

Владимир Моисеев

Краткая история астрономии



Том 5

Астрономические дисциплины XIX века

Аннотация

В 5 томе «Краткой истории астрономии» будет рассказано о появлении и развитии новых астрономических дисциплин в XIX веке. Астрометрия, фотометрия (визуальная и фотографическая), спектрография (спектральные классификации и принцип Доплера), астрофотография. Новые направления изучения Вселенной определили дальнейшее развитие астрономии.

Содержание

Часть 5-1. Астрометрия

Глава 5-1-1 (том-часть-глава).

Фундаментальная астрометрия

Глава 5-1-2. Фридрих Вильгельм Бессель

Глава 5-1-3. Теория ошибок наблюдения

Глава 5-1-4. Годичный звёздный параллакс

Глава 5-1-5. Первые удачные определения годичного звёздного параллакса

Глава 5-1-6. Василий Яковлевич Струве

Глава 5-1-7. Томас Джеймс Хендерсон

Глава 5-1-8. Фридрих Вильгельм Август Аргеландер

Глава 5-1-9. «Боннское обозрение»

Глава 5-1-10. Эдуард Шёнфельд

Глава 5-1-11. Гринвичский меридиан

Часть 5-2. Визуальная фотометрия. XIX век

Глава 5-2-1 (том-часть-глава). Измерение блеска звезд

Глава 5-2-2. Иоганн Карл Фридрих Цёлльнер

Глава 5-2-3. Филипп Людвиг фон Зейдель

Глава 5-2-4. Призма Николя

Глава 5-2-5. Эдуард Чарлз Пикеринг

Глава 5-2-6. Чарльз Притчард

Глава 5-2-7. Иоганн Карл Фридрих Цёлльнер

Часть 5-3. Спектрография

Глава 5-3-1 (том-часть-глава). Первые наблюдения спектров

Глава 5-3-2. Инфракрасное излучение

Глава 5-3-3. Уильям Хайд Волластон и ультрафиолетовое излучение

Глава 5-3-4. Йозеф Фраунгофер

Глава 5-3-5. Фраунгоферовы линии

Глава 5-3-6. Густав Роберт Кирхгоф

Глава 5-3-7. Спектральный анализ

Глава 5-3-8. Сэр Уильям Хёггинс

Часть 5-4. Принцип Доплера. XIX век

Глава 5-4-1 (том-часть-глава). Эффект Доплера

Глава 5-4-2. Экспериментальная проверка эффекта Доплера

Глава 5-4-3. Критика публикации Доплера

Глава 5-4-4. Первые определения лучевых скоростей

Глава 5-4-5. Кристиан Доплер

Глава 5-4-6. Ипполит Физо

Глава 5-4-7. Герман Карл Фогель

Глава 5-4-8. Эдвин Брант Фрост

Глава 5-4-9. Спектрально-двойные звезды

Глава 5-4-10. Антония Каэтана Мори

Глава 5-4-11. Аристарх Аполлонович Белопольский

Часть 5-5. Спектральные классификации

Глава (том-часть-глава) 5-5-1. Анджело Секи

Спектральная классификация Анджело Секи

Глава 5-5-2. Первые теории эволюции звезд

Глава 5-5-3. Артур Шустер

Глава 5-5-4. Сэр Уильям Хёггинс
Глава 5-5-5. Теория звездной эволюции Нормана Локьера
Глава 5-5-6. Джозеф Норман Локьер
Глава 5-5-7. Гарвардская спектральная классификация звезд
Глава 5-5-8. Каталог Генри Дрейпера
Глава 5-5-9. Антония Каэтана Мори
Глава 5-5-10. Энни Джамп Кэннон
Глава 5-5-11. Вильямина Флеминг
Глава 5-5-12. Обнаружение различий в светимости
Объяснение Эйнара Герцшпрунга
Глава 5-5-13. Объяснение Генри Рассела
Глава 5-5-14. Диаграмма Герцшпрунга — Рассела
Глава 5-5-15. Эйнар Герцшпрунг
Глава 5-5-16. Генри Норрис Рассел
Глава 5-5-17. Спектральные параллаксы
Глава 5-5-18. Уолтер Сидни Адамс
Глава 5-5-19. Система классификации МК
Глава 5-5-20. Уильям Уилсон Морган
Глава 5-5-21. Филип Чайлдс Кинан
Глава 5-5-22. Количественные методы спектральной классификации Даниеля Шалонжа,
Глава 5-5-23. Даниель Шалонж
Глава 5-5-24. Количественные методы спектральной классификации Бенгта Стремгрена
Глава 5-5-25. Бенгт Стремгрен

Часть 5-6. Астрофотография

Глава 5-6-1 (том-часть-глава). Изобретение фотографии
Глава 5-6-2. Жозеф Нисефор Ньепс
Глава 5-6-3. Луи Жак Манде Дагер
Глава 5-6-4. Уильям Генри Фокс Тальбот
Глава 5-6-5. Джон Гершель и фотография
Глава 5-6-6. Первые дагерротипы Луны
Глава 5-6-7. Первые дагерротипы Солнца
Глава 5-6-8. Жан Бернар Леон Фуко
Глава 5-6-9. Дагерротипы Джорджа Бонда и Джона Уиппла

Глава 5-6-10. Уоррен де ла Рю
Глава 5-6-11. Фотографии комет и звезд
Глава 5-6-12. Сэр Дэвид Гилл
Глава 5-6-13. Поль Анри. Проспер Анри

Часть 5-7. Небесная механика. XIX век.

Глава 5-7-1 (том-часть-глава). Определение орбиты по трем наблюдениям
Глава 5-7-2. Карл Фридрих Гаусс
Глава 5-7-3. Симеон Дени Пуассон
Глава 5-7-4. Методы определения расстояния до Солнца
Глава 5-7-5. Лунные теории. XIX век
Глава 5-7-6. Петер Андреас Ганзен
Глава 5-7-7. Мари Шарль Дамуазо
Глава 5-7-8. Джордж Биддель Эйри
Глава 5-7-9. Открытие Нептуна
Глава 5-7-10. Урбен Жан Жозеф Леверье
Глава 5-7-11. Джон Кауч Адамс

Часть 5-8. Небесная механика в России. XIX век

Глава 5-8-1 (том-часть-глава).
Небесная механика в России
Глава 5-8-2. Фёдор Иванович Шуберт
Глава 5-8-3. Михаил Васильевич Остроградский
Глава 5-8-4. Мариан Альбертович Ковальский
Глава 5-8-5. Йохан Аугуст Гуго Гюлден.
Теория абсолютных орбит
Глава 5-8-6. Александр Михайлович Ляпунов
Глава 5-8-7. Александр Александрович Иванов

Часть 5-9. Звездная динамика

Глава 5-9-1 (том-часть-глава).

Создание звездной динамики

Глава 5-9-2. Уильям Уоллес Кэмпбелл

Глава 5-9-3. Эдвард Хуго фон Цейпель

Глава 5-9-4. Генри Крозер Китинг Пламмер

Глава 5-9-5. Якобус Корнелиус Каптейн

Глава 5-9-6. Динамические модели звездных систем

Глава 5-9-7. Теория гравитационной неустойчивости

Часть 5-10. Новые методы фотометрии

Глава 5-10-1 (том-часть-глава).

Фотографические методы определения блеска

Глава 5-10-2. Иоганнес Франц Хартман

Глава 5-10-3. Джон Адельберт Паркхерст

Глава 5-10-4. Фотометрическая система UVV

Глава 5-10-5. Карл Шварцшильд

Глава 5-10-6.

Основные научные труды Карла Шварцшильда

Глава 5-10-7. Фотоэлектрическая фотометрия

Глава 5-10-8. Джоуэл Стеббинс

Глава 5-10-9. Фотометрия слабых звезд и туманностей

Глава 5-10-10. Андре Лальман

Глава 5-10-11. Электронная камера Лальмана

Глава 5-10-12. Уильям Элвин Баум

Глава 5-10-13. ПЗС-матрица

Содержание

- 5-1-1 (том-часть-глава). Фундаментальная астрометрия
- 5-1-2. Фридрих Вильгельм Бессель
- 5-1-3. Теория ошибок наблюдения
- 5-1-4. Годичный звёздный параллакс
- 5-1-5. Первые удачные определения годичного звёздного параллакса
- 5-1-6. Василий Яковлевич Струве
- 5-1-7. Томас Джеймс Хендерсон
- 5-1-8. Фридрих Вильгельм Август Аргеландер
- 5-1-9. «Боннское обозрение»
- 5-1-10. Эдуард Шёнфельд
- 5-1-11. Гринвичский меридиан

Глава 5-1-1

Фундаментальная астрометрия

Фундаментальная астрометрия — учение об инерциальных системах отсчета в астрономии, то есть о системах, обладающих только прямолинейным и равномерным движением без вращения. Основу для создания таких систем дает нам построение на небесной сфере системы координат и собственных движений звезд и установление системы фундаментальных постоянных астрономии — величин, позволяющих учитывать закономерные изменения координат со временем.

Две основные задачи, стоящие перед фундаментальной астрометрией:

- 1) определение координат и собственных движений звезд;
- 2) определение числовых значений фундаментальных астрономических постоянных (прецессии, нутации, аберрации, параллакса Солнца).

Полное описание местонахождения небесных тел и векторов их скоростей в данный момент времени дают шесть астрометрических параметров:

- небесные экваториальные координаты, или положения, — прямое восхождение и склонение;
- собственные движения, то есть экваториальные скорости по прямому восхождению и склонению;
- параллаксы;
- лучевые скорости (скорость, с которой звезда приближается или удаляется от Солнечной системы).

Точное измерение этих астрометрических параметров позволяет получить об астрономическом объекте дополнительную информацию:

- абсолютную светимость объекта;
- массу и возраст объекта;

— классификацию местонахождения объекта: расположен он в Солнечной системе, в Галактике или за её пределами;

— классификацию семейства небесных тел, к которому принадлежит объект;

— наличие у объекта невидимых спутников.

Многие из этих сведений необходимы для того, чтобы делать выводы о физических свойствах и внутреннем строении наблюдаемого объекта, а также давать ответы и на более фундаментальные вопросы — об объеме, массе и возрасте всей Вселенной. Таким образом, астрометрия является одним из важнейших разделов астрономии, дающим экспериментальную информацию, необходимую для развития остальных разделов (астрофизики, космологии, космогонии, небесной механики, и т. п.).

До появления астрофизики в начале XX века практически вся астрономия сводилась к астрометрии. Астрометрия неразрывно связана с созданием звёздных каталогов. Первый каталог был составлен ещё в Древнем Китае астрономом Ши Шенем. Точнее, это был не каталог, а схематичная карта неба. Первый же астрометрический каталог, содержащий координаты звезд, был создан древнегреческим астрономом Гиппархом и датируется 129 годом до нашей эры, но он не сохранился. Сравнив свои наблюдения с более ранними, Гиппарх открыл явление предвращения равноденствий, или прецессии. Важным стимулом для развития астрометрии являлись практические нужды человека: без компаса и механических часов навигация могла осуществляться только по наблюдениям небесных светил.

В Средние века астрометрия была широко распространена в Арабском мире. Наибольший вклад в неё внесли ал-Баттани (X в.), ал-Бируни (XI в.) и Улугбек (XV в.). В XVI веке Тихо Браге в течение 16 лет проводил наблюдения Марса, обработав которые, его преемник Иоганн Кеплер открыл законы движения планет. На основе этих эмпирических законов Исаак Ньютон описал закон всемирного тяготения и заложил основы классической механики.

Глава 5-1-2

Фридрих Вильгельм Бессель

Фридрих Вильгельм Бессель (22 июля 1784 — 17 марта 1846 гг.) — немецкий математик и астроном, ученик Карла Фридриха Гаусса.

Иностранный член Лондонского королевского общества (1825 г.), Парижской академии наук (1840 г.), почётный член Петербургской академии наук (1814 г.)



Рис. Фридрих Вильгельм Бессель

Фридрих Бессель родился в 1784 г. в небольшом городе Минден (в северо-западной части Германии). Оставив в тринадцать лет гимназию, он учился самостоятельно, а в пятнадцатилетнем возрасте поступил на службу в контору торговой фирмы в Бремене. Она вела торговлю с далекими странами, и Бесселя привлекала возможность совершения морских путешествий. Изучение навигации

вызвало у него интерес к астрономии. Он самостоятельно изготовил секстант, с помощью которого наблюдал небесные светила. Следующий шаг в астрономии Бессель сделал, рассчитав элементы орбиты кометы Галлея по старым наблюдениям, произведенным во время ее появления в 1607 г. Ольберс (живший в Бремене), а также Гаусс одобрили эту работу, и в 1804 году она была опубликована.

В 1806 году Бессель, уйдя со своей должности в фирме, стал ассистентом в обсерватории Лилиенталь. Наряду с наблюдениями комет и недавно открытых малых планет Бессель производил исследование инструментов. Им была также начата обработка материалов многолетних наблюдений звезд, выполненных в Гринвичской обсерватории Бадлеем. За несколько лет известность Бесселя как опытного астронома стала настолько широкой, что при решении правительством Пруссии вопроса о строительстве обсерватории при Кенигсбергском университете ему была предложена должность ее директора. Строительство обсерватории продолжалось с 1810 по 1813 год. Она была оборудована достаточно совершенными инструментами, которые изготавливались в германских мастерских, пассажным инструментом и вертикальным кругом.

Обработка наблюдений Бадлея заняла около восьми лет. Бессель исследовал ошибки инструментов, на которых Бадлей производил наблюдения, и строго учел влияние на результаты наблюдений рефракции, а также прецессии и нутации. Итоги всей этой работы Бессель опубликовал в книге «Основы астрономии» (1818 г.). Очень важным в этой книге было изложение созданной Бесселем теории редукций «приведения на видимое место» при учете аберрации, годичного параллакса (тогда еще не наблюдавшегося), прецессии и нутации.

Каталог точных положений 3222 звезд, полученный Бесселем после обработки наблюдений Бадлея, имел среднюю ошибку $\pm 0^s.16$ по прямому восхождению и $\pm 1''.3$ по склонению и был наиболее точным из имевшихся в то время. Сравнивая содержавшиеся в нем данные с теми,

которые были в каталогах, составленных ранее, Бессель нашел, что уточненное значение постоянной лунно-солнечной прецессии равно $50''.34$, а также определил годичные собственные движения с погрешностью $0''.2$.

По этому каталогу, а также по другим, составленным самим Бесселем, им был образован первый фундаментальный каталог, содержащий 38 звезд «Кенигсбергские таблицы» (1830 г.). Эта система опорных звезд использовалась с 1830 по 1860 год в «Берлинском астрономическом ежегоднике», который издавал немецкий астроном Иоганн Элерт Боде (1747 — 1826 гг.), а также в ежегодниках, издававшихся в других странах.

В 1821 — 1833 гг. Бесселем выполнялась обширная программа зонных наблюдений для составления каталога всех звезд до 9^m в полосе значений склонения от -15° до $+45^\circ$. Для этого был приобретен очень точно разделенный меридианный круг, изготовленный в мастерских Рейхенбаха. За 12 лет Бесселем было сделано более 75 000 наблюдений. Зонный каталог использовался для составления звездных карт экваториального пояса, которые издавались в 1826 — 1860 гг. под руководством Н. Энке. Они сыграли видную роль в открытии слабо светящихся небесных объектов — малых планет.

С 1820 по 1823 года его помощником был Фридрих Аргеландер. Полученный опыт Аргеландер использовал в 1852 — 1859 годах, когда под его руководством создавался фундаментальный каталог «Боннское обозрение», содержащий координаты (с точностью до $0,1''$) и яркости (с точностью до $0,3$ звездной величины) всех звезд ярче 9-й визуальной величины от Северного полюса до склонения -2° (всего 324 198 звезд).

Определение параллакса 61 Лебедя

В 1829 году был приобретен гелиометр, позволяющий измерять с высокой точностью расстояния между рядом расположенными звездами. После данной покупки Бессель смог подступиться к проблеме, что была не решаема уже на протяжении 300 лет — измерение

параллаксов звезд. Из отдельных работ Бесселя важнейшая состояла в том, что он был одним из первых астрономов, решившем вековую задачу о параллаксе звёзд, о масштабе Вселенной. Вслед за В. Я. Струве, который в 1837 г. впервые определил расстояние до звезды Вега в созвездии Лиры, в 1838 году при помощи гелиометра определил параллакс звезды 61 Лебеда, измерив т.о. расстояние до неподвижных звёзд. Эта звезда оказалась одной из ближайших к Солнечной системе. Выбрал 61 Лебедя Бессель из-за большого собственного движения, что указывало на малое расстояние до неё.

Спутники Сириуса и Прокциона

Наблюдая в течение ряда лет яркие звезды Сириус и Прокцион, Бессель обнаружил в их движении такие особенности, которые можно было объяснить только тем, что эти звезды имеют спутники. Но эти спутники настолько слабы по светимости, что их нельзя было увидеть в телескопы. Предположение Бесселя впоследствии подтвердилось: в 1862 г. был обнаружен спутник звезды Сириус, а в 1896 г. — спутник Прокциона.

Также Бессель разработал теорию солнечных затмений, определил массы планет и элементы спутников Сатурна.

В 1841 году по данным многих измерений вычислил размеры земного эллипсоида, которые широко применялись в геодезии и картографии вплоть до середины XX века.

Бессель, исследуя форму хвоста кометы Галлея, впервые объяснил её направление действием отталкивающих сил, исходящих из Солнца.

Награды

Премия Лаланда (1811 г.)

Золотая медаль Королевского астрономического общества (1829 и 1841 гг.)

Глава 5-1-3

Теория ошибок наблюдения

В период с 1813 по 1846 гг. Бесселем было проведено тщательное исследование инструментов (вертикального круга и пассажного инструмента) Кенигсбергской обсерватории, с помощью которых там определялись координаты звезд.

Обработка многочисленных наблюдений помогла Бесселю создать теорию ошибок, которые необходимо было учитывать для получения точного результата. Они связаны как с внешними причинами, так и с инструментальными погрешностями.

При определении экваториальных координат, прежде всего, необходимо учесть погрешности, не связанные с наблюдателем. В своей книге «Основы астрономии» (1818 г.) Бессель большое место уделил теории редуций или «приведению на видимое место», где учитывались aberrация, годичный параллакс (тогда еще не наблюдавшийся), прецессия и нутация.

Видимое положение светила над горизонтом, строго говоря, отличается от приведенного в каталоге. Дело в том, что лучи света от небесного тела, прежде чем попасть в глаз наблюдателя, проходят сквозь атмосферу Земли и преломляются в ней, а так как плотность атмосферы увеличивается к поверхности Земли, то луч света все более и более отклоняется в сторону зенита. Это явление называется астрономической рефракцией.

В формуле расчета рефракции кроме зенитного расстояния звезды используются значения атмосферного давления и температуры воздуха в момент наблюдения.

На точность определения координат звезд влияние оказывают инструментальные погрешности, связаны с особенностями используемых телескопов.

К ним относятся:

— систематические ошибки, возникающие из-за наклонности горизонтальной оси, погрешности азимута и коллимации (коллимация — выравнивание оптической системы так, чтобы фокальная плоскость телескопа находилась под прямым углом к фокальной плоскости окуляра).

— неправильность цапф горизонтальной оси.

Бесселем были разработаны методы определения величин всех этих ошибок и поправок для их учета.

Кроме того, он исследовал ошибку, обусловленную зависимостью фиксации моментов прохождения звезды через нити сетки от личности наблюдателя «личное уравнение», которая объясняется, как он выяснил, психологическими особенностями наблюдателей.

В течение ряда лет Бессель фиксировал эффект этой зависимости, которую невозможно устранить, а оценивать и учитывать ее приходилось только на основе экспериментов.

Многие из ошибок связаны с погрешностями, допущенными при изготовлении разделенных кругов, и деформациями конструкций инструментов под действием силы тяжести.

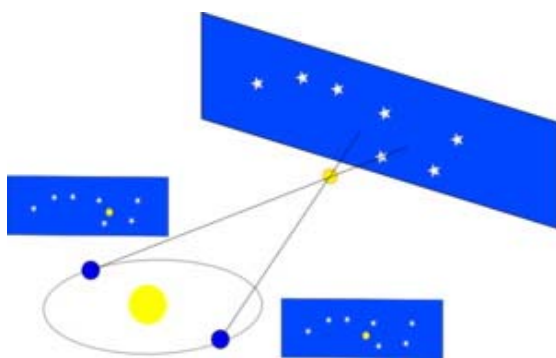
Кроме того, на точности наблюдений сказываются и случайные ошибки, распределенные, как установил Бессель, по нормальному закону и возникающие как по инструментальным причинам, так и вследствие внешних факторов.

Метод наименьших квадратов

Бессель одним из первых применил метод наименьших квадратов, изобретённый независимо друг от друга двумя великими математиками Адрианом Лежандром (1752 — 1833 гг.) и Карлом Гауссом (1775 — 1855 гг.) из Геттингена, для обработки астрономических наблюдений. Метод позволяет объединять данные нескольких серий наблюдений таким образом, чтобы получился результат наиболее близкий к истинному.

Как бы тщательно ни производилось какое-нибудь физическое измерение, например, измерение длины, оно никогда не будет вполне совершенным. Если повторить его несколько раз, даже при одинаковых на первый взгляд условиях, наблюдательные данные будут отличаться. Естественно, возникает необходимость сочетать их для получения наиболее надежных результатов. На практике, в несложных случаях издавна уже бралось среднее арифметическое различных результатов. Но астрономам постоянно приходилось иметь дело с более сложными случаями, в которых требовалось определить две или более неизвестные величины из различных наблюдений, например, когда надо было определить элементы планетной орбиты из наблюдений положения планеты в различные времена.

После дальнейшей разработки метод наименьших квадратов стал пригодным и для комбинирования наблюдений различной ценности. Таковы наблюдения, произведённые наблюдателями, неодинаково искусными, либо при помощи различных инструментов, или же при неодинаково благоприятных состояниях погоды и т. п. Этот метод даёт простое средство для проверки ценности наблюдений на основании их вероятной точности с другими наблюдениями, производившимися при иных условиях.



Годичный звездный параллакс

Глава 5-1-4

Годичный звёздный параллакс

Годичный параллакс звезды — это изменение координат звезды, вызванное изменением положения наблюдателя из-за обращения Земли вокруг Солнца. Является доказательством движения Земли вокруг Солнца и основным методом измерения расстояний до звёзд. Величина годичного параллакса данной звезды равна углу p , под которым большая полуось земной орбиты видна с расстояния этой звезды. Ввиду огромных расстояний до звёзд годовые параллаксы даже у ближайших из них не превосходят одной секунды дуги.

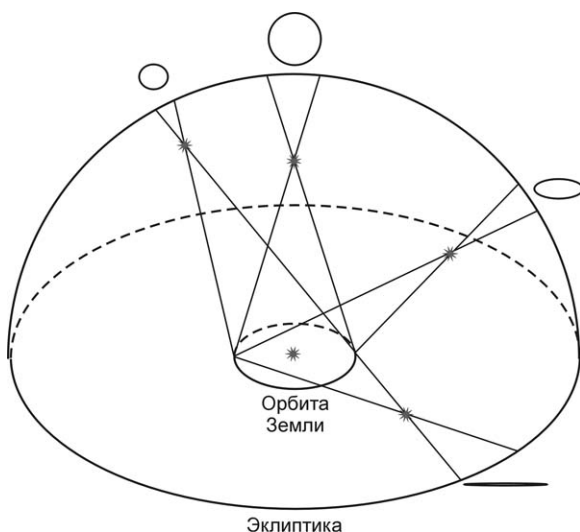


Рис. Геометрия годовых параллаксов

Поскольку Земля обращается вокруг Солнца, то положения звезд на небе должны испытывать

параллактическое смещение. Видимая форма траектории звезды на небе имеет форму эллипса, большая полуось которого параллельна эклиптике.

Поскольку годовые параллаксы звезд чрезвычайно малы, синус и тангенс угла p равны значению самого этого угла, выраженного в радианах. Поэтому в любом случае параллакс пропорционален расстоянию от Земли до Солнца (это расстояние — одна астрономическая единица, принято за единицу измерений расстояний в Солнечной системе) и обратно пропорционален расстоянию до звезды.

История поисков звёздных параллаксов неразрывно связана с проблемой движения Земли, утверждением гелиоцентрической системы мира.

Гелиоцентрическая система мира впервые была предложена древнегреческим астрономом Аристархом Самосским (III век до н. э.). Архимед (один из основных источников наших знаний об этой теории) сообщает, что по мнению Аристарха размер сферы неподвижных звёзд «таков, что окружность, описываемая, по его предположению, Землёй, находится к расстоянию неподвижных звёзд в таком же отношении, в каком центр шара находится к его поверхности». Вероятно, это означает, что Аристарх объяснил ненаблюдаемость годовых параллаксов звёзд их огромной удалённостью — настолько большой, что радиус земной орбиты пренебрежимо мал по сравнению с расстоянием до сферы звёзд.

Когда гелиоцентрическая система мира была заново выдвинута польским астрономом Николаем Коперником (1473 — 1543 гг.) в начале XVI века, вопрос о ненаблюдаемости годовых параллаксов встал вновь. Коперник дал тот же ответ, что и Аристарх за 1800 лет до него: звёзды расположены слишком далеко, чтобы их годовые параллаксы были доступны непосредственным измерениям.

Как пишет Коперник в своей знаменитой книге «О вращении небесных сфер», отсутствие годовых параллаксов у звёзд

«...только доказывает неизмеримую их высоту, которая заставляет исчезать из вида даже орбиту годового движения или её отображение, так как всякому видимому предмету соответствует некоторая величина расстояния, за которой он больше уже не замечается, как показано в оптике».

