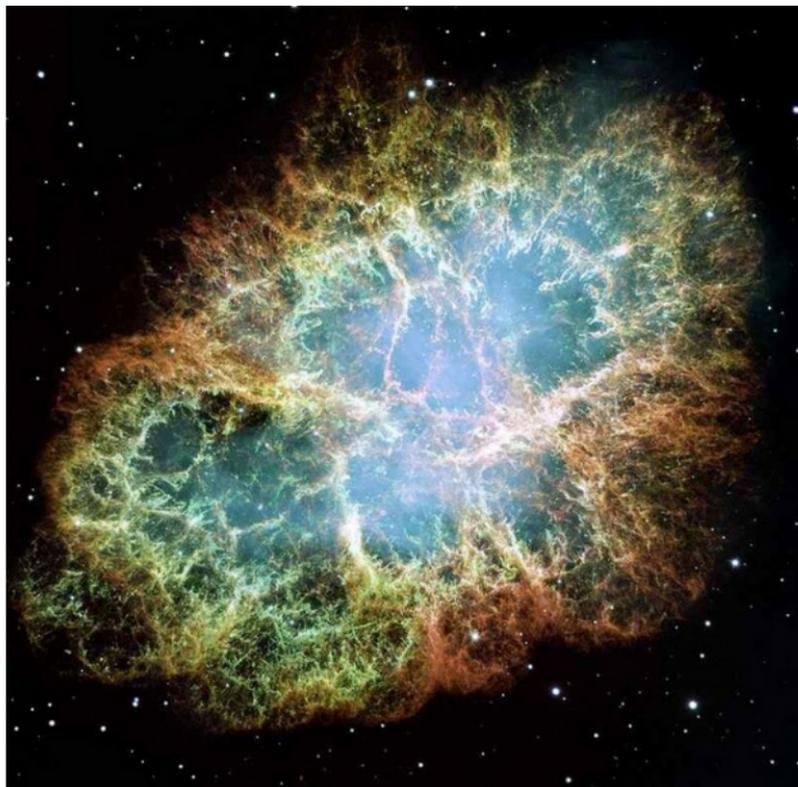


Владимир Моисеев

Краткая история астрономии



Том 3

Астрономия XVIII века

Аннотация

В третьем томе «Краткой истории астрономии» рассказывается о развитии астрономии в XVIII веке. В XVII и XVIII веках астрономия претерпела самые значительные изменения за все многовековое свое существование. Это было связано с появлением новых идей и совершенствованием техники наблюдений. Астрономия стала делиться на отдельные направления — самостоятельные астрономические науки. Интересный получился век. Список великих ученых впечатляет: Эйлер, Д'Аламбер, Лагранж, Лаплас, Гаусс, Ломоносов, Кавендиш, Кант, Месье, Уильям Гершель. Продолжились традиционные наблюдения звезд, были составлены новые каталоги, в том числе двойных звезд, интенсивно изучалась Земля. Была открыта атмосфера у планеты Венера и новая планета Уран. Появились новые возможности определения блеска звезд (фотометрия). Возникла новая наука — небесная механика, применение математических методов позволило значительно улучшить точность вычисления орбит планет. Возник интерес к новым объектам — туманностям. Но решить, что собой они представляют, пока не удалось: то ли это «звездные острова», подобные Млечному Пути, то ли скопления газа и пыли. Проблемами космологии занялись философы.

Некоторые главы повторяются для удобства читателей.

Содержание

Том 3. Астрономия XVIII века

Часть 3-1. Прикладные исследования

Глава (том-часть-глава) 3-1-1.

Наблюдательное подтверждение гелиоцентризма

Глава 3-1-2. Джеймс Брэдли

Глава 3-1-3. Определение географической долготы

Глава 3-1-4. Джон Харрисон

Глава 3-1-5. Невил Маскелайн

Глава 3-1-6. Тобиас Иоганн Майер

Глава 3-1-7. Теория движения Луны

Глава 3-1-8. Теория приливов

Глава 3-1-9. Геодезия. Определение формы Земли

Глава 3-1-10. Генри Кавендиш

Глава 3-1-11. Образ жизни Генри Кавендиша

Часть 3-2. Визуальная фотометрия

Глава 3-2-1. Новая наука — фотометрия

Глава 3-2-2. Жан-Жак Дорту де Меран

Глава 3-2-3. Пьер Бугер

Глава 3-2-4. Иоганн Генрих Ламберт

Глава 3-2-5. Фотометрические работы Уильяма Гершеля

Часть 3-3. Переменные звезды

Глава 3-3-1. Новые и сверхновые звёзды

Глава 3-3-2. Переменные звезды

Глава 3-3-3. Давид Фабрициус

Глава 3-3-4. Омикрон Кита (Мира)

Глава 3-3-5. Мириды

- Глава 3-3-6. R Гидры
- Глава 3-3-7. Хи Лебеда
- Глава 3-3-8. Готфрид Кирх
- Глава 3-3-9. Бета Персея (Алголь)
- Глава 3-3-10. Джон Гудрайк

Часть 3-4. Обсерватория Академии наук в Санкт-Петербурге

- Глава 3-4-1. Петербургские «астрофизики» XVIII века
- Глава 3-4-2. Жозеф-Никола Делиль
- Глава 3-4-3. Леонард Эйлер
- Глава 3-4-4. Вклад Эйлера в науку
- Глава 3-4-5. Наблюдения прохождения Венеры по диску Солнца в России (1761 - 1969 гг.)
- Глава 3-4-6. Михаил Васильевич Ломоносов
- Глава 3-4-7. Обнаружение атмосферы Венеры
- Глава 3-4-8. Молекулярно-кинетическая теория тепла
- Глава 3-4-9. Андрей Дмитриевич Красильников
- Глава 3-4-10. Никита Иванович Попов
- Глава 3-4-11. Готфрид Гейнзиус
- Глава 3-4-12. Франц Эпинус
- Глава 3-4-13. Степан Яковлевич Румовский
- Глава 3-4-14. Андрей Иванович Лексель

Часть 3-5. Небесная механика

- Глава 3-5-1. XVIII век — век механики
- Глава 3-5-2. Леонард Эйлер
- Глава 3-5-3. Вклад Эйлера в науку
- Глава 3-5-4. Жан Лерон Д'Аламбер
- Глава 3-5-5. Алекси Клод Клеро
- Глава 3-5-6. А. Клеро и скандальная комета
- Глава 3-5-7. Жозеф Луи Лагранж
- Глава 3-5-8. Пьер-Симон де Лаплас
- Глава 3-5-9. Научная деятельность Лапласа
- Глава 3-5-10. Карл Фридрих Гаусс

Часть 3-6. Туманности

- Глава 3-6-1. Млечный путь
- Глава 3-6-2. Туманности
- Глава 3-6-3. Наблюдения Вильяма Дерхема
- Глава 3-6-4. Пьер Луи Моро де Мопертюи
- Глава 3-6-5. Вселенная Томаса Райта
- Глава 3-6-6. «Теория неба» Иммануила Канта
- Глава 3-6-7. Иммануил Кант
- Глава 3-6-8. «Космологические письма» И. Ламберта
- Глава 3-6-9. Шарль Мессье
- Глава 3-6-10. Каталог Мессье

Часть 3-7. Уильям Гершель

- Глава 3-7-1. Уильям Гершель
- Глава 3-7-2. Туманности
- Глава 3-7-2. Начало занятий астрономией (1773–1778 гг.)
- Глава 3-7-3. Телескопы Гершеля
- Глава 3-7-4. Открытие планеты Уран
- Глава 3-7-5. Наблюдение планет и их спутников
- Глава 3-7-6. Кометы и астероиды
- Глава 3-7-7. О жизни на Луне и Солнце
- Глава 3-7-8. «Об устройстве небес»
- Глава 3-7-9. Звёздная астрономия
- Глава 3-7-10. Звёздно-космогоническая гипотеза Гершеля
- Глава 3-7-11. Каролина Лукреция Гершель

Часть 3-8. Двойные звезды

- Глава 3-8-1. Мицар и Алькор
- Глава 3-8-2. Двойные звезды
- Глава 3-8-3. Джон Мичелл
- Глава 3-8-4. Уильям Гершель и двойные звезды
- Глава 3-8-5. Струве и двойные звезды
- Глава 3-8-6. Джон Гершель и двойные звезды

- Глава 3-8-7. Эта Киля (η Киля)
Глава 3-8-8. Двойные системы Сириуса и Прокциона
Глава 3-8-9. Шербёрн Уэсли Бёрнхем

Часть 3-9. Космогония XVII — XVIII веков

- Глава 3-9-1. Вихревая космогония Декарта
Глава 3-9-2. Эммануил Сведенборг
Глава 3-9-3. Жорж Луи Леклерк де Бюффон
Глава 3-9-4. «Теория неба» Иммануила Канта
Глава 3-9-5. Иммануил Кант
Глава 3-9-6. Руджер Иосип Бошкович
Глава 3-9-7. «Космологические письма» И. Ламберта
Глава 3-9-8. Космогоническая гипотеза Лапласа

Хронология астрономических событий XIII века

Использованная литература



Часть 3-1

Прикладные исследования

Содержание

- Глава (том-часть-глава) 3-1-1.
Наблюдательное подтверждение гелиоцентризма
- Глава 3-1-2. Джеймс Брэдли
- Глава 3-1-3. Определение географической долготы
- Глава 3-1-4. Джон Харрисон
- Глава 3-1-5. Невил Маскелайн
- Глава 3-1-6. Тобиас Иоганн Майер
- Глава 3-1-7. Теория движения Луны
- Глава 3-1-8. Теория приливов
- Глава 3-1-9. Геодезия. Определение формы Земли
- Глава 3-1-10. Генри Кавендиш
- Глава 3-1-11. Образ жизни Генри Кавендиша

Глава 3-1-1

Наблюдательное подтверждение гелиоцентризма

В XVII и XVIII веках астрономия претерпела самые значительные изменения за все многовековое свое существование. Это было связано с появлением новых идей и представлений об окружающем мире и совершенствованием техники наблюдений. До сих пор единая наука астрономия стала делиться на отдельные направления — самостоятельные астрономические науки.

Гелиоцентрическая система мира Коперника, которая сама была впечатляющим шагом вперед в познании окружающего мира, продолжала совершенствоваться. Хрустальные сферы, по которым двигались планеты, и сфера неподвижных звезд были отброшены и забыты. Изобретение телескопов открыло перед астрономами удивительную бесконечную Вселенную с множеством тел, о существовании которых нельзя было даже догадываться.

Отныне движение небесных тел определяли Законы Кеплера, законы динамики и закон всемирного тяготения Ньютона. Сначала предсказания местоположения Луны и планет были недостаточно точны. Но было件нятно, что это связано не с изъяном гелиоцентрической теории, а с тем, что недостаточно разработаны методы вычислений и не объяснены многие наблюдаемые феномены.

В 1727 году Джеймс Брэдли попытался измерить параллактическое смещение звезд, которое должно было появиться из-за годичного обращения Земли вокруг Солнца. Наблюдая звезду γ Дракона, он обнаружил значительное смещение в сторону, противоположную параллактическому (полуамплитуда его немногим более 20"). В 1729 году Брэдли нашел правильное объяснение: смещение было связано с орбитальным движением Земли и является следствием конечности скорости света. Открытие абберации света стало первым прямым наблюдательным подтверждением теории Коперника и

конечности скорости света. Из этих же наблюдений Брэдли сделал правильный вывод о том, что параллаксы звезд должны быть намного меньше 1" и, следовательно, звезды находятся гораздо дальше от Земли, чем предполагали в то время.

Кроме того, в 1727 году Брэдли заметил небольшие (с полуамплитудой до 19") годовые изменения положений некоторых звезд, которые не могли быть объяснены ни прецессией, ни абберацией. Он продолжал наблюдать эти звезды, и в 1732 году предположил, что настоящей причиной годовых изменений их положений является колебание земной оси, вызванное влиянием Луны на экваториальные части земного шара. Для проверки этого предположения Брэдли проводил наблюдения в течение 19 лет (период обращения узлов лунной орбиты). В 1748 году Брэдли объявил об открытии явления, названного им нутацией. Открытие абберации света и нутации земной оси выдвинуло Брэдли в ряд выдающихся астрономов нового времени.

Комментарии

Абберация света приводит к изменению положения звёзд на небесной сфере вследствие изменения направления скорости движения Земли. Различают годовую, суточную и вековую абберации. Годовая абберация связана с движением Земли вокруг Солнца. Суточная — с вращением Земли вокруг своей оси. Вековая абберация учитывает эффект движения солнечной системы вокруг центра Галактики.

Нутацией в астрономии называют колебания земной оси, накладывающиеся на прецессионное движение. Это явление открыто Бредли в 1728 году. Вследствие нутации изменяются наклон эклиптики к экватору, а также экваториальные координаты небесных светил.

Прецессия — явление, при котором ось вращения тела меняет своё направление в пространстве.

Глава 3-1-2

Джеймс Брэдли

Джеймс Брэдли (3 марта 1693 — 13 июля 1762 гг.) — английский астроном. В литературе часто встречается устаревшее написание его фамилии: Брайлей.

Джеймс Брэдли родился в Шерборне (графство Глостершир), воспитывался в Балиол-колледже в Оксфорде; степень бакалавра словесности получил в 1714 году, а степень магистра — в 1717 году.

Начал заниматься астрономическими наблюдениями у своего дяди, Джеймса Паунда, тоже известного астронома.

В 1721 году назначен профессором астрономии в Оксфорде. После смерти Галлея в 1742 году занял пост директора Гринвичской обсерватории — Королевского астронома.



Рис. Джеймс Брэдли

Научные работы Брэдли посвящены наблюдательной астрономии. Наибольшую известность ему принесли открытия абберрации света и нутации земной оси, которые выдвинули Брэдли в ряд выдающихся астрономов нового

времени. Открытие в 1727 году (объяснено в 1729 году) аберрации света — эффекта, связанного с орбитальным движением Земли и конечностью скорости света, стало первым прямым наблюдательным подтверждением теории Коперника и конечности скорости света.

В 1727 году Брэдли заметил небольшие годичные изменения положений некоторых звезд, которые не могли быть объяснены ни прецессией, ни аберрацией. В 1732 году он предположил, что причиной их является колебание земной оси, вызванное влиянием Луны на экваториальные части земного шара. Но лишь в 1748 году Брэдли объявил об открытии явления, названного им нутацией.

Брэдли составил таблицы, позволявшие учитывать прецессию, нутацию и аберрацию света при точных определениях положений звезд, а также подробные таблицы атмосферной рефракции с учетом температуры воздуха и атмосферного давления. Все это вместе с тщательным учетом возможных ошибок инструментов позволило ему достичь высокой точности при наблюдениях положений звезд.

В 1750 – 1762 годах под руководством Брэдли в Гринвичской обсерватории была выполнена обширная программа позиционных наблюдений (свыше 60 000) с точностью, делающей их полезными и для современной астрономии. Звездный каталог с точными положениями 3268 звезд сыграл большую роль в изучении звездных движений.

Брэдли выполнил измерения диаметров Венеры, Марса, Юпитера, Сатурна и его колец. В 1719 году получил улучшенное значение солнечного параллакса из наблюдений Марса. Наблюдал кометы и рассчитал элементы их орбит. В 1726 году по разности наблюдаемых моментов затмений одного из ярких спутников Юпитера определил долготы Нью-Йорка и Лиссабона. Занимался улучшением мореходных астрономических инструментов и методов определения долготы на море. В 1747 году Брэдли обнаружил свои наблюдения над колебанием оси Земли.

Глава 3-1-3

Определение географической долготы

Метод «лунных расстояний»

Задача определения долготы корабля сводится к получению в некоторый момент разности значений местного времени места наблюдения и пункта, долгота которого известна.

В течение месяца Луна совершает один полный оборот вокруг Земли с запада на восток — в направлении, противоположном движению звезд. Она проходит приблизительно $0,5^\circ$, или путь, равный ее диаметру, за час. Это относительно быстрое движение Луны и навело астрономов (в 1514 году) на мысль использовать Луну как гигантские небесные часы. Для этого астрономы должны были создать точные таблицы положений Луны и звезд.



Рис. Метод «лунных расстояний»

Для определения долготы стало достаточно сравнить предсказанные расстояния Луны по отношению к звездам из таблицы и действительные расстояния, измеренные навигатором с необходимой степенью точности.

Принято полагать, что оригинальная идея этого подхода принадлежит Региомонтану, однако первенство в её практической разработке осталось за его учеником Иоганом Вернером (1468 – 1522 гг.).

Составление таблиц

Главной задачей для обеспечения навигации стало составление точных таблиц положений Луны. Наибольший вклад в наблюдения Луны внесли Тихо Браге, Джереми Хоррокс, Тобиас Мейлер. Точную теорию движения Луны создал Леонард Эйлер.

Создание новых инструментов

Совершенствовались и инструменты, используемые при навигации. Для определения углового расстояния между светилами был создан «зеркальный квадрант» (по идее, предложенной Ньютоном), позволяющий наблюдать сразу два светила, каждое через свою половину. Его использовали для наблюдений с плывущего корабля.

В 1701 году Ньютоном было выдвинуто предложение об установлении премии за лучший способ определения географической долготы. В 1714 году соответствующий закон был принят парламентом и для рассмотрения проектов учрежден «Совет по долготе». В конечном счете в 1773 году премия была присуждена Джону Харрисону за изготовление часов, в которых было сделано устройство для компенсации температурных влияний на работу механизма. Долгота определялась путем сравнения показаний хронометра, идущего по времени Гринвича, с местным временем. Вместе с тем наградой были отмечены труды Эйлера и Тобиаса Майера по составлению таблиц движения Луны.

Глава 3-1-4

Джон Харрисон

Джон Харрисон (1693 – 1776 гг.). Английский плотник-самоучка и часовщик, который изобрел морской хронометр, давно востребованное устройство для решения проблемы вычисления долготы на море.



Рис. Джон Харрисон

Джон Харрисон родился в Фоулби в Вест-Райдинге Йоркшира. Его отчим работал плотником в соседнем монастыре Ностелл. Легенда гласит, что в шесть лет Джон заболел оспой, и чтобы он не скучал в постели, ему дали поиграть часы, так он впервые изучил их устройство. Свои первые часы Харрисон изготовил в 1713 году, в возрасте двадцати лет. Механизм был сделан полностью из дерева.

Еще в 1701 году Исааком Ньютоном было выдвинуто предложение об установлении премии за лучший способ определения географической долготы в размере 20000

фунтов стерлингов. В 1714 году соответствующий закон был принят парламентом и для рассмотрения проектов учрежден «Совет по долготе».

Харрисон стал решать проблему напрямую, создав надежные часы, которые могли бы сохранять время эталонного места. Необходимо было добиться, чтобы на часы не влияли колебания температуры, влажности, давления, чтобы они были устойчивы к коррозии и могли функционировать на борту постоянно движущегося судна.

Многие ученые, включая Исаака Ньютона и Христиана Гюйгенса, сомневались в том, что такие часы могут быть когда-либо созданы, и предпочитали метод лунных расстояний. Гюйгенс проводил испытания, используя как маятниковые, так и пружинные часы со спиральным балансом в качестве методов определения долготы, причем оба типа давали противоречивые результаты. Ньютон заметил, что «хорошие часы могут служить для ведения счета в море в течение нескольких дней и для определения времени наблюдения за небесами; и для этой цели может быть достаточно хорошего драгоценного камня, пока не будут найдены часы лучшего типа. Но когда долгота в море теряется, часы не помогут ее найти».

В 1730 году Харрисон сконструировал первый вариант своих «Морских часов», и решил побороться за приз, обещанный за решение проблемы определения долготы. Он отправился в Лондон за финансовой помощью. Там Харрисон поделился своими идеями с королевским астрономом Эдмондом Галлеем, который посчитал их перспективными. Галлей направил его к Джорджу Грэму, ведущему часовщику страны. Грэхем, должно быть, был впечатлен идеями Харрисона, потому что одолжил ему денег на постройку модели «Морских часов». Первый приз (500 фунтов) Харрисон получил в 1737 году. После этого в течение многих лет работал над улучшением конструкции своих часов.

Прошло почти двадцать лет. Наконец, после долгих исследований и экспериментов удалось приступить к созданию четвертой модели. На изготовление ушло шесть лет. Только в 1761 году Совет по долготе решил испытать

хронометр во время рейса из Портсмута на Ямайку. Харрисон, которому к тому времени исполнилось 68 лет, отправил на испытания своего сына Уильяма. Хронометр был протестирован, и оказалось, что он отстал на 24 секунды за 9 дней. Однако Совет посчитал, что такая точность была достигнута случайно, и требуется еще одно испытание.

Во время нового плавания были использованы два способа определения долготы: с помощью хронометра Харрисона и с помощью лунных расстояний, за который отвечал астроном Невил Маскелайн. И снова часы оказались чрезвычайно точными. Измерения Маскелайна также были довольно хорошими, но результат был хуже. На заседании Совета в 1765 году были представлены результаты, но точность измерений с помощью часов вновь приписали удаче. К сожалению, в состав Комиссии по долготе был включен Невил Маскелайн, который был только что назначен королевским астрономом. Он дал хронометру отрицательный отзыв.

Харрисон посчитал, что с ним «очень плохо обошлись джентльмены, от которых я мог бы ожидать лучшего обращения», и решил заручиться поддержкой короля. Он добился аудиенции у короля Георга III, который был крайне недоволен деятельностью Совета по долготе и решил лично испытать часы во дворце. После десяти недель ежедневных наблюдений с мая по июль 1772 года выяснилось, что часы отстают лишь на треть секунды в сутки. После этого король Георг III посоветовал Харрисону подать прошение в парламент о присуждении премии в полном объеме, пригрозив примерно наказать членов Совета в случае отказа. Наконец, в 1773 году, когда Харрисону было уже 80 лет, он получил за свое изобретение денежную награду от парламента в размере 8750 фунтов стерлингов, поскольку обещанная награда была поделена на трех человек. Кроме Харрисона ее получили Леонард Эйлер и Тобиас Майер. Ему оставалось жить всего три года. При жизни Джону Харрисону было присуждены три награды: от Совета по долготе (1737 и 1773 годов) и Медаль Копли (1749 год).

Глава 3-1-5

Невил Маскелайн

Невил Маскелайн (6 октября 1732 года — 9 февраля 1811 года) — британский астроном.

Член Лондонского королевского общества (1758 год), иностранный почётный член Петербургской академии наук (1776 год), иностранный член Парижской академии наук (1802 год).



Рис. Невил Маскелайн

Родился в Лондоне, в 1754 году окончил Тринити-колледж Кембриджского университета. Был помощником Джеймса Брэдли в Гринвичской обсерватории. С 1765 по

1811 года — директор Гринвичской обсерватории, пятый Королевский астроном.

Основные труды в области позиционной астрономии. Наблюдал Солнце, Луну, планеты с целью определения их положений. Очень точно измерил положения 36 фундаментальных ярких звезд, которые служили опорными.

Используя наблюдения О. К. Рёмера для этих же звёзд, определил их собственные движения. Впоследствии Уильям Гершель на основании этих собственных движений нашел положение апекса Солнца.

В 1761 разработал метод определения долготы по наблюдениям Луны. Особое внимание уделял систематическим наблюдениям Луны для улучшения лунных таблиц Тобиаса Майера, которые использовались при определении долготы.

Всего Маскелайном было выполнено 90000 наблюдений (опубликованы в 1776—1811 гг.).

В 1774 году предпринял первую серьёзную попытку определить плотность Земли, из измерений уклонений отвеса вблизи горы Шихоллион в Шотландии нашел значение $4,71 \text{ г/см}^3$ (что несколько меньше истинного — $5,5 \text{ г/см}^3$).

Многое сделал для оснащения Гринвичской обсерватории более совершенными инструментами и для улучшения точности наблюдений; выполнил первые измерения времени с точностью до десятых долей секунды.

В 1766 году основал британский астрономический ежегодник «Nautical Almanac», и выпускал его до конца жизни (ежегодник издается до настоящего времени).

В 1761 году участвовал в экспедиции на остров Святой Елены для наблюдения прохождения Венеры по диску Солнца.

Похоронен в погосте Пресвятой Девы Марии, приходской церкви деревни Пуртон, графство Уилтшир, Англия.

Глава 3-1-6

Тобиас Иоганн Майер

Тобиас Иоганн Майер (17 февраля 1723 – 20 февраля 1762 гг.) — немецкий астроном.

Родился в Марбахе (Вюртемберг). Самостоятельно изучил астрономию и математику. В 1746 — 1751 гг. работал в Картографическом бюро в Нюрнберге, с 1751 года — профессор математики Гёттингенского университета, с 1754 года также директор обсерватории этого университета.



Рис. Тобиас Иоганн Майер

Научные работы относятся к наблюдательной астрономии. В 1747 — 1748 гг., пользуясь микрометром собственной конструкции, выполнил большое число измерений углового диаметра Луны и определений

моментов прохождения Луны через меридиан. Определил с высокой точностью селенографические координаты 89 деталей на Луне, которые послужили топографической основой составленной им карты Луны (издана в 1775 году). Из анализа этих наблюдений, а также более поздних, выполненных им в Гёттингене, Майер нашел полное геометрическое объяснение либрации Луны, установил положение ее оси вращения, подтвердил обнаруженное Э. Галлеем вековое ускорение Луны и определил его величину.

Важнейшим достижением Майера было вычисление лунных и солнечных таблиц, опубликованных в 1755 году. В этих таблицах, впервые составленных на основе удачного сочетания теории с наблюдениями, использовались данные теории Эйлера для главнейших неравенств движения Луны, а численные значения членов соответствующих рядов выбирались так, чтобы они лучше согласовывались с наблюдательными данными. Майер добился расхождений между теорией и наблюдениями, не превышающих 1',5, что имело важное значение, поскольку движение Луны использовалось для отсчета гринвичского времени и определения долготы.

В 1765 году Британское адмиралтейство наградило работу Майера премией, объявленной еще в 1713 году за разработку метода нахождения долготы в море. Лунные таблицы Майера, положенные в основу метода, были улучшены Дж. Брэдли и изданы в 1770 году вместе с составленными Майером описанием метода и инструкциями по применению таблиц.

На основе наблюдений О. К. Рёмера, Н. Л. Лакайля и своих Майер вывел собственные движения 57 звезд; эта работа сыграла большую роль в дальнейшем развитии звездной астрономии. Составил каталог положений 998 зодиакальных звезд (издан в 1775 году). Разработал теорию погрешностей (коллимации, наклона, азимута) пассажного инструмента. Внес большой вклад в развитие картографии. Улучшил методику составления карт, усовершенствовал некоторые углоизмерительные и картографические инструменты.

Глава 3-1-7

Теория движения Луны

Одной из труднейших задач небесной механики было создание теории движения Луны. Решение задачи двух тел (Земли и Луны) оказывается слишком неточным из-за воздействия третьего тела — Солнца. Возмущения от него весьма велики и всё время меняют свою величину и направление в зависимости от взаимного расположения Земли, Луны и Солнца.

Орбиты небесных тел в пространстве стремились установить еще астрономы Древней Греции. Начиная с Аполлония Пергского (III век до н. э.), они строили орбиты на основе сочетания больших и малых кругов — деферентов и эпициклов. Именно на основе этого принципа Гиппарх (190 до н. э. — 120 до н. э.) создал первые дошедшие до нас теории движения Солнца и Луны.

Ошибки в предсказаниях положения Луны были очень велики. Несоответствия теоретическим расчетам стали называть неравенствами.

Птолемей попробовал исправить неточности теории, введя понятие двух неравенств.

Первое неравенство, называемое сейчас «Большим эллиптическим неравенством», вызвано эллиптичностью лунной орбиты. Еще раз доказав эквивалентность моделей с эксцентром и с эпициклом, Птолемей для дальнейших операций выбирает модель с эпициклом.

Второе неравенство Птолемей назвал «покачиванием» лунного апогея. В 1634 году французский астроном И. Бульо, более известный под именем Буллиальд (1605 — 1694 гг.), предложил для этого неравенства название эвекция, которое и стало с тех пор общепринятым. Период эвекции равен 31,81 суток. Эвекция объясняется тем, что в новолуние Луна оказывается ближе к Солнцу, чем Земля, а в полнолуние — дальше.

Браге открыл новые неравенства в движении Луны по долготе: третью (вариацию) и четвёртую (годовое) и обнаружил также периодическое изменение наклона лунной орбиты к эклиптике, а также изменения в положении лунных узлов (эвекция по широте). Вплоть до Ньютона в созданной Браге теории движения Луны не понадобилось никаких поправок.

Следующие усилия по созданию теории движения Луны предпринял Ньютон. Ему удалось на основе закона всемирного тяготения объяснить основные неравенства (периодические отклонения) движения Луны, открытые ещё в древности и подтверждённые Тихо Браге.

По расчетам Ньютона вариация происходит из-за изменения скорости движения Луны на орбите опять-таки под действием притяжения Солнца.

Годичное уравнение связано с эллиптичностью земной орбиты, а значит с периодическим изменением расстояния Земли и Луны от Солнца в течение года.

Но не всё было так просто. Когда Ньютон попытался рассчитать поворот линии апсид (см. комментарий) лунной орбиты (её большой оси, соединяющей перигей и апогей), он получил время полного обращения, равное 18 годам, хотя на самом деле это время равно 9 годам. Так показывали наблюдения со времён Гиппарха.

Клеро попробовал решить эту задачу и... получил то же значение времени полного оборота линии апсид (линия, соединяющая перигей и апогей орбиты), что и Ньютон: 18 лет. В решении задачи включился Д'Аламбер. Действуя независимо от Клеро, и он получил 18 лет. И попытка Эйлера оказалась неудачной.

Эйлер предложил Петербургской Академии наук объявить конкурс под названием: «Показать, согласны ли все неравенства, которые наблюдаются в движении Луны, с ньютоновской теорией и какой должна быть истинная теория всех этих неравенств, чтобы по ней можно было со всей точностью определять место Луны на любое время».

И Клеро заново взялся за решение задачи. Он понял, что полученное им и Д'Аламбером значение годового поворота линии апсид — это только первый член ряда,

выражающего эту величину. Клеро нашёл второй член: расхождение теории с наблюдениями уменьшилось в несколько раз. Он прибавил третий, четвёртый члены (расхождение стало совсем незначительным), понял, что задача решена, и написал соответствующий трактат. Премия Петербургской Академии наук была присуждена ему. Это произошло в 1751 году.

Этот пример наглядно показал, что для хорошего согласия теории с наблюдениями нужно вычислить много членов рядов, выражающих те или иные величины. В теории Клеро было 20 членов каждого ряда. В современных теориях их число измеряется уже тысячами. Зато их точность намного превосходит точность теории Клеро.

Созданием теории движения Луны занимались и другие учёные того времени. Леонард Эйлер создал в 1753 — 1772 годах целых три теории движения Луны. Дело в том, что Эйлер искал новые пути для решения сложных задач небесной механики. Ему принадлежат методы, используемые и сейчас.

Теорию движения Луны развивал Лаплас и его ученики и последователи.

Накопленные знания Лаплас подытожил в пятитомном труде под названием «Трактат о небесной механике», выходявшем с большими перерывами в 1798 — 1825 гг. Ученики и последователи великого учёного сравнивали этот труд со стройным зданием, полагая, что оно почти не потребует переделки.

Эти предположения не подтвердились. Теория потребовала многочисленных переделок и не раз дорабатывалась учёными последующих поколений. Увеличивалась точность наблюдений, требовалось уточнить и теорию.

Глава 3-1-8

Теория приливов

Связь приливов с Луной была известна давно. Еще Гай Юлий Цезарь в книге «Записки о Галльской войне» связывает необычно высокий прилив у берегов Британии с наступившим новолунием, сообщая, что до этого момента связь новолуния с высотой прилива римлянам не была известна.

В 1590 году Хосе де Акоста собрал доказательства связи отливов и приливов с фазами Луны: он указал, что период приливов, происходящих дважды в сутки, отличается на три четверти часа от солнечных суток, что известна также месячная периодичность приливов, а также добавил новое доказательство: приливы на обоих берегах Панамского перешейка происходят практически одновременно. Хосе де Акоста назвал приливы «одной из замечательных тайн Природы».

Иоганн Кеплер, открывший три эмпирических закона движения планет, пришел к идее существования некоей особой силы, управляющей ими. Он выдвинул гипотезу о том, что именно гравитация Луны является причиной приливов:

«Когда Луна находится непосредственно над Атлантическим, так называемым Южным, Восточным или Индийским океаном, то она притягивает воды, омывающие земной шар. Не встречая на своем пути континентов, воды со всех сторон устремляются к обширному участку, находящемуся прямо под Луной, а берега при этом обнажаются. Но пока воды находятся в движении, Луна успевает переместиться и не располагается более прямо над океаном, в силу чего масса воды, бьющая в западный берег, перестает испытывать действие лунного притяжения и обрушивается на восточный берег».

Первым количественную теорию приливов создал Ньютон, используя доказанный им закон всемирного тяготения и свои законы механики. Эта теория объяснила, почему и лунные, и солнечные приливы происходят по два раза в сутки. Но теория приливов Ньютона была очень грубой, приблизительной, она не учитывала много факторов. Когда Ньютон попытался с её помощью рассчитать массу Луны, он получил величину, примерно в два раза отличающуюся от современного значения.

Луна, находясь на одной прямой с Солнцем и Землей (в новолуния и полнолуния), увеличивает высоту приливов, действуя совместно с Солнцем. Во время первой и последней четвертей Луны она всегда видна с Земли под прямым углом к Солнцу, поэтому притяжение Солнца уменьшает прилив, вызванный Луной. Если вспомнить о непрерывных изменениях расстояния между Землей, Луной и Солнцем и о многочисленных возможных комбинациях в их взаимном расположении, то можно понять, с какими трудностями сталкивается даже чисто астрономическая теория приливов. Но надо помнить и о других факторах, влияющих на прилив: наличие материков, форму океанского дна, течения, ветры и т. д.



Рис. Возникновение приливов

В 1740 году Королевская академия наук в Париже объявила конкурс на лучшую теорию приливов. Приз разделили Даниил Бернулли, Леонард Эйлер, Колин Маклорен и Антуан Кавальери. Каждый из них по-своему улучшил теорию Ньютона (например, Маклорен учёл силу Кориолиса).

В 1799 году Пьер-Симон Лаплас выдвинул совершенно другую математическую теорию приливов, хотя и основанную на ньютоновской механике. Теория Лапласа разработана в предположении, что океан покрывает ровным слоем всю Землю, но результаты, полученные с ее помощью, оказались очень близкими к результатам наблюдений и измерений.

Хотя для земного шара величина силы тяготения Солнца почти в 200 раз больше, чем силы тяготения Луны, приливные силы, порождаемые Луной, почти вдвое больше порождаемых Солнцем. Это происходит из-за того, что приливные силы зависят не от величины гравитационного поля, а от степени его неоднородности. При увеличении расстояния от источника поля неоднородность уменьшается быстрее, чем величина самого поля. Поскольку Солнце почти в 400 раз дальше от Земли, чем Луна, то приливные силы, вызываемые солнечным притяжением, оказываются слабее.

Еще одной из причин возникновения приливов и отливов является суточное (собственное) вращение Земли. Массы воды мирового океана, имеющие форму эллипсоида, большая ось которого не совпадает с осью вращения Земли, участвуют в её вращении вокруг этой оси. Это ведёт к тому, что в системе отсчёта, связанной с земной поверхностью, по океану бегут по взаимно противоположным сторонам земного шара две волны, приводящие в каждой точке океанского побережья к периодическим, два раза в сутки повторяющимся явлениям отлива, чередующихся с приливами.

Глава 3-1-9

Геодезия. Определение формы Земли

Зачатки геодезии возникли в глубокой древности, когда появилась необходимость установления границ земельных участков, строительства оросительных каналов, осушения земель. Название «геодезия» впервые употребил Аристотель.

Ещё в VI в. до нашей эры Парменид и Пифагор считали, что Земля имеет шарообразную форму. Через 200 лет Аристотель доказал это, ссылаясь на то, что во время лунных затмений тень Земли всегда остается круглой.

Через ещё 100 лет Эратосфен, зная расстояние от Александрии до Сиены и используя гномон около Александрийской библиотеки во время положения Солнца над Сиеной в зените, сумел определить полный круг земного меридиана (360°), как величину в 250000 стадий. В современных единицах длина большого круга земного меридиана, вычисленная Эратосфеном, составляла приблизительно от 37500 до 50000 км (для сравнения, современное его значение составляет 40007,863 км).

То, что форма Земли должна отличаться от шара, впервые показал Ньютон. Он предположил, что она имеет форму эллипсоида и предложил следующий мысленный эксперимент. Нужно прокопать две шахты: от полюса до центра Земли и от экватора до центра Земли. Эти шахты заливаются водой. Если Земля имеет форму шара, то глубина шахт одинакова. Но на воду в экваториальной шахте действует центробежная сила, в то время как на воду в полярной шахте — нет. Поэтому для равновесия воды в обеих шахтах необходимо, чтобы экваториальная шахта была длиннее.

Развитие современной геодезии началось в XVII веке в Западной Европе, когда были изобретены зрительная труба, ставшая основой для создания нивелира и

теодолита, и барометр, ставший первым инструментом для определения высот точек земной поверхности.

В 1673 году Гюйгенс обосновал (теоретически) сплюснутость Земли у полюсов, а также объяснил влияния центробежной силы на направление силы тяжести и на длину секундного маятника на разных широтах.

Для определения истинной фигуры Земли необходимо было произвести измерение длины дуги меридиана в разных его участках с разностью 1° . При этом расстояния между двумя точками земной поверхности определяются путем триангуляции — построения сети треугольников и последовательного их решения.

Впервые метод триангуляции был описан в работе голландского астронома И. Снеллиуса (1580 — 1626 гг.) «Eratosthenes Batavus» («Голландский Эратосфен»), опубликованной в 1617 году. Были приведены результаты измерений длины дуги меридиана между городами Берген-оп-Зомом и Алкмаром, оказавшейся равной $1^\circ 11' 30''$.

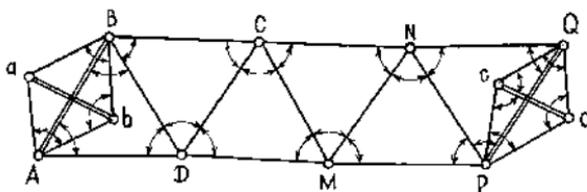


Рис. Метод триангуляции.

Французский астроном Жан Пикар (1620 — 1682 гг.) аналогичным путем измерил расстояние по поверхности между точками на севере Франции, у которых, по наблюдениям зенитного расстояния звезд, разность широт составляла 1° . Для наблюдения зенитных расстояний использовался специальный инструмент — телескоп с крестом нитей, что давало возможность очень точно находить направление на звезду, фиксируемое с помощью градуированного сектора круга.

На основании собственных измерений Дж. Кассини пришел к неправильному заключению, что длина одного градуса меридиана уменьшается к северу, то есть Земля должна быть вытянутым у полюсов сфероидом.



Рис.. Модели Дж. Кассини и И. Ньютона

Спустя несколько лет Французская Академия решила положить конец долгим спорам о том, сплющена ли наша планета (как доказывал Ньютон) или, наоборот, вытянута у полюсов наподобие лимона. Для проведения измерений длины градуса меридиана были организованы экспедиции в Перу и Лапландию.

В Перу отправились экспедиции П. Бугера, Л. Годена и Ш. М. ла Кондамина в 1735—1743 годах.

Экспедиция 1736—1737 годов, возглавляемая П. Мопертюи направилась в Лапландию. В ней принял участие Клеро. Измерения подтвердили точку зрения Ньютона: Земля сжата у полюсов, коэффициент сжатия, по современным данным, равен $1/298,25$ (Ньютон предсказывал $1/230$).

В 1741 году была организована ещё одна экспедиция с той же целью, и тоже с участием Клеро. В результате он написал монографию «Теория фигуры Земли, извлечённая из принципов гидростатики» (1743 г.).

Эйлер писал об этой работе:

«Книга Клеро есть произведение несравненное как в отношении глубоких и трудных вопросов, которые в ней рассматриваются, так и в отношении того удобного и лёгкого способа, посредством которого ему удаётся совершенно ясно и отчётливо изложить предметы самые возвышенные».

Для обозначения геометрической фигуры, более точно, чем эллипсоид вращения, отражающей уникальную форму планеты Земля, в геодезию 1873 году учеником Гаусса, немецким математиком и физиком Иоганном Бенедиктом Листингом был введён термин «геоид».

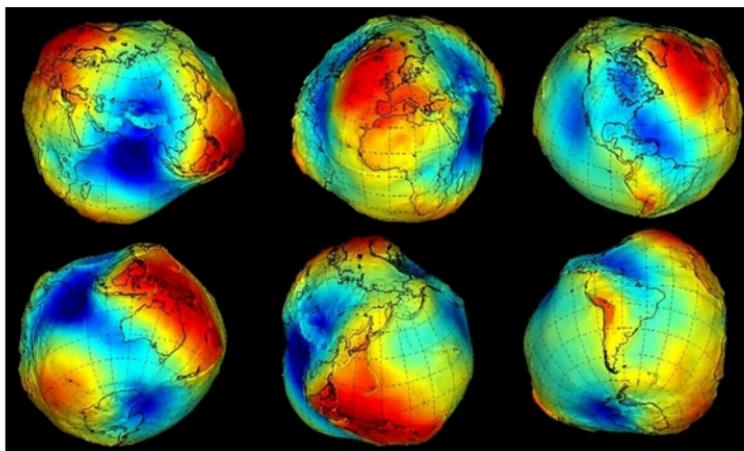


Рис. Геоид

Геоид («нечто подобное Земле») — эквипотенциальная поверхность земного поля тяжести, приблизительно совпадающая со средним уровнем вод Мирового океана в невозмущённом состоянии и условно продолженная под материками.

Впервые фигуру геоида описал немецкий математик К. Ф. Гаусс, который определял её как «математическую фигуру Земли» — гладкую, но неправильную поверхность, форма которой обусловлена неравномерным распределением масс внутри и на поверхности Земли.

Глава 3-1-10

Генри Кавендиш

Генри Кавендиш (10 октября 1731 — 24 февраля 1810 гг.) — британский физик и химик. Член Лондонского королевского общества (1760 г.), иностранный член Парижской академии наук (1803 г.).

Опубликованные работы Кавендиша касаются в основном исследований газов и относятся к периоду 1766 – 1788 годов. Главная работа этих лет — «Искусственный воздух». Исследования Кавендиша знаменательны количеством открытий, которые они предварили.

Среди наиболее значимых из них первое полное изложение свойств водорода и углекислого газа; демонстрация постоянства состава атмосферного воздуха и первый расчет его состава относительно высокой точности. Это еще один, довольно неожиданный, но важный для только зарождающейся новой науки — астрофизики результат.

Кавендиш смог точно определить состав атмосферы Земли. После тщательных измерений учёный пришёл к выводу, что «обычный воздух состоит из одной части воздуха без флогистона (то есть, кислорода) и четырёх частей воздуха с флогистоном (азотом)».

В работе 1785 года описан эксперимент, в котором Кавендишу удалось удалить кислород и азот из образца атмосферного воздуха, но при этом оставалась определенная часть, которую учёный не мог удалить известными ему способами. Из этого эксперимента Кавендиш пришёл к выводу, что не более $1 / 120$ атмосферного воздуха состоит из газов, отличных от кислорода и азота. Несмотря на то, что аргон на тот момент был уже известен, понадобилось около ста лет, чтобы Рамзай и Релей показали, что именно этот газ составляет остаточную часть атмосферного воздуха.

Гравитационная постоянная

Помимо своих достижений в области химии, Кавендиш также известен своими опытами, с помощью которых он определил значение плотности Земли, благодаря чему С. Д. Пуассон в «Трактате по механике» (1811 г.) измерил гравитационную силу Земли, после чего стало возможным вычислить значение гравитационной постоянной.

Первоначально эксперимент был предложен Джоном Мичеллом. Именно он сконструировал главную деталь в экспериментальной установке — крутильные весы, однако умер в 1793, так и не поставив опыта. После его смерти экспериментальная установка перешла к Генри Кавендишу. Кавендиш модифицировал установку, провёл опыты и описал их в *Philosophical Transactions* в 1798 году.



Рис. Крутильные весы

Используя это оборудование, Кавендиш установил, что средняя плотность Земли в 5,48 раза больше плотности воды. Джон Генри Пойнтинг позже отметил, что данные

должны были привести к значению 5,448, и действительно именно это число является средним значением двадцати девяти экспериментов Кавендиша, описанных в его работе. В настоящее время плотность Земли оценивается в $5,5153 \text{ г/см}^3$.

Многие источники ошибочно описывают работы Кавендиша как измерение гравитационной постоянной (g) или массы Земли, и эта ошибка уже отмечалась многими авторами. В действительности основная цель Кавендиша состояла в определении плотности Земли. Этот результат послужил основой для расчета константы g, которая впервые использована была в 1873 году, почти через 100 лет после опыта Кавендиша. Результаты опыта Кавендиша также могут быть использованы для вычисления массы Земли.

Исследования электричества

Кавендишу принадлежат несколько работ об изучении свойств электричества, написанных для Королевского общества, но большая часть его экспериментов была собрана и опубликована Джеймсом Максвеллом только век спустя в 1879 году, вскоре после того, как к тем же результатам пришли другие учёные. К открытиям Кавендиша принадлежат:

Понятие электрического потенциала, который он назвал «степенью электрификации»;

Определение ёмкости сферы и конденсатора;

Концепция диэлектрической проницаемости материала;

Отношение между электрическим потенциалом и электрическим током, которое теперь называется законом Ома. (1781 г.);

Законы для разделения тока в параллельных цепях, которое в настоящее время связано с именем Чарльза Уитстоуна;

Закон обратных квадратов изменения электрической силы с расстоянием, который сейчас называется законом Кулона.

Глава 3-1-11

Образ жизни Генри Кавендиша

Генри Кавендиш родился в Ницце в семье лорда Чарльза Кавендиша, сына второго герцога Девоншира Вильяма Кавендиша, и леди Анны Грей, дочери первого герцога Кента Генри Грея. Семья Кавендишей была тесно связана со многими аристократическими семьями Великобритании, её история насчитывает около восьми веков и восходит к эпохе норманнов. Леди Анна умерла, предположительно от туберкулёза, вскоре после рождения младшего брата Генри Фредерика, так что ни один из мальчиков не знал мать.



Рис. Генри Кавендиш

Генри вместе с братом Фредериком получил начальное образование дома. Первоначально планировалось, что они продолжат обучение в Итоне — классической английской школе, дававшей хорошую подготовку будущим государственным деятелям. Однако ни Генри, ни

его брат, не проявляли склонности к юридической науке, поэтому отец решил отправить их в специализированное научное учреждение. Он выбрал академию Хакни, многие из преподавателей которой были знакомы с передовыми умами современной науки. Генри и Фредерик были первыми членами семьи Кавендишей, окончившими академию Хакни. Позднее эта школа стала популярной среди других аристократических английских семей.

В 1749 году в возрасте до восемнадцати лет Генри поступает в Кембриджский университет и, продолжая родовую традицию, становится двадцать первым членом семьи Кавендишей, поступившим в этот университет. Его брат Фредерик поступает в университет двумя годами позже. Обучение в университете, впитавшем в себя идеи Исаака Ньютона, сильно повлияло на мировоззрения братьев. Генри Кавендиш уходит из университета в 1753 году, не получив учёной степени, поскольку не собирался делать академическую карьеру. После ухода из университета он занимался собственными научными исследованиями в уединении своего жилища.

Кавендиш вел тихий и уединенный образ жизни. Со своими служанками он общался исключительно записками и не заводил личных отношений вне семьи. Согласно одному из источников, для того, чтобы попасть домой, Кавендиш часто пользовался чёрным ходом, чтобы избегать встреч со своей экономкой. Некоторые современные врачи предполагают, что Кавендиш страдал синдромом Аспергера, хотя он, возможно, просто был очень застенчивым. Круг его общения ограничивался лишь клубом Королевского общества, члены которого обедали вместе до еженедельных совещаний. Кавендиш редко пропускал эти встречи и был глубоко уважаем своими современниками.

Излюбленным способом тратить деньги была для Кавендиша благотворительная деятельность. Как-то раз, узнав, что студент, помогавший ему упорядочивать библиотеку, оказался в трудной финансовой ситуации, Кавендиш немедленно выписал ему чек на 10 тысяч фунтов — сумму по тем временам громадную.

Подобным образом он поступал всю жизнь — и, тем не менее, всегда располагал миллионами фунтов стерлингов.

Кавендиш был совершенно безразличен к окружающему его миру и никогда не интересовался происходящими в этом мире событиями — даже столь значительными, как Французская революция или наполеоновские войны, прокатившиеся по Европе.

Большинство научных работ Кавендиша не публиковалось вплоть до второй половины XIX века, когда Джеймс Максвелл занялся разбором архивов Кавендиша. И даже сейчас несколько ящиков, заполненных рукописями и приборами, назначение которых не поддается определению, остаются не разобранными.

Одним из следствий его гравитационных измерений было довольно точное определение плотности Земли. Однако этот результат не был известен почти 100 лет, так как Кавендиш не заботился ни о публикации своих работ, ни о каком-либо признании учёным миром.

Хотя распространено мнение, что всемирно известная Кавендишская лаборатория названа в честь Генри Кавендиша, это не соответствует действительности. Она названа в честь родственника Генри, Уильяма Кавендиша, 7-го герцога Девоншира. Он был канцлером Кембриджского университета и пожертвовал крупную сумму на открытие первой в мире учебно-научной лаборатории при университете.

Генри Кавендиш умер неженатым 24 февраля 1810 года, оставив состояние в 700 000 фунтов и ещё 6000 годового дохода от имения. К сожалению, ни один фунт из этого богатства не был пожертвован на нужды науки. Завещание Кавендиша содержало категорическое требование, чтобы склеп с его гробом сразу после похорон был наглухо замурован, а снаружи не было никаких надписей, указывающих, кто в этом склепе похоронен. Так и было сделано. Кавендиша похоронили в соборе в Дерби. Ни осмотра тела, ни вскрытия трупа не производили. И ни одного достоверного портрета Кавендиша тоже не сохранилось.



Часть 3-2

Визуальная фотометрия

Содержание

Глава 3-2-1. Новая наука — фотометрия

Глава 3-2-2. Жан-Жак Дорту де Меран

Глава 3-2-3. Пьер Бугер

Глава 3-2-4. Иоганн Генрих Ламберт

Глава 3-2-5. Фотометрические работы Уильяма Гершеля

Глава 3-2-1

Новая наука — фотометрия

Определение звездных величин является одной из древнейших задач астрономии. Оно было начато греческими учеными Гиппархом (130 г. до н. э.) и Птолемеем (II век н. э.), которые впервые разделили все видимые невооруженным глазом звезды на шесть групп, причем самым слабым из них была приписана шестая величина, а самым ярким — первая. После изобретения телескопа эта грубая шкала была распространена и на более слабые звезды.

