

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие редакторов и благодарности	13
Предисловие к первому изданию	15
Предисловие к настоящему изданию	17
Введение	20

1. ДОИСТОРИЧЕСКАЯ АСТРОНОМИЯ

*

Палеолитические символы	24
Астрономия в Европе в эпоху неолита, бронзового и железного веков . .	26
Ранние астрономические наблюдения в Средиземноморье	40
Наблюдение солнцестояний в Северной и Южной Америке	44

2. ДРЕВНИЙ ЕГИПЕТ

*

Ориентация и пирамиды	48
Солярные и лунные ритуалы	51
Календарь	54
Звезды. Дневные и ночные часы	56
Египет, Греция и Рим	61

3. МЕСОПОТАМИЯ

*

Месопотамская цивилизация	67
Вавилонская астрономия времен династии Хаммурапи	68
Планетные движения: отступление	74
Религия и астрология	77
Вавилонская астрономия в Ассирийский период	79
Вавилонская астрономия в период независимости и персидского правления	84
Вавилонская астрономия в период Селевкидов	90
Два подхода к изучению планетных движений: неисторическое отступление	97
Вавилонская планетная теория	105

*

4. ГРЕЧЕСКИЙ И РИМСКИЙ МИРЫ

Астрономия во времена Гомера и Гесиода	108
Космологические воззрения в VI в. до н.э.	110
Греческие календарные циклы	113
Древние греки и небесная сфера	115
Гомоцентрическая система Евдокса	116
Космология Аристотеля	125
Гераклид и Аристарх	131
Взаимосвязь греческой геометрии и астрономии	133
Аполлоний и переход к теории эпициклов	142
Гиппарх и движение сферы звезд	145
Гиппарх о Солнце, Луне и планетах	153
Александрийцы	159
Движение Солнца по Птолемею	166
Птолемея теория движения Луны	168
Неподвижные звезды у Птолемея	171
Птолемей о планетах	172
Астрология: влияние Птолемея	178
Византийская астрономия	183
Астролябия	185

*

5. КИТАЙ И ЯПОНИЯ

Космология и государственное регулирование в Древнем Китае	198
Математическая астрономия в Китае	205
Наблюдение и предсказание затмений	208
Звездные карты	209
Китай между X и XVI вв.	213
Корея и Япония	218
Миссия иезуитов в Японии	221
Иезуитская миссия в Китае	224
Тибетская астрономия	230

*

6. АМЕРИКА ДО КОЛУМБА

Майя, ацтеки и южноамериканская астрономия	234
Календари майя	236
Поклонение Венере у майя и ацтеков	238

Инки	243
Северная Америка	244

7. Астрономия в Индии и Персии

*

Ведическая астрономия	247
Влияние на Индию Месопотамии и Греции	248
Космологические влияния: модель двойного эписцикла	252
Ариабхата	256
Общие особенности индийской астрономии	258
Взаимное влияние ранних восточных календарей	261
Персидское влияние на исламскую астрономию	267

8. Восточный ислам

*

Происхождение ислама	271
Зидж	274
Абу Машар	279
Ал-Хорезми	280
Ал-Баттани	282
Четыре астронома и четыре аспекта исламской астрономии	284
Насир ад-Дин ат-Туси и его последователи	291
Мусульманские обсерватории	297

9. Западный ислам и христианская Испания

*

Ал-Маджрити и появление астрономии в ал-Андалусе	305
Кордова и Европа	307
Аз-Заркали, теория восхождения и нисхождения и Толедские таблицы	309
Конкуренция между Толедскими и Хорезмийскими таблицами	314
Астролябия и астролябия-квадрант	316
Небесная машинерия	320
Альфонсовы таблицы в Испании и Париже	321
Византийское возрождение	326

10. Средневековье и начало Возрождения в Европе

*

Местные традиции	329
Ранняя христианская церковь и ее базовая космология	331
Календарь как прибежище элементарной астрономии	334

Космология по латинским источникам	342
Данте и Чосер	347
Университеты и парижская астрономия	353
Астрономы-практики	357
Ричард Уоллингфордский	363
Часы и мироздание	369
Оксфорд и Альфонсовы таблицы	371
Философы и космос	374
Пурбах, Региомонтан и печатная книга	378
Астрономия и навигация	389
Карты, лоции и инструменты морской навигации	393
Навигация, картографирование и торговля инструментами	395
Математика гороскопов: астрология как побудительный мотив	403
Астрология	404
Альманахи	410
Возвращение к грекам?	412
Гомоцентрические сферы и их характеристики. Кометы	417

*

11. ПЛАНЕТНАЯ ТЕОРИЯ

Отказ от прежних убеждений	422
Карьера Коперника	426
Эволюция коперниканской системы	433
Период трансформации	443

