, что джинсова теория цефеид не получила подтверждения и давно оставлена⁵. Однако довольно продолжительное время считалось, что по крайней мере тесные двойные звезды произошли в результате деления.

С критикой этой концепции Джинса выступил в 1952 г. Р. А. Литлтон [221]. Он писал: «Джинс совершил ошибку как раз в этом вопросе, полагая, что вековая неустойчивость всегда наступает прежде чем может наступить обычная неустойчивость, и, следовательно, обычная устойчивость не может играть никакой роли в проблеме деления» [221, с. 718]. Далее Литлтон продолжает: «...он оставил гипотезу деления в том же виде, в каком она была, когда он считал грушу устойчивой». Действительно, если при переходе через точку бифуркации грушевидная конфигурация становится неустойчивой в обычном смысле, то движения системы должны обладать свойством обратимости во времени. Поэтому деление конфигурации на две звезды представляется невозможным, так как такой процесс необратим. Тем не менее и Литлтон не дает законченной эволюционной картины. Более того, изучение этой проблемы вплоть до сегодняшнего дня осложняется большими математическими трудностями. Ж.-Л. Тассуль в своей фундаментальной монографии «Теория вращающихся звезд» [194] гораздо менее категоричен в отношении результатов Джинса. Он считает, что проблема деления массы в результате развития неустойчивости — полностью нелинейная задача и ее решение требует дальнейших исследований.

В библиографическом обзоре «Фигуры равновесия» В. А. Антонов отмечает: «Сами грушевидные фигуры

⁵ Но в теории звездных пульсаций используется критерий Джинса для вековой устойчивости звезды [88].

(неустойчивые, согласно Ляпунову) после работ Дарвина и Джинса никем более, по-видимому, специально не рассматривались. При вытягивании эллипсоида Якоби в иглу последовательно добавляются все новые неустойчивости. Для гармоник высокого порядка мы здесь имеем дело, в сущности, с гравитационной неустойчивостью жидкого цилиндра по отношению к распаду на отдельные сферические сгустки» [159, с. 35].

Выше речь шла об однородных конфигурациях из несжимаемой жидкости, но реальные небесные тела неоднородны и у звезд имеется сильная концентрация плотности к центру. Для политропных конфигураций ротационную неустойчивость исследовал Р. Джеймс [216]. Им было показано, что в зависимости от индекса политропы n , т. е. в зависимости от степени концентрации плотности к центру, неустойчивость развивается при различных угловых скоростях вращения, а также было подтверждено положение Джинса о том, что при определенных условиях происходит истечение вещества с экватора быстровращающейся звезды. А именно при $n > 0,8$, когда безразмерный момент инерции меньше 0,28 и достигается критическая скорость вращения, происходит истечение вещества с экватора, которое образует весьма тонкий диск; если же $n < 0,8$ и соответственно момент больше 0,28, то эллипсоиды могут переходить в грушевидную серию. Идея Джинса об истечении вещества с экватора звезды привела в 1931 г. Отто Струве к интерпретации особенности спектра так называемой B -звезды как быстровращающейся звезды с газовой туманностью, по экватору окружающей ее. Джинс в своих работах рассматривал также сжимаемые массы, но об этом будет сказано несколько ниже.

Джинс дает классификацию проблем изучения равновесных конфигураций в интересных для астрономии аспектах:

- 1) чистая задача вращающейся конфигурации;
- 2) приливная задача, в которой на планету из несжимаемой жидкости оказывает влияние спутник, который имеет точечную массу и находится на конечном расстоянии; рассматривается форма и устойчивость планеты, а также параметры орбиты спутника;
- 3) задача двойных звезд, в которой оба тела обращаются вокруг общего центра масс без изменений относительно расположения; рассматривается в некотором смысле комбинация двух предыдущих задач.

При изучении приливной задачи им получена серия равновесных конфигураций в виде вытянутых сфероидов, позже получивших название «сфероидов Джинса» [201].

Джинс наглядно проиллюстрировал полученное решение в ставшем классическим рисунке (см. рис. 2) [55]. На нем по оси абсцисс отложена полуось эллипсоида a , а по оси ординат — полуось b , которые направлены перпендикулярно оси вращения c . Так как объем сжимаемой жидкости — постоянная величина, то $abc = r_0^3$, где r_0 — радиус сферы эквивалентного объема. Сферическая конфигурация представлена точкой S , что соответствует угловой скорости вращения, равной нулю. У сфероидов Маклорена $a = b$ и они представлены прямой SBM . Ветвь $T'ST$ представляет продолговатые, возмущенные приливом сфероиды. Точка B есть точка бифуркации серии сфероидов Маклорена. Она является также фокусом кривой $J'BJ$, представляющей эллипсоиды Якоби с тремя неравными осями. Точки на неопределенно далеком расстоянии на прямой SM соответствуют очень тонким медленно вращающимся дискам большого радиуса. Точки на неопределенном расстоянии на кривой BJ соответствуют очень вытянутым иглообразным конфигурациям, которыми оканчивается серия эллипсоидов Якоби, также медленно вращающаяся. Вдоль линии SB угловая скорость вращения сфероидов Маклорена увеличивается, вдоль BJ — постепенно уменьшается. Эллипсоидальные фигуры, получаемые при решении проблемы двойных звезд, определяются двумя параметрами: отношением масс и разделяющим их расстоянием — и занимают целую область $TSBJ$. Устойчивыми будут только начальные участки приливной серии ST и серий двойных звезд, а также традиционно считающиеся устойчивыми серии сфероидов Маклорена и эллипсоидов Якоби.

Как мы уже видели, Джинс одним из первых изучал равновесные конфигурации сжимаемой жидкости. Эти конфигурации гораздо более близки по структуре к реальным небесным телам, чем однородные, рассмотрение которых в основном имеет чисто математический и методический интерес. А. Эддингтон при вручении Золотой медали Дж. Джинсу особо подчеркнул значение этих его исследований. Он сказал: «Недостаточно иметь дело с теоретическими жидкими массами. Астроном желает знать, как изменятся результаты, когда мы при-

мом во внимание неоднородность или газообразность действительных звезд» [201, с. 279].

Исследования сжимаемых масс Джинс разделяет на три основных направления:

1) модель Роша: точечное ядро с очень большой плотностью, окруженное атмосферой с пренебрежимо малой плотностью;

2) обобщенная модель Роша: конечное несжимаемое ядро;

3) адиабатическая модель: газовая масса в адиабатическом равновесии.

Джинс, исследуя неоднородные конфигурации, пришел к выводу, что модель Роша исчерпывает все возможные случаи точного интегрирования уравнений равновесия. Однако для политропных газовых масс также получаются равновесные фигуры, сжатые у полюсов. Эти фигуры Джинс, по аналогии со сфероидами Маклорена и эллипсоидами Якоби, назвал соответственно псевдосфероидами и псевдоэллипсоидами. Исследование фигур равновесия неоднородных тел математически очень сложная задача и Джинс сделал только самые первые шаги. Форма псевдосфероидов Джинса достаточно строго была изучена Чандрасекхаром, да и то только для случая малых деформаций.

Джинс пытался также исследовать деление таких конфигураций в критических точках и в случае чистого вращения, и в случае приливного взаимодействия. Правда, эти расчеты не были математически строгими. В дальнейшем Р. Джеймсом было показано, что быстрое вращение приводит для модели Роша к линзообразной конфигурации с заостренным ободом вдоль экватора, с которого даже может стекать вещество [216].

Исходя из этих представлений и имеющегося наблюдательного материала, Джинс считал, что, вероятнее всего, спиральные туманности образовались при экваториальном истечении масс сжимаемого вещества вследствие вращения. Он полагал, что концентрация вещества в их рукавах по массе сравнима с массой звезд в нашей Галактике. Аналогия галактик с вращающейся жидкостью сейчас кажется слишком далекой от действительности. Но мысли Джинса представляют интерес, поскольку они были высказаны задолго до того, как была установлена внегалактическая природа этих туманностей, их звездная природа, и тогда, когда даже слишком заниженные оценки А. Ван-Мааненом периодов

вращения туманностей еще не были опровергнуты. Интересно, что хотя взгляды Джинса на эту проблему не получили в дальнейшем подтверждения, но они оказали влияние на первую подробную классификацию галактик, предложенную Э. Хабблом в 1925 г. Сам Хаббл признавал: «Хотя была предпринята сознательная попытка найти описательную классификацию, совершенно не зависящую от теоретических соображений, результат почти совпадает с тем путем развития, который вывел Джинс из чисто теоретических построений» [199, с. 187].

Современная точка зрения на эту проблему обстоятельно изложена в сборнике работ, посвященном памяти С. Б. Пикельнера (179).

5

Работы Джинса по теории фигур вращающихся самогравитирующих масс, как мы видим, оказали сильное влияние на его космогонические представления и, можно сказать, во многом сформировали их. Большую известность принесла Джинсу приливная гипотеза образования Солнечной системы, высказанная им в 1916 г.

Сама идея, положенная в основу гипотезы, была не новой. Еще в 1749 г. (до того как была предложена Кантом в 1754 г. небулярная гипотеза, впоследствии получившая имя Канта—Лапласа) известный французский естествоиспытатель и переводчик трудов Ньютона Жорж-Луи Леклер де Бюффон предложил в своей «Естественной истории» [212] оригинальную гипотезу происхождения Солнечной системы, положившую начало так называемым «катастрофическим» гипотезам. Он считал, что Солнце когда-то столкнулось с кометой или каким-то другим телом и в момент удара от него отделилась часть вещества, из которого затем и образовались планеты. Сейчас эти взгляды кажутся совсем наивными. Казались они неправдоподобными и во времена Джинса, но он сумел в несколько модифицированном виде использовать основную идею — близкое прохождение двух тел. (Г. Джеффрис в 1929 г. опять предлагает столкновение Солнца со звездой для объяснения большого момента вращения планет.)

В начале нашего века гипотезу Бюффона вспомнили американские ученые астроном Ф. Мультион [223] и геолог Т. Чемберлен [213], предложившие так на-

зываемую «планетезимальную» гипотезу. Это название связано с тем, что Чемберлен и Мультион предполагали быстрое остывание и затвердевание протопланетной туманности и образование вследствие этого маленьких сгустков вещества — планетезималей. К возникновению этой туманности, как они предполагали, привело близкое прохождение у Солнца другой звезды, вызвавшее на обращенной к звезде части Солнца и на противоположной большие приливные выбросы. Несмотря на наивность этой концепции в целом, понятием планетезимали пользуются и в современной научной космогонии. Большинство научных идей, даже и не подтвержденных дальнейшим развитием науки, все же содержит рациональное зерно, которое иногда «прорастает» на совсем другой почве.

Критический анализ небулярной гипотезы, предпринятый Джинсом, привел его к выводу, что она не в состоянии объяснить малый момент количества движения Солнца по сравнению с орбитальным моментом количества движения планет. Солнце, содержащее более 99,8% массы, обладает менее чем 2% общего момента количества движения Солнечной системы. Более того, еще в 1861 г. Бабине указывал, что общий момент Солнечной системы явно недостаточен для системы, распавшейся вследствие вращения [211]. Это обстоятельство привело Джинса к идее Мультиона—Чемберлена о близком прохождении звезды относительно Солнца и о ее катастрофическом приливном воздействии [41]. Предположив, что проходящая звезда имеет большие массу и момент относительно Солнца и способна сообщить планетам достаточный момент количества движения, Джинс, казалось, решал проблему распределения момента количества движения в Солнечной системе.

Джинс считал достоинством своей схемы, во-первых, то, что в ней не приходится вводить гипотетические планетезимали. По этой гипотезе в результате гравитационной неустойчивости сгущения планетных масс образуются непосредственно из выброшенного из Солнца вещества. Во-вторых, его гипотеза давала естественное объяснение наклона плоскости эклиптики к плоскости экватора вращающегося Солнца под углом 6° . Джинс писал: «Приливная теория объясняет это естественным предположением, что современная основная плоскость Солнечной системы соответствует плоскости прохождения приливообразующей массы, в то время как совре-

менная плоскость вращения Солнца приблизительно совпадает с плоскостью вращения первоначальной массы» [130, с. 119].

Однако проблема распределения момента в Солнечной системе решалась весьма искусственным образом. В первом варианте гипотезы предполагалось, что Солнце в эпоху близкого прохождения около него звезды имело размеры порядка орбиты Нептуна. При таких размерах протосолнца и минимальном расстоянии до возмущающей массы в три радиуса орбиты Нептуна, даже при первоначально малой угловой скорости вращения протосолнца, момент, передаваемый вырванному из Солнца веществу (на единицу массы), мог быть близок к тому, каким обладают планеты. Но последующее развитие теории звездной эволюции и уточнение возраста Солнца и планетной системы привели к тому, что предположение о том, что размеры Солнца 5 млрд. лет назад были существенно большими, чем современные, стало представляться нереальным. Кроме того, еще Г. Джеффрис [218] заметил, что такое предположение привело бы к двум следствиям: 1) большой массе Солнца, так как звезды-гиганты имеют большие массы и 2) при образованиях планет на расстояниях Нептуна должен был бы существовать механизм, уменьшающий их орбиты до современных значений.

Во втором изложении своей гипотезы Джинс считал, что в момент встречи звезды с Солнцем оно имело почти такие же размеры, как в настоящее время [88]. Но, как и в первом варианте, полагалось, что орбитальный момент у планет вызывается проходящей по гиперболической орбите относительно Солнца звездой. Масса звезды считалась очень большой, и таким образом подразумевалась достаточная величина получаемого планетами момента количества движения.

Впервые на ошибочность подобного заключения указал Г. Н. Рессел в 1935 г. Он писал: «Гораздо более серьезная трудность возникает, когда мы рассматриваем распределение момента количества движения — на этот раз не полного момента планет, а момента, приходящегося на тонну. Как уже было сказано, он пропорционален \sqrt{p} — корню квадратному из полупараметров орбит для всех планет. Для движения звезды вокруг Солнца он будет пропорционален $\sqrt{p(1+x)}$, где x — отношение массы звезды к массе Солнца, так как соединенное

притяжение обоих увеличивает их скорость по орбите на данном расстоянии.

Для параболической орбиты p равен двойному расстоянию до перигелия; для эллиптической орбиты он меньше, а для гиперболической больше. Звезда имела гиперболическую орбиту; но поправки на это обстоятельство составили бы всего лишь несколько процентов.

Но чтобы произвести приливное извержение, звезда должна была почти задеть Солнце. Если бы она имела размер и массу Солнца, расстояние до перигелия не могло быть много больше 1,5 млн. км, иначе не произошло бы извержения вещества. Считая с избытком, положим его равным 1,5% расстояния от Земли до Солнца, или 2 250 000 км. Тогда параметр p равен 0,03 астрономических единиц... Мало вероятно, чтобы такой большой угловой момент был сообщен извергнутому веществу во время встречи» [187, с. 86—87].

В СССР на это обстоятельство первым обратил внимание Н. Н. Парийский. Он согласился с Ресселом: «Рессел не производил, насколько нам известно, строгого подсчета максимального момента количества движения, который может проходящая звезда сообщить сгустку струи, но изложенные выше качественные соображения, приводимые им, убедительны» [173, с. 77]. Подробные расчеты были проделаны несколько позже самим Н. Н. Парийским, решившим ограниченную гиперболическую задачу трех тел. Он пришел к окончательному выводу: «Ни в одном из рассчитанных случаев мы не получили положительных моментов количества движения «планет» на единицу массы, превышающих этот момент у проходящей звезды, т. е. не получили орбит, похожих по своим размерам и моментам на действительные планетные орбиты. Теория Джинса, таким образом, во всяком случае при современных размерах Солнца в момент его встречи со звездой, по-видимому, оказывается несостоятельной с чисто динамической точки зрения» [174, с. 28].