В 1604 году Иоганн Кеплер сформулировал первый из законов фотометрии: сила света излучающего точечного источника ослабевает обратно пропорционально квадрату расстояния.

В своей последней книге Христиан Гюйгенс (1629 — 1695 гг.) «Космотеорос» сделал первую (наряду с Джеймсом Грегори) попытку определить расстояние до звёзд. Если предположить, что все звёзды, включая Солнце, имеют близкую светимость, то, сравнивая их видимую яркость, можно грубо оценить отношение расстояний до них (расстояние до Солнца было тогда уже известно с достаточной точностью). Для Сириуса Гюйгенс получил расстояние в 28000 астрономических единиц, что примерно в 20 раз меньше истинного. Книга была опубликована посмертно в Гааге в 1698 году.

В 1719 году Жан Жак Дортаус де Меран (26 ноября 1678 года - 20 февраля 1771 года) предположил, что смена времен года (или почему зимой холодно, а летом жарко), связана с изменением угла, под которым падает солнечный свет. Он посчитал, что эффект нагрева атмосферы зависит от квадрата синуса высоты солнца. Де Меран пренебрег влиянием атмосферы, признав, что он не знает, сколько тепло солнца будет поглощаться ею.

В 1721 году фотометрическую задачу, поставленную де Мераном, — об оценке прозрачности атмосферы путём измерения света от Солнца при разных его высотах — решил его ученик, французский математик, профессор гидрографии Пьер Бугер (1698 — 1758 гг.). Изданную им труд считают началом фотометрии как науки.

Используя единственно доступный ему источник сравнения — калиброванные свечи, Бугер нашёл способ сопоставления освещения от небесных светил и, в частности, определил, что свет полной Луны в 300 000 раз слабее света Солнца при одинаковой их высоте над горизонтом.

В 1729 году Бугер опубликовал книгу «Опыт о градации света», где предложил способы измерения ослабления света при прохождении его через атмосферу и морскую воду. Кроме того, он описал устройство фотометра, принцип действия которого основан на способности глаза человека с высокой степенью точности сравнивать освещенности двух поверхностей.

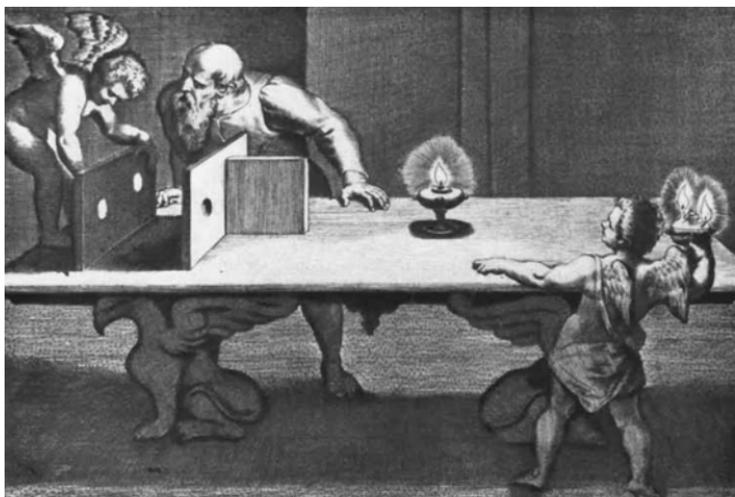


Рис. Первые фотометрические опыты

Свойства наших глаз позволяет довольно точно определить только равенство яркости двух звезд, которые имеют одинаковый цвет. Методы визуальной фотометрии заключаются или в том, что при помощи некоторых инструментальных средств яркость звезды ослабляется в определенное число раз, пока звезда не достигнет предела видимости, причем по степени сделанного ослабления судят о том, какова была первоначальная яркость. Или в том, что рассматривают две звезды одновременно, но одну из них ослабляют в определенном отношении, пока оба изображения не сделаются одинаково яркими.

Наиболее простой способ изменения яркости изображения звезды заключается в употреблении диафрагм перед объективом. Чем большая часть объектива открыта, тем больше света попадает в глаз, тем ярче кажется звезда. Изменяя отверстие диафрагмы так, чтобы наблюдаемые звезды ослаблялись почти до полного исчезновения, можно заключить, что яркости всех таких звезд обратно пропорциональны площадям этих отверстий. На этом основано устройство первого фотометра Бугера (1730 год).

Гораздо проще и точнее пользоваться для той же цели фотометрическим клином, поставленным перед окуляром телескопа. Фотометрический клин представляет собой пластинку из темного стекла, потемнение которой непрерывно увеличивается от одного конца клина к другому. Рассматриваем звезду через клин и передвигаем его, пока звезда не сделается невидимой. Отсчет, сделанный на оправе клина, будет характеризовать яркость звезды и позволит найти отношение ее к яркости других звезд, наблюдаемых таким же образом.

Одновременно с работами Пьера Бугера появились работы Иоганна Ламберта. Именно им был введен термин «фотометрия». Знаменитым стало сочинение Ламберта «Фотометрия или об измерениях и сравнениях света, цветов и теней», опубликованное в 1760 году. Не зная об опытах Бугера, Ламберт в определенном смысле повторил часть из них, но внес и много нового. Но теория Ламберта оказалась больше математически формализована.

К фотометрии Ламберт пришел от астрономических наблюдений, отыскивая пути измерения расстояния до звезд по создаваемой им освещенности. В своем труде «Фотометрия» Ламберт отмечает отсутствие научных основ фотометрии и построения фотометрических приборов:

«Представляется, что большая часть человеческих знаний не используется нами. Замечательный пример – теория света. В исследованиях сути и реальности столь много важных непреодолимых трудностей, что наши знания – в темной оболочке, так что над светом господствует тьма». Ламберт знал о письмах Исаака Ньютона и Эйлера, в которых излагалась теория света, но она не была пригодна для построения метрики света: «Здесь отсутствуют, как это видно, полностью (или, по крайней мере, главные) пункты, необходимые для исследования свойств величин. Отсутствует физическая теория света, которая могла бы строго доказывать и быть завершающей. Отсутствуют инструменты для измерения света. Наконец, отсутствуют начальные принципы, на которых можно было бы работать дальше».

Ламберт особенно сожалел об отсутствии подходящих для фотометрии датчиков света. Он знал, что человек исходно должен мерить визуальноно:

«Потому что, если найти различные фотометрические инструменты, сначала нужно с их помощью менять светлоту и цвет по отношению к глазу. Следовательно, фотометрия сталкивается с трудностями, как при открытии термометра с его точными измерениями температуры... Я точно знаю, что много раз проводились эксперименты, чтобы показать, что движение света можно наблюдать относительно зонда или стальной пластины в фокусе выпуклой линзы, или зеркала, и что солнечный свет находится в движении. Что представляет собой солнечный свет можно представить увеличением или уменьшением тепла пропорционально плотности луча, и это позволяет заменить фотометр термометром».

Ламберт предложил теневой фотометр, в котором уравниваются «плотности света» двух теневых картин.

Глава 3-2-2

Жан-Жак Дорту де Меран

Жан-Жак Дорту де Меран (6 ноября 1678, Безье — 20 февраля 1771 г.) — французский геофизик, астроном и хронобиолог. Открыл циркадные ритмы растений и космическое происхождение полярных сияний, внёс существенный вклад в физику, астрономию и анализ древних текстов. Член Французской академии наук (1718 г.), Французской академии (1734 г.) и Британского Королевского общества (1735 г.), первый избранный почётный член Петербургской академии (1734 г.), иностранный член академий и научных обществ Швеции, Шотландии и Италии.



Рис. Жан-Жак Дорту де Меран

Де Меран родился в 1678 году на юге Франции, в городе Безье. Ещё в детстве остался сиротой. С 1694 по 1697 годы изучал в Тулузе древнегреческий язык, затем продолжил обучение в Париже, где слушал лекции Николя Мальбранша и увлёкся физикой и математикой. В 1702 году вернулся в Безье, занялся научными исследованиями и вскоре заслужил авторитет в самых различных областях естественных наук и филологии.

С 1741 по 1743 служил секретарём в Лувре. Умер в Париже в 1771 году, в возрасте 92 лет, от пневмонии.

По своим научным убеждениям де Меран был картезианцем (сторонником системы Рене Декарта), и многие его труды развивали декартовские идеи, в значительной части надуманные. Например, Эйлер опроверг гипотезу де Мерана о том, что воздух состоит из частиц различной плотности (де Меран обосновывал это предположение тем, что иначе звуки разной высоты не могли бы иметь в воздухе одинаковую скорость).

В 1720-е годы де Меран активно содействовал исследованиям своего ученика Пьера Бугера, которые привели к изобретению фотометра. В своей первой работе Бугер решил одну из фотометрических задач, поставленных Мераном в 1721 году — об оценке прозрачности атмосферы путём измерения света от Солнца при разных его высотах.

В 1731 году открыл в созвездии Ориона «туманность де Мерана». В 1733 году опубликовал «Физический и исторический трактат о северном сиянии», где обосновал космическую природу этого явления («проникновение солнечной атмосферы в земную»).

В XVII веке вызывал горячие споры вопрос о том, какая величина mv или «живая сила» mv^2 сохраняется при движении. Де Меран и д'Аламбер первыми обосновали (для механических столкновений) как закон сохранения импульса, так и закон сохранения энергии.

Глава 3-2-3

Пьер Бугер

Пьер Бугер (16 февраля 1698 — 15 августа 1758 гг.) — французский физик и астроном, основатель фотометрии. Известен трудами по теории корабля, геодезии, гидрографии и другим отраслям знания. Имя Бугера внесено в список 72 величайших учёных Франции, размещённый на первом этаже Эйфелевой башни.



Рис. Пьер Бугер

Пьер Бугер родился в городе Круазик (нижняя Бретань) в семье Жана Бугера и Франсуазы Жоссо. Отец оказал исключительно большое влияние на формирование личности сына. Жан Бугер был «королевским

профессором гидрографии», что соответствовало должностным лицам на морской службе, имеющим право на преподавание. Он был выдающимся для своего времени знатоком морского дела, хорошо знал физику и математику. Написанный им полный курс навигации выдержал два издания (1698 и 1706 гг.).

Пьер учился в иезуитском коллегииуме — закрытом учебном заведении с шестилетним сроком обучения, причём показал особые способности к точным наукам. Он ещё не кончил учёбу, когда умер отец, оставив ему и брату скромное состояние. После строгого экзамена пятнадцатилетний Пьер получил должность, которую занимал отец. Одновременно с преподаванием он продолжал изучать физику, астрономию и морское дело.

Большое влияние на дальнейшую судьбу Бугера оказало знакомство с трудами, а затем и личное знакомство с известным физиком и математиком Жан-Жаком Дорту де Мераном (1678—1771 гг.), членом Французской академии и первым избранным почётным членом Петербургской академии.

Фотометрия

Бугер был побужден к работе над определением яркости света чтением мемуара де Мерана, в котором предполагалось известное отношение двух светов солнца в каждом из солнцестояний. Он попытался определить это отношение из опыта, и его размышления привели его к достаточно полной теории этого отдела оптики. Бугер не скрывал того, что его определения страдали, может быть, недостаточной точностью, несмотря на все приложенные старания и участие свидетелей. Дабы избавиться от сомнений, г-н Бугер проделал впоследствии все новые опыты.

В своей первой работе Бугер решил одну из фотометрических задач, поставленных Мераном в 1721 году — об оценке прозрачности атмосферы путём измерения света от Солнца при разных его высотах. Используя единственно доступный ему источник

сравнения — калиброванные свечи, Бугер нашёл способ сопоставления освещения от небесных светил и, в частности, определил, что свет полной Луны в 300 000 раз слабее света Солнца при одинаковой их высоте над горизонтом. Работа «Сравнение силы света Солнца, Луны и многих свечей» была опубликована лишь через несколько лет (в 1726 году) — сказалась его оторванность от Парижа, от Академии наук.

Астроном П. Бугер задолго до работ Фраунгофера — в 1724 г. — изобрел прибор для измерения величины диаметра Солнца — гелиометр. Это был телескоп с двумя объективами, в котором получались два изображения Солнца. Перемещая объективы посредством микрометрического винта, можно было добиться сближения этих изображений. Расстояние между центрами соприкасающихся изображений служило мерой углового поперечника Солнца. В 1753 г. прибор видоизменили, использовав вместо двух объективов один, разрезанный пополам так, что половины его могли смещаться друг относительно друга. Таким смещением достигался тот же эффект, что и в гелиометре Бугера.

В 1729 году Бугер опубликовал книгу «Опыт о градации света», продолжаящую его работу 1726 года. Здесь он предложил способы измерения ослабления света при прохождении его через атмосферу и морскую воду. Он стал первыми из известных учёных, написавшем об основополагающем законе фотометрии, который сейчас известен как закон Бугера-Ламберта-Бера, определяющий ослабление параллельного монохроматического пучка света при распространении его в поглощающей среде.

Последние два года жизни, будучи уже тяжело больным, Бугер работал над своим самым известным сочинением — «Оптическим трактатом о градации света», существенно переработанным и дополненным по сравнению с изданным в 1729 году «Опытом о градации света». Бугер теоретически и экспериментально установил один из величайших законов природы показательный закон ослабления света при прохождении через вещество и применил его к рассмотрению ряда явлений. По поводу

этого закона акад. С. И. Вавилов писал: «Закон Бугера является, таким образом, одним из самых точных законов природы. Все действия света — только вторичные процессы, сопровождающие поглощение света в веществе». В августе 1758 года он отвёз рукопись издателю, но увидеть её напечатанной ему уже не довелось. Через несколько дней после поездки, 15 августа 1758 года Бугер скончался. Трактат вышел в 1760 году и в переводе на латинский в 1762 году.

Установление формы Земли

Бугер занимался установлением формы Земли. В 1734 году он опубликовал теоретическую работу «Сравнение двух законов, которым Земля и другие планеты должны подчиняться в отношении фигуры, которую их заставляет принимать сила тяжести».

В 1735 году Академия решила отправить две экспедиции — одну в экваториальную Америку, в Перу, другую к полярному кругу, в Лапландию, с целью измерить длину градуса меридиана в возможно далеко отстоящих по широте точках и таким образом экспериментально решить вопрос — отклоняется ли форма Земли от сферы. Опубликованная Бугером за год до этого работа о форме Земли способствовала назначению его одним из руководителей экспедиции в Перу. Вторым был назначен Шарль Мари де ла Кондамин, член Академий в Париже и Берлине, также, как и Меран, почётный член Российской Академии наук, астроном и опытный путешественник. Северная экспедиция оказалась относительно краткой — она заняла 15 месяцев. Экспедиция южной группы продлилась много лет, проходила в чрезвычайно трудных горных условиях и, к тому же, неоднократно подвергалась нападениям местного населения.

В результате тщательных измерений было получено, что длина 1° на экваторе составляет 110,6 км (56748 туаз). Совместно с результатами северной экспедиции,

получившей для 1° величину в 111,9 км (57422 туаэ) эти измерения позволили подтвердить гипотезу о форме Земли как сфероида. В честь этого события была даже выбита медаль, на которой изображён Бугер, опирающийся на земной шар и сплющивающий его.

Во время экспедиции Бугер выполнил и ряд других исследований. Так, он провёл наблюдения на разных высотах астрономической и земной рефракции. Определил, что под влиянием притяжения отвес отклоняется в сторону горы (потухший вулкан Чимборасо) почти на $8''$. Измерения дальности видимости покрытой снегом вершины Чимборасо позволили ему оценить величину рассеяния света воздухом. Он неоднократно поднимался с барометром и термометром на высоту более 4,5 км с целью изучить изменение давления и температуры с высотой. Подробное описание проведённых экспериментов содержится в его книге «Фигура Земли, определённая наблюдениями господ Бугера и де ла Кондамина».

В дальнейшем Бугер выполнил ряд работ по оптике, астрономии, навигации, геодезии, механике. Среди них исследования по фотометрии, измерению параллакса Луны, расширению воздуха, измерению длины градуса меридиана между Парижем и Амьеном и другие.

Глава 3-2-4

Иоганн Генрих Ламберт

Иоганн Генрих Ламберт (26 августа 1728 года — 25 сентября 1777 года) — немецкий физик, философ, математик и астроном; был академиком в Мюнхене и Берлине.

Родился в Мюльхаузене (Эльзас) 26 августа 1728 года в семье портного. В возрасте 12 лет вынужден был оставить школу, чтобы помогать отцу, однако продолжал учиться самостоятельно. В 15 лет стал переписчиком, в 17 лет секретарем издателя в Базеле. Занимался математикой и астрономией. С 1748 по 1758 был домашним учителем.

В этот период началась научная деятельность Ламберта. Первая его научная работа посвящена тепловым измерениям.



Рис. Иоганн Генрих Ламберт

После прекращения преподавательской деятельности Ламберт некоторое время проводил астрономические наблюдения в Швейцарии, затем переехал в Мюнхен, где участвовал в организации Баварской академии наук. Из астрономических работ ученого наиболее известны исследования кометных орбит (1761 г.) и особенностей движения Юпитера и Сатурна. Ламберт ввел понятие двойных звезд, выдвинул идею иерархического строения Вселенной. Многие его гипотезы были впоследствии подтверждены наблюдениями У. Гершеля. Наибольшую известность Ламберту принесли его исследования по фотометрии, основоположником которой он считается наряду с П. Бугером. Ламберт развил теорию отражения света матовыми поверхностями (закон Ламберта) и ввел в науку термин «альbedo». В 1760 году вышел его фундаментальный труд по фотометрии, в котором были введены основные понятия этой науки.

Философские воззрения Иоганна Генриха Ламберта сформировались под влиянием Вольфа, Мальбранша и Локка. После «Космологических писем» (1761 г.), в которых была изложена гипотеза происхождения и иерархического устройства мироздания, Ламберт издал обширное философское сочинение «Новый органон» (1764 г.). В нём Ламберт приближается если не к взглядам, то к вопросам критической философии, особенно в учении о видимости, то есть о таких представлениях, которые, помимо свойств предметов, обусловлены состояниями познающего субъекта. Сообщают, что в «Новом органоне» Ламберта впервые вводится в употребление философское понятие «феноменология». Иммануил Кант, находившийся в переписке с Ламбертом, хотя упоминает и о его «неопытности в метафизических умозрениях», но вообще был чрезвычайно высокого мнения о силе его ума, очень многого ожидал от сотрудничества с ним в философии и был огорчен его преждевременной смертью.

Глава 3-2-5

Фотометрические работы Уильяма Гершеля

Попытка Уильяма Гершеля определить относительные расстояния звезд от земли и их расположение в пространстве потребовало исследовать сравнительную яркость звезд.

Предположение о том, что звезды излучают одинаковое количество света, так что различие в их кажущейся яркости обусловлено исключительно расстоянием, носит тот же общий характер, что и гипотеза о равномерном их распределении. Несомненно, существует много исключений, но за неимением более точных сведений можно пользоваться этим импровизированным способом определения относительных расстояний звезд с некоторой долей вероятности.

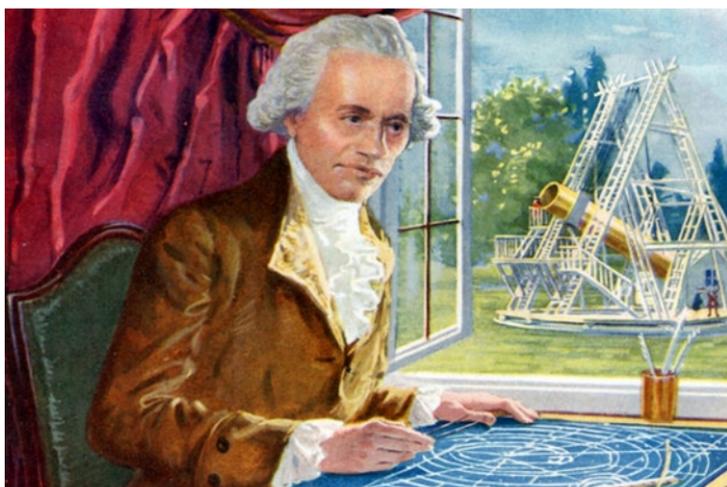


Рис. Уильям Гершель за работой

Для того, чтобы применить этот метод, необходимо было обладать какими-нибудь средствами для сравнения света, идущего от звезд. Гершель пользовался для этой цели телескопами различных размеров. Если наблюдать одну и ту же звезду двумя отражательными телескопами одинаковой конструкции, но различной величины, то количество света, посылаемого телескопом в наш глаз, пропорционально площади зеркала, собирающего свет, следовательно, квадрату диаметра зеркала. Значит, кажущаяся яркость звезды, наблюдаемой в телескоп, с одной стороны, обратно пропорциональна квадрату ее расстояния, а с другой — прямо пропорциональна квадрату диаметра зеркала. Например, если одна звезда наблюдается в телескоп с восьмидюймовым зеркалом, а другая — в огромный телескоп с четырехфутовым зеркалом и обе кажутся одинаково яркими, то вторая звезда — исходя из основного положения — в шесть раз дальше другой.

Опираясь на это предположение, он считал, что самые слабые звезды, доступные невооруженному глазу, почти в двенадцать раз дальше самых ярких, вроде Арктура; если бы Арктур можно было удалить на расстояние, в 900 раз больше, чем нынешнее, то он был бы едва видим в 20-футовый телескоп, которым Гершель обыкновенно пользовался, а 40-футовый проник бы в пространство на расстояние вдвое большее.

Но такой метод может быть использован только в том случае, если есть уверенность в постоянстве блеска выбранных звезд.

В начале деятельности Гершеля были известны только несколько переменных звезд. В астрономических летописях записаны были, кроме того, случаи появления нескольких «новых» звезд, внезапно обнаруженных в таких местах, в которых до того никаких звезд не наблюдалось, и по большей части снова исчезавших. Очевидно, такие звезды можно было принимать за переменные, максимумы которых наступают совершенно неправильно или через большие промежутки времени. Кроме того, прежние записи яркости звезд, не оставляли

сомнений, что блеск многих изменился. Например, маленькая звездочка в Большой Медведице (возле средней звезды «Хвоста»), которую арабы считали мериллом остроты зрения, в настоящее время доступна людям с обыкновенной силой зрения; а Кастор, казавшийся Байеру самой яркой звездой созвездия Близнецов, когда он обнародовал свой атлас (1603 г.), в XVIII веке (как и теперь) считался ниже Поллукса по блеску.

Гершель произвел довольно много точных измерений яркости, излучаемого звездами различных величин, но систематических исследований провести не мог. Желая в будущем иметь возможность подмечать измерения в блеске вышеописанного характера, он изобрел и применил в широком масштабе крайне простой метод последовательностей. Он заключается в следующем. Если, наблюдая группу звезд, записать их в порядке их яркости в два различных момента, то всякое изменение в порядке, в котором они записаны, покажет, что произошла перемена в яркости одной или нескольких звезд. Таким образом, можно заметить любую значительную перемену в яркости. По этому плану Гершель изготовил, между 1796 и 1799 годами, четыре каталога сравнительной яркости, основанных на наблюдениях невооруженным глазом и заключавших в себе около 3000 звезд. Уже в течение этой работы замечено было довольно много легких изменений. Гершель попытался объяснить наблюденные факты предположением, что переменные звезды обладают вращательным движением, а их поверхность не однородна.



Часть 3-3

Переменные звезды

Содержание

- Глава 3-3-1. Новые и сверхновые звёзды
- Глава 3-3-5. Переменные звезды
- Глава 3-3-3. Давид Фабрициус
- Глава 3-3-4. Омикрон Кита (Мира)
- Глава 3-3-5. Мириды
- Глава 3-3-6. R Гидры
- Глава 3-3-7. Хи Лебеда
- Глава 3-3-8. Готфрид Кирх
- Глава 3-3-9. Бета Персея (Алголь)
- Глава 3-3-10. Джон Гудрайк

Глава 3-3-1

Новые и сверхновые звёзды

Новыми звёздами, в астрономической литературе обычно называют — звёзды, светимость которых внезапно увеличивается приблизительно в 10^3 — 10^6 раз (в среднем увеличение светимости приблизительно в 10^4 раза, блеска приблизительно на 12 звёздных величин).

Сверхновая звезда или вспышка сверхновой — явление, в ходе которого звезда резко увеличивает свою яркость на 4 — 8 порядков (на 10-20 звёздных величин) с последующим сравнительно медленным затуханием вспышки.

С древних времен появление новых звезд вызывало смятение не только у астрономов, но и обычных людей. Как и кометы, они рассматривались как астрологический знак, предсказывающий катастрофы или, наоборот, успех.

Но главное, они нарушали устойчивые представления о существовании сферы неподвижных звезд.

За 2200 лет (532 г. до н. э. — 1690 г. н. э.) в китайских и японских летописях было выявлено около 90 вспышек новых. Европейская исследовательская группа с участием Гёттингенского университета обнаружила вблизи центра шарового скопления Messier 22 (NGC 6656) эмиссионную туманность, возможно, являющуюся останками новой звезды, которую китайские астрономы видели в мае 48 года до нашей эры.

Существует легенда, что древнегреческий астроном Гиппарх создал свой каталог звезд именно потому, что увидел на небе звезду, которой прежде там не было.

Наиболее ранняя запись о наблюдении сверхновой SN 185, была сделана китайскими астрономами в 185 году нашей эры. Самая яркая известная сверхновая SN 1006 была подробно описана китайскими и арабскими астрономами. Хорошо наблюдалась сверхновая SN 1054, породившая Крабовидную туманность.

SN 1572 в созвездии Кассиопея

SN 1572 — сверхновая звезда в нашей Галактике, вспыхнувшая осенью 1572 года в созвездии Кассиопеи, приблизительно в 2300 парсеках (7500 световых лет) от Солнечной системы. Максимальная видимая звёздная величина достигла -4^m .

6 ноября 1572 появление на небе «звезды-гостыи» было замечено в Корее, а два дня спустя — в Китае. Первым обнаружившим звезду в Европе был, вероятно, аббат из Мессины Мавролик.

Значительный вклад в изучение сверхновой внёс Тихо Браге, обнаруживший сверхновую 11 ноября 1572 года:

«Однажды вечером, когда я, по обыкновению, осматривал небосвод, вид которого мне так хорошо знаком, я, к неопишуемому моему удивлению, увидел близ зенита в Кассиопее яркую звезду необыкновенной величины. Поражённый открытием, я не знал, верить ли собственным глазам.

...Новая звезда не имела хвоста, её не окружала никакая туманность, она во всех отношениях походила на другие звёзды первой величины... По блеску её можно было сравнить только с Венерой, когда эта последняя находится в ближайшем расстоянии от Земли. Люди, одарённые хорошим зрением, могли различить эту звезду при ясном небе днём, даже в полдень. Ночью при облачном небе, когда другие звёзды скрывались, новая звезда оставалась видимой сквозь довольно густые облака».

Тихо Браге наблюдал сверхновую до её исчезновения с неба. Определив параллакс, он сделал вывод, что «новая звезда» находится намного дальше Луны. Многократные измерения угловых расстояний от сверхновой до соседних звёзд показали, что звезда не движется. Тихо единственный из наблюдателей регулярно оценивал блеск сверхновой, сначала сравнивая её с Юпитером, а потом, когда сверхновая потускнела, с соседними звёздами.

Результаты европейских наблюдений звезды были опубликованы Тихо Браге в книге «*Astronomiae instaurate progymnasmata*» («Очерки о новой астрономии») в 1602 году. Наблюдения и выводы были сделаны английским учёным Томасом Диггесом (совместно с Джоном Ди) и позволили предположить, что звёзды не образуют окружающую сферу, а располагаются по всей Вселенной.

В 1952 году на месте вспышки был найден источник радиоизлучения. В 1960 году остаток сверхновой был найден в оптическом диапазоне.

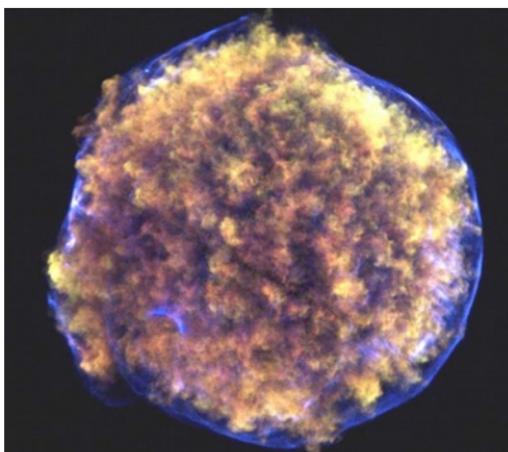


Рис. Остаток SN 1572 в созвездии Кассиопея.

Считается, что сверхновая принадлежит к типу Ia, при котором взрывается белый карлик, масса которого превышает предел Чандрасекара. Подобное может произойти в тесной двойной системе за счёт аккреции вещества звезды-компаньона на белый карлик, либо из-за слияния двух белых карликов. В 2004 году второй компонент системы был найден, им оказалась звезда спектрального класса G0 или G2, движущаяся со скоростью более чем в три раза превышающую среднюю в окрестностях остатка сверхновой.

SN 1604 в созвездии Змееносца

Уже в 1604 году в Европе опять можно было увидеть сверхновую звезду невооружённым глазом. Сверхновая звезда в нашей Галактике SN 1604 — появилась осенью 1604 года в созвездии Змееносца, приблизительно в 6 тысячах парсек (~20 тысяч световых лет) от Солнечной системы. Максимальная видимая звёздная величина достигла $-2,5^m$.

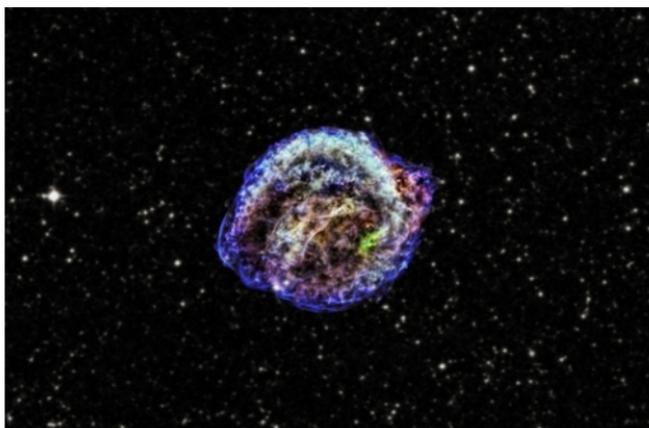


Рис. Остаток SN 1604 в созвездии Змееносца

Впервые эту сверхновую звезду заметили 9 октября 1604 года европейские наблюдатели. В китайских источниках звезда упоминается начиная с 10 октября, а в корейских — с 13 октября. Звезда была видима на небе в течение одного года.

Большой вклад в наблюдение сверхновой внёс немецкий астроном Иоганн Кеплер, поэтому сверхновую часто называют сверхновой Кеплера. Впервые он увидел «новую звезду» 17 октября (столь позднее начало наблюдений объясняется плохой погодой). Результаты наблюдений были опубликованы Кеплером в работе *De Stella Nova in Pede Serpentarii* в 1605 году. SN 1572 и SN

1604 имели большое значение для развития астрономии, они стали аргументом против аристотелевской идеи, гласившей, что мир за пределами Луны и Солнечной системы неизменен.

Остаток сверхновой был обнаружен в оптическом диапазоне в 1930-х годах немецким астрономом Вальтером Бааде с помощью 2,5-метрового телескопа обсерватории Маунт-Вильсон.

Сверхновая 1680 года. Радиисточник Кассиопея А

Эту сверхновую относят к типу Ib. Она вспыхнула в 1680 году, но осталась незамеченной, возможно, из-за ранее сброшенной оболочки, поглотившей большую долю видимого излучения. Остаток является ярчайшим радиисточником, находящимся за пределами Солнечной системы.



Рис. Остаток SN 1680 в Кассиопее

После изобретения телескопа (1609 г.) и до вспышки Эта Киля (1843 г.) европейские учёные заметили всего 5 вспышек новых звёзд.

Глава 3-3-2

Переменные звезды

Переменная звезда — это звезда, яркость которой изменяется со временем в результате происходящих в её районе физических процессов. Строго говоря, блеск любой звезды меняется со временем. Например, величина выделяемой Солнцем энергии изменяется на 0,1% в течение одиннадцатилетнего солнечного цикла, что соответствует изменению абсолютной звёздной величины на одну тысячную. Не следует путать переменность звёзд с их мерцанием, которое происходит из-за колебаний воздуха земной атмосферы. При наблюдении из космоса звёзды не мерцают.

Для отнесения звезды к разряду переменных достаточно, чтобы блеск звезды хотя бы однажды претерпел изменение.

Переменные звёзды сильно отличаются друг от друга. Изменения блеска могут носить периодический характер. Основными наблюдательными характеристиками являются период, амплитуда изменений блеска, форма кривой блеска и кривой лучевых скоростей.

Причинами изменения блеска звёзд могут быть: пульсации, хромосферная активность, периодические затмения звёзд в тесной двойной системе, процессы, связанные с перетеканием вещества с одной звезды на другую в двойной системе, катастрофические процессы такие как взрыв сверхновой и др.

Первая переменная звезда была обнаружена в 1638 году, когда Иоганн Хольварда, профессор Университета г. Франекер (одного из старейших в Нидерландах), заметил, что звезда Омикрон Кита, позже названная Мирой, пульсирует с периодом в 11 месяцев. До этого звезда была описана астрономом Давидом Фабрициусом в 1596 году и ошибочно определена как новая. Это открытие, в сочетании с наблюдениями сверхновых в 1572 и 1604

годах, доказало, что звёздное небо не является чем-то вечно неизменным, как тому учили Аристотель и другие философы древности. Открытие переменных звёзд, тем самым, внесло свой вклад в революцию астрономических взглядов, произошедшую в шестнадцатом и начале семнадцатого века.

Второй звездой, у которой было обнаружено изменение яркости стала затменная переменная Алголь. Ее в 1669 году открыл Джеминиано Монтанари (1633 — 1687 гг.), Верное объяснение причин её переменности было дано в 1784 году Джоном Гудрайком.

В 1686 году астрономом Готфридом Кирхи (1639 — 1710 гг.) была обнаружена звезда Хи Лебеда (χ Cygni), а в 1704 году благодаря Джованни Маральди стала известна R Гидры (R Hydrae). К 1786 году в список переменных входило уже 10 звёзд. Джон Гудрайк добавил в их число Дельту Цефея (δ Cephei) и Шелиак (β Lyr).

Первое наблюдение Дельты Цефея Гудрайк описал 19 октября 1784 года. Изменчивость звезды была описана в письме от 28 июня 1785 года, опубликованном 1 января 1786 года.

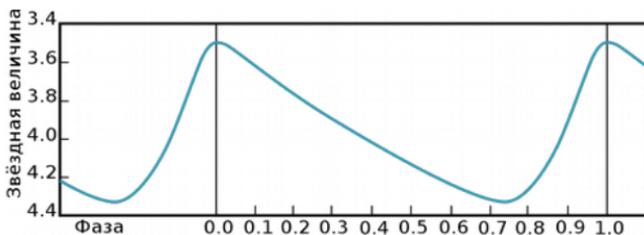


Рис. Кривая блеска Дельты Цефея

Первый каталог переменных звёзд был составлен английским астрономом Эдуардом Пиготтом в 1786 году. В этот каталог входило 12 объектов: две сверхновые, одна новая, 4 звезды типа α Ceti (Мириды), две цефеиды (δ Cep, η Aql), две затменные (β Per, β Lyr) и R Cyg.

Глава 3-3-3

Давид Фабрициус

Давид Фабрициус (1564 — 1617 гг.) — пастор в Восточной Фрисландии, известный своими работами в астрономии.

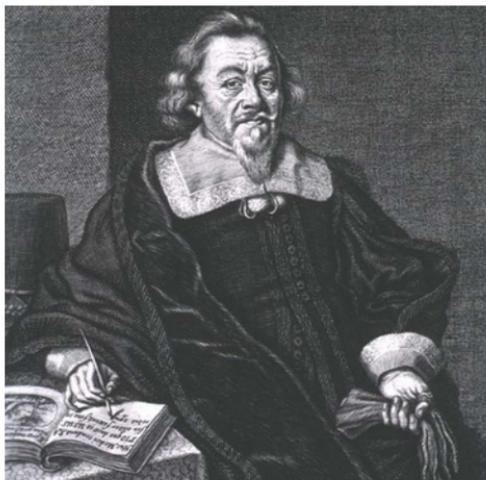


Рис Давид Фабрициус

Изучал астрономию у Лампадиуса в Брауншвейге. Состоял в переписке с Тихо Браге и Кеплером. По заявлению последнего, Фабрициус был лучшим (после Тихо Браге) наблюдателем своего времени.

Заметил 3 августа 1596 г. уменьшение блеска звезды омикрон Кита (Mira Ceti) — это было первое открытие переменной звезды.

Кроме наблюдений планет, известны его наблюдения кометы 1607 года и новой звезды в созвездии Змееносца.

Фабрициус был убит из мести крестьянином, которого он с кафедры изобличил в краже.

Глава 3-3-4

Омикрон Кита (Мира)

Мира (о Set, Омикрон Кита) — двойная звезда в созвездии Кита, состоящая из красного гиганта Мира А и белого карлика Мира В. Расстояние до Миры — 417 св. лет $\pm 14\%$. Компоненты находятся на расстоянии 70 а. е., орбитальный период обращения около 400 лет.

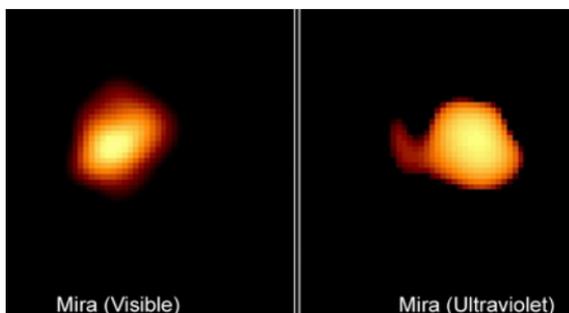


Рис. Мира в видимых лучах и в ультрафиолете. Фрагмент фото, сделанного телескопом GALEX

Мира А — пульсирующая переменная звезда, давшая название классу звёзд — мириды. Она имеет период 332 дня. В максимуме блеска она довольно заметна — видимая звёздная величина в среднем 3,5, в некоторых циклах достигает 2,0. В минимуме её светимость падает в сотни раз, и она становится невидимой невооружённым глазом ($m=8,6\dots 10,1$). В инфракрасном диапазоне колебания блеска Миры гораздо меньше, и составляют около 2 звёздных величин.

Мира В окружена горячим аккреционным диском вещества, истекающего с гиганта. Она также является переменной из-за неравномерности поступления вещества — видимая величина изменяется от 9,5^m до 12^m.

Переменность Миры была зарегистрирована астрономом Дэвидом Фабрициусом начиная с 3 августа 1596 года. Наблюдая за тем, что он считал планетой Меркурий (позже идентифицированной как Юпитер), он нуждался в эталонной звезде для сравнения положений и выбрал ранее не замеченную звезду третьей величины поблизости. К 21 августа, однако, оно увеличилась в яркости на одну величину, а к октябрю исчезла из поля зрения. Фабрициус предположил, что это была новая звезда, но затем снова увидел её 16 февраля 1609 года. В 1603 г. Байер внес эту звезду в свой атлас звездного неба и обозначил σ Ceti.

В 1638 году Йоханнес Холварда определил период повторного появления звезды — одиннадцать месяцев. Ян Гевелий систематически наблюдал звезду с 1659 по 1682 и дал ей имя лат. *Mira* («удивительная»), потому что она действовала как ни одна другая известная звезда. Затем Исмаил Буйо оценил её период в 333 дня, что отличается на один день от современного значения в 332 дня.

Современные наблюдения

В 2007 году астрономы обнаружили у звезды исполинский хвост из пыли и газа — наподобие тех, что простираются за подлетевшими к Солнцу кометами.



Рис. Хвост звезды Миры

Открытие было совершено с помощью ультрафиолетового орбитального телескопа GALEX (см. комментарий). Астрономы были изрядно удивлены. Мира исследуется вот уже на протяжении 400 лет, и до сих пор никто не замечал

в ней никаких особенных странностей, но никто не наблюдал её в ультрафиолете. Обнаруженный хвост простирается в пространстве на целых 13 световых лет. Согласно расчетам, материя, находящаяся в конце хвоста, была сброшена звездой примерно 30 тыс. лет назад.

Большинство звёзд Млечного Пути вращается вокруг центра галактики, двигаясь приблизительно с той же скоростью и в том же направлении, что и межзвездный газ, однако Мира выбивается из общего ряда. Эта звезда продирается сквозь галактическое облако газа со скоростью в 130 км/с. В результате выбрасываемая ею материя сдувается назад, образуя уникальную хвостовую формацию. На фотографиях телескопа GALEX отчётливо видно, как материя, выбрасываемая звездой, сталкивается с частицами межзвёздного газа. В результате она разогревается и устремляется в направлении хвоста. Основную часть этой материи составляют атомы водорода. Они постепенно теряют приобретённую энергию, высвобождая её в виде ультрафиолетовых лучей — их-то и зафиксировал телескоп GALEX.

Комментарии

Аккреционный диск (от лат. «приращение») — структура, возникающая в результате падения диффузного материала, обладающего вращательным моментом, на массивное центральное тело (аккреция). Аккреционные диски возникают вокруг звёзд в тесных двойных системах, во вращающихся галактиках и в протопланетных образованиях.

GALEX — орбитальный космический телескоп, работающий в ультрафиолетовом диапазоне. Название «GALEX» является сокращением от англ. Galaxy Evolution Explorer (букв. «исследователь эволюции галактик»). Аппарат был запущен 28 апреля 2003 года с помощью ракеты-носителя Pegasus-XL и выведен на почти круговую орбиту высотой 697 км с наклоном около 29°.

Глава 3-3-5

Мириды

Мириды — класс пульсирующих переменных звёзд, названный по имени звезды Мира из созвездия Кита. К этому классу относятся звезды поздних спектральных классов с изменениями блеска от 2,5 до 11 звёздных величин в видимом диапазоне. Амплитуда вариаций в ИК-диапазоне, как правило, меньше 2,5. Период их пульсации может составлять от 80 до 1000 дней.

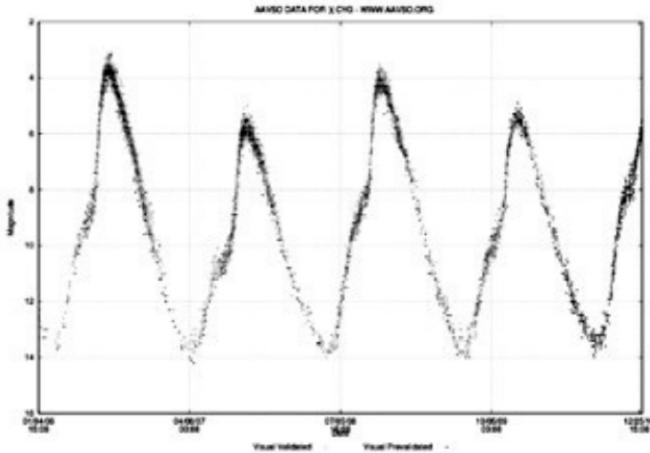


Рис. Кривая блеска χ Лебедя (мериды).

Мириды — гиганты, находящиеся на конечных этапах звёздной эволюции, которые в течение нескольких миллионов лет сбрасывают свою внешнюю оболочку и превращаются в белые карлики.

Полагают, что масса мирид не превышает двух солнечных масс, однако их светимость в тысячи раз больше солнечной из-за расширенной внешней оболочки. Считается, что пульсация мирид обусловлена

периодическим сжатием и расширением этих звезд. Это вызывает изменения радиуса и температуры, что приводит к вариации светимости.

Ранние модели мирид предполагали, что звезда остаётся сферически-симметричной в течение процесса пульсации (в основном, это помогало сократить расчёты при компьютерном моделировании). Недавний обзор мирид показал, что 75% систем с миридами, которые удалось разрешить на телескопе ЮТА, не являются сферически-симметричными. Мириды быстро теряют массу, это вещество часто формирует пылевые оболочки вокруг звезды. Этим объясняются медленные изменения периода от цикла к циклу.



Рис. Хвост звезды мириды

Небольшое количество мирид, по-видимому, меняет период пульсации с течением времени: период растет или уменьшается в течение нескольких десятилетий или нескольких веков. Считается, что этот эффект является следствием тепловых пульсаций, при которых гелиевая оболочка повторно запускает реакции в водородном слоевом источнике. При этом меняется структура звезды, что и даёт изменение периода. Возможно, такая стадия наблюдается у R Гидры. Однако большинство мирид демонстрируют, вероятно, возникающие из-за того, что оболочки звезд не сферические.

Глава 3-3-6

Р Гидры

Р Гидры (лат. R Hydrae) — переменная звезда типа Миры, которая находится в созвездии Гидры на расстоянии приблизительно 538 световых лет от нас. Это красный гигант класса М.

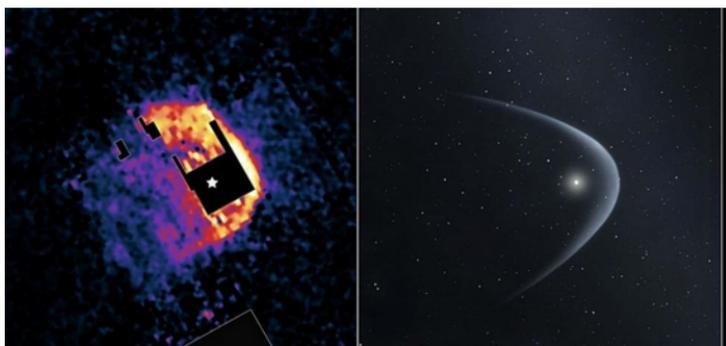


Рис. Головная ударная волна Р Гидры. Слева: снимок в инфракрасном диапазоне; справа: рисунок художника.

Переменная звезда Р Гидры — третья открытая переменная типа Миры после α Кита (1596 год) и χ Лебедя (1686 год) (см. комментарий). Она попала в звездный каталог Яна Гевелия еще в 1662 году, и была там отмечена как звезда 6-й величины, однако не считалась переменной. Ее наблюдал Джеминиано Монтанари (см. комментарий) и обратил внимание на то, что она отсутствует в звездном атласе Уранометрии Байера (1603 год). Монтанари пометил ее положение на своем экземпляре издания. В 1702 году атлас с этой пометкой попал в руки Жака Филиппа Маральди (см. комментарий), который попытался идентифицировать звезду. Наблюдать за этой областью он продолжал до 1712

года, отмечая максимумы звезды в 1704 и 1708 годах и, следовательно, доказал ее переменность.

Видимый блеск звезды меняется от 3,21 до 11,00 звёздной величины с периодом в 389 суток. В 2006 году орбитальный инфракрасный телескоп Спитцер сфотографировал головную ударную волну R Гидры — место, где происходит торможение налетающего на звёздную систему межзвёздного вещества. Она находится на расстоянии 16,29 астрономических единиц от звезды, ее толщина достигает 6,188 а.е. Это первый снимок ударной волны, сделанный у красного гиганта.

R Гидры летит по межзвёздному пространству со скоростью приблизительно 50 км/с. Масса головной ударной волны равна 400 массам Земли.

Комментарии

Переменные типа Миры Кита, пульсирующие долгопериодические переменные с амплитудами изменения блеска, превышающими $2^m,5$ (до $5-6^m$), с хорошо выраженной периодичностью и периодами, заключенными в пределах от 80 до 1000^d .

Джеминиано Монтанари (1633 —1687 гг.)

Итальянский астроном и оптик, профессор математики в Болонье и Падуе. Наиболее известен тем, что около 1669 года обнаружил изменения блеска звезды Алголь. Сторонник экспериментального метода в науке. Одним из первых начал использовать нити в окуляре телескопа для точных астрономических измерений.

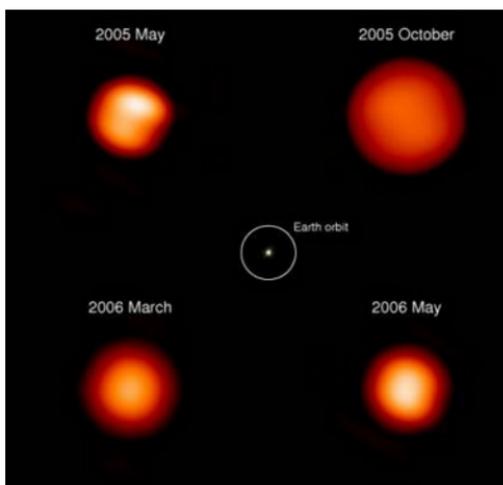
Жак Филипп Маральди (1665 —1729 гг.)

Племянник Ж. Д. Кассини. Назначен дядей астрономом Парижской обсерватории. В 1702 году открыл комету. Мирильди приписывают открытие периодически появляющихся белых пятен на полюсах Марса.

Глава 3-3-7

Хи Лебеда

Хи Лебеда (χ Cygni, χ Cug) — переменная звезда типа Миры, которая находится в созвездии Лебедь на расстоянии около 550 световых лет от нас. Видимая звёздная величина в максимуме $4^m,24$.



*Рис. Эволюция пульсации Хи Лебеда.
Фото с сайта universetoday.com*

χ Лебеда представляет собой звезду, находящуюся на этапе преобразования из карлика в красный гигант. Она периодически увеличивается в размерах, при этом колебания диаметра составляют от 450 миллионов километров до 720 миллионов километров (470 солнечных радиусов). Если звезду поместить в центр Солнечной системы, то она поглотила бы Землю и главный пояс астероидов. Период колебаний равен 408 суткам. В момент максимума яркости χ Лебеда видна невооружённым глазом. Масса звезды примерно равна

двум массам Солнца, а температура поверхности — 3000 градусам по Кельвину.

Спектральный анализ звезды показал, что в её составе в большом количестве присутствует технеций — элемент, не имеющий стабильных изотопов (период полураспада самого долгоживущего — 4,2 млн лет, что во много раз меньше возраста звезды). Это означает, что в этой звезде происходит синтез технеция. Вероятно, это может быть объяснено ядерными реакциями с захватом нейтронов, что характерно для звёзд S- и MS-классов и соответствует классической модели s-процесса, при котором каждое атомное ядро может захватывать несколько нейтронов.

Наблюдения в инфракрасном диапазоне показали, что χ Лебеда окружает пылевая оболочка, состоящая, в основном, из силикатов и графита. Температура пылевой оболочки во внутреннем радиусе приблизительно равна 450 градусам по Кельвину.