*

12. НОВЫЙ ЭМПИРИЗМ

Тихо Браге и возрождение эмпирической астрономии	446
Небесные сферы и планетные системы	457
Лунная теория Тихо	461
Гипотеза или истина, астрономия или физика?	464
Кеплер и планетные аспекты	469
Первые залпы в битве с Марсом	478
Попытки создания физики планетного движения	483
Кеплеровские законы планетного движения	490
Первые телескопы: отображение увиденного	496
Галилей и космологические последствия изобретения телескопа	507
Век первых телескопов	519

Телескопы и грезы	527
Новые телескопы	530
Телескопы с микрометрами	537
Расстояние до Солнца	542

13. ЗАРОЖДЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ АСТРОНОМИИ

*

Планетная теория от Кеплера до Ньютона	549
Картезианская космология и вихревая теория планетного движения	554
Природа комет	559
Исаак Ньютон и всемирное тяготение	562

14. НОВЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

*

Новые проблемы, связанные с бесконечностью Вселенной	573
Галлей и кометы	576
Галлей и собственное движение	580
XVIII век	581
Изготовители инструментов	583
Два великих открытия Брэдли	588
Зенитные секторы и лондонская торговля инструментами	593
Уильям и Каролина Гершель	597
Туманности и звездные скопления до Гершеля	605
Млечный Путь: Райт, Кант, Ламберт и Гершель	607
Джон Мичелл, Уильям Гершель и расстояние до звезд	614
Математика и Солнечная система	619
Небулярная гипотеза Лапласа	625

15. ТОЧНОСТЬ И СОВРЕМЕННАЯ АСТРОФИЗИКА

*

Картографирование неба и измерение положений звезд	628
Новая точность: Бессель и звездный параллакс	640
Оптика и новая астрономия	646
Астероиды и Нептун	648
Лоуэлл, Марс и Плутон	653
Профессиональные рефракторы и любительские рефлекторы	660
Парадокс темного неба	674
Фотографическая революция	675
Фотография и Солнце	679

Странные спектры: реальные и кажущиеся новые элементы и жизнь в других мирах	688
Солнечный ветер	695
Корона, сфотографированная по-новому	701
Дальнейшее применение фотографии	702
Фотография и хранение данных	710
О природе комет	712
Какой области пространства принадлежат кометы?	725

*

16. ГАЛАКТИКИ, ЗВЕЗДЫ И АТОМЫ

Космогония и источники солнечной энергии	729
Солнечные пятна и магнетизм	736
Солнце и Дж. Э. Хейл, телескопический мечтатель	740
Строение Солнца и радиус Шварцшильда	745
Расстояния до звезд без спектроскопии	749
Спектроскопия и звездная эволюция	750
Некоторые ранние исследования переменных звезд	761
Цефеиды и модели Млечного Пути	768
Спиральные туманности в фокусе внимания	774
Спиральная форма галактики: темная материя	780
Теории эволюции галактики	790
Гиганты или карлики? Звездная интерферометрия	793
Классификация звезд и эволюция	798
Пределы Чандрасекара и Оппенгеймера — Волкова	802
Относительная распространенность химических элементов	807
Ядерная физика и источники звездной энергии	816
CNO-цикл	818
Нейтрино	821
Эволюционирующие звезды и диаграмма ГР	824
Гиганты и точки поворота на диаграмме ГР	828
Уточнения, внесенные в диаграмму ГР	833

*

17. ВОЗРОЖДЕНИЕ КОСМОЛОГИИ

Начало релятивистской космологии	839
Оспаривание устоявшихся мнений	843
Модели Вселенной	847

Расширяющаяся Вселенная	850
Теории выстраиваются в очередь	855
Физика Вселенной	860
Альтернативные космологии	863
Сотворение материи	867
Космологическое обилие химических элементов	872
Баталии вокруг распространенности элементов	876
Ядерные реакции в звездах	877
Проблема гелия	882

18. РАДИОАСТРОНОМИЯ

*

Первые попытки радиоастрономических наблюдений	885
Галактические радиоволны	887
Новые радиотехнические средства	890
В поисках высокого углового разрешения	894
Открытие квазаров	901
Космическое микроволновое фоновое излучение	907
Космические мазеры и открытие пульсаров	911
Успехи оптической астрономии	915