Напомним, что космогоническая гипотеза должна так же хорошо объяснять возникновение малых планет (астероидов) и спутников планет, как и самих больших планет. У Джинса образование спутниковых систем дается как копия (уменьшенная) образования самой планетной системы. Однако процесс образования вследствие фрагментации в результате гравитационной неустойчивости возможен не для всех спутников, да и астероидов.

Их массы столь малы, что они уже с момента образования не могут быть газообразными. Это затруднение прекрасно понимал и сам Джинс [88]. Но трудно предположить, что твердые или жидкие малые тела порождались газообразными планетами.

В гипотезе Джинса большие трудности также возникли при объяснении системы Земля—Луна.

Уровень развития науки в то время позволял Джинсу развивать свою космогоническую гипотезу, математически анализируя лишь довольно формальные схемы, лежащие в ее основе. Он рассматривает задачу о движении друг относительно друга двух деформируемых тел: Солнца (S) и звезды (S'). Естественно, в этой схеме сила взаимного притяжения тел играет первостепенную роль; она определяет как их взаимное движение, так и их форму. Однако даже в такой предельно схематичной постановке задача еще слишком трудна для математического исследования. И Джинс полагает, что независимо от изменения формы второго тела S' его гравитационное поле эквивалентно полю точечной массы. Далее он предполагает, что размерами тел S и S' можно пренебречь по сравнению с расстоянием между ними и считать, что и тело S притягивает тело S' как точка с массой M . Тогда траектория S' относительно S будет представлять собой коническое сечение. Но для упрощения задачи Джинс идет даже на некоторое искажение реальной ситуации. Орбита S' относительно S полагается прямолинейной и проходящей через общий центр тяжести так, что расстояние R между центрами S и S' остается неизменным. Эту искусственную схему Джинс назвал схемой медленной встречи.

При анализе процесса сближения звезд Джинс рассматривает два предельных случая: 1) тело S однородно и несжимаемо, 2) вся масса M сосредоточена в его центре и тело считается неоднородным и сжимаемым (модель Роша). Он делает следующее заключение: «В обоих предельных случаях — в случае однородной несжимаемой массы и в случае массы, плотность которой распределена, как в модели Роша, мы нашли, что при достаточном сближении массы с чужой звездой произойдет дробление этой массы. Но в первом случае происходит дробление на части, массы которых сравнимы с массой родоначального Солнца; во втором — отделившиеся вследствие приливного действия части массы пренебрежимо малы по сравнению с главной массой,

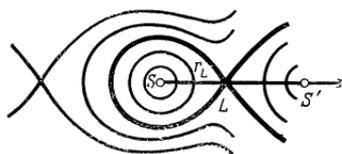


Рис. 3. Модель Роша

так что первоначальная масса только незначительно уменьшается после отделения. Сравнение с действительным положением вещей в Солнечной системе делает очевидным, что первоначальное Солнце подходило скорей по своей

структуре к модели Роша, чем к модели однородной и несжимаемой» [88, § 379].

Подробный анализ аппроксимации Джинсом Солнца моделью Роша дан Н. Ф. Рейн в ее известной работе «Методический анализ космогонической теории Джинса. Происхождение Солнечной системы» [184]. Далее наше изложение основывается на работе Н. Ф. Рейн и Н. Н. Парийского [185].

Рассмотрим движение частицы атмосферы Солнца в поле сил тяготения точек S и S' . Известно, что эквипотенциальные поверхности будут также поверхностями нулевой скорости частицы относительно S . Сечение этих поверхностей плоскостью, проходящей через S и S' , представлено на рис. 3. Кривая, ограничивающая наибольшую замкнутую поверхность и окружающая S , представляет сечение критической поверхности. Если R — расстояние между S и S' и, по предположению Джинса, $M'/M=2$, то особая точка этой поверхности L лежит на расстоянии $r_L=0,457R$ от S . Если r_0 — радиус сферы эквивалентного объема полости критической сферы, то $r_L=1,313 r_0$. Джинс легко получил значения для R , при которых внешние слои Солнца ограничены замкнутой поверхностью с критической точкой: $R=2,87 \times \times r_0$ или $R=2,28 (M'/M)^{1/2} r_0$.

Как полагал Джинс, наличие критической точки у поверхности, ограничивающей атмосферу Солнца, свидетельствует о возможности отделения некоторых ее частей. Именно через нее выделилось вещество в газобразном состоянии, причем, по мнению Джинса, это был довольно медленный процесс. Он утверждал: «Скорость эжекции вещества, во-первых, должна была постепенно увеличиваться, достигая максимума, когда проходящая звезда находилась на наименьшем расстоянии от Солнца, а затем постепенно уменьшаться до нуля. В результате должна возникнуть нить вещества, на окончаниях которой линейная плотность почти равна

нулю, а в середине она максимальна. Так как эта нить теряет тепло излучением, на окончаниях должно быть наибольшее падение температуры... По истечении некоторого времени окончания нити становятся жидкими, в то время как центральные области остаются еще почти полностью газообразными. В процессе конденсации гравитационная неустойчивость приводит к образованию сгустков, вызывающих первичное деление на отдельные массы» [88].

Планеты, формирующиеся у окончаний нити, естественно, образуются из более плотного вещества и потому могут иметь меньшие массы. Но для того чтобы могли сформироваться планеты в центральных областях нити, они должны быть гораздо массивнее. Джинс заключает: «Таким образом, приливная теория действительно объясняет большое различие между массами Юпитера и Сатурна и других планет и в то же время объясняет, почему две крупнейшие планеты расположены в середине цепи. Эта теория указывает на то, что небольшие планеты (земной группы) должны быть в основном жидкими или твердыми при рождении, тогда как Юпитер и, возможно, также Сатурн должны были быть всегда полностью газообразными» [88].

Но орбиты образовавшихся таким образом планет должны лежать очень близко к Солнцу. Джинс использует и это обстоятельство для того, чтобы объяснить образование спутниковых систем. Солнце оказывает приливное воздействие на планеты. Он пишет: «Это объясняет направление вращения большинства спутников и объясняет, почему плоскости их орбит лежат по большей части близко к плоскости орбиты соответствующей планеты» [88].

В вопросе о форме планетных орбит Джинс, так же как Мультион и Чемберлен, отводит значительную роль действию межпланетной среды. Процесс образования планет приводит к тому, что первоначальная форма их орбит сильно отличается от круговой. Соппротивление среды может существенно уменьшить эксцентриситеты орбит, особенно внутренних планет, и довести их до современного значения.

Мы видим, что многие положения гипотезы Джинса ранее уже были подвергнуты аргументированной критике, многие ее детали можно критиковать и с современной точки зрения. Джинс понимал предварительный характер своих утверждений. «Время для согласия

в космогонии еще не пришло», — писал он в заключение своего эссе [55, с. 288]. И хотя гипотеза Джинса осталась в стороне от магистрального пути развития современной космогонии, нельзя сказать, что она не оказала на нее никакого влияния.

В начале 60-х годов М. М. Вульфсон [227] модифицировал гипотезу Джинса. Он предположил, что планеты образовались из приливного горба гигантской звезды с малой массой при ее близком прохождении около Солнца [228]. Несмотря на то что гипотеза Вульфсона не дает исчерпывающего объяснения всех особенностей строения Солнечной системы, но тем не менее она является примером обращения к идеям Джинса в современной космогонии.

Глава 7

Философские воззрения Джинса

Джинс затрагивал философские проблемы во многих своих произведениях, особенно написанных в последние годы жизни. Но, несомненно, основным его трудом в этой области была монография «Физика и философия» [106] (1942). В ней Джинс подытожил свои взгляды на философские аспекты физики и астрономии, обрисовал контуры картины мира. В 1947 г. была посмертно опубликована фундаментальная монография «Развитие физической науки» [109], в которой он наряду с философскими проблемами физики много внимания уделил ее истории. Но основные философские идеи ее уже содержались в более ранних публикациях Джинса.

В советской литературе дана общая характеристика философских взглядов Джинса — «ментализма», как одной из разновидностей физического идеализма. Советские философы В. В. Казютинский и В. Г. Торосян отмечают значительное влияние на философскую концепцию «ментализм» идей неоплатонизма, неопозитивизма и неотомизма [160, 177, 197].

Для философских взглядов Джинса, как и для большинства естествоиспытателей того времени, была характерна большая непоследовательность и противоречивость. Джинс-философ, размышляя над мировоззренче-

скими основаниями общей картины мира, не обходился без бога — творца всего сущего. Джинс-естествоиспытатель в частных, конкретных вопросах науки часто рассуждал как стихийный материалист, да иначе он и не мог бы плодотворно заниматься наукой. Важно выяснить, не только какие положения декларировал Джинс, но и какой методологией пользовался он в своих исследованиях. Действительно, имеет значение не то, что думает о себе сам естествоиспытатель, а то, как он на практике решает философские вопросы науки.

Рассмотрим последовательно философские положения Джинса и прежде всего постановку Джинсом вопроса о соотношении философии и конкретной науки о природе — физики.

Очевидна принципиальная важность ответа на основной вопрос философии (подробнее см. [137]), но правильность методологии научного анализа также зависит от корректного соотношения философских и естественнонаучных аспектов рассматриваемой проблемы. Джинс уже в первой главе своей «Физики и философии» ставит этот вопрос; глава так и называется «Что такое физика и философия?». В ней он пытается выяснить природу физического знания: «Изучение науки дает нам такого рода знание. Физика дает нам точное знание потому, что она основана на точных измерениях. Физик может заявить, например, что плотность золота 19,32, имея при этом в виду, что отношение веса какого-нибудь куска золота к весу такого же объема воды будет 19,32; или что длина волны линии H_{α} в спектре атомарного водорода равна 0,000065628 см, под чем он понимает, что отношение длины волны в линии H_{α} к сантиметру равно 0,000065628. Сантиметр определяется как определенная часть диаметра Земли, или длина специального платинового эталона, или как длина волны определенного мультиплета линии в спектре кадмия.

Эти положения выражают реальное знание в наших мыслях, так как каждое выражается специальным числом, идея которого уже находится в нашем сознании вместе с величиной отношения, которое существует во внешнем мире; эта идея отношения есть опять то, с чем наше сознание уже знакомо. Таким образом, эти утверждения говорят нам что-то новое на том языке, который мы понимаем.

Каждое отношение выражает связь между двумя вещами, ни одну из которых мы не можем понять взя-

тую отдельно, например золото и воду. Наше сознание никогда не сможет выйти из своего тюремного заключения для того, чтобы постигнуть реальную природу вещей — золота, воды, атомарного водорода, сантиметра, длины волны, которые находятся в этом загадочном внешнем мире, минуя наши органы чувств. Мы знакомимся с подобными вещами только через сигналы, которые получаем от них сквозь окна наших чувств, и они не говорят нам ничего о природе их происхождения. Но наше сознание может понимать и знать отношения — суть чистые числа, величина которых сама по себе непостижима. Мы можем тогда достигнуть действительного знания внешнего мира — физики, но оно должно всегда состоять из отношений или, другими словами, из чисел» [106, с. 7].

Здесь Джинс сделал шаг назад к Дж. Беркли; он даже употребляет слово «идея» в чисто берклианском его понимании. «Для всякого, кто обзревает объекты человеческого познания, очевидно, что они представляют собой либо идеи, действительно воспринимаемые чувствами, либо такие, которые мы получаем, наблюдая эмоции и действия ума, либо, наконец, идеи, образуемые при помощи памяти и воображения, наконец, идеи, возникающие через соединение, разделение или просто представление того, что было первоначально воспринято одним из вышеуказанных способов» [141, с. 171].

«Все согласается с тем, что ни наши мысли, ни страсти, ни идеи, образуемые воображением, не существуют вне нашей души. И вот для меня не менее очевидно, что различные ощущения или идеи, запечатленные в чувственности, как бы смешаны или соединены они ни были между собой (т. е. какие бы предметы ни образовывали), не могут существовать иначе как в духе, который их воспринимает» [141, с. 172].

«Вы скажите, что идеи могут быть копиями или отражениями вещей, которые существуют вне ума в немыслящей субстанции. Я отвечаю, что идея не может походить ни на что иное, кроме идеи; цвет или фигура не могут походить ни на что, кроме другого цвета, другой фигуры. Если мы мало-мальски внимательно всмотримся в наши мысли, мы найдем невозможным понять иное их сходство, кроме сходства с нашими идеями» [141, с. 174].

Эти утверждения были сделаны епископом Джорджем Беркли в его главном философском сочинении

«Трактат о принципах человеческого знания, в котором исследованы главные причины заблуждений в науках, а также основания скептицизма, атеизма и безверия» еще в 1710 г. Глубокая и аргументированная критика философских построений Дж. Беркли дана В. И. Лениным в «Материализме и эмпириокритицизме» [138, с. 325—327] — классическом произведении диалектического материализма. Нам остается лишь добавить, что во всем основном она относится к положениям, развиваемым Джинсом.

Джинс ставит глубокие методологические проблемы процесса познания, понимая ограниченность берклианства, но его критика субъективно-идеалистических взглядов касается, как правило, частных вопросов¹. Он приводит много примеров различия в понимании такого слова, как «красный» и т. п., физиками и философами. Он заключает, что философы говорят и думают о субъективных понятиях, а физики — об объективных, т. е. как бы говорят на разных языках. Действительно, не существует объективно красного или синего цвета в смысле ощущения красного или синего без воспринимающего субъекта, но существуют объективно электромагнитные колебания с определенными длинами волн, которые вызывают у субъекта ощущения красного или синего. Довольно поверхностно Джинс приписывает философам мышление исключительно в качественных понятиях, иллюстрируя это старой притчей о споре двух человек, которые находят комнату то холодной, то теплой в зависимости от того, откуда они входили в нее. Но он правильно подмечает, что чувства человека не являются показателями теплоты и холода.

«Мы не можем утверждать, является ли объект холодным или горячим, а только является ли объект холоднее или горячее, чем что-либо еще» [106, с. 91.]

Джинс критикует вслед за Беркли введение различия между так называемыми первичными качествами (протяженность и твердость) и вторичными (цвет, теплота), так как они взаимосвязаны с физикой явления.

¹ Так, критикуя утверждение А. Эддингтона о том, что из эпистемологических соображений можно показать, что масса протона в 1837 раз больше массы электрона, Джинс пишет, что тогда из тех же соображений можно было бы показать, что масса яблока в 1837 раз больше массы апельсина [106, с. 76].

И здесь также естествоиспытатели и философы концентрировали внимание на разных аспектах явления.

Проблема понимания сущности явления требует анализа самого понятия «понимание». Оно оказывается, особенно в современной физике, тесно связанным с проблемой наглядности и моделирования. Джинс в разделе своей работы, посвященном наглядности научных представлений, справедливо отмечает: «Если мы хотим объяснить работу организации или машины доступным образом, мы должны говорить нашим слушателям на понятном им языке и употребляя понятия, с которыми они знакомы, — в противном случае наше объяснение ничего не будет для них значить» [109, с. 10]. А идеи субъекта суть его наглядные образы. В классической физике они удовлетворяли потребностям науки. Современная же физика требует выработки понятий высокой степени абстракции, не имеющих наглядных аналогий или образной интерпретации. Как заметил Н. Хэнсон, «ненаглядность есть плата за «интеллектуальный выигрыш», связанный с пониманием» [215, с. 122].

Джинс пишет в специальных разделах своей «Физики и философии» о попытках геометрического и механистического объяснения природы на разных исторических этапах развития науки от античности до последних десятилетий и в связи с их неудачей приходит к неоправданно пессимистическому выводу: «Мы видим, что никогда не поймем истинную природу реальности» [109, с. 15]².