Коперник не убедил сторонников неподвижности Земли. В конце XVI века попытки измерения годовых параллаксов были предприняты датским астрономом Тихо Браге (1546 — 1601 гг.). Они оказались неудачными, ни у одной из 777 звёзд, входящих в его каталог, параллакс зафиксирован не был.

Это стало одним из веских доводов для недоверия системе мира Коперника. По мнению Тихо Браге если звёзды действительно расположены настолько далеко, как предполагают коперниканцы, то, во-первых, расстояние от Сатурна до звёзд должно быть непропорционально большим, и, во-вторых, звёзды в этом случае должны иметь непропорционально большой линейный размер. Для разрешения этих несоответствий он предложил собственную, гео-гелиоцентрическую систему мира.

Эти же доводы против гелиоцентрической системы неоднократно повторялись и астрономами следующего, XVII века. Например, они были перечислены в числе 77 доводов против Коперника в «Новом Альмагесте» известного итальянского астронома Джованни Баттиста Риччиоли (1598 — 1671 гг.).

Сторонники гелиоцентрической системы производили безуспешные поиски годовых параллаксов на протяжении всего XVII века. Предполагается, что в 1617 году в Италии поиск годового параллакса у звезды Мицар в Большой Медведице был произведён Галилео Галилеем (1564 — 1642 гг.) и его другом и учеником Бенедетто Кастелли (1577 — 1644 гг.).

Именно Галилео Галилей в 1611 году предложил дифференциальный метод поиска параллаксов: если все

звёзды удалены на разные расстояния от Земли, то более близкие звёзды будут смещаться сильнее, чем более далёкие звёзды, но расположенные на небе по соседству (независимо от Галилея этот метод был предложен также итальянцем Лодовико Рампони). Галилей описал этот метод в своих «Диалогах о двух главнейших системах мира».

В 1666 году английский физик и астроном Роберт Гук (1635 — 1703 гг.) заявил, что ему удалось обнаружить годичный параллакс у звезды γ Дракона. Подробное описание своих измерений Гук привёл в трактате «Попытка доказательства движения Земли» (1674 г.), однако его заявления были восприняты с большим скептицизмом.

В период с 1674 по 1681 год Жан Пикар (1620 — 1682 гг.) во Франции предпринял несколько попыток обнаружить параллакс яркой звезды в созвездии Лиры, однако все они закончились неудачей. В 1689 году с заявлением об обнаружении параллакса Полярной звезды выступил английский астроном Джон Флемстид (1646 — 1719 гг.), однако его работа была раскритикована Жаком Кассини (1677 — 1756 гг.). Обнаружение годичных параллаксов в те годы находилось далеко за пределами возможностей техники астрономов этого времени.

В XVIII и начале XIX века работа по обнаружению годичных параллаксов по-прежнему не приводила к результатам. К тому времени никто из астрономов уже не сомневался в гелиоцентрической системе, но поиск параллаксов по-прежнему был актуальной задачей, поскольку это был единственный известный в то время метод измерения расстояний до звёзд. В ходе поисков годичных параллаксов были сделаны другие важные открытия: аберрация света и нутация земной оси (Джеймс Брэдли, 1727 — 1728 гг.), орбитальное движение компонент двойных звезд (Уильям Гершель, 1803 — 1804 гг.). Однако в распоряжении астрономов ещё не было достаточно точных инструментов, чтобы можно было обнаружить параллаксы.

Глава 5-1-5

Первые удачные определения годового звёздного параллакса

В 1814 году к работе по обнаружению годовых параллаксов обратился Фридрих Вильгельм Струве в Дерптской обсерватории. Первые измерения, сделанные им до 1821 года, содержали большие инструментальные ошибки и не удовлетворили Струве, но, по крайней мере, ему удалось установить правильные порядки величин параллаксов нескольких ярких звёзд. Так, полученный им параллакс Альтаира ($0,181 \pm 0,094''$) достаточно близок к современному значению ($0,195''$).

В 1837 году Струве (с помощью Фраунгоферовского рефрактора, установленного в Дерптской обсерватории) удалось измерить параллакс Веги (α Лиры), оказавшийся равным $0,125'' \pm 0,055''$. Этот результат был обнародован Струве в книге «Микрометрические измерения двойных звёзд», где также были приведены критерии, по которым нужно отбирать звёзды для поиска их параллаксов, и заложены основы метода динамических параллаксов. Однако сам Струве считал полученное им значение параллакса Веги предварительным. Новые измерения Струве, обнародованные в 1839 году, привели к вдвое большему результату, $0,262'' \pm 0,025''$, что заставляло учёных сомневаться в надёжности его измерений. Как показал в 1952 году пулковский астроном А. Н. Дейч, измерения Струве были достаточно точными, но он сделал ошибку при обработке данных: при правильной обработке своих данных Струве получил бы достаточно точное значение параллакса звезды. В настоящее время параллакс Веги принимается равным $0,129''$, что практически совпадает с первой оценкой Струве.

В том же 1838 году немецкому астроному Фридриху Бесселю в Кёнигсбергской обсерватории удалось измерить параллакс звезды 61 Лебеда, оказавшийся равным $0,314'' \pm 0,014''$ (современное значение $0,287''$). При этом был использован гелиометр, также, как и Дерптский рефрактор Струве, изготовленный Й. Фраунгофером. Бесселю удалось проследить периодическое изменение углового расстояния 61 Лебеда от двух слабых звёзд сравнения и установить, что на протяжении года звезда описывает на небе маленький эллипс, как и требуется теорией. Именно по этой причине приоритет в определении годичных параллаксов у звёзд обычно приписывают Бесселю.

Наконец, в 1838 году были обнаружены также данные английского астронома Томаса Хендерсона (обсерватория Мыса Доброй Надежды), которому удалось измерить параллакс звезды α Центавра: $1,16'' \pm 0,11''$ (современное значение $0,747''$). Имея в виду работы Бесселя, Струве и Хендерсона, выдающийся английский астроном Джон Гершель сказал: «стена, мешавшая нашему проникновению в звёздную вселенную, почти одновременно была пробита в трёх местах».

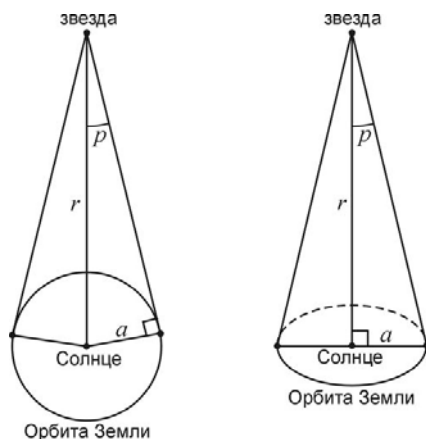


Рис. Определение параллакса

Глава 5-1-6

Василий Яковлевич Струве

Василий Яковлевич Струве (15 апреля 1793 года — 23 ноября 1864 года) — российский немецкий астроном, один из основоположников звёздной астрономии.

Первый директор Пулковской обсерватории, член-учредитель Русского географического общества.

Ординарный академик Петербургской академии наук (1832—1861 гг.; член-корреспондент с 1822 года), иностранный член Лондонского королевского общества (1827 г.) Член Американского философского общества (1853 г.).



Рис. Василий Яковлевич Струве

Василий Яковлевич Струве (при рождении Фридрих Георг Вильгельм Струве) родился в семье директора гимназии математика Якова Струве (1755—1841 гг.) в датском (ныне немецком) городе Альтона близ Гамбурга и провел в этом городе свои школьные годы.

В 1808 году из-за угрозы насильственного призыва в Великую армию Наполеона он бежал из Германии в Дерпт, где получил филологическое образование в Дерптском университете: за диссертацию «*De studiis criticis et grammaticis apud Alexandrinos*» он получил золотую медаль; затем, в течение трёх лет он изучил астрономию и, защитив в 1813 году диссертацию «*De geographicae Speculae Dorpatensis positione*», поступил на работу в Дерптскую университетскую астрономическую обсерваторию, одновременно преподавая в университете.

С 1819 года он — директор Дерптской обсерватории и ординарный профессор университета.

За двадцать лет на посту директора обсерватории он оснастил её первоклассными для того времени инструментами: рефрактором Фраунгофера и гелиометром фирмы Репсольд. Начиная с 1824 года (по 1837 год) он провёл микрометрические измерения 2714 двойных звезд; в 1827 году был опубликован первый каталог.

В 1830 году Николаю I был представлен доклад В. Я. Струве о задачах новой большой астрономической обсерватории под Санкт-Петербургом. Начиная с 1833 года он — наиболее активный участник сооружения Пулковской обсерватории, открытой 19 августа 1839 года. В. Я. Струве стал её первым директором.

Благодаря его усилиям Пулковская обсерватория была оборудована совершенными инструментами (в том числе в то время самым большим в мире рефрактором с 38-сантиметровым объективом).

Под руководством В. Я. Струве и военного геодезиста К. И. Теннера было проведено градусное измерение дуги меридиана на огромном пространстве. Была проложена геодезическая «дуга Струве» — цепь из 265 триангуляционных пунктов, протянувшаяся более чем на 2820 километров от города Хаммерфест, Норвегия, до побережья Чёрного моря. Измерение проводилось с целью определения параметров Земли, её формы и размера.

Тринадцать пунктов были основными и представляли собой совмещенные астрономо-геодезические пункты, в них были сделаны астрономические определения широт и азимутов.

Геодезическая дуга Струве измерялась научными сотрудниками Дерптской (Тартуской) и Пулковской обсерваторий (директором которых был Струве) 40 лет, с 1816 до 1855 гг. Финансирование велось на средства, пожертвованные лично императорами: Александром I и главным образом, Николаем I.

Работы, относящиеся к Русской дуге, были выполнены под эгидой Петербургской академии Наук. Измерения на Скандинавской дуге выполнялись с одобрения короля Швеции и Норвегии Оскара I, совместными силами шведских, норвежских и российских геодезистов при содействии астрономов Пулковской обсерватории.

Под руководством В. Я. Струве была определена система астрономических постоянных, получившая в своё время всемирное признание. С помощью построенного по его идее пассажного инструмента Струве определил постоянную абберации света.

В области звёздной астрономии Струве открыл реальное сгущение звёзд к центральным частям Галактики и обосновал вывод о существовании и величине межзвёздного поглощения света. Много времени уделял Струве изучению двойных звёзд. Составленные им два каталога двойных звёзд были опубликованы в 1827 и 1852 годах. Струве принадлежит одно из первых в истории (1837 г.) успешное измерение годичного параллакса звезды (Веги в созвездии Лиры). В середине XIX века участвовал в создании Лиссабонской астрономической обсерватории.

В 1913 году открытая русским астрономом Г. Н. Неуйминым малая планета номер 768 была названа (768) Струвеана (англ. Struveana) в честь астрономов семейной династии В. Я., О. В. и Г. О. Струве.

В 1964 году МАС присвоил имя Василия Яковлевича Струве кратеру на видимой стороне Луны (совместно с О. Л. Струве и О. В. Струве).

Глава 5-1-7

Томас Джеймс Хендерсон

Томас Джеймс Хендерсон (28 декабря 1798 года — 23 ноября 1844 года) — британский астроном, первый Королевский астроном Шотландии.



Рис. Томас Джеймс Хендерсон

Окончил высшую школу в Данди, занимался юриспруденцией и рисованием карикатур. Однако его основным хобби были астрономия и математика, а изобретённый им новый метод измерения долготы

привлек внимание известного астронома Томаса Юнга (1773 — 1829 гг.). Юнг в своем посмертном письме Адмиралтейству рекомендовал Хендерсона на своё место.

Адмиралтейство назначило Хендерсона на менее почётную должность — астрономом в обсерваторию на Мыс Доброй Надежды в Южной Африке, где он проработал с апреля 1832 по май 1833 года, выполнив большое количество наблюдений звёзд.

Хендерсон отметил, что Альфа Центавра имеет значительное собственное движение, и сделал вывод, что она может быть одной из ближайших к Солнцу звёзд. На самом деле Альфа Центавра — тройная звёздная система в созвездии Центавра. Два компонента, α Центавра А и α Центавра В, невооружённому глазу видны как одна звезда $-0,27m$.

Одним из ключевых вопросов в астрономии 1830-х было измерение расстояний до звёзд, и Хендерсон стал одним из первых, кто измерил годичный параллакс звезды. Благодаря этим измерениям он оценил расстояние до Альфа Центавра в 3,25 световых лет, что на 33,7 % меньше истинного значения.

Из-за сомнений в точности результатов своих измерений Хендерсон не публиковал их до 1839 года, поэтому приоритет в измерении межзвездных расстояний был отдан Ф. В. Бесселю, который в 1838 году опубликовал данные своих измерений расстояния до звезды 61 Лебедя.

В 1834 году по рекомендации премьер-министра Великобритании лорда Мельбурна Хендерсон стал первым, занявшим должность Королевского астронома Шотландии. Кроме того, он был назначен заведующим кафедрой астрономии в университете Эдинбурга. На этих должностях он работал до своей смерти в 1844 году.

В 1970 году Международный астрономический союз присвоил имя Хендерсона кратеру на обратной стороне Луны.

В апреле 1840 года избран членом Лондонского королевского общества.

Глава 5-1-8

Фридрих Вильгельм Август Аргеландер

Фридрих Вильгельм Август Аргеландер (22 марта 1799 года — 17 февраля 1875 года) — немецкий астроном.

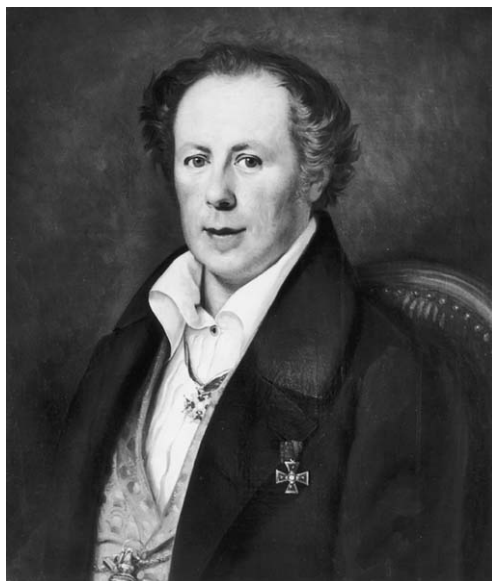


Рис. Фридрих Вильгельм Август Аргеландер

В 1822 году окончил Кёнигсбергский университет.

С 1820 года Аргеландер работал ассистентом Бесселя в Кёнигсбергской обсерватории. В 1823 году был назначен наблюдателем только что созданной обсерватории в Або (Турку). С 1828 года был профессором университета в Хельсинки, а с 1832 года Аргеландер руководит строительством местной обсерватории и до 1837 года возглавляет её.

В 1837 году Аргеландер принял приглашение возглавить кафедру астрономии Боннского университета. В Бонне занимался строительством университетской обсерватории, которое было завершено в 1845 году. В 1864 — 1867 годах был председателем Германского астрономического общества.

Позиционная астрономия

В 1852 — 1859 гг. Аргеландер руководил созданием фундаментального каталога «Боннское обозрение», содержащего положения (с точностью до $0,1'$) и яркости (с точностью до 0,3 звездной величины) всех звезд ярче 9-й визуальной величины от Северного полюса до склонения -2° (всего 324 198 звезд). Большая часть наблюдений для «Боннского обозрения» была выполнена учениками Аргеландера Э. Шёнфельдом и А. Крюгером.

Аргеландер проанализировал собственные движения 390 звезд и получил уверенное подтверждение движения Солнца относительно других звёзд, а также подтвердил местоположение апекса, определенное ранее В. Гершелем по собственным движениям всего семи звёзд.

Фотометрия и изучение переменных звёзд

Аргеландер внёс большой вклад в организацию широкого систематического изучения переменных звёзд. В 1844 году он опубликовал «Воззвание к друзьям астрономии», которое способствовало привлечению интереса к изучению переменных звёзд не только профессионального сообщества, но и астрономов-любителей. Аргеландер разработал простой метод визуальных оценок блеска исследуемой звезды по сравнению с окружающими постоянными звёздами (метод степеней), который широко применяется и поныне, впервые ввёл десятые доли в измерение звёздных величин, ввел современную номенклатуру.

Он предложил обозначать переменные звезды каждого созвездия, в порядке их обнаружения, заглавными

буквами латинского алфавита начиная с от R до Z (поскольку буквы до Q встречались в названии звезд в атласе Байера). Например, первая переменная обнаруженная в созвездии Андромеды получала название R Andromedae или сокращенно R And. Вторая переменная звезда в этом же созвездии получила название S And и так далее до Z.

На протяжении более 30 лет — с 1838 по 1870 гг. — получил более 12 000 оценок блеска около 40 переменных звёзд, открыл вместе со своими учениками большое количество переменных. В 1843 году вышел в свет труд Аргеландера «Новая уранометрия» — атлас и каталог всех звезд, видимых невооруженным глазом. В нём были упорядочены обозначения звезд, четко разграничены созвездия и точнее указаны звёздные величины.

Аргеландер сформировал свою школу исследователей переменных звёзд, известными представителями которой являются И. Ф. Ю. Шмидт, Э. Шёнфельд, А. Крюгер.

Глава 5-1-9

«Боннское обозрение»

«Боннское обозрение» (BD) — звёздный каталог, составленный под руководством немецкого астронома Ф. Аргеландера в 50-60-х годах XIX в. в Боннской обсерватории. Полная версия каталога с дополнениями содержит 1,5 миллионов звёзд до 10 звёздной величины.

Для составления каталога использовался 3-дюймовый рефрактор Боннской обсерватории. Для картирования всю небесную сферу разделили на сферические пояса, параллельные небесному экватору, толщиной 1° по склонению. Звёзды в поясе нумеровались в порядке возрастания прямого восхождения начиная с 0^h .

Обозначения звёзд в Боннском обозрении строится следующим образом: сначала идёт префикс BD, обозначающий каталог, затем указывается склонение

нижней границы пояса, затем — номер звезды в поясе. Например, звезда Вега обозначается как BD +38°3238.

В каталог попало 325037 звёзд до 9.5 звёздной величины, расположенных на склонениях от -2° до 90° .

В 1875, после смерти Аргеландера, профессором и директором обсерватории в Бонне стал его ученик, Эдуард Шёнфельд (1828—1891 гг.). Он продолжил работы по составлению звездного каталога Боннского обозрения по плану Аргеландера, для этой цели Шёнфельд использовал 6-дюймовый рефрактор Боннской обсерватории. Он внёс некоторые улучшения в методы наблюдений, и в марте 1881 года работа по созданию каталога была завершена.

Результаты были опубликованы в 1886 году под названием «Южное Боннское обозрение» (SBD), в которое дополнительно к каталогу Боннское обозрение были включены 489 туманностей и 133 659 звёзд в зоне между -2° и -23° градусами южного склонения.

Дальнейшее расширение каталога продолжалось за пределами Германии. Кордобское обозрение (CD или CoD), дополнившее Боннское обозрение до южного полюса и увеличившее число объектов каталога до 613959 звёзд, было выпущено в 1908 году в Кордовской астрономической обсерватории, Аргентина.

К Боннскому обозрению относят и фотографический Кейпский (Капский, Кейптаунский) обзор (CP или CpD) 1896—1900 гг. Фотографированием неба занимались в Кейптаунской обсерватории под руководством Дэвида Гилла. Фотопластинки отправлялись на изучение Я. Каптейну в Гронинген. Каталог включал в себя 454875 звёзд Южного полушария, все до 9,5-й звёздной величины и содержащий звезды до 12-й величины от склонения -19° до южного полюса мира. За создание этого каталога Каптейн получил Золотую медаль Лондонского Королевского астрономического общества.

Перечисленные каталоги (за исключением последнего) были созданы посредством визуальных наблюдений, что приводило к неточностям в определении координат и звёздных величин. Однако Боннское обозрение стало основным астрономическим каталогом почти на столетие.

Глава 5-1-10

Эдуард Шёнфельд

Эдуард Шёнфельд (нем. Eduard Schönfeld, 1828 - 1891 гг.)
— немецкий астроном.



Рис. Эдуард Шёнфельд

Родился в Хильдбургхаузене в еврейской семье. В 1834 году пошёл в городскую школу, а в 1838 году продолжил обучение в гуманистической гимназии. В 1847—1848 годах изучал архитектуру в Политехнической школе в Ганновере, с 1849 года учился в университете Марбурга, где прослушал курсы физики, химии, минералогии, астрономии (курс К. Л. Герлинга).

В 1851 году он переехал в Бонн, где изучал астрономию под руководством Аргеландера и в 1853 году стал его ассистентом. 9 августа 1854 года Шёнфельд был выдвинут

на соискание докторской степени, а 8 августа 1857 года приступил к хабилитации в Бонне. В 1859 был назначен профессором и директором обсерватории в Мангейме.

В 1875 году, после смерти Аргеландера, стал профессором и директором обсерватории в Бонне. Вскоре после своего назначения он продолжил работы по плану Аргеландера по составлению звездного каталога Боннского обозрение, для этой цели Шёнфельд использовал 6-дюймовый рефрактор Боннской обсерватории. Он внёс некоторые улучшения в методы работы, которая была завершена в марте 1881 года. Результаты были опубликованы в 1886 году под названием Южное Боннское обозрение (нем. *Südliche Bonner Durchmusterung*, SBD). SBD включает дополнительно к каталогу Боннского обозрение 489 туманностей и 133 659 звёзд в зоне между 2 и 23 градусами южного склонения.

С момента создания Германского астрономического общества в 1863 году был его членом, избирался его секретарём и членом правления (1869 г.). В 1887 году был избран членом Прусской академии наук, в 1878 году — иностранным членом Королевского астрономического общества. В 1887—1888 был ректором Боннского университета.

Награждён медалью Джеймса Крейга Уотсона (1889 г.).

В его честь названы астероид № 5926 и кратер на обратной стороне Луны.

Комментарий

Хабилита́ция (от лат. *habilis* «способный, пригодный») — в некоторых европейских и азиатских странах процедура получения высшей академической квалификации, следующей после учёной степени доктора философии[1]. После прохождения процедуры хабилитации претенденту присваивается учёная степень хабилитированного доктора (лат. *doctor habilitatus*, *Dr. habil.*), которая даёт право на занятие профессорской должности в университете.

Глава 5-1-11

Гринвичский меридиан

Гринвичский меридиан — меридиан, проходящий через ось пассажного инструмента Гринвичской обсерватории. Гринвичский меридиан служил началом отсчёта долготы в некоторых системах координат, является средним меридианом нулевого часового пояса. Местное солнечное время применяется в астрономии (для синхронизации всемирного времени).

До конца XIX века в различных странах для отсчёта долготы использовались свои собственные национальные нулевые меридианы, проходящие, как правило, через центральные обсерватории этих стран. В Великобритании нулевым считался Гринвичский меридиан, во Франции — Парижский меридиан, в Российской империи — Пулковский меридиан и т. п. По мере развития геодезии отсутствие стандартной системы отсчёта долготы было признано международным астрономическим сообществом неудобным. В 1884 году Международная меридианная конференция рекомендовала принять Гринвичский меридиан в качестве единого нулевого меридиана для всех стран.

Он проходил через установленный в обсерватории меридианный круг Джорджа Эйри. Долгое время нулевой меридиан был обозначен латунной лентой, протянутой через внутренний двор обсерватории. Затем латунь заменили на нержавеющей сталь, а с 16 декабря 1993 г. в ночном небе Лондона нулевой меридиан отмечен зелёным лучом яркого лазера из обсерватории, направленного строго на север.

Но этот старый астрономический нулевой меридиан со временем был скорректирован. Когда Гринвич был действующей обсерваторией, географические координаты были основаны на модели геоида, поверхность которого с хорошей точностью соответствовала местному среднему

уровню моря. Но в других местах земного шара параметры геоида отличаются, так что реальный уровень моря в разных регионах Земли отклоняется более чем на 100 метров от идеального эллипсоида.



Рис. Гринвичский меридиан

Современные геодезические системы координат, такие как «WGS 84» и «Международная земная система координат», используют единый геоцентрический сжатый сфероид. Это приводит к тому, что географические координаты в различных системах различаются на многие метры, иногда даже на несколько сотен метров. В результате современный нулевой меридиан расположен на 102,5 метра к востоку от Гринвичского астрономического меридиана. А современная долгота той ленты — 5,31 секунды западной долготы. Современные географические координаты меридианного круга Эйри: $51^{\circ}28'40''$ с. ш. $0^{\circ}00'05''$ з. д.

Чтобы помочь другим людям выставять свои часы точно по Гринвичу, в 1833 году Королевский астроном

Джон Понд установил над обсерваторией «шар времени». Этот шар до сих пор продолжает резко опускаться каждый день ровно в 13:00 (по GMT зимой, по Британскому летнему времени летом).

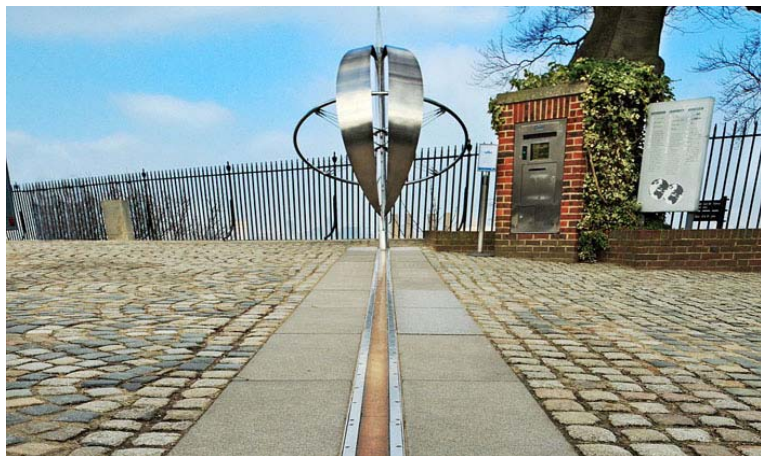


Рис. Современный вид гринвичского меридиана

До 1954 года Среднее время по Гринвичу (GMT) было основано на измерениях времени, проводимых в Гринвичской обсерватории. Позднее GMT стали вычислять по данным астрономических наблюдений из других обсерваторий, которые оставались действующими. Теперь GMT часто называют «Всемирным временем» (Universal Time, UT). Ныне Всемирное время вычисляется по наблюдениям внегалактических источников радиоизлучения.