19. ОБСЕРВАТОРИИ В КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

*

Обсерватории на летательных аппаратах и космическая радиация	920
Обсерватории на ракетах и Солнечная система	925
Люди на Луне и разумная жизнь за пределами Земли	932
Планета будет мирно говорить с другой планетой	937
Космические аппараты и планеты с близкого расстояния	942
Точки Лагранжа	948
Расцвет космических исследований	951
Рентгеновская и гамма-астрономия на спутниках	956
Новые и сверхновые звезды	962
Кометы и автоматические межпланетные станции	969
Кометы и жизнь на Земле	974
Борьба с космическими ветряными мельницами	978
Космический телескоп «Хаббл»	983
Ракетные двигатели и исследование космоса с участием человека	987

*

20. МАКРОКОСМ И МИКРОКОСМ

Астрономия и смежные науки	990
Сферические массы и черные дыры.	991
Галактические черные дыры	997
Темная материя, МАСНО и WIMP	999
Зельдович, Пенроуз и Хокинг	1006
Хокинг и излучение черной дыры	1010
Космические иерархии: от звезд до сверхскоплений галактик	1014
Q и Ω	1020
Единые физические теории	1023
Инфляционные теории	1026
Монополи и космические струны	1032
Ускоренное расширение и темная энергия	1035
Человечество и Вселенная	1039
Библиографический обзор	1048
Указатель имен	1086

ВВЕДЕНИЕ

Когда производство вычислений требовало не столько электронно-вычислительных мощностей, сколько личных умственных способностей, а числа были окружены большей таинственностью, существовало повсеместное ощущение того, что науки, производящие вычисления с точностью до десятого знака после запятой, несомненно заслуживают называться «точными». Астрономия, как предполагалось, должна в определенном смысле превосходить науки, которые подсчитывали количество лепестков, или получали C как результат сочетания A и B , или предсказывали, что смерть пациента наступит «на этой или на следующей неделе». Если судить с этой узкой точки зрения, астрономия не имела себе равных среди других эмпирических наук на протяжении более чем двух тысячелетий. Однако куда важнее то, что астрономия была точной наукой в течение гораздо более долгого периода времени, поскольку она излагалась в высшей степени логично, на систематической основе, со структурой аргументации, создаваемой по образцу математической, содействуя, время от времени, становлению самой математики. Астрономия и ее сестра геометрия настолько высоко ценились в прошлом, что были приняты в качестве образцов-прототипов для всех эмпирических наук в целом, способствуя обретению ими собственной формы и структуры.

Астрономы испытывают особую гордость в отношении древнего происхождения точности их предмета, однако, скорее, следует говорить не о точности, а о тщательности. Если же говорить именно о точности, то астрономия, пожалуй, не вполне соответствует стандартам высокой надежности. Как-никак, она отличается от большинства других наук по меньшей мере в одном важном аспекте: она изучает объекты, на которые по большей части невозможно воздействовать в целях проведения эксперимента. Астроном наблюдает, анализирует увиденное и выводит законы, связывающие увиденное сегодня с тем, что будет увидено завтра. Даже в наши дни, когда существуют автоматические межпланетные станции, предмет астрономии остается по большей части аналитическим, а не экспериментальным. Несомненно, это качество частично объясняет то, почему астрономия стала первой высоко формализованной наукой.

Мы не можем сказать, как и где это произошло. Ответ будет в значительной степени зависеть от того, насколько широко мы определяем наши понятия. Утверждается, что последовательность отметин в виде лунных серпов, вырезанных на костяных артефактах, обнаруженных в культурах, разбросанных на таких широких временных интервалах, как 36 000 лет до н.э. и 10 000 лет до н.э., представляет собой количество дней в месяце. Продолжительность месяца от новолуния до новолуния составляет примерно двадцать девять с половиной дней, кроме того, даже грубый подсчет, очевидно, предполагает введение дополнительных дней, когда Луна невидима. Поскольку в одних случаях счет мог производиться от молодого месяца до последнего видимого серпа, а в других до следующего молодого месяца, не следует слишком придираться к тому, что разбиение отметин по группам на найденных фрагментах костей, варьирующееся от 27 до 31, трактуется как свидетельство ведения лунного счета. Количество отметин в группах образует большое разнообразие, которое, как полагают, позволяет судить о разграничении четырех лунных фаз. Свидетельства подобного рода крайне сложно поддаются обработке даже с применением статистических методов. В этом тезисе нет ничего невероятного; действительно, часто кажется, что отметины, выдалбливаемые на указанных костях, внешне напоминают лунный серп; но это единственное, о чем мы можем сказать с полной уверенностью.