Наиболее адекватным Джинс справедливо считает математическое описание природы, которому он уделяет значительное внимание в своих философских и популярных произведениях. Но он полагает, что развитие науки приводит к позитивистской концепции физики, понимаемой им как отказ от постижения сущности явлений и ограничение только описанием схем явлений в математических понятиях, причем это будет описанием не самой природы, а только наших наблюдений ее. Действительно, здесь Джинс выступает как апологет позитивизма, по которому «истинный позитивный дух состоит преимущественно в замене изучения первых или конечных причин явлений изучением их не-

² Еще К. Маркс писал: «Вопрос о том, обладает ли человеческое мышление предметной истинностью, — вовсе не вопрос теории, а *практический* вопрос» [135, с. 1].

предложенных законов; другими словами, — в замене слова «почему» словом «как» [188, с. 81]. Да и изложенные выше мысли Джинса о проблеме точных измерений в физике и ведущей роли числа близки по смыслу к определению О. Контон математики как науки о косвенных измерениях в определении одних величин посредством других на основе точных соотношений, существующих между ними.

Но критикуя Джинса за позитивистский подход в этом вопросе, не следует забывать, что он здесь затронул ряд глубоких проблем. Действительно, чем объяснить, например, «непостижимую эффективность математики в естественных науках?» [145, с. 182]. И хотя пытающийся ответить на этот вопрос Е. Вигнер считает, что в этом есть «нечто загадочное, не поддающееся рациональному объяснению» [145, с. 183], но он же далее признает, что «понятия элементарной математики, и в частности элементарной геометрии, были, бесспорно, сформулированы для описания объектов, заимствованных непосредственно из реального мира» [145, с. 184]. Далее он пишет: «Для неподготовленного ума понятие комплексного числа далеко не естественно, не просто и никак не следует из физических наблюдений. Тем не менее использование комплексных чисел в квантовой механике отнюдь не является вычислительным трюком прикладной математики, а становится почти необходимым при формулировке законов квантовой механики» [145, с. 189]. И констатирует: «Это свидетельствует о том, что математический язык служит не только средством общения, но и является единственным языком, на котором мы можем говорить. Правильно будет сказать, что математический язык отвечает существу дела» [145, с. 190]. Действительно, практика познания приводит нас к выводу, что природа разговаривает на языке математики. Р. Фейнман, один из создателей квантовой электродинамики, считает, что «физику нельзя перевести ни на какой другой язык. И если вы хотите узнать Природу, оценить ее красоту, то нужно понимать язык, на котором она разговаривает. Она дает информацию лишь в одной форме, и мы не вправе требовать от нее, чтобы она изменила свой язык, стараясь привлечь наше внимание.

Никакими интеллектуальными доводами вы не сможете передать глухому ощущение музыки. Точно так же никакими интеллектуальными доводами нельзя пере-

дать понимание природы человеку «другой культуры» (как назвал «гуманитариев» Чарльз Сноу в своей знаменитой лекции «Две культуры», прочитанной в Кембридже в 1959 г. — *А. К.*). Философы пытаются рассказать о природе без математики. Я пытаюсь описать природу математически. Но если меня не понимают, то не потому, что это невозможно. Может быть, моя неудача объясняется тем, что кругозор этих людей чересчур ограничен и они считают человека центром Вселенной» [200, с. 58—59].

В. Гейзенберг же вообще категорично утверждал, что исследовать нужно только то, что может быть измерено, это очень близко к соответствующим заключениям Джинса. Но у Джинса, как в философии Б. Спинозы, «математика не способствует раскрытию истины, а она и есть истина, она обладает онтологическим смыслом, она не метод постижения, а объект постижения, система природы, то, что делает природу единым целым, охватывающим все бытие» [164, с. 233]. Спиноза отождествляет природу с богом; сотворенная природа совпадает с творящей и в качестве последней является богом. Мы видим, таким образом, влияние философии Спинозы на Джинса, проявляющееся в его известном заключении, что «создатель Вселенной», «по-видимому», должен быть математиком. Эта мысль была впервые высказана им в «Загадочной Вселенной» — популярном очерке [94], пользовавшемся большим успехом. В нем Джинс писал: «Мы еще раньше относились с недоверием к возможности того, что Вселенная была спланирована биологом или инженером; с присущей его творению очевидностью Великий создатель Вселенной теперь начал выступать как чистый математик». Следуя Милну, приведем здесь наиболее характерные выдержки из этого произведения, дающие явные свидетельства религиозных взглядов Джинса.

Джинс приводит образные сравнения расширяющейся Вселенной и структуры пространства-времени в общей теории относительности: «Мыльный пузырь с неправильностями и морщинами на поверхности, возможно, наилучшим образом представляет ... новую Вселенную; открытую нам теорией относительности. (Среди этих нерегулярностей он выделил два основных вида, интерпретируемых как вещество и излучение. — *А. К.*). Мы можем представить себе поверхность пузыря как ткань, чьи нити являются мировыми линиями для

атомов... Если мы будем двигаться во времени вдоль нити, причем для каждого перемещения в пространстве — различные нити, то таким образом будем изменять свое местоположение. Ткацкий станок тклет таким образом, что подчиняет происходящее определенным правилам, которые мы называем «законами природы»... Ваше сознание касается картины мира только вдоль вашей мировой линии, мое — вдоль моей, и т. д. Влияние, производимое этими контактами, является основой течения времени... Может быть, что время с самого своего начала до конца вечности проходит мимо нас в картине мира, а мы находимся в контакте только с одним мгновением, так же как колесо велосипеда находится в контакте только с одной точкой дороги. Тогда, как утверждал Вейль, события не будут происходить, пока мы не будем пересекаться с ними» [130, с. 62].

Джинс утверждает, что волны, которые одно время предполагали распространяющимися в «эфире», являются не более чем абстракцией: «Некая абстракция, одно время считавшаяся «волнами эфира», снова приходит на ум в еще более актуальном виде, когда мы касаемся систем волн, которые формируют электрон. «Эфир» в понятиях, которыми мы его определяем, удобен для того, чтобы объяснять обычное излучение..., имеющее три измерения в пространстве и дополнительно к ним одно измерение во времени. Однако также имеется эфир, в котором мы описываем единичный электрон, изолированный в пространстве, хотя это, возможно, и не тот же самый эфир, что прежде. Но один электрон, изолированный в пространстве, приводит к полностью лишенной событий Вселенной. Простейшее мыслимое событие происходит, когда встречаются два электрона. Для того чтобы описать это, волновая механика требует для системы волн эфир, который имеет семь измерений... Большинство физиков согласится с тем, что семимерное пространство... двух электронов является чистой фикцией; но в таком случае волны, которые соответствуют каждому электрону, также должны считаться фикцией... Кроме того, трудно представить более низкую степень вероятности одного пакета волн по сравнению с другим: абсурдно утверждать, что волны одного электрона реальны, в то время как волны двух электронов есть фикция» [130, с. 63].

Продолжая, Джинс интерпретирует их как волны вероятности и упоминает о принципе неопределенности

Гейзенберга, согласно которому «невозможно даже сказать, находится ли электрон в данный момент времени в данном месте». Он также утверждал, что коль скоро волновые представления есть символические выражения наших знаний о вероятности состояния и положения электрона, то «они изменяются по мере того, как меняются наши знания, и поэтому становятся весьма субъективными. Поэтому мы с трудом считаем, что волны вообще локализованы в пространстве и во времени. Они есть просто наглядное представление математического соотношения — волнового уравнения, но чисто абстрактной природы». Далее Джинс утверждает, что необходимо пойти еще дальше и отрицать возможность того, что атомные явления происходят в пространстве и во времени.

В работе В. В. Казютинского [160] отмечается звучание концепции неоплатонизма у Джинса: «Как считает Джинс, материальный мир — это скорее видимость, чем реальность. Он поясняет свою мысль, ссылаясь на сравнение мира с пещерой, которое принадлежит Платону. Мы подобны узникам подземной пещеры, — говорил греческий философ. — Огонь, горящий в пещере, отбрасывает на стену тени людей и находящихся позади них предметов. Тени — это все, что узники могут наблюдать, и они неизбежно принимают их за нечто реальное. Но о предметах, порождающих эти тени, узники не имеют никакого представления. Джинс стремится связать этот образ пещеры с современной физикой: «Стены пещеры, в которую мы заключены, есть пространство и время; тени реальности, которые мы видим спроектированными на стены солнечным светом извне, есть материальные частицы, которые мы видим движущимися на фоне пространства и времени, тогда как реальность вне пещеры, порождающая эти тени, находится вне пространства и времени» [106, с. 193—194]. «Смысл этого сравнения в том, что материальный мир не охватывает «всего существующего». Более того, это — мир видимости. Подлинная же реальность, порождающая физические явления, находится вне «пещеры» — вне пространства и вне времени» [160, с. 53—54].

«Так же как тень на стене формирует проекцию трехмерного тела на двухмерную поверхность, так и явления пространственно-временного континуума есть четырехмерная проекция реальности, которая занимает

больше, чем четырехмерное пространство, так что явления во времени и пространстве

Не более чем движущийся ряд
Волшебных теней...

...Сущность заключается просто в том, что все картины природы, которые нам сегодня нарисовала наука и которые выглядят совпадающими с экспериментальными данными, являются математическими схемами» [130, с. 64).

Джинс призывает оставить бесплодные, по его мнению, дискуссии о возможности раскрытия природы реальности, так как имеются лишь внешние образы, с которыми ее можно сравнивать. «Истинная сущность вещей» никогда не будет познаваема, считал он. И только законы, которые управляют изменениями вещей, поддаются обсуждению и сравнению с абстракциями, созданными нашим собственным мозгом.

Джинс понимал возможность критики выдвинутого им тезиса. Во-первых, не исключено, что мы приписываем природе структуру, соответствующую нашим предвзятым идеям. Так, музыкант может считать мир гигантским музыкальным инструментом, а художник-кубист свести всю природу к груде кубов. Джинс также утверждает, что история учит нас тому, что таким образом нельзя достичь полного описания, и приводит в пример неудачу, постигшую наших отдаленных предков при попытке дать антропоморфную интерпретацию природы, а также неудачу наших непосредственных предшественников в достижении понимания механистической концепции.

Во-вторых, его утверждения могут оспариваться на основании того, что нет четкой линии раздела между чистой и прикладной математикой. Ведь многие концепции чистой математики заимствованы непосредственно из явлений природы, хотя это их происхождение хорошо замаскировано абстрактными формулировками. Джинс полагает, что независимо от того, находится ли наше мышление под влиянием законов природы или оно распространяет свое влияние на нее, можно найти достаточно оснований для того, чтобы считать создателем Вселенной математиком.

По мнению Джинса, современная наука привела совсем другим путем к тому же самому идеализму, который Беркли декларировал задолго до наших дней:

«Объективность (объектов) проистекает из их существования в мыслях некоего вечного духа». Однако, противореча самому себе, Джинс утверждал, что это не умаляет субстанциональности вещей или реального существования внешнего мира. Он цитирует афоризм Ч. Митчелла: «Элемент удивления есть достаточное основание для существования внешнего мира, вторым основанием является постоянство и изменения — постоянство в вашей собственной памяти, изменения во внешнем мире». Джинс использует это остроумное замечание как аргумент против солипсизма. Но, с другой стороны, Джинс считал: «Мы идем по ту сторону математической формулы на наш собственный риск». И как мы уже не раз убеждались, сам он его совершать не решался. Джинс поднял сложный вопрос о моделировании физических явлений, который до наших дней находится в центре внимания философов и естествоиспытателей.

«Построение моделей, или наглядных схем для того, чтобы объяснить математические формулы и явления, которые они описывают, не есть шаг вперед, но, напротив, шаг назад от реальности; это то же самое, что и идолы — изображения духов. И нет причин ожидать, что эти различные модели будут согласовываться одна с другой, так же как трудно ожидать, что все статуи Гермеса, представляющие бога в различных ампуа — как вестника, пророка, музыканта и вора, будут выглядеть одинаковыми. Следует сказать, что, если Гермес — ветер, все его проявления содержатся в его математическом описании, которое не больше и не меньше, чем уравнение движения сжимаемой жидкости. Математик будет знать, как понимать различные решения уравнения, которые передают различные сведения, такие, как образование музыкальных тонов, дуновения при перелистывании страниц и т. д. Он едва ли будет нуждаться в статуях Гермеса для того, чтобы представить себе их; хотя, если он положится на статую, даже на целый их ряд, то все различия не будут достаточно очевидными» [130, с. 67—68]. И далее Джинс язвительно замечает: «Вот так же теоретическая физика до сих пор погружена в работу по созданию идолов концепций волновой механики».

Сейчас уже ясно, что своеобразии микромира отражается в своеобразии формально-логических моделей и понятие модель приобретает все более абстрактный характер.

Джинс признает, что метафизика (как представление о реальности, лежащей вне нашего сознания. — А. К.) соприкасается с физикой, но их области достаточно определены и независимы. Однако свое оригинальное понимание философии у Джинса все же отсутствует: «Затем мы должны согласиться с Кантом, что задача физики открывать и формулировать законы, тогда как философии — интерпретировать и обсуждать» [106, с. 17]. И далее опять: «Цель философии — синтез и объяснение фактов уже известных» [106, с. 96]. Но все же он сомневается: «Но физик может предостеречь философа, что заранее не приходится ожидать вразумительной интерпретации процессов в природе» [106, с. 17]. Последнее утверждение противоречит вышесказанному далее положению: «Знания о внешнем мире можно получить только посредством наблюдений или экспериментов. Это говорит нам, что мир рационален» [106, с. 174]. Итак, Джинс согласен с позитивизмом в определении философии, но затем непоследовательно пишет о реальности внешнего мира, о его рациональности. Материалистическое начало естествоиспытателя старается вырваться за рамки навязанной Джинсом самому себе «философии».

Естественно, мы не можем согласиться с джинсовским пониманием философии. Марксистско-ленинское понимание предмета философии ставит во главу угла решение основного вопроса философии о первичности материи или сознания, о познаваемости мира. Джинс пишет: «Но мы не только хотим предсказывать явления, но также понимать их» [106, с. 174], но однако сам же себе отвечает с большим пессимизмом: «Таким образом, мы никогда не бываем уверены, что какая-либо модель соответствует реальности. Короче, мы никогда не сможем иметь достоверных знаний о природе реальности» [106, с. 175]. И далее: «Истинными объектами научного изучения никогда не может быть реальная природа, но только наши собственные наблюдения природы». Нас не удовлетворяет позитивистский анализ Джинса, ограничивающийся по возможности полным описанием явлений и отрицающий достоверное познание их сущности. Научная философия является не только гносеологией, но и непременно онтологией, так как изучает объективные закономерности в мире. Здесь мы подходим вплотную к вопросу о соотношении философии и естествознания. Мы уже знаем, как Джинс пытался

найти на него ответ и, несмотря на неудовлетворительность его решения, попробуем все же увидеть в нем «рациональное зерно».