Часть 5-2

Визуальная фотометрия. XIX век

Содержание

- Глава 5-2-1 (том-часть-глава). Измерение блеска звезд
- Глава 5-2-2. Иоганн Карл Фридрих Цёлльнер
- Глава 5-2-3. Филипп Людвиг фон Зейдель
- Глава 5-2-4. Призма Николя
- Глава 5-2-5. Эдуард Чарлз Пикеринг
- Глава 5-2-6. Чарльз Притчард
- Глава 5-2-7. Иоганн Карл Фридрих Цёлльнер

Глава 5-2-1

Измерение блеска звезд

Джон Гершель

Традиционная классификация звезд по величинам была почти совершенно произвольна и потому не отличалась точностью. Когда потребовались более обширные и точные количественные сравнения звезд различной яркости, то сразу потребовалась более точная система классификации. Одним из пионеров в этой области был Джон Гершель; он предложил шкалу, позволявшую производить точные оценки и приблизительно соответствовавшую, по крайней мере, для звезд, видимых невооруженным глазом, прежней системе; во время пребывания на мысе Доброй Надежды он тщательно измерил свет множества ярких звезд и классифицировал их по своему принципу.

Джон Гершель использовал фотометр, в котором сравнивался блеск наблюдаемой звезды с искусственным эталоном. Он уменьшал видимый диаметр Луны посредством комбинации оптических стекол и градуируя яркость получающейся светящейся точки, изменяя ее расстояние от глаза.

Фридрих Вильгельм Август Аргеландер

Большой вклад в организацию систематического изучения переменных звёзд внёс Аргеландер. В 1844 году он опубликовал «Воззвание к друзьям астрономии», которое способствовало привлечению интереса к изучению переменных звёзд не только профессионального сообщества, но и астрономов-любителей. Аргеландер разработал простой метод визуальных оценок блеска исследуемой звезды по сравнению с окружающими постоянными звёздами

(метод степеней), который широко применяется и поныне, впервые ввёл десятые доли в измерение звёздных величин, ввел современную номенклатуру переменных звёзд.

Он предложил обозначать переменные звезды каждого созвездия, в порядке их обнаружения, заглавными буквами латинского алфавита начиная с от R до Z (поскольку буквы до Q встречались в названии звезд в атласе Байера). Например, первая переменная обнаруженная в созвездии Андромеды получала название R Andromedae или сокращенно R And. Вторая переменная звезда в этом же созвездии получила название S And и так далее до Z.

Норман Роберт Погсон

В 1856 году Норманн Роберт Погсон предложил взять такое положение за стандарт, чтобы каждое уменьшение звёздной величины представляло уменьшение в яркости равное корню пятой степени из 100 (или около 2,512).

По ныне принятой шкале, впервые предложенной в 1856 году Норманом Робертом Погсоном (1829— 1851), яркость звезды какой-нибудь величины находится в постоянном отношении (оно принимается в 2,512) к яркости звезды следующей величины. И вычисляется по формуле:

$$m_2 - m_1 = - 2.5 \log_{10} (L_2 / L_1)$$

Это число подобрано таким образом, что звезда шестой величины оказывается во сто раз слабее звезды первой величины. Звезды промежуточных степеней яркости обозначаются дробными величинами, которые можно вычислить по простому математическому закону, если известно отношение яркости данной звезды к яркости звезды, принятой за образец. Отношение Погсона стало стандартным методом оценки звёздной величины.

Комментарии

Норман Роберт Погсон (23 марта 1829 — 23 июня 1891 гг.) — английский астроном.



Рис. Норман Роберт Погсон

В возрасте 18 лет вычислил орбиты двух комет. С 1850 по 1851 года работал в обсерватории Бишопа. В 1851 стал научным сотрудником обсерватории Редклифф в Оксфорде, Англия. В 1860 переехал в Мадрас, Индия, где занял должность государственного астронома. В Мадрасской обсерватории издал каталог 11 015 звёзд.

Всего за карьеру Погсон открыл восемь астероидов и 21 переменную звезду. Он возглавлял Мадрасскую обсерваторию на протяжении 30 лет, вплоть до смерти.

Обсерватория Радклиффа с 1773 по 1934 годы располагалась в Оксфордском университете, Англия. В 1934 году обсерватория переехала на новое место в Претории, Южная Африка.

Инициатором создания обсерватории и первым её руководителем был Томас Хорнсби (директор в период с 1773 по 1810 гг.)

Глава 5-2-2

Иоганн Карл Фридрих Цёлльнер

Иоганн Карл Фридрих Цёлльнер (8 ноября 1834 года — 25 апреля 1882 года) — немецкий астроном.



Рис. Иоганн Карл Фридрих Цёлльнер

Цёлльнер родился в Берлине в семье владельца фабрики, однако впоследствии не пожелал продолжить семейное дело. С раннего детства он имел склонность к механике и конструированию различных устройств. В 1855 году он начал изучать физику в Берлинском университете, в 1857 году продолжил своё образование в Базельском университете. В 1859 году Цёлльнер получил степень доктора философии за исследование проблем фотометрии. С 1862 года он работал в Лейпциге, с 1866 — в качестве профессора астрономической физики Лейпцигского университета. В 1869 году он был избран членом Саксонской академии наук. Инициатор создания Боткампской обсерватории.

Астрофотометр Карла Фридриха Цёлльнера

Основные труды Цёлльнера связаны с фотометрией, он заложил основы современной астрофотометрии. Именно он в 1861 году изобрел визуальный звездный фотометр, который нашёл широкое применение в астрономии. В фотометре Цёлльнера блеск звезды сравнивается с блеском искусственной звезды, который варьируется с помощью поляризационных призм.

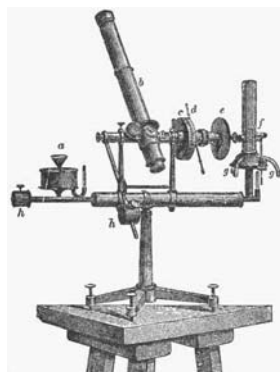


Рис. Фотометр Цёлльнера

Астрофотометр — это исторический измерительный инструмент для фотометрического определения яркости небесного тела Карла Фридриха Цёлльнера. В нём сравнивается искусственная яркость звезды определённой величины с наблюдаемой звездой. При повороте фотометра, яркость может быть уменьшена до такой степени, что будет соответствовать яркости измеряемой звезды. На основании количества вращений определяется видимая звёздная величина. В отличие от визуальных, звёздные электрофотометры более точные.

Цёлльнер выполнил точную фотометрию многих звезд, измерил поверхностные яркости Луны и планет и изучил их изменения в зависимости от наблюдаемой фазы; на основании этих измерений он нашел, что поверхность Луны не является гладкой.

Научная деятельность

Цёлльнер предпринял первые попытки измерить цвета звезд и планет, разработал оборудование для спектроскопических измерений протуберанцев и для более точной локализации спектральных линий Солнца (так называемый реверсионный спектроскоп). Одним из первых наблюдал протуберанцы на Солнце при помощи спектроскопа.

Ряд его работ посвящён вспышкам новых звёзд, строению атмосферы Солнца и комет, в частности он предложил теорию, согласно которой кометы испаряются при приближении к Солнцу.

Цёлльнер выдвинул гипотезу об электрической природе гравитации, возникающей от ничтожного избытка элементарных сил притяжения зарядов двух тел над силами отталкивания. Приняв, что гравитация имеет электрическую природу и распространяется со скоростью света, применил формулу Вебера (о магнитном потоке) к гравитации, ввёл зависимость силы тяготения от взаимного движения тел и впервые объяснил на основе этой зависимости вековое смещение перигелия Меркурия, рассчитав его величину, сопоставимую с реальной.

В 1872 году впервые рассмотрел возможность применения неевклидовой (римановой) геометрии к описанию конечной Вселенной и показал, что наличие ненулевой кривизны пространства должно привести к изменению законов природы (в частности, свободные частицы должны двигаться по кривым, а не прямым линиям). Однако эти идеи в своё время не привлекли никакого внимания в научном мире.

В последние годы жизни увлекался спиритизмом, провёл ряд спиритических сеансов, с помощью которых предполагал получить доказательства существования четвёртого измерения. Эта деятельность вызвала резкую критику со стороны научного сообщества.

Глава 5-2-3

Филипп Людвиг фон Зейдель

Филипп Людвиг фон Зейдель (24 октября 1821 — 13 августа 1896 гг.) — немецкий математик и астроном.



Рис. Филипп Людвиг фон Зейдель

Родился в 1821 году в семье работника почтового ведомства, в связи с чем семья часто переезжала с места на место. Учился в Берлинском университете (1840 — 1842 гг.), Кёнигсбергском университете (1842 — 1843 гг.) и Мюнхенском университете, где в 1846 году получил докторскую степень (в современной России соответствует степени кандидата), защитив диссертацию «Über die beste Form der Spiegel in Teleskopen» («О лучшей форме зеркал в телескопах»), а уже через шесть месяцев, пройдя хабилитацию (и представив диссертацию «Untersuchungen

über die Konvergenz und Divergenz der Kettenbrüche» в области математики, а не астрономии), стал приват-доцентом университета. В 1851 году назначен экстраординарным профессором, а в 1855 году — профессором Мюнхенского университета. Среди студентов Зейделя в университете Мюнхена был Макс Планк, который по его собственным словам многому научился у своего преподавателя. В 1851 году был избран членом-корреспондентом Баварской академии наук, в 1861 году стал действительным членом академии. С 1879 по 1882 год был директором обсерватории Богенхаузен. Рано вышел в отставку из-за проблем со зрением.

Научная деятельность

Работал в области математики и астрономии. В 1856 году создал теорию аберраций оптических систем третьего порядка. В 1865 — 1866 годах на основе теории Зейделя Адольфом Гуго Штейнгейлем (сыном немецкого оптика и основателя оптического завода Карла Штейнгейля) был рассчитан и построен портретный объектив — апланат, ставший основным типом объектива, использовавшегося фотографами в конце XIX и начале XX вв[5].

Используя фотометр К. Штейнгейля, проводил астрономические наблюдения с целью определения яркости звёзд и в 1863 году выпустил труд «Результаты фотометрических измерений 208 главных неподвижных звезд», представлявший собой первый фотометрический звездный каталог, имеющий научное значение. Помимо этого определял яркость больших планет, а также изучал поглощение света земной атмосферой.

В области чистой математики труды Зейделя касаются, главным образом, теории рядов и других объектов математического анализа. В опубликованной в 1874 году работе предложил итерационный метод решения системы линейных алгебраических уравнений, ныне известный как метод Зейделя или метод Гаусса — Зейделя.

Глава 5-2-4

Призма Николя

Уильям Николь (18 апреля 1770 года — 2 сентября 1851 года) — шотландский геолог и физик, изобретатель призмы Николя — первого устройства для получения плоскополяризованного света (1828 г.).



Рис. Уильям Николь (справа) и его дядя Генри Мойес

Родился в Гамби, округ Ист-Лотиан, Шотландия.

Начал научную деятельность в качестве помощника своего дяди, странствующего естествоиспытателя Генри Мойеса. Поскольку Мойес был слеп, ему требовался ассистент для его демонстраций по химии и оптике.

Впоследствии Николь обосновался в Эдинбурге и вел уединённый образ жизни, однако сам стал популярным преподавателем естествознания в Эдинбургском университете. Не публиковал своих работ до 1826 года.

Член Эдинбургского королевского общества.

Призма Николя представляет собой две одинаковые треугольные в сечении призмы, один из углов треугольника прямой, изготовленные из крупных оптически совершенных монокристаллов исландского шпата — орторомбической кристаллической модификации минерала кальцита — карбоната кальция, ранее склеиваемые по длинным сторонам граней тонким слоем канадского бальзама, сейчас для склеивания применяют синтетические клеи и смолы.

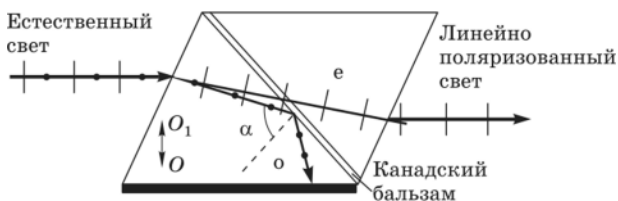


Рис. Действие призм Николя

Призмы вырезаются из монокристалла так, чтобы торец склеенной призмы был скошен под углом 68° относительно направления проходящего пучка света, а склеиваемые грани составляли прямой угол с торцами. При изготовлении заготовки вырезаются из монокристаллов так, чтобы оптическая ось кристалла была направлена под углом $48^\circ 15'$ к плоскостям граней, на которые падает и выходит свет.

Неполяризованный свет, проходя через торец призмы, испытывает в двулучепреломляющем кристалле исландского шпата двойное лучепреломление и расщепляется на два луча — обыкновенный, для которого показатель преломления кристалла $n_o = 1,66$ и необыкновенный, для которого показатель преломления кристалла $n_e = 1,51$ с вертикальной плоскостью поляризации. Затем обыкновенный луч испытывает полное внутреннее отражение от склеивающего слоя с показателем преломления $n_c = 1,55$, и либо отклонённым выходит через нижнюю по рисунку грань призмы, либо поглощается зачернённой нижней гранью.

Глава 5-2-5

Эдуард Чарлз Пикеринг

Эдуард Чарлз Пикеринг (19 июля 1846 — 3 февраля 1919 гг.) — американский астроном.



Рис. Эдуард Чарлз Пикеринг

Родился в Бостоне. В 1865 г. окончил Гарвардский университет. В 1865—1867 гг. преподавал математику в Гарварде, в 1867—1877 гг. — профессор физики в Массачусетском технологическом институте. С 1877 года — директор Гарвардской обсерватории, профессор астрономии Гарвардского университета.

Научные работы Пикеринга относятся к астрофотометрии и астроспектроскопии. Был организатором и руководителем работ по составлению известных фотометрических и спектральных каталогов Гарвардской обсерватории. Усовершенствовал методику визуальной фотометрии, сконструировал меридианный фотометр, в котором исследуемая звезда сравнивается при помощи поляризационного устройства с Полярной звездой. В 80-х годах приступил к массовому применению

фотографии; впервые начал применять объективную призму для массового фотографирования спектров звезд.

В конце XIX и начале XX вв. огромный прогресс в визуальной фотометрии был достигнут на Гарвардской обсерватории, директором которой в то время был Пикеринг.

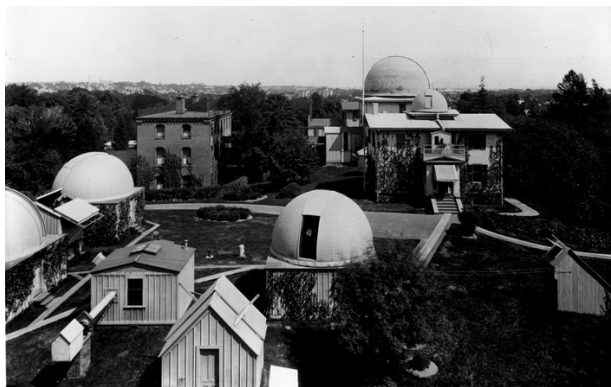


Рис. Гарвардская обсерватория.

Пикеринг и другие астрономы понимали, что шкалы звездных величин, которыми пользовались наблюдатели XVIII и XIX вв., например Вильям Гершель и русский астроном В. Я. Струве, сильно отличались друг от друга. Звезду, которой один наблюдатель приписывал величину 20, другой относил к звездам 15 величины. Пикеринг принял определение шкалы звездных величин, предложенное Погсоном, которое применяется и сейчас.

Пикеринг также много занимался установлением нуля-пункта шкалы звездных величин. Таким образом, как указывается в истории Гарвардской обсерватории, написанной Бейли, «целью гарвардских наблюдений было не только определение относительного блеска слабых звезд, но и в особенности установление связи между шкалами звездных величин, используемыми разными наблюдателями». Для этой цели Пикеринг разработал меридианный фотометр. Этот инструмент устанавливался

в меридиане и имел два объектива с одинаковой апертурой и фокусным расстоянием.

С помощью зеркала или призмы Полярная звезда удерживалась в поле зрения одного объектива, в то время как второе зеркало можно было наклонять так, чтобы изображение любой звезды, пересекающей меридиан и наблюдаемой через второй объектив, оказалось в поле зрения вблизи Полярной. Блеск источников уравнивался с помощью призмы Николя. В этом методе искусственная звезда не использовалась, но возникали осложнения, связанные с переменностью блеска Полярной.

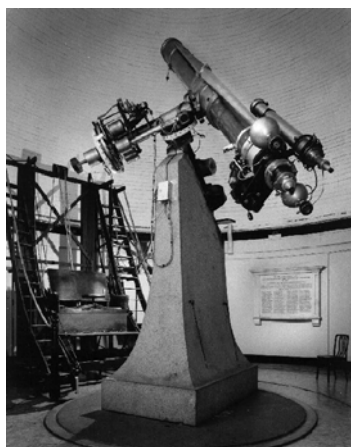


Рис. Меридианный фотометр

Пикеринг предложил использовать в качестве вспомогательной последовательности звездных величин Северный Полярный Ряд, и в начале этого столетия его предложение было принято. Это было сделано, чтобы уменьшить интервалы известных звездных величин и получить источники света с известным блеском, необходимые во время ночных наблюдений.

Результатом работ, проведенных в Гарвардской обсерватории (позднее распространенных и на южную полусферу), стал каталог Harvard Photometry, охватывающий 4260 звезд от северного полюса мира до

склонения — 30° , опубликованный в 1884 году. Примерно в то же самое время английский астроном Причард из обсерватории Оксфордского университета опубликовал другой обширный каталог, который явился результатом его наблюдений с помощью клинового фотометра, в котором для ослабления одного из источников света используется пластинка или клин постепенно возрастающей непрозрачности. В результате более точных наблюдений, проведенных в Потсдаме Мюллером и Кемпфом, был получен фотометрический каталог Potsdamer Photometrische Durchmusterung.

Согласно Бейли, к 1906 г. гарвардские наблюдатели провели более миллиона фотометрических сравнений примерно 50000 звезд; некоторые звезды, в особенности яркие, измерялись много раз. Пикеринг пересмотрел величины звезд ярче 6,5 величины, и в 1908 г. был издан исправленный каталог Revised Harvard Photometry, который стал стандартным справочником звездных величин ярких звезд. В 1913 г. вышел сводный каталог, охватывающий все звездное небо. Из двух миллионов наблюдений, потребовавшихся для этой работы, более половины было проведено самим Пикерингом.

В 1886—1889 годах Пикеринг с сотрудниками составил «Дрэперовский каталог звездных спектров», содержащий спектры 10351 звезды ярче 8-й величины со склонениями севернее — 25° (издан в 1890 г.). В 1897 г. дополнительно был издан каталог южных звезд. Классификация, использованная в этих каталогах, была разработана в Гарвардской обсерватории и применяется до настоящего времени. Продолжением работ, начатых Пикерингом, явилось создание его сотрудницей Э. Кэннон фундаментального «Дрэперовского каталога» (1918—1924 гг.), содержащего спектры почти 400 000 звезд.

Велики заслуги Пикеринга в изучении переменных звезд. В 1880 г. он создал первую математическую теорию изменения блеска Алголя и указал, что фотометрическая кривая блеска даёт возможность определить размеры компонентов. Разделил переменные звезды по типам, что послужило основой для современной классификации.

Разработал интерполяционный метод оценок блеска звезд («метод Пикеринга»). В 1889 году открыл существование спектрально-двойных звезд. Организовал в Гарварде и на наблюдательной станции Гарвардской обсерватории в Арекипе (Перу) систематическое фотографическое патрулирование всего неба широкоугольными камерами для поисков и изучения переменных звезд. При Пикеринге в Гарвардской обсерватории было открыто 3435 переменных звезд.

При обсерватории он создал подразделение «Гарвардские вычислители» (также широко известно его шуточное название — «Гарем Пикеринга»).



Рис. «Гарвардские вычислители»

Он нанял несколько способных девушек (в то время жалование женщин было в несколько раз меньше, чем у мужчин на той же работе), которые занимались механическими вычислениями. Некоторые из них позднее стали известными астрономами: Энни Кэннон, Вильямина Флеминг, Генриетта Ливитт, Антония Мори, Анна Уинлок.

Создал Американскую ассоциацию наблюдателей переменных звёзд, объединяющую квалифицированных любителей астрономии.

Глава 5-2-6

Чарльз Притчард

Чарльз Притчард (29 февраля 1808 — 28 мая 1893 гг.)
— английский астроном и педагог; доктор богословия.



Рис. Чарльз Притчард

Получив образование долгое время был преподавателем в средних учебных заведениях и только в возрасте 62-х лет начал астрономическую карьеру, заняв место профессора и директора обсерватории в Оксфорде. Его деятельность почти исключительно была посвящена астрофотографии и фотометрии.

Притчард первый применил фотографии к исследованию либрации Луны и определению параллаксов звёзд. Он улучшил устройство клинового фотометра, получившего теперь широкое применение. Результатом его фотометрических работ была «*Uranometria nova Oxoniensis*» (1885), заключающая определения яркости 2784 звёзд.



Часть 5-3

Спектрография

Содержание

Глава 5-3-1 (том-часть-глава).

Первые наблюдения спектров

Глава 5-3-2. Инфракрасное излучение

Глава 5-3-3. Уильям Хайд Волластон и ультрафиолетовое излучение

Глава 5-3-4. Йозеф Фраунгофер

Глава 5-3-5. Фраунгоферовы линии

Глава 5-3-6. Густав Роберт Кирхгоф

Глава 5-3-7. Спектральный анализ

Глава 5-3-8. Сэр Уильям Хёггинс

Глава 5-3-1

Первые наблюдения спектров

Первым начал исследовать оптические спектры Исаак Ньютон, в своём труде «Оптика», вышедшем в 1704 году. Он опубликовал результаты своих опытов разложения с помощью призмы белого света на отдельные компоненты различной цветности и преломляемости, то есть получил спектры солнечного излучения, и объяснил их природу, показав, что цвет есть собственное свойство собственно света, а не эффект, связанный с призмой, как утверждал Роджер Бэкон в XIII веке. Фактически, Ньютон заложил основы оптической спектроскопии: в «Оптике» он описал все три используемых поныне метода разложения света — преломление, интерференцию и дифракцию, а его призма с коллиматором, щелью и линзой была первым спектроскопом.

Первым употребил призму для определения «природы» окрашенного пламени, (различные тела испускают характеристические лучи только в газообразном состоянии) Томас Мелвилл (1726 — 1753 гг.), шотландец, ученик Александра Вилсона. Он изучал спектр пламени спирта, в который прибавлял последовательно нашатырь, квасцы, поташ, селитру, морскую соль. Мелвилл заметил, что почти во всех случаях появляется яркая желтая полоса, всегда занимавшая одно и то же место в спектре, иначе говоря, всегда существовали в пламени желтые лучи одной и той же преломляемости.

Из-за этого его иногда называют отцом спектроскопии, хотя он не установил источник линии и не предлагал свой эксперимент для спектрального анализа. Мелвилл объяснял действие призмы тем, что световые лучи разных цветов двигаются с разной скоростью и предположил, что спутники Юпитера меняют цвет на разных стадиях своей орбиты. Эксперимент Джеймса Шорта не подтвердил его гипотезу.

Глава 5-3-2

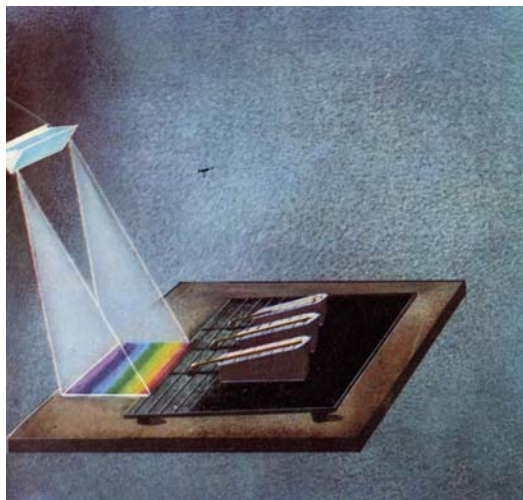
Инфракрасное излучение

Следующим важным шагом в изучении спектров стало открытие Уильямом Гершелем в 1800 году инфракрасного излучения. Занимаясь исследованием Солнца, Гершель искал способ уменьшить нагрев инструмента, с помощью которого велись наблюдения. Для этого он использовал разнообразные светофильтры. В процессе экспериментов ощущение солнечного тепла действительно менялось. Гершелю показалось, что «максимум тепла» лежит за насыщенным красным цветом и, возможно, «за пределами видимого преломления». Вооружившись призмой и термометрами, Гершель приступил к экспериментальной проверке.



Рис. Призма, которой пользовался Уильям Гершель

Субъективное ощущение оказалось верным: максимум тепла пропускал красный фильтр, минимум — зелёный. По мере продвижения к красному спектру видимого света, тепловое излучение усиливалось.