Заманчиво рассматривать подсчет лунных дней как первый шаг в направлении небесной математики. Ведение счета дней месяца могло быть полезно любому, кто ценит ночной лунный свет, но помимо этого здесь можно усмотреть очевидную связь с человеческой репродуктивностью. Мы должны остерегаться привнесения в нашу предысторию собственных предубеждений. Примитивный календарь, как часто говорят, предусматривает необходимость подсчета дней, и движение Солнца стало особенно тщательно изучаться, чтобы создать некое подобие календаря для нужд первых земледельческих обществ. Однако очевидно: сезоны важны и для охотников, и они знали о них задолго до изобретения сельского хозяйства. Можно с большой вероятностью предположить, что солнечные календари — в самом широком смысле неких средств для слежения за сменой сезонов — первоначально не имели ничего общего с подсчетом дней. Скорее всего, они основывались на изменении порядка восхода и захода Солнца над горизонтом в течение года.

Эпоха, когда происходил переход от охоты к земледелию, существенным образом варьируется от одного географического региона к другому. В Юго-Западной Азии оседлые сельскохозяйственные общины существовали уже в восьмом тысячелетии до н.э., и такие же ранние общины могли существовать в Юго-Восточной Азии. Около 4400 г. до н.э. земледелие достигло

Британии и внешних пределов Европы, а примерно за тысячу лет до этого оно проникло в Средиземноморье. Не вызывает сомнений, что в то или иное время в разных местах по всему миру разрабатывались какие-то астрономические идеи. Некоторые из них, несомненно, передавались от одного центра к другому, и это не всегда имело отношение к миграции людей. Трудно судить об относительной важности этих тенденций, но похоже, что в четвертом тысячелетии до н.э. в Северной Европе произошли значительные перемены в самой интенсивности, с которой изучалось небо. Свидетельства этих изменений обнаруживает археология. Возможно, время покажет, где еще аналогичные изменения происходили раньше или параллельно, но те из них, что случились в Северной Европе, достаточно впечатляющи для их использования в качестве отправной точки нашей истории.

Есть все основания для включения в наше рассмотрение указанной ранней европейской активности. Она и правда была научной в том смысле, что сводила все наблюдения к некоему своду правил. Это не означает, что ее побудительные причины совпадали с нашими. У меня нет никаких сомнений в следующем: причины рационализации небесных явлений были преимущественно религиозными или мистическими по своему характеру, и они оставались таковыми вплоть до исторического времени. Большинство народов в ходе своего развития считали Солнце, Луну и звезды живыми и даже наделяли их человеческими качествами. Они рассказывали истории о небесных телах, опираясь в значительной мере на аналогии из человеческой жизни. Утверждают, что в подобных аналогиях можно заметить истоки зарождения науки, но не будем преувеличивать значение этого момента. Астрономия всегда была тесно связана с религией. И та и другая интересовались одними и теми же объектами: Солнце, Луна и звезды обожествлялись во многих обществах. Для того чтобы всесторонне охарактеризовать союз астрономии с религией, потребовалось бы написать совсем другую книгу, но полное игнорирование этого аспекта в пользу «точной» части науки было бы все равно что принять лес за деревья.

На протяжении всей истории предзнаменования и приметы тщательно изучались как одно из средств предугадывания или даже упреждения сверхъестественных сил, правивших, как тогда представлялось, миром. Не удивительно, что небесные тела входили в число объектов, которым уделялось наибольшее внимание. Они считались божествами отчасти из-за очевидной самостоятельной значимости — особенно Солнце. Их было удобно использовать в качестве материала для предсказаний, поскольку в их поведении наблюдалась определенная регулярность. Здесь, конечно же, первичными являлись магические представления о природе, которые на более позднем этапе

ВВЕДЕНИЕ

привели к осознанию того, что звезды гораздо больше годятся для привнесения систематичности и точности, чем печень овцы, погода и птичьи стаи. К примеру, астрология, процветавшая на Ближнем Востоке, одна из первых осознала этот принцип. Возможно, это не полностью объясняет самые первые систематические астрономические теории, но было бы глупо делать вид, что астрономия слишком благородный предмет для пребывания в зависимости от чего-нибудь подобного.

Наука о звездах не сразу превратилась в нечто самостоятельное, но тяга человека к системе и порядку настолько сильна, что со временем астрономия обрела статус мерила самодостаточности. В итоге астрономы порвали если не со всеми, то с большей частью своих прародителей. Чем дальше, тем больше ее изучали как независимую систему объяснений — систему, которую не требуется обосновывать какой-либо полезностью, будь то астрология, навигация или что-то еще, будь то даже ее отношение к божественному сотворению мира. И все же следует признать: по сравнению с научной частью неастрономический контекст зачастую был гораздо более важен для человечества. Надеюсь, я не обошел вниманием эту тему в пользу более формальных научных аспектов, но если я поступил таким образом, то лишь потому, что астрология и космическая религия весьма заурядны, если смотреть на них как на симптоматику условий человеческого существования. С другой стороны, длинный послужной список астрономии почти не имеет параллелей во всей интеллектуальной истории человечества.