Джинс не был удовлетворен достижениями науки в объяснении явлений, его пытливый ум ученого желает достигнуть понимания «первопричины вещей». Надо сказать, что в этом настроении он был не одинок. Крупнейшие естествоиспытатели А. Эйнштейн и Н. Бор, В. Гейзенберг и Э. Шредингер живо интересовались философией и пытались осмыслить происходящие революционные изменения в научном представлении о мире. Неудовлетворенный все более формальным духом науки, Шредингер писал, что наука, в которой мир только описывается и не решается вопрос, почему он устроен именно так, а не иначе, — пустая теория. Но что нам может помочь это понять? Выдающийся современный физик, один из создателей единой теории слабых и электромагнитных взаимодействий, Стивен Вайнберг в своей Нобелевской лекции в 1979 г. сказал: «Важны не математические методы, которые помогут прийти к осмысленному результату в бесконечном разнообразии физически бессмысленных теорий, а методы, которые несут с собой ограничения, потому что именно эти ограничения могут указать нам путь к единственно верной теории. В частности, на меня большое впечатление произвел тот факт, что квантовую электродинамику в каком-то смысле можно было вывести из принципов симметрии и требования перенормируемости» [144, с. 205]. В этой же лекции он говорил: «Задача физика — выработать простой взгляд на явления природы, объяснить огромное количество сложных процессов с единой точки зрения на основе нескольких простых принципов. Временами наши усилия вознаграждаются результатами прекрасных экспериментов, такими, например, как открытие нейтральных токов в нейтринных реакциях. Но даже в «смутное время» между блестящими «прорывами» на экспериментальном фронте идет непрерывная эволюция теоретических идей, которая постоянно меняет сложившиеся ранее представления» [144, с. 201].

Да, представления о мире, которые вырабатывает физика, постоянно уточняются, а в эпоху коренных изменений физических теорий возникают более общие, более глубокие понятия, и старые представления уже являются только их предельными случаями. Философские же

представления о мире на протяжении истории философии абстрагировались из анализа всей системы культуры данной эпохи. Вот что писал по этому поводу Вернер Гейзенберг: «...едва ли можно сказать, что так уж много достигают, выражая новейшие знания на старом языке. Философские системы прошлого сформировались из всей совокупности знаний того времени и поэтому соответствуют тому образу мышления, какой приводил к этим знаниям. Имеется полное основание считать, что философы, размышлявшие о природе много веков назад, не могли предвидеть развитие квантовой теории или теории относительности. Поэтому понятия, к которым философы давно прошедшего времени пришли на основе своих знаний о природе, не могут ныне соответствовать явлениям, могущим быть наблюдаемыми только с помощью сильнейших технических средств нашего времени» [146, с. 93]. В силу этого мы часто сталкиваемся с объективными трудностями при попытках философской интерпретации открытий, ломающих рамки старых концептуальных систем.

Мы приходим к проблеме, поднятой Джинсом и до сих пор активно дискутируемой: об установлении границ между философией и естествознанием. Такое размежевание нужно для того, чтобы обеспечить взаимопонимание, без которого невозможно плодотворное сотрудничество философов и естествоиспытателей. Формы взаимосвязи естествознания и философии не оставались неизменными. Так, в прошлом большое влияние на развитие естествознания оказала натурфилософия. Она выдвинула, например, идею атомизма. Но уже в середине XIX в. натурфилософии, по словам Ф. Энгельса, «пришел конец» [137, с. 305]. Тем самым взаимоотношения естествознания и философии существенно изменились. На первый план стала выдвигаться роль философии в качестве логики, методологии и теории познания естественных наук (см. [160]).

Материалистическая диалектика не навязывает естественным наукам какой-либо «мировой схематики», что пыталась делать старая натурфилософия. В. И. Ленин со всей определенностью подчеркивал: «Это, конечно, сплошной вздор, будто материализм утверждал... обязательно «механическую», а не электромагнитную, не какую-нибудь еще неизмеримо более сложную картину мира, как *движущейся материи*» [138, с. 296].

В методологической работе известного советского фи-

зика В. Л. Гинзбурга есть специальный раздел «Философия и естествознание: где проходит граница?» [149, с. 25]. В нем подчеркивается, что философия не должна подменять частные науки в решении конкретных вопросов. Она не может давать ответы на проблемы, возникающие при развитии естествознания. Но иногда это имело место. В чем же дело?

Гинзбург дает ясный ответ с позиций диалектического материализма: «Причина в общем та, что в прошлом философы не только аккумулировали, но и абсолютизировали естественнонаучные взгляды, сложившиеся в предшествующий период». И заключает: «Отсюда и попытки отрицать новые идеи, попытки, которые кажутся особенно правомочными тем, кто считает себя овладевшим, наконец, философским камнем» [147, с. 97].

Именно эти причины вызвали в свое время в советской литературе критику с философских позиций космогонической гипотезы Джинса. Подчеркнем, что здесь речь идет не о философских взглядах Джинса, справедливо критиковавшихся, а о конкретной естественнонаучной гипотезе, достоинства и недостатки которой можно и нужно обсуждать только с точки зрения научных фактов и физических представлений.

Является ли таким недостатком редкость встреч звезд в нашей Галактике, необходимая для образования планетных систем в гипотезе Джинса [193]? С точки зрения современной науки — не является.

Во-первых, расчет вероятности сближения звезд сделан на основе средних расстояний между ними в Галактике в окрестностях Солнца. Но есть основание предполагать, что в эпоху формирования планетной системы у Солнца, не менее 5 млрд. лет назад (а другие подобные системы могли формироваться и значительно раньше), среднее расстояние между звездами было значительно меньше. Именно это соображение лежит в основе современных катастрофических космогонических гипотез, таких, как гипотеза М. Вульфсона [227, с. 47—48]. И, кроме того, расстояние между звездами в звездных скоплениях, особенно шаровых, и, по-видимому, в центральных областях Галактики значительно меньше.

Во-вторых, настолько ли уж неприемлема малая вероятность образования планетных систем? До сих пор не обнаружено непосредственно наличие планетной системы ни у одной звезды (правда, при современной мощности телескопов это и невозможно), хотя косвен-

ные данные о наличии темного компонента или пылевого облака у некоторых звезд имеются. Эти темные спутники не обязательно должны быть планетами — возможны и угасшая небольшая звезда, и слабосветящийся белый карлик. Но важно, что даже и распространённость планетных систем, как мы видим, принципиально не опровергает катастрофической гипотезы.

И уж тем более не может опровергаться космогоническая теория на основе тех выводов, которые можно сделать исходя из нее, о распространённости жизни во Вселенной. Не обсуждая подробно вопрос, отметим только, что в настоящее время нет научных оснований для того, чтобы предполагать жизнь широко распространённым явлением во Вселенной.

Мы видим, что гипотеза Джинса по своему содержанию не является ни религиозной (он не привлекал сверхъестественных сил для объяснения происхождения планет), ни идеалистической. И такие крупные ученые, как О. Ю. Шмидт, конечно, понимали это: «...то, что в глазах астрономов было недостатком гипотезы Джинса, — малая вероятность, т. е. большая редкость процесса образования планет, — стало основным достоинством в глазах специалистов, не желавших порывать с религией. Гипотеза Джинса оказалась наиболее приемлемым компромиссом. Редкость образования планет в схеме Джинса, конечно, сама по себе еще не идеализм — в природе бывают редкие явления, — но она открывала ворота для идеализма в космогонии» [165, с. 22—23].

Конечно, связь между методологическим подходом и истинностью конкретной научной теории весьма деликатна и не всегда однозначна. Сама космогоническая теория Джинса не имеет никакого отношения к идеализму, и причины, по которым она подвергалась подобным обвинениям, — прямое следствие, как мы видели, не совсем правильного представления о «водоразделе» между философией и естествознанием. Философия не должна решать вопросы, относящиеся к компетенции естественных наук.

Истинно научная философия никогда не навязывает, как диктатор, свои установки конкретным наукам. И когда представители философской мысли пытаются оценивать достоинства естественнонаучных концепций, даже если авторы последних придерживаются идеалистических философских направлений, им не следует за-

бывать предупреждение В. И. Ленина: «Умный идеализм ближе к умному материализму, чем глупый материализм» [139, с. 248].

Рассматривая ниже философскую интерпретацию, которую Джинс давал основным физическим понятиям и концепциям, не будем забывать эти мудрые слова В. И. Ленина. Необходимо также помнить о них, когда мы вспоминаем о той критике, какой в свое время подвергался Джинс в связи с его идеалистическими взглядами.

Заключительную главу своего основного философского сочинения Джинс начинает с краткого резюме тех проблем, которых он касался в своем сочинении. Он отмечает нетривиальность того обстоятельства, что мир, в котором мы живем, рационален, т. е. то, что в нем происходит, определяется законами, а не случается произвольно. Джинс также подтверждает несостоятельность механистической картины мира. В следующем разделе, посвященном корпускулярному и волновому описанию, он делает субъективистский вывод о том, что квантово-механический детерминизм контролирует не явления, но наши знания о явлениях.

В разделе «Новые философские концепции» Джинс излагает позиции современного позитивизма, разделяя положение о том, что многие философские трудности на самом деле можно свести к проблемам лингвистическим. «Те, кто согласны с позитивистской концепцией целей науки, будут чувствовать полное удовлетворение положением: они открыли модель явлений и, таким образом, могут точно предсказывать, что еще они могут пожелать» [106, с. 180]. Джинс говорит о вероятностном характере знания: «В настоящей науке также никогда не сможет быть доказана истинность гипотез. Если они станут противоречить в будущем наблюдениям, то мы узнаем, что они неверны; но если будущие наблюдения будут их подтверждать, мы никогда не сможем сказать, что они справедливы, так как всегда будем зависеть от еще не сделанных наблюдений» [106, с. 181]³.

Одной из причин подобных высказываний Джинса является непонимание им диалектики общего и частного, а она очень важна для правильного представления

³ Здесь Джинс, как отметил В. В. Казютинский, предвосхищает концепцию «предположительного» знания Карла Поппера: «Подлинно научными предложениями являются предложения, которые могут быть опровергнуты опытом».

процесса познания. В. И. Ленин четко показал две основные причины «физического» идеализма, одним из представителей которого был Джинс. Он писал, что, во-первых, «кризис физики состоит в завоевании физики духом математики. Прогресс физики, с одной стороны, и прогресс математики, с другой, привели в XIX веке к тесному сближению этих обеих наук...». И далее: «Материя исчезает», остаются одни уравнения...

Другая причина, породившая «физический» идеализм, это — принцип *релятивизма*, относительности нашего знания, принцип, который с особенной силой навязывается физикам в период крутой ломки старых теорий и который — *при незнании диалектики* — неминуемо ведет к идеализму» [138, с. 325—327].

Более чем через 30 лет Джинс непоследователен в вопросах, которые В. И. Ленин решил в 1908 г. и это не естественнонаучные вопросы, а вопросы философского характера.

Джинс излагает принцип простоты, согласно которому из двух возможных гипотез следует выбирать ту, которая проще. Как говорят физики, истинная физическая теория должна быть красивой. Эта старая мысль была своеобразно высказана Филоном Александрийским: «То, что не согласно с разумом, — безобразно». И в современных представлениях она играет свою роль. Так, С. Вайнберг в Нобелевской лекции говорил: «В физике XX в. принципы симметрии появились в 1905 г. вместе с эйнштейновским пониманием группы инвариантности пространства-времени. После этого прецедента симметрии заняли в умах физиков место априорных принципов, с универсальной справедливостью выражающих простоту природы на самом ее глубоком уровне» [144, с. 201].

В разделе «Новая картина современной физики» Джинс подходит к философской интерпретации таких важнейших понятий физики, как пространство и время. Он заключает: «Это заставляет нас постулировать существование мира фотонов и вещества, существующих в обычном пространстве; это то, что обыкновенный человек описывает как материальный мир.

До сих пор этот материальный мир был не более чем мыслительная конструкция личности для самого себя; пространство — это есть наше восприятие пространства и может не существовать вне нашего собственного сознания» [106, с. 191].

Безусловно, здесь Джинс опять близок к Беркли, который утверждает, что «...философское рассмотрение движения не подразумевает существования абсолютного пространства, отличного от воспринимаемого в ощущении и относящегося к телам; что оно не может существовать вне духа, что ясно на основании тех принципов, которыми то же самое доказывается относительно всех прочих ощущаемых предметов» [141, с. 116]. Джинс, как и Беркли, объявляет пространство несуществующей сущностью. Они оба делают это, основываясь на критике ньютоновской концепции абсолютного пространства. Не разбирая здесь правильности положений Беркли, уже в те годы указывавшего на относительность измерений и движений в пространстве, укажем лишь, что те принципы, на которые он ссылается в их последовательном применении, не приводят ни к чему иному, как к солипсизму, что показано В. И. Лениным в «Материализме и эмпириокритицизме». Но нельзя и не отметить ту проницательность, с какой Беркли указывал на относительность пространства и времени и о которой как уже об установленном физическом факте (специальная теория относительности была построена в 1905 г., а общая теория относительности — в 1916 г.) знал Джинс. Он также писал: «Таким образом, мы заключаем с высокой степенью вероятности, что пространственно-временное единство и объекты, которые находятся в нем, не могут быть только лишь конструкциями наших индивидуальных сознаний, но должны существовать сами по себе, хотя мы знаем, что пространство и время порознь есть абстракция наших индивидуальных сознаний о пространственно-временном единстве» [106, с. 192].

На Джинса, кроме Беркли, при выработке его философской интерпретации пространства и времени большое влияние оказал Э. Мах. Исчерпывающую критику идеалистических философских взглядов последнего дал В. И. Ленин в «Материализме и эмпириокритицизме». Однако там же В. И. Ленин отмечал: «... Мах *забывает* свою собственную теорию, и, начиная говорить о различных вопросах физики, рассуждает попросту, без идеалистических выкрутас, т. е. материалистически» [138, с. 60].

Но велики заслуги Э. Маха не только как крупного физика, но и как философа. Эйнштейн писал: «Что же касается меня лично, то я должен сказать, что мне,

прямо или косвенно, особенно помогли работы Юма и Маха» [209, с. 29]. Мах дал глубокий критический анализ ньютоновских представлений об абсолютном пространстве и времени, лежащих в основе классической физики, и подошел к пониманию их в релятивистском смысле. Так, он писал о времени: «Такое абсолютное время не может быть измерено никаким движением и потому не имеет ни практического, ни научного значения; никто не вправе сказать, что он знает что-нибудь о таком времени, это пустое «метафизическое» понятие» [171, с. 49].

Рассматривая космологические модели Вселенной, Джинс говорит о ее пространственной и временной конечности или бесконечности в зависимости от конкретных данных астрономической науки. Эти рассуждения подвергались суровой критике: «Агностицизм Джинса выражается также в настойчивом стремлении установить пространственно-временную ограниченность мира» [203, с. 9]. Этот вопрос, однако, не является философским и не может быть решен ее методами⁴. В. Л. Гинзбург пишет по этому поводу: «Тем самым вопрос о конечности или бесконечности объема трехмерного пространства возводится в какую-то априорную категорию. Физики и астрономы в подавляющем своем большинстве не видят для такого вывода никаких оснований и считают вопрос об объеме Вселенной естественнонаучным и подлежащим решению на основе наблюдений» [149, с. 27].

Джинс правильно старается и в своих популярных работах объяснить читателю, что нет причин, которые могли бы нас привести к затруднению в признании конечности пространства. Он также уверен, что и время конечно, по крайней мере в том смысле, что оно имело начало. Он писал, что должно быть время, до которого настоящая Вселенная не существовала. И хотя Джинс использовал научные аргументы, он был пристрастным к трансцендентальному акту, который он называл «творением» Вселенной во время, не бесконечно удаленное от нас. Конечно, наша Вселенная никем не сотворена, но и в том виде, в каком она существует сейчас, она не могла существовать вечно, и надо сказать, что космологические модели с «конечным» временем не ведут к религиозным выводам. Вот как говорил об интерпре-

⁴ Детальное изложение этого вопроса см. в [140a].