*Рис. Хи Лебеда с расстояния 48 а.е..
Компьютерная симуляция*

Согласно общепринятой теории звёздной эволюции, наше Солнце через 5 миллиардов лет должно стать похожим на χ Лебеда, поэтому изучение данной системы позволит прояснить далёкое будущее Солнечной системы.

Глава 3-3-8

Готфрид Кирх

Готфрид Кирх (18 декабря 1639 — 25 июля 1710 гг.) — немецкий астроном, член Прусского королевского научного общества.



Рис. Готфрид Кирх

Сфера научных интересов — звездная астрономия: Кирх изучал последовательно двойную звезду Мицар созвездия Большая Медведица, рассеянное звездное скопление Дикая Утка (M11), шаровое скопление M5 и переменную звезду Хи Лебеда.

Известен своими верноподданническими настроениями по отношению к правителям Пруссии. Предложил названия трёх созвездий: в 1684 году предложил назвать созвездие Мечи Курфюрста Саксонского, а через четыре года в журнале *Acta Eruditorum* предложил еще два названия: Бранденбургский Скипетр и Держава Императора. Посвящены созвездия были: курфюрсту Саксонскому, королю Бранденбургскому и императору Леопольду I.

Глава 3-3-9

Бета Персея (Алголь)

Алголь (β Per, Бета Персея) — кратная (тройная) затменная переменная звезда в созвездии Персея. Находится на расстоянии около 92,8 св. лет от Солнца. Видимая звёздная величина в максимуме 2,12^m. Около 7,3 млн. лет назад Алголь прошёл в 9,8 св. лет от Солнечной системы и его видимая звёздная величина тогда составляла около -2,5^m.

Два компонента, Алголь А и Алголь В, образуют очень тесную двойную систему: расстояние между ними всего 0,062 а. е. (в 16 раз меньше расстояния от Земли до Солнца). Период обращения составляет 2,86731 суток. При вращении компоненты поочерёдно затмевают друг друга, что и вызывает эффект переменности.



Рис. Алголь А и Алголь В

Третья звезда системы Алголь С вращается на расстоянии 2,69 а. е. от центра масс первых двух с периодом 681 день (1,86 года).

Переменность звезды была замечена ещё в древности, ее считали проявлением демонизма. Название происходит от арабского (ал-гуль — злой дух, чудовище).

Для европейской астрономии переменность Алголя открыл в 1667 или 1669 году итальянский учёный Джеминиано Монтанари. Спустя более ста лет, в 1782 году, это же открытие независимо совершил англичанин Джон Гудрайк, определивший период колебания системы.

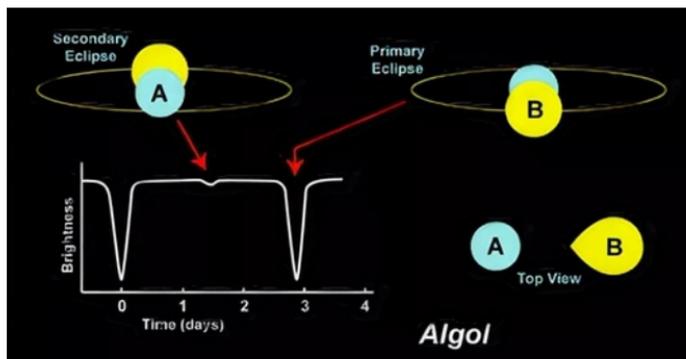


Рис. Кривая блеска Алголя

В своём сообщении он предложил два объяснения феномену: либо вокруг звезды обращается «крупное тело», либо к Земле периодически поворачивается более тёмная сторона самой звезды, покрытая «пятнами или подобным веществом». Таким образом, Гудрайк положил начало теории затменно-переменных звёзд.

Гипотезы об Алголе были подтверждены в конце XIX века: в 1880 — 1881 годах гарвардский астроном Эдвард Чарльз Пикеринг представил доказательства, что Алголь является двойной затменной звёздной системой, и впервые указал, что фотометрическая кривая блеска даёт возможность определить размеры компонентов. Вскоре, в 1889 году, потсдамский астроном Герман Карл Фогель обнаружил доплеровские смещения линий в спектре этой звезды, обусловленные орбитальным движением её компонент.

Глава 3-3-10

Джон Гудрайк

Джон Гудрайк (17 сентября 1764 — 20 апреля 1786 гг.) — английский астроном-любитель, член Лондонского королевского общества.

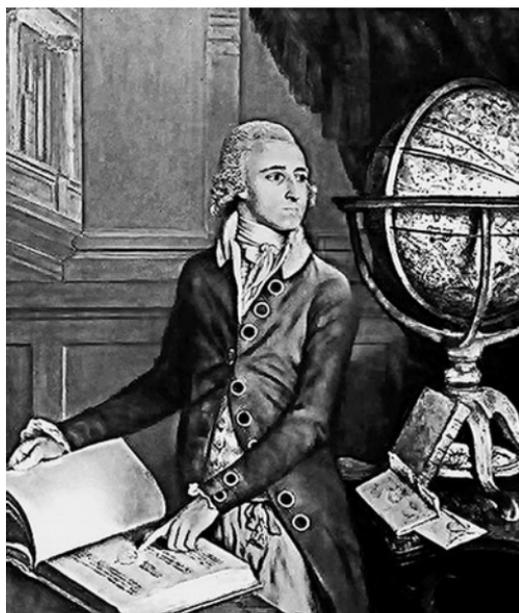


Рис. Джон Гудрайк

Джон Гудрайк, названный в честь своего деда сэра Джона Гудрайка, родился в Гронингене, Нидерланды, большую часть жизни провёл в Англии. В раннем детстве из-за скарлатины потерял речь и слух. Получил образование в академии Томаса Брейдвуда — школе для глухих в Эдинбурге, с 1778 по 1781 годы обучался в Уоррингтонской академии.

Вернувшись к родителям в Йорк, Гудрайк познакомился с Эдуардом Пиготтом — сыном Натаниэля Пиготта, владельца частной обсерватории. Эдуард заметил тягу глухого юноши к знаниям и заинтересовал Джона астрономией.

Наблюдая переменную звезду Алголь (β Персея), в 1783 году Гудрайк первым из астрономов предположил механизм изменения её блеска — затмения звезды вращающимся вокруг большим телом.

Догадка Гудрайка подтвердилась лишь в 1889 году, когда в спектре β Персея были обнаружены периодические смещения спектральных линий.

В настоящее время подобные звёзды называют затменными переменными звёздами. За эту гипотезу, представленную Гудрайком в мае 1783 года Лондонскому королевскому обществу, он был награждён медалью Копли.

В 1784 году открыл переменность звёзд β Лиры и, ставшими впоследствии прототипами двух классов переменных звёзд.

16 апреля 1786 года Гудрайк был избран членом Лондонского королевского общества. Всего лишь через четыре дня Джон умер от пневмонии, не дожив и до 22 лет.

В последствии было обнаружено множество звезд, чьи характеристики оказались сходными со свойствами δ Цефея. Они были названы цефеидами. Из-за известной и повторяемой связи между периодом и светимостью цефеиды используются в качестве стандартных свеч в астрономии. С их помощью можно находить расстояния в диапазоне от 100 парсек до 20 мегапарсек, для большей части которого измерения расстояний методом параллакса дают очень низкую точность. Таким образом, цефеиды важны для определения расстояний до далёких объектов и установления шкалы расстояний в астрономии.

Глава 3-3-11

Эдуард Пиготт

Эдуард Пиготт (27 марта 1753 года — 26 июня 1825 года) — английский астроном.

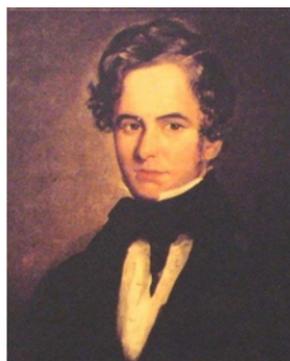


Рис. Эдуард Пиготт

Родился в Бате. С ранних лет помогал своему отцу, любителю астрономии Натаниелю Пиготту, проводить астрономические наблюдения (в 1769 году они совместно наблюдали прохождение Венеры по диску Солнца). С 1781 года проводил наблюдения в собственной обсерватории в Бугаме (Йоркшир), с 1795 года — в Бате.

Наряду с Дж. Гудрайком является основоположником планомерного изучения переменных звёзд. В 1784 году открыл переменность η Орла, в 1795 году сообщил об открытии им изменений блеска у звёзд R Северной Короны и R Щита. В 1786 году составил первый каталог переменных звёзд. Открыл три кометы, определил собственные движения некоторых звёзд, опубликовал ряд статей о методах наблюдений звёзд с пассажными инструментами.



Часть 3-4

Обсерватория Академии наук
в Санкт-Петербурге

Содержание

- Глава 3-4-1. Петербургские «астрофизики» XVIII века
- Глава 3-4-2. Жозеф-Никола Делиль
- Глава 3-4-3. Леонард Эйлер
- Глава 3-4-4. Вклад Эйлера в науку
- Глава 3-4-5. Наблюдения прохождения Венеры по диску Солнца в России (1761 - 1969 гг.)
- Глава 3-4-6. Михаил Васильевич Ломоносов
- Глава 3-4-7. Обнаружение атмосферы Венеры
- Глава 3-4-8. Молекулярно-кинетическая теория тепла
- Глава 3-4-9. Андрей Дмитриевич Красильников
- Глава 3-4-10. Никита Иванович Попов
- Глава 3-4-11. Готфрид Гейнзиус
- Глава 3-4-12. Франц Эпинус
- Глава 3-4-13. Степан Яковлевич Румовский
- Глава 3-4-14. Андрей Иванович Лексель

Глава 3-4-1

Петербургские «астрофизики» XVIII века

Открытие Петром I «окна в Европу» совпало по времени с распространением в европейских странах новой астрономии, основанной на законах Ньютона. Благодаря этому российская астрономия сравнительно быстро достигла европейского уровня. В допетровской России астрономия как наука не существовала, так как церковь препятствовала распространению знаний о гелиоцентрической системе мира, проникающих тем или иным способом из-за границы. Но уже в 90-х годах XVII века в Москве на Сухаревой башне действовала обсерватория Якова Брюса. Там составлялись календари, в которых сообщалось о времени восходов и заходов Солнца и Луны и о различных небесных явлениях.

Кроме того, под Архангельском, через который проводилась торговля с Англией, и где можно было приобрести подзорные трубы, просвещенными людьми производились астрономические наблюдения. Даже была предпринята попытка организовать обсерваторию.

Петр I познакомился с началами астрономии еще юношей по книгам, имевшимся в библиотеке его отца. Понимая необходимость использования астрономии в навигации и для составления географических карт, он пригласил известного французского астронома Жозефа Делиля в Россию для организации обсерватории. При содействии Делиля для будущей обсерватории были закуплены инструменты и книги.

С именем Делиля связано зарождение петербургской астрономической (по существу астрофизической) школы, хотя первые успехи ее связаны не с его именем, а с именами его выдающихся учеников.

К предстоящему переезду Делиль тщательно готовился и в 1724 году, при посещении Англии, встречался с Исааком Ньютоном и Эдмундом Галлеем (бывшим тогда

Королевским астрономом) для обсуждения программы развития астрономии в России. Делиль приехал в Петербург в 1725 году. Через год после открытия основанной по указу Петра I Академии наук.

Программа работ, составленная Делилем, содержала следующий перечень подлежащих решению основных задач:

- 1. Градусные измерения вдоль Петербургского меридиана;
- 2. Определение астропунктов;
- 3. Основание в Петербурге обсерватории;
- 4. Нахождение расстояний до Солнца, Луны и планет. Теория движения планет;
- 5. Исследование рефракции;
- 6. Подготовка специалистов-астрономов;
- 7. Составление трактатов по астрономии.

Строительство обсерватории в Петербурге — на здании Академии наук — было закончено в 1727 году.



Рис. Здание Академии наук в Санкт-Петербурге

Астрономические и метеорологические наблюдения производили приглашенные с Запада ученые. Среди них был Леонард Эйлер (1707 — 1773 гг.), ставший одним из крупнейших ученых XVIII века. Он приехал в Петербург вместе со своим учителем Даниилом Бернулли.

Обсерватория оборудовалась современными инструментами, среди которых были телескоп системы Ньютона с фокусным расстоянием 7-футов (2,3 метра), астрономические часы, пассажный инструмент, универсальные инструменты. С их помощью выполнялись наблюдения Солнца, Луны, планет и их спутников, затмений и покрытия звезд Луной. В обсерватории составлялись эфемериды и каталоги звезд. Был разработан метод определения географических долгот по наблюдениям Луны в кульминациях с точностью до $3^s,5$.

Обсерватория организовывала картографирование местности. Значительное место в ее деятельности занимали наблюдения Солнца: изучение движения пятен и его вращение, измерение его диаметра. Проводились также расчеты движения комет.

В 40-х годах политическая обстановка в России резко изменилась, и положение Академии наук ухудшилось. В 1747 году Делилю пришлось покинуть Россию, причем он был даже лишен пенсии. В том же году обсерватория сгорела вместе с инструментами. Астрономическая деятельность в России заметно сократилась.

Все же в 1761 — 1768 гг. российские астрономы приняли участие в наблюдениях прохождения Венеры по диску Солнца по программе, разработанной еще Делилем.

В 1768 году А.И. Лексель наблюдал комету с коротким периодом, орбита которой, как им было показано, оказалась эллипсом с не очень большим эксцентриситетом.

Среди ученых, подготовленных Делилем, можно назвать Ломоносова, Эйлера, Красильникова, Рихмана, Попова, Гришова, Эпинуса.

Глава 3-4-2

Жозеф-Никола Делиль

Жозеф-Никола Делиль (Де Лиль) (4 апреля 1688 года – 11 сентября 1768 года) — французский астроном и картограф. Известные ученики: Жозеф Жером Лефрансуа де Лаланд и Шарль Месье.



Рис. Жозеф-Никола Делиль

Родился в Париже, окончил Мазариниевский колледж, затем работал помощником Дж. Д. Кассини в Парижской обсерватории. В 1712 году создал небольшую собственную обсерваторию. В 1714 году начал изучать астрономию в Парижской Академии наук у Ж. Ф. Маральди. С 1718 года — профессор математики в Коллеж де Франс. В 1725 году был приглашен в Россию в качестве

первого академика астрономии основанной незадолго до того Петербургской Академии наук. Работал в Петербургской АН до 1747 года, после чего вернулся в Париж. Здесь получил должность астронома французского военного флота и возобновил преподавание в Коллеж де Франс, где работал до 1761 года.

Внес большой вклад в организацию астрономической науки в Петербургской АН в первые годы её существования. По его проекту была построена и оснащена современными инструментами академическая астрономическая обсерватория в здании Кунсткамеры. Создание обсерватории было частью программы работ, составленной Делилем, которая включала градусные измерения, определение расстояний до Солнца и Луны, разработку теории их движений Луны, исследование рефракции и подготовку русских научных кадров. Организовал в 1726 году в России систематические метеорологические наблюдения и наблюдения полярных сияний, выдвинул в 1735 году идею о создании первой в России службы времени. Возглавлял астрономические работы, необходимые для проводившегося под руководством Академии наук картографирования территории России.

По предложению Делиля, при Академии наук был создан Географический департамент для руководства картографированием, Делиль стал его первым директором (1739 – 1740 гг.). Разработал в 1728 году равнопромежуточную коническую картографическую проекцию, наиболее удобную для такой вытянутой вдоль параллелей страны, как Россия, наметил план создания сети астропунктов для построения точной карты России.

В 1735 году Делиль сделал французский перевод 1-й редакции «Атласа Грузии», составленного царевичем Вахушти Багратиони. Делиль утверждал, что благодаря картам Вахушти, степень географической изученности Грузии сравнялась с изученностью Франции. В 1766 г. (уже после смерти Вахушти) Делиль издал в Париже карту Грузии и Армении, основанную на данных 1-й и 2-й редакций «Атласа Грузии».

В 1737 году Делиль измерил базисную линию в 21,5 км по льду Финского залива между Петергофом и Дубками (близ Сестрорецка).

Астрономические работы Делиля посвящены наблюдательной астрономии, астрометрии, небесной механике. Наблюдал солнечные и лунные затмения, покрытия звезд и планет Луной, изучал солнечные пятна, измерял диаметры Солнца, Луны и планет. Занимался организацией, предвычислениями и обработкой наблюдений по определению параллаксов Солнца и Луны, проводившихся Н. Л. Лакайлем на мысе Доброй Надежды, Ж. Ж. Ф. Лаландом в Берлине, Дж. Брэдли в Гринвиче, А. Н. Гришовым в Петербурге. Руководил организацией наблюдений прохождения Венеры по диску Солнца в 1761 и 1769 годах, составил на основании своего метода карту видимости этого явления. Вместе с Г. Гейнзиусом наблюдал кометы 1742 и 1744 года, построил теории их движения. Дал подробный анализ всех публикаций по теории комет после И. Ньютона и Э. Галлея. Разработал метод определения орбит комет. Занимался некоторыми вопросами оптики, в частности дифракцией света; изучал дифракцию от различных по форме тел, открыл ряд важных закономерностей этого явления. Большое внимание уделял изучению и переводу на европейские языки лучших трудов ученых Востока, в частности Улугбека. Воспитал в России и во Франции блестящую плеяду учеников, среди которых Л. Годен, Ж. Ж. Лаланд, Ш. Мессье.

Профессор астрономии (1725 год) и иностранный почётный член (1747 год) Петербургской академии наук. Член Парижской АН (1716 год), член Лондонского королевского общества, Берлинской АН и многих других академий наук и научных обществ.

Глава 3-4-3

Леонард Эйлер

Леонард Эйлер (15 апреля 1707 — 7(18) сентября 1783 гг.) — швейцарский, немецкий и российский математик и механик, внёсший фундаментальный вклад в развитие этих наук (а также физики, астрономии и ряда прикладных наук). Эйлер — автор более чем 850 работ, включая два десятка фундаментальных монографий по математическому анализу, дифференциальной геометрии, теории чисел, приближённым вычислениям, небесной механике, математической физике, оптике, баллистике, кораблестроению, теории музыки и другим областям.



Рис. Леонард Эйлер

Эйлер был академиком Петербургской, Берлинской, Туринской, Лиссабонской и Базельской академий наук, иностранный членом Парижской академии наук и Американской академии искусств и наук.

Леонард Эйлер родился в 1707 году в семье базельского пастора Пауля Эйлера, друга семьи Бернулли. Начальное

обучение Леонард получил дома под руководством отца (тот в своё время учился математике у Якоба Бернулли). Пастор готовил старшего сына к духовной карьере, однако занимался с ним и математикой — как для развлечения, так и для развития логического мышления.

20 октября 1720 года 13-летний Леонард Эйлер стал студентом факультета искусств Базельского университета. 8 июля 1724 года 17-летний Леонард Эйлер произнёс на латыни речь о сравнении философских воззрений Декарта и Ньютона и был удостоен учёной степени магистра искусств. Но любовь к математике направила Леонарда по иному пути.

Почти полжизни Эйлер провёл в России, где внёс существенный вклад в становление российской науки. Он был приглашён работать в Санкт-Петербург в 1726 году, куда переехал годом позже. С 1726 по 1741 год, а также с 1766 года был академиком Петербургской академии наук (будучи сначала адъюнктом, а с 1731 года профессором). Уже через год пребывания в России хорошо знал русский язык и часть своих сочинений (особенно учебники) публиковал на русском. Его учениками были первые русские академики С. К. Котельников и С. Я. Румовский.

В 1728 году началась публикация первого русского научного журнала «Комментарии Петербургской Академии наук» (на латинском языке). Уже второй том содержал три статьи Эйлера. Всего в этом издании было опубликовано более 400 статей Эйлера.

В 1735 году Академия получила задание выполнить срочное и очень громоздкое математическое вычисление, причём группа академиков просила на это три месяца, а Эйлер взялся выполнить работу за 3 дня — и справился самостоятельно; однако перенапряжение не прошло бесследно: он заболел и потерял зрение на правый глаз.

Двухтомное сочинение «Механика, или наука о движении, изложенная аналитически», изданное в 1736 году, принесло Эйлеру общеевропейскую известность. В этой монографии Эйлер с успехом применил методы математического анализа к общему решению проблем движения в пустоте и в сопротивляющейся среде.

В 1740 году умерла императрица Анна Иоанновна. Во время регентства Анны Леопольдовны Петербургская академия пришла в запустение. Эйлер стал обдумывать вариант возврата на родину или переезда в иную страну. В конце концов, он принял предложение прусского короля Фридриха, который приглашал его на весьма выгодных условиях в Берлинскую академию, на должность директора её Математического департамента.

Все годы пребывания в Германии Эйлер сохранял связь с Россией. Он участвовал в публикациях Петербургской Академии, приобретал для неё книги и инструменты, редактировал математические отделы русских журналов. На его квартире, на полном пансионе, годами жили русские учёные, командированные на стажировку.

Во время Семилетней войны (1756—1763) русская артиллерия разрушила дом Эйлера; узнав об этом, фельдмаршал Салтыков немедленно возместил потери, а позже императрица Елизавета прислала от себя ещё 4000 рублей.

В 1762 году на русский престол вступила Екатерина II, которая осуществляла политику просвещённого абсолютизма. Хорошо понимая значение науки, как для прогресса государства, так и для собственного престижа, она провела ряд важных, благоприятных для науки преобразований в системе народного просвещения и культуры. Императрица предложила Эйлеру управление математическим классом и звание конференц-секретаря Академии. Летом 1766 года Эйлер вернулся в Россию — теперь уже навсегда.

Эйлер активно трудился до последних дней. В сентябре 1783 года 76-летний учёный стал ощущать головные боли и слабость. 7 (18) сентября после обеда, проведённого в кругу семьи, беседа с академиком А. И. Лекселем о недавно открытой планете Уран и её орбите, он внезапно почувствовал себя плохо. Через несколько часов, так и не приходя в сознание, он скончался от кровоизлияния в мозг.

Глава 3-4-4

Вклад Эйлера в науку

Астрономия

Много работ Эйлера связано с небесной механикой. Одной из актуальных задач в тот период было определение параметров орбиты небесного тела (например, кометы) по небольшому числу наблюдений. Эйлер существенно усовершенствовал численные методы для этой цели и практически применил их к определению эллиптической орбиты кометы 1769 года; на эти работы опирался Гаусс, давший окончательное решение задачи.

Эйлер заложил основы теории возмущений, позднее завершённой Лапласом и Пуанкаре. Он ввёл понятие оскулирующих элементов орбиты и вывел дифференциальные уравнения, определяющие их изменение со временем. Построил теорию прецессии и нутации земной оси, предсказал «свободное движение полюсов» Земли, открытое сто лет спустя Чандлером.

В 1748 – 1751 годах Эйлер опубликовал полную теорию аберрации света и параллакса.

В 1756 году он опубликовал дифференциальное уравнение астрономической рефракции, исследовал зависимость рефракции от давления и температуры воздуха в месте наблюдения. Эти результаты оказали огромное влияние на развитие астрономии в последующие годы.

Эйлер создал очень точную теорию движения Луны, разработав для этого особый метод вариации орбитальных элементов. Впоследствии, в XIX веке, этот метод был расширен, применён в модели движения больших планет и используется до настоящего времени. Таблицы Майера, рассчитанные на основе теории Эйлера (1767 г.), оказались также пригодными для решения насущной задачи определения долготы на море, и

английское Адмиралтейство выплатило за неё Майеру и Эйлеру специальную премию.

Основные труды Эйлера в этой области:

«Теория движения Луны», 1753;

«Теория движения планет и комет», 1774;

«Новая теория движения Луны», 1772.

Эйлер исследовал поле тяготения не только сферических, но и эллипсоидальных тел, что представляло собой существенный шаг вперёд. Он также впервые в науке указал на вековое смещение наклона плоскости эклиптики (1756 г.), и по его предложению в качестве опорного был с тех пор принят наклон в начале 1700 года. Разработал основы теории движения спутников Юпитера и других сильно сжатых планет.

В 1748 году, задолго до работ П. Н. Лебедева, Эйлер выдвинул гипотезу, что хвосты комет, полярные сияния и зодиакальный свет имеют общим источником воздействие солнечного излучения на атмосферу или вещество небесных тел.

Оптика

Основные достижения в этой области Эйлер собрал в трёхтомник «Диоптрика» (1769 – 1771 гг.).

Среди главных результатов: правила расчёта оптимальных характеристик рефракторов, рефлекторов и микроскопов, вычисление наибольшей яркости изображения, наибольшего поля зрения, наименьшей длины инструмента, наибольшего увеличения, характеристик окуляра.

В 1758 году Эйлер после долгой полемики сумел убедить английского оптика Доллонда в возможности создания ахроматической линзы, используя соединение двух линз, изготовленных из стёкол различного состава, а в 1784 году академик Ф. Эпинус в Петербурге построил первый в мире ахроматический микроскоп.

Математика

С точки зрения математики, XVIII век — это век Эйлера. Если до него достижения в области математики были разрознены и не всегда согласованы, то Эйлер впервые увязал анализ, алгебру, геометрию, тригонометрию, теорию чисел и другие дисциплины в единую систему, добавив при этом немало собственных открытий. Значительная часть математики преподаётся с тех пор «по Эйлеру» почти без изменений.

Благодаря Эйлеру в математику вошли общая теория рядов, фундаментальная «формула Эйлера» в теории комплексных чисел, операция сравнения по целому модулю, полная теория непрерывных дробей, аналитический фундамент механики, многочисленные приёмы интегрирования и решения дифференциальных уравнений, число e , обозначение i для мнимой единицы, ряд специальных функций и многое другое.

По существу, именно Эйлер создал несколько новых математических дисциплин — теорию чисел, вариационное исчисление, теорию комплексных функций, дифференциальную геометрию поверхностей; он заложил основы теории специальных функций. Другие области его трудов: диофантов анализ, математическая физика, статистика.

Историк науки Клиффорд Трусделл писал: «Эйлер был первым учёным в западной цивилизации, кто стал писать о математике ясным и лёгким для чтения языком». Биографы отмечают, что Эйлер был виртуозным алгоритмистом. Он неизменно старался довести свои открытия до уровня конкретных вычислительных методов и сам был непревзойдённым мастером численных расчётов. Ж. Кондорсе рассказывал, что однажды два студента, выполняя независимо сложные астрономические вычисления, получили немного различающиеся результаты в 50-м знаке и обратились к Эйлеру за помощью. Эйлер проделал те же вычисления в уме и указал правильный результат.

Глава 3-4-5

Наблюдения прохождения Венеры по диску Солнца (1761 - 1969 гг.)

В наблюдениях прохождения Венеры 1761 г. приняло участие более 120 наблюдателей из 62 стран мира. Наибольшее число экспедиций было организовано Францией, Англией и Россией. Научное руководство этим предприятием взял на себя Ж.Н. Делиль. Ведущая же роль в организации экспедиций 1769 г., по общему мнению, перешла от Франции к России.



Рис. Прохождение Венеры по диску Солнца

В России прохождение Венеры в 1761 г. наблюдали:

— в Петербурге: М.В.Ломоносов, А.Д.Красильников, И.А.Браун, Н.Г.Курганов;

— в Тобольске: Шапп д'Отерош (французский астроном и путешественник (1722-1769 гг.), прибывший в Россию

по поручению Парижской академии наук для наблюдения прохождения Венеры через диск Солнца);

— в Иркутске: М.И. Татаринов, А.И. Колотошин, Н.И. Попов, Ф.А. Охтенский;

— в Селенгинске: С.Я.Румовский и Г.А.Павинский.

В 1769 г. организация наблюдений прохождения Венеры по диску Солнца в России развернулась еще шире.

Наблюдения производились:

— в Коле (Мурманск): С.Я. Румовский, Ф.А. Охтенский, Г. Бородулин;

— в Поное: Ж.А.Малле;

— в Умбе: Ж.-Л.Пикте;

— в Якутске: И.И.Исленьев;

— в Петербурге: Х.Майер;

— в Оренбурге: Л.Ю.Крафт;

— в Орске: Хр.Эйлер;

— в Гурьеве — Г.М.Ловиц, П.Б.Иноходцев.

В мировой печати из результатов экспедиций 1761 г. в России широкую известность получили лишь наблюдения Шаппа д'Отероша. Остальные либо издавались малым тиражом и не посылались за границу, либо печатались с большим опозданием, да и то не все. Брошюра М.В. Ломоносова, сообщавшая об открытии им атмосферы на Венере, включала также наблюдения А.Д. Красильникова и Н.Г. Курганова. Она вышла в 1761 г. тиражом в 200 экземпляров, ни один из которых не был послан за границу. Наблюдения Н.И. Попова в нее не попали, так как работа была сдана в печать еще до возвращения его экспедиции из Иркутска. Наблюдения С.Я. Румовского были опубликованы и в «Новых Комментариях» и в отдельных изданиях.

Публикация результатов наблюдений экспедиций 1769 г., а также вывода параллакса Солнца была более строгой и планомерной. Все они собраны в одном томе «Новых Комментариев» вместе с обработкой результатов, выполненной под руководством Л. Эйлера.

Пересмотром и новой обработкой результатов всех экспедиций XVIII века по наблюдениям прохождений

Венеры в XIX веке занимались И.Ф. Энке и С. Ньюком. В нашем же столетии великолепное историческое исследование этого вопроса было проведено Г.Вульфом. Однако, и для этих ученых вопрос о результатах Н.И.Попова оставался открытым.

Одной из причин забвения этих наблюдений была длительная и бесплодная полемика Н.И. Попова с С.Я. Румовским, тянувшаяся до августа 1768 года. Румовский резко критиковал наблюдения А.Д. Красильникова и Н.Г.Курганова. Защищая работу своих товарищей от несправедливых, как он считал, обвинений Румовского, Попов выразил сомнение в точности его наблюдений. Он напомнил, что в первом отчете Румовский писал о полной неудаче своих наблюдений, хотя в дальнейшем и представил их Академии. В качестве ответа Румовский расширил свой список авторов недоброкачественных, по его мнению, наблюдений, добавив имя Н.И. Попова.

Как известно, наблюдения Красильникова и Курганова посылались на отзыв в Париж А.Г. Пингре и были тем резко раскритикованы, так как не совпадали с его собственными результатами. Пересмотр Энке всех результатов 1761 года, показал высокие качества наблюдений Красильникова и Курганова и неудовлетворительность данных самого А.Г. Пингре.

С. Ньюком в 1891 году подтвердил эти выводы Энке и установил неточность наблюдений С.Я. Румовского и И.А.Брауна в 1761 году.

Пострадал от этой истории Н.И. Попов. Суровый приговор, вынесенный его наблюдениям Академией, и в первую очередь Румовским, в обстановке, исключавшей объективность, стало общим мнением о неспособности Попова к астрономическим исследованиям. Что противоречит превосходной аттестацией, данной ему как астроному не только Ломоносовым, Л.Эйлером, но и его учителем Ж. Н. Делилем.

Глава 3-4-6

Михаил Васильевич Ломоносов

Важный вклад в формирование астрономической картины мира внес первый русский ученый-энциклопедист и одновременно поэт и лингвист (в т.ч. создатель русского научного языка) петербургский академик Михаил Васильевич Ломоносов (8 [19] ноября 1711 — 4 [15] апреля 1765 гг.).

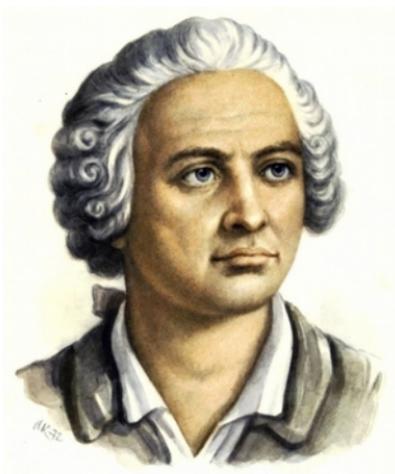


Рис. Михаил Васильевич Ломоносов

Ломоносов — пример «универсального человека»: энциклопедист, физик и химик. Он вошёл в науку как первый химик, который дал физической химии определение, весьма близкое к современному, и предначертал обширную программу физико-химических исследований. Молекулярно-кинетическая теория тепла

Ломоносова во многом предвосхитила современное представление о строении материи и многие фундаментальные законы, в числе которых одно из начал термодинамики.

Ломоносов в числе других молодых петербургских ученых, впоследствии академиков, входил в круг учеников известного астронома Ж.Н. Делиля (1688 — 1768 гг.), первого в России академика-астронома, приглашенного Петром I из Франции.

Занимаясь опытами по только что открытому тогда Б. Франклином (1752 г.) атмосферному электричеству, он, по-видимому, первым высказал идею электрической природы полярных сияний, первым заподозрил такую же природу свечения кометных хвостов. Но главное астрономическое открытие Ломоносова — обнаружение атмосферы на другой планете — Венере. По своему философскому значению это открытие сходно с открытием земноподобного рельефа поверхности Луны Галилеем.

В 1761—1762 гг. Ломоносов создал прообраз современного горизонтального солнечного телескопа с сидеростатом и независимо изобрел однозеркальную систему рефлектора — с наклонным (на 4") зеркалом. (Такая система была позднее сконструирована и с успехом впервые использована В. Гершелем).

Ломоносов проявил себя как астроном, географ, приборостроитель, металлург, геолог. Но также и как поэт, художник, филолог, генеалог, историограф; поборник развития отечественных науки, экономики, образования (разработал проект Московского университета, впоследствии названного в его честь).

Статский советник, профессор химии, действительный член Санкт-Петербургской Императорской академии наук (1745 г.) и почётный член Королевской Шведской и Болонской академий наук.

Михаил Ломоносов родился в деревне Мишанинской Архангелогородской губернии в зажиточной семье Василия Дорофеевича Ломоносова (1681—1741 гг.). Отец,

по отзыву сына, был по натуре человек добрый, но «в крайнем невежестве воспитанный».

Михаил начал помогать отцу с десяти лет. Вместе они ходили рыбачить в Белое море и до Соловецких островов. Нередкие опасности плавания закаляли физические силы и обогащали его ум разнообразными наблюдениями.

Грамоте обучил Михаила Ломоносова дьячок местной Дмитровской церкви С. Н. Сабельников. «Вратами учёности», по его собственному выражению, для него делаются «Грамматика» М. Смотрицкого, «Арифметика» Л. Ф. Магницкого, «Стихотворная Псалтырь» Симеона Полоцкого. В четырнадцать лет юный Ломоносов грамотно и чётко писал.

В декабре 1730 года 19-летний Михаил отправляется вместе с рыбным обозом из Холмогор в Москву. Его путешествие в Москву выглядело как бегство, поскольку будущий учёный покинул дом ночью, тайно, ни с кем не простившись. Долгое время его считали беглым. До Москвы Ломоносов добрался за три недели.

Чтобы поступить в «Спасские школы», то есть в Славяно-греко-латинскую академию, Ломоносову пришлось подделать документы и выдать себя «за сына холмогорского дворянина».

В 1735 году, не дойдя ещё до богословского класса, Ломоносов был вместе с другими двенадцатью учениками Спасского училища отправлен в Петербург и зачислен в студенты университета при Академии Наук.

Под руководством В. Е. Адодурова он начал изучать математику, у профессора Г. В. Крафта знакомился с экспериментальной физикой, самостоятельно изучал стихосложение.

В феврале 1736 года президент Академии наук Иоганн Корф обратился в Кабинет министров с предложением послать несколько способных молодых людей во Фрайберг (Саксония) для обучения их там химии и горному делу. За границей Ломоносов обучался пять лет: около трёх лет в Марбургском университете и около года во Фрайберге. Около года провёл он в переездах, был в Голландии.

В 1741 году 30-летний Ломоносов вернулся в Петербург. Он представил на прочтение академиков две диссертации: одну по физике и другую по химии. В результате его назначили адъюнктом физического класса. Вступив в должность, Ломоносов тотчас же обратился с предложением устроить химическую лабораторию, которой до сих пор ещё не было при Академии наук.

В апреле 1743 года Ломоносов за дерзкое поведение при академических распрях между «русской» и «немецкой» партиями был заключён под стражу на 8 месяцев. Согласно приводимому С. М. Соловьёвым тексту жалобы на Ломоносова, тот, явившись в Академию наук, «поносил профессора Винштейма и всех прочих профессоров многими бранными и ругательными словами, называя их плутами и другими скверными словами, <...> грозил профессору Винштейму, ругая его всякою скверною бранью, что он ему зубы поправит».

25 июля 1745 года Ломоносову было присвоено звание профессора химии. По табели о рангах он становился чиновником VII класса и получал дворянский статус. В том же году он хлопочет о разрешении читать публичные лекции на русском языке; в 1746 году — о наборе студентов из семинарий, «об умножении переводных книг», о практическом приложении естественных наук. В то же время Ломоносов усиленно ведёт свои занятия в области минералогии, физики и химии, печатает на латинском языке длинный ряд научных трактатов.

Под влиянием Ломоносова в 1755 году открывают Московский университет, для которого он составляет первоначальный проект, основываясь на «учреждениях, узаконениях, обрядах и обыкновениях» иностранных университетов. Ломоносов отстаивает права низшего сословия на образование в гимназии и университете.

А. С. Пушкин так сказал о Ломоносове:

«Ломоносов был великий человек. Между Петром I и Екатериной II он один является самобытным сподвижником просвещения. Он создал первый университет. Он, лучше сказать, сам был первым нашим университетом».

Глава 3-4-7

Обнаружение атмосферы Венеры

26 мая 1761 года, наблюдая прохождение Венеры по солнечному диску, М. В. Ломоносов обнаружил наличие у неё атмосферы.

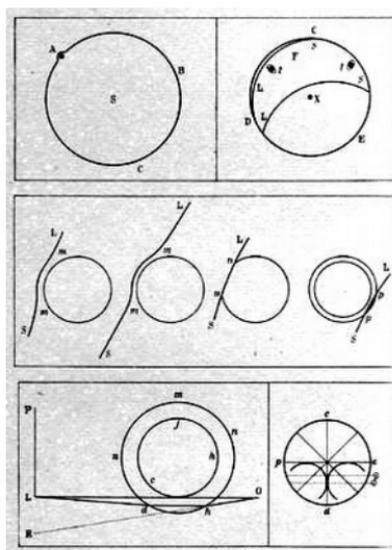


Рис. Иллюстрации М. В. Ломоносова к рукописи
«Явление Венеры на Солнце...». 1761

«При выступлении Венеры из Солнца, когда передний её край стал приближаться к солнечному краю и был (как просто глазом видеть можно) около десятой доли диаметра Венеры, тогда появился на краю Солнца пупырь, который тем явственнее учинился, чем ближе Венера к

выступлению приходила. Вскоре онный пупырь потерялся, и Венера оказалась вдруг без края».

Интересен и другой эффект, наблюдавшийся астрономами с приближением диска Венеры к внешнему краю диска Солнца или при удалении от него. Данное явление, открытое Ломоносовым, не было удовлетворительно истолковано, и его, по всей видимости, следует расценивать как зеркальное отражение Солнца атмосферой планеты — особенно велико оно при незначительных углах скольжения, при нахождении Венеры вблизи Солнца. Учёный описывает его следующим образом:

«Ожидая вступления Венерина на Солнце около сорока минут после предписанного в эфемеридах времени, увидел наконец, что солнечный край чаемого вступления стал неясственен и несколько будто стущёван, а прежде был весьма чист и везде ровен. Полное выхождение, или последнее прикосновение Венеры заднего края к Солнцу при самом выходе, было также с некоторым отрывом и с неясностью солнечного края».

Труд М. В. Ломоносова «Явление Венеры на Солнце, наблюдённое в Санкт-петербургской Императорской Академии Наук Майя 26 дня 1761 года» был напечатан на русском и немецком языках и, следовательно, был известен в Западной Европе, поскольку публикации Академии рассылались в её крупнейшие научные центры, однако открытие атмосферы на Венере приписывалось И. И. Шрётеру и Уильяму Гершелю.

Председатель Американского химического общества профессор Колумбийского университета А. Смит в 1912 году писал: «Открытие, сделанное при этом Ломоносовым о наличии атмосферы на этой планете, обычно приписывают Шрётеру и Гершелю».

Любопытно, что сам М. В. Ломоносов этому открытию не придавал большого значения, во всяком случае, оно даже не упомянуто в составленном им списке работ, которые он относил к наиболее важным в своём научном творчестве.

Глава 3-4-8

Молекулярно-кинетическая теория тепла

Одним из выдающихся естественнонаучных достижений М. В. Ломоносова является его молекулярно-кинетическая теория тепла. Он отсекает лишнее понятие теплорода. Вот логические выводы М. В. Ломоносова, по которым, «достаточное основание теплоты заключается»:

— «в движении какой-то материи» — так как «при прекращении движения уменьшается и теплота», а «движение не может произойти без материи»;

— «во внутреннем движении собственной материи»;

— «во вращательном движении частиц собственной материи тел», так как «существуют весьма горячие тела без» «внутреннего поступательного и колебательного», например, раскалённый камень покоится (нет поступательного движения) и не плавится (нет колебательного движения частиц).

М. В. Ломоносов утверждает, что все вещества состоят из корпускул — молекул, которые являются «собраниями» элементов — атомов. В своей диссертации «Элементы математической химии» (1741 г.; не закончена) учёный даёт такие определения: «Элемент есть часть тела, не состоящая из каких-либо других меньших и отличающихся от него тел... Корпускула есть собрание элементов, образующее одну малую массу».

В более поздней работе (1748 г.) он вместо «элемента» употребляет слово «атом», а вместо «корпускула» — «частица» или «молекула». «Элементу» он придаёт современное ему значение — в смысле предела делимости тел — последней составной их части.

Своей корпускулярно-кинетической теорией тепла Ломоносов предвосхитил многие гипотезы и положения, сопутствовавшие дальнейшему развитию атомистики и теорий строения материи.

Выводы механической теории теплоты, подтвердив саму её, впервые обосновали гипотезу об атомно-молекулярном строении материи — атомистика получила объективные естественнонаучные доказательства. С корпускулярной теорией и молекулярно-кинетическими взглядами М. В. Ломоносова связано его понимание закона сохранения вещества и силы (или движения).

В письме к Л. Эйлеру он формулирует свой «всеобщий естественный закон» (5 июля 1748 года), повторяя его в диссертации «Рассуждение о твёрдости и жидкости тел»:

«...Все перемены, в натуре случающиеся, такого суть состояния, что сколько чего у одного тела отнимется, столько присовокупится к другому, так ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте... Сей всеобщий естественный закон простирается и в самые правила движения, ибо тело, движущее своею силою другое, столько же оные у себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает».

Ломоносов, при ошибочной исходной идее о соприкосновении частиц (но — вращательном!), тем не менее, впервые использует геометрическую модель для доказательства, связанного с формой, строением и взаимодействием разной величины шарообразных атомов; опытным путём вплотную приблизился к открытию водорода.

Являясь противником теории флогистона (который был позднее назван водородом), М. В. Ломоносов, тем не менее, вынужден был делать попытки согласования её со своей «корпускулярной философией».

Ломоносов оперирует флогистонем как материальным веществом, которое легче воды. В диссертации «О металлическом блеске» (1745 г.) он пишет: «...При растворении какого-либо неблагородного металла, особенно железа, в кислотных спиртах из отверстия склянки вырывается горючий пар, который представляет собой не что иное, как флогистон, выделившийся от трения растворителя с молекулами металла.

Глава 3-4-9

Андрей Дмитриевич Красильников

Андрей Дмитриевич Красильников (1705 — 15 февраля 1773 г.) — русский астроном и геодезист эпохи Просвещения, адъюнкт по астрономии Императорской академии наук и художеств в Санкт-Петербурге (1753 г.), «первый русский астроном».

Родился в Москве в семье солдата Семеновского полка. В 1719—1724 г.г. учился в Школе математических и навигацких наук в Москве, геодезист, в 1731—1733 г.г. обучался практической астрономии в Санкт-Петербурге в Академии наук у Ж. Н. Делиля.

Участник экспедиции, снаряжённой для наблюдения прохождения Венеры через диск Солнца.

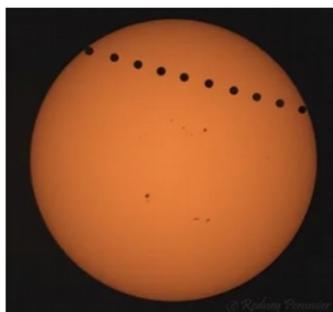


Рис. Солнце и Венера

После возвращения работал в Астрономической обсерватории Академии наук, преподавал в Морской академии. Впервые (с ошибкой всего в 5', то есть около 4,5 км на широте Санкт-Петербурга) вычислил географические размеры России — её протяженность от острова Даго (Хийумаа) до восточного берега Камчатки. Автор первого русскоязычного учебника по астрономии.

Глава 3-4-10

Никита Иванович Попов

Родился в семье дьякона города Юрьева Владимирской губернии, учился в Славяно-греко-латинской академии. В 1735 году в числе 12 учеников академии (среди которых был и М. В. Ломоносов) привезен в Санкт-Петербург в Академическую гимназию. В 1737 году Попов окончил немецкий класс гимназии и перешёл в латинский, а в 1738 году стал студентом Академического университета. В мае 1740 года после сдачи экзамена был назначен академическим переводчиком с латинского, немецкого и русского языков. В 1742 году был определён в Астрономическую обсерваторию к академику Ж. Н. Делилю, ставшему его учителем. После отставки и отъезда в 1747 году Делиля во Францию, Попов продолжал свои занятия астрономией под руководством профессора Винсгейма. В феврале 1748 года за диссертацию «Новый метод наблюдения небесных светил» Попову было присвоено звание адъюнкта. 12 марта 1751 года Попов был назначен профессором астрономии (академиком), однако после опубликования речи «О новых изобретениях в лунной теории» его работы по астрономии, геодезии и математике перестали публиковать.

С января 1761 года по май 1762 года Попов находился с астрономической экспедицией в Иркутске для наблюдения прохождения Венеры по диску Солнца 26 мая 1761 года. Результаты астрономических наблюдений Попова были подвергнуты резкой критике С. Я. Румовским, после чего Попов был фактически лишен возможности заниматься астрономией и с 1763 служил под руководством Ломоносова в Географическом департаменте.

Глава 3-4-11

Готфрид Гейнзиус

Готфрид Гейнзиус (1709 – 1769 гг.) — магистр философии, экстраординарный академик по кафедре астрономии Императорской Санкт-Петербургской Академии наук.



Готфрид Гейнзиус

Родился 27 апреля 1709 года в городе Наумбурге. Слушал лекции в Лейпцигском университете сначала богословия, а потом посвятил себя исключительно математике. В 1734 году получил здесь степень магистра философии и в 1734—36 гг. был приват-доцентом.

В 1736 году был вызван в Петербург. В 1741 году стал ординарным профессором астрономии, помогал Делилю в его астрономических трудах и преподавал математику.

В 1740 году, за отъездом Делиля в Сибирь, заведовал обсерваторией. Делиль остался недоволен его работой.

В результате последовавшей крупной ссоры Гейнзиус в апреле 1743 г. подал прошение об увольнении. В 1744 г. он уехал в Лейпциг, но сохранил связи с Россией; при его содействии были приглашены несколько академиков и профессоров для Московского университета. Как почетный члена академии он с 1747 года получал пенсию.

Глава 3-4-12

Франц Эпинус

Франц Ульрих Мария Теодор Эпинус (13 (24) декабря 1724 — 10 (22) августа 1802) — российский и германский физик, астроном и математик, действительный член Петербургской Академии наук (1756 г.).



Рис. Франц Ульрих Мария Теодор Эпинус

По национальности немец, Эпинус происходил из семьи учёных. Его предок, Иоганн Эпинус (1499—1553 гг.) был лютеранским теологом, видным деятелем Реформации. Отец Ф. Эпинуса, Франц Альберт Эпинус (1673—1750 гг.), был профессором теологии Ростокского университета. Домашнее обучение его началось с шести лет. Занятия шли столь успешно, что в 12 лет отец отдал

его в Ростовский университет для подготовки к поступлению в студенты. В 1740 году Франц стал студентом Ростовского университета, учился на факультетах медицины и философии; в 1744-м на два года отправился в Йенский университет, где изучал физику, химию, медицину и математику. В Йене защитил магистерскую диссертацию о траекториях падающих тел. В Ростове получил степень доктора медицины. Но вскоре основным занятием его стала астрономия.

6 мая 1753 года Эпинус организовал и провел наблюдения прохождения Меркурия по диску Солнца.

В 1755 году по приглашению Эйлера стал профессором астрономии в Берлинском университете, директором Берлинской обсерватории и членом Прусской академии наук. Среди его работ этого периода астрономии посвящены «О методе определения параллакса», «Сообщение по поводу эффекта параллакса в движении планет», «О микрометрах».

В 1756 году был приглашён, по рекомендации Леонарда Эйлера, в Петербургскую академию наук на должность профессора физики, на которой оставался до 1764 года. Приехал в Россию в 1757 году, принял российское подданство.

С 1764 года был официально назначен преподавателем физики и математики наследника престола Павла Петровича с жалованьем 1000 рублей в год и оставил должность профессора Академии. Одновременно с 1765 года, секретным указом, он был назначен (с жалованием 3000 рублей) главой шифровального отдела при Коллегии иностранных дел (чёрный кабинет). В течение 33 лет возглавлял шифровальную службу Российской Империи, разрабатывал новые шифры для Екатерины II, Коллегии иностранных дел, армии и флота, а также вскрывал иностранные дипломатические шифры.

В 1781 году он составил записку об организации в России низшего и среднего школьного образования, в которой рекомендовал как образец австрийскую учебную систему.

В 1757—1788 годах изданы восемь астрономических сочинений Эпинуса.

В 1778—1781 годах он исследовал, с помощью полученного из Англии ахроматического телескопа с тройным объективом, поверхность Луны. На основании наблюдений он высказал предположение о вулканическом происхождении кольцевых гор (цирков) на Луне в сочинении «О строении поверхности Луны и о происхождении неровностей оных от внутренняго огня».

Ставшая на некоторое время общепризнанной (после наблюдений В. Гершелем ярких точек на затененной части Луны, которые он принял за извергавшиеся вулканы, 1783—1787 гг.), теория лунного вулканизма вызвала к жизни одну из первых гипотез космического источника метеоритов. Эпинус указал на важность изучения геологии других планет, признавая их эволюционное родство с Землей.

Объяснив большую охлажденность южного полушария Земли вековым астрономическим эффектом и обратив внимание на утепляющее действие Северного полярного океана, он предположил, что «земли, лежащие около Южного пола <полюса>, до которых мореплавателям доехать ещё не удалось, составляют матёрую землю».