*Рис. Оборудование для эксперимента Гершеля.
Гравюра из «Philosophical Transactions», 1800*

Оказалось, что существуют лучи, не дающие света, но несущие тепло. Гершель назвал их «инфракрасными». Этот термин был использован им в двух статьях, опубликованных в 1800 году в «Философских трудах». Джозеф Бэнкс считал именно открытие инфракрасного излучения крупнейшим вкладом Гершеля в науку. Открытие невидимого излучения, действительно следует признать выдающимся. Это исследование не только положило начало изучению инфракрасного излучения, но и способствовало пониманию не очевидного факта, что существуют астрономические явления, которые не могут быть изучены только с помощью человеческого зрения, без применения специальных инструментов.

Глава 5-3-3

Уильям Хайд Волластон и ультрафиолетовое излучение

Уильям Хайд Волластон (6 августа 1766 — 22 декабря 1828 гг.) — английский учёный-химик, который открыл палладий (1803 г.) и родий (1804 г.), впервые получил в чистом виде платину (1803 г.). Открыл независимо от Иоганна Риттера ультрафиолетовое излучение (1801 г.), сконструировал рефрактометр (1802 г.) и гониометр (1809 г.).

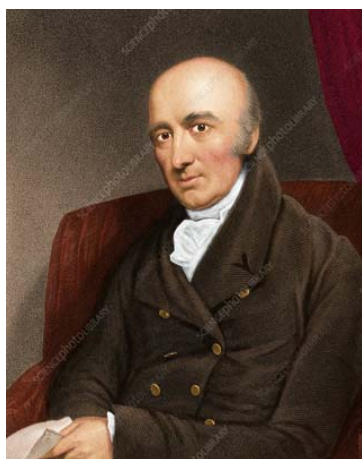


Рис. Уильям Хайд Волластон

Член (1793 г.), президент (июнь — ноябрь 1820 г.) и вице-президент (1820 — 1828 гг.) Лондонского королевского общества, иностранный член Парижской академии наук (1823 г.).

Уильям Хайд Волластон родился в Норфолке в семье священника-астронома Фрэнсиса Волластона. Получил

образование в Чартерхаусе и колледже Гонвил и Киз. Изучал медицину в Оксфорде и Лондоне, получил звание врача и стал заниматься практикой в Лондоне. Места в госпитале Святого Георгия он не получил, ему предпочли другого, по его мнению, менее достойного, он бросил медицину и занялся физикой и химией.

Волластон сконструировал рефрактометр (1802 г.) — прибор, измеряющий показатель преломления света в среде. Рефрактометрия — это метод исследования веществ, основанный на определении показателя преломления (рефракции) и некоторых его функций. Поскольку щель и призма — компоненты спектрального прибора, эксперимент Волластона можно рассматривать как первый шаг в спектроскопическом приборостроении.

С его помощью Уильям Волластон обнаружил в спектре Солнца семь темных деталей (провалов), которые он интерпретировал как границы естественных цветов. Эти детали наблюдались в том случае, когда солнечный свет проходил через узкую щель.

Независимо от Иоганна Вильгельма Риттера открыл ультрафиолетовое излучение (1801 г.).

Открытие Иоганна Вильгельма Риттера

После того, как было обнаружено инфракрасное излучение, немецкий химик Риттер начал поиски излучения с длинами волн короче, чем у излучения фиолетового цвета.

В 1801 году он обнаружил, что хлорид серебра, разлагающийся под действием света, быстрее разлагается под действием невидимого излучения за пределами фиолетовой области спектра. Хлорид серебра белого цвета быстро темнеет на свету. Разные участки спектра по-разному влияют на скорость потемнения. Быстрее всего это происходит перед фиолетовой областью спектра. Учёные, включая Риттера, пришли к соглашению, что свет состоит из трёх компонентов: окислительного или теплового (инфракрасного), осветительного (видимого света), и восстановительного (ультрафиолетового).

Глава 5-3-4

Йозеф Фраунгофер

Йозеф Фраунгофер (6 марта 1787 — 7 июня 1826 гг.) — немецкий физик, оптик.

Сын бедного стекольщика, работал в мастерской отца. После его смерти (1798 г.) в двенадцать лет поступил обучаться, затем работать в зеркальной и стекольной мастерской в Мюнхене.



Рис. Йозеф Фраунгофер

Свободные от работы часы Фраунгофер посвящал чтению и самообразованию. По выходе из ученья он приобрел машину для шлифовки оптических стекол, но принужден был добывать себе средства для жизни гравировкой визитных карточек. Фраунгофер чуть было не погиб под развалинами обрушившегося дома, в

котором жил, но, будучи освобожден из-под развалин здоровым и невредимым, обратил на себя особое внимание баварского курфюрста Максимилиана-Иосифа, который помог Фраунгоферу получить дальнейшее математическое образование.

С 1806 года — ассистент математического и оптического института (находился в Мюнхене, затем в Бенедиктбёйерне), где изготавливались линзы и оптическая аппаратура. Благодаря трудолюбию и знаниям стал с 1809 года одним из его руководителей, в 1818 году — директором. Основанная в 1814 году при участии Фраунгофера фирма «Утцшнейдер и Фраунгофер», быстро приобрела мировую известность как выпускающая высококачественные оптические приборы, главным образом рефракторы и зрительные трубы, для крупных обсерваторий.

Фраунгофер ввел новый важный элемент в монтировку телескопов, направив одну из осей вращения инструмента на Полюс Мира. Труба телескопа закреплялась таким образом, что она могла вращаться вокруг этого направления, составляя с ним угол, равный склонению наблюдаемого светила.

Приспособив механизм, заставляющий ось склонений вращаться в указанном направлении, он получил возможность обеспечить следование телескопа за светилами в их суточном движении, так что в поле зрения эти объекты оставались неподвижными. Подобная монтировка оказалась исключительно удобной для наблюдательной астрономии, в особенности при фотографировании звезд и при получении их спектров.

Фраунгоферу принадлежит также усовершенствование инструмента для точного определения угловых расстояний между двумя близкими друг к другу небесными объектами. Пьер Бугер еще задолго до работ Фраунгофера в 1724 году 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.

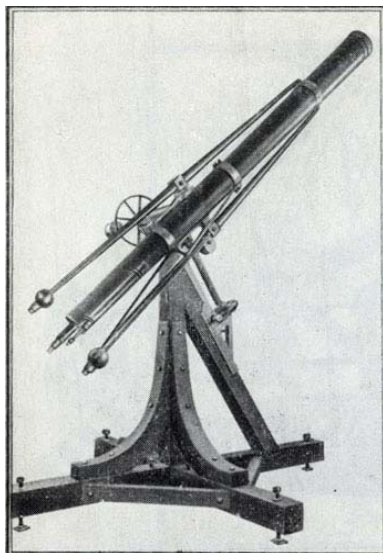


Рис. Монтировка Йозефа Фраунгофера

В 1753 году 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. Этот прибор был модифицирован Фраунгофером, который поместил обе половины объектива в оправу, снабдив ее градуированным микрометрическим винтом для точного определения смещения половин объектива. С помощью гелиометра угловые расстояния между звездами определялись гораздо точнее, чем при использовании нитяного микрометра.

Глава 5-3-5

Фраунгоферовы линии

Развитие оптического приборостроения зависело не только от преодоления технологических трудностей, но и от экономических и политических обстоятельств. Так, в большинстве европейских государств до 1845 г. были весьма высокие налоги на производство стекла: оно считалось предметом роскоши. А эмбарго на ввоз товаров из Англии способствовало независимому развитию стекловарения в Германии.

Первая из решавшихся Фраунгофером в Оптическом институте задач состояла в усовершенствовании процесса изготовления стекол, из которых делались линзы для телескопов. Он начал с улучшения технологии отливки больших стеклянных дисков, служивших заготовками для линз. После многих испытаний Фраунгофер смог добиться того, что в изготавливаемых из флинтгласа дисках диаметром 20–30 см не содержалось внутренних дефектов. Другая задача состояла в нахождении способов точного определения показателей преломления света разных цветов в линзах и призмах.

Первый астрономический спектроскоп состоял из цилиндрической линзы, 60-градусной призмы из флинта и небольшого теодолита ($D = 2,5$ см). Фраунгофер использовал эти линии для определения показателя преломления у оптических стекол разных сортов.

Физик В. Волластон еще в 1802 году обнаружил, что в прошедшем через призму свете от Солнца на фоне непрерывно меняющегося цвета имеются узкие темные полосы — «линии».

Фраунгофер обнаружил более 500 таких линий и систематизировал их «по силе», обозначив наиболее выдающиеся из них буквами A, B, C, D, E, F, G, H. Некоторые провалы, обнаруженные Волластоном,

оказались состоящими из тесно расположенных линий. Они получили название фраунгоферовых.

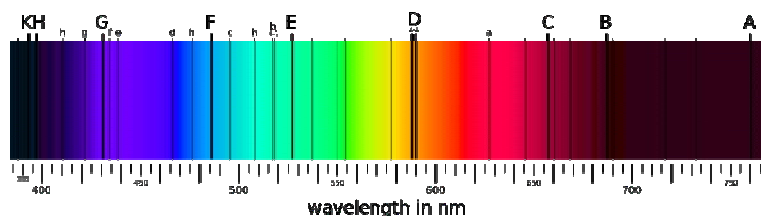


Рис. Фраунгоферовы линии

Еще в 1815 году Фраунгофер, повторив наблюдение Томаса Мелвилла, обнаружил, что положение яркой желтой линии, наблюдаемой в спектре пламени масляной горелки, совпадает с положением темной линии в спектре Солнца, обозначенная им D. Однако найти объяснение этому факту он не смог.

В 1817 году Фраунгофер усовершенствовал свой спектроскоп, установив призму с углом $\sim 38^\circ$, и наблюдениям стали доступны Луна, планеты и яркие звезды (Сириус, Капелла, Бетельгейзе). Он установил, что подобные темные линии появляются при прохождении сквозь призму света и от этих небесных светил. С 1823 года он стал использовать рефрактор ($D = 10$ см) с предобъективной призмой и обнаружил темные линии в спектрах шести звезд.

Отмечая сходство спектров Солнца, Луны и планет, ученый предположил, что каждая звезда обладает уникальным набором линий. Последнее послужило доказательством, что фраунгоферов спектр формируется вне атмосферы Земли. Итак, развитию спектроскопии звезд в немалой степени способствовали потребности оптического производства, высокие налоги на стекло и межгосударственные санкции.

Глава 5-3-6

Густав Роберт Кирхгоф

Густав Роберт Кирхгоф (12 марта 1824 — 17 октября 1887 гг.) — немецкий физик XIX века.

Член Берлинской академии наук (1875 год), иностранный член Лондонского королевского общества (1875 год), член-корреспондент Петербургской академии наук (1862 год), Парижской академии наук (1870 год).



Рис. Густав Роберт Кирхгоф

Родился 12 марта 1824 года в Кёнигсберге. В 1842 — 1846 годах изучал математику и физику в Кёнигсбергском университете, а в 1847 году уже выступил в качестве

приват-доцента в Берлине. В 1850 — 1854 годах, в качестве экстраординарного профессора, читал лекции в Бреслау, затем до 1874 года исполнял должность ординарного профессора в Гейдельберге, откуда в 1875 году перешёл в Берлин; где в том же году стал ординарным членом Берлинской академии наук. Умер в Берлине 17 октября 1887 году.

Кирхгоф, был прекрасным знатоком математики и обладал редким умением плодотворно прилагать эти знания к труднейшим вопросам математической физики, в области которой преимущественно работал. Уже первые его работы, связанные с исследованием электричества (1845 — 1847 гг.) послужили основой для множества работ других учёных.

Одновременно Кирхгоф обнаружил ряд замечательных работ по механике, относящихся главным образом к теории деформации, равновесия и движения упругих тел.

Свои взгляды на основные принципы механики Кирхгоф изложил в весьма известных лекциях по механике, содержащих и решение множества трудных вопросов теорий упругости и течения жидкости; в этом сочинении Кирхгоф старался отрешиться от необходимости введения в основу механики понятий о массе и силе в причинной связи с движением.

Но наибольшей известностью пользуются работы Кирхгофа над излучением; ряд опытных (совместно со знаменитым химиком Бунзеном) и теоретических работ над этим вопросом (1858 — 1860 гг.) привели к объяснению Фраунгоферовых линий и к созданию нового метода, чрезвычайно важного по своим приложениям в физике, химии и астрономии, — спектрального анализа.

Затем следовал целый ряд работ по термодинамике паров и растворов и по оптике. Последние исследования Кирхгофа касались изменений формы тел под влиянием магнитных и электрических сил (1884 — 1885 гг.).

Глава 5-3-7

Спектральный анализ

Французский философ-позитивист Огюст Конт писал в 1835 году в своем «Cours de philosophic positive» («Курсе позитивной философии») о небесных телах: «Мы представляем себе возможность определения их форм, расстояний, размеров и движений, но никогда, никакими средствами мы не сможем изучить их химический состав, их минералогическое строение, природу органических существ, живущих на их поверхности». И несколькими страницами дальше: «Я остаюсь при своем мнении, что любое знание истинных средних температур звезд неизбежно должно быть навсегда скрыто от нас».

В 1852 году Огюст Конт, доказывая состоятельность своего учения, повторил, что наука принципиально не способна установить химический состав звезд.

Действительно, после Фраунгофера в течение 40 лет все попытки исследовать спектры звезд оказались неудачными.

Правда, в 1826 году Фокс Талбот (1800 — 1877 гг.) был близок к решению этой задачи, но не решился сформулировать основной принцип спектрального анализа, поскольку не смог объяснить результаты своих опытов. Он склонялся к мысли, что всякая отдельная линия в спектре указывает на присутствие в исследуемых газах определенного вещества. Значит, если видна линия, то горит именно это вещество. Неизменное присутствие в спектрах все той же желтой линии приводило его в замешательство.

Только в 1857 году, Вильям Сван (1817 — 1871 гг.) установил, что желтая линия D излучается натрием, очень распространенным в природе, а потому фиксируется при каждом наблюдении.

Следует еще отметить работы Чарльза Витстона (1802 — 1875 гг.) В 1835 г. он описал спектральные исследования вольтовой дуги при накаливании углей и различных металлов и заключил, что им соответствуют различные характеризующие их спектры; это было одно из первых указаний на возможность химического анализа оптическим путем.

Результаты всех этих опытов позволили в 1859 — 1862 годах немецким ученым — выдающемуся физику Густаву Роберту Кирхгофу (1824 — 1887 гг.) и известному химику Роберту Вильгельму Бунзену (1811 — 1899 гг.) заложить основы спектрального анализа.

Кирхгоф так сформулировал принцип спектрального анализа:

«...соответствие между спектром и качеством излучающего источника» позволяет «по свету, который посылает тело, заключить о его химическом составе...».

В 1859 году Кирхгоф писал:

«Во время проведенного совместно Бунзеном и мною исследования о спектрах окрашенного пламени, давшего нам возможность определить содержание сложных смесей по спектру их пламени на паяльной трубке, я сделал несколько наблюдений, которые дают неожиданное указание в отношении происхождения фраунгоферовых линий и позволяют сделать на их основании выводы о составе атмосферы Солнца и, возможно, ярчайших звезд».

Кирхгоф показал, что светящееся твердое или жидкое тело дает непрерывный спектр; тогда как вещества, находящиеся в газообразном состоянии, дают спектр, состоящий из светлых линий, и эти светлые линии зависят от рода вещества и его характерных особенностей. Следовательно, о присутствии в данном раскаленном теле какого-нибудь вещества в газообразной форме можно судить по наличию в спектре его характерных линий.

Согласно закону Кирхгофа, способность тела поглощать волны данной длины, прямо пропорциональна его способности испускать те же самые лучи. Если, например, свет раскаленного твердого или жидкого тела проходит через газ, то газ поглощает те лучи, которые сам

способен испускать. Если он испускает их больше, чем поглощает, то в спектре появляются соответствующие светлые линии, если же он поглощает их большее, чем сам испускает, то в спектре появляются темные линии в тех самых местах, в которых должны были находиться светлые линии. Проще говоря, если свет от раскаленного твердого тела проходит через газ, обладающий более высокой температурой, то в спектре появятся светлые линии, если же температура газа ниже температуры раскаленного тела, то в спектре видны темные линии.

Глава 5-3-8

Сэр Уильям Хёггинс

Сэр Уильям Хёггинс (7 февраля 1824 — 12 мая 1910 гг.) — английский астроном, член Лондонского королевского общества (1865 г.), его президент в 1900-1905 годах. Иностранный член-корреспондент Петербургской АН (1901 год).

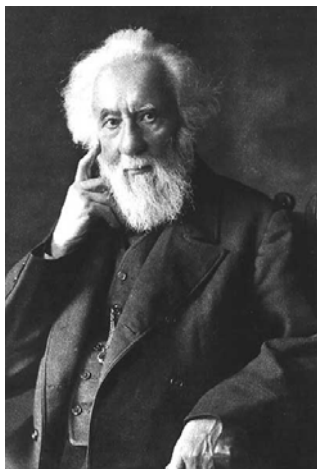


Рис. Сэр Уильям Хёггинс

Родился в Лондоне. Образование получил под руководством частных преподавателей. В 1842 — 1854 годах вел торговые дела своей семьи. В 1854 году переехал в Талс-Хилл (вблизи Лондона), где в 1856 году оборудовал собственную обсерваторию. Здесь работал до конца жизни.

Один из пионеров астроспектроскопии. Начал регулярные занятия астрономией с наблюдений планет (1858 — 1860 годах). Хёггинс одним из первых оценил значение открытого Г. Р. Кирхгофом и Р. В. Бунзеном метода спектрального анализа для изучения небесных тел.

Он сконструировал спектроскоп и начал наблюдения звездных спектров на 8-дюймовом телескопе. После обширных наблюдений лабораторных и звездных спектров показал в 1863 году, что яркие звезды имеют сходное с Солнцем строение и что их наблюдаемое излучение испускается горячим веществом и проходит через вышележащие слои поглощающих газов.

В 1863 году Уильям Хаггинс и английский химик Уильям Аллен Миллер использовали процесс влажной коллодиевой пластинки для получения первой в истории фотографической спектрограммы звезды Сириуса и Капеллы.

В 1864 году Хаггинс записал спектры NGC 6543 (туманность Кошачий глаз), яркой планетарной туманности в созвездии Дракона. Однако вместо серии спектральных линий он обнаружил только одну яркую линию излучения. Он пришел к выводу, что это произошло из-за газа, доказав тем самым, что некоторые «туманности» на самом деле являются газообразными и не состоят из отдельных звезд.

В 1864 году впервые наблюдал спектры светящихся туманностей, состоящие из отдельных эмиссионных линий, и доказал, что эти туманности являются газовыми. Выполнил первые спектроскопические наблюдения новой звезды — Новой Северной Короны 1866 — и обнаружил существование светящейся газовой оболочки вокруг нее.

Наблюдал спектры трех комет и показал, что они содержат полосы, принадлежащие углероду и его

соединениям CN и CH_2). Одним из первых использовал принцип Доплера-Физо для определения лучевых скоростей звезд по сдвигу линий поглощения в их спектрах. В 1868 году измерил лучевую скорость Сириуса. Начиная с 1875 года, занимался фотографированием спектров звезд, планет, Луны; усовершенствовал методику астрофотографии.

Глава 5-3-9

Джованни Баттиста Донати

Джованни Баттиста Донати (16 декабря 1826 — 20 сентября 1873) — итальянский математик и астроном.



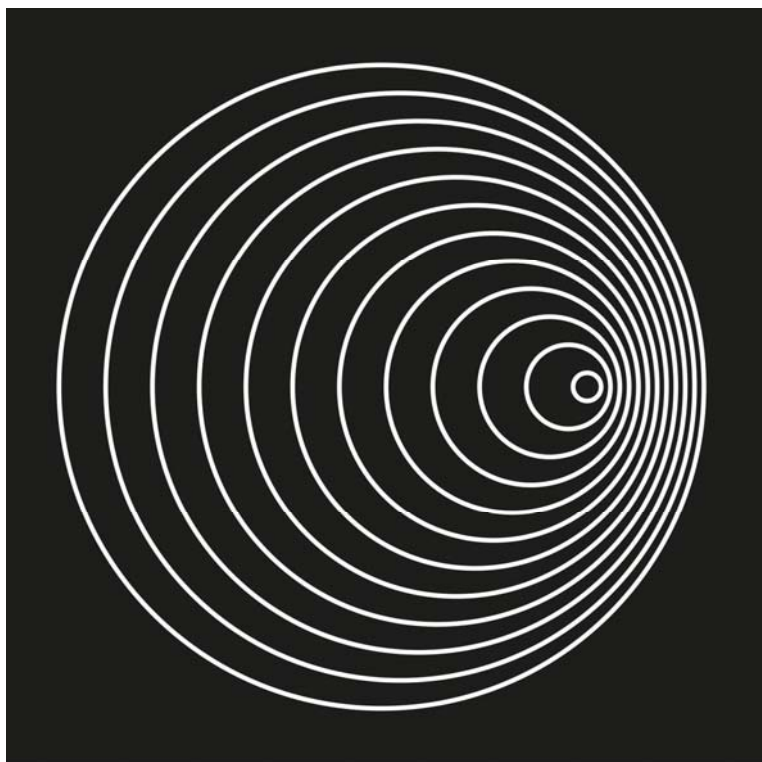
Рис. Джованни Баттиста Донати

Донати родился в Пизе 6 декабря 1826 года. Обучение проходил в Пизанском университете. С 1852 года работал

в обсерватории Музея физики и естественной истории во Флоренции. Там он занимался астрономией под руководством Амичи. В 1864 года стал директором обсерватории. Читал увлекательные публичные лекции по астрономии. Донати был инициатором создания астрофизической обсерватории в Арчетри и лично руководил её сооружением в 1864 — 1872 годах. Однако в 1873 году на метеорологическом конгрессе в Вене Донати заболел холерой и по возвращении во Флоренцию умер.

В 1854 — 1864 годах Донати открыл пять комет. Большая комета C/1858 L1, открытая астрономом в 1858 году, оказалась одной из самых ярких и интересных в истории астрономии и была названа в его честь «кометой Донати».

Донати один из первых применил спектральный анализ при изучении Солнца, звёзд и комет. Изучение спектра комет позволило Донати установить наличие газов в их составе. Во время солнечных затмений 1870 и 1872 года выполнил наблюдения с помощью построенных им двух спектрографов с 5 и 25 призмами. Изучал полярные сияния и первым указал на их связь с Солнцем. Объяснил мерцание звёзд как результат изменений атмосферной рефракции на пути луча света при прохождении его через земную атмосферу.



Часть 5-4

Принцип Доплера. XIX век

Содержание

- 5-4-1. (том-часть-глава) Эффект Доплера
- 5-4-2. Экспериментальная проверка эффекта Доплера
- 5-4-3. Критика публикации Доплера
- 5-4-4. Первые определения лучевых скоростей
- 5-4-5. Кристиан Доплер
- 5-4-6. Ипполит Физо
- 5-4-7. Герман Карл Фогель
- 5-4-8. Эдвин Брант Фрост
- 5-4-9. Спектрально-двойные звезды
- 5-4-10. Антония Каэтана Мори
- 5-4-11. Аристарх Аполлонович Белопольский

Глава 5-4-1

Эффект Доплера

Эффект Доплера — изменение частоты и, соответственно, длины волны излучения, воспринимаемой наблюдателем (приёмником), вследствие движения источника излучения относительно наблюдателя (приёмника). Эффект назван в честь австрийского физика Кристиана Доплера.



Рис. Эффект Доплера

Причина эффекта Доплера заключается в том, что, когда источник волн движется в направлении наблюдателя, каждый последующий гребень волны выходит из положения, более близкого к наблюдателю, чем гребень предыдущей волны. Таким образом, каждой последующей волне необходимо немного меньше времени, чтобы добраться до наблюдателя, чем предыдущей волне. Следовательно, время между приходом последовательных гребней волн на наблюдателя сокращается, вызывая увеличение частоты.

Однажды Кристиан Доплер наблюдал за волнами на воде и подумал, что подобные явления происходят в воздухе с другими волнами. В 1842 году он, используя волновую теорию, теоретически обосновал зависимость частоты звуковых и световых колебаний, воспринимаемых наблюдателем, от скорости и

направления движения источника волн и наблюдателя относительно друг друга. В своей статье «О цветном свете двойных звезд и некоторых других звезд на небесах» Доплер утверждал, что приближение источника света к наблюдателю увеличивает наблюдаемую частоту, а отдаление уменьшает её.

Доплер использовал этот принцип в астрономии и провёл параллель между акустическим и оптическим явлениями. Он полагал, что все звёзды излучают белый свет, однако цвет меняется из-за их движения к или от Земли (этот эффект для рассматриваемых Доплером двойных звёзд очень мал). Хотя изменения в цвете невозможно было наблюдать с оборудованием того времени, теория о звуке была проверена уже в 1845 году. Только открытие спектрального анализа дало возможность экспериментальной проверки эффекта в оптике.

Эффект Доплера легко наблюдать на практике, когда мимо наблюдателя проезжает машина с включённой сиреной. Предположим, сирена выдаёт какой-то определённый тон, и он не меняется. Когда машина не движется относительно наблюдателя, тогда он слышит именно тот тон, который издаёт сирена. Но если машина будет приближаться к наблюдателю, то частота звуковых волн увеличится, и наблюдатель услышит более высокий тон, чем на самом деле издаёт сирена. В тот момент, когда машина будет проезжать мимо наблюдателя, он услышит тот самый тон, который на самом деле издаёт сирена. А когда машина проедет дальше и будет уже отдаляться, а не приближаться, то наблюдатель услышит более низкий тон, вследствие меньшей частоты звуковых волн.