тации теории «большого взрыва» один из ее творцов президент Папской академии (Ватикан) аббат Г. Леметр на посвященном космологии XI Сольвеевском конгрессе в 1958 г.: «В той мере, в какой я могу судить, такая теория полностью остается в стороне от любых метафизических или религиозных вопросов. Она оставляет для материалиста свободу отрицать любое трансцендентное бытие. В отношении начала пространства-времени материалист может остаться при том же мнении, которого он мог придерживаться в случае неособенных областей пространства-времени» [149, с. 28].

С другой стороны, подлежит критике концепция Джинса об ограниченном времени существования Вселенной и о наступлении «тепловой смерти» — ее последней и неизменной стадии состояния. Этот вывод был обусловлен недопустимой экстраполяцией второго закона классической термодинамики, справедливого для замкнутой системы, на всю Вселенную. Изучать расширяющуюся Вселенную необходимо на основе релятивистской термодинамики. Впервые строгий анализ этого вопроса был проведен Р. Толменом в 1934 г. Он пришел к заключению: «По крайней мере, представляется разумным, если мы не будем больше догматически утверждать, что принципы термодинамики с необходимостью приводят к выводу о том, что Вселенная была создана в конечный момент в прошлом и будет деградировать к смерти в будущем» [196, с. 458].

Вызывает интерес подход Джинса к проблеме соотношения детерминизма и свободы воли. Он критикует каузальность в том виде, как ее понимали И. Кант и Б. Рассел. Он писал, что исходя из современных научных представлений нет оснований предполагать, что происходящее в мире может быть представлено подразделенным на отдельные явления, и «связанным в пары, как ряд домино, причем каждое будет вызывать явление, которое из него следует, и в то же самое время влияет на то явление, которое ему предшествовало» [106, с. 103]. Но в целом все же Джинс склонялся в пользу детерминизма, хотя и не механистического. Он проиллюстрировал многочисленными примерами, что то впечатление, какое имеет каждый человек о своей собственной воле, — иллюзорно. И он требовал от последовательных сторонников свободы воли, чтобы они точно определили, что же все-таки они понимают под ней, чем она отличается от неосознанного детерминизма.

Вместе с тем он писал: «Старая физика представляла нам Вселенную более похожей на тюрьму, чем на подходящее место для жизни. Новая физика показывает Вселенную, которая выглядит так, как будто она представляет подходящее место для жизни свободного человека, а не хлев — дом, в котором, по крайней мере, нам можно вызывать события в соответствии с нашими желаниями и жить жизнью, полной стремлений и достижений» [106, с. 216]. Хотя Джинс и подтверждал, что новая физика не противоречит концепциям детерминизма и каузальной связи явлений, ясного понимания этой сложной проблемы мы у него не находим, так как свое решение она может найти лишь в рамках материалистической диалектики.

Хотя, как мы выше видели, Джинс во многом разделял взгляды Беркли, он, например, отвергал его аргументы в пользу существования первичных и вторичных качеств, а также один из его основных доводов в пользу того, что все сущее есть мысль, так как невозможно действие мысли на материю. Но при этом он стирает грани между научным и метафизическим подходами и пытается использовать научные данные для своих идеалистических философских заключений. Джинс ставит глобальные вопросы. Что же более фундаментально — мысль или материя? Можем ли мы предположить совместно с Беркли, что продолжительность существования объекта есть продолжительность существования мысли, в которой он существует, — мысли бога? Что есть абсолютная мысль, вмещающая в себя все наши индивидуальные мысли? И он пытается ответить на эти, можно сказать, теологические вопросы на основании изучения физической реальности. Но здесь он, естественно, терпит полный крах. Поэтому Джинс пытается оживить древний дуализм в духе Р. Декарта, дуализм мысли и материи. Он считает, что они не могут далее оставаться антагонистическими, исключаящими началами и становятся комплементарными. Одно контролирует другое: как волны (материи) контролируют корпускулу, так мысль контролирует материю. Это близко к его концепции, в которой создатель Вселенной рассматривается как математик. Кстати, теологи усиленно критиковали Джинса за то, что его идея бога ограничивается математикой и не содержит представлений о нем как о судьбе и т. п.

Но можно ли вообще отразить объективную реальность посредством математики? Диалектический материализм не соглашается с тем, что основой мира являются числа (идея впервые высказанная еще Пифагором). Эта идея предполагает наличие разума у создателя, который бы построил мир по законам математики. Но природа не руководствуется ни логической, ни математической, ни метафизической необходимостью.

Мысль Джинса о создателе-математике привела его к предположению о существовании во Вселенной новых законов физики. Выше мы уже отмечали, что Джинс был ярким представителем того «оптимистического» направления, которое убеждено, что наблюдательные астрономические данные могут способствовать открытию новых законов физики.

Но в другом важнейшем мировоззренческом вопросе Джинса скорее можно было причислить к «пессимистам». Речь идет о распространенности жизни во Вселенной. Джинс говорил, что хотя астрономы XIX в. утверждали, что на небе имеются миллионы звезд, окруженных планетами, на которых может поддерживаться жизнь, но с точки зрения современных космогонических и общих астрофизических данных эти положения далеко не так очевидны. Он пишет: «Три столетия, протекшие с тех пор, как Джордано Бруно был сожжен на костре за веру во множественность обитаемых миров, принесли с собой почти не поддающуюся описанию перемену в нашем познании мира; но они не приблизили нас сколько-нибудь заметно к пониманию связи между жизнью и Вселенной. Мы можем только строить догадки о значении жизни, которая, по всей видимости, является в ней столь редким явлением. Представляет ли она собой то высшее достижение, к которому идет мироздание и для которого биллионы лет превращений материи в ненаселенных туманностях и звездах и рассеяние излучения в пустынных пространствах были только невероятно странной и удивительной подготовкой? Или не есть ли она простая случайность и незначительный побочный продукт естественных процессов, текущих в мировой материи? Или, становясь на еще более скромную точку зрения, не должны ли мы смотреть на нее как на болезнь, которой начинает страдать материя на старости лет, когда она теряет высокую температуру и способность к генерации того высокочастотного излучения, которым более молодая и мощная материя могла бы сразу уничтожить жизнь?»

Однако астроному едва ли принадлежит право выбора между этими противоречащими друг другу взглядами на жизнь; его задача выполнена, когда он раскрыл все, что может по этому вопросу сказать астрономия» [113, с. 391—393].

Не имея здесь возможности обсуждать проблему СЕТИ подробно, отметим лишь, что все больше исследователей приходят сейчас к высказывавшимся Джинсом мыслям о жизни как чрезвычайно редком явлении во Вселенной. Так, И. С. Шкловский, до недавнего времени один из самых горячих сторонников множественности обитаемых миров во Вселенной, пришел к такому же выводу: «Итак, как нам представляется, вывод о том, что мы одиноки если не во всей Вселенной, то, во всяком случае, в нашей Галактике или даже в местной системе галактик, в настоящее время обосновывается не хуже, а значительно лучше, чем традиционная концепция множественности обитаемых миров. Мы полагаем, что этот вывод (или даже возможность такого вывода!) имеет исключительно большое значение для философии» [205, с. 273].

Действительно, ничем не оправданной оказывается связь концепции множественности обитаемых миров с материализмом, а концепции единственности — с идеализмом. И здесь решение этого вопроса принадлежит естественным наукам. Поэтому нам представляется неубедительным обвинение Джинса в идеализме за его подход к этой проблеме.

Джинс также понимал, что положение человека — разумного существа — далеко не случайно в масштабной иерархии космических образований. В дальнейшем эти мысли нашли блестящее подтверждение в исследованиях жизни с физической точки зрения [207]. Последующие открытия показали, что не случайно человечество существует именно на данной стадии развития нашей Вселенной — расширяющейся Вселенной. Возможно, что эволюция Вселенной такова, что неизбежно должна была привести к возникновению разумной жизни. Вот что пишет по этому вопросу Я. Б. Зельдович: «Идея спонтанного рождения многих, а может быть, и бесконечного числа миров отнюдь не нова. Также давно рассматриваются предположения, что Вселенная, окружающая нас, выделена среди множества миров именно условием возможности возникновения жизни и разума. Это предположение получило специальное название — антропо-

генный принцип (АП)». И продолжает: «Для длительного расширения необходимо, чтобы были достаточно малы начальные возмущения квантоворожденной Вселенной, так как именно сильные возмущения приводят к рождению реальных частиц... Условия малости возмущений, возможно, объясняются антропогенным принципом: возмущенные миры живут слишком малое время... Автор сознает также произвол и неясность самой концепции рождения. Происходит ли рождение из «ничего», или в пространстве большего числа возмущений измерений, или как топологическое обособление от изначально заданного пространства Минковского? Можно ли сравнивать вероятность рождения различных миров?» [154, с. 579—581].

Мы видим, как сложно взаимосвязаны проблемы биологии, физики и астрономии, включая даже глобальную проблему возникновения и эволюции нашей Вселенной, с проблемой существования жизни и ее высшей формы — жизни разумной. Еще раз подчеркнем, что к этой проблеме, да и ко многим естественнонаучным задачам, практически ко всем, которыми Джинс сам занимался, он подходил с материалистических позиций.

Заканчивая эту главу, хочется привести слова А. Эйнштейна о философских взглядах Джинса и вообще естествоиспытателей, которые подчас причисляют себя без всякого на то основания к модным философским системам, высказанные в дискуссии с Р. Тагором: «Ни один физик не верит, что внешний мир является производным от сознания, иначе он не был бы физиком. Не верят в это и названные Вами физики (А. Эддингтон и Дж. Джинс.— А. К.). Следует отличать литературную моду от высказываний научного характера. Названные Вами люди являются настоящими учеными, и их литературные работы не следует считать выражением их научных убеждений» [209, с. 163].

Глава 8

Джинс — популяризатор науки

Джеймс Джинс был широко известен не только как выдающийся ученый, обогативший своими трудами различные разделы физики и астрономии, но и как та-

лантливый писатель — популяризатор науки. После того как Джинс оставил активную научную работу, он всецело посвятил себя популяризаторской деятельности. В его популярных произведениях простота и образность изложения сочетались с глубиной суждений и философскими обобщениями.

В 1929 г. вышла из печати первая популярная книга Джинса «Вселенная вокруг нас» [92]. Она была основана частично на серии выступлений Джинса по радио осенью 1928 г., частично на других популярных лекциях, но существенно расширенных, и имела довольно большой объем — в ней было 352 страницы. В предисловии к первому изданию Джинс писал: «Настоящая книга включает в себе краткий и написанный простым языком обзор методов и результатов современных астрономических изысканий, притом как теоретических исследований, так и наблюдательных работ. Особое внимание обращено в ней на проблемы космогонии и эволюции и на общие вопросы строения Вселенной. Моя цель — по всей вероятности никогда не достижимая вполне — состояла в том, чтобы вся книга была доступной читателям, не обладающим специальной научной подготовкой».

Успех этой, да и последующих популярных работ Джинса был широким и вне всякого сомнения вполне заслуженным. Не случайно «Вселенная вокруг нас» была издана в Советском Союзе на русском языке менее чем через два года после появления в Англии в 1930 г. ее второго, несколько дополненного издания. Редактор перевода М. Ширвиндт писал в предисловии: «Ученые — большие романтики, чем о них обычно думают; но пафос их обычно относится к вещам, которые, по общему мнению, могут быть только объектами строгой и трезвой мысли, лишенной всяких следов эмоций и воображения».

Джинс, несомненно, один из самых интересных романтиков науки. Его «Вселенная вокруг нас» — увлекательнейший фантастический роман, хотя и написанный так, что он удовлетворит требованиям самого изысканного знатока науки. И если некоторые страницы этого романа покажутся слишком фантастическими, почти невероятными, то здесь вина не автора, а его героев — туманностей и звезд. Современная наука настолько расширила рамки нашего знания, открыла так много «удивительных» вещей, что трезвый научный трактат, осно-

ванный на исключительно богатом подборе фактов, превращается в блестящем изложении Джинса в захватывающий роман. Благодаря этому книга Джинса, посвященная труднейшим вопросам современной космогонии, читается сравнительно легко (если не считать отдельных страниц) и доступна значительному кругу советских читателей. Необходимо еще указать, что «Вселенная вокруг нас», хотя и принадлежит перу одного из крупнейших математиков и астрономов нашего времени, тем не менее написана исключительно богатым красочным и образным языком, представляющим, кстати сказать, огромные трудности для перевода» [113, с. 5—6].

Надо отдать должное Н. И. Идельсону — замечательному ученому и историку науки, владевшему несколькими языками и обладавшему превосходным литературным стилем, который вполне справился с этими трудностями. В его переводе мы и приведем ниже отрывки из книги Джинса, которые могут служить примером популярного изложения сложных научных и мировоззренческих вопросов.

Так, повествуя об открытиях в астрономии, Джинс размышляет о ее роли в развитии человеческой культуры:

«Науки более житейские доказывают свою значимость увеличением наших удобств и жизненных благ, облегчением страданий или болей; но, правда, можно спросить: чем же вознаградит нас изучение астрономии? Во имя чего, современный астроном проводит напряженные ночи и еще более напряженные дни, работая над проблемами строения, движения и изменения небесных тел, столь удаленных, что они не могут влиять на человеческую жизнь?»

Ответ на это отчасти должен быть, по-видимому, в том, что в наши дни, как и в дни Галилея, многие начинают подозревать, что астрономия может сказать свое слово в волнующем вопросе об отношении человеческой жизни ко Вселенной, в которую она заключена, о началах, значении и судьбах человеческого рода. Двенадцать веков тому назад Бэда Досточтимый в поэтическом сравнении уподобил человеческую жизнь полету птицы через теплый зал, в котором пируют люди, в то время как снаружи бушует зима:

«Птица укрывается от бури на короткое мгновение, и немедленно она из холода попадает опять в холод. Так и человеческая жизнь появляется на один миг, но о том, что было до нее, и о том, что будет за ней,

мы не знаем ничего. И поэтому, если новое учение открывает нам нечто достоверное, оно заслуживает по-видимому, чтобы мы приняли его».

Эти слова, сказанные первоначально с иною целью, выражают, пожалуй, в чем главный интерес астрономии в наши дни. Человек,

От темноты к темноте

Зная лишь жизни узкий просвет,

жаждет глубже проникнуть в прошлое и в будущее, чем это позволяет его короткое бытие на Земле. Он хочет видеть Вселенную, какой она существовала прежде чем был человек и какой она будет после того, как последний человек уйдет в ту тень, из которой вышел его род. И это желание имеет свои корни не только в чистой любознательности, в жажде перебросить взгляд через ближайший горный хребет, в жажде достигнуть вершин, с которых раскроется широкий кругозор — хотя бы на те роскошные долины, вступить на которые он не сможет никогда; это желание имеет более глубокую основу и более человеческий интерес. Прежде чем человек сможет понять самого себя, он должен познать Вселенную, из которой он черпает все восприятия своих чувств. Он стремится исследовать Вселенную в пространстве и во времени, ибо он является частью ее и она есть часть его самого» [113, с. 17—19].

Увеличение интереса к астрономии в то время, действительно, объяснить нетрудно, это — результат революционных изменений наших взглядов о Вселенной, начавшихся в первой трети XX в. в связи с произошедшей в физике революцией. Понимать происходящее во Вселенной становится совершенно невозможно без знания новых физических концепций, и Джинс старается изложить их в наиболее доходчивой форме. Важное место в книге занимает изложение его собственной космогонической гипотезы.