В сочинении «Рассуждение о строении мира» (1759 г.) Эпинус высказал и обосновал идею ледяного состояния тела комет вдали от Солнца. Основанием для этого послужила все та же яркая комета 1680 г.

Эпинус серьёзно рассматривал проблему последствий столкновения кометы с Землёй: отрицая опасность встречи с хвостом кометы, он предполагал, что столкновение с её головой будет смягчаться атмосферой.

Эпинус занимался магнитными исследованиями. На основе математических расчётов он разработал превосходные для того времени методы намагничивания магнитных стрелок. Эпинус утверждал, что земной шар обладает магнитным ядром. Пользуясь математическим методом, он первый рассчитал, как будет вести себя магнитная стрелка в земном магнитном поле.

Глава 3-4-13

Степан Яковлевич Румовский

Степан Яковлевич Румовский (1734 — 1812 гг.) — русский астроном и математик, один из первых русских академиков (с 1767 года). Иностраный член Стокгольмской Академии наук. Инициатор открытия Казанского университета.

Научные труды относятся к области астрономии, геодезии, географии, математики и физики. Много усилий он направил на преподавание с целью воспитать первое поколение российских учёных. Написал учебник «Сокращения математики» (1760 г.). Один из составителей первого издания «Словаря Академии Российской» в 6 томах (1789—1794 гг.).



Рис. Степан Яковлевич Румовский

Родился близ города Владимира в селе Старый Погост, где его отец был священником. В 1739 году отец переселился в Петербург и получил там место священника, впоследствии стал протоиереем.

С пятилетнего возраста начал обучение в Александровской семинарии, в классе пиитики, где состоял в числе лучших учеников. В возрасте 12 лет был выбран М. В. Ломоносовым и И. А. Брауном для обучения в Академической гимназии при Академическом университете.

10 мая 1748 года Румовский начал обучение в университете. В 1750 году избрал предметом специальных занятий математику. В университете показал себя прилежным и одарённым студентом, о Румовском положительно отзывались все преподаватели.

В 1753 году стал адъюнктом по астрономии Петербургской Академии наук, а в следующем году был командирован в Берлин, где изучал математику у Л. Эйлера. Чтобы получить эту командировку, Румовский представил решение задачи Кеплера, эта работа была отослана Эйлеру. Эйлер признал, что сделанные выкладки стоили большого труда и несомненно доказывают способности автора к математике. Благодаря такому отзыву командировка была одобрена.

28 июня 1754 года Румовский прибыл в Берлин, жил он в доме Эйлера. Румовский был прилежным учеником. Он сблизился с семьёй Эйлера, но недостаток средств, которые ему выделялись, ставил его в неловкое положение, вследствие чего Румовского частично содержал его учитель. Так продолжалось два года. В 1756 году Румовский вернулся в Петербург. Дальнейшая деятельность его была в высшей степени разнообразна.

С 1760 года преподавал в Академическом университете математику и астрономию. Экстраординарный профессор с 1763 года, ординарный профессор с 1767 года. В 1761 и 1769 годах выезжал в астрономические экспедиции (в Селенгинск в Забайкалье и в Колу на Кольском полуострове) для наблюдения редчайшего астрономического явления — прохождения планеты

Венера на фоне Солнца. По результатам наблюдений вычислил расстояние от Земли до Солнца, получив величину, весьма близкую к современной.

С 1766 по 1803 год заведовал географическим департаментом, был директором астрономической обсерватории Петербургской академии наук, руководил картографическими работами, готовил астрономо-метеорологические календари. Член Российской академии (академик по астрономии) с момента её основания (1767 год). С 1800 по 1803 год — вице-президент Петербургской академии наук.

С 1776 по 1783 годы был инспектором основанного тогда в Петербурге Греческого кадетского корпуса. В 1798 году Адмиралтейств-коллегия поручила Румовскому подготовку учителей навигации Морского кадетского корпуса к проведению астрономических исследований, за что Румовский был награждён чином действительного статского советника (1799 г.).

В связи с планами открытия Казанского университета был назначен попечителем Казанского учебного округа (1803 год) и состоял в этой должности до конца жизни. Под его руководством была создана система образования Сибири и Востока Европейской части России с опорой на Казанский университет, гимназии, приходские и уездные училища в крупных городах округа. Преподавательский состав Казанского университета был подобран им столь тщательно, что за короткое время университет стал одним из ведущих в России, подготовив в том числе первоклассных математиков (Н. И. Лобачевский).

Скончался в Петербурге 7 июля 1812 года.

Глава 3-4-14

Андрей Иванович Лексель

Андрей Иванович Лексель (24 декабря 1740 года — 11 декабря (30 ноября) 1784 года) — российский астроном, математик и физик шведского происхождения, проведший в России большую часть жизни. Член Петербургской Академии наук.

В Петербург Лексель приехал в 1768 году, работал под руководством Л. Эйлера.

Сделал важные открытия в полигонометрии и небесной механике. Лексель сумел вычислить орбиты для комет 1769 и 1770 I, указал, что причиной изменения орбиты кометы 1770 I является возмущающее влияние Юпитера. В честь него эта комета и была названа.

Следует отметить участие Андрея Ивановича Лекселя в открытии новой планеты — Урана.

13 марта 1781 года Уильям Гершель изучал расположение светил в районе созвездия Тельца. Одна из звезд в пределах этого участка показалась Гершелю странной — вместо яркой точки она имела вид небольшого диска, поэтому в дневнике наблюдений он сделал такую запись: «необычного вида — либо звезда, окруженная туманностью, либо комета». Первоначально Гершель посчитал все же, что это комета, о чем вскоре и послал сообщение в Королевское общество.

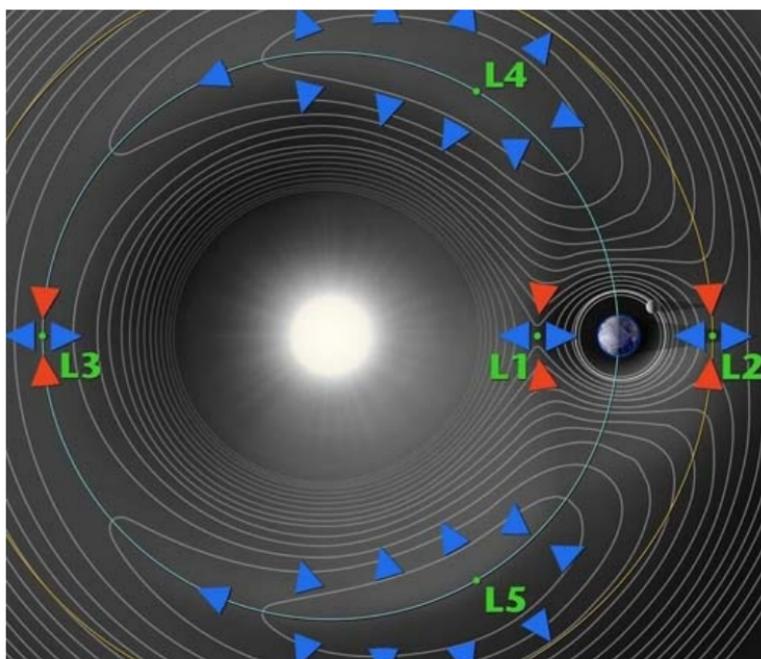
Спустя два месяца после открытия Гершеля Санкт-Петербургский академик Андрей Лексель вычислил параметры орбиты этого небесного тела, показавшие, что оно вращается вокруг Солнца по кругу, радиус которого в 19 раз превышает радиус орбиты Земли. Но самое удивительное состояло в том, что небесное тело, открытое Гершелем, имело круговую орбиту, характерную исключительно для планет – кометы движутся по сильно вытянутым параболам. Стало ясно, что Гершелю удалось обнаружить еще одну, седьмую планету, а Солнечная

система, границы которой до сих пор проводились по орбите Сатурна, расширилась вдвое.

Изучив особенности движения Урана, Лексель первым из астрономов предположил, что на Уран воздействует притяжение неизвестного космического тела, орбита которого расположена ещё дальше от Солнца.

Лексель был выдающимся математиком своего времени, пополнившим сферическую тригонометрию оригинальными и интересными результатами, которые он использовал для исследования движения планет и комет; его имя носит одна из теорем о сферических треугольниках. Он был одним из самых плодотворных членов Российской академии наук того времени, опубликовав 66 работ за 16 лет. Леонард Эйлер высоко отзывался о его работах: «Кроме Лекселя такую статью мог бы написать только Даламбер или я». Даниил Бернулли также хвалил его работы: в письме Иоганну Эйлеру он отмечал: «Я люблю работы г. Лекселя, и глубокие, и интересные, ценность которых ещё повышается его редкой скромностью, украшающей великих людей».

Своей семьи у Лекселя не было, но он очень дружил с Леонардом Эйлером и его семьёй. Когда Эйлер умер, он сменил его на посту заведующего математическим отделом Петербургской академии наук, но сам скончался на следующий год.



Часть 3-5

Небесная механика

Содержание

- Глава 3-5-1. XVIII век — век механики
- Глава 3-5-2. Леонард Эйлер
- Глава 3-5-3. Вклад Эйлера в науку
- Глава 3-5-4. Жан Лерон Д'Аламбер
- Глава 3-5-5. Алекси Клод Клеро
- Глава 3-5-6. А. Клеро и скандальная комета
- Глава 3-5-7. Жозеф Луи Лагранж
- Глава 3-5-8. Пьер-Симон де Лаплас
- Глава 3-5-9. Научная деятельность Лапласа
- Глава 3-5-10. Карл Фридрих Гаусс

Глава 3-5-1

XVIII век — век механики

XVIII век называют «веком механики». Потребности экономики способствовали развитию науки, особенно в тех областях, где результаты исследований могли быть использованы в производстве и прокладывании новых торговых путей.

Перспективность ньютоновского пути исследования окружающего мира уже к сороковым годам XVIII века положила конец существовавшему до той поры сильному влиянию в этих странах картезианства. Роль механики в естествознании многими из ученых преувеличивалась. Они полагали, что на основе законов механики можно объяснить все явления природы.

Такие представления укрепились после того, как на основе закона всемирного тяготения удалось понять природу многих из наблюдавшихся на небе явлений. Новая наука — небесная механика — продемонстрировала могущество этого универсального закона. Поскольку гравитационное взаимодействие небесных тел усложняло расчет их видимых движений, для составления точных эфемерид (см. комментарий) требовался совершенный математический аппарат.

Астрономы и математики приступили к решению поставленной Ньютоном сложнейшей задачи — построению теории возмущенного движения тел Солнечной системы (то есть системы из известных на тот момент 18 планет и спутников).

Первыми последователями Ньютона, применявшими Закон всемирного тяготения для объяснения небесных явлений, уже в середине XVIII в. стали выдающиеся математики и механики континентальной Европы. Ярчайшими фигурами среди них были молодой петербургский академик Леонард Эйлер (1707-1783 гг.),

приглашенный в 1727 году из Германии в только что созданную Академию наук России, и блестящая плеяда ученых-академиков Франции — Пьер Луи Моро-де-Мопертюи (1698 — 1759 гг.), Алексис Клод Клеро (1713 — 1765 гг.), Жан-ле-Рон Д'Аламбер (1717 — 1783 гг.), Жозеф Луи Лагранж (1736 — 1813 гг.), Пьер Симон Лаплас (1749 — 1827 гг.).

Началось все с решения частных случаев и нахождения приближенных решений. Выделились две первоочередные особые задачи — создание точной теории приливов и более точное определение фигуры Земли, служившее контролем справедливости самой теории тяготения.

Преимущество новых методов заключалась не только в их прочном физико-математическом фундаменте, но и в показанной еще Ньютоном возможности сведения сложнейших реальных задач к более простым (в духе Платона!). Задачу исследования взаимных возмущений двух десятков тел оказалось возможным (благодаря особенностям строения и параметров Солнечной системы) свести к задаче «всего» трех тел (рассматривая задачу взаимодействия двух тел планетной системы, влияние остальных можно было, как оказалось, заменить их суммарным эффектом, как бы третьим телом). Но и такая задача требовала незаурядного ума, и решение ее в общем виде оказалось практически недостижимым.

Трудность построения общей теории возмущенного движения небесных тел состояла в том, что элементы их орбит из-за взаимодействия большого числа тел в Солнечной системе изменяются со временем. И, таким образом, реальное их движение происходит по более сложным, чем конические сечения, незамкнутым кривым.

Математический прием описания возмущенного движения первым предложил Эйлер в 1753 году. Он посчитал его эллиптическим, но с непрерывно изменяющимися элементами орбиты, то есть с варьирующимися «произвольными постоянными» в дифференциальных уравнениях движения.

Лагранж усовершенствовал этот «метод вариации произвольных постоянных». В 1778 году он вывел

уравнение для возмущенного параболического движения комет, которое применяется и в наше время.

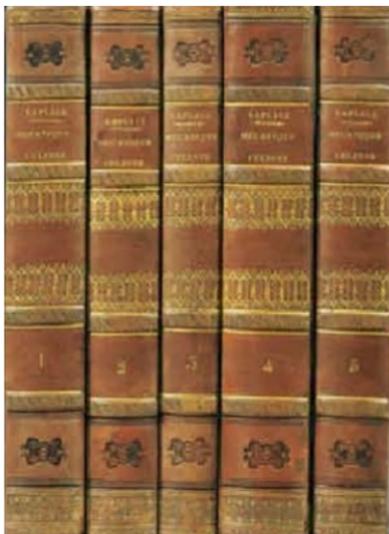


Рис. «Трактат по небесной механике» Лапласа

Первым термин «небесная механика» использовал Пьер-Симон де Лаплас. Свои исследования движений небесных тел он изложил в фундаментальном труде «Трактат по небесной механике» в пяти книгах, издававшемся по частям (1799 — 1825 гг.). Рассматривая Солнечную систему как механическую, управляемую только законами механики, Лаплас утверждал, что движения полностью детерминированы, если определены начальные условия для всех тел, составляющих систему. В течение XVIII века эти утверждения не оспаривались, хотя они не основывались на результатах исследований.

Глава 3-5-2

Леонард Эйлер

Леонард Эйлер (15 апреля 1707 — 7(18) сентября 1783 гг..) — швейцарский, немецкий и российский математик и механик, внёсший фундаментальный вклад в развитие этих наук (а также физики, астрономии и ряда прикладных наук). Эйлер — автор более чем 850 работ, включая два десятка фундаментальных монографий по математическому анализу, дифференциальной геометрии, теории чисел, приближённым вычислениям, небесной механике, математической физике, оптике, баллистике, кораблестроению, теории музыки и другим областям.



Рис. Леонард Эйлер

Эйлер был академиком Петербургской, Берлинской, Туринской, Лиссабонской и Базельской академий наук, иностранный членом Парижской академии наук и Американской академии искусств и наук.

Леонард Эйлер родился в 1707 году в семье базельского пастора Пауля Эйлера, друга семьи Бернулли. Начальное

обучение Леонард получил дома под руководством отца (тот в своё время учился математике у Якоба Бернулли). Пастор готовил старшего сына к духовной карьере, однако занимался с ним и математикой — как для развлечения, так и для развития логического мышления.

20 октября 1720 года 13-летний Леонард Эйлер стал студентом факультета искусств Базельского университета. 8 июля 1724 года 17-летний Леонард Эйлер произнёс на латыни речь о сравнении философских воззрений Декарта и Ньютона и был удостоен учёной степени магистра искусств. Но любовь к математике направила Леонарда по иному пути.

Почти полжизни Эйлер провёл в России, где внёс существенный вклад в становление российской науки. Он был приглашён работать в Санкт-Петербург в 1726 году, куда переехал годом позже. С 1726 по 1741 год, а также с 1766 года был академиком Петербургской академии наук (будучи сначала адъюнктом, а с 1731 года профессором). Уже через год пребывания в России хорошо знал русский язык и часть своих сочинений (особенно учебники) публиковал на русском. Его учениками были первые русские академики С. К. Котельников и С. Я. Румовский.

В 1728 году началась публикация первого русского научного журнала «Комментарии Петербургской Академии наук» (на латинском языке). Уже второй том содержал три статьи Эйлера. Всего в этом издании было опубликовано более 400 статей Эйлера.

В 1735 году Академия получила задание выполнить срочное и очень громоздкое математическое вычисление, причём группа академиков просила на это три месяца, а Эйлер взялся выполнить работу за 3 дня — и справился самостоятельно; однако перенапряжение не прошло бесследно: он заболел и потерял зрение на правый глаз.

Двухтомное сочинение «Механика, или наука о движении, изложенная аналитически», изданное в 1736 году, принесло Эйлеру общеевропейскую известность. В этой монографии Эйлер с успехом применил методы математического анализа к общему решению проблем движения в пустоте и в сопротивляющейся среде.

В 1740 году умерла императрица Анна Иоанновна. Во время регентства Анны Леопольдовны Петербургская академия пришла в запустение. Эйлер стал обдумывать вариант возврата на родину или переезда в иную страну. В конце концов, он принял предложение прусского короля Фридриха, который приглашал его на весьма выгодных условиях в Берлинскую академию, на должность директора её Математического департамента.

Все годы пребывания в Германии Эйлер сохранял связь с Россией. Он участвовал в публикациях Петербургской Академии, приобретал для неё книги и инструменты, редактировал математические отделы русских журналов. На его квартире, на полном пансионе, годами жили русские учёные, командированные на стажировку.

Во время Семилетней войны (1756—1763) русская артиллерия разрушила дом Эйлера; узнав об этом, фельдмаршал Салтыков немедленно возместил потери, а позже императрица Елизавета прислала от себя ещё 4000 рублей.

В 1762 году на русский престол вступила Екатерина II, которая осуществляла политику просвещённого абсолютизма. Хорошо понимая значение науки как для прогресса государства, так и для собственного престижа, она провела ряд важных, благоприятных для науки преобразований в системе народного просвещения и культуры. Императрица предложила Эйлеру управление математическим классом и звание конференц-секретаря Академии. Летом 1766 года Эйлер вернулся в Россию — теперь уже навсегда.

Эйлер активно трудился до последних дней. В сентябре 1783 года 76-летний учёный стал ощущать головные боли и слабость. 7 (18) сентября после обеда, проведённого в кругу семьи, беседуя с академиком А. И. Лекселем о недавно открытой планете Уран и её орбите, он внезапно почувствовал себя плохо. Через несколько часов, так и не приходя в сознание, он скончался от кровоизлияния в мозг.

Глава 3-5-3

Вклад Эйлера в науку

Астрономия

Эйлер много работал в области небесной механики. Одной из актуальных задач в тот период было определение параметров орбиты небесного тела (например, кометы) по небольшому числу наблюдений. Эйлер существенно усовершенствовал численные методы для этой цели и практически применил их к определению эллиптической орбиты кометы 1769 года; на эти работы опирался Гаусс, давший окончательное решение задачи.

Эйлер заложил основы теории возмущений, позднее завершённой Лапласом и Пуанкаре. Он ввёл понятие оскулирующих элементов орбиты и вывел дифференциальные уравнения, определяющие их изменение со временем. Построил теорию прецессии и нутации земной оси, предсказал «свободное движение полюсов» Земли, открытое сто лет спустя Чандлером.

В 1748—1751 годах Эйлер опубликовал полную теорию аберрации света и параллакса.

В 1756 году он опубликовал дифференциальное уравнение астрономической рефракции, исследовал зависимость рефракции от давления и температуры воздуха в месте наблюдения. Эти результаты оказали огромное влияние на развитие астрономии в последующие годы.

Эйлер создал очень точную теорию движения Луны, разработав для этого особый метод вариации орбитальных элементов. Впоследствии, в XIX веке, этот метод был расширен, применён в модели движения больших планет и используется до настоящего времени. Таблицы Майера, рассчитанные на основе теории Эйлера (1767 г.), оказались также пригодными для решения

насущной задачи определения долготы на море, и английское Адмиралтейство выплатило за неё Майеру и Эйлеру специальную премию.

Основные труды Эйлера в этой области:

«Теория движения Луны», 1753;

«Теория движения планет и комет», 1774;

«Новая теория движения Луны», 1772.

Эйлер исследовал поле тяготения не только сферических, но и эллипсоидальных тел, что представляло собой существенный шаг вперёд. Он также впервые в науке указал на вековое смещение наклона плоскости эклиптики (1756 г.), и по его предложению в качестве опорного был с тех пор принят наклон в начале 1700 года. Разработал основы теории движения спутников Юпитера и других сильно сжатых планет.

В 1748 году, задолго до работ П. Н. Лебедева, Эйлер выдвинул гипотезу, что хвосты комет, полярные сияния и зодиакальный свет имеют общим источником воздействие солнечного излучения на атмосферу или вещество небесных тел.

Оптика

Основные достижения в этой области Эйлер собрал в трёхтомник «Диоптрика» (1769—1771 гг.).

Среди главных результатов: правила расчёта оптимальных характеристик рефракторов, рефлекторов и микроскопов, вычисление наибольшей яркости изображения, наибольшего поля зрения, наименьшей длины инструмента, наибольшего увеличения, характеристик окуляра.

В 1758 году Эйлер после долгой полемики сумел убедить английского оптика Доллонда в возможности создания ахроматической линзы, используя соединение двух линз, изготовленных из стёкол различного состава, а в 1784 году академик Ф. Эпинус в Петербурге построил первый в мире ахроматический микроскоп.

Математика

С точки зрения математики, XVIII век — это век Эйлера. Если до него достижения в области математики были разрознены и не всегда согласованы, то Эйлер впервые увязал анализ, алгебру, геометрию, тригонометрию, теорию чисел и другие дисциплины в единую систему, добавив при этом немало собственных открытий. Значительная часть математики преподаётся с тех пор «по Эйлеру» почти без изменений.

Благодаря Эйлеру в математику вошли общая теория рядов, фундаментальная «формула Эйлера» в теории комплексных чисел, операция сравнения по целому модулю, полная теория непрерывных дробей, аналитический фундамент механики, многочисленные приёмы интегрирования и решения дифференциальных уравнений, число e , обозначение i для мнимой единицы, ряд специальных функций и многое другое.

По существу, именно Эйлер создал несколько новых математических дисциплин — теорию чисел, вариационное исчисление, теорию комплексных функций, дифференциальную геометрию поверхностей; он заложил основы теории специальных функций. Другие области его трудов: диофантов анализ, математическая физика, статистика.

Историк науки Клиффорд Трусделл писал: «Эйлер был первым учёным в западной цивилизации, кто стал писать о математике ясным и лёгким для чтения языком». Биографы отмечают, что Эйлер был виртуозным алгоритмистом. Он неизменно старался довести свои открытия до уровня конкретных вычислительных методов и сам был непревзойдённым мастером численных расчётов. Ж. Кондорсе рассказывал, что однажды два студента, выполняя независимо сложные астрономические вычисления, получили немного различающиеся результаты в 50-м знаке и обратились к Эйлеру за помощью. Эйлер проделал те же вычисления в уме и указал правильный результат.

Глава 3-5-4

Жан Лерон Д'Аламбер

Жан Лерон Д'Аламбер (16 ноября 1717 — 29 октября 1783 гг.) — французский учёный-энциклопедист. Широко известен как философ, математик и механик.



Рис.. Жан Лерон Д'Аламбер

Член Парижской академии наук (1740 г.), Французской Академии (1754 г.), Лондонского королевского общества (1748 г.), Петербургской академии наук (1764 г.).

Д'Аламбер был незаконным сыном маркизы де Тансен и, по всей вероятности, австрийского герцога Леопольда Филиппа Аренберга. Вскоре после рождения младенец был подкинут матерью на ступени парижской «Круглой церкви Св. Иоанна», которая располагалась у северной башни Собора Парижской Богоматери. По обычаю, в честь этой церкви ребёнок был назван Жаном Лероном. Вначале ребёнка поместили в Больницу Подкидышей. Затем доверенное лицо герцога артиллерийский офицер Луи-Камю Детуш, получивший деньги для воспитания мальчика, устроил его в семье стекольщика Руссо.

Фамилия Д'Аламбер, по одним сведениям, произведена из имени его приёмного отца Аламбера, по другим — придумана самим мальчиком или его опекунами. Название «Даламбер» было предложено Фридрихом Великим для предполагаемой луны Венеры.

Рано проявившийся талант позволил мальчику получить хорошее образование — сначала в коллегии Мазарини (получил степень магистра свободных наук), затем в Академии юридических наук, где он получил звание лиценциата прав. Однако профессия адвоката ему была не по душе, и он стал изучать математику.

Уже в возрасте 22 лет Д'Аламбер представил Парижской академии свои сочинения, а в 23 года был избран адъюнктом Академии. В 1746 году он был избран в Берлинскую академию, а в 1748 году членом Лондонского Королевского общества.

«Трактат о динамике» Д'Аламбера

В «Трактате о динамике» (1743 г.) был сформулирован фундаментальный «Принцип Д'Аламбера», сводящий динамику несвободной системы к статике. Здесь он впервые сформулировал общие правила составления дифференциальных уравнений движения любых материальных систем.

Позже этот принцип был применен им в трактате «Рассуждения об общей причине ветров» (1774 г.) для обоснования гидродинамики, где он доказал существование — наряду с океанскими — также и воздушных приливов.

В 1764 году в статье «Размерность» Даламбером впервые высказана мысль о возможности рассматривать время как четвёртое измерение.

Выдающийся вклад Д'Аламбер внёс также в небесную механику. Он обосновал теорию возмущения планет и первым строго объяснил теорию предварения равноденствий и нутации.

Глава 3-5-5

Алекси Клод Клеро

Алекси Клод Клеро (7 мая 1713, Париж — 17 мая 1765 г.) — французский математик, механик и астроном, иностранный почётный член Петербургской Академии Наук (1754 г.), член Парижской Академии (1731 г.).

Клеро родился в семье парижского преподавателя математики. Уже в возрасте двенадцати лет он поразил парижских академиков своей работой о некоторых кривых четвёртого порядка, и они устроили Клеро целый экзамен, чтобы убедиться в его авторстве. Экзамен Клеро выдержал.



Рис.. Алекси Клод Клеро

В 1729 году 16-летний Клеро представил той же академии новый трактат: «Исследования о кривых двойкой кривизны». Эта книга положила начало сразу трём геометрическим дисциплинам: аналитической геометрии в пространстве (Декарт занимался плоскими кривыми), дифференциальной геометрии и начертательной геометрии.

Шефство над юным дарованием взял Пьер Луи де Мопертюи, который отвёз Клеро в Базель слушать лекции Иоганна Бернулли. В восемнадцать лет (1731 г.) Клеро был избран членом (адъюнктом) Парижской академии — беспрецедентный случай в истории Академии.

Форма Земли

Спустя несколько лет Академия решила положить конец долгим спорам о том, сплющена ли наша планета (как доказывал Ньютон) или, наоборот, вытянута у полюсов наподобие лимона. Для проведения измерений длины градуса меридиана были организованы экспедиции (1735—1737 гг.) в Перу и Лапландию. Клеро принял участие в лапландской экспедиции (1736 г.), вместе с Мопертюи. Измерения подтвердили точку зрения Ньютона: Земля сжата у полюсов, коэффициент сжатия, по современным данным, равен $1/298,25$ (Ньютон предсказывал $1/230$).



Рис.. Экспедиция в Лапландию

В 1741 году была организована ещё одна экспедиция с той же целью, и тоже с участием Клеро.

По возвращении Клеро написал классическую монографию «Теория фигуры Земли, извлечённая из принципов гидростатики» (1743 г.). Эйлер писал об этой работе:

«Книга Клеро есть произведение несравненное как в отношении глубоких и трудных вопросов, которые в ней рассматриваются, так и в отношении того удобного и лёгкого способа, посредством которого ему удаётся совершенно ясно и отчётливо изложить предметы самые возвышенные».

Клеро доказал ряд фундаментальных для высшей геодезии теорем. Кроме упомянутого личного участия в градусном измерении в Лапландии (1736—1787), Клеро определил соотношение между силой тяжести и сжатием Земли, известного под названием «теоремы Клеро» и давшего возможность определять сжатие Земли независимо от градусных измерений, из наблюдений над качаниями маятника в разных местах земной поверхности. Тем самым были заложены основы нового направления науки — гравиметрии.

Клеро неожиданно скончался в возрасте 52 лет в Париже, 17 мая 1765 года.

Математика

В математическом анализе Клеро ввёл понятия криволинейного интеграла (1743 г.), полного дифференциала, а также общего и особого решения дифференциальных уравнений 1-го порядка (1736 г.).

Нельзя не отметить, что Клеро подготовил блестящие учебники «Начала геометрии» и «Начала алгебры».

Теория движения Луны

Огромны заслуги Клеро в механике и особенно в утверждении системы Ньютона, которая даже в середине XVIII века ещё находила в Европе немало противников.

Основные трудности модель Ньютона встречала в теории движения Луны. Расхождения между видимым движением лунного апогея и вычисленным по закону всемирного тяготения оказывались столь значительными, что многие ученые, даже такие, как Эйлер, Даламбер и сам Клеро, высказывали сомнения в точности этого закона. По предложению Эйлера Петербургская академия наук объявила в 1749 году свой первый научный конкурс на следующую тему:

«Согласуются или же нет все неравенства, наблюдаемые в движении Луны, с теорией Ньютона? И какова истинная теория всех этих неравенств, которая позволила бы точно определить местоположение Луны для любого времени?»

Как раз в это время Клеро нашёл остроумный способ приближённого решения «задачи трёх тел». Он уточнил свои прежние вычисления, и они с высокой точностью совпали с последними результатами наблюдений. На основании отзыва Эйлера, книга Клеро «Теория Луны, выведенная из единственного начала притяжения, обратно пропорционального квадратам расстояний», была заслуженно удостоена премии (1751 г.).

Кометы

Вскоре небесную механику ожидал новый триумф. Уже Галлей понял, что кометы, наблюдавшиеся в 1607-м и 1682-м годах — это одна и та же комета, получившая имя Галлея. Следующее появление этой кометы ожидалось в начале 1758 года. Однако Клеро, проведя точные вычисления с учётом влияния Юпитера и Сатурна, предсказал (осенью 1758 года), что комета появится позднее и пройдёт перигелий в апреле 1759 года. Он ошибся всего на 31 день. Для этих расчётов он привлёк двух своих коллег: Жозефа Жерома Лефрансуа де Лаланда (см. главу xxx) и Николь-Рейн Лепот (см. главу xxx), которые параллельно друг с другом осуществляли длинные и утомительные вычисления. Что привело к большому скандалу.

Глава 3-5-6

А. Клеро и скандальная комета

В июне 1757 года французский астроном Ж. Лаланд решил рассчитать точную дату возвращения кометы Галлея, учитывая гравитационное воздействие Юпитера и Сатурна на орбиту кометы. Он обратился за помощью к А. Клеро, план работ которого включал огромное количество вычислительной работы. Для помощи в вычислениях была приглашена Николь-Рейн Лепот.

14 ноября 1758 года Клеро доложил Французской академии наук, что комета достигнет перигелия в середине апреля 1759 года (в действительности это произошло 13 марта 1759). В 1760 году Клеро описал вычисления траектории движения в своей работе «Теория комет», не упомянув Николь-Рейн Лепот в списке сотрудничавших. Этот факт привёл к разрыву между Клеро и Лаландом, никогда более не участвовавших совместно в астрономических проектах. Позже, в 1803 году, Лаланд за её участие в вычислениях выразил признательность Николь-Рейн в своей работе «Астрономическая библиография».

Коротко об участниках скандала.

Жозеф Жером Лефрансуа де Лаланд

Жозеф Жером Лефрансуа де Лаланд (11 июля 1732 — 4 апреля 1807 гг.) — французский астроном.

Окончил Лионский коллеж (1748 г.), изучал в Париже право, слушал лекции по астрономии, математике и физике в Коллеж де Франс. Полюбил астрономию благодаря случайным наблюдениям сначала огромной кометы 1744 года, а затем полного солнечного затмения

1748 года. В двадцать лет (в 1752 г.) Лаланд участвовал в эксперименте по определению параллакса Луны. Он наблюдал за Луной в Берлине, а Лакайль на мысе Доброй Надежды. Благодаря этому Лаланд в 21 год стал членом Берлинской Академии наук. С 1774 году Жозеф работал в Обсерватории Монпелье наблюдателем.



Рис.. Жозеф Жером Лефрансуа де Лаланд

Став затем профессором математики в *École militaire*, Лаланд усердно занимался астрономическими работами, которые не прерывал даже в бурную эпоху революции; именно в это время, в конце XVIII века, им были проведены наблюдения 50 тысяч звёзд, помещенных в каталог, известный под заглавием «Французская небесная история» (фр. «*Histoire céleste française*»). В этих наблюдениях помощниками Лаланда были его племянник Мишель Лаланд, также астроном (1766—1839 гг.), и жена последнего Мария.

Помимо многочисленных мемуаров (до полутора сотен) по отдельным вопросам астрономии, Лаланд оставил такие капитальные работы, как «Астрономия» —

превосходный трёхтомный трактат по астрономии, выдержавший три издания (1764, 1781, 1792 гг.), переведённый на многие европейские языки и не утративший своего значения вплоть до начала XX века, — и «Библиография по астрономии» (фр. «Bibliographie astronomique», 1803), бывшая продолжительное время справочной книгой каждого астронома.

Кроме того, Лаланд переиздал «Историю математики» Жана Этьена Монтукля, причём последние два тома составил сам, в течение 25 лет (1775—1800 гг.), издавал «Connaissance des temps», известные эфемериды, в которые ввёл много улучшений (например, ввёл печатание лунных расстояний, для определений долгот на море). Наконец, его пятизначные «Логарифмические таблицы» до начала XX века перепечатывались во многих изданиях.

В 1792 году Лаланд издал трактат Пьера Бугера по навигации, дополнив его примечаниями.

Ученицей Лаланда была Луиза дю Пьерри 1746 — ~1807 гг.) — француженка, астроном и профессор, член Академии наук де Безье. В 1789 году она стала первой женщиной-профессором в парижской Сорбонне как ведущая курса астрономии для женщин-студенток. Она предсказала затмения, вычислила продолжительность дня и ночи и собрала таблицы преломления. Работа была опубликована в 1799 году.

Николь-Рейн Лепот

Николь-Рейн Лепот, урожд. Этабль де Лабриер (5 января 1723 — 6 декабря 1788 гг.) — первая французская женщина-математик и астроном.

Николь-Рейн Этабль де Лабриер родилась в Люксембургском дворце в Париже, где её отец служил в доме королевы Испании Луизы-Елизаветы Орлеанской.

27 августа 1748 года вышла замуж за Жана Андре Лепота, с 1753 года — королевского часовщика. Помогая

мужу в его работе, вскоре познакомилась с Ж. Лаландом, приглашённым Французской академией наук оценить возможности применения в астрономии часов нового типа, разработанных её мужем. Вскоре Жан Андрэ заинтересовался идеей создания астрономических часов и в 1755 году опубликовал «Трактат о часовом деле...». Этот трактат содержал первую математическую работу Николь-Рейн — таблицы колебаний маятника.



Рис.. Николь-Рейн Лепот

В 1760—1776 гг., после скандала с А. Клеро, Николь-Рейн Лепот принимала участие в вычислении таблиц для астрономического альманаха (редактор Ж. Лаланд). В 1761 году стала членом Академии Безье. В 1762 году рассчитала и составила детальную карту кольцеобразного солнечного затмения, наблюдавшегося в Париже 1 апреля 1764 года. Позже Николь-Рейн участвовала в выпуске томов VII (1775—1784 гг.) и VIII (1785—1792 гг.) «Эфемерид небесных тел».

Последние годы жизни провела в Сен-Клу, ухаживая за мужем, к 1774 году оставившим часовое дело и страдавшим нервным расстройством.

Глава 3-5-7

Жозеф Луи Лагранж

Жозеф Луи Лагранж (25 января 1736 — 10 апреля 1813 гг.) — французский математик, астроном и механик итальянского происхождения. Наряду с Эйлером — крупнейший математик XVIII века. Особенно прославился исключительным мастерством в области обобщения и синтеза накопленного научного материала.

Автор классического трактата «Аналитическая механика», в котором установил фундаментальный «принцип возможных перемещений» и завершил математизацию механики. Внёс огромный вклад в математический анализ, теорию чисел, в теорию вероятностей и численные методы, создал вариационное исчисление.

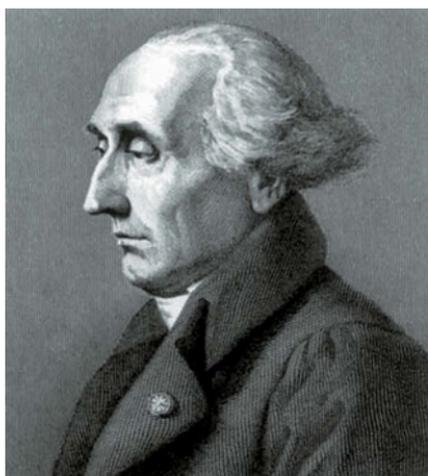


Рис.. Жозеф Луи Лагранж

Член Прусской академии наук (1766 — 1787 гг.); Парижской академии наук (с 1787 г.), Петербургской академии наук (1776 г.), Лондонского королевского общества (1791 г.)

Отец Лагранжа — полуфранцуз, полуйтальянец, — служил в итальянском городе Турине военным казначеем Сардинского королевства.

Лагранж родился в Турине, в богатой семье. Однако его отец, занявшись рискованными спекуляциями, потерял как своё личное состояние, так и состояние своей жены. Из-за материальных затруднений семьи он был вынужден рано начать самостоятельную жизнь. Сначала Лагранж заинтересовался филологией. Его отец хотел, чтобы сын стал адвокатом, и поэтому определил его в Туринский университет. Но в руки Лагранжа случайно попал трактат по математической оптике, и он стал увлечённо изучать математическую литературу.

В 1755 году Лагранж послал Эйлеру свою работу об изопериметрических свойствах, ставших впоследствии основой вариационного исчисления. В этой работе он решил ряд задач, которые сам Эйлер не смог одолеть. Эйлер включил похвалы Лагранжу в свою работу и (вместе с д'Аламбером) рекомендовал молодого учёного в иностранные члены Берлинской Академии наук.

В 1755 году Лагранж был назначен преподавателем математики в Королевской артиллерийской школе в Турине, где пользовался, несмотря на свою молодость, славой прекрасного преподавателя. Лагранж организовал там научное общество, из которого впоследствии выросла Туринская академия наук, издаёт труды по механике и вариационному исчислению (1759 г.). Здесь же он впервые применяет анализ к теории вероятностей, развивает теорию колебаний и акустику.

В 1764 году Французская академия наук объявила конкурс на лучшую работу по проблеме движения Луны. Лагранж представил работу, посвящённую либрации Луны (см. комментарий), которая была удостоена первой премии. В 1766 году Лагранж получил вторую премию Парижской Академии за исследование, посвященное

теории движения спутников Юпитера, а до 1778 года был удостоен ещё трёх премий.

Значительную роль в дальнейшем развитии небесной механики сыграла другая работа Лагранжа. В 1772 году им было предложено решение задачи трех тел для случая, когда одно из них имеет очень малую массу по сравнению с двумя другими (ограниченная задача трех тел). В ней он привёл решение математической задачи, из которого следовало существование особых точек Точек Лагранжа (см. комментарий).

В 1788 году была опубликована «Аналитическая механика», ставшая вершиной научной деятельности Лагранжа. Гамильтон назвал этот шедевр «научной поэмой». В основу всей статики положен так называемый принцип возможных перемещений, в основу динамики — сочетание этого принципа с принципом Д'Аламбера. Введены обобщённые координаты, разработан принцип наименьшего действия. Впервые со времён Архимеда монография по механике не содержит ни одного чертежа, чем Лагранж особенно гордился.

Комментарии

Либрация (от лат. «раскачивание») — медленное колебание (действительное или кажущееся) спутника, наблюдаемое с поверхности тела, вокруг которого он вращается. Без дополнительных уточнений слово «либрация» обычно означает кажущееся колебательное движение Луны при наблюдении с Земли.

Хотя период обращения Луны вокруг Земли равен периоду её обращения вокруг своей оси, либрация позволяет наблюдателю с Земли видеть в разные моменты времени лунный диск в несколько различающихся положениях. Таким образом, всего с Земли может наблюдаться 59 % лунной поверхности.

Точки Лагранжа или точки либрации (L-точки) — точки в системе из двух массивных тел, в которых третья

тело с пренебрежимо малой массой, не испытывающее воздействия никаких других сил, кроме гравитационных, со стороны двух первых тел, может оставаться неподвижным относительно этих тел.

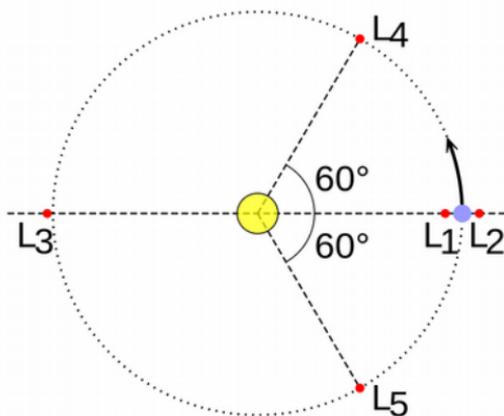


Рис. 153-2. Точки Лагранжа

Более точно точки Лагранжа представляют собой частный случай при решении так называемой ограниченной задачи трёх тел — когда орбиты всех тел являются круговыми и масса одного из них намного меньше массы любого из двух других. В этом случае можно считать, что два массивных тела обращаются вокруг их общего центра масс с постоянной угловой скоростью. В пространстве вокруг них существуют пять точек, в которых третье тело с пренебрежимо малой массой может оставаться неподвижным во вращающейся системе отсчёта, связанной с массивными телами. В этих точках гравитационные силы, действующие на малое тело, уравновешиваются центробежной силой.

Глава 3-5-8

Пьер-Симон де Лаплас

Пьер-Симон, маркиз де Лаплас (23 марта 1749 — 5 марта 1827 гг.) — французский математик, механик, физик и астроном; известен работами в области небесной механики, дифференциальных уравнений, один из создателей теории вероятностей. Заслуги Лапласа в области чистой и прикладной математики и особенно в астрономии громадны: он усовершенствовал почти все разделы этих наук.



Рис. Пьер-Симон де Лаплас

Лаплас состоял членом шести академий наук и Королевского общества. Его имя внесено в список величайших учёных Франции, помещённый на первом этаже Эйфелевой башни.

Родился Лаплас в зажиточной крестьянской семье в Бомон-ан-Ож, в Нормандии. Отец Лапласа некоторое время был мэром этого городка. В семье была ещё старшая сестра Мари-Анн. Мальчик учился в школе бенедиктинцев, из которой вышел, однако, убеждённым атеистом. Состоятельные соседи помогли способному юноше в 1765 году поступить в университет города Кан.

Уже в 1766 году его математическая работа вызвала интерес учёных, и Лаплас был приглашён в Париж. А его работа об общих принципах механики понравилась Д'Аламберу. Тот сразу оценил юношу и помог устроиться преподавателем математики в Военную академию.

Наибольший научный интерес у Лапласа вызывала «главная проблема небесной механики»: исследование устойчивости Солнечной системы. В 1773 году, виртуозно применив математический анализ, Лаплас доказал, что орбиты планет устойчивы, и их среднее расстояние от Солнца не меняется от взаимного влияния (хотя испытывает периодические колебания). Даже Ньютон и Эйлер не были в этом уверены. Правда, позже выяснилось, что Лаплас не принял во внимание приливное трение, замедляющее вращение, и другие важные факторы.

В революционные годы Лаплас принял руководящее участие в работах комиссии по введению метрической системы и читал лекции в Нормальной школе. На всех этапах бурной политической жизни тогдашней Франции Лаплас никогда не вступал в конфликты с властями, которые почти неизменно осыпали его почестями. Простонародное происхождение Лапласа не только предохранило его от репрессий революции, но и позволило занимать высокие должности. Свои политические взгляды он никогда не афишировал.

Во время якобинского террора 1793—1794 годов Академия наук была закрыта, а из Комиссии мер и весов изгнали всех «умеренных», включая Лапласа. Астроном Жан Байи, близкий друг Лапласа, был схвачен и казнён на гильотине. Лаплас вместе с семьёй уехал из Парижа в Мелён, где начал работу над «Небесной механикой» и «Изложением системы мира». После падения и казни

Робеспьера Академия была восстановлена (под названием «Национальный институт наук и искусств»), Лапласу поручили руководить Бюро долгот (так называется французский Астрономический институт). Комиссия мер и весов возобновила работу и благополучно завершила её в 1795 году, основная единица длины по предложению Лапласа была названа метром.

В 1796 году опубликовано «Изложение системы мира» — популярный очерк математических результатов, позднее опубликованных в «Небесной механике», без формул и ярко изложенный; книга получила широкую известность, только при жизни автора переиздавалась четыре раза, переведена на многие языки мира.

В 1799 году вышли первые два тома главного труда Лапласа — классической «Небесной механики» (именно Лаплас ввёл этот термин). В этой книге излагаются движение планет, их возможные формы, теория приливов. Работа над монографией продолжалась 26 лет: том III вышел в 1802 году, том IV — в 1805-м, том V — в 1823—1825 гг. Стиль изложения был излишне сжатым, множество выкладок автор заменял словами «легко видеть, что...». Однако глубина анализа и богатство содержания сделали этот труд настольной книгой астрономов XIX века. В одном из примечаний Лаплас мимоходом изложил гипотезу о происхождении Солнечной системы из газовой туманности, ранее высказанную Кантом. В третьем издании «Небесной механики» (1813 г.) Лаплас существенно расширил изложение своей космогонической гипотезы.

Умер Лаплас от простудного заболевания 5 марта 1827 года в собственном имении под Парижем, на 78-м году жизни.

Современники отмечали доброжелательность Лапласа по отношению к молодым учёным, всегдашнюю готовность оказать помощь. Отношение его к коллегам было гораздо более сдержанным, современники часто упрекали Лапласа в высокомерии, пренебрежении к вопросам приоритета — в своих трудах он часто не ссылаясь на первооткрывателей.

О Боге

Широко известен диалог Лапласа с Наполеоном:

— Вы написали такую огромную книгу о системе мира и ни разу не упомянули о его Творце!

— Сир, я не нуждался в этой гипотезе.

Но это утверждение требует комментария.

Эрве Фай писал в 1884 году следующее:

«На деле Лаплас никогда не говорил этого. Вот, как мне кажется, что произошло на самом деле. Ньютон, веривший, что вековые возмущения, которые он обозначил в своей теории, в итоге уничтожат Солнечную систему, где-то говорит, что Богу приходится вмешиваться время от времени, чтобы врачевать зло и как-то поддерживать работу системы. Это, однако, чистое предположение, внушённое Ньютону неполным обзором условий устойчивости нашего маленького мира. Наука в то время была ещё недостаточно развита, чтобы полностью обозревать эти условия. Но Лаплас, нашедший их путём глубокого анализа, ответил Первому консулу, что Ньютон напрасно привлёк Божественное вмешательство, чтобы время от времени настраивать машину мира (*la machine du monde*), и что он, Лаплас, не нуждался в таком допущении. Следовательно, не Бога Лаплас считал гипотезой, а его вмешательство в определённом месте.

Г-н Араго ручался мне, что Лаплас, которого незадолго до смерти предупредили, что эту историю собираются опубликовать в биографическом собрании, попросил его потребовать от издателя удалить её. Было необходимо или объяснить, или убрать её, а второй путь был самым простым. Но, к сожалению, её не убрали и не объяснили».

Тем не менее Лаплас заработал прочную репутацию атеиста. Несколько источников приводят продолжение беседы Наполеона с Лапласом. Наполеон пересказал Лапласу ответное замечание Лагранжа: «Бог является прекрасной гипотезой, она многое объясняет». Лаплас на это сухо возразил: «Эта гипотеза, сир, объясняет вообще всё, но не позволяет ничего предсказать».

Глава 3-5-9

Научная деятельность Лапласа

Устойчивость солнечной системы

В своем сочинении «Небесная механика» Лаплас подвел итоги как собственным исследованиям в этой области, так и трудам своих предшественников, начиная с Ньютона. Он проанализировал движение известных тел Солнечной системы и на основе закона всемирного тяготения доказал её устойчивость, показав, что средние расстояния планет от Солнца практически постоянны, а колебания остальных элементов их орбит незначительны. Важнейшее значение имело заключение, опровергавшее мнение (которое разделял и Ньютон), что поддержание текущего состояния Солнечной системы требует вмешательства посторонних сверхъестественных сил.

Лаплас доказал, что благодаря движению планет в одну сторону, малым эксцентриситетам и малым взаимным наклонам их орбит, должна существовать неизменяемость средних расстояний планет от Солнца, а колебания прочих элементов орбит должны быть заключены в весьма тесные пределы.

Теория возмущений

Лаплас убедительно показал, что все отклонения положения планет от предсказанных законами Ньютона (точнее говоря, предсказанных решением задачи двух тел) объясняются взаимовлиянием планет, которое можно учесть с помощью тех же законов Ньютона.

Ещё в 1695 году Галлей обнаружил, что Юпитер в течение нескольких веков постепенно ускоряется и приближается к Солнцу, а Сатурн, наоборот, замедляется и удаляется от Солнца. Некоторые учёные полагали, что, в

конце концов, Юпитер упадёт на Солнце. Лаплас открыл, что причины смещений (неравенств) — взаимовлияние планет, и показал, что это не более чем периодические колебания, и всё возвращается в исходное положение каждые 929 лет.

До открытий Лапласа немало учёных пытались объяснить отклонения теории от наблюдений движением эфира, конечной скоростью тяготения и иными не-ньютоновскими факторами. Лаплас, как ранее Клеро, провозгласил: в небесной механике нет иных сил, кроме ньютоновских, и аргументированно обосновал этот тезис.

Лаплас открыл, что ускорение в движении Луны, приводившее в недоумение всех астрономов (вековое неравенство), тоже является периодическим изменением эксцентриситета лунной орбиты, и возникает оно под влиянием притяжения крупных планет. Рассчитанное им смещение Луны под влиянием этих факторов хорошо соответствовало наблюдениям.

Спутники Юпитера и кольца Сатурна

Лаплас первый построил точную теорию движения галилеевых спутников Юпитера, орбиты которых из-за взаимовлияния постоянно отклоняются от кеплеровских. Он также дал объяснение «соотношению Варгентина» между орбитальными углами спутников с точки зрения законов Ньютона. Это объяснение получило название «резонанса Лапласа».

Вычислив условия равновесия кольца Сатурна, Лаплас доказал, что они возможны лишь при быстром вращении планеты около оси, и это действительно было доказано потом наблюдениями Уильяма Гершеля.