Для волн (например, звука), распространяющихся в какой-либо среде, нужно принимать во внимание движение как источника, так и приёмника волн относительно этой среды. Для электромагнитных волн (например, света), для распространения которых не нужна никакая среда, в вакууме имеет значение только относительное движение источника и приёмника.

Глава 5-4-2

Экспериментальная проверка эффекта Доплера

В 1845 году голландский метеоролог из Утрехта, Христофор Хенрик Дидерик Бёйс-Баллот, подтвердил эффект Доплера для звука на железной дороге между Утрехтом и Амстердамом. Локомотив, достигший невероятной на то время скорости 40 миль/час (64 км/час), тянул открытый вагон с группой трубачей. Баллот слушал изменения тона во время движения вагона при приближении и удалении. В тот же год Доплер провел эксперимент, используя две группы трубачей, одна из которых двигалась от станции, а вторая оставалась неподвижной. Он подтвердил, что, когда оркестры играют одну ноту, они находятся в диссонансе.

В 1846 году Доплер опубликовал пересмотренную версию своей теории, в которой он рассматривал как движение источника, так и движение наблюдателя. Позднее в 1848 году французский физик Арман Физо обобщил работы Доплера, распространив его теорию и на свет (рассчитал смещение линий в спектрах небесных светил). В 1860 году Эрнст Мах предсказал, что линии поглощения в спектрах звёзд, связанные с самой звездой, должны обнаруживать эффект Доплера, также в этих спектрах существуют линии поглощения земного происхождения, не обнаруживающие эффект Доплера. Первое соответствующее наблюдение удалось провести в 1868 году Уильяму Хаггинсу.

Прямое подтверждение формул Доплера для световых волн было получено Г. Фогелем в 1871 году путём сравнения положений линий Фраунгофера в спектрах, полученных от противоположных краёв солнечного экватора. Относительная скорость краёв, рассчитанная по значениям измеренных Г. Фогелем спектральных интервалов, оказалась близка к скорости, рассчитанной по смещению солнечных пятен.

Глава 5-4-3

Критика публикации Доплера

Главным основанием для критики статьи Доплера являлось то, что статья не имела экспериментальных подтверждений и была исключительно теоретической. Хотя общее объяснение его теории и вспомогательные иллюстрации, которые он привел для звука, и были верны, объяснения, которые он привел в подтверждение своего метода, в частности, девять поддерживающих аргументов об изменении цвета звёзд были ошибочны.

Доплер полагал, что свет звезды станет краснее, если расстояние между Землей и звездой увеличивается, и станет более фиолетовым при сокращении этого расстояния. Однако подобного эффекта не наблюдается при относительном движении со скоростями в десятки и даже сотни километров в секунду. При смещении источника света невидимый близкий ультрафиолет становится видимым, тогда как видимое красное излучение смещается в инфракрасную область.

Доплер заблуждался, считая, что все звёзды излучают белый свет, он, видимо, не знал об открытиях инфракрасного (У. Гершель) и ультрафиолетового излучения (И. Риттер, У. Волластон).

Хотя к 1850 году эффект Доплера был подтверждён экспериментально для звука, его теоретическая основа вызвала острые дебаты, которые спровоцировал Йозеф Пецваль. Основные возражения Пецваля были основаны на преувеличении роли высшей математики. Он ответил на теорию Доплера своей работой «Об основных принципах волнового движения: закон сохранения длины волны», представленной на встрече Академии Наук 15 января 1852 года. В ней он утверждал, что теория не может представлять ценности, если она опубликована всего на 8 страницах и использует только простые уравнения. В своих возражениях Пецваль смешал два

абсолютно разных случая движения наблюдателя и источника и движения среды. В последнем случае, согласно теории Доплера, частота не меняется.

В 1913 году Уильям Кэмпбелл утверждал в своем знаменитом труде «Звездные движения», что Доплер ошибался и что еще в 1848 году французский физик и астроном Физо доказал, что при радиальном движении непрерывный спектр не меняется. Кэмпбелл утверждал, что доплеровское смещение можно обнаружить только по смещению линий поглощения или излучения в звездном спектре.

Позднее было установлено, что когда относительная скорость Земли и источника света очень велики — порядка 0,2 — 0,5 скорости света, непрерывный спектр источника заметно меняется. Американец Баум в обсерватории Маунт Вилсон провел исследование распределения энергии в спектрах очень далеких, быстро удаляющихся галактик с нормальными спектрами. Эти спектры были бы похожи на солнечный, если бы галактики были неподвижны, но наблюдаемые спектры показывают заметное смещение кривой распределения энергии в спектре в целом (и особенно заметно смещение максимума энергии) к его красному концу.

Однако у звезд, принадлежащих Млечному Пути, скорость движения относительно Земли никогда не превышает нескольких сот километров в секунду, и поэтому смещение кривой распределения энергии в непрерывном спектре не может быть замечено.

Глава 5-4-4

Первые определения лучевых скоростей

Впервые принцип Доплера был применен на практике для определения лучевых скоростей звезд по сдвигу линий поглощения в их спектрах Уильямом Хёггинсом на его частной обсерватории. Лучевая скорость — это скорость изменения расстояния между объектом и наблюдателем, точнее, проекция скорости объекта на луч зрения.

Хёггинс использовал визуальный спектроскоп, укрепленный на небольшом рефракторе. В 1868 году он измерил лучевую скорость Сириуса. Он обнаружил микроскопическое смещение темной водородной линии (F) в спектре Сириуса и сделал вывод, что эта звезда удаляется от солнечной системы со значительной скоростью.

Такие наблюдения, однако, были отягощены серьезными систематическими ошибками.

Например, для яркой звезды Арктур один наблюдатель давал скорость удаления 73 км/сек, тогда как другой получал 89 км/сек. Первые надежные визуальные определения лучевых скоростей были произведены на Ликской обсерватории около 1890 году Джеймсом Киллером (1857 — 1900 г.), который был не только искусным наблюдателем, но и располагал мощным 36-дюймовым телескопом, хорошим спектроскопом и работал при идеальных атмосферных условиях. Килер получил для Арктура скорость приближения 6 км/сек. Принятое сейчас значение скорости приближения Арктура составляет 5,2 км/сек. Оно вычислено по измерениям 628 спектрограмм, полученных на 16 обсерваториях.

Эра точных измерений лучевых скоростей началась с работ немецких астрономов Фогеля и Шейнера на Потсдамской обсерватории (1888 — 1891 гг.). Средние вероятные ошибки их определений составляли только 2,6

км/сек, что соответствовало увеличению точности почти в 10 раз по сравнению с ранними измерениями. Астрономы из разных стран приезжали в Потсдам для изучения техники измерения лучевых скоростей. Среди них были Фрост, который применил этот метод на Йеркской обсерватории, и Белопольский, который активно работал в этой области в течение 25 лет в Пулковке. На Ликской обсерватории высокоточные измерения были начаты Кэмпбеллом. Он сконструировал знаменитый трехпризменный спектрограф Миллса, которым пользуются до сих пор (с небольшими усовершенствованиями).

В конце XIX в. Хёггинс, говоря о перспективах измерений лучевых скоростей, заключил:

«В недалеком будущем этот метод работы, без сомнения, займет важное место в астрономии, и, по-видимому, именно благодаря ему в грядущем столетии будут сделаны многие важные открытия».

По лучевой скорости может быть получено громадное количество ценной информации. Именно на базе исследования лучевых скоростей ведется изучение некоторых типов звезд (таких, как спектрально-двойные и пульсирующие переменные), расширяющихся газовых оболочек, движений внутри газовых туманностей, статистики звездных движений и т. д.

Самое примечательное различие между астрономией и связанными с нею науками состоит в том, что для открытия новых свойств Вселенной требуется гораздо больше времени и необычайная точность измерений. Как правило, астроном не может ставить эксперименты, а исследуемые природные явления обычно представляют собой сложную совокупность многих различных процессов.

Глава 5-4-5

Кристиан Доплер

Кристиан Андреас Доплер (29 ноября 1803 — 17 марта 1853 гг.) — австрийский математик и физик, профессор, первый директор Института физики Венского университета, почётный доктор Пражского университета, член Королевского научного общества Богемии и Венской академии наук.



Рис. Кристиан Андреас Доплер

Наиболее известен своими исследованиями в области акустики и оптики, он первым обосновал зависимость частоты звуковых и световых колебаний, воспринимаемых наблюдателем, от скорости и

направления движения источника волн и наблюдателя относительно друг друга. Физический эффект, открытый Доплером, является неотъемлемой частью современных теорий о происхождении Вселенной (таких как теория Большого взрыва и красного смещения), используется в прогнозировании погоды, в изучении движения звёзд и диагностике сердечно-сосудистых заболеваний, лежит в основе функционирования радаров и систем навигации.

Кристиан Доплер родился 29 ноября 1803 года в Зальцбурге. Отец Доплера был каменотёсом и занимался поставкой мраморных плит и алтарей в Аугсбург, Мюнхен, Линц, Вену и Штирию, а также для резиденции Людвига I Баварского. Кристиан рос в среде каменщиков и с ранних лет учился этому ремеслу.

В детстве Доплер посещал начальную школу в Зальцбурге и среднюю школу в Линце, во время учёбы в которых проявил выдающиеся способности к математике. В 1822 — 1825 годах Доплер, по рекомендации профессора математики Зальцбургского лицея, учился в Венском политехническом институте.

В 1825 году он вернулся в родной Зальцбург и прослушал курс лекций по философии в Зальцбургском лицее. Около года Доплер зарабатывал на жизнь уроками физики и математики в колледже Святого Руперта, после чего изучал высшую математику, механику и астрономию в Венском университете.

В 1829 году Доплер получил должность ассистента профессора высшей математики и механики Венского университета Адама вон Бёрга. За время работы в Венском университете он опубликовал четыре статьи по математике, первая из которых называлась «Вклад в теорию параллелей». В университете Доплер так и не смог получить академическую должность и начал поиски другого места работы. Он подавал заявления в институты Линца, Любляны, Вены, Цюриха, Праги, однако ему было отказано.

С 1833 года учёный в течение полутора лет работал клерком на хлопчатобумажной фабрике в Зальцбурге. Из-

за невозможности профессиональной реализации Доплер решил эмигрировать в США и обратился к американскому консулу в Мюнхене с вопросом о возможности эмиграции и преподавательской деятельности в США. Но в это же время он получил два предложения в Европе и принял одно из них.

В 1835 году Доплер стал учителем элементарной математики и вычислений в Государственной средней школе в Праге. Помимо работы в школе, с 1836 года Доплер преподавал в Пражском политехническом институте. В период с 1835 по 1841 годы Доплер проводил много времени в тесных и душных аудиториях, он читал лекции примерно 400 студентам. Современники полагали, что именно в эти годы он заболел лёгочным туберкулёзом, от которого впоследствии умер.

В марте 1841 года Доплер получил должность профессора практической геометрии и элементарной математики в Пражском политехническом институте. Несмотря на состояние здоровья и изматывающую преподавательскую деятельность, Доплер продолжал интенсивно заниматься наукой. Его научные интересы лежали в таких областях физики как оптика и акустика. Он опубликовал новый метод определения расстояний, исследовал абберрации света, работал над теорией микроскопа и теорией цветов, устройством оптического дальномера, предложил применение фотографических методов в астрономии. Он также исследовал электричество и магнетизм, изменение магнитного склонения со временем.

25 мая 1842 года на заседании отделения естественных наук Королевского научного общества Богемии в Праге он представил статью, которая впоследствии сделала его широко известным — «О цветном свете двойных звезд и некоторых других звезд на небесах». Эта статья была опубликована в трудах Общества в следующем году.

Исходя из собственных наблюдений за волнами на воде, Доплер предположил, что подобные явления происходят в воздухе с другими волнами. На основании волновой теории он вывел, что приближение источника

света к наблюдателю увеличивает наблюдаемую частоту, отдаление уменьшает её. Доплер теоретически обосновал зависимость частоты звуковых и световых колебаний, воспринимаемых наблюдателем, от скорости и направления движения источника волн и наблюдателя относительно друг друга. Это явление впоследствии было названо его именем — эффектом Доплера.

Вскоре после представления своей статьи Доплер был избран членом Королевского научного общества Богемии. В 1847 году он получил почётное звание доктора Пражского университета, а в 1848 году был избран членом Австрийской академии наук.

В 1844 году у Доплера начало ухудшаться здоровье, появились жалобы от студентов и учёный взял отпуск по болезни. Он вернулся к своей работе только в 1846 году. В 1847 году учёный перешел на должность профессора математики, физики и механики в Горной академии (англ.)русск. в небольшом городе Банска-Штьявница. Политическая нестабильность в 1848 году вынудила Доплера переехать в Вену на должность профессора практической геометрии Политехнического института. Указом Императора Франца Иосифа I от 17 января 1850 года он был назначен первым директором нового Института физики Венского университета.

В ноябре 1852 года он переехал в Венецию, воздух которой в то время рекомендовался людям с лёгочными заболеваниями. Несмотря на плохое самочувствие, Доплер продолжал работать. После пяти месяцев болезни 17 марта 1853 года Кристиан Доплер скончался от туберкулеза.

У Доплера было немного друзей. В 1832 году в Венском университете он познакомился с профессором философии Францем Экснером, который стал его лучшим другом. В Праге его другом и ментором был Бернард Больцано, который рекомендовал Доплера в Королевское научное общество Богемии и был председателем общества во время презентации его знаменитой статьи.

Глава 5-4-6

Ипполит Физо

Арман Ипполит Луи Физо (23 сентября 1819 — 18 сентября 1896 гг.) — французский физик.

Член Парижской академии наук (1860 г.), Бюро долгот (1878 г.), иностранный член Лондонского королевского общества (1875 г.).

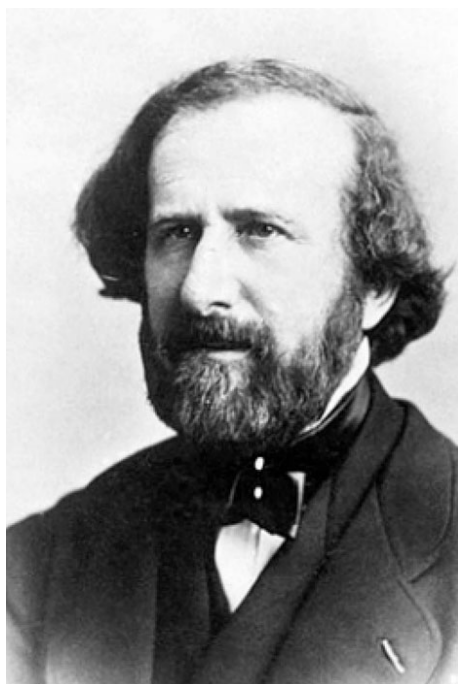


Рис. Арман Ипполит Луи Физо

Физо, сын профессора парижского медицинского факультета, по окончании курса в колледже св.

Станислава готовился к медицинской карьере, но очень слабое здоровье не позволило ему это осуществить. Физо посещал лекции Араго по астрономии, Реньо — по оптике и изучал литографированные курсы Политехнической школы. В возрасте 19 лет он занялся дагерротипией и уже через два года усовершенствовал в значительной мере дагерротипный процесс, применив хлористое золото и бромирование серебряного слоя.

Первые его труды были опубликованы в 1840—1841 годах в отчётах Парижской академии наук: «Image photographique sur metal fixée par un procédé qui n'altère ni la pureté, ni la viguerie du dessin» («C. R.», X, 488) и «Emploi du brome dans la photographie sur plaques métalliques» («C. R.», XII, 1189). В этих заметках он первый указал приёмы, посредством которых можно было получать блестящее прочное дагерротипное изображение даже при сравнительно короткой экспозиции.

Во время работы по дагерротипии Физо сдружился с Фуко. Воодушевляемые идеями Араго и лично поощряемые им в своих работах, они вскоре произвели совместно ряд замечательных оптических работ. В течение 3 лет (1844 — 1847 гг.) они исследуют сравнительное химическое действие на дагерротипную пластинку различных частей солнечного спектра и спектра вольтовой дуги и изобретают способ, как при помощи призмы обнаруживать интерференцию при большой разности хода лучей и применяют этот способ к исследованию хроматической поляризации в толстых кристаллических пластинках (полосы Физо и Фуко). Также, посредством спиртового термометра с чувствительностью $1/400^\circ$, они доказывают, что тепловые интерференционные максимумы и минимумы совпадают со световыми, и, наконец, они дают впервые кривую распределения тепловой энергии в призматическом солнечном спектре, обнаружив своим термометром в инфракрасной части спектра несколько Фраунгоферовых линий (холодных).

После 1847 года Физо работает самостоятельно. В 1848 году он в статье «Des effets du mouvement sur le ton des

vibrations sonores et sur la longueur d'ondes des rayons de lumiere» («Bull. de la Societ  philomatique», 1848; перепечатано в «Ann. de Ch. et de ph.», 1870) доказывал на простом акустическом опыте реальность принципа Доплера, и, проводя аналогию между тонами и цветами, Физо первый указал на смещение линий в спектрах небесных светил, если существует относительное перемещение (по направлению луча зрения) светового источника и наблюдателя. Примерный рас  т такого смещения Физо сделал уже в 1848 году для Венеры. Только 20 лет спустя, с развитием спектрального анализа, благодаря Хаггинсу (1868), Секки, Фогелю, Килеру и Белопольскому, метод Физо наш   широкое применение в астрофизике. В настоящее время принцип Доплера называют принципом Доплера-Физо.

В 1849 г. Физо предложил новый способ определения скорости света с помощью быстро вращающегося зубчатого колеса, описанного во всех учебниках физики.

В 1850 г. Физо вместе с Гунелем, опубликовали свои опыты над скоростью распространения электричества в телеграфных проволоках. В 1851 г. произв  л знаменитый опыт, показавший влияние движения материальной среды (воды) на скорость света. В 1853 г. Физо обратил внимание на значение конденсатора, введ  нного в первичную цепь катушки Румкорфа. В 1862 г. (в «Ann. de Ch. et de Ph.», LXVI) Физо начал свои классические опыты над коэффициентами расширения твёрдых тел по методу интерференционных полос. Эти исследования имеют огромное значение для метрологических работ.

Большинство своих опытов Физо производил на личные средства. За оптические исследования Физо был премирован в 1866 г. большой Румфордовской медалью. В 1864 году Физо был приглаш  н экзаменатором в Политехническую школу, но в 1867 году оставил школу, желая видеть на своём месте любимого своего ученика, Мари-Альфреда Корню.

Его имя внесено в список величайших учёных Франции, помещ  нный на первом этаже Эйфелевой башни.

Глава 5-4-7

Герман Карл Фогель

Герман Карл Фогель (3 апреля 1841 – 13 августа 1907 гг.) — немецкий астроном. Известен работами по астроспектроскопии.



Рис. Герман Карл Фогель

Родился в Лейпциге, в 1862 году окончил Политехническую школу в Дрездене, в 1865 – 1870 годах работал в Лейпцигской обсерватории. Получил докторскую степень в 1870 году в Йене, защитил диссертацию, посвящённую исследованию туманностей и звездных скоплений, в том же году отправился на работу в

частную обсерваторию Боткамп близ Киля, где проработал до 1874 года. С 1874 года работал в Потсдаме, принимал участие в создании Потсдамской астрофизической обсерватории и с 1882 по 1907 год был её директором.

Был избран членом Берлинской Академии наук (1892 год), иностранным членом-корреспондентом Петербургской Академии наук (1892 год), иностранным членом Национальной академии наук США (1903 год), членом-корреспондентом Парижской Академии наук (1906 год).

Основные труды Германа Карла Фогеля связаны с астроспектроскопией. В 1887 году Фогель совместно с Юлиусом Шейнером (1858 — 1913 гг.) изготовил усовершенствованный спектрограф, который позволял получать фотографии спектров звезд высокого качества. Они проводили систематические точные измерения лучевых скоростей звезд и составили каталог лучевых скоростей 52 звезд, что позволило выявить периодические изменения скорости у Алголя, а также спектральную двойственность α Девы (Спики) и β Лиры.

Совместно с Густавом Мюллером (1851 – 1925 гг.) Фогель выполнил визуальные наблюдения спектров 4051 звезды. В 1882 году Фогель опубликовал работу «Спектроскопические наблюдения звезд» — первый спектроскопический каталог звезд до 7,5 звездной величины, охватывающий зону от 20° северного до 1° южного склонения.

Проводил спектральные наблюдения планет Солнечной системы от Меркурия до Нептуна, комет, туманностей, новых звезд; изучал в лаборатории спектральными методами вещество метеоритов с целью обнаружения в нем соединений углерода. Исследовал спектр полярных сияний.

В 1871 году Фогель, используя 11,5-дюймовый (29,4 см) рефрактор, оборудованный электрическим затвором, с экспозицией от $1/5000$ до $1/8000$ сек, получает превосходные фотографии Солнца.

Глава 5-4-8

Эдвин Брант Фрост

Эдвин Брант Фрост II (14 июля 1866 – 14 мая 1935) - американский астроном.



Рис. Эдвин Брант Фрост

Родился в Брэттлборо, штат Вермонт. Его отец, Карлтон Пеннингтон Фрост, был деканом Дартмутской медицинской школы.

Фрост окончил Дартмутский университет в 1886 году. Он продолжил свое образование в качестве аспиранта по

химии и в 1887 году стал преподавателем физики, когда ему было всего 21 год. В 1890 году Фрост отправился в Европу и прошел стажировку под руководством Германа Фогеля в Потсдаме, где проводил исследования по звездной спектроскопии. Он вернулся в Дартмут в 1892 году в качестве ассистента профессора астрономии.

Он любил гулять на свежем воздухе, любил играть в гольф, плавать и кататься на коньках. Он также любил музыку и литературу.

Фрост присоединился к сотрудникам обсерватории Йеркса в 1898 году и стал ее директором в 1905 году, когда Джордж Хейл ушел в отставку. Фрост сохранял эту должность до своей отставки в 1932 году. Он был редактором Астрофизического журнала с 1902 по 1932 год, известного своим тщательным вниманием к деталям. В 1915 году он потерял правый глаз, а в 1921-м - левый. Несмотря на свою слепоту, он продолжал работать еще одиннадцать лет, пока не вышел на пенсию в 1932 году.

Он умер в 1935 году в Чикаго от перитонита.

Главные работы Фроста связаны с исследований спектров звезд и определением их лучевых скоростей, а также спектральных двойных звезд.

В первые годы XX в. возможности измерения лучевых скоростей звезд с помощью эффекта Допплера были столь многообещающими, что все, кто имел доступ к большим телескопам, с большим энтузиазмом занимались этой работой. Отто Струве вспоминает, как Фрост часто говорил, что он предпочитает измерение лучевых скоростей любым другим видам научной работы.

Фрост сыграл значительную роль в том, чтобы привезти Отто Струве в Соединенные Штаты, когда последний жил в качестве нищего беженца в Турции после Русской революции. Позднее он поддержал назначение Струве своим преемником на посту директора Йеркской обсерватории.

В честь Эдвина Бранта Фроста названы астероид 854 Фростия и лунный кратер Фрост на обратной стороне Луны.

Глава 5-4-9

Спектрально-двойные звезды

В 1889 году Антония К. Мори, сотрудница Пикеринга, при исследовании полученных с объективной призмой спектрограмм, использовавшихся при подготовке Гарвардского каталога звездных спектров, заметила, что спектральные линии более яркой компоненты Мицара иногда кажутся двойными, а иногда одиночными. Еще более регулярное чередование раздвоения и слияния тех же самых линий обнаружилось у звезды β Возничего. Раздвоение означало, что два однотипных спектра были немного сдвинуты один относительно другого из-за различия лучевых скоростей. Следовательно, здесь обращались друг около друга две однотипные звезды, причем период обращения составлял 4 дня. Пикеринг предположил, что этот эффект вызывается относительным движением двух звезд, вращающихся одна вокруг другой.

Вскоре такое же периодическое раздвоение спектральных линий было найдено и у многих других звезд. Это были «спектральные двойные», чаще всего с весьма большой относительной скоростью на орбите — в десятки и сотни км/сек (иначе их было бы трудно открыть). Эти звезды с коротким периодом обращения были так близки друг к другу, что даже с лучшими телескопами не удавалось заметить их двойственности.

Около 1890 г. Фогель и Шейнер в Потсдаме занялись фотографированием спектров ярких звезд для измерения лучевых скоростей. При этом они заметили, что у некоторых звезд, таких как Спика в созвездии Девы и Алголь в созвездии Персей, эта скорость периодически то увеличивалась, то уменьшалась. Таким образом, они также были спектральными двойными звездами с орбитальным движением, направленным то к нам, то от нас, но спектр второй звезды оставался невидимым. Это,

конечно, не означало того, что второе тело было совсем темным. Оно должно было быть только значительно слабее яркого компонента, затмевавшего его спектральные линии. Этот тип двойных, отличавшийся только переменностью лучевой скорости, был гораздо многочисленнее, чем тот, где у примерно одинаковых компонентов наблюдалось раздвоение линий.

К 1900 году было известно свыше 50 спектрально-двойных. Их число сначала возрастало очень быстро, поскольку в начале века каждая звезда, у которой наблюдалось периодическое изменение лучевой скорости, классифицировалась как двойная.

Однако позднее стало ясно, что во многих случаях изменения лучевой скорости, подобные наблюдавшимся, в действительности вызывались пульсациями звезды.

Следует подчеркнуть, что отнесение двойных звезд к определенному типу зависит от метода наблюдений, и при этом неизбежно действуют различные факторы наблюдательной селекции.