«За три года перед тем, как Чемберлен и Мультион предложили планетезимальную теорию, я размышлял уже о том, возможно ли вообще, чтобы силы приливного действия могли раздробить звезду и привести к образованию планетной системы. В 1916 г. я исследовал математически, что должно произойти в действительности, когда одна звезда действует на другую мощными приливообразующими силами. Результаты, к которым я пришел, не оставляли, по-видимому, никаких возмож-

ностей для планетезимальной теории Чемберлена и Мультона; они привели меня к формулировке «приливной теории» в ее современном виде; в этом виде, как мне кажется, ее принимает теперь большинство астрономов, считая, что она дает наиболее вероятное объяснение происхождения Солнечной системы; конечно, рассчитывать на достоверность или на окончательное значение такая теория не может» [113, с. 294—295].

Через год после выхода в свет «Вселенной вокруг нас» Джинс выступил с Реджевской лекцией в Кембриджском университете. Расширенный вариант этой лекции под названием «Загадочная Вселенная» [94] был опубликован уже в 1930 г. и получил широкое распространение. Джинс рассматривал ее как продолжение «Вселенной вокруг нас», но она была написана так, что могла читаться независимо, представляя собой вполне законченный очерк. Несмотря на небольшой объем, около 150 страниц, в ее пяти главах «Угасающее Солнце», «Новый мир современной физики», «Вещество и излучение», «Относительность и эфир», «Смотря в бездну» дается полная картина развития Вселенной.

В этом же году выходит небольшой популярный очерк Джинса «Эос,¹ или более широкие аспекты космогонии» [93], в котором он основное внимание уделяет мировоззренческим вопросам, старается внимательно проследить, как достижения физики и астрономии влияют на развитие философских направлений.

В последующие годы Джинс практически полностью посвятил себя популяризаторской деятельности. Из-под его пера выходят «Пути жизни звезд» [95] (1931), «Новое основание науки» [100] (1933), «Наука и музыка» [104] (1937), «Физика и философия» [106] (1942).

Много сил, по-видимому, отдал Джинс своей последней книге «Развитие физической науки» [109] (1947), вышедшей, когда автора уже не стало. Он успел просмотреть лишь ее корректуру в сентябре 1946 г., незадолго до смерти. Книга прекрасно иллюстрирована репродукциями знаменитых гравюр и картин. В ней предпринят грандиозный синтез методов и представлений, приведших к возникновению и становлению физики как науки о природе.

Почти во всех этих работах затрагиваются глубокие

¹ Эос — богиня утренней зари у древних греков.

философские вопросы, которые рассматривались нами в соответствующей главе. Хочется особо отметить книгу Джинса, в которой он рассматривает музыку с научной точки зрения.

За два года до смерти, в 1944 г., Джинс выступил в Оксфорде с Денековской лекцией «Астрономический горизонт» [108]. Начал он ее так: «История астрономии, откровенно говоря, есть история расширения горизонта. С увеличением силы телескопа и, что не менее важно, с увеличением чувствительности фотографических пластинок открывались новые глубины пространства, и центр астрономических исследований имел тенденцию следовать к границам обозреваемого пространства. До середины прошлого века интерес концентрировался на планетах Солнечной системы; после этого он переместился к звездам нашей Галактики; теперь многие астрономы главным образом интересуются далекими туманностями, которые находятся на предельном расстоянии, на котором они еще могут быть видны в наши самые крупные телескопы, — астрономическом горизонте» [198, с. 3].

В лекции Джинса развитие представлений о Вселенной показано в историческом плане, начиная с Аристарха Самосского, и доведено до середины нашего века. В ней много философских рассуждений и прогнозов о будущем развитии науки, свидетелем которых ее автору уже не довелось стать.

Заключение

11 сентября 1977 г. исполнилось 100 лет со дня рождения крупного английского ученого сэра Джеймса Хопвуда Джинса. Эта дата была отмечена в Великобритании статьями, посвященными памяти ученого, докладами в Королевском астрономическом обществе и концертом, состоявшимся в доме Джинса, в Кливленд-Лодже. Концерт был организован леди Джинс и проходил в музыкальной комнате, которую спроектировал сам ученый. На концерте присутствовали известные представители английской науки. Были исполнены произведения любимых Джинсом композиторов [131].

А через месяц, 14 октября, состоялось торжественное заседание Королевского астрономического общества. Заседание открыл президент Общества, профессор А. Кук. С докладом выступил член Королевского общества профессор Мак-Кри.

Говоря о стиле научной деятельности Джинса, он отметил одну особенность его творчества — Джинс всегда работал один, у него нет работ, написанных в соавторстве. Мак-Кри рассказал историю, определившую характер работы Джинса. Еще в бытность свою молодым исследователем, только что закончившим обучение в Кембридже, Джинс обратился к Дж. Лармору с просьбой предложить ему тему для дальнейшей работы. На это Лармор с иронией ответил вопросом: «Что будет с грядущим миром, если молодежи нужно подсказывать, над чем работать?» Вспоминая Джинса как человека, Мак-Кри сказал: «С точки зрения нашего времени Джинс был замкнутым человеком. С ранней юности музыка была его основным развлечением. Точнее, главным для него были его семья и его дом» [127, с. 163].

По словам Мак-Кри, Джинс страдал из-за того, что был застенчивым и нерешительным в общении с посторонними людьми, которые считали его черствым и высокомерным; на самом деле он был человеком доброжелательным, скромным и щедрым. Мак-Кри привел слова Сиднея Чепмена, который писал в «Националь-

ном биографическом словаре», что Джинс был застенчивым и душевным человеком.

Активное участие принимал Джинс в научных диспутах и дискуссиях, регулярно проводившихся в то время Королевским обществом. Его оппонентом часто выступал А. Эддингтон, хотя в жизни они были друзьями. Мак-Кри рассказал об одном инциденте, свидетелем которого он был. На собрании Королевского астрономического общества в ноябре 1929 г. Е. Милн прочитал доклад «Массы, светимости и эффективные температуры звезд», в котором были подвергнуты основательной критике классические работы Эддингтона на эту тему. Как только Милн закончил свое выступление, Джинс поднялся и сказал: «Я согласен со всем, что сказал профессор Милн; я говорю то же самое в течение последних пятнадцати лет». Тогда Эддингтон тоже встал и сказал: «Я не могу согласиться со второй половиной замечаний профессора Милна; но нет причин, по которым первая половина не может быть исправлена».

Мак-Кри также упоминает, как однажды, когда Джинс и Эддингтон вместе завтракали в клубе, у них зашел разговор о научных вопросах, по которым они придерживались различных мнений. Когда они поднялись из-за стола, Джинс сказал: «Во всяком случае, это не может быть установлено за время нашей жизни». «Тогда, — ответил Эддингтон, — я держу пари с Вашей бессмертной душой, что Вы не правы» [127, с. 164].

Во всех юбилейных статьях и выступлениях говорилось о вкладе Джинса в науку, с позиции сегодняшнего дня давалась оценка его достижений. Бурное развитие физики и наблюдательных возможностей привело к ряду открытий в астрономии, все большему проникновению в нее физических методов исследований, становлению теоретической астрофизики. Этот период развития науки совпал с началом работы Дж. Джинса в области астрономии.

Профессор Мак-Кри в своей юбилейной статье «Сэр Джеймс Хопвуд Джинс — пионер современной астрофизики» [128] подчеркивает, что «он был великим пионером современной астрофизики, предоставляя необходимые теоретические основания и методы, выдвигая основные проблемы, а также критикуя текущие работы. Все это дополняет сделанные им самим важные открытия» [128, с. 257].

Особо следует обратить внимание на работы Джинса в области космогонии¹. На основе своей теории гравитационной неустойчивости Джинс предложил гипотезы происхождения всех астрономических объектов: хаос → туманность → звезды → двойные звезды; хаос → туманность → Солнце → планеты → спутники планет [126].

Сейчас мы знаем, что во многом космогонические построения Джинса оказались неверными. Он сам уже в четвертом издании своей книги «Вселенная вокруг нас» (1944) не только не настаивает безоговорочно на своей космогонической гипотезе, но и излагает другие точки зрения и даже признает ряд положений Эддингтона о внутреннем строении звезд, справедливость которых подтвердилась в процессе развития науки. Однако труды Джинса по космогонии имеют непреходящее значение. «Мы далеки от того, — пишет И. С. Шкловский, — чтобы пренебрежительно отзываться о выдающихся исследованиях классиков космогонии — Лапласа, Пуанкаре и особенно Джинса, чья основополагающая теория гравитационной неустойчивости красной нитью проходит через всю современную космогонию... Каждая научная проблема решается в свое время и время для решения классических проблем космогонии наступило только сейчас» [204, с. 100].

Выдающуюся роль теории гравитационной неустойчивости Джинса в космогонии подчеркивал в своем выступлении (в Королевском астрономическом обществе) и известный английский астрофизик Мартин Рис: «Последующие теоретические работы подтвердили существо оригинальных утверждений Джинса» [132]. Однако он отметил, что Джинс рассматривал проблему образования галактик тогда, когда факт расширения Вселенной еще не был твердо установлен, а в горячей модели, которая стала наиболее вероятной после открытия А. Пензиасом и Р. В. Вильсоном реликтового излучения, неопределенности стали еще больше. В. Л. Гинзбург

¹ Согласно В. В. Казютинскому: «Кульминационным пунктом развития классической космогонии была теория Дж. Джинса. Детально разработанная математически, она синтезировала обе линии развития классических космогонических гипотез: а) небулярную, основанную на идеях Канта — Лапласа, — в звездной космогонии; б) катастрофическую (Ж. Бюфон, Т. Чемберлен, Ф. Мультон) — в космогонии Солнечной системы» [177, с. 418].

также считает: «Причины образования галактик и их скоплений на фоне общего расширения Вселенной остаются неясными, спорными. Выяснение и исследование этих причин — одна из важнейших задач астрономии» [148, с. 84]. Современная астрофизика сейчас только намечает пути подхода к решению этой сложнейшей задачи естествознания.

В своем очерке «Развитие эволюционных представлений в звездной астрономии» Ю. Н. Ефремов пишет: «Работы Джинса о гравитационной фрагментации диффузного вещества и ныне остаются основополагающими в теории происхождения звезд. Авторитет Джинса был, однако, одной из главных причин широкого распространения убеждения в том, что все звезды возникли одновременно и очень давно, на ранней стадии галактик» [179, с. 373]. Далее он выделяет два направления в космогонии: «Одно из них связано с именами Эйнштейна, Фридмана, Леметра, Хаббла, Бааде, Сендиджа, Зельдовича и др. Основополагающие идеи второго направления были высказаны Джинсом, Дираком, Хойлом, Бонди и Голдом, Амбарцумяном, Арном, Бербиджем и др. Странники этого «еретического» направления часто исходят из разных предпосылок и не всегда ссылаются друг на друга, но всех их объединяет уверенность в том, что наблюдательные данные внегалактической астрономии требуют для своего объяснения «новой физики», обобщения и уточнения существующих физических законов, тогда как «классики» полагают это возможным или необходимым лишь для начальных моментов расширения Вселенной, при плотности, много большей ядерной» [179, с. 391].

Конечно, это разделение достаточно условно, да и сам Ефремов признает, что Джинс является в общем «классиком», а не «романтиком». Действительно, Джинс отличался последовательным применением «земной физики» к небесным объектам. Но Джинсу принадлежат и слова, лежащие в основе всей «романтической» концепции: «Каждая неудача при попытках понять происхождение спиральных ветвей (галактик. — А. К.) делает все более и более трудным противостоять подозрению, что в спиральных туманностях действуют совершенно неизвестные нам силы, быть может, отражающие новые и неожиданные метрические свойства пространства. Предположение, которое настоятельно возникает, состоит в том, что центры туманностей имеют характер «сингу-

лярных точек». В этих точках материя втекает в наш мир из какого-то иного и совершенно постороннего пространства. Тем самым обитателю нашего мира сингулярные точки представляются местами, где непрерывно рождается материя» [147]. Здесь предвосхищены идеи об активности ядер галактик, о рождении вещества во Вселенной и о сложной топологии ее пространства. Время покажет, подтвердятся ли эти концепции. По-видимому, сейчас нет необходимости предполагать действие во Вселенной «новых» физических законов, но идеи эволюции, развития прочно заняли свое место в современной астрофизике.

Этому же принципиальному вопросу была посвящена Дарвиновская лекция 1975 г. «Нуждается ли астрономия в новой физике?» В. Л. Гинзбурга. По его мнению, в настоящее время нет оснований для радикального пересмотра физики, предпочтительнее сохранять разумный консерватизм. Хотя Гинзбург и относит Джинса к «радикалам», он отмечает выдающуюся роль этого ученого в астрофизике XX в. Он говорит, что по иронии судьбы те образования, для которых Джинс хотел привлечь «новые» законы физики, находят в настоящее время объяснение в рамках развитой им же самим теории гравитационной неустойчивости. Это может служить предостережением всем «романтикам».

Но «значение ученого определяется не количеством допущенных им ошибок, а важностью того, в чем он бывает прав» [198, с. 248]. И если исходить из этого несомненно справедливого утверждения, то труды Джинса — пионера современной теоретической астрофизики — имеют непреходящее значение в развитии астрономии. Их ценность — в богатстве идейного содержания. Джинс — классик естествознания XX в. Вся его жизнь была подчинена стремлению к познанию гармонии окружающего мира. Он находил ее и в науке о Вселенной, и в музыке, бывшей его второй большой любовью.

Джинс принадлежал к тем, «чей гений с самого начала определил их деяния и страсти, нашел в них свое выражение и проявил себя» [214, с. 362]. И именно такие личности, говорил выдающийся историк И. Драйзен, заслуживают того, чтобы их биографии были написаны.

Основные даты жизни и деятельности Дж. Джинса

- 1877, 11 сентября — родился в Ормскирке Джеймс Хопвуд Джинс.
- 1890, сентябрь — поступление в Тейлоровскую коммерческую школу в Лондоне.
- 1896, октябрь — поступление в Тринити-колледж Кембриджского университета.
- 1900 — получение стипендии им. И. Ньютона по астрономии и оптике, выход в свет первой научной работы «Стратифицированный электрический разряд».
- 1901 — присуждение Смитсоновской премии.
Октябрь — избрание членом Тринити.
- 1902 — создание теории гравитационной неустойчивости.
- 1903 — присуждение ученой степени магистра.
- 1904 — назначение лектором математики в Кембриджском университете. Выход в свет первой монографии «Динамическая теория газов».
- 1905 — избрание профессором прикладной математики в Принстоне (США). Выход в свет статьи «Закон излучения».
- 1906 — избрание членом Лондонского королевского общества.
- 1907 — женитьба на Шарлотте Тиффани Митчелл.
- 1909 — возвращение в Англию. Вступление в Королевское астрономическое общество.
- 1910—1912 — Стоксовский лектор в Кембриджском университете.
- 1911, октябрь — ноябрь — участие в работе I Сольвеевского конгресса.
- 1912, декабрь — участие в работе II Сольвеевского конгресса. Родилась дочь Оливия.
- 1917 — присуждение премии имени Адамса Кембриджского университета за сочинение «Проблемы космогонии и звездной динамики».
- 1919 — присуждение золотой медали Королевского общества. Избрание на должность секретаря Королевского общества, которую он бесменно занимает десять лет.
- 1922 — награждение Золотой медалью Королевского астрономического общества.
- 1924—1944 — научный сотрудник-консультант обсерватории Маунт-Вилсон.
- 1925—1927 — избрание президентом Королевского астрономического общества.
- 1927 — учреждение Джинсом Дарвиновских лекций в Королевском астрономическом обществе.
- 1928 — возведение в рыцарское достоинство. Выход в свет монографии «Астрономия и космогония».