Форма Земли и приливы

По неравенствам в движении Луны Лаплас уточнил сжатие земного сфероида. Исследования движения Луны позволили составить более точные таблицы Луны, что, в

свою очередь, способствовало решению навигационной проблемы определения долготы на море.

Лаплас разработал теорию приливов благодаря двадцатилетним наблюдениям уровня океана в Бресте.

Космогоническая гипотеза Лапласа

Лаплас предложил математически обоснованную космогоническую гипотезу образования всех тел Солнечной системы, называемую его именем: гипотеза Лапласа. Он также первый высказал предположение, что некоторые наблюдаемые на небе туманности на самом деле — галактики, подобные нашему Млечному Пути (см. главу xxx).

Опередив своё время, Лаплас в «Изложении системы мира» (1796 г.) фактически предсказал «чёрные дыры»:

«Если бы диаметр светящейся звезды с той же плотностью, что и Земля, в двести пятьдесят раз превосходил диаметр Солнца, то вследствие притяжения звезды ни один из испущенных ею лучей не смог бы дойти до нас; следовательно не исключено, что самые большие из светящихся тел по этой причине являются невидимыми».

Однако из четвертого издания эта смелая гипотеза была удалена.

Содержание книги «Изложения системы мира»

В «Книге первой» Лаплас рассказывает о разных системах календарей, об условиях затмений и движении спутников планет. В главе 13 он говорит о звездах, об их размерах, расстояниях до них и собственных движениях звезд. Большое внимание он уделяет их координатам и прецессии. Кроме того, рассказывает о приливах, земной атмосфере и астрономической рефракции.

В «Книге второй» Лаплас подробно пишет о суточном и годичном движении Земли, планет, о кометных орбитах, о движении спутников.

«Книга третья» посвящена законам движения и равновесию материальной точки и системы тел, жидкостей и газов.

В «Книге четвертой» центральная глава излагает теорию всемирного тяготения: ее основы, понятия о возмущениях эллиптического движения планет, комет и спутников всех планет, рассуждения о фигурах планет и законе тяжести на них, о кольцах Сатурна, о либрации Луны, прецессии и нутации земной оси, колебаниях морей и атмосфер, о законе тяготения.

В «Книге пятой» ведется рассказ об истории астрономии. Описав успехи в области астрономических измерений и телескопических наблюдений, достигнутые в XVII и XVIII веках, Лаплас большое внимание уделяет градусным измерениям на Земле, определению размеров Солнечной системы из наблюдения прохождений Венеры по диску Солнца, открытию Урана и трех малых планет, а также усовершенствованию инструментов. Завершают книгу главы об открытии тяготения, о системе мира и перспективах астрономии.

Математика

При решении прикладных задач Лаплас разработал методы математической физики, широко используемые и в наше время.

Лаплас расширил и систематизировал математический фундамент теории вероятностей в книге «Аналитической теории вероятностей».

Лаплас развил также теорию ошибок и приближений методом наименьших квадратов.

Глава 3-5-10

Карл Фридрих Гаусс

Карл Фридрих Гаусс (30 апреля 1777 — 23 февраля 1855 гг.) — немецкий математик, механик, физик, астроном и геодезист. Считается одним из величайших математиков всех времён, «королём математиков».



Рис. Карл Фридрих Гаусс

Родился в немецком герцогстве Брауншвейг. Дед Гаусса был бедным крестьянином; отец, Гебхард Дитрих Гаусс, — садовником, каменщиком, смотрителем каналов; мать, Доротея Бенц, — дочерью каменщика. Будучи неграмотной, мать не записала дату рождения сына, запомнив только, что он родился в среду, за восемь дней до праздника Вознесения, который отмечается спустя 40 дней после Пасхи. В 1799 г. Гаусс вычислил точную дату своего рождения, разработав метод определения даты Пасхи на любой год.

Уже в двухлетнем возрасте мальчик показал себя вундеркиндом. В три года он умел читать и писать, даже исправлял арифметические ошибки отца. Известна история, в которой юный Гаусс выполнил некое арифметическое вычисление гораздо быстрее всех одноклассников; обычно при изложении этого эпизода упоминается вычисление суммы чисел от 1 до 100, но первоисточник этого неизвестен. До самой старости он привык большую часть вычислений производить в уме.

С учителем ему повезло: М. Бартельс (впоследствии учитель Лобачевского) оценил исключительный талант юного Гаусса и сумел выхлопотать ему стипендию от герцога Брауншвейгского. Это помогло Гауссу окончить колледж Collegium Carolinum в Брауншвейге (1792—1795).

В колледже Гаусс изучил труды Ньютона, Эйлера, Лагранжа. Уже там он сделал несколько открытий в теории чисел, в том числе доказал закон взаимности квадратичных вычетов. Лежандр, правда, открыл этот важнейший закон раньше, но строго доказать не сумел; Эйлеру это также не удалось. Кроме этого, Гаусс создал «метод наименьших квадратов» (тоже независимо открытый Лежандром) и начал исследования в области «нормального распределения ошибок».

С 1795 по 1798 год Гаусс учился в Гёттингенском университете, где его учителем был А. Г. Кестнер. Это — наиболее плодотворный период в жизни Гаусса.

Гаусс некоторое время колебался в выборе между филологией и математикой, но предпочёл последнюю. Он очень любил латинский язык и значительную часть своих трудов написал на латыни; любил английскую и французскую литературу, которые читал в подлиннике. В возрасте 62 лет Гаусс начал изучать русский язык, чтобы ознакомиться с трудами Лобачевского, и вполне преуспел в этом деле.

Гаусс занимался фундаментальными исследованиями почти во всех основных областях математики: в алгебре, теории чисел, дифференциальной и неевклидовой геометрии, математическом анализе, теории функций

комплексного переменного, теории вероятностей, а также в аналитической и небесной механике, астрономии, физике и геодезии.

Гаусс чрезвычайно строго относился к своим печатным трудам и никогда не публиковал даже выдающиеся результаты, если считал свою работу над этой темой незавершённой. На его личной печати было изображено дерево с несколькими плодами, под девизом: «*Rausa sed matura*» (немного, но зрело). Изучение архива Гаусса показало, что он медлил с публикацией ряда открытий, и в результате его опередили другие математики. Вот неполный перечень упущенных им приоритетов.

Неевклидова геометрия, где он опередил Лобачевского и Бойяи, но не решился опубликовать свои результаты.

Эллиптические функции, где он также далеко продвинулся, но не успел ничего напечатать, а после работ Якоби и Абеля надобность в публикации отпала.

Содержательный набросок теории кватернионов, 20 лет спустя независимо открытых Гамильтоном.

Метод наименьших квадратов, переоткрытый позднее Лежандром.

Закон распределения простых чисел, с которым его также опередила публикация Лежандра.

Вклад К. Гаусса в развитие небесной механики

Гаусс изучал орбиты малых планет и их возмущения. Поводом послужило открытие малой планеты Церера (1801 г.), потерянной вскоре после обнаружения. 24-летний Гаусс проделал (за несколько часов) сложнейшие вычисления, пользуясь разработанным им же новым вычислительным методом, и с большой точностью указал место, где искать «беглянку»; там она, к общему восторгу, и была вскоре обнаружена.

Он предложил теорию учёта возмущений и неоднократно доказывал на практике её эффективность.

В 1809 году в трактате «Теория движения небесных тел» изложена каноническая теория учёта возмущений орбит. Гаусс нашёл способ определения элементов орбиты

по трём полным наблюдениям (если для трёх измерений известны время, прямое восхождение и склонение).

В 1820 году Гауссу поручают произвести геодезическую съёмку Ганновера. Для этого он разработал соответствующие вычислительные методы (в том числе методику практического применения своего метода наименьших квадратов), приведшие к созданию нового научного направления — высшей геодезии, и организовал съёмку местности и составление карт.

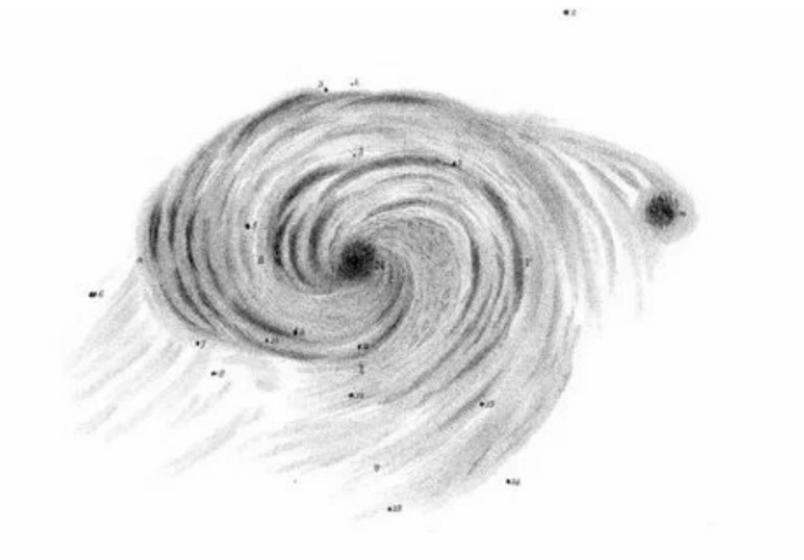
В 1839 году Гаусс в сочинении «Общая теория сил притяжения и отталкивания, действующих обратно пропорционально квадрату расстояния» изложил основы теории потенциала, включая ряд основополагающих положений и теорем — например, основную теорему электростатики (теорема Гаусса) (см. комментарий).

В 1840 году в работе «Диоптрические исследования» Гаусс разработал теорию построения изображений в сложных оптических системах.

Комментарий

Теорема Гаусса (закон Гаусса) — один из основных законов электродинамики, входит в систему уравнений Максвелла. Выражает связь (а именно равенство с точностью до постоянного коэффициента) между потоком напряжённости электрического поля сквозь замкнутую поверхность произвольной формы и алгебраической суммой зарядов, расположенных внутри объёма, ограниченного этой поверхностью.

Теорема Гаусса верна для любых полей, для которых одновременно верны принцип суперпозиции и закон Кулона или его аналог (например, для ньютоновской гравитации). При этом она является, как принято считать, более фундаментальной, чем закон Кулона, так как позволяет в частности вывести степень расстояния в законе Кулона «из первых принципов», а не постулировать её (или не находить эмпирически).



Часть 3-6

Туманности

Содержание

- Глава 3-6-1. Млечный путь
- Глава 3-6-2. Туманности
- Глава 3-6-3. Наблюдения Вильяма Держема
- Глава 3-6-4. Пьер Луи Моро де Мопертюи
- Глава 3-6-5. Вселенная Томаса Райта
- Глава 3-6-6. «Теория неба» Иммануила Канта
- Глава 3-6-7. Иммануил Кант
- Глава 3-6-8. «Космологические письма» И. Ламберта
- Глава 3-6-9. Шарль Мессье
- Глава 3-6-10. Каталог Мессье

Глава 3-6-1

Млечный путь

Одно из заметных явлений на ночном небе, с давних времен наблюдаемых в виде туманной полосы, в западной культуре называют Млечным путем. Или Галактикой. Это перевод с древне-греческого (κύκλος γαλαξίας — «молочный круг»).

По легенде, Зевс решил сделать своего сына Геракла, рождённого от смертной женщины, бессмертным, и для этого подложил его спящей жене Гере, чтобы Геракл выпил божественного молока. Гера, проснувшись, увидела, что кормит не своего ребёнка, и оттолкнула его от себя. Брызнувшая из груди богини струя молока превратилась в Млечный Путь.



Рис. Млечный Путь

В своей книге «Метеорология» Аристотель сообщает, что некоторые пифагорейцы считали Млечный Путь кругом, по которому раньше двигалось Солнце и выжгло его. Аристотель критикует эту точку зрения, утверждая, что современная орбита Солнца — эклиптика — была бы выжжена еще сильнее, тем более что по ней перемещаются и планеты. Но ничего похожего на Млечный Путь вдоль эклиптики не замечено.

В модели мира Аристотеля звезды прикреплены к самой внешней сфере из хрусталя, неизменной и идеальной, расположенной в надлунном мире. Несмотря на то, что Млечный Путь вращается на небе так же, как звезды, Аристотель поместил эту структуру неправильной формы в нижний, неидеальный, изменчивый подлунный мир.

Он считал Млечный Путь природным явлением, подобном кометам, которые, по мнению Аристотеля, не могли располагаться в неизменном мире над сферой Луны. Он считал, что кометы возникают из болотных испарений и возгораются под действием тепла, идущего от Солнца и звезд. В зависимости от формы и скорости горения этих паров они могут выглядеть как разные типы комет и даже как метеоры. В зоне Млечного Пути звезд больше, чем в других местах, а значит, они могут сильнее нагревать поднимающийся к ним пар. Для Аристотеля Млечный Путь был огромной постоянно существующей кометой. Но эта идея так и не стала популярной, несмотря на то, что остальная часть его модели мира долгое время служила основой науки.

Преемник Аристотеля на посту директора основанной им школы «Лицей» Теофраст (ок. 370–286 гг. до н. э.) предполагал, что Млечный Путь — это стык, по которому две половины небесной сферы склеены друг с другом. Принять эту идею мешало то, что большой круг Млечного Пути не совпадает ни с небесным экватором, ни с эклипстикой (годовым путем Солнца). И все же это был шаг в правильном направлении: Теофраст понял, что Млечный Путь проходит по большому кругу на небе вдали

от Земли. Сейчас астрономы называют большой круг Млечного Пути галактическим экватором.

Верную догадку высказал Демокрит, полагавший, что в этой части неба располагается несметное количество тусклых звезд, которые расположены так близко друг к другу, что их свет объединяется в общее однородное свечение.

Николай Коперник и Иоганн Кеплер почти не упоминали о Млечном Пути. В их поисках небесной гармонии центральное место занимало движение планет.

Научное исследование Млечного Пути началось только после того, как появились необходимые для наблюдений инструменты.



Рис. Звезды Млечного пути

Осенью 1609 года Галилео Галилей начал обзор неба с помощью своего телескопа, обнаруживая звезды, невидимые невооруженным глазом. В своей книге 1610 года «Звездный вестник» Галилей так описывал Млечный Путь:

«Третье: я наблюдал природу и вещество Млечного Пути. С помощью телескопа он был изучен тщательно и с такой достоверностью, что все спорные вопросы, которые философы пережевывали многие годы, теперь разрешены, и мы, по крайней мере, свободны от словесных споров об

этом. Фактически Галактика — не что иное, как скопление бесчисленного количества звезд, объединенных в скопления. На какую часть из них ни направить телескоп, в тот же миг перед глазами открывается их огромное число. Многие из них довольно крупные и яркие, тогда как количество более мелких не поддается подсчету».

Еще одно открытие Галилео Галилей сделал, когда наблюдал «туманную звезду» в созвездии Рака, и открыл, таким образом, первое рассеянное звездное скопление — «Ясли».



Рис. Скопление «Ясли»

Среди первых астрономов, начавших применять для наблюдений телескопы, следует упомянуть Симона Мариа (Мариуса) (1573 — 1624 гг.). Он оспаривал первенство многих из открытий Галилея. Марию принадлежит первое упоминание о туманности в созвездии Андромеды (1612 г.). Он отметил правильную, вытянутую форму и характерную слоистую структуру млечной Туманности Андромеды, остроумно сравнив ее с пламенем свечи, если его рассматривать через роговую пластинку.

Но понять, что наша Солнечная система — всего лишь часть Галактики, было не просто.

Глава 3-6-2

Туманности

Наблюдения с помощью телескопов показали, что кроме известных с древности небесных тел: Солнца, Луны, планет, комет и звезд, существует отдельный класс объектов — туманности. Первоначально туманностями в астрономии называли любые неподвижные протяжённые светящиеся астрономические объекты, включая звёздные скопления.



Рис. Туманность Трапеции и Туманность Ориона

Уже в 1610 году французским астрономом Николя-Клодом Фабри де Пейреском (1580 — 1637 гг.) была открыта Туманность Ориона (вокруг τ Ori в его поясе, в мече). Ряд источников ошибочно приписывает открытие немецкому астроному Иоганну Цизату (1585 — 1657 гг.), так как он первым успел заявить о её открытии. Цизат,

вероятно, также открыл Трапецию Ориона, и отметил, что туманность не является кометой. Интересно, что до него Галилей открыл в Трапедии Ориона три звезды из четырёх, но не заметил туманности: скорее всего, из-за малого поля зрения своего телескопа.

Отметим, что уже в первый годы наблюдения были открыты три вида туманностей: собственно, газовые облака (Туманность Ориона), рассеянные звездные скопления («Ясли» и Трапеция Ориона) и Туманность Андромеды (как потом оказалось галактика, подобная Млечному Пути).

До конца XVII века туманности не вызывали особого интереса, астрономов занимали другие исследования. В 1687 г. Гевелий отметил и внес в свой звездный каталог на эпоху 1660 года (опубликовал в 1687 году) 16 туманностей в созвездиях: Андромеды (1), Козерога (4) Лебеда (2), Геркулеса (3), Пегаса (1), Щита Собесского (1), Весов (1), Б. Медведицы (1), Скорпиона (2).

Независимо от де Пейреска Туманность в Орионе открыл Гюйгенс. В своем дневнике он оставил об этом запись и впервые высказал идею существования щели в сверхзвездные пространства Вселенной, заполненные огненной материей (в соответствии с картиной космоса по Библии).

Только в 1715 году Эдмунд Галлей в своей статье сообщил об открытии или переоткрытии им шести туманностей и высказался о туманностях как о самосветящихся космических объектах, играющих существенную роль в структуре Вселенной. О масштабах туманностей Галлей писал, что ввиду отсутствия у них параллакса «они не могут не занимать огромных пространств» и что размер их «быть может, не меньше, чем Солнечная система». Отсюда следовал его вывод — это очень перспективный материал для размышлений, особенно для астрономов.

Глава 3-6-3

Наблюдения Вильяма Дерхема

Призыв Эдмунд Галлей изучать туманные объекты энтузиазма у исследователей не вызвал. Как это часто бывает, какое-то направление исследований становится популярным, только когда появляется по-настоящему увлеченный человек. Для изучения туманностей таким стал английский астроном и теолог Вильям Дерхем (1657 — 1735 гг.). Он наблюдал туманности с помощью 8-футового рефлектора и сделал сообщение о них в 1733 г. в Королевском Обществе, «чтобы побудить других к дальнейшим наблюдениям этих объектов», так как считал, «что в них имеется намного более достойного тщательного исследования, чем думали до сих пор».

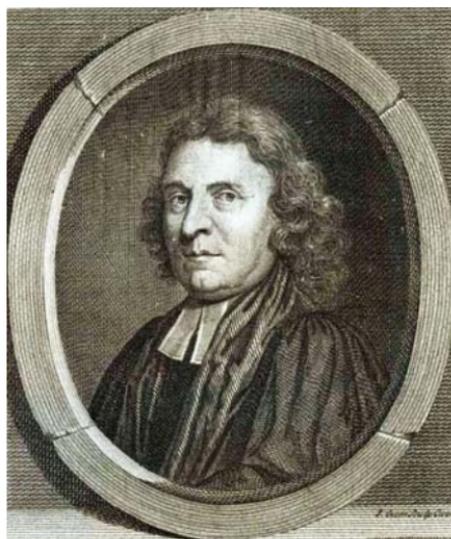


Рис. Вильям Дерхем

О своих наблюдениях Вильям Держем написал в небольшой статье «Наблюдения среди неподвижных звезд явлений, называемых туманными «звездами» (1733 г.).

Рассуждая о природе «туманных звезд», Держем в отличие от Галлея пришел к заключению, что они не могут быть единичными телами, самосветящимися или отражающими свет, вроде Солнца, звезд или планет. Вместе с тем крайне слабое, нежное, совершенно однородное беловатое сияние туманностей даже при наблюдении в его немалый по тем временам телескоп не позволило ему допустить их сходства с Млечным Путем, звездный состав которого был известен со времен Галилея. Вид этих «беловатых областей» наводил Держема на мысль о скоплении «легких паров» в мировом пространстве (что оказалось справедливым лишь в отношении туманности Ориона).

Держем первым обратил внимание и на то, что таких «туманных звезд... много разбросано в разных частях неба». Он составил первый каталог «туманных звезд», содержащий координаты 22 туманностей (включая шесть описанных Галлеем), на 1660 год (α и δ), правда, с неправдоподобной точностью (до 1")!

Среди туманностей Галлея Держем впервые подметил эллиптическую форму некоторых из них. Но, придя к выводу об огромных расстояниях и размерах «туманных звезд», Держем исключил возможность того, что это отдельные компактные тела. Их совершенно однородное беловатое сияние не позволило ему считать их подобными Млечному Пути, звездный состав которого был известен со времен Галилея. Они представлялись ему скорее скоплениями «легких паров» в мировом пространстве. Лишь одну из них Держем отождествил со звездным скоплением, увидев в ней подобие Млечному Пути. И это по существу был второй после Галилея шаг к идее островной Вселенной. В поисках иного объяснения природы туманностей Держем задавался даже вопросом (вслед за Гюйгенсом и Галлеем): «Не могут ли они быть... расселинами или отверстиями в огромные регионы света позади звезд?»

Глава 3-6-4

Пьер Луи Моро де Мопертюи

Одним из первых откликнулся на призыв Дерхема известный французский физик, математик и астроном Пьер Луи Моро де Мопертюи (1698—1759 гг.). В сочинении 1742 г. «Рассуждение о фигуре [форме] звезд» он обсудил проблему маленьких светлых пятен на небе, или туманных звезд, используя новые списки таких объектов Гевелия и Галлея. Он указал, что некоторые звездные туманности, имеют форму более или менее открытых эллипсов. И посчитал их большими светящимися массами, которые сплющились от чрезвычайно сильного вращения.



Рис. Пьер Луи де Мопертюи

Пьер Луи де Мопертюи (28 сентября 1698 — 27 июля 1759 гг.) — французский математик, естествоиспытатель, механик, астроном, физик и геодезист.

Родился в местечке Сен-Жуан-де-Гере близ города Сен-Мало; получив блестящее домашнее образование, первоначально избрал себе военную карьеру. В 1718 году он был зачислен в мушкетёры и служил в кавалерии (сначала в звании лейтенанта, позже — капитана). Однако природные наклонности к точным наукам побудили его в 1722 году выйти в отставку и поселиться в Париже, наслаждаясь интеллектуальной жизнью и усиленно занимаясь математикой.

Побывав в 1728 году в Англии (где он был избран членом Лондонского Королевского общества) и, изучив в Базеле (1729—1730 гг.) под руководством И. Бернулли труды Лейбница и Ньютона, Мопертюи вернулся во Францию приверженцем идей Ньютона. В 1731 году Мопертюи был избран членом Парижской академии наук и затем назначен главой геодезической экспедиции, посланной в Лапландию для измерения длины земного меридиана (1736—1737 годов) (см. главу XXX).

По приглашению короля Фридриха II Мопертюи в 1740 году переселился в Пруссию. Во время войны с Силезией М попал в плен к австрийцам, но вскоре был освобождён по указанию Марии Терезии и вернулся в Берлин. После двухлетнего пребывания (1742—1744 годы) во Франции (где 27 июня 1743 года он был избран членом Парижской академии наук) Мопертюи осенью 1744 года возвратился в Берлин и в 1745—1753 годах был президентом Физико-математического класса Берлинской академии наук.

Наиболее известным научным вкладом Мопертюи стал предложенный им принцип наименьшего действия, согласно которому истинная траектория частицы отличается от любой другой тем, что действие для неё является минимальным.

Но полемика, развернувшаяся вокруг его принципа, нанесла серьёзнейший удар по репутации учёного. Даже Вольтер написал остроумную «Диатрибу доктора Акакия, папского лекаря» (1752 г.), имевшая среди просвещённой публики колоссальный успех. В результате Мопертюи пришлось в 1756 году уехать из Берлина в Париж, где он в основном и провёл свои последние годы.

Глава 3-6-5

Вселенная Томаса Райта

Первым, кто описал форму Млечного Пути и предположил, что слабые туманности являются далёкими галактиками, был Томас Райт (1711—1786 гг.) — астроном, математик, создатель инструментов, дизайнер садовых ландшафтов, архитектор.



Рис. Томас Райт

Именно Райту принадлежит первая космологическая гипотеза — о структурности звездной вселенной. Из книг астронома-теолога он узнал впервые о законе всемирного тяготения и о том, что, по Ньютону, в случае конечности Вселенной все звезды, если они вначале были неподвижны, должны были бы сблизиться и в конце концов упасть друг на друга в центре Вселенной. Он знал также об открытии Галлеем собственных движений звезд. Из всего этого Райт сделал правильный вывод, что звезды должны обращаться вокруг общего центра тяготения (по

аналогии с планетами), чтобы не упасть на него. При этом центр звездной Вселенной Томас Райт представлял как божественный источник упорядоченности Вселенной.

В своем основном сочинении «Оригинальная теория, или новая гипотеза Вселенной» (1750 г.) Райт остроумно объяснил картину Млечного Пути. Он считал, что звезды распределены беспорядочно, но все вместе заключены в довольно тонком сферическом слое, окружающем особый центр (т.е. как бы вернулся к картине древних!). Но в том же слое расположен и наблюдатель, поскольку Солнце - одна из этих звезд. Такое распределение Райт назвал «упорядоченным беспорядком» (понятие, возродившееся в последние десятилетия XX в.).

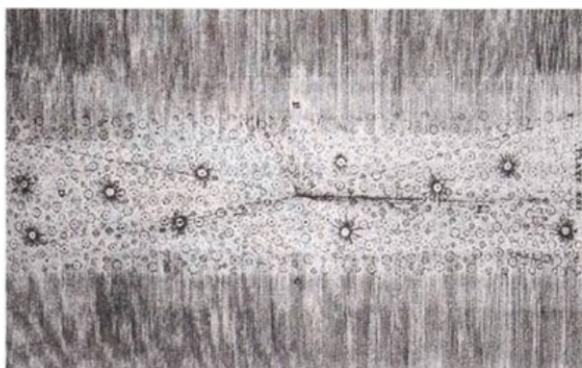


Рис. Томас Райт использовал этот рисунок, чтобы объяснить, почему мы видим звездный пояс Млечного Пути, если находимся внутри плоского слоя, заполненного звездами.

Наблюдатель, находящийся в этом слое очень большого радиуса, будет в направлении вдоль слоя видеть слившиеся его далекие части в форме туманного кольца, а смотря поперек слоя, увидит «пустоту» и только более близкие, а потому разбросанные по небу звезды. Таким образом, Райт представлял Млечный Путь не как самостоятельную уплощенную систему — пласт из звезд, а как часть сферического звездного слоя.

В своей «Оригинальной теории» Райт посчитал само собой разумеющимся, что Вселенная бесконечно велика. Он также был убежден, что звезды — это далекие солнца. Он верил, что у звезд имеются планеты, обращающиеся вокруг них, точно так же, как вокруг Солнца. Райт оценил количество звезд содержащихся в поясе Млечного Пути:

«Полагая, что ширина Млечного Пути составляет всего 9 градусов и что каждый квадратный градус содержит всего 1200 звезд, получим, что вся кольцеобразная поверхность должна содержать около 3 888 000 звезд».

Более того, Райт предположил, что Млечный Путь — это огромная звездная система, в которой звезды обращаются вокруг общего центра. Причем Солнце не располагается в центре этой системы, а сама она не является центром Вселенной.

Райт допускал, и второй возможный вариант решения вопроса о структуре звездной Вселенной: звезды могут располагаться вокруг «божественного центра» не сферическим слоем, а кольцом, как бы повторяя в больших масштабах систему Сатурна. При этом звезды, по его представлениям, двигались в таком кольце подобно «частям, составляющим кольцо Сатурна» (в этом можно видеть первую догадку о дискретности кольца Сатурна).



Рис. Теория Томаса Райта

Райт предполагал, что существуют и другие «божественные центры» со своими системами звезд вокруг них, которые мы и наблюдаем в виде «туманных звезд». В каждом таком звездном слое (или кольце) звезды обращаются вокруг своего центра, чтобы не упасть на него. Такая структура Вселенной вошла в историю астрономии как «островная вселенная Райта».

Глава 3-6-6

«Теория неба» Иммануила Канта

В 1755 году молодой немецкий философ Иммануил Кант первую универсальную космолого-космогоническую гравитационную концепцию, эволюционирующей Вселенной («Всеобщая естественная история и теория неба», 1755 г.).



Рис. Иммануил Кант

Наиболее широко известна ее вторая, космогоническая часть под неточным названием «небулярной (т.е. газовой)» космогонической гипотезы Канта, тогда как она была скорее «метеорной», пылевой. Гипотеза зародилась под влиянием гипотезы Райта. В названии сочинения видно влияние Бюффона. Концепция Канта противопоставлялась теологическим целям Райта. Из конкретных построений Райта Кант намеревался «развить плодотворные выводы» на чисто механической основе,

отрицая равно и начальный божественный толчок, допускаясь Ньютоном. Вместе с тем именно у Райта Кант почерпнул его гениальную идею о возможности существования и других упорядоченных тяготением звездных систем — вселенных под видом наблюдаемых туманностей.

В итоге Кант построил несравненно более четкую концепцию «системного устройства» Вселенной, обогатив картину ее островной структуры новой идеей — иерархией систем. Он представлял Вселенную бесконечной, но в особом эволюционном смысле, который он уточнил в космогонической части своей теории. Космологическому аспекту гипотезы посвящена небольшая (16 страниц) первая часть.

Как естественное следствие наблюдаемых фактов и закона всемирного тяготения звучат выводы Канта о существовании двойных звезд, о вероятном открытии в будущем планет за Сатурном, о пропорциональном, космогонически обоснованном увеличении взаимных расстояний планет с удалением их от Солнца.

За рассмотрение космогонической проблемы Кант взялся, не согласившись с выводами Ньютона о необходимости божественного «первого толчка» для возникновения орбитального движения планет (для чего им необходимо было сообщить тангенциальную скорость). Кант поставил цель — найти естественную причину возникновения такого движения. Он впервые, пожалуй, дополнил идею силы тяготения еще и силой отталкивания, но ошибочно полагал, что в результате сочетания тяготения и отталкивания может возникнуть тангенциальное движение, которое обеспечивает вращение космических систем и орбитальное движение тел в них. Кроме того, Кант распространил на космическое пространство действие силы химического соединения частиц, в результате чего, по его мнению, и создавались начальные неоднородности в распределении плотности материи — центры преимущественного тяготения.

Выдвинув намного более широкую идею общей эволюции Космоса, Кант детально развил только планетную космогоническую гипотезу, включавшую гипотезу о возникновении и самой центральной звезды в системе — Солнца.

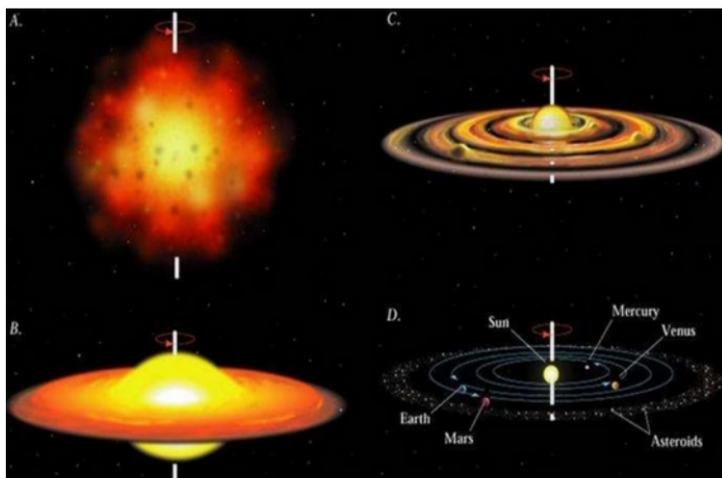


Рис. Гипотеза Канта

Таким образом, гипотеза Канта содержала не только восходящую к древности идею предельно примитивного разреженного первичного состояния материи, но и ряд новых глубоких мыслей. Одна из них — о зависимости обилия частиц в Космосе от их веса. Другая — о возникновении первичных случайных флуктуаций плотности в начальной среде под действием негравитационных сил (по Канту, внутренних «связей», иначе химических сил) и о необходимости достижения при этом «критической» массы для начала устойчивого процесса сгущения. В описании дальнейшей эволюции планетных тел и их систем Кант учитывал действие теплоты. Многие его заключения об этих сторонах космогонического процесса поражают глубиной. Таковы,

например, его утверждения о возможности разогрева недр холодной планеты за счет «смешения» веществ или о том, что Солнце (как и другие звезды) является активным, «пылающим» источником тепла, может затухать при недостатке «горючего» и вновь разгораться при его поступлении. Кант допускал также важную роль отталкивательного действия солнечных лучей в Солнечной системе и ее эволюции.

Были у Канта и другие поразительно верные заключения, забытые в истории астрономии. Так, он сделал вывод о «метеоритном» по существу составе кольца Сатурна (у Райта был лишь намек на это). Кант отмечал, что образования типа кольца Сатурна могут быть и у других планет, поскольку считал эти образования следствием космогонического процесса. Он высказал правильное суждение о природе зодиакального света, об отсутствии принципиальных различий планет и комет, допуская, что при некоторых условиях Солнце могло бы своим воздействием создать хвост и у Земли, подобно кометному. Хорошо известный изъян космогонии Канта — представление о самопроизвольном возникновении вращения изолированной системы, что противоречило закону сохранения вращательного момента, — не имел принципиального значения для последующих частей его гипотезы. В дальнейшем космогонисты рассматривали первичную туманность уже вращающейся.

Содержание третьей части сочинения Канта в целом совершенно необычно для XVIII в. и представляет собой первый научный анализ проблемы жизни во Вселенной. Кант указывал на возможность различного типа эволюции планет и допускал, что на иных из них жизнь еще может возникнуть в будущем (на Венере, Юпитере). В противоположность распространенным тогда, хотя и мало чем обоснованным представлениям о всеобщей заселенности Космоса (вплоть до комет, звезд и самого Солнца), Кант здраво утверждал, что во Вселенной даже далеко не все планеты должны быть обитаемы.

В целом Кант построил свою концепцию бесконечного развития бесконечной иерархической Вселенной. Оно

рисовалось ему как имевший начало, но не имеющий конца процесс постепенного образования все новых космических систем на все более далеких расстояниях от центра Вселенной, где этот процесс начался. Звездная Вселенная, по Канту, непрерывно увеличивается и по объему, и по массе в результате возникновения новых систем из некоей первичной диффузной газопылевой материи. И поскольку акт божественного творения материи (единственное, что Кант сохранял за Богом) он отодвигал в далекое прошлое, то Вселенная, заполненная диффузной материей, представлялась ему бесконечной в пространстве и во времени, а бесконечность иерархических систем находилась как бы в становлении.

Вместе с тем гипотеза Канта предполагала, что начиная от центральных (по Канту, наиболее старых) областей Вселенной, где, по его мнению, располагается и наша Солнечная система, космические объекты всех масштабов постепенно разрушаются и гибнут. Таким образом, окраины Вселенной в теории Канта оказываются более молодыми. Он считал, что на месте погибших систем рождаются новые: на потухшие солнца, например, падают замедлившиеся планеты и кометы, вновь разжигают их, окружающая материя от жара снова распадается на элементы, и процесс формирования системы планет проходит новый цикл при достаточном остывании центрального светила. Так без конца, согласно Канту, волнами от центра в бесконечность идет эволюция космической материи. Эта концепция, по существу, содержит и общепризнанную в современной науке идею сосуществования космических систем разных поколений.

Формированием этой новой, эволюционной астрономической картины мира Кант вполне оправдал свои же пророческие и программные для дальнейшего изучения Вселенной слова: «Тот, кто рассматривает различные области природы целенаправленно и планомерно, открывает такие свойства, которые остаются незамеченными и скрытыми, когда наблюдения ведутся беспорядочно и бессистемно».

Глава 3-6-7

Иммануил Кант

Иммануил Кант (22 апреля 1724 года — 12 февраля 1804 года) — немецкий философ, родоначальник немецкой классической философии, стоящий на грани эпох Просвещения и романтизма.

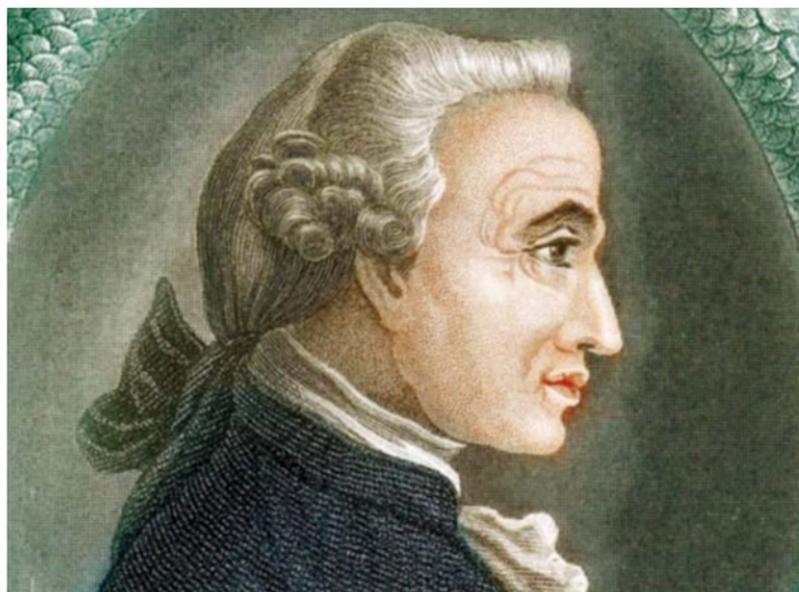


Рис. Иммануил Кант

Родился в небогатой семье ремесленника-седельщика. Иммануил с самого детства отличался слабым здоровьем. Его мать старалась дать сыну максимально качественное образование. Она поощряла в сыне любознательность и фантазию. До конца жизни Кант вспоминал о матери с большой любовью и благодарностью. Отец же воспитал в

сыне любовь к труду. Под попечением доктора теологии Ф. А. Шульца, заметившего в нём одарённость, окончил престижную гимназию «Фридрихс-Коллегиум», а затем в 1740 году поступил в Кёнигсбергский университет. Там было 4 факультета — теологический, юридический, медицинский и философский. Неизвестно точно, какой факультет выбрал Кант. Сведений об этом не сохранилось. Интерес к философии у Канта проснулся благодаря профессору Мартину Кнутцену. Кнутцен был пиетистом и вольфианцем, увлечённым английским естествознанием. Именно он вдохновил Канта на написание работы по физике.

Эту работу Кант начал на четвёртом году учёбы. Она шла медленно. У молодого Канта было мало знаний и навыков. Он был беден и подрабатывал, давая уроки. Есть сведения, что большую часть расходов по опубликованию дебютной работы Канта — «Мысли об истинной оценке живых сил» взял на себя родственник по материнской линии, дядя Рихтер. Кант писал её 3 года и 4 года печатал. Работа была полностью допечатана лишь в 1749 году. Работа Канта вызвала различные отклики; среди них было немало критики.

Из-за смерти отца завершить учёбу ему не удаётся и, чтобы прокормить семью, он на десять лет становится домашним учителем в Юдшене. Именно в это время, в 1747—1755 годы, он разработал и опубликовал свою космогоническую гипотезу происхождения Солнечной системы из первоначальной туманности.

В 1755 году Кант защищает диссертацию и получает докторскую степень, что даёт ему право преподавать в университете. Для него наступил сорокалетний период преподавательской деятельности.

Во время Семилетней войны с 1758 по 1762 год Кёнигсберг находился под юрисдикцией российского правительства. Этот период был наименее продуктивным в творчестве Канта. Он интенсивно занимался частными уроками: преподавал даже фортификацию и пиротехнику.

С 1770 года принято вести отсчёт «критического» периода в творчестве Канта. В этом году в возрасте 46 лет

он был назначен профессором логики и метафизики Кёнигсбергского университета, где до 1797 года преподавал обширный цикл дисциплин: философских, математических, физических.

В письме К. Ф. Штойдлину от 4 мая 1793 года Кант рассказал о целях своей работы:

«Давно задуманный план относительно того, как нужно обработать поле чистой философии, состоял в решении трёх задач:

- что я могу знать? (метафизика);
- что я должен делать? (мораль);
- на что я смею надеяться? (религия);

наконец, за этим должна была последовать четвёртая задача — что такое человек? (антропология, лекции по которой я читаю в течение более чем двадцати лет)».

В этот период Кантом написаны фундаментальные философские работы, принёсшие учёному репутацию одного из выдающихся мыслителей XVIII века и оказавшие огромное влияние на дальнейшее развитие мировой философской мысли:

- «Критика чистого разума» (1781 г.) — гносеология (эпистемология);
- «Критика практического разума» (1788 г.) — этика;
- «Критика способности суждения» (1790 г.) — эстетика.

Будучи слаб здоровьем, Кант подчинил свою жизнь жёсткому режиму, что позволило ему пережить всех своих друзей. Его точность следования распорядку стала притчей во языцех даже среди пунктуальных немцев и вызвала к жизни немало поговорок и анекдотов. Женат он не был. Говорил, что когда он хотел иметь жену, не мог её содержать, а когда уже мог — то не хотел. Впрочем, женоненавистником также не был, охотно беседовал с женщинами, был приятным светским собеседником. В старости за ним ухаживала одна из сестёр.

Глава 3-6-8

«Космологические письма» И. Ламберта

Грандиозную работу по обобщению космологических фактов в науке нового времени совершил независимо от Канта выдающийся немецкий ученый-энциклопедист Иоганн Генрих Ламберт (1728 — 1777 гг.) (см. главу xxx). В историю науки он вошел прежде всего как физик и астроном — автор двух фундаментальных, тесно связанных между собой трудов. В первом из них («Фотометрия», 1760 год) он разработал теоретические, физические основы одного из главных методов наблюдательной астрономии — фотометрии. В области астрономии он занимался также проблемами движения отдельных небесных тел и структуры Вселенной в целом, разрабатывал количественные методы наблюдательной астрономии и всюду стремился ввести строгие методы исследования.

Но вершиной творчества Ламберта стали его «Космологические письма об устройстве мироздания» (1761 г.). Над проблемами космологии он начал работать в 1749 году. В «Фотометрии» в главе «О блеске неподвижных звезд и их расстояниях» он представил Млечный Путь как эклиптику звезд, обращающихся вокруг некоторого общего центра (сходную идею раньше высказывал Райт). В «Космологических письмах» Ламберт дает наиболее полную, по сравнению со своими предшественниками, и вместе с тем в большей степени связанную с наблюдениями картину иерархической звездной Вселенной. Он утверждал существование в ней систем трех порядков:

- 1) планета со спутниками;
- 2) Солнце (равно как и другие звезды) с планетами;
- 3) Млечный Путь и другие подобные ему скопления звезд, видимые как туманности из-за колоссальных расстояний до них.

Кроме того, обратив внимание на крайнюю видимую неоднородность яркости полосы Млечного Пути, Ламберт выделил еще и промежуточную систему между системами второго и третьего порядков — большие звездные сгущения в самом Млечном Пути. Одной из таких промежуточных систем он считал все видимые с Земли звезды вместе с Солнцем.

Системы всех порядков Ламберт считал находящимися в непрерывном движении — каждая вокруг своего центра тяжести. Он первым допустил существование «пустых», геометрических центров вращения систем, однако, склонялся более к идее «центральных солнц».

Возможно, Ламберт был первым ученым, считавшим, что Млечный Путь представляет собой плоскую звездную систему. В 1765 году Ламберт в письме Иммануилу Канту вспоминал, что эта идея пришла к нему в 1749 году, когда, «вопреки привычке, после ужина я прошел в свою комнату и стал смотреть на звезды, в особенности — на Млечный Путь». В «Космологических письмах...» он пишет:

«Я удивлялся множеству маленьких звезд в этой дуге (Млечном Пути)... Я думал, что эти звезды не могут быть такими близкими друг к другу, чтобы почти соприкоснуться. Они должны быть расположены друг за другом, и звездный ряд, уходящий вглубь Млечного Пути, должен быть гораздо длиннее, чем ряд вне него. Если бы ряды проникали одинаково глубоко в разных направлениях, то все небо было бы таким же ярким, как Млечный Путь. Но вне Млечного Пути я вижу почти полностью пустые области. В итоге расположение неподвижных звезд не сферическое, а плоское, даже очень плоское».

Ламберт представил Галактику как вращающуюся плоскую звездную систему и предположил, что массивный центр этой системы находится в туманности Ориона. Сегодня мы знаем, что ее центр расположен в совершенно другом направлении — в созвездии Стрельца, причем, как

и предполагал Райт, этот центр не виден не только невооруженным глазом, но даже с помощью оптического телескопа.



Рис. Диск Млечного Пути

Многие научные прогнозы Ламберта подтвердились уже в ближайшие десятилетия: открытие тысяч (!) новых туманностей (которые сначала были интерпретированы как далекие «млечные пути», что для подавляющего их большинства было верным); открытие собственного движения Солнца; двойных и кратных звезд (Ламберту принадлежит введение самого термина «двойная звезда»). Другие прогнозы Ламберта опередили эпоху на век или даже на два. Его утверждение, что по небольшим возмущениям в движении небесного тела можно обнаружить другое массивное, но невидимое тело, блестяще подтвердилось в следующем столетии (спутники Сириуса и Проксиона, Нептун). Наконец, указание Ламберта на возможность существования сверхплотных космических тел неожиданно нашло подтверждение с открытием белых карликов, а позднее и нейтронных звезд. Эти же соображения Ламберта подводили к идее «черной дыры», которая в ньютоновском варианте и была выдвинута в конце XVIII в. сначала английским математиком и астрономом Дж. Мичелом (1784 г.), а затем независимо П.С. Лапласом (1796 г.).

Глава 3-6-9

Шарль Мессье

Следующий шаг в изучении туманных небесных объектов был сделан Шарлем Мессье (1730 — 1817 гг.).

Шарль Мессье (26 июня 1730 — 12 апреля 1817 гг.) — французский астроном, член Парижской Академии наук. (1770 г.).

Мессье систематически вёл поиски новых комет. В 1763—1802 годах он открыл 13 комет, в том числе короткопериодическую комету D/1770 L1, названную позже именем Лексея. Он также составил каталог туманностей и звёздных скоплений, получивший имя астронома. Первое издание каталога вышло в 1774 году и содержало 45 объектов. Второе издание каталога (1781 г.) содержало 103 объекта. Современная его версия содержит 110 объектов, из которых более 60 открыто самим Мессье.



Рис. Шарль Мессье

Шарль Мессье родился 26 июня 1730 года в Бадонвиллере, который в те годы принадлежал графству Зальм. Его отцом был придворный бейлиф Никола Мессье (1682—1741 гг.), а матерью — Франсуаза Мессье. Мессье был десятым ребёнком в семье. Семья Мессье обладала значительным богатством, а также связями в высоких кругах, которые во многом определили карьеру Шарля.

Никола Мессье умер, когда Шарлю было 11 лет. Заботу о семье взял в свои руки старший из детей Мессье, Гиацинт, который был старше Шарля на 13 лет. В то время он работал аукционистом и взял Шарля в ученичество в своей конторе. В задачи Шарля Мессье в основном входила работа с документами. Ученичество дало Шарлю многие умения, оказавшиеся полезными в его будущей карьере: хорошие навыки письма и рисунка, аккуратность и дотошность. Тогда же пробудился интерес Шарля к астрономии: в 1744 году он наблюдал имевшую шесть хвостов комету де Шезо, а в 1748 году — кольцеобразное солнечное затмение.

В 1751 году друг семьи помог Шарлю Мессье, которому тогда исполнился 21 год, устроиться ассистентом в недавно созданную обсерваторию военно-морского флота в Париже; решающую роль при этом сыграл не интерес Мессье к астрономии, а его навыки каллиграфии.

Это было небольшое учреждение, которое находилось в стороне от основных событий в астрономическом сообществе Франции. Её основателем был Жозеф Никола Делиль (1688—1768 гг.), преподаватель математики и астрономии в Королевском колледже Парижа.

Первое астрономическое достижение Мессье оказалось связанным с кометой Галлея. Шарлю была поручена проверка вычислений орбиты этой кометы, сделанных Делилем. С 1758 года он занимался поисками, которые увенчались успехом 21 января 1759 года. Однако Мессье был не первым астрономом, увидевшим комету: 25 декабря 1758 года её обнаружил Иоганн Георг Палич, астроном-любитель из Дрездена. Комета была обнаружена не там, где предсказывал Делиль, вследствие чего Мессье продолжал поиски ещё три месяца после

открытия, пока ошибка его наставника не стала очевидной.

Несмотря на первую неудачу, наблюдение комет стало настоящей страстью Шарля Мессье. В период с 1758 по 1804 гг. он посвятил этому занятию более 1100 ночей. По сути, он стал первым известным в истории «охотником за кометами», обладая многими чертами, типичными для его последователей: прилежностью и энтузиазмом, которые находят выражение в неустанном поиске новых комет, дающими результат даже на несложном оборудовании. Всего Мессье наблюдал 44 кометы, из которых 15 были открыты им единолично.

Мессье не просто открывал новые кометы. Сделанные им замеры положения комет на небосводе позволяли вычислить их орбиты. Этим занимался друг Мессье, Жан де Сарон. Вычисления Сарона были крайне важны для работы Мессье: именно благодаря им он мог вновь найти ранее открытую комету.

26 января 1760 года Мессье открыл первую комету, названную его именем. За этим последовала длинная череда удач. Мессье были открыты все 8 комет, наблюдавшихся астрономами в период с 1763 по 1771 гг.

Мессье осуществлял и другие наблюдения: с 1752 по 1770 год он наблюдал 93 покрытия звёзд Луной, 400 затмений спутников Юпитера, 5 солнечных затмений, 9 лунных затмений, измерил местоположение 400 звёзд. Кроме того, он наблюдал четыре прохождения Меркурия по диску Солнца и два прохождения Венеры.

Вскоре к Мессье пришло признание научного сообщества. Он был избран членом научных академий Англии, Голландии и Франции (1770 г.).

Мессье одним из первых наблюдал планету Уран. Именно к Мессье обратился её первооткрыватель Гершель с просьбой проверить, не является ли увиденный им объект новой кометой. Измерения Мессье и вычисления Сарона позволили определить орбиту новой планеты.

6 ноября 1781 года трагическая случайность заставила Мессье сделать длительный перерыв в работе. Во время прогулки в парке Монсо он решил осмотреть вход в

подвал здания, поскользнулся и упал с восьмиметровой высоты, сломав бедро, плечо, два ребра, запястье и потеряв много крови. Восстановление после травмы было крайне тяжёлым. Нога неправильно срослась, и её пришлось ломать снова. Лишь через год Мессье смог приступить к наблюдениям (12 ноября 1782 года он наблюдал прохождение Меркурия по диску Солнца); до конца жизни он хромал. Гершель отмечал, что Мессье так и не удалось полностью восстановиться после этого несчастного случая.