Например, одна из наиболее известных кратных систем — шестикратная Кастора содержит двойные всех трех типов. Кроме визуально-двойной звезды, состоящей из двух голубых звезд Кастор А и Кастор В, в ней имеется слабая удаленная компонента Кастор С, визуальная звездная величина которой около +10. Она участвует в собственном движении яркой пары и является, таким образом, физическим членом группы.

В 1896 году Белопольский в Пулковской обсерватории нашел, что более слабая из двух голубых звезд (Кастор В) является спектрально-двойной с одиночными линиями и периодом 2,9 суток. Кертис в Ликской обсерватории в 1904 году открыл, что более яркая голубая звезда (Кастор А) также является спектрально-двойной этого типа с периодом 9,2 суток. По определениям Стрэнда, период визуально-двойной пары оказался равным 380 годам. Наконец, то обстоятельство, что слабый красный спутник голубой пары также является спектрально-двойной, было установлено Джоем и Сэнфордом на обсерватории Маунт Вилсон; период этой тесной пары по их расчетам равен

0,81 суток. Орбитальная плоскость этой двойной почти точно совпадает с лучом зрения; следовательно, в течение каждого цикла в 19,5 час должно происходить два затмения (Кастор С известен как переменная звезда YY Близнецов). Наблюдается спектр обеих этих компонент, и этот факт указывает на то, что две рассматриваемые звезды очень близки по яркости, и их цвета, размеры и массы, по-видимому, также сходны.

Влияние наблюдательной селекции

Следует подчеркнуть, что отнесение двойных звезд к определенному типу зависит от метода наблюдений, и при этом неизбежно действуют различные факторы наблюдательной селекции. В случае визуально-двойных эффект наблюдательной селекции сказывается в том, что легче обнаруживаются системы, которые относительно близки к Солнцу, а также системы, у которых расстояния между компонентами значительны. Плоскости орбит затменно-двойных должны быть ориентированы почти точно по лучу зрения. Вероятность открытия затменной системы увеличивается, если условия благоприятствуют появлению глубоких затмений, а также если двойные имеют короткие периоды. В случае спектрально-двойных астрономы открывают только те системы, у которых плоскость орбиты составляет малый угол с лучом зрения. Легче обнаружить системы с большими массами, а также системы с эксцентрическими (вытянутыми) орбитами, поскольку оба эти фактора увеличивают наблюдаемый диапазон изменения лучевой скорости. Если бы все двойные системы были одинаковы по своим физическим характеристикам, метод их открытия (визуальный, спектральный или фотометрический) не имел бы значения. Но двойные системы различны по физическим свойствам, и поэтому любое статистическое обсуждение их относительной частоты или других параметров оказывается очень сложным.

Глава 5-4-10

Антония Каэтана Мори

Антония Каэтана Мори (англ. Antonia Coetana de Paiva Pereira Maury, 1866 –1952 гг.) — американский астроном, орнитолог и натуралист. Одна из сотрудниц Э. Пикеринга.



Рис. Антония Каэтана Мори

Родилась в Колд-Спринг-он-Хадсон (штат Нью-Йорк) в семье проповедника и натуралиста. В её роду были французские гугеноты, отплывшие в Вирджинию, и португальские аристократы, бежавшие в Бразилию от Наполеоновских войн. Племянница Генри Дрейпера и внучка Джона Уильяма Дрейпера. В 1887 году окончила Вассар-колледж, в 1888 — 1935 годах — сотрудница Гарвардской обсерватории (сначала — вычислитель, потом — астроном).

Основные труды связаны со спектральной классификацией звезд и изучением спектрально-двойных звезд. Совместно с Э. Ч. Пикерингом открыла первую спектрально-двойную звезду (Мицар), измерила период вращения ее скрытого компонента. В 1889 году нашла вторую спектрально-двойную (β Возничего) и определила её период; затем открыла и изучила большое число звезд этого типа. На протяжении очень длительного времени изучала изменения в спектре переменной β Лиры. Выполнила более детальную спектральную классификацию части ярких звезд «Дрэперовского каталога звездных спектров», в ходе которой обнаружила, что ширины линий в спектрах звезд одного и того же спектрального класса различны. Для разделения этих звезд впервые ввела в систему классификации второй параметр — индексы a , b , c для звезд с диффузными, нормальными и резкими линиями. Составила каталог 681 яркой звезды северного неба с такой классификацией (1897). Дальнейшее изучение различий, установленных Мори, привело Э. Герцшпрунга в 1905 к открытию двух типов звезд — гигантов и карликов, и он их объяснил как проявление различия в светимостях звезд.

Лауреат премии Энни Кэннон (1943).

Кратер Мори на Луне назван в честь неё и Мэттью Фонтейна Мори.

Глава 5-4-11

Аристарх Аполлонович Белопольский

Аристарх Аполлонович Белопольский (1 июля [13 июля] 1854, Москва — 16 мая 1934, Пулково) — русский и советский астроном и астрофизик.

Разработал метод и сконструировал прибор, с помощью которых первым получил экспериментальное доказательство существования эффекта Доплера применительно к световым волнам. Применил эффект Доплера, проявляющийся в виде смещения спектральных линий в оптических спектрах, для исследований в астроспектроскопии. В числе первых определил элементы орбит нескольких переменных и спектрально-двойных звёзд. Исследовал спектры новых звёзд и солнечной поверхности, краев и короны для определения лучевых скоростей. Один из пионеров в фотографировании их спектров небесных светил с помощью спектрографов. Обнаружил периодическое изменение лучевой скорости у цефеид. Занимался исследованием комет. Определял периоды вращения Венеры, Юпитера и колец Сатурна. Внёс существенный вклад в развитие и оснащение Пулковской обсерватории и её отделений. Адъюнкт (1900), экстраординарный (1903) и ординарный (1906) академик Императорской Академии наук.

Родился в Москве в семье надзирателя 2-й Московской гимназии, а позднее контролера Московско-Ярославской железной дороги, Аполлона Григорьевича Белопольского (?—1883).

Закончил сначала 2-ю Московскую гимназию (1865—1873 гг.), затем — физико-математический факультет Московского университета (1877 г.). В 1877 году под руководством Бредихина он занялся систематическим

фотографированием Солнца, заменив заболевшего Цераского. В период 1878—1888 годов А. А. Белопольский — ассистент Московской обсерватории. По настоянию Ф. А. Бредихина он был оставлен при университете для подготовки к званию профессора.

Белопольский всегда с благодарностью вспоминал своего учителя Бредихина. Еженедельные собрания у него, на которые собирались профессора Цингер, Давидов, Слудский, Столетов, Жуковский, Троицкий, Шереметьевский. Были среди них и астрономы: Громадский, Цераский, Соколов и Тихов.

Фотографические наблюдения Солнца Белопольский проводил в течение ряда лет и результаты этой работы были положены в основу его магистерской диссертации «Пятна на Солнце и их движение», защита которой состоялась в 1886 году. В ней он дал подробный разбор всех теорий, объяснявших явления солнечных пятен и их движение. Белопольский пришёл к выводу, что внутренние слои Солнца вращаются быстрее поверхностных и, таким образом, заявил о его неоднородном строении.

В 1888 году он перешёл в Пулковскую обсерваторию, сначала на должность адъюнкт-астронома, с 1891 года — астрофизика. В 1895 году защитил докторскую диссертацию. В 1908 — 1916 годах он — вице-директор обсерватории, а в 1916 — 1919 годах — её директор. С 1933 года — почётный директор.

Умер в Пулкове в 1934 году, похоронен на Пулковском кладбище.

Публикации

Автор известного курса «Астроспектроскопия» (1921). В 1954 году были опубликованы его «Астрономические труды».

Награды, премии, звания

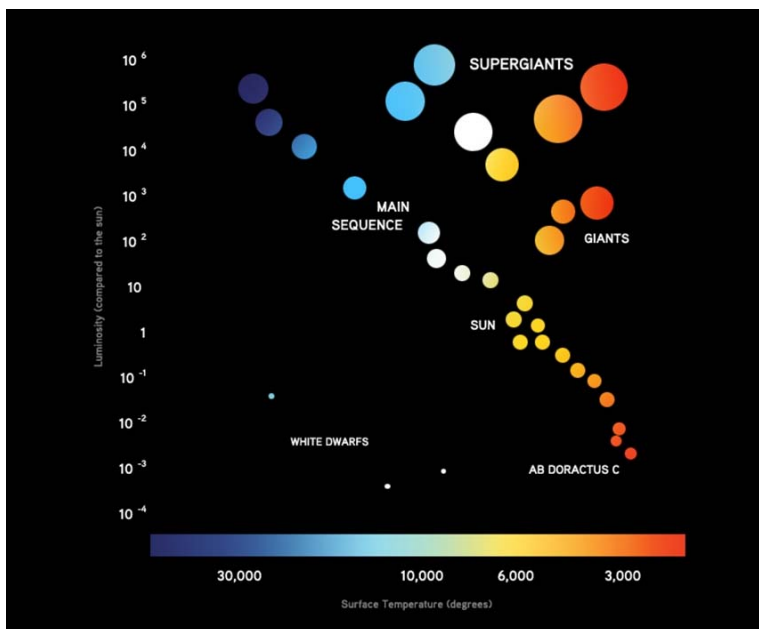
Член многих научных обществ, в том числе:

Русского астрономического общества,
Лондонского королевского астрономического общества
(с 1910),
Итальянского общества спектрографистов (с 1901).
Медаль им. Жансена Парижской АН (1908),
Премии им. Лаланда Парижской АН (1918),
Две премии Русского астрономического общества.

Память

Названы именем А. А. Белопольского:

- Кратер Белопольский на Луне.
- Малая планета (1004) Белопольская (Belopolskya), открытая С. И. Белявским 5 сентября 1923 года в Симеизской обсерватории.
- Премия имени А. А. Белопольского (присуждается за выдающиеся работы по астрофизике).



Часть 5-5

Спектральные классификации

Содержание

- Глава (том-часть-глава) 5-5-1. Анджело Секи
- Спектральная классификация Анджело Секи
- Глава 5-5-2. Первые теории эволюции звезд
- Глава 5-5-3. Артур Шустер
- Глава 5-5-4. Сэр Уильям Хёггинс
- Глава 5-5-5. Теория звездной эволюции Нормана Локьера
- Глава 5-5-6. Джозеф Норман Локьер
- Глава 5-5-7. Гарвардская спектральная классификация звезд
- Глава 5-5-8. Каталог Генри Дрейпера
- Глава 5-5-9. Антония Каэтана Мори
- Глава 5-5-10. Энни Джамп Кэннон
- Глава 5-5-11. Вильямина Флеминг
- Глава 5-5-12. Обнаружение различий в светимости
- Объяснение Эйнара Герцшпрунга
- Глава 5-5-13. Объяснение Генри Рассела
- Глава 5-5-14. Диаграмма Герцшпрунга — Рассела
- Глава 5-5-15. Эйнар Герцшпрунг
- Глава 5-5-16. Генри Норрис Рассел
- Глава 5-5-17. Спектральные параллаксы
- Глава 5-5-18. Уолтер Сидни Адамс
- Глава 5-5-19. Система классификации МК
- Глава 5-5-20. Уильям Уилсон Морган
- Глава 5-5-21. Филип Чайлдс Кинан
- Глава 5-5-22. Количественные методы спектральной классификации Даниеля Шалонжа,
- Глава 5-5-23. Даниель Шалонж
- Глава 5-5-24. Количественные методы спектральной классификации Бенгта Стремгрена
- Глава 5-5-25. Бенгт Стремгрен

Глава 5-5-1

Анджело Секи Спектральная классификация Анджело Секи

Анджело Пьетро Секки (29 июня 1818 — 26 февраля 1878 гг.) — итальянский священник и астроном.

С 1833 года был членом ордена иезуитов. С 1839 года преподавал физику и математику в иезуитском колледже в Лорето, в 1844 году вернулся в Рим. Когда в 1848 году иезуиты были изгнаны из Рима, Секки отправился вначале в Англию, где преподавал в колледже Стоунигерст, а затем в США, где некоторое время был преподавателем в Джорджтаунском университете. Благодаря своей репутации астронома в 1849 году он смог вернуться в Рим, где занял пост профессора астрономии и директора обсерватории Римского колледжа.



Рис. Анджело Пьетро Секи

По его инициативе была построена новая обсерватория, в которой велись исследования звёздной спектроскопии, метеорологии и земного магнетизма.

Секки был также директором обсерватории Папского Григорианского университета. Член Парижской Академии наук, иностранный член-корреспондент Петербургской Академии наук.

Среди астрономов Секки получил неофициальный титул «отца астрофизики». Он изучал звёздные спектры и первым выдвинул идею классификации звёзд по их спектрам. Первым в истории экспериментально доказал, что Солнце является звездой.

В 1860 — 1870-х годах пионер звёздной спектроскопии Анджело Секки создал первую классификацию звёздных спектров. В 1866 году он разбил наблюдаемые спектры звёзд на три класса в порядке убывания температуры поверхности звезды и соответствующего изменения цвета. В 1868 году Секки открыл углеродные звёзды, которые выделил в отдельную четвёртую группу. А в 1877 году он добавил пятый класс.

Класс I — белые и голубые звёзды с широкими линиями поглощения водорода в спектре, такие, как Вега и Альтаир; включает в себя современные класс A и начало класса F.

Класс I, подтип Ориона — звёзды класса I с узкими линиями в спектре вместо широких полос, такие, как Ригель и γ Ориона; соответствует началу современного класса B.

Класс II — жёлтые и оранжевые звёзды со слабыми линиями водорода, но с отчётливыми линиями металлов, такие, как Солнце, Арктур и Капелла; включает в себя современные классы G и K, а также конец класса F.

Класс III — оранжевые и красные звёзды, в спектре которых линии образуют полосы, темнеющие в сторону синего, такие, как Бетельгейзе и Антарес; соответствует современному классу M.

Класс IV — красные звёзды с сильными полосами и линиями углерода, углеродные звёзды.

Класс V — звёзды с эмиссионными линиями (светлыми), такие, как γ Кассиопеи и β Лирь.

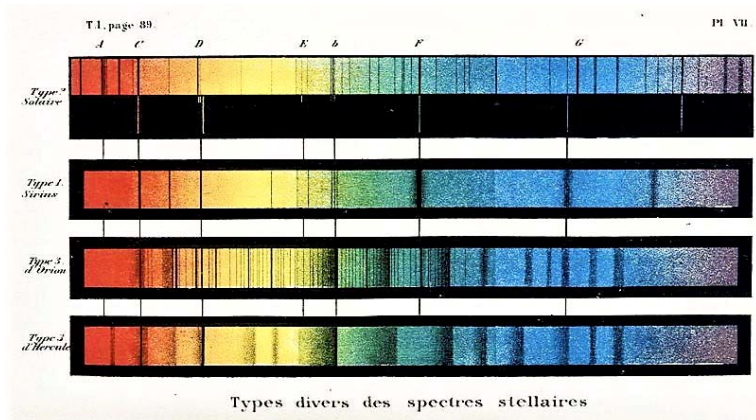


Рис. Спектральные классы Анджело Сакки

Позднее Эдуард Пикеринг изменил определение класса V, разделив его на горячие звёзды с эмиссионными линиями гелия, углерода и азота (звёзды Вольфа — Райе) и планетарные туманности.

Предложенное Секки деление спектров было общепринятым вплоть до конца 1890-х годов, когда постепенно к середине XX века было заменено Гарвардской классификацией.

Глава 5-5-2

Первые теории эволюции звезд

После того, как Секки составил свою классификацию звездных спектров, стало понятно, что звезды отличаются друг от друга. Хотя некоторые ведущие астрономы начала столетия все еще доказывали, подобно английскому астроному Маундеру, что «...спектральный тип указывает главным образом не на этап в жизни звезды, а скорее на фундаментальное различие в химическом составе», Агнесс Кларк пришла к заключению: «...методы классификации звезд стали эквивалентны теориям их эволюции».

При попытках связать спектральную классификацию со звездной эволюцией встали два вопроса:

Каковы те факторы, которые вызывают наблюдаемые различия в звездных спектрах?

Проходит ли каждая звезда на разных стадиях своего развития через все известные типы спектральной последовательности?

До разработки атомной теории и теории излучения астрономы могли выдвигать многочисленные предположения о возможных причинах спектральных различий, но не могли представить решающих доказательств в пользу своих теорий. Как удачно заметил Адамс:

«мы едва ли могли надеяться понять поведение вещества в удаленных звездах, когда нам еще не был известен механизм, посредством которого пламя свечи дает свет».

Таким образом, можно было предполагать, что различия в спектрах являются результатом или реальных различий в химическом составе звездных атмосфер, или изменений физических условий в них.

Наиболее известные в начале XX века теории эволюции звезд были основаны на предположениях Гельмгольца и Кельвина, по которым в процессе эволюции звезды в ее спектре обнаруживаются признаки последовательных спектральных типов.

Так были построены теории А. Шустера и У. Хеггинса, в которых они попытались обосновать, каким образом возникают реальные различия в составе атмосфер.

Основные принципы их теорий были изложены Джорджем Хэйлом в статье [Hale G. E., Reply to Recent Statements by M. Deslandres, *Astrophys. J.*, 23 (1906)]:

«Описывая процесс конденсации, Шустер указывает, что расширение, обусловленное повышающейся температурой газовых тел, должно проявляться в выделении гелия, водорода и других легких газов, если полагать, что сила тяжести недостаточна, чтобы удерживать их. Таким образом, эти легкие газы покинут звезды и превратятся в диффузные туманности...

С течением времени, однако, звезда достаточно сконденсируется и сможет удерживать водород и гелий, и эти газы тогда начнут диффундировать во внутренние области, где они будут поглощаться со скоростью, которая зависит от массы звезды. Сначала будет поглощен гелий, который плотнее водорода, и это приведет к возникновению гелиевых звезд типа Ориона.

По мере того как этот газ диффундирует внутрь, его место начнет занимать водород, который, таким образом, станет преобладать в спектре. В свою очередь водород будет диффундировать в глубь звезды, и увеличивающиеся конвективные потоки будут вызывать все более и более сильное перемешивание паров металлов в нижележащих слоях, которые будут, следовательно, играть все более заметную роль в спектре. Так будет достигнута стадия, на которой находится Солнце».

Глава 5-5-3

Артур Шустер

Сэр Франц Артур Фридрих Шустер (нем. Franz Arthur Friedrich Schuster; 1851 — 1934 гг.) — английский физик.

Член Лондонского королевского общества (1879 г.), вице-президент в 1919 — 1920, 1922 — 1924 гг.

Известна его теория эволюции звезд, поясняющая, каким образом возникают реальные различия в составе звездных атмосфер.

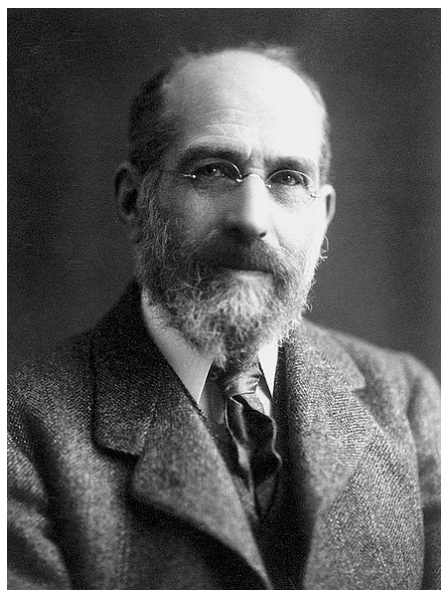


Рис. Сэр Франц Артур Фридрих Шустер

Артур Шустер родился 12 сентября 1851 года во Франкфурте-на-Майне, в еврейской семье. В 1875 году

стал британским подданным и в том же году был назначен руководителем экспедиции в Сиам для изучения затмения Солнца.

Вернувшись в Англию Шустер продолжил обучение в Манчестерском университете. В 1876 — 1881 годах он работал в Кавендишской лаборатории Кембриджского университета, а в 1881 — 1907 годах стал профессором.

Артур Шустер известен своими работами по оптике, спектроскопии, изучению прохождения тока через газы, земному магнетизму, калориметрии, радиометрии, сейсмологии.

В 1882 году Артур Шустер поехал наблюдать солнечное затмение в Египет и получил первую фотографию спектра солнечной короны высокого качества. Особый интерес на снимках Шустера вызвала яркая комета, которая была замечена лишь потому, что фотография была сделана во время затмения. А после его окончания вновь стала невидимой.

Тщательно изучив фотографии Шустера, Хеггинс пришел к выводу, что солнечная корона может быть сфотографирована и вне солнечного затмения.

Шустеру принадлежит доказательство того, что проводимость газа обусловлена его ионами. Пришёл к выводу, что катодные лучи возникают в результате бомбардировки ускоренными вблизи катода в сильном поле ионами газа. Первый показал, что отношение заряда к массе можно определить по отклонению катодных лучей в магнитном поле (1884 г.).

В 1890 году определил верхний и нижний пределы для отношения заряда к массе частиц катодных лучей. В 1897 году первый предположил существование электрона в атоме. В 1900 году А. Шустер выполнил первые систематические исследования процессов в искре. Построил магнитометр (магнитометр Шустера — Смита).

В 1893 году учёный был награждён Королевской медалью Лондонского королевского общества.

В честь Шустера назван кратер на Луне.

Глава 5-5-4

Сэр Уильям Хеггинс

Сэр Уильям Хёггинс (7 февраля 1824 — 12 мая 1910 гг.) — английский астроном, член Лондонского королевского общества (1865 г.), его президент в 1900-1905 годах. Иностранный член-корреспондент Петербургской АН (1901 год).

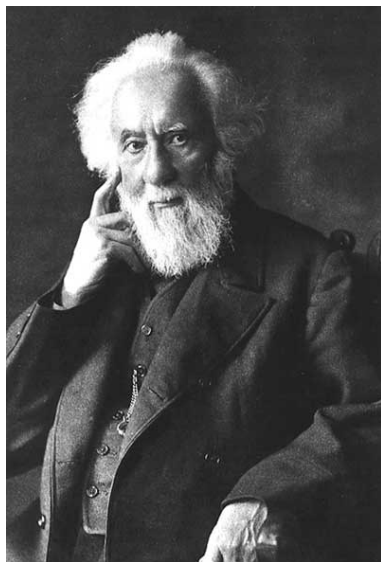


Рис. Сэр Уильям Хёггинс

Родился в Лондоне. Образование получил под руководством частных преподавателей. В 1842 — 1854 годах вел торговые дела своей семьи. В 1854 году переехал в Талс-Хилл (вблизи Лондона), где в 1856 году оборудовал собственную обсерваторию. Здесь работал до конца жизни.

Один из пионеров астроспектроскопии. Начал регулярные занятия астрономией с наблюдений планет (1858 — 1860 годах). Хёггинс одним из первых оценил значение открытого Г. Р. Кирхгофом и Р. В. Бунзеном метода спектрального анализа для изучения небесных тел.

Он сконструировал спектроскоп и начал наблюдения звездных спектров на 8-дюймовом телескопе. После обширных наблюдений лабораторных и звездных спектров показал в 1863 году, что яркие звезды имеют сходное с Солнцем строение и что их наблюдаемое излучение исходит от горячим веществом и проходит через вышележащие слои поглощающих газов.

В 1863 году Уильям Хаггинс и английский химик Уильям Аллен Миллер использовали процесс влажной коллодиевой пластинки для получения первые в истории фотографические спектрограммы Сириуса и Капеллы.

В 1864 году Хаггинс записал спектры NGC 6543 (туманность Кошачий глаз), яркой планетарной туманности в созвездии Дракона. Однако вместо серии спектральных линий он обнаружил только одну яркую линию излучения. Он пришел к выводу, что это произошло из-за газа, доказав тем самым, что некоторые «туманности» на самом деле являются газообразными и не состоят из отдельных звезд.

В 1864 году впервые наблюдал спектры светящихся туманностей, состоящие из отдельных эмиссионных линий, и доказал, что эти туманности являются газовыми. Выполнил первые спектроскопические наблюдения новой звезды — Новой Северной Короны 1866 — и обнаружил существование светящейся газовой оболочки вокруг нее.

Наблюдал спектры трех комет и показал, что они содержат полосы, принадлежащие углероду и его соединениям CN и CH₂). Одним из первых использовал принцип Доплера-Физо для определения лучевых скоростей звезд по сдвигу линий поглощения в их спектрах. В 1868 году измерил лучевую скорость Сириуса. Начиная с 1875 года, занимался фотографированием спектров звезд, планет, Луны; усовершенствовал методику астрофотографии.

Глава 5-5-5

Теория звездной эволюции Нормана Локьера

Еще в 1865 году Иоганн Целльнер предположил, что на различные этапы охлаждения звезд может указывать их цвет. Так что белые, желтые и красные звезды находятся на разных стадиях своего развития. В дальнейшем подобные эволюционные идеи высказывались многими, хотя и с различной трактовкой направления эволюции звезды.

В 1887 году Джозеф Норман Локьер (1836 — 1920 гг.) предложил первую классификацию звёздных спектров, в которой подчеркивалось зависимость характера спектра звезды от температуры её атмосферы. Используя ее и опираясь на упомянутые выше расчеты Лэна, Локьер впервые предложил эволюционную гипотезу развития звезд. Он основывался на лабораторных экспериментах, в которых наблюдались различия между дуговым и искровым спектрами одного и того же элемента (в искровом разряде температура выше).

Локьер представлял себе переход от искрового к дуговому спектру как распад известных элементов на протоэлементы. В то время как дуговой спектр железа образуется обычными парами металлического железа, при образовании искрового спектра частицы распадаются на более элементарные «кирпичики». Эти рассуждения в некотором смысле содержат намек на ионизационную теорию, развитую спустя примерно 30 лет, но слишком мало было тогда известно строению атомов, чтобы можно было подвести какую-нибудь твердую теоретическую базу под эти идеи.