- 1931 — награждение медалью имени Франклина Института имени Франклина в Филадельфии.
- 1934 — смерть жены — Шарлотты Джинс.
- 1935—1946 — утвержден профессором астрономии Королевского института в Лондоне.
- 1935, сентябрь — брак с Сюзанной Хокк в Вене.
- 1936, сентябрь — рождение сына Михаэла Антони.
- 1937 — вступление в почетную должность директора Королевской академии музыки.
- 1939, 31 декабря — награждение орденом Соединенного Королевства «За заслуги». Рождение сына Кристофера Винсента.
- 1943 — присуждение степени почетного доктора Тринити.
- 1946, 29 января — рождение дочери Кэтрин Анне.
- 1946, 16 сентября — Дж. Джинс скончался в своем имении Кливленд-Лодж.

Литература

Работы Дж. Джинса

1900

1. The striated electrical discharge.— *Philos. Mag.*, vol. 49, p. 245—262; vol. 1, p. 521—529.

1901

2. The distribution of molecular energy.— *Philos. Trans. Roy. Soc. London A*, vol. 196, p. 397—430.
3. The theoretical evaluation of γ .— *Philos. Mag.*, vol. 2, p. 638—651.
4. The mechanism of radiation.— *Philos. Mag.*, vol. 2, p. 421—455.

1902

5. The equilibrium of rotating liquid cylinders.— *Philos. Trans. Roy. Soc. London A*, vol. 200, p. 67—104.
6. Conditions necessary for equipartition of energy.— *Philos. Mag.*, vol. 4, p. 585—596.
7. The stability of a spherical nebula.— *Philos. Trans. Roy. Soc. London A*, vol. 199, p. 1—53.

1903

8. The vibrations and stability of a gravitating planet.— *Philos. Trans. Roy. Soc. London A*, vol. 201, p. 157—184.
9. The kinetic theory of gases developed from a new standpoint.— *Philos. Mag.*, vol. 5, p. 597—620.
10. On the vibrations set up by molecular collisions.— *Philos. Mag.*, vol. 6, p. 279—286.

1904

11. The dynamical theory of gases. 2nd ed. Cambridge: Univ. press, 1916. 486 p.
12. The kinetic theory of gases.— *Philos. Mag.*, vol. 6, p. 720—722, 727, 468—469.
13. A suggested explanation of radioactivity.— *Nature*, vol. 70, p. 101.
14. The determination of the size of molecules from the kinetic theory of gases.— *Philos. Mag.*, vol. 8, p. 692—699.
15. The persistence of molecular velocities in the kinetic theory of gases.— *Philos. Mag.*, vol. 8, p. 700—703.

1905

16. Gas-theory and radiation.— *Nature*, vol. 72, p. 101—102.
17. The partition of energy between matter and ether.— *Philos. Mag.*, vol. 10, p. 91—98.
18. Radiation theories compared.— *Nature*, vol. 72, p. 293—294.

19. Statistical mechanics applied to ether and matter.— Proc. Roy. Soc. London A, vol. 76, p. 296—311.
20. The density of algal variables.— *Astrophys. J.*, vol. 22, p. 93—102.
21. The law of radiation.— Proc. Roy. Soc. London A, vol. 76, p. 545—552.

1906

22. Theoretical mechanics. Boston: Ginn.
23. The constitution of the atom.— *Philos. Mag.*, vol. 11, p. 604—607.
24. The thermodynamic theory of radiation.— *Philos. Mag.*, vol. 12, p. 57—60.
25. The H-theorem and the dynamical theory of gases.— *Philos. Mag.*, vol. 12, p. 80—82.
26. The stability of submarines.— *Nature*, vol. 74, p. 270.
27. The deduction of Wien's law.— *Phys. Ztschr.*, Bd. 7, S. 667, 668, 91—92.

1908

28. The mathematical theory of electricity and magnetism. 2nd ed. Cambridge: Univ. press, 1911. 584 p.
29. Radiation theory.— *Ztschr. Phys.*, Bd. 8, S. 853—855.

1909

30. The temperature of radiation and the partition of energy.— *Philos. Mag.*, vol. 17, p. 229—254.
31. The motion of electrons in solids. Pt I, II.— *Philos. Mag.*, vol. 17, p. 773—794; vol. 18, p. 204—226.

1910

32. The motion of a particle about a doublet.— *Philos. Mag.*, vol. 20, p. 380—382.
33. The radiation from electronic orbits.— *Philos. Mag.*, vol. 20, p. 642—651.
34. Planck's radiation theory and non-Newtonian mechanics.— *Philos. Mag.*, vol. 20, p. 943—954.

1913

35. The kinetic theory of star clusters.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 74, p. 12.

1914

36. Report on radiation and the quantum theory: Physical Society Report. L.: Electrician. 90 p.
37. Gravitational instability and the nebular hypothesis.— *Philos. Trans. Roy. Soc. London A*, vol. 213, p. 457—485.
38. Radiation and free electrons.— *Philos. Mag.*, vol. 27, p. 14—22.

1915

39. The potential of ellipsoidal bodies and the figures of equilibrium of rotating liquids.— *Philos. Trans. Roy. Soc. London A*, vol. 215, p. 27—78.
40. On the theory of star-streaming and the structure of the universe.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 76, p. 70—84.

1916

41. The motion of tidally distorted masses.— *Mem. Roy. Astron. Soc.*, vol. 72, p. 1—50.

42. The law of distribution in star clusters.— Month. Notic. Roy. Astron. Soc., vol. 76, p. 567—572.
43. The theory of star-streaming.— Month. Notic. Roy. Astron. Soc., vol. 76, p. 552—567.
44. The instability of the pear-shaped figure of equilibrium.— Philos. Trans. Roy. Soc. London A, vol. 217, p. 1—34.

1917

45. Rotation as a factor in cosmic evolution.— Month. Notic. Roy. Astron. Soc., vol. 77, p. 186—199.
46. Gravitational instability and the figure of the Earth.— Proc. Roy. Soc. London A, vol. 93, p. 413—417.
47. Internal motions in spiral nebulae.— Observatory, vol. 40, p. 60—61.
48. The radiation of the stars.— Nature, vol. 99, p. 365.
49. Cosmogonic theories and the motion of tidally distorted masses.— Mem. Roy. Astron. Soc., vol. 62, p. 1—45.
50. Note on the action of viscosity in gaseous and nebular masses.— Month. Notic. Roy. Astron. Soc., vol. 77, p. 200—204.
51. The equations of radiative transfer of energy.— Month. Notic. Roy. Astron. Soc., vol. 78, p. 28—36.
52. The evolution and radiation of gaseous stars.— Month. Notic. Roy. Astron. Soc., vol. 78, p. 36—47.

1918

53. The present position of the nebular hypothesis.— *Scientia* (Ital.), vol. 24, p. 270—281.
54. The evolution of binary systems.— Month. Notic. Roy. Astron. Soc., vol. 79, p. 100—106.

1919

55. Problems of cosmogony and stellar dynamics: Adams Prize Essay, 1917. Cambridge: Univ. press. 293 p.
56. The configurations of rotating compressible masses: (Bakerian lecture).— Philos. Trans. Roy. Soc. London A, vol. 218, p. 157—210.
57. The internal constitution and radiation of gaseous stars.— Month. Notic. Roy. Astron. Soc., vol. 79, p. 319—332.
58. The origin of binary systems.— Month. Notic. Roy. Astron. Soc., vol. 79, p. 408—416.

1922

59. The motion of stars in a Kapteyn Universe.— Month. Notic. Roy. Astron. Soc., vol. 82, p. 122—132.
60. The dynamics of moving clusters.— Month. Notic. Roy. Astron. Soc., vol. 82, p. 132—139.

1923

61. The nebular hypothesis and modern cosmogony: (Halley lecture, 1922). Oxford: Clarendon press. 31 p.
62. The radiation problem: (8th Guthrie lecture).— Proc. Phys. Soc., vol. 35, p. 222—224.
63. The physical significance of Van der Waals' equation: (Van der Waals' memorial lecture).— J. Chem. Soc., vol. 123, p. 3398—3414.
64. Theory of the scattering of α - and β -rays.— Proc. Roy. Soc. London A, vol. 102, p. 437—453.
65. The propagation of earthquake waves.— Proc. Roy. Soc. London A, vol. 102, p. 554—574.

66. The motion of the stars.— *Scientia* (Ital.), N 3, p. 181—194.
67. On the tidal distortion of rotating nebulae.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 83, p. 453—458.
68. The mechanism and structure of planetary nebulae.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 83, p. 481—493. (Supplement).
69. Internal motions in spiral nebulae.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 84, p. 60—76.

1924

70. Cosmogonic problems associated with a secular decrease of mass.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 85, p. 2—11.

1925

71. Electric forces and quanta: (16th Kelvin lecture).— *Nature*, vol. 115, p. 361—368.
72. On the masses, luminosities and surface temperatures of the stars.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 85, p. 196—211.
73. On the masses, luminosities and surface temperatures of the stars. Second paper.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 85, p. 394—403.
74. On the masses, luminosities and surface temperatures of the stars. Final note.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 85, p. 792—797.
75. On a theorem of von Zeipel on radiative equilibrium.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 85, p. 526—580; 1925, vol. 85, p. 933—935. (Supplement).
76. Note on the distance and structure of the spiral nebulae.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 85, p. 531—534.
77. On Cepheid and long period variation and the formation of binary stars by fission.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 85, p. 797—813.
78. The effect of varying mass on a binary system.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 85, p. 912—914.
79. A theory of stellar evolution.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 85, p. 914—933.

1926

80. Atomicity and quanta: (Rouse Ball lecture, 1925). Cambridge: Univ. press. 64 p.
81. The radiation from a pulsating star and from a star in process of fission.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 86, p. 85—93.
82. On radiative viscosity and the rotation of astronomical masses.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 86, p. 328—335.
83. Stellar opacity and the atomic weight of stellar matter.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 86, p. 561—574.
84. The exact equation of radiative equilibrium.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 86, p. 574—578.
85. Note on the internal densities and temperatures of the stars.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 87, p. 36—43.

1927

86. On liquid stars and the liberation of stellar energy.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 87, p. 400—414.
87. On liquid stars-configurations of stability, long-period variables and stellar evolution.— *Month. Notic. Roy. Astron. Soc.*, vol. 87, p. 720—739.

1928

88. Astronomy and cosmogony. Cambridge: Univ. press. 420 p.; 2nd ed. 1929. 428 p.
89. The wider aspects of cosmogony.—Nature, vol. 121, p. 463—470.
90. The physics of the universe: (H. H. Wills memorial lecture, Bristol).—Nature, vol. 122, p. 689—700.
91. Liquid stars, a correction.—Month. Notic. Roy. Astron. Soc., vol. 88, p. 393—395.

1929

92. The universe around us. Cambridge: Univ. press. 352 p.

1930

93. Eos, or the wider aspects of cosmogony. L.: Kegan Paul. 88 p.
94. The mysterious universe: (Rede lecture, 1930). Cambridge: Univ. press. 154 p.

1931

95. The stars in their courses. Cambridge: Univ. press. 200 p.
96. The annihilation of matter.—Nature, vol. 128, p. 103—110.
97. Beyond the Milky Way.—Nature, vol. 128, p. 825—832.
98. The origin of the solar system.—J. Franklin Inst., vol. 212, p. 185—245.

1932

99. What is radiation?: (14th Sylvanus Thompson memorial lecture).—Brit. J. Radiol., vol. 5, p. 21—37.

1933

100. The new background of science. Cambridge: Univ. press. 303 p.

1934

101. Through space and time. Cambridge: Univ. press. 224 p.

1936

102. The size and age of the universe.—Not. Proc. Roy. Inst., vol. 29, N 1, p. 65—86; Nature, vol. 137, p. 17—24.
103. Some problems of present-day astronomy: (lecture — april 1936). Vienna.

1937

104. Science and music. Cambridge: Univ. press. 258 p.

1940

105. Introduction to the kinetic theory of gases. Cambridge: Univ. press. 311 p.

1942

106. Physics and philosophy. Cambridge: Univ. press. 222 p.

1943

107. The evolution of the solar system.—Endeavour, vol. 11, N 5.

1945

108. The astronomical horizon: (Deneke lecture, 1944). Oxford: Clarendon press. 23 p.

1947

109. The growth of physical science. Cambridge: Univ. press. 864 p.

110. Гипотеза Лапласа и современное учение о происхождении мира.— В кн.: Новейшее учение о происхождении мира. М.: Гостехтеориздат. 1923, с. 40—50.
111. Происхождение Солнечной системы.— Успехи физ. наук, 1924, т. 4, с. 217—239.
112. Современное развитие космической физики.— В кн.: Новейшие течения научной мысли. 5/Пер. с англ. С. И. Вавилова. М.: Гостехтеориздат, 1928, с. 7—46.
113. Вселенная вокруг нас/Пер. с англ. Н. И. Идельсона. М.: Гостехтеориздат, 1932. 403 с.
114. Происхождение Солнечной системы.— Мироведение, 1932, т. 21, № 1—2, с. 50—57.
115. Движение миров/Пер. с англ. под ред. проф. А. А. Михайлова. М.: Гостехтеориздат, 1933. 183 с.
116. Астрономическая картина мира.— В кн.: Основные проблемы космической физики/Под ред. М. П. Бронштейна. Харьков; Киев: Гос. науч.-техн. изд-во Украины, 1934, с. 9—33.
117. Джинс Дж., Эддингтон А., Милн Е. Дискуссия о возрасте Вселенной.— Мироведение, 1935, т. 24, № 5, с. 295—300.
118. Движение миров. М.: Детгиз, 1937. 152 с.

Литература о Дж. Джинсе

119. Бронштейн М. П. Джеймс Джинс.— В кн.: Творцы науки о звездах. Л.: Красная газ., 1930, с. 75—88.
120. Еремеева А. И. Выдающиеся астрономы мира. Рекомендательный указатель. М.: Книга, 1966. 382 с.
121. Колчинский И. Г., Корсунь А. А., Родригес М. Г. Астрономы: Биографический справочник. Киев: Наук. думка, 1977, с. 89—91.
122. Храмов Ю. А. Физики: Биограф. справ. Киев: Наук. думка, 1977, с. 124—125.
123. Chapman S. Dictionary of national biography, 1941—1950. Oxford, 1959, p. 430—432.
124. Commemoration of the birth centenary of Sir James Jeans.— Quart. J. Roy. Astron. Soc., 1978, vol. 19, p. 158—159.
125. Growther I. G. British scientists of the twentieth century. L., 1952, p. 93—139.
126. McCrea W. H. The writing and cosmology of Sir James Jeans.— Irish Astron. J., 1956, vol. 4, N 1, p. 23—28.
127. McCrea W. H. Jeans centenary talk (Sir James Hopwood Jeans, OM, FRS, 1877—1946).— Quart. J. Roy. Astron. Soc., 1978, vol. 19, p. 160—166.
128. McCrea W. H. Sir James Hopwood Jeans (pioneer of modern astrophysics).— Phys. Bull., 1978, vol. 29, p. 257—259.
129. Milne E. A. Sir James Jeans.— Obituary Notic. Fellows Roy. Soc., 1947, vol. 5, N 15, p. 573—589.
130. Milne E. A. Sir James Jeans: A biography. Cambridge: Univ. press, 1952. 176 p.
131. Oldham G. Sir James Jeans, OM, FRS. Centenary concert— New Quartet specially composed.— Quart. J. Roy. Astron. Soc., 1978, vol. 19, p. 175—176.
132. Rees M. Jeans centenary: (Lecture). L., 1977.

133. *Smith R. W.* Sir James Hopwood Jeans, 1877—1946.— J. Brit. Astron. Assoc., 1977, vol. 88, N 1, p. 8—18.
134. *Woodruff A. E.* James Jeans.— In: Dictionary of scientific biography. 1973, vol. 5, p. 84—86.