Великая французская революция привела к прекращению финансирования обсерватории военно-морского флота. Мессье смог продолжать наблюдения лишь благодаря поддержке его коллеги Лаланда, ставшего директором учреждения, которое ранее было Королевской обсерваторией Парижа.

Затем последовали и другие удары: в 1793 году были распущены все академии, а 20 апреля 1794 года был казнён де Сарон, который до последнего момента занимался вычислением орбит комет, открытых Мессье. Термидорианский переворот принес некую устроенность в жизнь Мессье. В 1795 году он вошёл в число членов вновь созданного Национального института науки и искусств, а в 1796 году вошёл в число астрономов Бюро долгот. В 1806 году Наполеон I пожаловал Мессье крест Почётного легиона.

В 1801 году, в возрасте 71 года, Мессье открыл свою последнюю комету. Последнее наблюдение было сделано им в 1807 году, после чего его здоровье начало быстро ухудшаться. С 1808 года из-за ухудшившегося зрения он не мог уже читать и писать, а в 1812 году его парализовало на одну сторону.

Мессье умер 11 апреля 1817 года в возрасте 86 лет.

Глава 3-6-10

Каталог Мессье

Каталог Мессье — список из 110 астрономических объектов, составленный французским астрономом Шарлем Мессье и впервые изданный в 1774 году. Мессье был охотником за кометами и поставил цель составить каталог неподвижных туманностей и звёздных скоплений, которые можно было спутать с кометами. Таким образом, в каталог попали разнородные астрономические объекты: эмиссионные туманности, планетарные туманности, шаровые скопления, рассеянные скопления, галактики. Истинная природа этих объектов во времена Мессье ещё не была известна. Мессье в своём каталоге описывал их просто как туманности (со звёздами или без них) или скопления звёзд.

Ещё при жизни Мессье начали составляться более полные каталоги туманных объектов. Систематические наблюдения и более совершенные телескопы позволили Уильяму Гершелю (1738–1822 гг.) открыть более 2000 объектов. Но труд Мессье не забыт и в настоящее время.

История создания каталога Мессье

В августе 1758 года, наблюдая комету C/1758 K1, открытую де ла Ню, Мессье обнаружил туманность, которую вначале принял за комету. Однако после того, как обнаружилось отсутствие у неё собственного движения, стало ясно, что открытый объект кометой не является. Мессье решил составить перечень подобных объектов, мешавших ему в «охоте за кометами». 12 сентября 1758 года он занёс этот объект в перечень под номером 1. Так было положено начало каталогу Мессье.

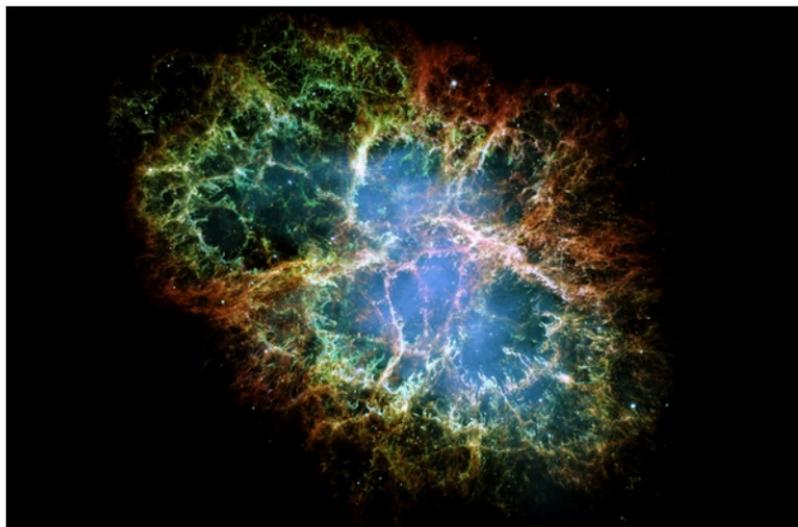


Рис. М-1. Крабовидная туманность

Следующий объект, М 2, был внесён в каталог лишь через два года, 11 сентября 1760 года. Мессье также не был первооткрывателем этого объекта: ранее, 11 сентября 1746 года, его уже наблюдал Жан Доминик Маральди.

С мая 1764 года Мессье занялся систематическим поиском новых объектов, похожих на кометы. Он начал с обращения к трудам других астрономов (в частности, Гевелия, Гюйгенса, Дерема, Галлея, де Шезо, Лакайля и Лежантиля), выписав оттуда сведения об обнаруженных ими туманных объектах. Далее Мессье занялся проверкой этих наблюдений, измерением положений старых и поиском новых подобных объектов — и сделал это весьма быстро: каталог увеличился с 2 до 40 объектов всего за полгода, при этом он содержал 19 объектов, которые были описаны Мессье впервые.

Рукопись первого издания каталога включала объекты М 1 — М 45 и была завершена 16 февраля 1771 года. И в том же году напечатана. Мессье в предисловии к этому изданию поставил себе уже другую, более амбициозную

цель: описать все туманности, видимые в телескоп, а не только те, которые являются схожими с кометами. Несмотря на это, Мессье не включил в каталог некоторые давно известные туманные объекты, которые нельзя было спутать с кометами (например, двойное скопление η и χ Персея).

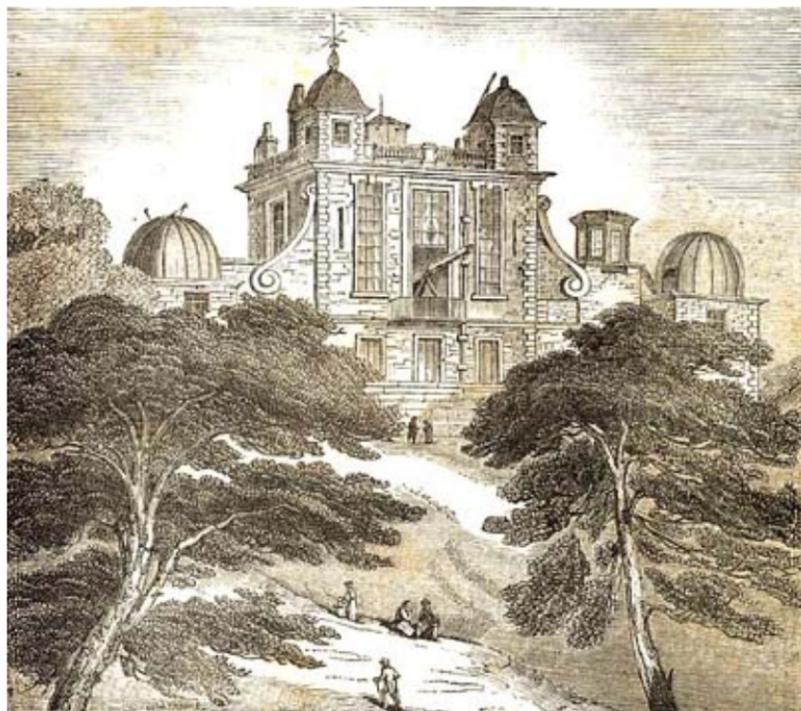
В 1780 году опубликовал вторую редакцию каталога туманностей, включавшую уже 68 объектов. Каталог продолжал пополняться, несмотря на то, что в него включались лишь объекты, которые случайно попадали в поле зрения Мессье в процессе «охоты за кометами». Третья редакция каталога, в которой содержались описания 103 объектов, была выпущена в 1781 году. Многие из включённых в неё объектов были открыты не самим Мессье, а его новым сотрудником Пьером Мешеном.

Поскольку Мессье жил во Франции, которая находится в Северном полушарии, в каталог включены только объекты севернее 35° южной широты. Такие крупные образования, как Магеллановы облака, остались за рамками списка.

в 1780-х годах поиском туманных объектов занялся английский астроном Уильям Гершель, который за 20-летний период, используя значительно более совершенную аппаратуру, чем Мессье, открыл более 2500 таких объектов. Мессье писал по этому поводу:

«Следом за мной, знаменитый Гершель опубликовал каталог 2000 туманностей, которые он наблюдал. Исследование неба его способом, с использованием инструмента с большой апертурой, неэффективно при поиске комет. Моя цель, таким образом, отличается от его: мне нужно найти лишь туманности, которые видны в телескоп с фокусным расстоянием 60 см. Тем временем, я наблюдал и другие подобные объекты. Я опубликую информацию о них в будущем, расположив их по прямому восхождению, чтобы их было легче найти, и чтобы другие искатели комет не испытывали неопределённости.

Третья редакция каталога стала последней.



Часть 3-7

Уильям Гершель

Часть 3-7. Уильям Гершель

Глава 3-7-1. Уильям Гершель

Глава 3-7-2. Туманности

Глава 3-7-2. Начало занятий астрономией (1773–1778 гг.)

Глава 3-7-3. Телескопы Гершеля

Глава 3-7-4. Открытие планеты Уран

Глава 3-7-5. Наблюдение планет и их спутников

Глава 3-7-6. Кометы и астероиды

Глава 3-7-7. О жизни на Луне и Солнце

Глава 3-7-8. «Об устройстве небес»

Глава 3-7-9. Звёздная астрономия

Глава 3-7-10. Звёздно-космогоническая гипотеза Гершеля

Глава 3-7-11. Каролина Лукреция Гершель

Глава 3-7-1

Уильям Гершель

Фредерик Уильям Гершель, до переезда в Англию — Фридрих Вильгельм Гершель (15 ноября 1738 — 25 августа 1822 г.) — английский астроном, оптик и композитор немецкого происхождения. Брат Каролины Гершель, отец Джона Гершеля.

Член Королевского общества (1781 г.), почётный член Императорской академии наук (1789 г.). В 1781 году удостоен медали Копли. Кавалер Королевского Гвельфского ордена (1816). В 1820 году стал первым президентом Королевского астрономического общества.



Рис. Уильям Гершель

Сын военного музыканта из Ганновера, Уильям Гершель вместе с братьями получил музыкальное образование (гобоист и скрипач). С 19-летнего возраста постоянно проживал в Англии, где вначале получил известность как композитор и музыкант-виртуоз. В 1776 году возглавил оркестр города Бата; после 1782 года профессионально музыкой не занимался. Интерес к музыкальной теории перерос у Гершеля в изучение математики, а затем оптики и астрономии.

По определению Джеймса Маллэни (Университет Шеффилда), Уильям Гершель являлся «величайшим из когда-либо живших визуальных наблюдателей». Не получив астрономического или даже естественнонаучного образования, он многое сделал для превращения астрономии в научную дисциплину. Смена профессии и всего жизненного уклада Гершелем была типичной для времени его жизни. Музыка по традиции, оставшейся от древности, считалась занятием, тесно связанным как с философией, так и с математикой, причём в XVIII веке шёл процесс отделения естественнонаучных дисциплин от философских.

Поскольку школьное и университетское образование той эпохи оставалось сугубо гуманитарным, основанным на изучении классических языков и богословия, развитие математики и естествознания осуществлялось через сеть неформальных связей. В Британии уже существовали научные общества, издававшие свои периодические издания, а также завоёвывал популярность жанр общедоступных лекций по разным предметам. Однако выдающейся фигурой Гершель сделался и в результате исключительного стечения обстоятельств: родители привили профессионализм, родственники создавали комфортную среду и помогали в создании рабочего инструментария, работодатели, публика и научные общества направляли интеллектуальное развитие. Философское общество Бата и Королевское общество в Лондоне были прямо заинтересованы в энтузиазме и профессиональных качествах Гершеля и помогали — особенно на первых этапах — готовить к печати

публикации об открытиях. При этом музыкальная карьера сыграла большую роль в старте Гершеля-учёного, поскольку он смог проявить себя в высококультурной среде, которая обеспечила ему социальный лифт.

Гершель с увлечением занимался изготовлением астрономических инструментов, построил не менее 60 телескопов. Его брат-механик Александр сотрудничал с Гершелем при строительстве телескопов-рефлекторов, включая крупнейший 40-футовый. В 1793 году Уильям Гершель парламентским актом был удостоен британского подданства.

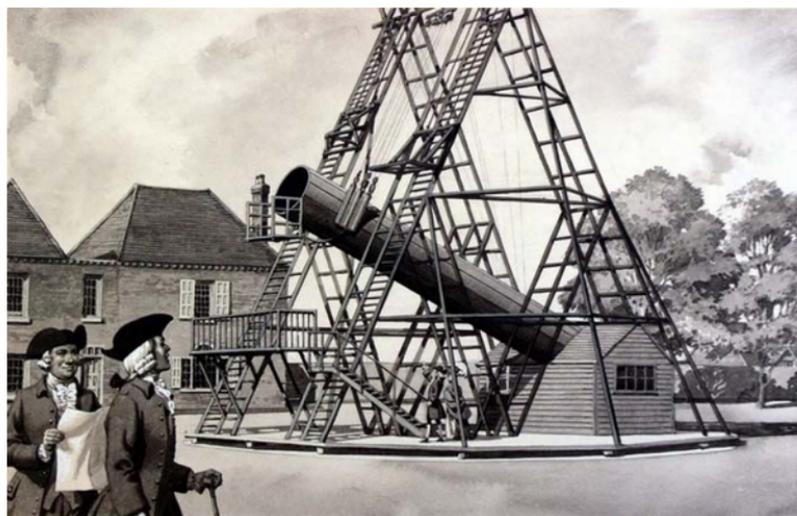


Рис. 40-футовый рефлектор

С 1773 года Гершель регулярно занимался астрономическими наблюдениями. Их результатом стало открытие Урана (1781 г.), двух спутников Урана (Титании и Оберона, 1787 г.) и их обратного движения (1797 г.), двух спутников Сатурна (Мимаса и Энцелада, 1789 г.). В

1790 году измерил период вращения Сатурна и его колец. Обнаружил движение Солнечной системы в пространстве, сезонные изменения полярных шапок на Марсе и уточнил период его вращения вокруг оси (1784 г.). С середины 1780-х годов впервые применил «метод черпаков» — подсчёты числа звёзд в избранных площадках, положив начало звёздной статистике. Гершель впервые оценил размеры и общую форму Галактики и пришёл к выводу, что она представляет собой «остров» во Вселенной. Компактные сгущения звёзд он впервые интерпретировал как реальные звёздные скопления. К 1803 году открыл существование двойных звёзд, и составил три их каталога. Между 1786—1802 годами открыл более 2500 новых туманностей и звёздных скоплений, 182 двойные и кратные туманности. Изучая Солнце, открыл в его спектре инфракрасные лучи (1800 год), сделавшись пионером астроспектрометрии.

В 1800-е годы здоровье Гершеля ухудшилось, во время зимних наблюдений он заработал тяжёлый кашель и больше не мог работать по ночам. В марте 1808 года даже казалось, что дни его сочтены; тяжёлая болезнь возобновилась в октябре того же года.

Очень много хлопот приносил 40-футовый телескоп, которым практически не пользовались с 1790-х годов. Попытка вновь использовать его 29 июля 1813 году показала, что зеркало потускнело и тронулось коррозией, невозможным оказалось наблюдение Сатурна.

В последний раз 75-летний Гершель пользовался своим телескопом в 1814 году. 25 августа 1822 года он тихо скончался.

Глава 3-7-2

Начало занятий астрономией (1773—1778 гг.)

Весной 1773 года Гершель купил первый квадрант, и стал проводить угломерные измерения. В его библиотеке появилась двухтомная «Оптика» Роберта Смита, в которой имелись подробные практические рекомендации по шлифовке оптических зеркал и изготовлению телескопов, и книга Фергюсона «Астрономия, разъяснённая на принципах Исаака Ньютона». Самоучка Фергюсон в своём трактате излагал крайне нестандартные взгляды на астрономию, которые, впрочем, показались Гершелю убедительными. Именно у Фергюсона он позаимствовал принцип полноты в следующей формулировке:

«Бог всемогущ, следовательно, Он проявил Своё всемогущество при сотворении Вселенной, а не ограничил Себя. Отсюда следует обитаемость других небесных тел, поскольку Создатель не мог населить разумными существами одну только Землю».

Первым телескопом Гершеля был 3-футовый телескоп системы Галилея. Он очень хотел рассмотреть Юпитер и Сатурн с его кольцами и решил создать рефрактор с фокусным расстоянием 30 футов (по описанию Гюйгенса), но понял, что не сможет купить нужную линзу. Тогда он решил сконструировать телескоп Ньютона. Поблизости жил квакер, располагавший набором инструментов для отливки и шлифовки оптических зеркал. Он согласился продать мастерскую Гершелю и научил секретам мастерства.

К концу октября 1773 года Гершель создал сплав из 32 частей меди, 13 частей олова и 1 части сурьмы и отлил заготовки для 2-футового и 5,5-дюймового зеркала.

Гершелю понравилась эта работа. К 1781 году он отполировал несколько сотен зеркал.



Рис. Шлифовальная мастерская

Начало самостоятельных наблюдений

Сезон наблюдений 1774 года начался 1 марта с обозрения Сатурна и туманности Ориона. Летом 1774 года он встретился с профессиональным астрономом — профессором Оксфордского университета Хорнсби. Они стали переписываться: Уильям просил совета, как лучше наблюдать затмения спутников Юпитера. Профессор охотно давал ему советы и образцы расчётов. К тому времени Уильям экспериментировал уже с 7-дюймовым зеркалом и лично изготавливал окуляры. Он применял собственную систему отражения: зеркало телескопа (имеющее форму внеосевого парабооида) было наклонено к оптической оси (см. главу 108).

1 мая 1776 года Гершель сумел рассмотреть и кольца Сатурна, и щель Кассини в инструмент длиной 10 футов 9 дюймов. 28 мая он приступил к исследованию лунной поверхности, надеясь обнаружить следы деятельности селенитов, о которых читал у Фергюсона. 30 июля 1776 года Уильям Гершель наблюдал лунное затмение, и даже написал, что предпочёл бы созерцать Землю с Луны.

Философское общество Бата и Королевское общество

Около 1778 года Уильям Гершель был представлен Королевскому астроному Невиллу Маскелину, когда тот гостил в Бате у друга. Постепенно складывался круг интеллектуальных знакомств, в который входили будущий секретарь Королевского общества Чарльз Благден, астрономы Александр Обер и Эдвард Пигготт.

В конце декабря 1779 года произошло случайное знакомство с доктором Уильямом Уотсоном, который только что основал Философское общество Бата, объединяющее жителей города, интересующихся наукой. Это было первое английское научное общество за пределами Лондона. 31 декабря 1779 года Гершель впервые появился на заседании в качестве «математика и оптика». Сохранились рукописи не менее 31 доклада, прочитанных Гершелем, на самые разнообразные темы — от роста кораллов до измерения высоты гор на Луне. Благодаря Уотсону, в мае 1780 года астрономические доклады Гершеля (о лунных горах и переменной звезде в созвездии Кита) были прочитаны в Королевском обществе. Было решено рекомендовать их в печати к «Философских трудах Королевского общества». По словам М. Хоскина, так окончательно произошло превращение музыканта в астронома.

Первым самостоятельным проектом Гершеля стало исследование двойных звёзд, которое позволяло в перспективе определить межзвёздное расстояние; впервые об этом заявил Галилей. 17 августа 1779 года Уильям Гершель впервые стал наблюдать звёзды, видимые невооружённым глазом, в телескоп, чтобы определить, являются ли они двойными. Каталог был составлен к концу 1781 года, и он содержал данные о 269 двойных звёздах, из которых 227 были открыты впервые; каталог был отправлен Оберу, Маскелину и Хорнсби для перепроверки. В марте 1782 года Обер первым подтвердил истинность наблюдений, после чего поздравления Гершелю прислал президент Королевского общества сэръ Джозеф Бэнкс.

Глава 3-7-3

Телескопы Гершеля

Строительство собственных рефракторов Гершель начал в 1773 году. Из-за несовершенства оптики и хроматических aberrаций, приходилось максимально увеличивать расстояние от объектива до окуляра; один из рефракторов Гершеля имел в длину 30 футов (Гершель указывал длину трубы, а не фокусное расстояние). Очень быстро он пришёл к выводу о превосходстве рефлекторов, причём первый свой телескоп построил по системе Грегори. Он изготовил несколько зеркал из медно-оловянного сплава для 5,5-футового телескопа, но далее перешёл на систему Ньютона, стремясь увеличивать размеры телескопов. В записях Гершеля упоминается 10-футовый рефлектор с 9-дюймовым зеркалом, но позднее он сконструировал 10-футовый телескоп с зеркалом 24 дюйма диаметром. Его 20-футовые рефлекторы использовали как 12-дюймовые, так и 18,7 дюймовые зеркала. В ранний период чаще всего он пользовался 7-футовым телескопом с апертурой 6,2 дюйма. Именно на таком инструменте был открыт Уран.

Постройка телескопов собственной конструкции принесла Гершелю международную славу. Его оптика превосходила по качеству и размерам все мировые аналоги его времени. Из документов известно, что Гершель изготовил по разным заказам, по крайней мере, 60 телескопов разных размеров (преимущественно, 7 и 10-футовые).

Первые открытия в области звёздной астрономии были совершены Гершелем на 7-футовом рефлекторе. Дж. Маллэни отмечал, что современный астроном-любитель в 12-дюймовый телескоп способен наблюдать все объекты каталога Гершеля, хотя ему приходилось работать как с двадцати-, так и с сорокафутовым инструментом. Однако современные многосоставные окуляры и стеклянные

зеркала с микронным покрытием имеют намного лучшие оптические качества и отражательную способность. Гершель, например, использовал однолинзовые окуляры; один из них имеет фокусное расстояние 0,0111 дюйма. Его упоминания о чрезвычайно большом увеличении — до 6000 раз — были подтверждены современным тестированием сохранившихся инструментов. На практике большинство наблюдений он проводил при увеличении не более, чем в 300 раз.

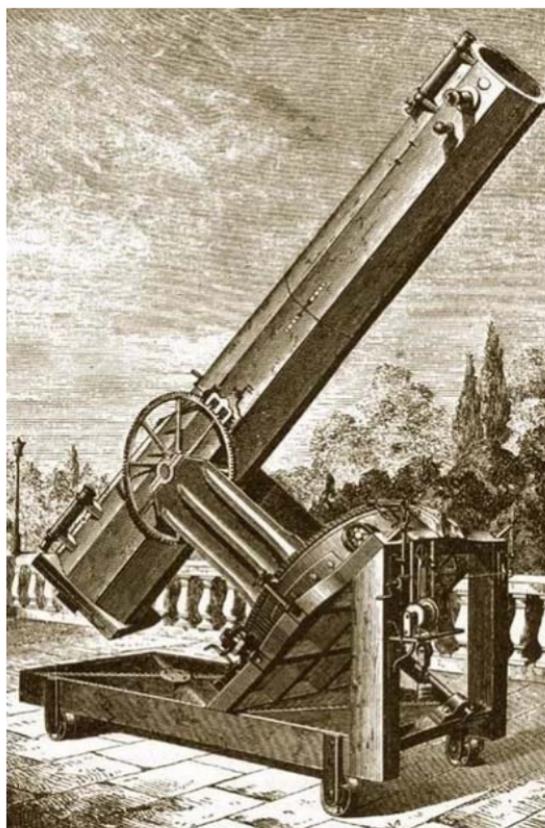


Рис. 7-футовый рефлексор Гершеля

В 1984 году были проведены исследования свойств четырёх телескопных зеркал XVIII века, одно из которых, вероятно, не было изготовлено Гершелем. Оказалось, что история о том, как Уильям Гершель в течение 16 часов не мог оторваться от полировки (используя наждачный порошок), скорее всего, имеет рациональное основание: при непрерывной работе зеркало равномерно нагревается и медная поверхность выравнивается наилучшим образом, если же работу прервать, идеальной поверхности не получится из-за охлаждения (медный сплав обладает заметным коэффициентом расширения). Обсерватории в строгом смысле слова у Гершеля не было: всю жизнь он вёл наблюдения на открытом воздухе, настаивая, что зеркало и оптика должны иметь ту же температуру, что и окружающая среда. Все телескопы использовали альт-азимутальную монтировку, передвигались и нацеливались вручную.

В Виндзоре и Слау Гершель чаще всего работал с двумя 20-футовыми рефлекторами, один из которых имел зеркало в 12 дюймов, второй — 18,7 дюймов. Зеркал было больше, поскольку они быстро тускнели и нуждались в постоянной полировке; поэтому обслуживание большого 40-футового телескопа с зеркалом в 48 дюймов (122 см) было крайне затруднительным. Убедившись, что система Ньютона ведёт к огромной потере света в отражающем устройстве, Гершель, сохранив параболическую форму зеркала, применил собственную систему (независимо от него реализованную Ломоносовым). Теперь основное зеркало устанавливалось с наклоном, с тем, чтобы его фокус смещался по оси, а окуляр можно было разместить у среза трубы (в его терминологии «front-view»).

По такой конструкции был построен и 40-футовый телескоп, который, по всей видимости, не оправдал надежд своего создателя. В феврале 1787 года телескоп был впервые опробован, но оказалось, что зеркало прогибается под собственной тяжестью. Второе зеркало было успешно отлито в феврале 1788 года, однако и его испытания были признаны неудовлетворительными. Тогда Гершель сконструировал механизм для полировки

по расчётам своего брата Александра; и лишь летом 1789 года работы были завершены.

Рабочее место Гершеля было на специальном балкончике у обреза трубы; оно было соединено говорильной трубой с домиком наблюдателя, и снабжено звонками для ассистентов, которые разворачивали телескоп. Создание такого огромного телескопа вызвало ажиотаж в научном мире; так, Лаланд ещё в 1786 году заявил о желании поучаствовать в наблюдениях. Между 28 августа и 17 сентября 1789 года Гершель смог начать наблюдения Сатурна на большом телескопе, результатом которого стало открытие сразу двух спутников, позднее названных Мимасом и Энцеладом.

Одной из причин нерегулярного его использования было небольшое число дней с погодой, подходящей для наблюдений. Гораздо большее значение большой телескоп имел для пропаганды достижений Гершеля. Об этом свидетельствует анекдот: когда строительство посетили король Георг III и архиепископ Кентерберийский, Его Величество захотел войти внутрь трубы, покоящейся на земле. Когда епископ замешкался, король подбодрил его фразой: «Идите, мой лорд-епископ, я покажу вам путь на небеса!».

Историк науки Джеймс Беннет в 1976 году опубликовал специальное исследование, посвящённое телескопам Гершеля. Он пришёл к выводу, что главной заслугой астронома-конструктора было доказательство практических возможностей рефлекторов большого размера (лорд Росс всегда отдавал дань уважения Гершелю как предшественнику). Он на практике отработал конструкции телескопов с большой апертурой, пригодных для звёздной астрономии, а инструменты работы Гершеля стали считаться стандартом, с которым соразмерялись и стремились превзойти.

Глава 3-7-4

Открытие планеты Уран

В 1780 - 1781 гг. Уильям Гершель производил тщательный обзор неба с помощью 7-футового телескопа с целью определения параллакса дифференциальным методом. Он считал, что слабые звезды находятся далеко и их параллактическое смещение мало, а у ярких звезд оно должно быть заметным. 13 марта 1781 года он заметил объект, непохожий на звезду, так как у него был виден диск.



Рис. Рефлектор Уильяма Гершеля, с помощью которого была обнаружена новая планета Уран

В журнале астронома появилась запись:

«В квартиле рядом с ζ Тельца... Вероятно, туманная звезда, или, возможно, комета».

Гершель пригласил к себе Уотсона, чтобы подтвердить увиденное. Тот посоветовал немедленно написать в Лондон.

17 марта в журнале появилась другая запись:

«Я искал комету или туманную звезду, и оказалось, что это комета, поскольку она поменяла положение».

Уже 22 марта, то есть через 9 дней после первого наблюдения, Королевское общество заслушало послание Гершеля. В то время он ещё не умел точно определять небесные координаты, поэтому Хорнсби так ничего и не заметил в созвездии Тельца, а Маскелин увидел гершелевский объект только 3 апреля, и не обнаружил ни головы, ни кометного хвоста. В ответном послании он сообщал:

Я не знаю, как это назвать. Это может быть как обычной планетой, вращающейся вокруг Солнца по почти круговой орбите, так и кометой, движущейся по очень вытянутому эллипсу».

К началу лета 1781 года дополнительные наблюдения показали, что Гершель действительно открыл неизвестную планету, и расширил пределы Солнечной системы примерно вдвое.

Ранее, 2 мая 1781 года, Маскелин принял астронома в Гринвичской обсерватории, условия для наблюдений были благоприятными, и они ещё раз подтвердили открытие. В ноябре Уильям Гершель был удостоен престижной медали Копли. Через несколько дней его избрали действительным членом Общества «как знатока математики, механики и астрономии», причём Гершель единогласно был освобождён от ежегодных членских взносов (30 гиней — существенная по тем временам сумма), «чтобы эти деньги он потратил на приобретение нового знания». Официальную церемонию инаугурации отложили на удобное для Уильяма время. Сэр Джозеф Бэнкс, имевший связи при дворе, предложил назвать новооткрытую планету в честь короля Георга III.

Король назначил Гершелю пенсию. Он смог оставить занятия музыкой и полностью отдать свое время занятиям астрономическими наблюдениями.

Позднее название Уран открывая планета получила по предложению немецкого астронома И. Боде.

Глава 3-7-5

Наблюдение планет и их спутников

Горы и вулканизм на Луне

Уильям Гершель, используя свои телескопы, совершил множество открытий, касающихся небесных тел Солнечной системы. Примерно 40% его публикаций посвящены именно этим вопросам. Дебют его как астронома-профессионала состоялся в мае 1780 года, когда он представил Королевскому обществу два доклада об определении высоты гор на Луне. Метод Гершеля был основан на предыдущих измерениях Галилея и Риччоли, которые использовали тени, отбрасываемые горами на поверхности. Учёный фиксировал освещённость Солнцем вершин, и измерял в угловых единицах расстояние от тени до терминатора. М. Кроу отмечал, что данные наблюдения показывали незаурядные способности Гершеля, но, с другой стороны, побудили Маскелина запросить подробности о методах наблюдений и свойствах применяемых приборов. Королевский астроном даже удалил из сообщения Гершеля все пассажи о разумных обитателях спутника Земли, и в полном виде доклады увидели свет только в 1912 году.

После 1783 года Гершель меньше времени уделял лунным наблюдениям, которые по-прежнему оставались интенсивными. Он пытался доказать наличие атмосферы на Луне по изменению светимости звезды при затмении. 19 — 20 апреля 1787 года во время наблюдений за лунной поверхностью Гершель зафиксировал световые явления, которые интерпретировал как проявления лунного вулканизма, заявив, что видел извержение («истечение светящейся материи»), причём на следующую ночь они все ещё наблюдались. Высоту вулканического факела он оценил примерно в 3 мили. Данное сообщение вызывало

интерес астрономов и породило оживлённую дискуссию о лунном вулканизме вообще. Астрономия XXI века отрицает возможность вулканических извержений на Луне. Исследователи Университета Пуэрто-Рико Брикман и Руис предположили, что Гершелю удалось наблюдать падение крупного тела из метеорного потока Лириды. Они даже указали координаты молодого ударного кратера, который стал результатом наблюдаемого Гершелем падения.

Спутники и кольца Урана

Крупнейшим открытием Гершеля в самом начале его карьеры астронома было обнаружение планеты Уран. Два первых известных спутника Урана, Титания и Оберон, были замечены Гершелем 11 января 1787 года, спустя шесть лет после открытия планеты. Почти 50 лет инструмент Гершеля был единственным, в который вообще можно было различить спутники Урана.

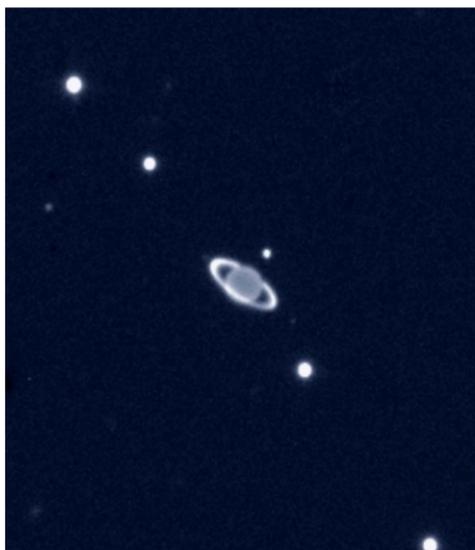


Рис. Спутники Урана

Гершель заявил, что наблюдал ещё четыре спутника: два — 18 января и 9 февраля 1790 года и ещё два — 28 февраля и 26 марта 1794 года. Но их существования не подтвердил ни один астроном. Наблюдения Лассела в 1851 году (он обнаружил Ариэль и Умбриэль), не совпадали с гершелевскими. Вероятно, это была ошибочная идентификация звёзд около Урана как спутников.

В примечаниях к статье о наблюдениях Урана 22 февраля 1789 года Гершель также упомянул о кольцах этой планеты. Он даже заявил, что одно из колец красного цвета (что было подтверждено в 2006 году в обсерватории Кека). Результаты этих наблюдений были опубликованы в 1797 году, но продолжения не имели в течение почти 200 лет. Тем не менее, точность наблюдений не позволяет объявить их простой ошибкой.

Смена сезонов на Марсе и атмосфера Венеры

В 1783—1784 годах Гершель занимался наблюдениями Марса. Астроном пользовался своим 20-футовым рефлектором, и ему была доступна для обозрения Южная полярная шапка. Он обратил внимание, что её границы изменяются в буквально на глазах. Используя метод затмения Марсом известных звёзд, Гершель определил относительную толщину атмосферы планеты и доказал правоту наблюдений Кассини, а засекая постоянные детали на диске планеты, с приемлемой точностью определил продолжительность марсианских суток. Также он определил наклон оси вращения планеты к плоскости орбиты как $23^{\circ}4'$. Материалы наблюдений вошли в 74-й том «Философских записок». Гершель заявил о наибольшей близости природных условий на Марсе земным, включая длительность суток и смену времён года. В то же время Гершель не смог подтвердить наблюдения Шрётера, который якобы видел горы на Венере. Неясные пятна, наблюдаемые в атмосфере этой планеты, не позволяли сделать даже выводов о периоде вращения планеты.

Юпитер и Сатурн

Особое место в работах Гершеля занимал Сатурн и его спутники, тем более, что он использовал эту планету как эталон для калибровки своих телескопов и микрометров. Сатурну были посвящены шесть публикаций, вышедших в 1790—1806 годах. Спутники, позднее названные Мимасом и Энцеладом, были обнаружены при испытаниях 40-футового телескопа 28 августа и 17 сентября 1789 года, хотя неуверенно наблюдались ещё в 1787 году. Гершель открыл спутники во время пересечения Землёй плоскости колец (равноденствие на Сатурне). Поскольку кольца в это время наблюдаются с ребра и почти не видны, относительно крупные спутники легче заметить.

В 1790 годах Гершель занимался измерением отклонения Сатурна от строгой шарообразности и наблюдал стационарные детали на поверхности, благодаря этому он определил период вращения планеты в 10 часов 16 минут. Проводя наблюдения за кольцами Сатурна, он определил, что они совершают полный оборот примерно за 10 с половиной часов. Вероятно, он наблюдал и полупрозрачное внутреннее (так называемое «флёрное») кольцо, но не сумел раскрыть его природы.

В 1792 году он измерял периоды изменчивости яркости Япета, и пришёл к выводу, что они регулярны и подчинены периоду обращения спутника вокруг планеты. Гершель заключил, что разные области спутника имеют неодинаковую поверхность с различной яркостью, и он поворачивается к земному наблюдателю всеми сторонами, тогда как период его оборота вокруг оси синхронизирован с периодом обращения вокруг Сатурна. Попытка подтвердить эту гипотезу привела Гершеля к наблюдениям Юпитера в 1793—1797 годах. Он наблюдал цветные «пояса», пришёл к выводу об их облачной природе, определил неодинаковость вращения планеты на разных широтах, и получил доказательства изменчивости яркости юпитерианских спутников.

Глава 3-7-6

Кометы и астероиды

В период 1787—1819 годов Уильям Гершель наблюдал 27 комет, Каролина Гершель — ещё восемь. По мнению Уильяма Салливана III (Вашингтонский университет) имелось несколько причин интереса Гершеля к кометам. Во-первых, открытия комет служили своего рода рекламой его имени (и Каролины Гершель), во-вторых, кометные орбиты не вписывались в упорядоченную картину движения тел Солнечной системы, в-третьих, Гершель интересовал физический состав кометного вещества, в-четвёртых, кометы были необходимы для разработки теории наблюдений, и разработки способов отличать их от туманностей и звёздных скоплений. Точно не известно, когда Гершель впервые наблюдал комету; в частности, в его записях нет ни слова о Комете Галлея, хотя её возвращение в 1759 году широко освещалось как триумф ньютоновской теории.

Систематическое отслеживание комет началось в середине XVIII века усилиями Шарля Мессье, далее их продолжил Пьер Мешен. В период 1781—1799 годов было зафиксировано 25 появлений комет, из которых Гершель наблюдал 14. Кометам посвящены 22 его публикации в «Философских трудах» в 1780—1822 годах. Гершель обладал меньшими навыками наблюдений комет, чем его сестра Каролина: применяя её метод, он мог изучить сектор в 15' дуги в час (Каролина умела обзирать участок неба в 10' за минуту, что подтверждается её инструкциями, записанными для потомков), и не занимался наблюдениями после заката и на рассвете. Вдобавок, наблюдая за планетами и туманностями, Гершель перепроверял свои данные спустя месяцы и годы, что является слишком долгим сроком для кометных исследований.

После 1802 года Гершель опубликовал четыре статьи, в которых рассуждал о происхождении комет и стадиях их развития. Возможно, на это повлияло открытие Цереры Дж. Пьяцци и публикация его собственного каталога слабых туманностей и звёздных скоплений.

Большая комета 1807 года наблюдалась Гершелем в общей сложности 47 ночей в течение пяти месяцев, причём его главной задачей было рассмотреть кометное ядро. Он сам подсчитал, что в 16 случаях наблюдений комет видел «плохо идентифицируемый центральный объект» всего дважды. В 1807 году в телескопы Гершеля голова кометы наблюдалась отчётливо, однако определить её диаметр в нитяной микрометр не удалось. Тогда учёный применил метод калибровки, используя три сургучных шарика разной величины, который замерял на дистанции 2422 дюйма (61,5188 м). Гершель пришёл к выводу, что видимый диаметр ядра был в 1,5 раза меньше его самого маленького шарика (диаметром 0,0290 дюйма или 0,74 мм). Из этого следовало, что ядро меньше двух с половиной угловых секунд. Далее Гершель через 10-футовый рефлектор сравнивал размеры ядра и видимого диаметра Ганимеда, и сократил диаметр ядра до 1 угловой секунды. Зная расстояние до кометы, он оценил диаметр её головы примерно в 870 км, но представлял её самосветящейся, хотя по остальным свойствам неотличимой от планетного вещества. Хвост кометы, согласно его выводам, состоял из «светящейся материи», возможно, сродной северным сияниям.

Большая комета 1811 года была доступна для наблюдения в телескоп в течение 17 месяцев. Гершель потратил на неё 33 ночи за 4 месяца, насколько позволяла погода. Он применял все виды визуального наблюдения — невооружённым глазом, маломощный окуляр и четыре собственных телескопа; делалось это последовательно в порядке увеличения и сокращения поля зрения. Гершель впервые описывал свои цветовые ощущения, хотя не использовал их для интерпретации наблюдения. Описания занимают 18 страниц публикации, но к ним не приложено ни одной зарисовки, хотя учёный рассмотрел

все фазы развития ядра, комы и хвоста. Для измерения ядра Гершель использовал метод 1807 года с шариками, и заявил, что ядро имело диаметр 428 миль (690 км). Только исследования второй половины XX века показали, что ядро кометы имеет на порядок меньшую величину, и, следовательно, Гершель не мог его наблюдать.



Рис. Большая комета 1811 года на немецкой иллюстрации

Природа комет в 1800-е годы оставалась совершенно непонятной. Только в 1812 году Гершель опубликовал статью, в которой доказывал, что кометы — это явления, которые в физическом смысле тесно связаны с веществом звёздных скоплений. При приближении к Солнцу происходит сублимация кометного вещества и образуется хвост; таким образом, комета постоянно теряет вещество, но может его накапливать, удаляясь от светила. При этом Гершель пытался связать кометы с планетами, но ни разу не делал расчётов, как гиперболические орбиты комет соотносятся с круговыми планетными. Шаровая форма ядра кометы была важна для Гершеля как доказательство гравитационной теории Ньютона. Публикация Гершеля

была учтена Лапласом в издании «Системы мира» 1813 года, и кометная теория Гершеля — Лапласа была широко распространена в течение XIX века. Кометы служили доказательством небулярной гипотезы, но Лаплас много внимания уделял вопросам сохранения момента импульса и так далее. Лаплас вычислил, что масса кометы, по крайней мере, меньше $1/5000$ массы Земли, поскольку не смог найти возмущений земной орбиты. Он использовал материалы прохода кометы 1770 года, бывшей в 0,015 астрономической единицы от нашей планеты.

Астероиды

В начале 1801 года Джузеппе Пьяцци, только что открывший Цереру, попросил Гершеля перепроверить его наблюдения. Во время октябрьской сессии Гершелю не удалось этого сделать в свой 40-футовый телескоп, однако Гаусс рассчитал место обнаружения нового небесного объекта, где его и обнаружил фон Цах. Это открытие послужило подтверждением правила Тициуса-Боде.



Рис. Церера

Самому Гершелю Цереру удалось увидеть только в начале февраля 1802 года, и он заявил, что истинный диаметр тела не составляет и половину лунного; то есть оно не может являться полноценной планетой. После открытия Паллады, вопрос классификации таких тел стал актуальным.

По просьбе Гершеля, Дж. Бэнкс и У. Уотсон собрали 18 апреля 1802 года заседание Королевского общества, посвящённое классификации и именованию вновь названных небесных тел между орбитами Марса и Юпитера. На майском заседании Гершель представил физические характеристики Цереры и Паллады, и предложил термин «астероид», исходя из того, что при наблюдении их очень трудно было отличить от звёзд. Собственно термин был изобретением Ч. Бёрни-младшего, сына знаменитого музыковеда. Сначала это предложение вызвало крайне негативную реакцию как Брума, так и Гаусса. После открытия Юноны и Весты (в 1804 и 1807 годах) вспыхнул спор между Гершелем и Пьяцци, который предпочитал термин «планетоид». Тем не менее, ещё в 1812 году в «Истории Королевского общества» Томсона выражается недоумение, почему Гершель отказывается признавать планетами четыре тела в пространстве между Марсом и Юпитером.

Комментарий

Правило Тициуса — Боде представляет собой эмпирическую формулу, приблизительно описывающую расстояния между планетами Солнечной системы и Солнцем (средние радиусы орбит). Правило было предложено И. Д. Тициусом в 1766 году и получило известность благодаря работам И. Э. Боде в 1772 году.

Для любой планеты среднее расстояние от её орбиты до орбиты самой внутренней планеты (в Солнечной системе — Меркурия) в два раза больше, чем среднее расстояние от орбиты предыдущей планеты до орбиты самой внутренней планеты.

Глава 3-7-7

О жизни на Луне и Солнце

После постройки 40-футового телескопа интересы Гершеля были направлены на Солнечную систему. Он не оставил наблюдения Урана. В XVIII веке эта планета двигалась в богатой звёздами области, что крайне усложняло работу; поэтому большая часть сообщений об открытии спутников Урана ныне считается ложной.

Н. Маскелина раздражали спекулятивные выступления Гершеля в Батском философском обществе об обитаемости Луны и о наблюдении, якобы, большого здания величиной с собор Святого Павла. Он всячески убеждал Уильяма не смешивать точную науку и спекуляции, в том числе религиозные.



Рис. Жители Луны

Тем не менее, именно в эти годы собственные убеждения Гершеля сильнейшим образом повлияли на его научные занятия, а именно — на наблюдения Солнца. В 1795 году в «Philosophical Transactions» вышла статья, в которой Гершель утверждал, что у центрального светила имеется твёрдое ядро, как и у любой планеты, но оно окружено многослойной атмосферой, один из уровней которой обладает самосвечением (он назвал её «фотосфера»). Солнечные пятна есть атмосферные факулы и «морщины», через которые видна тёмная солнечная поверхность. Это была единственная публикация, в которой Гершель открыто заявил об обитаемости всех небесных тел. Природа их различна: например, солнечные жители приспособлены к условиям своего мира. Самосвечение солнечной атмосферы объясняется по аналогии с земными высокогорными ледниками, которые сохраняют свою структуру, хотя постоянно освещены и не прикрыты облаками. В апреле 1801 года в «Философских трудах» вышла ещё одна статья о солнечной атмосфере, в которой Гершель скорректировал свои взгляды, и заявил, что наружная огненная атмосфера имеет под собой ещё одну — тёмную, защищающую солнечных жителей. Одновременно он заинтересовался, насколько солнечная активность влияет на Землю, и даже сопоставлял цены на урожай в течение пяти лет, чтобы выяснить, имеется ли корреляция с числом солнечных пятен. Предварительные выводы были положительными: Солнце оказывало влияние на земную растительность. Эта статья вызвала возмущение Уильяма Уотсона, который опасался скандала и насмешек. Шотландец Генри Брум, который открыто третировал как англичан, так и немцев, обрушился на Гершеля в «Edinburgh Review», и даже сообщил, что такого абсурда никто не читал со времён «путешествия Гулливера в Лапуту».

Глава 3-7-8

«Об устройстве небес»

Ещё в Бате Гершель не менее 17 раз наблюдал Туманность Ориона, и трижды её зарисовывал. Для увеличения точности наблюдений он фиксировал положение звёзд в туманности, что позволяло заметить изменения. Картина отличалась от зарисовки Гюйгенса, воспроизведённой в «Оптике» Смита. Поскольку изменения произошли за короткий промежуток времени, Гершель сделал вывод, что туманность не могла быть слишком обширной или удалённой от Земли.

В 1781 году Уотсон прислал Гершелю каталог Мессье, который сильно изменил исследовательскую программу Уильяма. По крайней мере, он потратил почти год, чтобы перепроверить все объекты этого каталога.

Систематические наблюдения и более совершенные телескопы позволили Уильяму Гершелю открыть более 2000 таких объектов.

В 1786 г. он опубликовал «Каталог тысячи туманностей и звездных скоплений» с описанием и разделением их на группы по внешним особенностям. В 1789 г. вышел второй каталог, содержащий еще более тысячи объектов, а в 1802 г. был добавлен третий список из 500 объектов.

Гершель допускал, что туманности могут быть далёкими звёздными системами, аналогичными системе Млечного Пути. В 1785 году он попытался определить форму и размеры Млечного Пути и положение в нём Солнца, используя метод «черпаков» — подсчёта звёзд по разным направлениям.

Благодаря открытию объекта около ν Водолея (туманность Сатурн), Гершель ввёл термин «планетарная туманность».



Рис. Туманность Сатурн, открытая Гершелем.

Однако в 1795 году, наблюдая планетарную туманность NGC 1514, он отчётливо увидел в её центре одиночную звезду, окружённую туманным веществом. Существование подлинных туманностей, таким образом, больше не подлежало сомнению, и опровергало гипотезу о том, что все туманные пятна — далёкие звёздные системы.



Рис. NGC 1514. Хрустальный шар

Гершель полагал, что разреженное, диффузное вещество заполняет пространство Галактики в большом избытке. При этом все неразрешимые для его телескопов туманности он считал диффузными, т. е. в большинстве случаев он не разделял истинные газопылевые туманности и далекие звездные системы - галактики. Вещество диффузных туманностей Гершель считал самосветящимся и большую его яркость в некоторых местах туманности объяснял большей концентрацией там вещества.

Дальнейшие наблюдения убедили Уильяма Гершеля в том, что ему удалось наблюдать все возможные типы туманностей — от явных звездных скоплений типа Плеяд до обширных диффузных туманностей типа большой туманности Ориона. Все объекты, имеющиеся в каталоге, были отнесены им к одному из 8 классов:

- 1 — яркие туманности;
- 2 — слабые туманности;
- 3 — очень слабые туманности;
- 4 — планетарные туманности;
- 5 — большие, протяженные туманности;
- 6 — очень компактные звездные скопления с большим количеством звезд;
- 7 — выраженные скопления ярких и слабых звезд;
- 8 — слабо выраженные, рассеянные звездные скопления.

В 1811 г. Уильям Гершель выдвинул гипотезу, что этот ряд составляет эволюционную последовательность: диффузные туманности постепенно конденсируются, формируя звезды, которые затем, через гравитационные взаимодействия друг с другом, образуют звездные скопления различных типов.

Подобный подход не противоречил наблюдениям и стал общепринятым в XIX веке. Астрономы считали, что неразрешимые на звёзды туманности являются формирующимися планетными системами. А NGC 1514 была наглядным примером поздней стадии эволюции, где из первичной туманности уже сконденсировалась центральная звезда.

Глава 3-7-9

Звёздная астрономия

Свои наблюдения и описания Гершель рассматривал лишь как средство «для ознакомления с устройством небес», как он выразился в 1811 году. Поставленные Ньютоном задачи сосредотачивали усилия астрономов XVIII века на наблюдениях тел Солнечной системы. Гершель открыл новый этап развития астрономии, когда принял программу глобального изучения звёздной Вселенной.

Гершель пытался определять параллаксы звезд, но, понимая невозможность «объять необъятное», разработал метод накопления пусть и неполного, но достаточного для обработки массового статистического материала. Этот метод получил название «черпания звёзд» (или «звёздных черпков»). Визуальные наблюдения с древних времен свидетельствуют о неравномерности распределения звёзд по небесной сфере. Эта же закономерность характерна и для слабых звёзд, доступных к наблюдению только в телескоп. Если сравнить два участка неба одинаковой угловой величины, то в одном может оказаться больше звёзд, чем в другом. Если же отказаться от идеи сферы неподвижных звёзд, и принять гипотезу, что звёзды свободно парят в пространстве, то неравномерность распределения может быть объяснена или действительной неравномерностью распределения звёзд в пространстве, или неодинаковыми расстояниями до звёздных групп.

Уже к 1785 году Гершель убедился, что район Млечного пути не бесконечен, и что он является изолированным «островом» среди прочих. Для обозначения звёздных скоплений, напоминающих Млечный путь, он воспользовался греческим словом «галактика». После ввода в строй 40-футового телескопа Гершель убедился,

что его прежние телескопы не проникали до границ нашей Галактики. Однако метод черпков показал, что Галактика имеет сплюснутую форму.

Гершелевская оценка сжатия Галактики была близка к действительной. Измеренный им участок Галактики был гигантским по сравнению с масштабами Солнечной системы и даже «сферы неподвижных звёзд» прежней астрономии.