Используя ее и опираясь на упомянутые выше расчеты Лэна, Локьер впервые предложил эволюционную гипотезу развития звезды с восходящей и нисходящей ветвями — от состояния яркой крайне разреженной красной звезды к

белой типа Сириуса и к голубым, а затем, по нисходящей — к желтым типа Солнца и, наконец, к состоянию слабого холодного красного карлика с полосчатым спектром. Таким образом, каждая звезда в своем развитии должна была дважды пройти через каждый спектральный класс, за исключением класса горячих голубых звезд, где обе ветви сходились.

В это же время Локьер сформулировал свою метеоритную гипотезу. Вещество, из которого образуются звезды, поставляется метеорными роями, случайные движения которых более похожи на блуждания молекул, чем на движение вещества в газообразном состоянии. Даже несмотря на то, что метеоритная гипотеза была отвергнута, идеи Локьера, касающиеся звездной эволюции, и его система классификации, подчеркивающая роль температуры, заслуживают рассмотрения.

Удачное описание теории Локьера дал Джордж Хейл, известный астроном конца XIX века:

«Начав с метеоритной гипотезы и считая, что химические элементы при температуре, существующей в наиболее горячих звездах разлагаются на более простые составляющие, Локьер разработал схему звездной эволюции, которая включает в себя классификацию звездных спектров по температурному принципу. Он предполагал, что метеоритные рои, играющие роль туманностей, постепенно конденсируются в звезды путем процессов, детали которых пока еще не известны. По его классификации газовые звезды, имеющие в спектре яркие линии, в которых, как предполагается, температура выше, чем в менее сжатых туманностях, продвинулись на шаг дальше последних в своем развитии. Затем идут красные звезды третьего типа по Секки... При дальнейшем сжатии, сопровождающемся еще большим повышением температуры, возникают звезды, подобные Солнцу, но отличающиеся от него в одном отношении: в то время как их температура увеличивается, предполагается, что у

Солнца она уменьшается. Наконец, в точке максимальной температуры Локьер помещает звезды первого-типа по классификации Секки. Здесь метеориты через много времени после того, как они полностью перешли в газообразную форму, достигли такого состояния... при котором подъем поверхностной температуры, обусловленный продолжающимся сжатием, в точности уравнивается потерями вследствие излучения. Начинаясь затем спад ведет к появлению звезд, подобных Солнцу, которые только наугад можно отличить от звезд такой же, но возрастающей температуры, лежащих на противоположной ветви температурной кривой. После звезд солнечного типа появляются красные звезды четвертого типа по классификации Секки, и после этого происходит окончательное угасание.

Эта система классификации, если отвлечься от гипотез, с которыми она связана, хороша тем, что объясняет существование как восходящей, так и нисходящей ветвей температурной кривой. К сожалению, мы, вероятно, все еще не в состоянии уверенно различать звезды с одной и той же поверхностной температурой, в которых прирост тепла происходит быстрее, чем его потеря, от звезд, в которых имеет место обратный процесс».

Гипотеза Локьера, сначала не обратившая на себя внимание астрономов, неожиданно предстала в совершенно ином свете после установления первой фундаментальной зависимости в мире звезд — диаграммы Герцшпрунга-Рессела.

Глава 5-5-6

Джозеф Норман Локьер

Джозеф Норман Локьер (Joseph Norman Lockyer; 17 мая 1836, Рагби, графство Уорикшир — 16 августа 1920, Солком-Реджис, графство Девон) — английский астроном. Основатель журнала *Nature* и его первый редактор (на протяжении полувека, с 1869 по 1919 гг.).



Рис. Джозеф Норман Локьер

Образование Джозеф Локьер получил в частных учебных заведениях. С 1857 года служил клерком в военном ведомстве, с 1870 года был секретарём правительственной комиссии по науке, затем работал в отделе науки и искусства в Южном Кенсингтоне. С 1881 года — профессор астрофизики в Королевском колледже; с 1885 года по 1913 год работал директором обсерватории физики Солнца этого колледжа.

С 1913 года работал в частной обсерватории в Сидмуте (впоследствии названной Локьеровской обсерваторией).

Основные работы посвящены спектроскопии Солнца и звёзд. Изучал спектр Солнца, солнечные пятна, хромосферу, протуберанцы и корону. В 1866 году разработал метод наблюдения протуберанцев вне затмения. Этот метод независимо от него открыл также французский астроном П. Жансен; оба учёных в 1868 году обнаружили в спектре солнечной короны жёлтую линию, но Жансен принял её за линию D натрия, а Локьер (благодаря более точным измерениям) обозначил её D3 (поскольку, имея длину волны около 588 нм, она была очень близко расположена к известным тогда фраунгоферовым линиям натрия D1 (589,59 нм) и D2 (588,99 нм). В 1871 году Локьер, сотрудничая с английским химиком Эдуардом Франклендом, предложил дать новому элементу название «гелий».

В 1887 году предложил схему звёздной эволюции, которая, хотя и была основана на ошибочной метеорной гипотезе происхождения и развития звезд и на гипотезе диссоциации атомов, но позволила Локьеру предложить первую классификацию звёздных спектров, в которой подчеркивалось зависимость характера спектра звезды от температуры её атмосферы.

Норман Локьер считается пионером археоастрономии. На рубеже XIX—XX веков он изучил астрономическую ориентацию ряда монументальных сооружений Египта, Ближнего Востока, Греции и Британии и написал книгу «Заря астрономии».

Член Лондонского королевского общества (с 1869 г.), член-корреспондент Парижской академии наук (с 1873 г.), иностранный член-корреспондент Петербургской академии наук (с 1904 г.). Награждён медалью им. Б. Румфорда (1874 г.); кавалер ордена Бани (1897 г.).

В 1935 году Международный астрономический союз присвоил имя Джозефа Локьера кратеру на видимой стороне Луны.

Его именем назван также кратер (англ. Lockyer (Martian crater)) на Марсе.

Глава 5-5-7

Гарвардская спектральная классификация звезд

В конце XIX и в начале XX века астрономы Гарвардской обсерватории разработали спектральную классификацию звезд. Первую фотографию спектра Веги Генри Дрейпер сделал еще в 1872 году. Однако масштабную работу по созданию спектроскопического обзора всего неба только в 1885 году организовал директор обсерватории, Эдуард Пикеринг. Использование призмы, помещаемой перед объективом телескопа, дало возможность получать на одной пластинке спектры сотен звезд.

Анализ спектров был поручен Вильямине Флеминг, и в 1890 году появился первый каталог, в котором более 10 тысяч звёзд были разделены на 16 классов. Классы обозначались латинскими буквами от A до Q с пропуском J, причём 13 из них являлись подтипами первых четырёх классов Секки, а классы шли в порядке ослабления линий водорода. Часть этих классов сохранилась и в Гарвардской классификации, хотя от некоторых впоследствии отказались: например, к классу C относились звёзды с двойными линиями, появление которых на самом деле оказалось ошибкой приборов.

Отдельную работу по детальной классификации спектров более ярких звёзд провела Антония Мори. Она разделила их на 22 класса от I до XXII. В её классификации самым ранним классом стал тот, который соответствовал современному классу B, в то время как в предыдущих классификациях таковым считался класс A как имеющий самые сильные линии водорода. Кроме того, в классификации Мори впервые учитывался вид линий: рассматривались линии средней ширины, размытые или узкие. Несмотря на эти нововведения, классификация не получила дальнейшего развития.

Важный вклад в создание спектральной классификации внесла Энни Кэннон. Она доработала алфавитную схему

классификации Флеминг: в частности, часть классов была отвергнута, а остальные были расставлены в порядке понижения температуры. Последовательность основных классов приобрела современный вид — О, В, А, F, G, K, M. Кроме того, Кэннон добавила подклассы, и к 1912 году система классификации была завершена. В 1922 году система была принята Международным астрономическим союзом, а к 1924 году был полностью опубликован каталог Генри Дрейпера, в котором классифицировались более 225 тысяч звёзд. Сама система получила название Гарвардской классификации, либо системы Дрейпера.

Говоря о спектральной классификации, американский астроном Кертисс отметил:

«Типы Локьера соответствуют гарвардским классам, пересмотренным Кэннон. Локьер пришел к своей классификации во время поисков температурной последовательности, основанной на изучении лабораторных спектров и спектров солнечной атмосферы. Гарвардские наблюдатели пришли к ней в результате попыток классифицировать спектры, как это делал и Секки, по цвету и различным другим характеристикам, начиная с наиболее простых спектров. Следовательно, можно считать случайностью, что гарвардская классификация оказалась температурной последовательностью, имеющей ценное физическое значение. Если бы это было не так, то сегодня, вероятно, использовалась бы некая разновидность классификации Локьера».

Глава 5-5-8

Каталог Генри Дрейпера

В 1886 — 1889 годах Пикеринг с сотрудниками составил «Дрэперовский каталог звездных спектров», содержащий спектры 10351 звезды ярче 8-й величины со склонениями севернее -25° (издан в 1890 г.). В 1897 г. дополнительно был издан каталог южных звезд. Классификация, использованная в этих каталогах, была разработана в Гарвардской обсерватории и применяется до настоящего времени.

Продолжением работ, начатых Пикерингом, явилось создание его сотрудницей Э. Кэннон фундаментального «Каталога Генри Дрейпера» (Henry Draper Catalogue, HD) (1918—1924 гг.), содержащего информацию о спектрах 225 300 ярких звёзд, пронумерованных в простом порядке возрастания их прямых восхождений.

Каталог подготовлен Энни Джамп Кэннон и её коллегами из Гарвардской обсерватории под руководством Эдварда Чарлза Пикеринга в начале XX века. Был издан с 1918 по 1924 год и назван в честь астронома Генри Дрейпера, чья вдова пожертвовала деньги на создание каталога.

Каталог покрывает всё небо и содержит звёзды до 9^m . Позже было опубликовано добавление — Henry Draper Extension (HDE), содержащее данные о более чем 400 тыс. звёзд.

Глава 5-5-9

Антония Каэтана Мори

Антония Каэтана Мори (англ. Antonia Coetana de Paiva Pereira Maury, 1866 — 1952 гг.) — американский астроном, орнитолог и натуралист.



Рис. Антония Каэтана Мори

Родилась в Колд-Спринг-он-Хадсон (штат Нью-Йорк) в семье проповедника и натуралиста. В её роду были французские гугеноты, отплывшие в Вирджинию, и португальские аристократы, бежавшие в Бразилию от Наполеоновских войн. Племянница Генри Дрейпера и внучка Джона Уильяма Дрейпера. В 1887 году окончила Вассар-колледж, в 1888 — 1935 годах — сотрудница Гарвардской обсерватории (сначала — вычислитель, потом — астроном).

Основные труды в области спектральной классификации звёзд и изучения спектрально-двойных звёзд. После обнаружения Э. Ч. Пикерингом первой спектрально-двойной звезды (Мицара) измерила её период. В 1889 году нашла вторую спектрально-двойную (β Возничего) и определила её период; затем открыла и изучила большое число звёзд этого типа. На протяжении очень длительного времени изучала изменения в спектре переменной β Лиры.

Выполнила более детальную спектральную классификацию части ярких звёзд «Дрэперовского каталога звёздных спектров», в ходе которой обнаружила различия в ширине линий в спектрах звёзд одного и того же спектрального класса. Для разделения этих звёзд впервые ввела в систему классификации второй параметр — индексы a, b, c для звёзд с диффузными, нормальными и резкими линиями.

Составила каталог 681 яркой звезды северного неба с такой классификацией (1897). Дальнейшее изучение различий, установленных Мори, привело Э. Герцшпрунга в 1905 году к открытию двух типов звёзд — гигантов и карликов, и он их объяснил как проявление различия в светимостях звёзд.

Лауреат премии Энни Кэннон (1943).

Кратер Мори на Луне назван в честь неё и Мэттью Фонтейна Мори.

Глава 5-5-10

Энни Джамп Кэннон

Энни Джамп Кэннон (англ. Annie Jump Cannon; 1863 — 1941 гг.) — американский астроном.

Родилась в Довере (штат Делавэр), в 1884 году окончила Колледж Уэллсли. С 1896 года работала в Гарвардской обсерватории.



Рис. Энни Джамп Кэннон

Основные труды Кэннон связаны с спектральной классификацией звёзд и исследованию переменных звёзд. Продолжила работы по спектральной классификации

звёзд, начатые В. Флеминг и А. К. Мори под руководством Э. Ч. Пикеринга в Гарвардской обсерватории. Выполнила классификацию всех звёзд, содержащихся в «Каталоге Генри Дрейпера» (т. 91-99 «Гарвардских анналов»), в «Продолжении каталога Генри Дрейпера», а также звёзд в зонах Йельского каталога и каталога, составлявшегося в обсерватории на мысе Доброй Надежды. Всего Кэннон классифицировала спектры около 350 000 звёзд.

На основе «Каталога Генри Дрейпера» провела совместно с Х. Шепли статистические исследования распределения звёзд по величинам и спектральным классам.

В 1903 и 1907 составила каталоги переменных звёзд. Открыла около 300 переменных и 5 новых звёзд, большую часть из них по их спектральным характеристикам.

Почётный член Лондонского королевского астрономического общества (1914 г.), почётный доктор многих университетов, первая женщина, получившая степень доктора наук Оксфордского университета (Англия, 1925 г.).

Золотая медаль Генри Дрейпера (1931 г.)

Премия им. Э. Ричардс (1932 г.) Национальной АН США.

В её честь назван кратер на Луне и в 1934 году Американским астрономическим обществом учреждена премия для женщин, внёсших значительный вклад в развитие астрономии.

Глава 5-5-11

Вильямина Флеминг

Вильямина Патон Стивенс Флеминг (англ. Williamina Paton Stevens Fleming; 15 мая 1857 — 21 мая 1911 гг.) — британский астроном. На протяжении всей своей карьеры она участвовала в разработке единой системы обозначения звёзд и каталогизировала тысячи звёзд и других астрономических объектов. Среди последних особо можно отметить открытую ею в 1888 году туманность Конская Голова.



Рис. Вильямина Патон Стивенс Флеминг

Флеминг родилась в Данди (Шотландия), в семье Роберта Стивенсона и Мэри Уолкер Стивенс. Она училась в государственных школах в Данди и в возрасте 14 лет

стала учеником-учителем в школе взаимного обучения. После окончания школы вышла замуж за Джеймса Орра Флеминга (James Orr Fleming), и затем они переехали в США в Бостон, штат Массачусетс, когда ей был 21 год. В то время она была беременна своим сыном Эдвардом. Муж бросил её, и ей пришлось искать работу, чтобы прокормить себя и сына.

Она стала работать служанкой в доме профессора Эдварда Пикеринга. Пикеринг, в это время работавший в обсерватории Гарвардского колледжа, испытал разочарование в помощниках мужского пола, и, по легенде, в сердцах заявил, что его горничная могла бы лучше справиться с их работой.

В 1881 году Пикеринг нанял Флеминг делать канцелярскую работу в обсерватории. Несмотря на эту скромную должность, она разработала и помогла внедрить систему обозначения звёзд, в которой буква присваивалась по тому признаку, сколько водорода можно было наблюдать в спектре звезды. Звёзды с максимальным содержанием водорода классифицируются как А, затем В, и так далее. Позже, Энни Кэннон улучшила её классификацию, предложив более простую систему на основе температуры звёзд.

Флеминг активно работала над каталогом Генри Дрейпера. За девять лет она каталогизировала более 10 000 звёзд. За время своей работы она обнаружила 59 газообразных туманностей, более 310 переменных звёзд и 10 новых. В 1907 году она опубликовала список из 222 обнаруженных ею переменных звёзд.

В 1888 году г-жа Флеминг открыла Туманность Конская Голова на пластине номер В2312, описав её как яркую туманность (позже известную как IC 434), с «полукруглыми углублениями 5 минут в диаметре в 30 минутах к югу от Дзета Ориона». Брат Эдварда Пикеринга, Уильям Генри Пикеринг, который взял фотографию, предположил, что это место было тенью от близлежащего облака тёмной пыли. Многие вышедшие впоследствии статьи и книги пытались отрицать приоритет Флеминг и приписывали его Уильяму

Пикерингу, потому что составитель первого Индекс-каталога (IC), Джон Дрейер, удалил имя г-жи Флеминг из авторов списка объектов, которые она обнаружила, приписывая всё Пикерингу (что было принято большинством пользователей каталога ввиду того, что Пикеринг был директором обсерватории Гарвардского колледжа). Но, при выпуске второго Индекс-каталога в 1908 году, г-жа Флеминг и другие были известны достаточно, чтобы получить надлежащее признание заслуг в открытии ими последующих объектов, но не для туманности Конская Голова, открытия, сделанного ею ранее.

Флеминг руководила группой молодых женщин, нанятых для проведения вычислений и редактирования публикаций обсерватории. В 1899 году Флеминг была назначена хранителем архива фотопластинок. В 1906 году она стала почётным членом Британского королевского астрономического общества в Лондоне, первой американкой, избранной в него. Вскоре после этого она была избрана почётным членом Колледжа Уэллсли в области астрономии. Незадолго до её смерти, Астрономическое общество Мексики наградило её медалью за открытие новых звезд.

Она опубликовала 2 работы: «Фотографическое исследование переменных звёзд» (A Photographic Study of Variable Stars) (1907 год) и «Спектры и фотографические величины звёзд в стандартном цветах» (Spectra and Photographic Magnitudes of Stars in Standard Regions) (1911 год). Последняя, очень важная работа Флеминг «Звёзды с пекулярными спектрами» была опубликована в 1912 году уже после её смерти.

Умерла в Бостоне в 1911 году от пневмонии.

Кратер Флеминг на Луне назван в её честь (также и в честь Александра Флеминга).

Глава 5-5-12

Обнаружение различий в светимости Объяснение Эйнара Герцшпрунга

Когда создавался дрэперовский каталог, астрономы еще ничего не знали о громадных различиях в светимостях звезд, относящихся к одним и тем же классам.

Хотя Локьер и ввел второе измерение в свою классификацию, его критерии не обнаруживали непосредственной корреляции с каким-либо физическим параметром. Сотрудница Гарвардской обсерватории Мори, работая над частью дрэперовского каталога, обнаружила заметные различия в ширинах спектральных линий и обозначила их буквами а, b и с, соответствующими широким, средним и узким линиям. Мори заметила также, что «некоторые звезды, такие, как а Лебедя и δ Большого Пса, имеют спектры, в которых большинство линий, хотя, по-видимому, и имеет одинаковое положение с солнечными, значительно отличается по интенсивности, в то время как другие линии, видимо, не представлены в солнечном спектре...».

Мори показала, что у линий подразделений а и b нет различий в относительных интенсивностях, в то время как «...подразделение с отличается ярко выраженным характером своих линий, и кажется, что звезды этого подразделения должны больше отличаться по составу от звезд подразделения а, чем от звезд подразделения b».

Хотя Кэннон провела классификацию большего числа звезд, классификация Мори в некоторых отношениях стоит выше, потому что, введя с-характеристику, она добавила второй параметр к существующей системе классификации. Эта практика, однако, не была продолжена при составлении каталога Дрэпера.

Значение различий, замеченных Мори, было объяснено в 1905 году Герцшпрунгом. Так как только для

небольшого числа звезд из списка Мори были известны расстояния, то, чтобы учесть различие светимостей, он привлек статистический метод, используя собственные движения. Он вычислил приведенные собственные движения, то есть собственное движение, которое имела бы данная звезда, если ее поместить на расстояние, на котором она была бы нулевой величины. Герцшпрунг обнаружил, что с-звезды имеют крайне малые приведенные собственные движения; это говорило о больших расстояниях до них и, следовательно, о больших абсолютных светимостях. По его оценкам, с-звезды по крайней мере столь же яркие, как звезды класса О в Трапедии Ориона. Среди звезд класса А и более ранних с-звезды не выделяются, однако для звезд более поздних классов различия становятся заметными.

Герцшпрунг попытался объяснить тот факт, что две звезды, имеющие одинаковый спектральный класс и массу, как, например, γ Льва и 70 Змееносца, отличаются друг от друга по абсолютному блеску по крайней мере на 5,75 звездной величины. Он заметил, что если поверхностные яркости этих двух звезд одинаковы, поскольку они одинакового цвета, то плотность γ Льва должна быть в 3000 раз меньше, чем у 70 Змееносца. В таком случае у Льва либо находится на более ранней стадии развития, либо звезды типа у Льва и 70 Змееносца находятся на параллельных последовательностях. Герцшпрунг считал, что в данном случае имеет место последнее. Он также пришел к заключению, что абсолютная светимость большинства звезд уменьшается с покраснением и что в единичном объеме пространства яркие с-звезды встречаются относительно редко.

Глава 5-5-13

Объяснение Генри Рассела

Примерно в то же самое время Генри Рассел занимался фотографическими определениями звездных параллаксов и, следовательно, абсолютных светимостей звезд. В 1910 году Рассел пришел к выводу, что различия в абсолютных светимостях и собственных движениях коррелируют со спектральным типом. Он оценивал значение своих результатов для звездной эволюции таким образом:

«Хорошо известно, что в сжимающейся газовой массе температура должна подниматься до тех пор, пока эта масса не станет такой плотной, что к ее центральной части газовые законы уже будут почти неприменимы. После этого плотное ядро начнет оказывать все увеличивающееся сопротивление дальнейшему сжатию и потеря тепла посредством излучения возрастет по отношению к приросту тепла, получаемому вследствие сжатия; в это время температура достигает максимума и затем падает.

Прежде чем достигается максимум температуры, поверхностная яркость увеличивается по мере уменьшения диаметра, и неясно, возрастает или падает общее световое излучение; но после того как звезда начнет остывать, диаметр и температура убывают, и падение светимости должно быть быстрым.

Слабые звезды с большими собственными движениями... почти несомненно находятся в подобных условиях. Очень быстрое уменьшение светимости с усилением покраснения и крайне маленькая светимость наиболее красных звезд, несмотря на их весьма значительные массы, являются отличительными признаками звезд, прошедших период своего расцвета и находящихся на поздней стадии эволюции, а в некоторых случаях — приближающихся к угасанию.

Если принять, что большинство звезд, светимость которых не превышает светимости Солнца... находится на этих более поздних стадиях эволюции, то особенности их распределения по спектральным типам сразу же становятся понятными.

Необходимо отметить, что должно существовать два вида красных звезд. Звезды одного вида находятся на ранней стадии эволюции, температура их возрастает, плотность мала, диаметры велики и общая светимость значительна. У звезд другого вида температура падает, плотность велика и светимость очень мала. Наиболее красные звезды первого вида находятся на самых ранних стадиях эволюции, второго вида — на самых поздних стадиях. Практически все видимые невооруженным глазом красные звезды должны принадлежать к первому виду — об этом свидетельствуют их малые собственные движения и в некоторых случаях прямые измерения параллакса (например, у Альдебарана и Антареса), что доказывает, что их истинная светимость гораздо выше, чем у Солнца.

Во время публикации своей первой статьи Рессел, по видимому, ничего не знал о работе Эйнара Герцшпрунга, а во второй статье, тоже опубликованной в 1910 году, он ссылаясь на результаты Герцшпрунга как на дополнительное подтверждение своей теории. Его интерпретация, однако, отличается от интерпретации Герцшпрунга, так как Рессел рассматривает процесс в рамках одного непрерывного процесса развития, в то время как Герцшпрунг предполагает существование двух параллельных последовательностей. По словам Рессела:

«Основная идея моей теории подобна концепции, лежащей в основе классификации Локьера, однако на этот раз дается критерий, позволяющий отличать рост температуры от падения».

Глава 5-5-14

Диаграмма Герцшпрунга — Рессела

После того, как Антония Мори разделила звёзды по наличию определённых спектральных линий в их спектрах, Эйнар Герцшпрунг заметил, что некоторые классы звёзд в среднем имеют меньшее собственное движение, что говорило об их большей удалённости, и, следовательно, о большей светимости. Это наводило на мысль о связи светимости и спектрального класса, о чём Герцшпрунг опубликовал статью в 1908 году, после чего он начал изучать звёздные скопления, так как в них звёзды находятся на одинаковом расстоянии от Земли.

В 1910 году Ханс Розенберг опубликовал диаграмму зависимости видимой звёздной величины от интенсивности линии кальция и двух линий серии Бальмера для звёзд скопления Плеяд.

В 1911 году Эйнар Герцшпрунг построил диаграмму зависимости видимой звездной величины от показателя цвета для звезд в скоплениях Плеяды и Гиады. Он пришел к заключению, что все звезды в Плеядах и почти все в Гиадах принадлежат к так называемой главной последовательности, в которой звезды становятся краснее с уменьшением их блеска. Кроме того, он обнаружил несколько очень ярких желтых звезд в Гиадах. На диаграмме абсциссой служит или видимая звездная величина, или абсолютная фотографическая величина (нижняя шкала). Ординатой является показатель цвета.

Если эту диаграмму повернуть на 90° , она будет соответствовать диаграмме Рессела, который в 1913 году построил диаграмму зависимости абсолютных величин спектральных типов для всех звезд с известным параллаксом. Диаграмма этого типа теперь называется диаграммой Герцшпрунга — Рессела, или диаграммой спектр — светимость.

Впервые Рессел доложил о своей диаграмме и ее значении на собрании Королевского астрономического общества 13 июня 1913 года. С небольшими изменениями он рассказывал об этом же на съезде Американского астрономического общества 30 декабря 1913 года. На диаграмме видно, что точки группируются вдоль диагональной линии (главная последовательность) и горизонтальной линии (последовательность гигантов). Менее многочисленные и крайне яркие сверхгиганты (с-звезды Герцшпрунга) лежат над последовательностью гигантов. Единственная точка в левом нижнем углу — слабый спутник в двойной системе 40 Эридана — была отброшена из-за того, что ее «...спектр очень сомнителен», впоследствии оказалось, что она очень важна.