Использованная литература других авторов

135. *Маркс К.* Тезисы о Фейербахе.— Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 3, с. 1—4.
136. *Энгельс Ф.* Диалектика природы.— Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 20, с. 339—626.
137. *Энгельс Ф.* Людвиг Фейербах и конец классической немецкой философии.— Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 21, с. 269—317.
138. *Ленин В. И.* Материализм и эмпириокритицизм.— Полн. собр. соч. Т. 18. 525 с.
139. *Ленин В. И.* Философские тетради.— Полн. собр. соч. Т. 29, 782 с.
140. Белые карлики / Под ред. В. С. Имшенника. М.: Мир, 1975. 256 с.
- 140а. Бесконечность и Вселенная / Под ред. В. В. Казютинского и др. М.: Мысль, 1969.
141. *Беркли Дж.* Сочинения. М.: Мысль, 1978. 556 с.
142. Биографии великих химиков / Под ред. К. Хейнинга. М.: Мир, 1981. 388 с.
143. *Блинников С. И.* К вопросу о законе вращения политропных конфигураций.— Астрон. журн., 1972, т. 49, вып. 3, с. 654—657.
144. *Вайнберг С.* Идеиные основы единой теории слабых и электромагнитных взаимодействий.— Успехи физ. наук, 1980, т. 132, вып. 2, с. 201—217.
145. *Вигнер Е.* Этюды о симметрии. М.: Мир, 1971. 318 с.
146. *Гейзенберг В.* Физика и философия. М.: Изд-во иностр. лит., 1963. 203 с.
147. *Гинзбург В. Л.* Современная астрофизика. М.: Наука, 1970. 192 с.
148. *Гинзбург В. Л.* О физике и астрофизике. М.: Наука, 1974. 120 с.
149. *Гинзбург В. Л.* Замечание о методологии и развитии физики и астрономии.— Вопр. философии, 1980, № 12, с. 24—26.
150. *Горбачкий В. Г.* Космическая газодинамика. М.: Наука, 1977, 360 с.
151. *Дибай Э. А., Каплан С. А.* Размерности и подобие астрофизических величин. М.: Наука, 1976. 399 с.
152. *Дубинин Н. П.* Диалектика происхождения жизни и происхождения человека.— Вопр. философии, 1979, № 11, с. 32.
153. *Жарков В. Н., Паньков В. А., Калачников А. А., Оснач А. И.* Введение в физику Луны. М.: Наука, 1969. 312 с.
154. *Зельдович Я. Б.* Рождение закрытой Вселенной и антропогенный принцип.— Письма в «Астрон. журн.», 1981, т. 7, № 10, с. 579—581.
155. *Зельдович Я. Б., Блинников С. И., Шакура Н. И.* Физические основы строения и эволюции звезд. М.: Изд-во МГУ, 1981, 159 с.

156. *Зельдович Я. Б., Новиков И. Д.* Стрoение и эволюция Вселенной. М.: Наука, 1975. 736 с.
157. *Зельдович Я. Б., Новиков И. Д.* Физика и космология.— В кн.: *Астрономия. Методология. Мирозозрение.* М.: Наука, 1979, с. 121—136.
158. *Идлис Г. М.* Основные черты наблюдаемой астрономической Вселенной как характерные свойства обитаемой космической системы.— *Изв. Астрофиз. ин-та КазССР*, 1958, т. 7, с. 38—54.
159. *Антонов В. А., Фридман А. М.* Равновесие и устойчивость гравитирующих систем. М.: ВИНТИ, 1975, т. 10. 160 с. (Итоги науки и техники. Сер. Астрономия).
160. *Казюгинский В. В.* Вселенная, астрономия, философия. М.: Знание, 1972. 64 с.
161. *Козенко А. В.* Гравитационное поле политропы единичного индекса со слабодифференциальным вращением.— *Астрон. журн.*, 1975, т. 52, с. 887—890.
162. *Конт О.* Курс положительной философии. СПб., 1899. 302 с.
163. *Крат В. А.* Фигуры равновесия небесных тел. М.: Гостехтеориздат, 1950. 239 с.
164. *Кузнецов Б. Г.* История философии для физиков и математиков. М.: Наука, 1974, с. 233.
165. *Левин Б. Ю.* Происхождение Земли и планет. М.: Физматгиз, 1959. 84 с.
166. *Лекторский В. А.* От позитивизма к неопозитивизму.— В кн.: *Буржуазная философия XX века.* М.: Политиздат, 1974, с. 336.
167. *Лившиц Е. М.* О гравитационной неустойчивости расширяющегося мира.— *ЖЭТФ*, 1946, т. 16, с. 587—597.
168. *Литтлвуд Дж.* Математическая смесь. М.: Наука, 1978. 143 с.
169. *Лоренц Г. А.* Старые и новые проблемы физики. М.: Наука, 1970. 278 с.
170. Макс Планк, 1858—1958 / Под ред. А. Ф. Иоффе, А. Т. Григорьяна. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 278 с.
171. *Мах Э.* Механика.— В кн.: Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979, с. 49—72.
172. Нильс Бор. Жизнь и творчество / Под ред. Б. Г. Кузнецова. М.: Наука, 1967. 344 с.
173. *Парийский Н. Н.* Новые попытки объяснения происхождения Солнечной системы.— *Астрон. журн.*, 1939, т. 16, вып. 1, с. 77—83.
174. *Парийский Н. Н.* К вопросу о происхождении Солнечной системы.— *Астрон. журн.*, 1943, т. 20, вып. 2, с. 9—28.
175. *Пиппарт А.* Традиции Кавендиша.— В кн.: *Образованный ученый.* М.: Наука, 1979. 160 с.
176. *Поляченко В. Л., Фридман А. М.* Колебания и неустойчивости многокомпонентной гравитирующей среды.— *ЖЭТФ*, 1981, т. 81, с. 13—21.
177. Проблемы современной космогонии / Под ред. В. А. Амбарцумяна. М.: Наука, 1972. 450 с.
178. Проблема СЕГУ / Под ред. С. А. Каплана. М.: Мир, 1975. 345 с.
179. Происхождение и эволюция галактик и звезд / Под ред. С. Б. Пикельнера. М.: Наука, 1976. 408 с.
180. Происхождение и эволюция звезд / Под ред. А. Г. Масевич. М.: Изд-во иностр. лит., 1962. 366 с.

181. Промышленность и техника. СПб., 1904. Т. 3. Электричество. 644 с.
182. *Цуанкаре А.* Избранные труды. М.: Наука, 1974. Т. 3. 771 с.
183. Резерфорд — ученый и учитель / Под ред. П. Л. Капицы. М.: Наука, 1973. 216 с.
184. *Рейн Н. Ф.* Методический анализ космогонической теории Джинса. Происхождение Солнечной системы.— Тр. ГАИШ, 1936, т. 7, вып. 2, с. 5—67.
185. *Рейн Н. Ф., Парийский Н. Н.* Катастрофические гипотезы происхождения Солнечной системы.— Успехи астрон. наук, 1941, т. 2, с. 137—156.
186. *Реклю Э.* Британские острова. СПб., 1899. 424 с.
187. *Рессел Г. Н.* Солнечная система и ее происхождение. М.: ОГИЗ, 1944. 104 с.
188. Родоначальники позитивизма. СПб., 1912. Вып. 4. 139 с.
189. *Рожанский И. Д.* Античная наука. М.: Наука, 1980. 199 с.
190. *Сноу Ч. П.* Две культуры. М.: Прогресс, 1973. 142 с.
191. *Степин В. С.* Эволюционный стиль мышления в современной астрофизике.— В кн.: Астрономия. Методология. Мирозозрение. М.: Наука, 1979, с. 107—120.
192. Строение звездных систем / Под ред. П. Н. Холопова. М.: Изд-во иностр. лит., 1962. 664 с.
193. *Сыгинская Н. Н.* Современная наука о происхождении Солнечной системы. М.: Изд-во АПН РСФСР, 1956. 95 с.
194. *Тассуль Ж.-Л.* Теория вращающихся звезд. М.: Мир, 1982. 472 с.
195. *Тимирязев А. К.* Жизнь и труды Дж. Дж. Томсона (1856—1940).— Успехи химии, 1941, т. 10, № 1, с. 109—110.
196. *Толмен Р.* Относительность, термодинамика, космология. М.: Наука, 1974. 520 с.
197. *Торосян В. Г.* Теория и реальность в астрофизике. Автореф. дис. ... канд. филос. наук. М., 1977. 24 с.
198. *Уилсон М.* Встреча на далеком меридиане. М.: Изд-во иностр. лит., 1961. 430 с.
199. *Уитни Ч.* Открытие нашей Галактики. М.: Мир, 1975. 237 с.
200. *Фейнман Р.* Характер физических законов. М.: Мир, 1968. 232 с.
201. *Чандрасекхар С.* Эллипсоидальные фигуры равновесия. М.: Мир, 1973. 288 с.
202. *Шепли Х.* Звезды и люди. М.: Изд-во иностр. лит., 1962. 152 с.
203. *Ширвиндт Н.* Предисловие.— В кн.: Дж. Джинс. Вселенная вокруг нас. М.; Л., 1932, с. 5—10.
204. *Шкловский И. С.* Звезды, их рождение, жизнь и смерть. М.: Наука, 1975. 367 с.
205. *Шкловский И. С.* О возможной уникальности разумной жизни во Вселенной.— В кн.: Астрономия. Методология. Мирозозрение. М.: Наука, 1979, с. 252—274.
206. *Шмидт О. Ю.* Происхождение Земли и планет. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 131 с.
207. *Шредингер Э.* Что такое жизнь? С точки зрения физика. М.: Атомиздат, 1972. 88 с.
208. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов: В 4-х т. М.: Наука, 1966. 632 с.
209. *Эйнштейн А.* Собрание научных трудов: В 4-х т. М.: Наука, 1967. 599 с.

210. Эйнштейновский сборник, 1971. М.: Наука, 1972. 398 с.
211. *Babinet*. Comptes Rendus. P., 1861. Vol. 52. 481 p.
212. *Buffon J. L.* Histoire Naturelle. P., 1749. 151 p.
213. *Chamberlin Th. C.* Fundamental problems in geology.— In: Yearbook N 4 Carnegie Inst. of Techn. Pittsburg, 1905, p. 195—258.
214. *Droysen I. G.* Historik. München, 1943. 362 S.
215. *Hanson N. R.* Patterns of discovery. Cambridge, 1958. 122 p.
216. *James R. A.* The structure and stability of rotating gas masses.— Astrophys. J., 1964, vol. 140, p. 552—582.
217. *Jardetsky J.* Theories of figures of celestial bodies. L.: Interscience, 1958. 221 p.
218. *Jeffreys H.* The Earth. Cambridge: Univ. press. 1929. 480 p.
219. *Low C., Lynden-Bell D.* The minimum Jeans mass or when fragmentation must stop.— Month. Notic. Roy. Astron. Soc., 1976, vol. 176, p. 367—390.
220. *Lyttleton R. A.* The theoretical basis of the fission theory of binary stars.— Trans. Intern. Astron. Union, 1952, vol. 8, p. 717.
221. *Lyttleton R. A.* The stability of rotating liquid masses. Cambridge, 1953. 311 p.
222. *Morrot H. V.* The life and letters of John Galsworthy. L., 1935. 750 p.
223. *Moulton F. R.* Evolution of Solar system.— Astrophys. J., 1905, vol. 12, p. 165.
224. *Rayleigh J.* Lord, remarks upon the law of complete radiation.— Philos. Mag., 1900, vol. 49, p. 539—540.
225. *Todhunter I.* History of the mathematical theories of attraction and the figure of the Earth. L.: Constable, 1873. 381 p.
226. *Wasiutinski J.* Studies in hydrodynamics and structure of stars and planet. Oslo, 1946. 277 p.
227. *Woolfson M. M.* Origin of the Solar system.— Nature, 1960, vol. 187, p. 47—48.
228. *Woolfson M. M.* A capture theory of the origin of the Solar system.— Proc. Roy. Soc. London A, 1964, vol. 282, p. 485—507.

Оглавление

| | |
|---|-----|
| Предисловие | 5 |
| Глава 1 | |
| Детство и годы учебы | 8 |
| Глава 2 | |
| Профессор прикладной математики | 15 |
| Глава 3 | |
| Секретарь Королевского общества | 26 |
| Глава 4 | |
| Последние годы жизни | 41 |
| Глава 5 | |
| Вклад Джинса в физику | 53 |
| Глава 6 | |
| Вклад Джинса в астрономию | 66 |
| Глава 7 | |
| Философские воззрения Джинса | 98 |
| Глава 8 | |
| Джинс — популяризатор науки | 122 |
| Заключение | 128 |
| Основные даты жизни и деятельности Дж. Джинса | 133 |
| Литература | 135 |

Александр Васильевич Козенко

Джеймс Хопвуд Джинс

1877—1946

Утверждено к печати
редколлекцией научно-биографической серии
Академии наук СССР

Редакторы Э. Н. Терзильева, Л. Е. Кочарьянц
Художественный редактор Л. В. Кабатова
Технический редактор И. В. Бочарова
Корректоры Л. Р. Мануильская, Р. В. Молоканова

ИБ № 27975

Сдано в набор 08.04.85. Подписано к печати 10.07.85. Т-14824.

Формат 84×108^{1/32}. Бумага книжно-журнальная.

Гарнитура обыкновенная новая. Печать высокая.

Усл. печ. л. 7,55. Усл. кр. отт. 7,77. Уч.-изд. л. 7,9.

Тираж 6500 экз. Тип. зак. 1346. Цена 50 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука»,
117864 ГСП-7, Москва, В-485, Профсоюзная ул. 90

2-я типография издательства «Наука»
121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 6



А. В. Козенко

Джеймс Хопвуд

ДЖИНС

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»



ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ КНИГА:

Кочина П. Я.

КАРЛ ТЕОДОР ВИЛЬГЕЛЬМ ВЕЙЕРШТРАСС

1815—1897

18 л., 1 р. 40 к.

Книга посвящена жизни и деятельности Карла Вейерштрасса — одного из крупнейших немецких математиков второй половины XIX в. Его именем названы многие теоремы математического анализа, вариационного исчисления, линейной алгебры. Биография написана академиком П. Я. Кочиной, удачно синтезирующей сведения о жизни Вейерштрасса с научным обзором его творчества. Работа доступна для достаточно широкого круга лиц, знакомых с началом математического анализа.

Книга рассчитана на читателей, интересующихся историей математики.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазинов «Книга — почтой» «Академкнига»:

480091 **Алма-Ата**, 91, ул. Фурманова, 91/97; 370005 **Баку**, 5, ул. Джапаридзе, 13; 320093 **Днепропетровск**, проспект Ю. Гагарина, 24; 734001 **Душанбе**, проспект Ленина, 95; 252030 **Киев**, ул. Пирогова, 4; 277012 **Кишинев**, проспект Ленина, 148; 443002 **Куйбышев**, проспект Ленина, 2; 197345 **Ленинград**, Петрозаводская ул., 7; 220012 **Минск**, Ленинский проспект, 72; 117192 **Москва**, В-192, Мичуринский проспект, 12; 630090 **Новосибирск**, Академгородок, Морской проспект, 22; 620151 **Свердловск**, ул. Мамина-Сибиряка, 137; 700187 **Ташкент**, ул. Дружбы народов, 6; 450059 **Уфа**, 59, ул. Р. Зорге, 10; 720001 **Фрунзе**, бульвар Дзержинского, 42; 310078 **Харьков**, ул. Чернышевского, 87.

50 коп.