За единицу расстояния Гершель принял расстояние от Солнца до Сириуса, при допущении пропорциональности расстояния звёздной величине. Предположение, что все звёзды имеют одинаковую светимость, привело к тому, что результаты измерений были занижены. Но даже в таком масштабе, сфера звёзд, доступных невооружённому глазу, равнялась 7 единицам, а область Галактики, измеренной «черпками» (683 участка на 1785 год и ещё 400 к 1811-му), имела размер 850 на 200 единиц пространства.

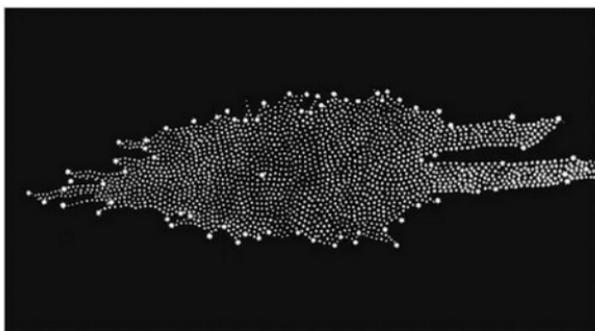


Рис. Модель Галактики Уильяма Гершеля

Оказалось, что Галактика имеет форму жёрнова, диаметр которого в пять раз превосходит толщину. Данные измерения имели серьёзные мировоззренческие последствия — это была первая в истории астрономии оценка размеров звёздной Вселенной. Представления о Млечном пути превратились в достоверное знание.

Глава 3-7-10

Звёздно-космогоническая гипотеза Гершеля

Изучение туманностей Гершель рассматривал как путь к познанию строения и развития Вселенной.

Овальные туманности он называл «галактиками», а наш Млечный путь впервые стал именовать с большой буквы. К концу жизни Гершель осознал, что наша Галактика простирается на десятки тысяч световых лет, а далёкие туманности — как Туманность Андромеды — отделены от неё миллионами световых лет. Относительные значения этих величин демонстрировали «островной» характер структуры Вселенной — расстояния сильно превосходили размеры объектов.

В период 1784 — 1785 годов У. Гершель отметил тенденцию туманностей и их скоплений к образованию компактных «куч», и стремление объединяться в крупные протяжённые «пласты». Наиболее мощный пласт был назван «скоплением Волос Вероники», по созвездию, где насчитывалось больше всего туманностей.



Рис. Скопление галактик Волосы Вероники

Гершель предположил, что этот пояс, подобно Млечному пути, охватывает кольцом всё небо. Только в 1953 году Жерар де Вокулёр выделил «Млечный путь галактик» — экваториальную зону Сверхгалактики. Это открытие подтверждало умозрительную концепцию Канта, распространившего закономерности Солнечной системы на всю Вселенную.

А вот двойные и кратные туманности, а также туманности, связанные перемычкой, Гершель считал формирующимися звёздными системами Галактики.

Одним из первых вопросов, которые встали перед Гершелем, были причины колоссального разнообразия видов туманностей Млечного Пути. Гершель, являясь верующим человеком, был убеждён в целесообразности устройства мироздания, и уже после первых же своих исследований объявил космос «Лабораторией Природы». Ответом стала теория «сада»: наблюдаемые объекты Вселенной имеют разный возраст и наблюдаются нами на различных стадиях их жизни. Формулировалась она следующим образом:

«Эта точка зрения проливает новый свет на устройство неба. Оно мне теперь представляется великолепным садом, в котором находится масса разнообразнейших растений, посаженных в различные грядки и находящихся в различных степенях развития; из этого положения вещей мы можем извлечь, по крайней мере, одну выгоду: мы можем наш опыт как бы растянуть на огромнейшие промежутки времени. Не всё ли равно, будем ли мы последовательно присутствовать при зарождении, цветении, одевании листвой, оплодотворении, увядании и, наконец, полной гибели растения, или же одновременно будем созерцать массу образчиков, взятых из различных степеней развития, через которые растение проходит в течение своей жизни?»

Гершель стал пионером морфологического метода изучения космических объектов, путём сопоставления их внешней формы и эволюционного истолкования. В 1791 году Уильям Гершель пришёл к заключению, что туманности имеют разную природу. Объект, ныне

именуемый NGC 1514, имел почти круглую форму (планетарная туманность), почти однородную яркость, кроме самого центра, где наблюдалась яркая точка.



Рис. Туманность «Хрустальный шар», открытая Гершелем 13 ноября 1790 года.

При галактическом истолковании пришлось бы допустить, что составляющие туманность звёзды невероятно слабы, либо что центральный объект туманности — не звезда, а нечто, немислимое по размерам и светимости. Исходя из принципа Оккама, Гершель заявил, что центральная точка является обычной звездой, зато остальная часть туманности диффузна, и не имеет звёздной природы. Правильная форма туманности убеждала его, что центральная звезда удерживала её своей гравитацией и придавала ей форму.

Постепенно Гершель пришёл к выводу, что в подобных объектах продолжается творение звёзд из диффузного

вещества. Эти взгляды были развиты в серии статей, вышедших в 1791—1811 годах. В статье же 1814 года Гершель оперировал понятием «звёздного хронометра», хода которого мы пока не знаем. Однако из его хода с неизбежностью следует, что весь Млечный путь не вечен, равно как и его прошлое существование не является бесконечным. Из действия закона гравитации следует, что рассеянные звёздные скопления находятся в начальной стадии жизненного цикла, тогда как плотные скопления находятся, вероятно, близ окончательного разрушения.

Гершель отказался от идеальной модели Ньютона и Лейбница, в которой Бог-часовщик создал Солнечную систему, в которой не могут происходить изменения, равно как и неподвижные звёзды удерживаются на месте равнодействующей гравитационных сил. Напротив, Гершель, по сути, стоял у истоков современных представлений о Вселенной, в которой объекты всех уровней имеют собственный жизненный цикл. Теория космического процесса представлялась Гершелю следующей: туманная оболочка звезды, скорее, «сама способна произвести звезду путём уплотнений, чем получить от неё своё существование». Разреженная туманность состоит из светящейся жидкости; по мере уплотнения (центрами сгущения служили более плотные части) происходит создание туманности или тесного звездного скопления, затем — одна или более туманных звёзд, и, наконец, одна звезда или группа звёзд. Каждая стадия процесса иллюстрировалась примерами наблюдавшихся Гершелем туманностей или звёздных скоплений. Именно в статье 1814 года Гершель впервые признал, что скопления, наблюдаемые в самом Млечном пути, принадлежат ему, а не являются самостоятельными системами. Будучи истинным учёным, Гершель не стал выходить за пределы доступной ему области наблюдений и оставил без ответов вопросы о начале существования Галактики, возникновения звёздных слоёв, и того, какие процессы происходят со звёздными скоплениями после наступления смерти — продолжая его биологические аналогии.

Глава 3-7-11

Каролина Лукреция Гершель

Каролина Лукреция Гершель (16 марта 1750 — 9 января 1848 г.) — англо-германский астроном, младшая сестра и ассистентка известного английского астронома и оптика Вильяма Гершеля (1738—1822 г.). Сделала ряд астрономических открытий, редактор и составитель звёздного каталога, дополнившего общеизвестный каталог небесных светил «Historiacoelestis Britannica», или «Flamsteed Designations» («Британская история неба», или «Обозначения Флемстида») (1725 г.) королевского астронома Дж. Флемстида (1646—1719 г.). Её вклад в астрономию был признан правительством Великобритании, отмечен Золотой медалью (1828 г.) и почётным членством (1835 г.) Лондонского королевского астрономического общества. Была избрана почётным членом Ирландской Королевской Академии наук (1838).



Рис. Каролина Лукреция Гершель

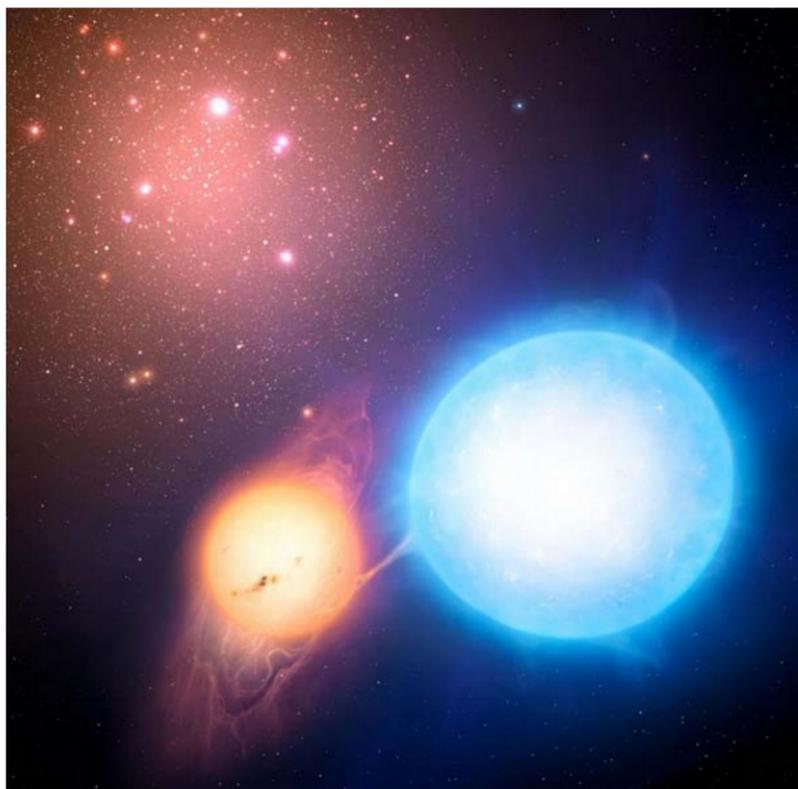
Каролина Лукреция Гершель родилась в семье военного музыканта, который стремился дать своим детям музыкальное образование, была девятым ребёнком в семье. В 1772 году по приглашению своего старшего брата Уильяма Гершеля приехала в Англию и на оставшиеся сорок лет его жизни стала его неотлучной помощницей.

В первые восемь лет совместной жизни, пока Уильям Гершель ещё занимался музыкой, Каролина выступала в качестве певицы во всех его музыкальных сочинениях. По мере усиления астрономических занятий Гершеля Каролина оказалась вовлечённой и в них, ассистировала Гершелю в наблюдениях и вела их записи. В свободное время Каролина Гершель самостоятельно наблюдала небо и уже в 1783 году открыла три новых туманности. В 1786 году Каролиной Гершель была открыта новая комета — первая комета, обнаруженная женщиной; за этой кометой последовали ещё несколько.



Рис. Уильям и Каролина Гершель. Литография

После смерти Уильяма Гершеля в 1822 году Каролина Гершель вернулась в Ганновер, но не оставила астрономии. К 1828 году она закончила работу над каталогом 2500 звёздных туманностей, наблюдавшихся её братом; в связи с этим Королевское астрономическое общество Великобритании наградило её золотой медалью и в 1835 году избрало своим почётным членом.



Часть 3-8

Двойные звезды

Содержание

Глава 3-8-1. Мицар и Алькор

Глава 3-8-2. Двойные звезды

Глава 3-8-3. Джон Мичелл

Глава 3-8-4. Уильям Гершель и двойные звезды

Глава 3-8-5. Струве и двойные звезды

Глава 3-8-6. Джон Гершель и двойные звезды

Глава 3-8-7. Эта Киля (η Киля)

Глава 3-8-8. Двойные системы Сириуса и Прокциона

Глава 3-8-9. Шербёрн Уэсли Бёрнхем

Глава 3-8-1

Мицар и Алькор

Исторически первой парой звезд, которые с древних времен упоминались вместе, были Мицар и Алькор.

Мицар (ζ UMa) — звезда в созвездии Большой Медведицы, вторая от конца ручки большого «ковша». Название в переводе с арабского означает «пояс». Видимая звёздная величина 2,40, спектральный класс A1 V, расстояние около 78 световых лет.

Люди с хорошим зрением видят рядом с Мицаром ещё одну звезду, называемую Алькор или 80 UMa. Название в переводе с арабского означает «забытая» или «незначительная». Способность видеть Алькор — традиционный способ проверки зрения. Звёздная величина Алькора 4,02, спектральный класс A5 V. Расстояние между Мицаром и Алькором превышает четверть светового года.



Рис. Мицар и Алькор

Долгое время не удавалось доказать физическое единство системы Алькор — Мицар (близость собственного движения звёзд ещё не означает вхождение в двойную систему). Только в 2009 году астрономы Рочестерского университета провели более точные измерения и показали, что обе звезды входят в физически связанную систему, состоящую из 6 звёзд. Таким образом, кратная система (Мицар — Алькор) состоит из шести компонентов: двойные звезды Мицар А и Мицар В, и лежащая на расстоянии около 0,3 световых лет от них двойная звезда Алькор (около 12 угловых минут).

При наблюдении в телескоп Мицар сам по себе виден как двойная звезда, включающая Мицар А и Мицар В. Мицар В имеет звёздную величину 4,0 и спектральный класс А7, расстояние между Мицаром А и Мицаром В — 380 а. е. (15 угловых секунд), период обращения — несколько тысяч лет.

Две звезды Мицар и Алькор входят в парный астеризм «Конь и всадник», но эти эпитеты не являются переводом арабских названий звёзд, как часто ошибочно считают.

Существует легенда, что якобы в древнем Египте в элитные войска фараона набирали юношей, которые могли различать эти звезды. Это было доказательством, что зрение было достаточно острым. В версиях легенды фигурируют греческие лучники или индейские охотники. Нет подтверждения реальности этих фактов. Кроме того, Мицар и Алькор различимы как отдельные звёзды даже при средней остроте зрения, которой обладают люди с миопией до 1 диоптрии без патологий сетчатки.

В арабской литературе говорится, что только те, кто обладает самым острым зрением, могут видеть компаньона Мицара. Арабский лексикограф 14-го века Файрузабади назвал его «Нашей загадкой», в то время как персидский астрономический писатель 13-го века Закария аль-Казвини сказал, что «люди проверяли своё зрение этой звездой».

Глава 3-8-2

Двойные звезды

Двойная звезда, или двойная система, — система из двух гравитационно связанных звёзд, обращающихся по замкнутым орбитам вокруг общего центра масс. Двойные звёзды — весьма распространённые объекты. Примерно половина всех звёзд нашей Галактики принадлежит к двойным системам.

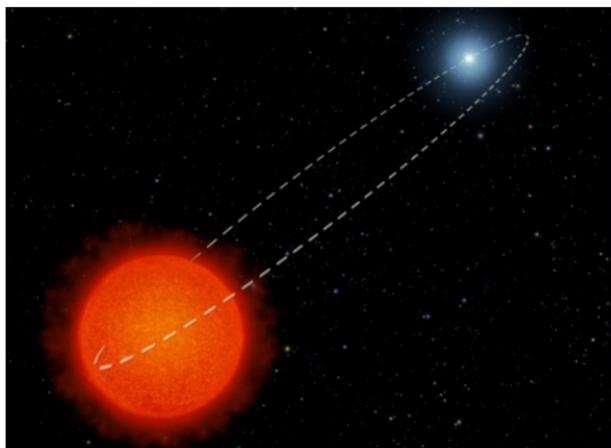


Рис. Двойная звезда

Первым выдвинул идею о существовании двойных звёзд Джон Мичелл (1724 — 1793 гг.). На выступлении в Королевском обществе в 1767 году он предположил, что многие звезды, видимые как двойные, действительно могут быть физически связаны.

Двойные звезды, которые возможно увидеть раздельно (или, как говорят, которые могут быть разрешены), называются видимыми двойными, или визуально-

двойными. В XVIII веке могли наблюдаться только визуально.

Возможность наблюдать звезду как визуально-двойную определяется разрешающей способностью телескопа, расстоянием до звёзд и расстоянием между ними. Таким образом, визуально-двойные звезды — это в основном звезды окрестностей Солнца с очень большим периодом обращения (следствие большого расстояния между компонентами).

В Германии была сделана практическая попытка показать, что двойные звезды не только видны вблизи друг от друга, но и физически связаны. Иезуит Кристиан Майер, астроном в Маннгейме, в январе 1776 года принялся собирать примеры тесных звездных пар и уже в 1779 году опубликовал первый каталог двойных звезд, в который входило 56 пар. Он утверждал, что у многих главных звезд есть «спутники». Однако его наблюдения не были достаточно точны и продолжительны, чтобы можно было признать эти результаты надежными. Его выводы были осмеяны; его планеты — звезды сочтены за плод галлюцинации. «Никто не поверил таким удивительным известиям», писал Лаланд. Но вскоре утверждение Майера (см. комментарий) было подтверждено.

В 1779 году Уильям Гершель впервые стал наблюдать с помощью телескопа звёзды, видимые невооружённым глазом.

Поскольку блеск звезд, наблюдаемых поблизости друг от друга, был неодинаков, создавалось впечатление (которое поддерживалось большинством астрономов), что их разделяет огромное расстояние, а видимое положение всего лишь результат проекции. Для выяснения истинного положения дел необходимо было измерить параллактические смещения звезд. Этим и занялся Гершель. К величайшему удивлению, параллактическое смещение одной звезды по отношению к другой при измерении дало неожиданный результат. Гершель заметил, что вместо симметрического колебания с периодом в 6 месяцев каждая звезда следует по сложному эллипсоидному пути. В соответствии с законами небесной

механики два тела, связанных силой притяжения, двигаются по эллиптической орбите. Наблюдения Гершеля подтвердили тезис о том, что двойные звезды связаны физически, т.е. силами тяготения.

Каталог Уильяма Гершеля был составлен к концу 1781 года, и он содержал данные о 269 двойных звёздах, из которых 227 были открыты впервые.

Комментарий

Кристиан Майер (1719 — 1783 гг.) — немецкий учёный-иезуит, астроном, физик, геодезист, картограф и метеоролог. Член Лондонского королевского общества.

Родился в Модржице (близ Брно, Моравия). В 1745 году вступил в орден иезуитов. С 1762 года — профессор астрономии Гейдельбергского университета.



Рис. Кристиан Майер

Определял положения Солнца, Луны, планет, в 1769 году вместе с Лекселем наблюдал в Санкт-Петербурге прохождение Венеры по диску Солнца.

В 1775 году по его проекту в Мангейме была построена обсерватория, оснащенная наилучшими для того времени астрономическими инструментами. В 1779 году Кристиан Майер составил первый каталог двойных звезд, в который входило 56 пар. Принимал участие в измерении дуги меридиана на территории Франции.

Глава 3-8-3

Джон Мичелл

Джон Мичелл (25 декабря 1724 — 29 апреля 1793 гг.) — священник из деревни Торнхилл (графство Йоркшир), видный английский естествоиспытатель и геолог.



Рис. Джон Мичелл

Занимался астрономией, оптикой и гравитацией, будучи одновременно теоретиком и экспериментатором. Открыл, в частности, волноподобную природу землетрясений, осуществил целый ряд оригинальных исследований в области магнетизма и гравитации, предвидел возможность чёрных дыр, предложил способ производства искусственных магнитов. Его называли отцом сейсмологии.

Джон Мичелл первым выдвинул идею о существовании двойных звёзд. На выступлении в Королевском обществе в

1767 году он предположил, что многие звезды, видимые как двойные, действительно могут быть физически связаны. Уже в 1779 году Кристиан Майер составил первый каталог двойных звезд, в который входило 56 пар.

К концу 1781 года свой каталог создал Уильям Гершель, он содержал данные о 269 двойных звёздах.

В письме от 27 ноября 1783 года, которое Мичелл послал в Королевское общество, были объединены ньютоновская небесная механика и корпускулярная оптика. Письмо содержало концепцию массивного тела, гравитационное притяжение которого настолько велико, что скорость, необходимая для преодоления этого притяжения (вторая космическая скорость), равна или превышает скорость света с расчётом, из которого следовало, что для тела с радиусом в 500 солнечных радиусов и с плотностью Солнца вторая космическая скорость на его поверхности будет равна скорости света. Таким образом, свет не сможет покинуть это тело, и оно будет невидимым. Мичелл предположил, что в космосе может существовать множество таких недоступных наблюдению объектов.

Джон Мичелл впервые предложил использовать для определения гравитационной постоянной крутильные весы и построил прототип прибора для измерения массы Земли, однако не успел поставить эксперимент и провести вычисления самостоятельно.

Он пытался измерить давление света путём фокусирования световых лучей на одном конце иглы компаса, но в процессе эксперимента игла расплавилась.

После смерти Мичелла его аппаратура перешла члену Лондонского Королевского общества Генри Кавендишу, который и вычислил плотность нашей планеты.

Глава 3-8-4

Уильям Гершель и двойные звезды

Попытки Гершеля измерить параллакс звезд, привели его к открытию физической связи между звездами. Первоначально он предполагал, что расположенные близко друг от друга звезды видны рядом случайно, что их разделяет огромное расстояние, и они не связаны между собой.

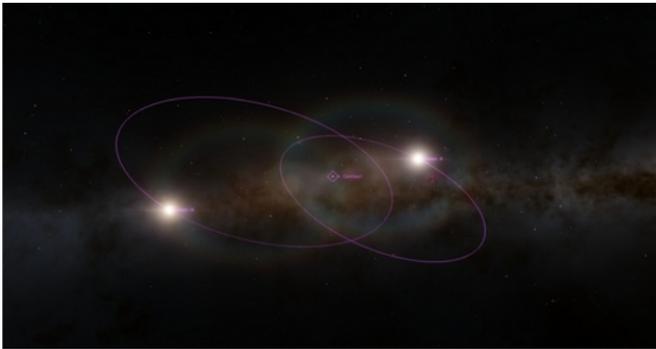


Рис. Двойная звезда α Центавра

Это позволило бы ему воспользоваться галилеевым дифференциальным методом определения параллакса, при котором микроскопическое перемещение звезды, вызванное движением земли вокруг солнца, замечается не по угловому расстоянию ее от постоянной точки на небесной сфере (полюса или зенита), а по изменениям расстояния от расположенной поблизости звезды, которая, как он считал, находится на большем расстоянии и потому менее подвержена влиянию движения земли.

С этой целью Гершель принялся с помощью телескопа наблюдать звезды, видимые невооруженным глазом. Его задачей было отыскать звездные пары, достаточно тесные

для того, чтобы ими можно было воспользоваться для своей главной работы определения параллакса. Пределом видимого углового расстояния между искомыми звездами он считал 2'.

Довольно быстро, за два года, он подготовил список таких звездных пар. Первый каталог Гершеля двойных звезд был обнаружен в начале 1782 года и заключал в себе 269 пар, в том числе 227 новооткрытых. Второй, из 434 пар, представлен был в Королевское Общество в конце 1784 года. А в последней его работе, отосланной в Королевское Астрономическое общество в 1821 году, содержалось еще 145 двойных звезд. Помимо положения каждой двойной звезды, Гершель отмечал еще угловое расстояние между ее составляющими и яркость каждой из них. В некоторых случаях наблюдались любопытные контрасты в окраске звезд, составляющих пару. Не мало было и таких случаев, когда в тесном соседстве оказывалось не только две, но даже три, четыре и более звезд.

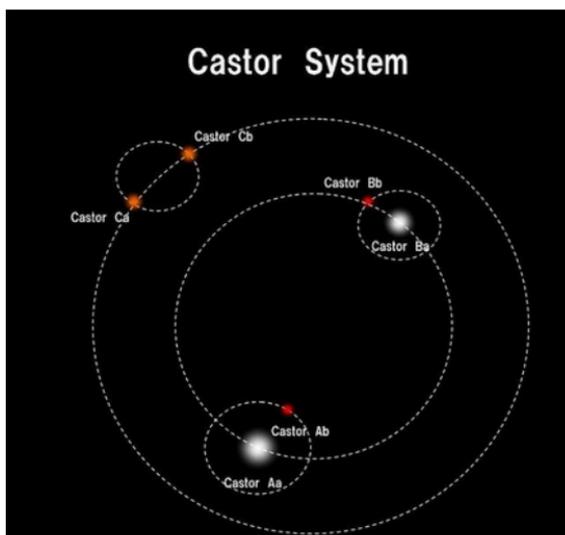


Рис. Система Кастора

Одной из таких множественных звезд оказался Кастор в созвездии Близнецов. Ее наблюдал как двойную звезду еще Кассини в 1678 году, а потом и Джеймс Паунд в 1718 году. Угловое расстояние между компонентами с блеском 1,96^m (Кастор А) и 2,91^m (Кастор В) составляет 4" (на 2004 год), период обращения — примерно 350 лет. Каждый из компонентов является спектрально-двойной звездой.

Позднее было выяснено, что тусклая переменная звезда 9-й звёздной величины ΥΥ Близнецов физически связана с Кастором. Она находится на угловом расстоянии 73" (1010 а. е.) от четырёх компонентов, ей присвоено условное обозначение Кастор С. Кастор С обращается вокруг общего центра масс системы за время не меньшее нескольких десятков тысяч лет и тоже является спектрально-двойной звездой. Таким образом, Кастор — кратная звезда, состоящая из шести компонентов.

Через двадцать лет Гершель согласился со взглядами Мичелла, считавшего двойные звезды физически связанными между собой. В двух работах, напечатанных в *Philosophical Transactions* за 1803 и 1804 годы, он сообщил, его самостоятельные наблюдения, дополненные наблюдениями Бадлея от 1759 года, позволили обнаружить постепенное изменение в направлении линии, соединяющей составляющие Кастора, что можно было объяснить тем, что звезды вращаются относительно друг друга. Гершелем были приблизительно установлены периоды обращения некоторых двойных звездных систем, а именно для Кастора — 342 года, для Гаммы Льва — 1200 лет, для Дельты Змеи — 375 лет, для Эпсилона Волопаса — 1681 год. А звезда Эпсилон Лиры была отмечена как «дважды двойная»; в обеих парах звезд, составляющих эту систему, было обнаружено взаимное смещение.

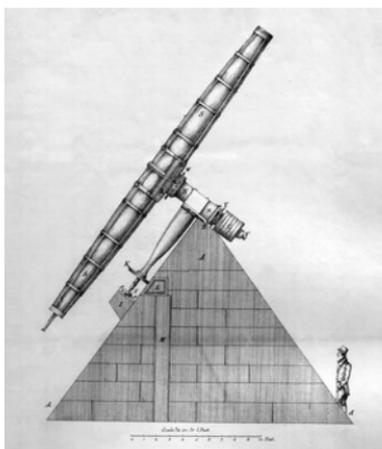
Встретился даже пример покрытия (затмения) одной звезды другою за время их обращения одной около другой: этот случай был подмечен в 1795 году в быстро обращающейся паре Дзеты Геркулеса.

Можно считать, что это было первое прямое доказательство господства закона тяготения за пределами солнечной системы.

Глава 3-8-5

Струве и двойные звезды

Научная карьера Фридриха-Георга-Вильгельма (Василия Яковлевича) Струве служит примером того, как наука по мере своего развития неизбежно дробится на отдельные специальности. Струве, если оставить в стороне его другие работы, был специалистом в области двойных звезд. Самая ранняя его работа имела целью проверить результаты Гершеля относительно орбитального движения Кастора, и затем Струве во всю свою жизнь уже не покидал пристрастия к этого рода задачам. Свои наблюдения Струве начал на Дерптской обсерватории еще в 1813 году, однако лишь с 1819 года, когда был приобретен у Трoutона 1,5-метровая (5 фут.) ахроматический рефрактор, Струве получил возможность измерять двойные звезды и определять углы положения пар звезд с достаточной точностью. Первый его каталог включал 795 звезд.



Ахроматический рефрактор Струве

11 февраля 1825 года Струве начал громадный труд: он задумал сделать обзор всего северного звездного неба от полюса вплоть до пятнадцатого градуса склонения к югу от небесного экватора. Эта работа длилась более двух лет, и, после исследования почти 120000 звезд, было найдено 2200 новых двойных и кратных звезд.

Следующие за тем десять лет целиком были посвящены тончайшим и терпеливым измерениям этих двойных звезд; результаты составили материал для «*Mensuare Micrometricas*», вышедших в свет в Петербург в 1837 году. В этой монументальной работе даны места на небе, углы положения и расстояния спутников, цвета и относительная яркость 3112 двойных и кратных звезд. Работы Струве еще долгое время использовали для обнаружения перемен в системах двойных звезд.

Из наблюдений Струве оказалось, что, примерно, одна на каждые сорок звезд (если брать все звезды до девятой величины) двойная; если же брать только яркие звезды, то процент двойных в два раза больше. Струве объяснял это различие трудностью разглядеть слабые спутники чересчур удаленных светил. Было замечено также, что двойные звезды обладают значительным собственным движением. Каталог Струве включает в себе пары звезд, для которых расстояние между составляющими меньше 32". Струве считал, что при расстоянии, превышающем этот предел, становится слишком значительной вероятностью чисто случайной, кажущейся близости двух звезд. Число найденных действительных двойных звезд оказалось настолько велико, что само по себе послужило доказательством существования физически связанных двойных звезд. Многие звезды, считавшиеся прежде простыми, оказались двойными, а в нескольких случаях, когда звезда была уже известна как двойная, одна из ее составляющих в свою очередь была двойной. Отмечены были пять групп, где по две пары звезд расположены так близко друг к другу, что невольно возникало убеждение в взаимной связи обеих пар. Кроме того, в списки были внесены 124 примера тройных, четверных и кратных звезд.

Еще Бессель утверждал, что общность видимых собственных движений нескольких звезд могла служить основанием считать эти звезды принадлежащими к одной системе. Наблюдение этой общности движения стала для Струве одним из главных критериев для распознавания истинных двойных звезд.



Рис. 61 Лебеда

Именно на этом основании 61 Лебеда была признана подлинной двойной звездой. И хотя обе составляющие звезды 61 Лебеда по-видимому летят почти по прямым линиям, (т. е. орбитальное относительное движение их незаметно), однако вероятность того, что они составляют физическую систему и связаны взаимно, по словам Струве, больше вероятности того, что Солнце завтра утром обязательно взойдет. Мало того, оказалось, что узлы единства движения связывают некоторые звезды, отстоящие видимо друг от друга несравненно дальше, чем сочлены заурядных двойных звезд. И это явление настолько часто, что поневоле нужно согласиться, что число звезд «одинокых» вероятно только в два или три раза больше числа звезд в действительности двойных или кратных.

Глава 3-8-6

Джон Гершель и двойные звезды

Джон Гершель, сын Уильяма Гершеля, начал измерять двойные звезды еще в 1816 году. А в 1820 он закончил постройку 45-см (18-дюйм.) рефлектора, который стал главным инструментом при всех его исследованиях. Вскоре затем он предпринял ряд наблюдений в сообществе с Соутом. Результаты — микрометрические измерения 380 двойных звезд — представлены были Королевскому Лондонскому Обществу в мемуаре в 1824 году. Джон Гершель подтвердил многие из выводов старшего Гершеля относительно орбитального движения двойных звезд. Так оказалось, например, что звезда Эта в созвездии Северной Короны уже начала второй оборот с тех пор, как впервые была открыта ее двойственность; в другой звезде, Тау Змееносца, обе составляющие сблизилась настолько, что звезда казалась теперь одиночной, а движение звезды Кси Большой Медведицы происходило по эллиптической орбите и притом так быстро, что можно было замечать и измерять перемещения ее каждый месяц.

С самого начала существовала твердая уверенность, что сила, удерживающая звезды, есть не что иное, как хорошо знакомое нам тяготение, управляющее движениями планет вокруг солнца. Однако, окончательно это было установлено не ранее 1827 года, когда Савари в Париже показал, что орбита спутника Кси Большой Медведицы может быть представлена эллипсом, по которому спутник обращается за 58,25 лет, который вычислен согласно теории тяготения. Энке, в Берлине, дал затем еще более изящный способ вычисления орбит двойных звезд. Со своей стороны, Джон Гершель настаивал на бесполезности аналитических вычислений в тех случаях, где исходные данные были крайне неточны. В 1832 году он предложил графический способ определения

орбиты с «помощью глаза и руки», — прием, годный именно в тех случаях, где требуется скорее оценка, а не строгое вычисление.

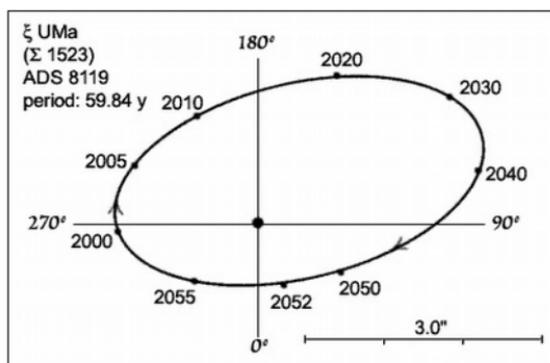


Рис. Движение звезды Кси Большой Медведицы

В 1825 году Гершель предпринял всеобщий «обзор» северного полушария неба, имевший специальной целью новый осмотр и проверку туманных пятен, открытых еще его отцом. Этой работе Гершель посвятил восемь лет настойчивого труда, попутно им были открыты 3347 двойных звезд.

Следующая задача, которую поставил перед собой Джон Гершель, была не менее грандиозна. «Сильно подстрекаемый как громадным интересом вопроса», говорил сам Гершель, «так и красотой зрелища, которое представляют собой эти предметы исследования», он решил завершить свою работу полным обзором также и южного полушария неба.

5 марта 1834 года он установил свой рефлектор на Мысе Доброй Надежды в Южной Африке и начал систематические наблюдения южного неба. Результаты были полностью опубликованы лишь в 1847 году. Гершель открыл и тщательно измерил 2102 двойных звезд южного неба, но, к сожалению, он не успел привести в порядок уже собранный им громадный материал.

Глава 3-8-7

Эта Киля (η Киля)

Во время пребывания Гершеля в Южной Африке ему удалось наблюдать удивительное небесное явление. В созвездии Корабля (сейчас созвездие Киля), среди туманности Гомункул, как бы окутанная ею, видна яркая звезда Эта Корабля (Киля). С нею связана захватывающая история, которая подтверждает то, что астрономия — по-настоящему интересная наука.



Рис. Звезда η Киля — белая точка в центре изображения, на стыке двух лопастей туманности Гомункул.

До XVII столетия не существует достоверных записей о наблюдении или открытии Эты Киля, хотя нидерландский мореплаватель Питер Кейзер примерно в 1595 — 1596 годах описал звезду 4-й величины приблизительно в том

месте, где расположена Эта Киля. Эти данные были воспроизведены на небесных глобусах Петера Планциуса и Йодокуса Хондиуса и в 1603 году появились в «Уранометрии» Иоганна Байера.

Первое уверенное упоминание об Эте Киля принадлежит Эдмунду Галлею, в 1677 году, во время посещения им острова Святой Елены, он оценил ее блеск четвертой величиной. «Каталог Южного неба» Галлея был опубликован в 1679 году, где звезда была названа Этой Дуба Карла и Этой Корабля Арго, как и в атласе Байера. В 1751 году Никола Луи де Лакайль разделил созвездия «Корабль Арго» и «Дуб Карла» на несколько меньших созвездий. Звезда оказалась в «килевой» части «Корабля Арго», получившей наименование созвездия Киля. Лакайль, а позже некоторые другие наблюдатели посчитали ее звездой второй величины.

В 1827 году путешественник Бёрчелл, находившейся тогда в г. Сан-Паолу около Рио де Жанейро, увидел, что эта звезда достигла блеска первой величины. Это показалось Бёрчеллу странным, поскольку во время своих африканских путешествий в 1811 — 1815 годах оценивал ее, как звезду четвертой величины. Он первым высказал гипотезу о её переменности. Джон Гершель в 1830-х годах проделал серию точных измерений, которая показала, что яркость звезды колебалась в районе 1,4 звёздной величины вплоть до ноября 1837 года. Вечером 16 декабря 1837 года Гершель был поражён тем, что звезда по своей яркости превзошла Ригель, а уже 2 января следующего года почти равнялась по блеску звезде Альфа Центавра.. Это событие положило начало 18-летнему периоду в эволюции Эты Киля, известному как «Великая вспышка».

После этого блеск Эты Киля начал падать. Однако в апреле 1843 года наступил второй и еще более интенсивный максимум. Маклир, бывший тогда директором Капской обсерватории, заметил, что звезда сверкает с блеском, почти достигавшим блеска Сириуса. Эти усиления и понижения блеска были осложнены быстрыми «дрожаниями» яркости. Наблюдения на Мысе

Доброй Надежды показали, что звезда с 11 по 14 марта 1843 года превосходила по яркости Канопус, затем начала меркнуть, но затем вновь стала увеличивать блеск, достигнув уровня яркости между Альфой Центавра и Канопусом с 24 по 28 марта, и снова начала тускнеть. На протяжении большей части 1844 года звезда по яркости находилась посередине между Альфой и Бетой Центавра, то есть её видимый блеск составлял около $+0,2^m$, но к концу года он вновь начал расти. В 1845 году яркость звезды достигла $-0,8^m$, затем $-1,0^m$. Пики яркости, пришедшиеся на 1827, 1838 и 1843 годы, судя по всему, обусловлены прохождением периастра звёздами двойной системы Эта Киля, когда их орбиты проходили ближе всего друг к другу. С 1845 по 1856 яркость падала примерно на 0,1 звёздной величины в год, но с быстрыми и большими колебаниями.

С 1857 года яркость уменьшалась быстрыми темпами, пока в 1886 году звёздная система перестала быть видимой невооружённым взглядом. Было показано, что этот эффект был вызван конденсацией пыли из выброшенного вещества, окружающего звезду, а не собственными переменами в светимости.

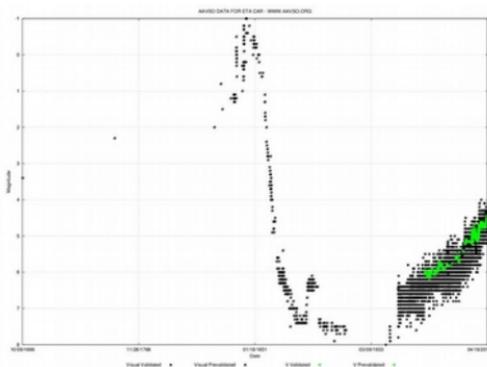


Рис. Кривая изменения блеска Эта Киля

Очередное увеличение яркости началось в районе 1887 года. Звезда достигла отметки в 6,2 звёздной величины к

1892 году, затем к марту 1895 блеск упал до $7,5^m$. Несмотря на исключительно визуальный характер наблюдений вспышки 1890 года, было подсчитано, что Эта Киля потеряла около 4,3 звёздной величины из-за облаков газа и пыли, выброшенных в ходе предшествовавшей «Великой вспышки». В отсутствие этих помех яркость звёздной системы на тот момент должна была бы достигать около 1,5 — 1,9 звёздной величины, значительно ярче, чем наблюдавшийся блеск. Это была своего рода уменьшенная копия «Великой вспышки», со значительно меньшими выбросами вещества.

По современным представлениям, Эта Киля — двойная звезда-гипергигант с совокупной светимостью компонент более чем в 5 миллионов раз превосходящей солнечную светимость. Находится на расстоянии в 7500 световых лет (2300 парсек).

Две звезды в системе Эта Киля движутся вокруг общего центра тяжести по вытянутым эллиптическим орбитам (эксцентриситет 0,9) с периодом в 5,54 земного года. Основной компонент системы — гипергигант, яркая голубая переменная (ЯГП), изначально обладавшая массой в 150—250 солнечных, из которых утрачено уже около 30 солнечных масс. Это одна из самых больших и неустойчивых известных звёзд, её масса близка к теоретическому верхнему пределу. Как ожидается, в астрономически близком будущем (несколько десятков тысячелетий) она станет сверхновой.

Вторая звезда, η Car B, тоже характеризуется очень высокой поверхностной температурой и светимостью, её масса около 30 — 80 масс Солнца.

Свет от компонент системы Эта Киля сильно поглощается небольшой биполярной туманностью Гомункул с размерами 12 x 18 угловых секунд, которая состоит из вещества центральной звезды, выброшенного в ходе «Великой вспышки». Масса пыли в Гомункуле оценивается в 0,04 масс Солнца. Эта Киля А теряет массу настолько быстро, что её фотосфера гравитационно не связана со звездой и «сдувается» излучением в окружающее пространство.

Глава 3-8-8

Двойные системы Сириуса и Проциона

Еще в 1783 году Джон Гудрайк первым из астрономов предположил, что изменение блеска переменной звезды Алголь, может быть объяснен затмением звезды вращающимся вокруг большим телом. То есть появилось понимание, что существуют звезды, свет которых пока (до появления более сильных телескопов) не может быть зафиксирован.

Но после того, как Фридрих Вильгельм Бессель создал теорию ошибок наблюдения, позволившую улучшить точность координат небесных объектов в десять раз, стало возможным отслеживать тонкие эффекты собственных движений звезд. Еще в 1834 году Бессель заподозрил неравномерность собственного движения Сириуса. Тот же эффект он заметил в 1840 году и в движении Проциона. После нескольких лет точнейших измерений новым меридианным кругом работы Репсольда Бессель, в 1844 году, объявил о том, что обнаруженные им неправильности в видимых собственных движений Сириуса и Проциона могут объясняться существованием вблизи звезд «темных спутников», которые вращаются вокруг них. Бессель даже оценил период обращения приблизительно в полстолетия, как для Сириуса, так и для Проциона.

«Я держусь того мнения», — писал он Гумбольдту, — «что Процион и Сириус составляют каждый настоящую систему двойных звезд, куда входят по одной видимой и одной невидимой звезде. Нет никакого основания предполагать, что способность испускать собственный свет представляет собой коренное, непреходящее свойство мировых тел. Тот факт, что мы видим бесчисленное множество ярко блистающих звезд, не может еще сам по себе служить доводом для того, чтобы отрицать

возможность существования бесчисленного множества темных, невидимых звезд».

Этот вывод шел в разрез с господствовавшими в то время идеями и был принят с недоверием. Лишь Петерс в 1851 году подтвердил снова, что неправильности движения Сириуса вполне могут быть объяснены, если только допустить орбитальное, с периодом в пятьдесят лет, движение этой звезды вокруг общего центра притяжения.

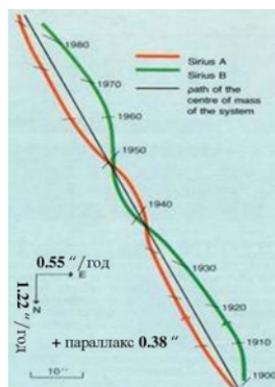
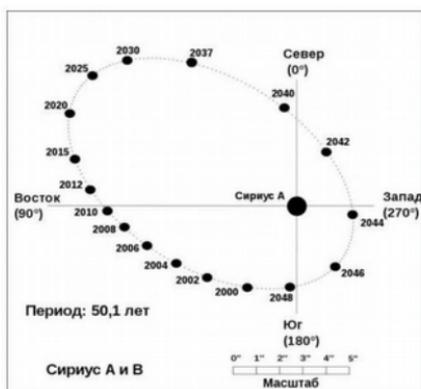


Рис. Орбитальное движение системы Сириуса

Но предсказание Бесселя было подтверждено уже через несколько лет. Вечером 31 января 1862 года Альван Кларк (глава знаменитой фирмы оптиков в Америке), испытывая свойства нового 45-см (18-дюйм.) рефрактора, на самом деле увидел гипотетический спутник Сириуса, как раз в том самом месте, около яркой звезды, какое было указано теорией.

По современным данным две звезды вращаются вокруг общего центра масс на расстоянии примерно в 20 астрономических единиц с периодом оборота 49,4 лет. В 1915 году астрономы, работавшие в обсерватории Маунт-Вильсон, установили, что Сириус В является белым карликом (это был первый из обнаруженных белых карликов). Из этого следует, что Сириус В в прошлом

должен был быть гораздо массивнее Сириуса А, так как он в процессе эволюции уже покинул главную последовательность.

Возраст системы Сириуса, по современным исследованиям, составляет примерно 230 миллионов лет. Первоначально система Сириуса состояла из двух бело-голубых звёзд спектрального класса В. У Сириуса А масса была около двух масс Солнца, у Сириуса В — 5 пять масс Солнца. Около 120 миллионов лет назад более массивный Сириус В прогорел и стал красным гигантом, затем сбросил внешнюю оболочку и перешёл в состояние белого карлика, в котором остаётся и поныне. В настоящее время Сириус В имеет массу в 1,02 масс Солнца и является одним из самых тяжёлых известных белых карликов (масса типичных белых карликов 0,5-0,6 масс Солнца).

Процион В был обнаружен 13 ноября 1896 года, когда Шэберле в большой рефрактор Ликской обсерватории открыл давно искомое светило, как звездочку тринадцатой величины. Период обращения системы Проциона в сорок лет, указанный еще в 1862 году Ауверсом, оказался удивительно точным.

По современным данным Процион А — желтовато-белая звезда спектрального класса F — ненамного больше и в 7,7 раза ярче, чем Солнце. Фактически, она слишком яркая, даже для её спектрального класса. Поэтому её относят к субгигантам. Это означает, что синтез гелия из водорода в её недрах уже закончен, и началось её расширение. Хотя звезда пока и не начала «краснеть», она продолжает увеличиваться, и в конечном итоге должна достигнуть размера, в 80—150 раз превышающего настоящего, и в конечном итоге принять красный или оранжевый цвет. По некоторым оценкам, это должно произойти через 10—100 миллионов лет.

Процион В — тусклый белый карлик, удалённый от Проциона А на расстояние 16 астрономических единиц. По своим характеристикам аналогичен белому карлику у Сириуса, его видимый блеск равен $+10,75^m$. Масса Проциона В меньше, чем Сириуса В.

Комментарий

Белые карлики — звёзды, состоящие из электронно-ядерной плазмы, лишённые источников термоядерной энергии и слабо светящиеся благодаря своей тепловой энергии, постепенно остывая и краснея.

Ближайший известный белый карлик — Сириус В, находящийся на расстоянии в 8,6 световых лет.

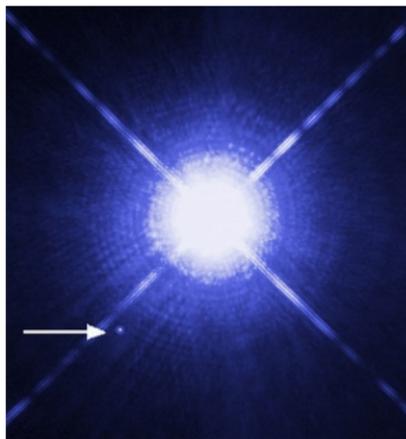


Рис. Белый карлик Сириус В (отмечен стрелкой) рядом с ярким Сириусом А. Фото телескопа Хаббл

Белые карлики образуются в процессе эволюции звёзд, чья масса недостаточна для превращения в нейтронную звезду, не превышает около 10 масс Солнца. Когда звезда главной последовательности малой или средней массы заканчивает превращение водорода в гелий, она расширяется, становясь красным гигантом. Красный гигант поддерживается термоядерными реакциями превращения гелия в углерод и кислород. Если масса красного гиганта оказывается недостаточной, звезда сбрасывает внешнюю оболочку, формируя планетарную туманность, а ядро звезды становится белым карликом, состоящим из углерода и кислорода.

Глава 3-8-9

Шербёрн Уэсли Бёрнхем

Шербёрн Уэсли Бёрнхем (1838 — 1921 гг.) — американский астроном.

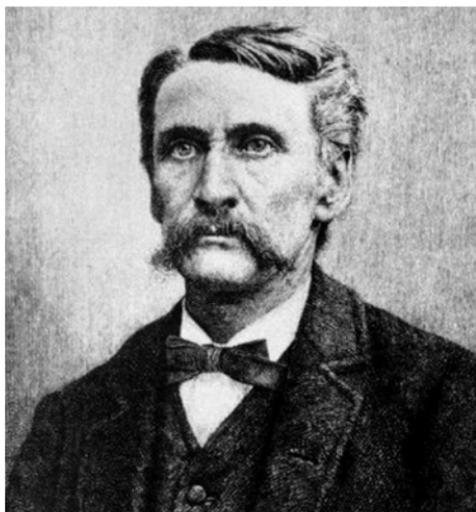


Рис. Шербёрн Уэсли Бёрнхем

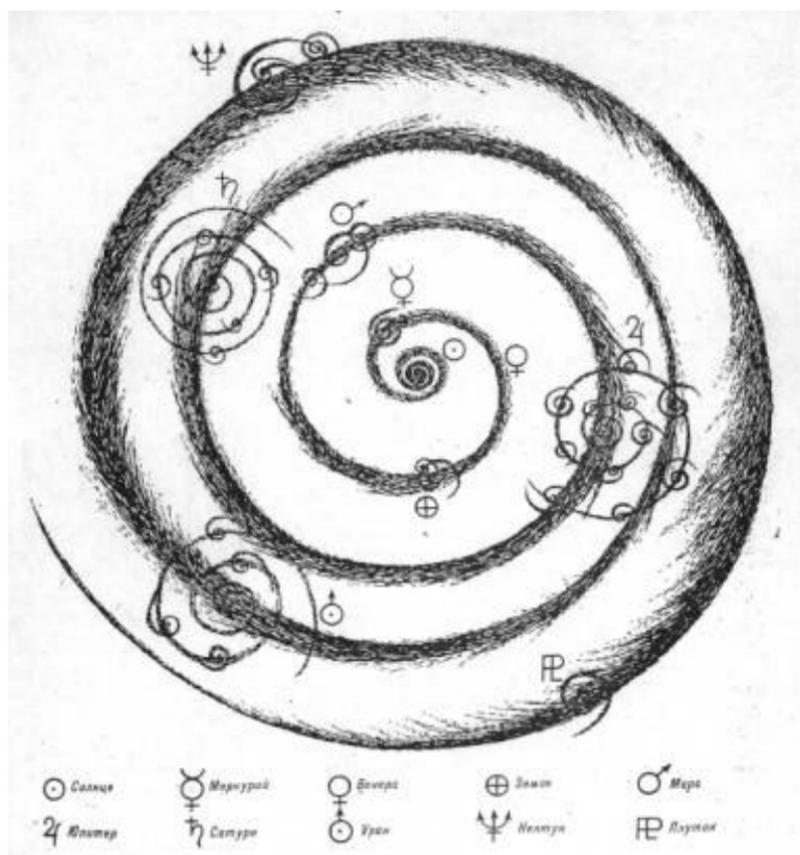
Родился в Тетфорде (штат Вермонт). По профессии Барнхэм был секретарем суда. Начал заниматься астрономией как любитель, в 1870—1882 проводил наблюдения в собственной обсерватории в Чикаго, а также в обсерваториях Дирборн (Чикаго) и Уошберн (Мэдисон), в обсерватории Дартмутского колледжа (штат Нью-Гэмпшир). В 1878 участвовал в исследовании астроклимата на горе Гамильтон (Калифорния), где было выбрано место для строительства Ликской обсерватории.

В 1888 — 1892 работал в Ликской обсерватории, в 1893—1913 — в Йеркской обсерватории. С 1893 — профессор практической астрономии Чикагского университета.

Барнхэм стал наиболее знаменитым исследователем двойных звезд в XIX веке. Свои первые открытия он сделал с 6-дюймовым рефрактором, установленным во дворе его дома, но позднее он получил доступ к некоторым лучшим телескопам Соединенных Штатов. Когда Барнхэм начинал свои наблюдения, считалось, что почти все визуально-двойные звезды уже известны. По словам Эггена, после того как Барнхэм опубликовал сообщение о первых 180 открытых им двойных, Уэбб в Англии, другой любитель астрономии, писал ему:

«Едва ли вы сможете долгое время продолжать работу теми же темпами, поскольку число таких объектов не бесконечно и каждое новое открытие означает, что неизвестных переменных стало одной меньше. Но то, что вы уже сделали, настолько значительнее всего того, что сделано в этой области кем-либо из ваших современников, что вы можете по праву считать себя превосходным наблюдателем».

Но, проводя наблюдения на рефракторах с превосходными объективами, созданными Э. Кларком, Бёрнхем открыл 1274 двойные звезды, среди которых много интересных и трудных для наблюдения пар. В 1894 году за изучение двойных звезд ему была присуждена золотая медаль Королевского астрономического общества. Чтобы отличать открытые им двойные звезды от уже известных, он еще в начале своей деятельности приступил к составлению каталога, содержащего данные обо всех двойных звездах. После нескольких неудач и задержек его каталог двойных звезд в до склонения -31° от северного полюса, содержащий 13 665 пар, был опубликован в 1906 году.



Часть 3-9

Космогония XVII — начала XVIII веков

Содержание

- Глава 3-9-1. Вихревая космогония Декарта
- Глава 3-9-2. Эммануил Сведенборг
- Глава 3-9-3. Жорж Луи Леклерк де Бюффон
- Глава 3-9-4. «Теория неба» Иммануила Канта
- Глава 3-9-5. Иммануил Кант
- Глава 3-9-6. Руджер Иосип Бошкович
- Глава 3-9-7. «Космологические письма» И. Ламберта
- Глава 3-9-8. Космогоническая гипотеза Лапласа

Глава 3-9-1

Вихревая космогония Декарта

На основе своей физики, по существу развивая идею Анаксагора о вихревом зарождении нашего мира, и под влиянием аналогичных представлений Кеплера о вихревой структуре Солнечной системы Декарт создал первую механистическую эволюционную космологию и космогонию, всеобъемлющую картину развивающейся Вселенной. Именно Декарт (а не Кант, как принято считать, — см. о нем ниже) является родоначальником эволюционной космогонии в новое время.

В раннем и откровенном варианте его космогонии — в «Трактате о свете» у Декарта есть еще одна чрезвычайно любопытная с точки зрения современной эволюционной космологии идея. Первоначальное состояние материи, уже разделенной на три основных элемента, описывается им как некий подвижный хаос — состояние непрерывного перехода в результате столкновений одних частиц в другие (!), дробления одних и сцепления других. И только после формирования вихрей частицы начинают разделяться центробежной силой по своим размерам и плотности и упорядочение размещаются в пространстве.

Чрезвычайно своеобразно, с попыткой опереться на наблюдения Декарт описывает процесс формирования планет: из неких менее подвижных, но недостаточно плотных, пористых или ветвистых частиц третьего рода, которые поэтому не отбрасываются далеко от центра, а, сцепляясь, образуют на поверхности центрального огненного тела нечто вроде множества пятен. Эти промежуточные образования затем, под действием центробежной силы, отбрасываются от центрального тела и образуют планеты.

В начале следующего XVIII в. эта идея выбрасывания материи солнечных пятен стала основой для объяснения происхождения комет как членов Солнечной системы (голландский физик Гартсокер). По Декарту же кометы

формировались на периферии вихря, где, как он полагал, должны были собираться наиболее грубые и большие частицы этого третьего элемента. Действие центробежной силы на эти последние должно было быть столь велико, что часть их могла быть выброшена из своего вихря в соседний и далее. Так что кометы во вселенной Декарта могут переходить из одного вихря в другой. Солнечная система — один из таких вихрей. Звезды — центры других вихревых систем. Таким образом, естественно возникала картина Космоса с множеством «солнечных систем».

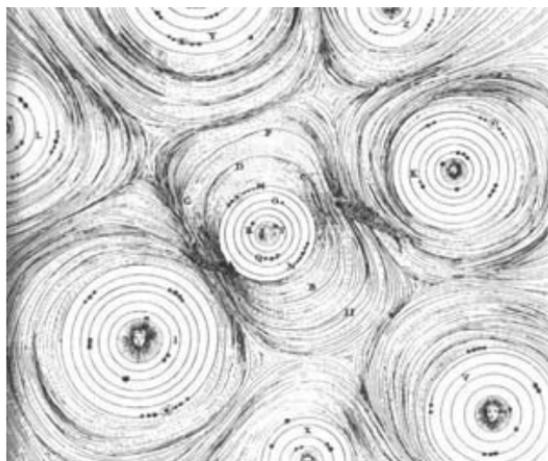


Рис.. Вихревая космогония Декарта

Планеты движутся не самостоятельно, а как у Кеплера, увлекаются общим вихревым движением. Следуя Кеплеру, Декарт утверждал, что движение планет происходит почти в одной плоскости, по эллиптическим орбитам.

Самую древнюю загадку космофизики — природу тяготения — Декарт пытался объяснить как эффект давления в вихре частиц друг на друга. Здесь важно, что впервые тяжесть стала рассматриваться им не как врожденное, а как производное качество, возникающее в результате взаимодействия материальных частиц.

Декарт рассматривал и вопрос о некоем равновесии соседних вихрей, что обеспечивало их сосуществование без смешивания. В то же время, рисуя процесс возникновения осевого вращения формирующихся планет в результате более быстрого движения более далеких частей общего вихря нашей Солнечной системы (твердотельное вращение околосолнечной туманности), — он допускал возникновение меньших локальных вихрей. Так он объяснял возникновение у некоторых планет спутников.

Во вселенной Декарта нет не только пустоты, но и неподвижных точек, все заполнено материей, все движется.

«Я не сомневаюсь, — писал он своему другу физику Мерсенну, — что и звезды всегда несколько изменяют свое взаимное расположение, хотя их и считают неподвижными».

Явление туманностей и вид Млечного Пути он объяснял (явно под влиянием первых телескопических наблюдений Галилея) как собрания звезд, лучи от которых сливаются вместе из-за их огромных расстояний.

Пожалуй, одним из первых Декарт осознал наличие атмосферы около Земли как некоего образования, выделенного из общей мировой среды, мирового эфира. Материя всего вихря составляла у него «большое небо», а материя, вращающаяся вокруг Земли — «малое». Напомним, что прежде воздушное околоземное пространство простирали до Луны (в духе Аристотеля). Вся космофизическая картина и объяснение ряда конкретных явлений (таких загадочных, как приливы и отливы, например) опирались у Декарта на утверждение подвижности Земли.

Эволюционная космогоническая теория Декарта оказала огромное влияние на развитие европейского мировоззрения. Впервые это проявилось в знаменитом сочинении французского писателя Б. Фонтенеля «Беседы о множественности миров» (1686).

Глава 3-9-2

Эммануил Сведенборг

Эммануил Сведенборг (29 января 1688 — 29 марта 1772 г.) — шведский учёный-естествоиспытатель, христианский мистик, теософ, изобретатель. Занимался космологией, механикой, математикой, анатомией, физиологией, политикой, экономикой, металлургией, геологией, горным делом и химией. Автор трудов по обработке металлов. Считается родоначальником таких дисциплин, как минералогия и физиология мозга.



Рис. Эммануил Сведенборг

Отец Эммануила, Еспер Сведберг, происходил из семьи богатого бергсмана. Он много путешествовал, изучал теологию, а по возвращении домой, в Стокгольм, настолько поразил шведского короля Карла XI своими

суждениями относительно религии и морали, что позднее получил степень профессора богословия в Упсальском университете и настоятеля собора, а затем и сан епископа в Скаре.

Эммануил Сведенберг окончил философский факультет Упсальского университета. Изучал физику, астрономию и главные из естественных наук.

Астрономические сочинения Сведенборга (первое вышло в 1707 г.) касались различных вопросов, например, зловещей тогда проблемы определения долготы на море с помощью наблюдений Луны. Но основным вкладом его в эту науку, вернее, в астрономическую картину мира стала его космогоническая концепция (1729 г.).

Космогония Солнечной системы Сведенберг опирается на вихревую концепцию Вселенной Декарта. Он был одним из последних крупных сторонников и защитников картезианской физики и философии. Космогоническая гипотеза Сведенборга о происхождении мира (1732 г.) оказалась наиболее разработанной из построенных не на законе притяжения Ньютона.

Планеты у Сведенборга образуются из солнечного вещества. Эта идея, возможно, независимо, многократно возрождалась в дальнейшем в гипотезах Бюффона, Канта, Лапласа, Чемберлина-Мультона и удерживалась как одно из главных направлений в космогонии планетной системы еще в начале XX в.

По гипотезе Сведенборга планеты сформировались в результате возникновения в солнечном веществе вихря материи, который, постепенно развиваясь и ускоряясь, расширился под действием центробежных сил. От внешних частей его в некоторый момент отделилось кольцо материи, разбившееся затем на отдельные массы — родоначальницы планет. Аналогично представлялось возникновение спутников из вещества протопланет. Движение планет вокруг Солнца у Сведенборга объяснялось в духе Кеплера-Декарта: увлечением их околосолнечным вихрем. Ошибочная с точки зрения механики космогоническая гипотеза Сведенборга вместе

с тем также содержала глубокую идею эволюции материи во Вселенной.

В основу своей, предложенной им в том же 1729 г., модели мира Сведенборг положил идею, согласно которой все явления и процессы в природе, независимо от масштабов, должны подчиняться некоторым общим принципам. Занимаясь изучением магнитных явлений, он считал, что правильное распределение мельчайших частиц материи относительно магнита должно проявляться и в распределении огромных космических тел. Отсюда он сделал вывод, что полоса Млечного Пути должна соответствовать некоторому направлению в пространстве, относительно которого и упорядочены звезды. Это направление понималось им либо как «ось» системы звезд (аналогично оси магнита), либо как ее экватор. Главная ценность гипотезы Сведенборга состояла в том, что упорядоченность звезд, по-видимому, впервые связывалась в ней с какой-то физической причиной. Млечный Путь впервые определялся как существующая динамическая система звезд, удерживаемых вместе физическими силами.

На основе системного представления о структуре мироздания Сведенборг попытался нарисовать универсальную картину природы, в которой объекты разных масштабов объединялись в общую цепь. Она охватывала объекты всех масштабов от мельчайших частиц до грандиозных космических систем. Сведенборг, по-видимому, первым высказал идею космической иерархии существования сложных систем высших порядков, элементами которых являются целые млечные пути, и т.д.

Идея реальной упорядоченности звезд была в эти же годы (1729 г., 1734 г.) высказана Т. Райтом, однако, на совершенно иных, теологических основаниях, и лишь к 1750 году оформилась в гравитационную (опирающуюся на ньютонову физику) концепцию островных вселенных. Позднее эту идею развили Кант (1755 г.) и независимо Ламберт (1761 г.), который первым и разработал ее более детально.

Глава 3-9-3

Жорж Луи Леклерк де Бюффон

Жорж-Луи Леклерк, граф де Бюффон (7 сентября 1707 — 16 апреля 1788 гг.) — французский натуралист, биолог, математик, естествоиспытатель и писатель XVIII века. Высказал идею о единстве растительного и животного мира.



Рис.. Жорж Луи Леклерк де Бюффон

Его отец, Бенжамен Леклерк, был советником парламента в Дижоне. Де Бюффон получил хорошее образование, после чего объехал с молодым герцогом Кингстоном Францию и Италию. В Англии он перевёл «Метод флюксий» Ньютона и «Статистику растений» Гейлса. Эти переводы и несколько самостоятельных статей математического содержания стали основанием для назначения его в 1733 году членом Академии наук.

Де Бюффон стал родоначальником идеи естественного возникновения и развития в рамках ньютоновской физической картины мира всей Солнечной системы. Все наблюдаемые явления и, главное, их изменения, начиная с самого возникновения Земли и планет, Бюффон пытался объяснить действием естественных причин в рамках гравитационной картины мира.

Свою космогоническую гипотезу он создал, объединив ряд независимых идей: о возможности столкновения кометы с Солнцем (идея Ньютона), идею косоугольного удара для объяснения вращения (Уистон), мысль Мопертюи, что сплюснутая форма маленьких туманностей объясняется их быстрым вращением, наконец, восхитившую его гипотезу Г. Лейбница (1646—1716 гг.) о том, что Земля, обладающая внутренним теплом, ранее могла быть самосветящимся телом вроде звезды, однако, со временем ее поверхность остыла. (Эту гипотезу Лейбниц высказал в 1683 г. и подробнее развил в своей книге «Протогея», опубликованной лишь в 1748 г.).

Де Бюффон развил умозрительную идею Лейбница, допустив, что планеты образовались из струи раскаленного вещества, выбитого из Солнца при скользящем ударе кометы. Остывая, струя, по мысли Бюффона, разбилась на отдельные фрагменты, которые сжимались, вращаясь, и образовали сжатые у полюсов планеты, в том числе и Землю (сплюснутость которой была доказана). Гипотеза Бюффона была опубликована в 1749 году в трактате «История и теория Земли».

Таким образом, впервые рука Бога (без вмешательства которой до этого не мыслилось ни возникновение небесных тел, ни их удивительное тангенциальное движение, для появления которого и Ньютон, и Л. Эйлер допускали «божественный толчок») была заменена естественной причиной — кометой. Во времена Бюффона эта идея показалась настолько крамольной, что церковь заставила автора письменно отречься от нее. В 1778 году трактат был опубликован вторично. С тех пор идея о том, что планетная система возникла и сформировалась под действием естественных сил, стала общепринятой.

Глава 3-9-4

«Теория неба» Иммануила Канта

В 1755 году молодой немецкий философ Иммануил Кант создал первую универсальную космолого-космогоническую гравитационную концепцию, эволюционирующей Вселенной («Всеобщая естественная история и теория неба», 1755 г.).



Рис. Иммануил Кант

Наиболее широко известна ее вторая, космогоническая часть под неточным названием «небулярной (т.е. газовой)» космогонической гипотезы Канта, тогда как она была скорее «метеорной», пылевой. Гипотеза зародилась под влиянием гипотезы Райта. В названии сочинения видно влияние Бюффона. Концепция Канта

противопоставлялась теологическим целям Райта. Из конкретных построений Райта Кант намеревался «развить плодотворные выводы» на чисто механической основе, отрицая равно и начальный божественный толчок, допускаясь Ньютоном. Вместе с тем именно у Райта Кант почерпнул его гениальную идею о возможности существования и других упорядоченных тяготением звездных систем — вселенных под видом наблюдаемых туманностей.

В итоге Кант построил несравненно более четкую концепцию «системного устройства» Вселенной, обогатив картину ее островной структуры новой идеей — иерархией систем. Он представлял Вселенную бесконечной, но в особом эволюционном смысле, который он уточнил в космогонической части своей теории. Космологическому аспекту гипотезы посвящена небольшая (16 страниц) первая часть.

Как естественное следствие наблюдаемых фактов и закона всемирного тяготения звучат выводы Канта о существовании двойных звезд, о вероятном открытии в будущем планет за Сатурном, о пропорциональном, космогонически обоснованном увеличении взаимных расстояний планет с удалением их от Солнца.

За рассмотрение космогонической проблемы Кант взялся, не согласившись с выводами Ньютона о необходимости божественного «первого толчка» для возникновения орбитального движения планет (для чего им необходимо было сообщить тангенциальную скорость). Кант поставил цель — найти естественную причину возникновения такого движения. Он впервые, пожалуй, дополнил идею силы тяготения еще и силой отталкивания, но ошибочно полагал, что в результате сочетания тяготения и отталкивания может возникнуть тангенциальное движение, которое обеспечивает вращение космических систем и орбитальное движение тел в них. Кроме того, Кант распространил на космическое пространство действие силы химического соединения частиц, в результате чего, по его мнению, и создавались начальные неоднородности в распределении

плотности материи — центры преимущественного тяготения.

Выдвинув намного более широкую идею общей эволюции Космоса, Кант детально развил только планетную космогоническую гипотезу, включавшую гипотезу о возникновении и самой центральной звезды в системе — Солнца.

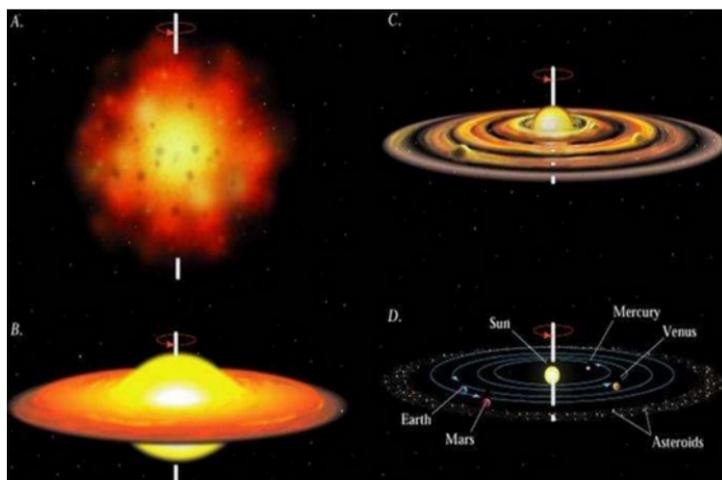


Рис. Гипотеза Канта

Таким образом, гипотеза Канта содержала не только восходящую к древности идею предельно примитивного разреженного первичного состояния материи, но и ряд новых глубоких мыслей. Одна из них — о зависимости обилия частиц в Космосе от их веса. Другая — о возникновении первичных случайных флуктуаций плотности в начальной среде под действием негравитационных сил (по Канту, внутренних «связей», иначе химических сил) и о необходимости достижения при этом «критической» массы для начала устойчивого процесса сгущения. В описании дальнейшей эволюции планетных тел и их систем Кант учитывал действие теплоты. Многие его заключения об этих сторонах космогонического процесса поражают глубиной. Таковы,

например, его утверждения о возможности разогрева недр холодной планеты за счет «смешения» веществ или о том, что Солнце (как и другие звезды) является активным, «пылающим» источником тепла, может затухать при недостатке «горючего» и вновь разгораться при его поступлении. Кант допускал также важную роль отталкивательного действия солнечных лучей в Солнечной системе и ее эволюции.

Были у Канта и другие поразительно верные заключения, забытые в истории астрономии. Так, он сделал вывод о «метеоритном» по существу составе кольца Сатурна (у Райта был лишь намек на это). Кант отмечал, что образования типа кольца Сатурна могут быть и у других планет, поскольку считал эти образования следствием космогонического процесса. Он высказал правильное суждение о природе зодиакального света, об отсутствии принципиальных различий планет и комет, допуская, что при некоторых условиях Солнце могло бы своим воздействием создать хвост и у Земли, подобно кометному. Хорошо известный изъян космогонии Канта — представление о самопроизвольном возникновении вращения изолированной системы, что противоречило закону сохранения вращательного момента, — не имел принципиального значения для последующих частей его гипотезы. В дальнейшем космогонисты рассматривали первичную туманность уже вращающейся.

Содержание третьей части сочинения Канта в целом совершенно необычно для XVIII в. и представляет собой первый научный анализ проблемы жизни во Вселенной. Кант указывал на возможность различного типа эволюции планет и допускал, что на иных из них жизнь еще может возникнуть в будущем (на Венере, Юпитере). В противоположность распространенным тогда, хотя и мало чем обоснованным представлениям о всеобщей заселенности Космоса (вплоть до комет, звезд и самого Солнца), Кант здраво утверждал, что во Вселенной даже далеко не все планеты должны быть обитаемы.

В целом Кант построил свою концепцию бесконечного развития бесконечной иерархической Вселенной. Оно

рисовалось ему как имевший начало, но не имеющий конца процесс постепенного образования все новых космических систем на все более далеких расстояниях от центра Вселенной, где этот процесс начался. Звездная Вселенная, по Канту, непрерывно увеличивается и по объему, и по массе в результате возникновения новых систем из некоей первичной диффузной газопылевой материи. И поскольку акт божественного творения материи (единственное, что Кант сохранял за Богом) он отодвигал в далекое прошлое, то Вселенная, заполненная диффузной материей, представлялась ему бесконечной в пространстве и во времени, а бесконечность иерархических систем находилась как бы в становлении.

Вместе с тем гипотеза Канта предполагала, что начиная от центральных (по Канту, наиболее старых) областей Вселенной, где, по его мнению, располагается и наша Солнечная система, космические объекты всех масштабов постепенно разрушаются и гибнут. Таким образом, окраины Вселенной в теории Канта оказываются более молодыми. Он считал, что на месте погибших систем рождаются новые: на потухшие солнца, например, падают замедлившиеся планеты и кометы, вновь разжигают их, окружающая материя от жара снова распадается на элементы, и процесс формирования системы планет проходит новый цикл при достаточном остывании центрального светила. Так без конца, согласно Канту, волнами от центра в бесконечность идет эволюция космической материи. Эта концепция, по существу, содержит и общепризнанную в современной науке идею сосуществования космических систем разных поколений.

Формированием этой новой, эволюционной астрономической картины мира Кант вполне оправдал свои же пророческие и программные для дальнейшего изучения Вселенной слова: «Тот, кто рассматривает различные области природы целенаправленно и планомерно, открывает такие свойства, которые остаются незамеченными и скрытыми, когда наблюдения ведутся беспорядочно и бессистемно».

Глава 3-9-5

Иммануил Кант

Иммануил Кант (22 апреля 1724 года — 12 февраля 1804 года) — немецкий философ, родоначальник немецкой классической философии, стоящий на грани эпох Просвещения и романтизма.

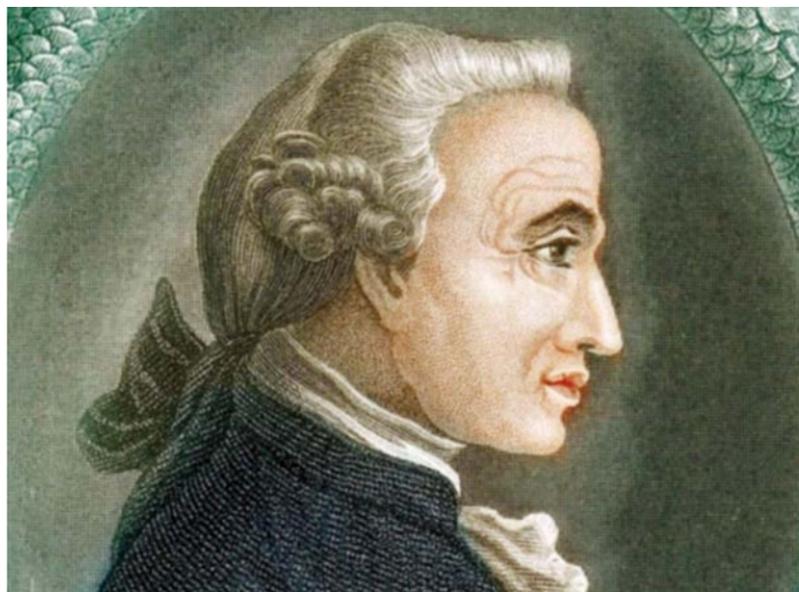


Рис. Иммануил Кант

Родился в небогатой семье ремесленника-сёдельщика. Иммануил с самого детства отличался слабым здоровьем. Его мать старалась дать сыну максимально качественное образование. Она поощряла в сыне любознательность и фантазию. До конца жизни Кант вспоминал о матери с

большой любовью и благодарностью. Отец же воспитал в сыне любовь к труду. Под попечением доктора теологии Ф. А. Шульца, заметившего в нём одарённость, окончил престижную гимназию «Фридрихс-Коллегиум», а затем в 1740 году поступил в Кёнигсбергский университет. Там было 4 факультета — теологический, юридический, медицинский и философский. Неизвестно точно, какой факультет выбрал Кант. Сведений об этом не сохранилось. Интерес к философии у Канта проснулся благодаря профессору Мартину Кнутцену. Кнутцен был пиетистом и вольфианцем, увлечённым английским естествознанием. Именно он вдохновил Канта на написание работы по физике.

Эту работу Кант начал на четвёртом году учёбы. Она шла медленно. У молодого Канта было мало знаний и навыков. Он был беден и подрабатывал, давая уроки. Есть сведения, что большую часть расходов по опубликованию дебютной работы Канта — «Мысли об истинной оценке живых сил» взял на себя родственник по материнской линии, дядя Рихтер. Кант писал её 3 года и 4 года печатал. Работа была полностью допечатана лишь в 1749 году. Работа Канта вызвала различные отклики; среди них было немало критики.

Из-за смерти отца завершить учёбу ему не удаётся и, чтобы прокормить семью, он на десять лет становится домашним учителем в Юдшене. Именно в это время, в 1747—1755 годы, он разработал и опубликовал свою космогоническую гипотезу происхождения Солнечной системы из первоначальной туманности.

В 1755 году Кант защищает диссертацию и получает докторскую степень, что даёт ему право преподавать в университете. Для него наступил сорокалетний период преподавательской деятельности.

Во время Семилетней войны с 1758 по 1762 год Кёнигсберг находился под юрисдикцией российского правительства. Этот период был наименее продуктивным в творчестве Канта. Он интенсивно занимался частными уроками: преподавал даже фортификацию и пиротехнику.

С 1770 года принято вести отсчёт «критического» периода в творчестве Канта. В этом году в возрасте 46 лет он был назначен профессором логики и метафизики Кёнигсбергского университета, где до 1797 года преподавал обширный цикл дисциплин: философских, математических, физических.

В письме К. Ф. Штойдлину от 4 мая 1793 года Кант рассказал о целях своей работы:

«Давно задуманный план относительно того, как нужно обработать поле чистой философии, состоял в решении трёх задач:

- что я могу знать? (метафизика);
- что я должен делать? (мораль);
- на что я смею надеяться? (религия);

наконец, за этим должна была последовать четвёртая задача — что такое человек? (антропология, лекции по которой я читаю в течение более чем двадцати лет)».

В этот период Кантом написаны фундаментальные философские работы, принёсшие учёному репутацию одного из выдающихся мыслителей XVIII века и оказавшие огромное влияние на дальнейшее развитие мировой философской мысли:

- «Критика чистого разума» (1781 г.) — гносеология (эпистемология);
- «Критика практического разума» (1788 г.) — этика;
- «Критика способности суждения» (1790 г.) — эстетика.

Будучи слаб здоровьем, Кант подчинил свою жизнь жёсткому режиму, что позволило ему пережить всех своих друзей. Его точность следования распорядку стала притчей во языцех даже среди пунктуальных немцев и вызвала к жизни немало поговорок и анекдотов. Женат он не был. Говорил, что когда он хотел иметь жену, не мог её содержать, а когда уже мог — то не хотел. Впрочем, женоненавистником также не был, охотно беседовал с женщинами, был приятным светским собеседником. В старости за ним ухаживала одна из сестёр.

Глава 3-9-6

Руджер Иосип Бошкович

Руджер Иосип Бошкович (18.05.1711 — 13.02.1787) — хорватский учёный (физик, математик, астроном), священник-иезуит.

Создал оригинальную атомистическую теорию (атом как центр силы), оказавшую большое влияние на развитие физики, в частности, на формирование у Фарадея концепции физического поля. Иностраннный член Петербургской академии наук (1760 год). Гейзенберг назвал его «хорватским Лейбницем».

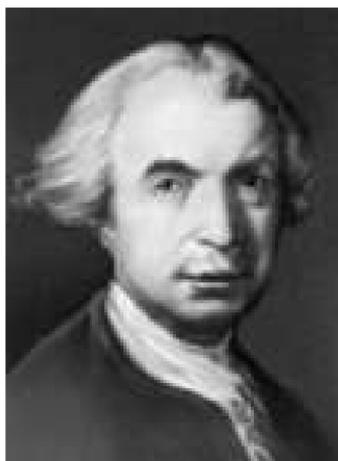


Рис. Руджер Иосип Бошкович

Начальное обучение получил в городской коллегии под руководством иезуитов. В 1728 году стал членом Римской коллегии. В 1740 году был принят в Орден иезуитов и начал преподавать в Римской коллегии математику. В 1744 окончил курс богословия и был рукоположен в священники.

В 1764 году получил место профессора оптики и астрономии в Миланском университете и принял участие в строительстве Брерской обсерватории, которой руководил вместе с Жозефом Лагранжем. В 1772 году был вынужден отказаться от места в обсерватории и в университете, и в течение двух лет не мог найти нового места работы. Его трудности усугубились роспуском Общества иезуитов в 1773 году.

В 1774 году его пригласили в Париж на должность директора по оптике Военно-морского министерства. Однако разногласия с Лапласом вынудили его вернуться в Милан, где он занимался изданием своих трудов по оптике и астрономии.

Астрономия

Бошкович опубликовал работы о методах определения вращения Солнца по трем наблюдениям одного пятна (1736); о проблеме прохождения Меркурия по диску Солнца и связанных с нею задачах сферической тригонометрии (1737); о полярных сияниях (1738); о новом микрометре для определения взаимного положения двух звёзд (1739); о годичной аберрации звёзд, об определении точности астрономических наблюдений (1742); о природе комет и методе определения эллиптической орбиты (1749); о взаимных возмущениях Юпитера и Сатурна (1756). Он показал отсутствие на Луне атмосферы[10], а также верно определил, что открытый Уильямом Гершелем Уран является планетой.

Бошкович занимался измерениями формы и размеров Земли стало создание новой дисциплины — геодезии. Он показал, что форма Земли отлична от эллипсоида вращения и предложил термин геоид, который используется до сих пор.

Занимался также совершенствованием объективов телескопов, созданием оптических инструментов.

Главный труд Бошковича: «Теория натуральной философии, приведенная к единому закону сил, существующих в природе» (1758 г).

Бошкович предложил вариант динамического синтеза теории всемирного тяготения Ньютона со взглядами Лейбница. Согласно Бошковичу, материя состоит из не обладающих протяженностью атомов-точек, являющихся центрами сил, подчиненных универсальному закону. На малых расстояниях между атомами эти силы действуют как отталкивающие, не позволяя атомам совпасть (поэтому материальные тела обладают протяженностью). На больших расстояниях эти силы описываются законом всемирного тяготения Ньютона. В промежуточной области силы могут быть как отталкивающими, так и притягивающими, меняя своё направление несколько раз по мере изменения расстояния между атомами.

В соответствии с различным характером изменения силы в зависимости от расстояния, Бошкович смог количественно и качественно объяснить такие свойства материи, как твёрдость, плотность, тяжесть, сцепление, химические взаимодействия, оптические явления.

Теория Бошковича не была понята и принята его современниками. Спустя сто лет она оказала влияние на учение Фарадея о силовых полях. Ещё больше опередило своё время предположение Бошковича о том, что атомы отнюдь не «неделимы», а состоят из ещё меньших частиц.

Бошкович не признает абсолютных пространства и времени и объясняет тяготение в отличие от Ньютона, связывавшего тяготение с природой в первую очередь самого пространства, природой атомов как «центров силы», вступающих между собой во взаимодействие.

В понимании пространства, времени и движения Бошкович предвосхитил некоторые идеи теории относительности, в его атомистике содержались в зародыше идея связи между частицами материи и ее движением. Указывал на возможность существования геометрии, отличной от евклидовой.

Первая экзотическая идея взаимопроникающих вселенных, неощутимых друг для друга.

Глава 3-9-7

«Космологические письма» И. Ламберта

Грандиозную работу по обобщению космологических фактов в науке нового времени совершил независимо от Канта выдающийся немецкий ученый-энциклопедист Иоганн Генрих Ламберт (1728 — 1777 гг.) (см. главу xxx). В историю науки он вошел прежде всего как физик и астроном — автор двух фундаментальных, тесно связанных между собой трудов. В первом из них («Фотометрия», 1760 год) он разработал теоретические, физические основы одного из главных методов наблюдательной астрономии — фотометрии. В области астрономии он занимался также проблемами движения отдельных небесных тел и структуры Вселенной в целом, разрабатывал количественные методы наблюдательной астрономии и всюду стремился ввести строгие методы исследования.

Но вершиной творчества Ламберта стали его «Космологические письма об устройстве мироздания» (1761 г.). Над проблемами космологии он начал работать в 1749 году. В «Фотометрии» в главе «О блеске неподвижных звезд и их расстояниях» он представил Млечный Путь как эклиптику звезд, обращающихся вокруг некоторого общего центра (сходную идею раньше высказывал Райт). В «Космологических письмах» Ламберт дает наиболее полную, по сравнению со своими предшественниками, и вместе с тем в большей степени связанную с наблюдениями картину иерархической звездной Вселенной. Он утверждал существование в ней систем трех порядков:

- 1) планета со спутниками;
- 2) Солнце (равно как и другие звезды) с планетами;
- 3) Млечный Путь и другие подобные ему скопления звезд, видимые как туманности из-за колоссальных расстояний до них.

Кроме того, обратив внимание на крайнюю видимую неоднородность яркости полосы Млечного Пути, Ламберт выделил еще и промежуточную систему между системами второго и третьего порядков — большие звездные сгущения в самом Млечном Пути. Одной из таких промежуточных систем он считал все видимые с Земли звезды вместе с Солнцем.

Системы всех порядков Ламберт считал находящимися в непрерывном движении — каждая вокруг своего центра тяжести. Он первым допустил существование «пустых», геометрических центров вращения систем, однако, склонялся более к идее «центральных солнц».

Возможно, Ламберт был первым ученым, считавшим, что Млечный Путь представляет собой плоскую звездную систему. В 1765 году Ламберт в письме Иммануилу Канту вспоминал, что эта идея пришла к нему в 1749 году, когда, «вопреки привычке, после ужина я прошел в свою комнату и стал смотреть на звезды, в особенности — на Млечный Путь». В «Космологических письмах...» он пишет:

«Я удивлялся множеству маленьких звезд в этой дуге (Млечном Пути)... Я думал, что эти звезды не могут быть такими близкими друг к другу, чтобы почти соприкоснуться. Они должны быть расположены друг за другом, и звездный ряд, уходящий вглубь Млечного Пути, должен быть гораздо длиннее, чем ряд вне него. Если бы ряды проникали одинаково глубоко в разных направлениях, то все небо было бы таким же ярким, как Млечный Путь. Но вне Млечного Пути я вижу почти полностью пустые области. В итоге расположение неподвижных звезд не сферическое, а плоское, даже очень плоское».

Ламберт представил Галактику как вращающуюся плоскую звездную систему и предположил, что массивный центр этой системы находится в туманности Ориона. Сегодня мы знаем, что ее центр расположен в совершенно другом направлении — в созвездии Стрельца, причем, как

и предполагал Райт, этот центр не виден не только невооруженным глазом, но даже с помощью оптического телескопа.



Рис. Диск Млечного Пути

Многие научные прогнозы Ламберта подтвердились уже в ближайшие десятилетия: открытие тысяч (!) новых туманностей (которые сначала были интерпретированы как далекие «млечные пути», что для подавляющего их большинства было верным); открытие собственного движения Солнца; двойных и кратных звезд (Ламберту принадлежит введение самого термина «двойная звезда»). Другие прогнозы Ламберта опередили эпоху на век или даже на два. Его утверждение, что по небольшим возмущениям в движении небесного тела можно обнаружить другое массивное, но невидимое тело, блестяще подтвердилось в следующем столетии (спутники Сириуса и Прокциона, Нептун). Наконец, указание Ламберта на возможность существования сверхплотных космических тел неожиданно нашло подтверждение с открытием белых карликов, а позднее и нейтронных звезд. Эти же соображения Ламберта подвели к идее «черной дыры», которая в ньютоновском варианте и была выдвинута в конце XVIII в. сначала английским математиком и астрономом Дж. Мичелом (1784 г.), а затем независимо П.С. Лапласом (1796 г.).

Глава 3-9-8

Космогоническая гипотеза Лапласа

Успехи ньютоновской механики и особенно теории тяготения, на основе которой оказалось возможным объяснить сложные движения тел Солнечной системы, привлекли внимание Лапласа к проблеме ее происхождения. В 1796 году появилось его сочинение «Изложение системы мира», в котором он изложил свою версию небулярной гипотезы.

Частично небулярная гипотеза была предложена в 1734 году Эммануилом Сведенборгом. Иммануил Кант, знакомый с работой Сведенборга, развил теорию к 1755 году и опубликовал во «Всеобщей естественной истории и теории неба», в которой он рассуждал о туманностях, которые, медленно вращаясь, постепенно сжимались и сглаживались под действием гравитации, постепенно формируя звезды и планеты.

Лаплас применил небулярную теорию для объяснения возникновения Солнечной системы и рассмотрел возможный путь образования — под действием силы всемирного тяготения — системы планет и спутников из первоначальной горячей разреженной туманности, вращавшейся вместе с сформировавшимся в ее центре Солнцем и составлявшей как бы его атмосферу. При ее охлаждении и сжатии от нее постепенно отслаивались в экваториальной плоскости газовые кольца. Отслаивание кольца происходило в тот момент, когда растущая при сжатии туманности центробежная сила на внешнем краю уравновешивала силу тяготения. В то время как основная часть туманности продолжала сжиматься и формировать новые кольца, в каждом из них вещество стягивалось к случайной наиболее плотной части, образуя планету. Аналогично представлялось возникновение спутников.

Допущение Канта о самопроизвольном возникновении вращения в изолированной массе было Лапласом

исправлено. Он предположил, что протопланетная туманность вращалась изначально.

Лаплас писал, что, хотя он пришел к такой идее самостоятельно, существенным подкреплением ее стали для него выводы Гершеля о сгущении туманности в звезды, опиравшиеся на обширные наблюдения рядов туманностей с яркими ядрами и различной концентрацией света к центру.



Рис. Космогоническая гипотеза Лапласа

В XIX веке планетарные гипотезы Канта и Лапласа объединялись в одну «небулярную гипотезу Канта — Лапласа». Между тем они существенно различаются предполагаемым первоначальным состоянием вещества протопланетной туманности. У Канта это пыль, из которой к тому же на первой стадии процесса образуются в результате слипания (или химического соединения) и дальнейшей аккреции тела промежуточной массы, — то, что позднее стали называть планетезималями (букв. — маленькая планетка). У Лапласа же вся туманность чисто газовая и к тому же горячая. По сути, именно объединение обеих идей в идею туманности из газа и пыли оказывается плодотворным.

Главные идеи, лежавшие в основе первых эволюционных космогонических гипотез Канта, Гершеля и Лапласа, выдержали испытание временем. В первую очередь — это идея постепенного качественного изменения, эволюции космической материи и главной роли в этом процессе сил гравитации. Неудивительно, что гипотеза в дальнейшем неоднократно дорабатывалась.

Сочинение «Изложение системы мира» при жизни Лапласа выдержало шесть изданий (последнее было напечатано уже после его кончины).

Сличение разных текстов его гипотезы по разным изданиям позволяет проследить развитие идей Лапласа, его реакцию на новые открытия и переоценку им некоторых своих умозаключений.

В двух первых изданиях космогоническая гипотеза содержится в конце последней главы пятой книги. В третьем издании (1808 г.) изложение гипотезы расширено. В четвертом издании (1813 г.) гипотеза изложена еще подробнее, но также в основном тексте. Только в пятом издании (1824 г.) Лаплас выделил космогоническую гипотезу в отдельное примечание. Этот перенос дал повод подозревать автора в недоверии к своей гипотезе. Но Лаплас во всех изданиях говорил о том, что он излагает свою гипотезу «с сомнением, которое должно вызывать все, что не является результатом наблюдения и вычисления». Переноса свою гипотезу в примечание, Лаплас перед этим вставил слова: «...я изложу одну гипотезу, которая, как мне кажется, весьма правдоподобно вытекает из упомянутых выше явлений...».

С течением времени он не только не стал сомневаться в верности своей гипотезы, но аргументировал ее дополнительно в изданиях (1813, 1824, 1826 гг.), добавив:

«Таким образом, странные явления малого эксцентриситета орбит планет и спутников, малого наклона этих орбит к плоскости солнечного экватора, одинаковость направлений вращения и обращения всех этих тел и Солнца вытекают из предлагаемой нами гипотезы и придают ей большую вероятность...».

В шестом издании Лаплас добавил еще: «Так как согласно этой гипотезе, все тела, обращающиеся вокруг планеты, были образованы зонами, которые последовательно покидала ее атмосфера, ее вращение становилось быстрее, а время ее оборота уменьшалось, становясь меньше, чем у этих тел, подобно тому, как это имеет место у Солнца по сравнению с планетами. Все это подтверждается наблюдениями В. Гершеля».

Хронология астрономических событий XIII века

1701 — первое крупномасштабное исследование земного магнетизма (Галлей, «Генеральная карта вариаций (склонений) компаса»),

1701.14.I — открытие, первого в России учебного заведения с преподаванием астрономии (Навигацкая школа).

1705 — установление периодичности комет и прогнозирование возвращения кометы 1682 года в 1758 г. на основе ньютоновской гравитационной теории. (Э. Галлей).

1714 — первая научно обоснованная гипотеза о космической природе болидов (Галлей).

1715 — первая работа о «туманных пятнах» с выводом об их громадных размерах (Галлей).

1717 — наиболее ранняя идея возможности столкновения кометы с Солнцем (В. Уистон, «Астрономические принципы религии»).

1718 — открытие собственных движений звезд (у Сириуса, Альдебарана и Арктура, — Галлей).

1727 — открытие абберации света с оценкой постоянной абберации в 20,25", учет которой повышал нижнюю границу межзвездных расстояний до 1,6 св. года (Дж. Брайлей, опубл. в 1729 г.).

1729 — опубликование космолого-космогонической концепции Сведенборга: вихревая гипотеза возникновения Солнечной системы, идея структурности звездной Вселенной.

1731 — выход соч. Ньютона «Система мира» с описанием идеи искусственного спутника Земли; изобретение октанта (для измерения высоты светила с корабля) (Дж. Гадлей, Англия).

1733 — В. Дерхэм, «Наблюдения среди неподвижных звезд явлений, называемых туманными звездами» (с первым каталогом 16 туманностей и описанием шести галлеевых, одна из которых впервые отождествлялась при этом со звездным скоплением; впервые отмечена овальная форма некоторых млечных туманностей).

1734 — первая космологическая работа Т. Райта.

1735—1743 — экспедиции Парижской академии наук для измерения длины градуса в Перу и Лапландию, доказавшие сплюснутость Земли у полюсов (подтверждение теории Ньютона).

1742 — вывод о вращении млечных туманностей, принятых за единичные тела (П. де Мопертюи).

1743 — А. Клеро, «Теория фигуры Земли».

1744 — формулировка фотометрического парадокса и гипотеза о поглощении света в мировом пространстве для снятия его (Ж. Шезо).

1747 — теоретическое обоснование возможности ахроматических объектов (отрицавшихся Ньютоном) (Л. Эйлер).

1748 — сообщение Брадлея об открытии им нутации (впервые замеченной им в 1727), учет которой повышал верхнюю границу звездных параллаксов до 0,5" (межзвездное расстояние 6,5 св. лет).

1749 — первая катастрофическая космогоническая планетарная гипотеза (Ж. Бюффон, «История и теория Земли»); теория прецессии и нутации (Ж. Д'Аламбер).

1750 — Т. Райт, «Оригинальная теория, или новая гипотеза Вселенной» (островной, гравитационной).

1752 — лунные таблицы Т. Майера (точность 1').

1755 — И. Кант, «Всеобщая естественная история и теория неба» (концепция иерархической, развивающейся гравитационной Вселенной; космогоническая метеоритная планетная гипотеза); издание высокоточного звездного каталога Дж. Брадлея (3268 звезд).

1757 — первое определение масс планет, не имеющих спутников (Клеро); создание первого ахроматического (трехлинзового) объектива (Дж. Доллонд).

1757 — идея воздушной подушки при взаимодействии (столкновении) кометы с атмосферой Земли (Ф. Эпинус, Россия).

1758 — идея единого закона сил и структурной бесконечности Вселенной (Р. Бошкович, «Теория натуральной философии, приведенная к единому закону сил, существующих в природе» с концепцией динамического атомизма, первый в истории вывод о возможности сжатия и расширения Вселенной без изменения физических явлений в ней).

1758 — первое предвычисление, с учетом возмущений от планет, предсказанного Галлеем возвращения кометы (Ж. Лаланд, А. Клеро, мадам Лепот).

1758.12.IX — независимое открытие Ш. Мессье Крабовидной туманности (впервые ее наблюдал в 1731 г. Бэвис, Англия).

1760 — разработка теоретических основ фотометрии и первая весьма точная оценка межзвездных расстояний: ок. 8 св. лет до Сириуса (Ламберт).

1761.24.VI — открытие атмосферы на Венере (М.В. Ломоносов).

1761 — Ламберт «Космологические письма» (концепция структурной иерархической Вселенной с неподвижным общим ее центром и выделением в наблюдаемой Вселенной систем трех порядков сложности).

1763 — первый большой каталог южных звезд (10 тыс., Н. Лакайль).

1764 — 1771 — уточнение значения параллакса Солнца (8,67"), по наблюдениям Венеры в 1761 и 1769 гг. (С.Я. Румовский).

1766 — установление правила планетных расстояний (И. Тициус, с 1722 г. известно как «закон Тициуса — Боде»).

1770 — «Рассуждение о строении мира» (анонимное соч. Ф. Эпинуса с идеей ледяного ядра комет и гипотезой о поддержании энергии Солнца за счет падения на него комет как «топлива»).

1771 — список туманностей Мессье (103 объекта); обнаружение сибирской экспедицией П.С. Палласа загадочной «железной» массы, с разгадки природы которой ведет начало наука метеоритика.

1773 — 1787 — доказательство на основе теории Ньютона устойчивости Солнечной системы: периодического характера «большого неравенства» Юпитера и Сатурна, «векового» ускорения Луны и всех

других мыслимых изменений параметров системы, вызываемых взаимными возмущениями ее членов; точное вычисление сжатия Земли (Лаплас).

1774 — первое экспериментальное определение средней плотности Земли ($4,71 \text{ г/см}^3$, — по уклонению отвеса близ горы. — Н. Маскелин, Англия).

1775 — начало систематических обзоров неба В. Гершелем.

1781.13.III — открытие Урана (В. Гершель).

1781 — первая вулканическая теория лунных цирков и продолжающейся вулканической активности Луны (Ф. Эпинус, Россия; Г.К. Лихтенберг, Германия).

1783 — открытие движения Солнца от-«осительно соседних звезд к λ Геркулеса (В. Гершель).

1783 — идея «черной дыры» (Дж. Мичел, Англия; в 1796 г. независимо — Лаплас).

1784 — открытие тенденции туманностей к сгущиванию в скопления и «пласты», первое выделение экваториальной зоны Местного сверхскопления («Пласт Волос Вероники») (В. Гершель).

1784 — разгадка затменной природы переменности Алголя (Дж. Гудрайк).

1785 — первые оценки (методом звездных «черпков») размеров и формы Млечного Пути как изолированной системы звезд; идея коллапса и взрыва как последнего этапа развития звездного скопления под действием его общей гравитации и растущих взаимных возмущений орбитальных движений звезд в нем (проброобраз регулярных и иррегулярных сил) (В. Гершель).

1786, 1789, 1802 — три каталога туманностей и скоплений (свыше 2,5 тыс., включая 182 двойных и кратных туманности; идея физической и генетической связи между их компонентами. — В. Гершель).

1787—1789 — сооружение крупнейшего тогда в мире рефлектора (длина 12 м, диаметр металлического зеркала 122 см. — В. Гершель).

1787 — открытие первых двух спутников у Урана (В. Гершель).

1789 — первая полная динамическая теория спутников Юпитера (Лаплас).

1790 — измерение периода вращения Сатурна и его колец (В. Гершель).

1791 — разделение млечных туманностей на истинные (из диффузной материи) и ложные (далекие звездные системы) и развитие (1789—1811) звездно-космогонической гипотезы продолжающегося звездообразования (в том числе группового) путем гравитационного сжатия диффузной материи (В. Гершель).

1794 — космическая теория метеоритов (Э. Хладни).

1795 — идея лунно-вулканического происхождения метеоритов (Ольберс).

1796 — небулярная космогоническая планетарная гипотеза Лапласа («Изложение системы мира», в последующих изданиях дополнена на основании наблюдений и звездно-космогонической гипотезы В. Гершеля).

1796 — 1822 — шесть фотометрических каталогов В. Гершеля (ок. 3 тыс. звезд, точность 0,1m).

1797 — открытие первых обратных движений в Солнечной системе (Оберон, Титания) (В. Гершель); разработка метода вычисления кометных орбит (Ольберс).

1798 — первое лабораторное определение средней плотности Земли ($5,448 \text{ г/см}^3$), подтверждение закона тяготения Ньютона и определение величины гравитационной постоянной (Г. Кавендиш, Англия); начало исследований Г. Брандесом и И. Бенценбергом природы метеоров.

1798 — 1825 — пятитомный «Трактат о небесной механике» Лапласа — завершение создания основ классической небесной механики.

1798 — открытие одной из отличительных структурных черт — хондр — в каменных метеоритах (Дж.Л. Вильямс, Индия).

1800 — открытие ИК-излучения (в спектре Солнца) (В. Гершель).

Литература по истории астрономии

1. В.Г. Горбацкий, **Лекции по истории астрономии**, Издательство Санкт-Петербургского университета, 2002
2. **Программа кандидатского экзамена по дисциплине «История и методология астрономии»**, разработанная Институтом истории естествознания и техники (ИИЕиТ) РАН им. С.И. Вавилова и Государственным астрономическим институтом им П.К. Штернберга (ГАИШ) МГУ
3. А. Паннекук. **История астрономии** / Перевод Н.И. Невской, Наука, Москва, 1966
4. Берри, Артур. **Краткая история астрономии**, 1904
5. А. И. Еремеева, Ф. А. Цицин. **История астрономии**. Учебник. МГУ. 1989.
6. Агнесса Кларк. **Общедоступная история астрономии в XIX столетии**, 1913
7. Струве Отто, Зебергс В. **Астрономия XX века**, Мир, 1968
8. Колчинский И.Г., Корсунь А.А., Родригес М.Г. **Астрономы: Биографический справочник**. — 2-е изд., перераб. и доп. — Киев: Наукова думка, 1986.
9. Википедия