Большинство астрономов пришли к мнению, что спектральная последовательность определяется изменением поверхностной температуры звезд, относительно причин различия в светимостях не было общего согласия. Рессел показал, что они могут скорее являться результатом различий в плотности (и, следовательно, в площади поверхности), а не в массе или поверхностной яркости (как это предполагал Герцшпрунг в своей статье, опубликованной в 1905 году). Он сформулировал свои идеи относительно звездной эволюции таким образом:

«Среди различных более или менее спорных положений, связанных с проблемой звездной эволюции, вероятно, самой общепризнанной мыслью является следующая: по мере того как звезда становится старше, она сжимается. В самом деле, так как при сжатии потенциальная энергия силы тяжести преобразуется в тепловую, которая посредством радиации передается более холодным телам, из термодинамических принципов следует, что общая тенденция изменения должна быть в целом такой. Возможно, что в некоторый определенный период истории звезды может произойти столь быстрое превращение энергии, например радиоактивного характера, что оно временно превысит потерю за счет

излучения, и это приведет к расширению, которое будет работать против силы тяжести. Но все это может происходить главным образом на ранних стадиях ее развития, и в общем все равно плотность звезды будет увеличиваться с ее возрастом.

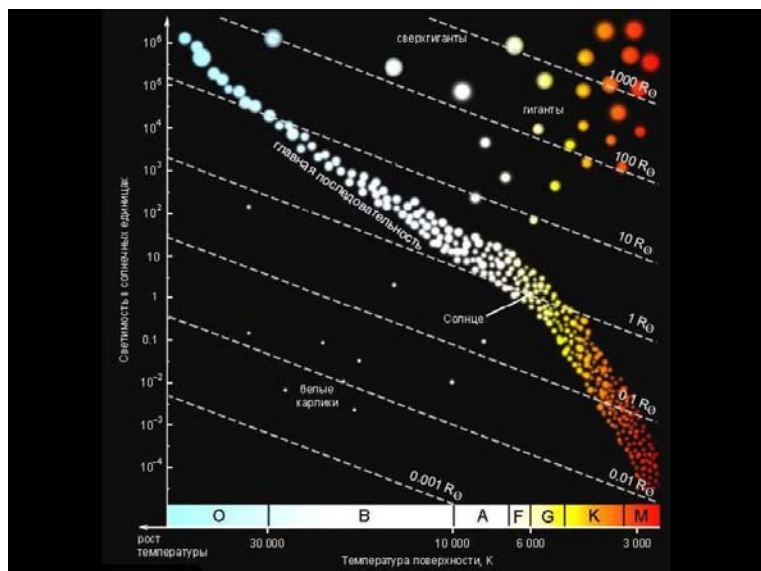


Рис. Диаграмма Герцшпрунга — Рессела

Если мы теперь расположим звезды, которые мы изучаем, в порядке возрастания плотности, мы должны начать с гигантских звезд класса М и затем проследить ряд гигантов в порядке, обратном тому, в каком обычно располагаются спектры, до звезд классов А и В и далее при все еще возрастающей, хотя уже и медленнее, плотности перейти вниз на последовательность карликов в обычном порядке изменения спектральных классов, встретив на пути Солнце, к тем красным звездам (снова в класс М), которые являются самыми слабыми из известных в

настоящее время звезд. Не может быть никакого сомнения в том, что такое продвижение связано с увеличением плотности; если при этом также увеличивается и возраст, то мы возвращаемся назад к гипотезе Локьера, что звезда бывает наиболее горячей в середине ее истории и что красные звезды распадаются на две группы: одна с возрастающей, а другая с убывающей температурой. Тогда гиганты представляют собой последовательные стадии в нагревании тела и должны быть тем моложе, чем они краснее; карлики представляют собой дальнейшую стадию их последующего охлаждения, и чем краснее эти звезды, тем дальше они продвинулись в своем развитии. Мы уже имеем дело не с двумя отдельными последовательностями, а с единым рядом, начинающимся и кончающимся классом М; в середине находится класс В, а по обе стороны от него в каждой половине последовательности лежат все промежуточные классы».

Таким образом, Рассел представил эволюционную схему крайне просто и прямолинейно. В то время как его выводы, касающиеся роли плотности и температуры в образовании звездных спектров, впоследствии подтвердились, его интерпретацию диаграммы Герцшпрунга — Рассела и его теорию звездной эволюции пришлось решительно пересмотреть. Проблемы, включаемые в круг этих вопросов, настолько сложны, что, прежде чем перейти к этой теме, необходимо более полно рассмотреть теории звездных атмосфер, интерпретацию звездных спектров и строение звезд; все эти вопросы будут изложены в следующих трех главах, а пока мы обсудим технические аспекты других уточнений, внесенных в спектральную классификацию.

Глава 5-5-15

Эйнар Герцшпрунг

Эйнар Герцшпрунг (дат. Ejnar Hertzsprung; 8 октября 1873, Фредериксберг — 21 октября 1967, Роскилле) — датский астроном.



Рис. Эйнар Герцшпрунг

Родился в местечке Фредериксбург близ Копенгагена. Учился в Копенгагенском политехническом институте, получил специальность инженера-химика. По окончании института (1898 год) в течение трех лет работал в Петербурге. Вернувшись на родину, начал изучать астрономию, одновременно проводил фотографические наблюдения в обсерватории Копенгагенского университета и небольшой обсерватории «Урания».

Его исследования произвели впечатление на директора Потсдамской обсерватории Карла Шварцшильда, который

пригласил Герцшпрунга в Гёттингенский университет, а затем в Потсдамскую обсерваторию (1909 г.).

С 1919 года Герцшпрунг работал в Лейденской обсерватории, в 1935 году стал ее директором. Выйдя в отставку, возвратился в Данию и продолжил исследования в обсерватории в Брорфельде.

Имя Герцшпрунга вошло в историю астрономии благодаря исследованиям 1905 – 1907 года в Копенгагене и затем в Потсдаме, когда он построил диаграмму зависимости видимой звездной величины от показателя цвета звезд в скоплениях Плеяды и Гиады (1911 г.).

В 1913 году американский астроном Генри Расселл построил аналогичную диаграмму для всех звезд с известными расстояниями, получившую название диаграммы Герцшпрунга – Расселла. Звезды со сходными физическими характеристиками образуют на ней более или менее изолированные группы. Большинство известных звезд располагаются на так называемой Главной последовательности, простирающейся по диагонали от горячих голубых звезд со светимостью в 1000 раз большей, чем у Солнца, через белые звезды, желтовато-белые, желтые (Солнце), оранжевые к красным карликам, в 1000 раз слабее Солнца. Эта диаграмма стала основой для исследований эволюции звезд.

Герцшпрунг определил также собственные движения звезд в скоплении Плеяд. Впервые отметил, что скопления Плеяды, Гиады и Ясли различаются по звездному населению (позже было установлено, что это различие обусловлено разным возрастом скоплений). Дал надежные оценки расстояния до Малого Магелланова Облака, показав, что многие переменные звезды в нем являются цефеидами. Установил, что Полярная звезда является цефеидой.

Герцшпрунг состоял членом многих академий наук, был награжден Золотой медалью Лондонского королевского астрономического общества (1929 г.), медалью К.Брюса Тихоокеанского астрономического общества (1937 г.) и другими. В честь астронома назван кратер на обратной стороне Луны.

Глава 5-5-16

Генри Норрис Рассел

Генри Норрис Рассел (англ. Henry Norris Russell; 25 октября 1877, Ойстер-Бэй, штат Нью-Йорк, США — 18 февраля 1957, Принстон, Нью-Джерси, США) — американский астрофизик, разработавший одну из первых теорий эволюции звёзд, первым определил содержание химических элементов в атмосфере Солнца, получил оценки содержания химических элементов во Вселенной, занимался исследованием связи между спектрами звезд и их светимостью.



Рис. Генри Норрис Рассел

В 1900 году окончил Принстонский университет. С 1903 по 1905 год проходил стажировку в Кембриджской обсерватории. В 1905 году стал преемником Янга в

Принстоне. С 1912 по 1947 год — директор астрономической обсерватории Принстонского университета. В 1913 году независимо от датского астронома Э. Герцшпрунга построил диаграмму, связывающую эти характеристики (диаграмма Герцшпрунга — Рассела). В 1913 — 1914 годах сформулировал концепцию звездной эволюции, согласно которой основным источником энергии звезды является её гравитационное сжатие. К середине 1920-х годов Расселл пересмотрел свою теорию, предположив существование у звезд иных источников энергии. Ход эволюции определялся непрерывным изменением плотности звезды: от красных гигантов по ветви гигантов к звездам спектральных классов А и В (разогрев), затем по ветви карликов через звезды типа Солнца к красным карликам (остывание).

С 1947 по 1952 году работал в Гарвардской обсерватории.

Член Национальной академии наук США (1918 г.), иностранный член Лондонского королевского общества (1937 г.).

Награды

Золотая медаль Королевского астрономического общества (1921 г.)

Медаль Генри Дрейпера (1922 г.)

Премия имени Лаланда Парижской АН (1922 г.)

Медаль Кэтрин Брюс (1925 г.)

Премия Румфорда (1925 г.)

Медаль Франклина (1934 г.)

Гиббсовская лекция (1936 г.)

Премия Генри Норриса Рассела (1946 г.)

В честь Рассела названа малая планета (1762) Расселл и кратер на видимой стороне Луны.

Глава 5-5-17

Спектральные параллаксы

После установления факта большого различия в светимостях звезд естественно возник вопрос, нельзя ли каким-либо образом выявить эти различия при изучении звездных спектров. Еще в 1911 году Герцшпрунг весьма определенно указал на такую возможность:

«Если бы мы только могли определить абсолютную светимость звезды по ее спектру, мы были бы в состоянии вычислить ее параллакс, зная видимую величину звезды и ее спектр...

Строго говоря, любое изменение светимости, какова бы ни была ее причина, должно каким-нибудь образом влиять на спектр. Отыскание таких спектральных эквивалентов светимости (позволяющих отличать звезды, имеющие большую абсолютную величину, от нормальных звезд) будет вознаграждено сторицей».

Однако Герцшпрунг не стал развивать это направление исследований. Эта задача была решена в 1914 году Уолтером Адамсом (1876 – 1956 гг.) и Арнольдом Кольшюттером (1883 – 1969 гг.) сотрудниками обсерватории Маунт Вилсон. По-видимому, они не были знакомы с идеями Герцшпрунга:

«В процессе изучения спектральной классификации звезд, спектры которых были сфотографированы для определения лучевых скоростей, были обнаружены интересные особенности. Исследованные звезды были двух видов: первый — звезды с большими собственными движениями и измеренными параллаксами, второй — звезды с очень маленькими собственными движениями и, следовательно, как правило, на больших расстояниях. Видимые величины звезд с большими собственными

движениями, или более близких звезд, в среднем несколько меньше, чем у звезд с малыми собственными движениями, так что между этими двумя группами должно быть очень большое различие в абсолютной величине.

В спектрах звезд с малыми собственными движениями сильны одни линии, а в спектрах звезд с большими собственными движениями — другие».

Адамс и Кольшюттер выбрали несколько спектральных линий, отношение интенсивностей которых различалось в звездах с большими и малыми собственными движениями, и таким образом смогли оценить их абсолютные величины.

Они обнаружили, что «...результаты, полученные при использовании относительных интенсивностей этих линий для определения абсолютных величин, находятся в хорошем согласии с результатами, полученными по параллаксам и собственным движениям».

Эти критерии были чисто эмпирическими; теоретическое объяснение было дано лишь в 20-х годах нашего столетия, когда была разработана теория астроспектроскопии.

За этой пионерской работой последовало определение «спектральных параллаксов» нескольких тысяч звезд, в основном по линиям металлов. Появилось также несколько статей, посвященных определению спектральных параллаксов звезд разных типов, например работа канадского астронома Элли Виберт Дуглас (1894 — 1988 гг.) о звездах класса А и сообщения нескольких наблюдателей южных звезд.

Глава 5-5-18

Уолтер Сидни Адамс

Уолтер Сидни Адамс (англ. Walter Sydney Adams; 20 декабря 1876 г., Антакья, Османская империя — 11 мая 1956 г., Пасадина, США) — американский астроном.

Член Национальной академии наук США (1917 г.), иностранный член Лондонского королевского общества (1950 г.).

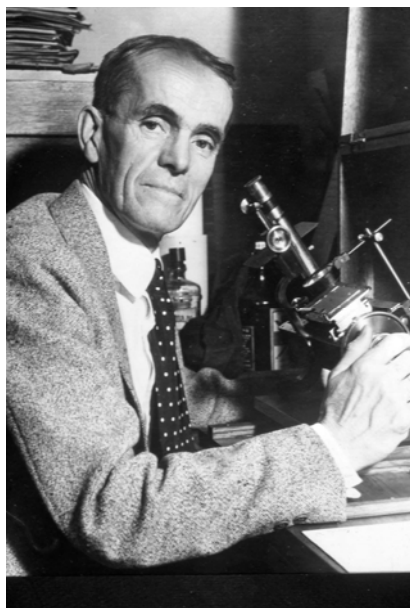


Рис. Уолтер Сидни Адамс

Уолтер Адамс родился в Антакье в семье миссионеров, в 1885 году вернулся в США. В 1898 году окончил Дартмутский колледж, после чего продолжил образование в Германии, в 1900—1901 учился в Мюнхенском

университете у К. Шварцшильда и Х. фон Зелигера. В 1901—1904 работал в Йеркской обсерватории, в 1904—1946 — в обсерватории Маунт-Вилсон, которую возглавлял с 1923 года. С 1946 до конца жизни работал в Солнечной лаборатории Хейла в Пасадене.

Вёл исследования планет, звёзд, Солнца и межзвёздной среды. Совместно с Ч. Сент-Джоном и Т. Данхемом измерил количество водяного пара и кислорода в атмосфере Марса, а также обнаружил углекислый газ в атмосфере Венеры. Организовал обширные исследования определения лучевых скоростей и спектральных параллаксов звёзд, совместно с сотрудниками обсерватории Маунт-Вилсон определил лучевые скорости более 7 тысяч звёзд и у нескольких тысяч звёзд определил их абсолютные звёздные величины. В 1925 году по просьбе А. Эддингтона исследовал спектр белого карлика Сириус В с целью обнаружения гравитационного красного смещения спектральных линий, предсказанного общей теорией относительности А. Эйнштейна. Доказал наличие тяжёлых элементов (в частности, железа) в облаках межзвёздного вещества. Определил скорость вращения Солнца, изучал различия в спектре солнечных пятен и невозмущённого диска, совместно с Расселом прокалибровал роуландовскую шкалу интенсивностей солнечного спектра.

Награды

Медаль Лондонского Королевского астрономического общества (1917), медаль Генри Дрейпера Национальной академии наук США (1918), премия Жюль Жансена Французского астрономического общества (1926), медаль Жансена Парижской Академии наук (1935), медаль Кэтрин Брюс Тихоокеанского астрономического общества (1928), премия Генри Норриса Рассела (1947).

В честь У. С. Адамса названы: Астероид 3145 Уолтер Адамс, кратер на Марсе, кратер Адамс на Луне (назван совместно в честь У. С. Адамса, Джона Куха Адамса и Чарльза Хичкока Адамса).

Глава 5-5-19

Система классификации МК

Примерно в 1930 году Уильям Морган, сотрудник Йеркской обсерватории, заинтересовался спектрами звезд класса А, и обратил внимание на различия между линиями поглощения у звезд, принадлежащих к одному и тому же спектральному классу в гарвардской системе. Таким образом, ему пришлось ввести двумерную классификацию, которая в некотором смысле представляла собой улучшенный вариант метода, предложенного Мори.

В основе этой классификации, обычно называемой «системой МК», лежит *Atlas of Stellar Spectra*, который состоит из отдельных фотографий звездных спектров. Этот атлас был разослан только нескольким большим обсерваториям мира. Однако Морган и американские астрономы Филипп Кинан и Эдит Келман (1911 – 2007 гг.) составили монографию, в которой перечислялись названия звезд и обозначения системы МК, так что астрономы могут получить свои собственные стандартные спектры и использовать их для того, чтобы путем интерполяции получить спектральные типы звезд, которые не наблюдались на Йеркской обсерватории. Участниками разработки йеркской системы (кроме Моргана, Кинана и Келман) были Роман и Байделман; за последние 20 лет все они внесли большой вклад в развитие классификации.

Основное значение йеркской системы состоит в ее применимости к исследованиям структуры Галактики. Ее полезность была убедительно продемонстрирована на Кливлендском съезде Американского астрономического общества в декабре 1952 года, где Морган объявил об открытии двух, а возможно, и трех спиральных ветвей Млечного Пути в окрестностях Солнца. Однако спиральные ветви, обнаруженные Морганом, не совсем

совпадают с рукавами, полученными радиоастрономами по эмиссионной линии водорода $\lambda 21$ см.

Критерии Моргана были чисто эмпирическими, но он немедленно начал развивать двумерную классификацию. Он располагал звезды не в линейной последовательности, а в прямоугольной системе, подобно почтовым ящикам в отделении связи. Для характеристики звезд он ввел следующие обозначения:

- 1a — наиболее яркие сверхгиганты,
- 1b — менее яркие сверхгиганты,
- II — яркие гиганты,
- III — нормальные гиганты,
- IV — субгиганты,
- V — звезды главной последовательности.

Большинство звезд укладывается в эту двумерную схему.

Основные преимущества йеркской классификации следующие:

1. Она имеет общий характер, т. е. не ограничивается только несколькими областями диаграммы спектр — светимость.
2. Классификация представляет собой результат процесса постоянного улучшения, продолжающегося в течение многих лет, и основана на однородном материале, полученном одним инструментом и на одинаковых фотографических пластинках.
3. Будучи чисто эмпирической по своим критериям, классификация имела целью с предельной точностью поместить каждую звезду на диаграмму Герцшпрунга — Рассела на основании только спектральных характеристик поглощения и излучения.
4. Она была применена ко всем наиболее ярким звездам (но далеко не исчерпала всего дрэперовского каталога) и, следовательно, дает нам статистическую картину звездного населения Млечного Пути.

5. Йеркская система обошла трудности, связанные с вращательными и турбулентными эффектами расширения линий, так как использовались спектры с малой дисперсией.

6. Ее основные свойства применимы только к звездам населения I типа и она не пытается замаскировать различия, которые, как известно, существуют между спектрами звезд населения I и II типов.

Звездами населения I типа являются звезды, которые были представлены на первоначальной диаграмме Герцшпрунга — Рессела. Это молодые звезды.

Другой тип звезд был нанесен на эту диаграмму Бааде при изучении звезд в шаровых скоплениях и в центральных областях Галактики. Эти звезды обычно относят к населению II типа. Это старые звезды.

Необходимо снова подчеркнуть, что йеркская система была разработана для исследования Млечного Пути путем установления надежных критериев спектральных параллакс звезд. Метод служит наилучшим средством для достижения цели, сформулированной Секки: «посмотреть, настолько ли разнообразен состав звезд, насколько сами они многочисленны».

Позднее были предприняты попытки создать более специализированные классификации для отдельных групп звезд. Например, в 1933 г. Отто Струве занимался классификацией наиболее горячих звезд. Кинан улучшил классификацию углеродных звезд.

Рессел, Пейн-Гапошкина и Мензел писали:

«...если мы когда-нибудь разработаем теорию, достаточно точную и гибкую для объяснения всех характеристик звездных спектров, классификация или станет ненужной или будет представлена в виде стенографического перечня параметров, необходимых для нахождения точного решения проблемы».

Глава 5-5-20

Уильям Уилсон Морган

Уильям Уилсон Морган (англ. William Wilson Morgan, 1906 — 1994 гг.) — американский астроном.

Родился в Бетесде (штат Теннесси). В 1923 — 1926 годах учился в университете в Лексингтоне (штат Виргиния), затем в Чикагском университете, который окончил в 1927 году. В 1927 — 1974 годах работал в Йеркской обсерватории, в 1947 — 1974 годах — профессор Чикагского университета, в 1960 — 1963 годах — директор обсерваторий Йеркской и обсерватории Мак-Дональд, с 1974 — почетный профессор Чикагского университета.



Рис. Уильям Уилсон Морган

Основные труды Уильяма Моргана связаны со звездной спектроскопией и фотометрией звезд. В начале 1930-х годов изучил и описал спектры большого числа звезд класса А, в частности пекулярных А-звезд с усиленными линиями редкоземельных элементов. Разработал совместно с Ф. Кинаном двухмерную спектральную классификацию звезд (система МК), являющуюся основной системой классификации звезд до настоящего времени (она описана в «Атласе звездных спектров», изданном в 1943 году). Система МК прокалибрована в шкале абсолютных величин звезд.

В 1951 совместно с С. Шарплессом и Д. Остерброком установил существование спиральных ветвей в нашей Галактике. Это открытие было осуществлено путём определения спектральными методами расстояний до горячих звезд, которые возбуждают свечение в облаках ионизованного водорода, концентрирующихся, как показали внегалактические исследования, в спиральных ветвях. Впоследствии спиральные ветви Галактики были также обнаружены радиоастрономическими методами.

В 1953 году совместно с Х. Л. Джонсоном и Д. Хэррисом создал точную систему звездной фотометрии, определяемую с помощью стандартных звезд, — так называемую систему U, B, V, которая стала международной стандартной фотометрической системой.

В 1957 году совместно с Н. У. Мейолом нашел связь между типом галактики и спектром её интегрального света и на этой основе разработал классификацию галактик и метод определения звездного состава галактик по их формам.

В 1947 — 1952 годах — главный редактор журнала *Astrophysical Journal*.

Член Национальной АН США (1956 г.) и ряда академий наук других стран.

Лауреат медали Брюс (1958 г.).

Премия Генри Норриса Рассела (1961 г.).

Медаль Генри Дрейпера (1980 г.).

Медаль Гершеля (1983 г.).

В его честь назван астероид № 3180.

Глава 5-5-21

Филипп Чайлдс Кинан

Филип Чайлдс Кинан (Philip Childs Keenan, 31 марта 1908, Белвью, Пенсильвания — 20 апреля 2000, Коламбус, Огайо) — американский астроном.

Специалист в области спектроскопии звёзд. В 1932 году получил степень доктора философии по астрономии в Чикагском университете, после чего преподавал там до 1942 года (с перерывом в 1935/36 году). Работал в Йеркской обсерватории. В начале 1940-х годов совместно с Уильямом Морганом и Эдит Келлман разработал систему спектральной классификации звёзд (система МКК), усовершенствованный вариант которой был опубликован Морганом и Кинаном в 1973 году (система МК). Система МКК отображает зависимость вида спектра от светимости и в варианте МК используется астрономами и в начале XXI века.

Во время сотрудничества Кинана и Моргана первый сосредоточил свои исследования на звёздах более холодных, чем Солнце, в то время как Морган — на более горячих.

В 1946—1976 годах преподавал астрономию в Университете штата Огайо, с 1976 года — профессор-эмерит.

В честь учёного назван астероид 10030 Philkeenan.

Глава 5-5-22

Количественные методы спектральной классификации Даниеля Шалонжа

Применение классификации МК показало, что некоторые используемые критерии могут трактоваться по-разному. Поэтому были созданы две новые системы спектральной классификации, одна — главным образом Даниелем Шалонжем из Астрофизического института в Париже, другая — Б. Стремгренем в Соединенных Штатах. Обоим методам свойственна непрерывность. Они основаны на измерении определенных параметров, причем в системе Шалонжа исследования проводятся фотографическим путем, а в системе Стремгрена — с помощью фотоэлектрических фотометров с узкополосными фильтрами.

В 1952 — 1956 годах Даниель Шалонж совместно с Даниелем Барбье (1907 – 1965 гг.) и Л. Диван разработал двух- и трёхпараметрическую системы спектральной классификации звёзд, параметры которых определяют свойства звёзд более точно, чем в системе Моргана — Кинана. Их работы базируются на фотографических наблюдениях спектров звезд, главным образом в ультрафиолетовой области спектра. Они использовали кварцевый спектрограф, в котором кассета поворачивается мотором вокруг точки, расположенной на оси спектра на определенном расстоянии от его коротковолнового конца. Цель этого приспособления состоит в увеличении эффективной экспозиции в ультрафиолетовой области, где излучение большинства звезд слабо. Спектры поэтому оказываются треугольными: в ультрафиолетовой области полоска непрерывного спектра уже, чем в синей части.

Спектральная классификация звёзд Шалонжа основана на фиксировании характеристик непрерывного спектра,

которые не искажаются межзвездным поглощением. Одной из таких характеристик является бальмеровский скачок — логарифм отношения интенсивностей по обе стороны предела серии Бальмера. Это отношение зависит от возбуждения и ионизации водорода, то есть главным образом от температуры. Второй характеристикой — длина волны, у которой кончается бальмеровская серия и начинается непрерывный спектр. Этот параметр зависит от плотности газа и характеризует класс светимости. Иногда в качестве характеристики используют наклон спектра в синей области, но ее можно применять только для близких звезд, для которых нет заметного межзвездного поглощения. Третьим параметром спектральной классификации (помимо температуры T и светимости L) является химический состав, точнее относительное содержание в атмосферах звезд химических элементов тяжелее гелия. Рассмотрение химического состава в качестве параметра классификации позволило решить проблему субкарликов, то есть показать, что субкарлики являются обычными звездами главной последовательности с пониженным содержанием тяжелых элементов и не образуют отдельного класса светимости.

Применение метода Шалонжа ограничивается теми звездами, в спектрограммах которых водородные линии и бальмеровский скачок достаточно заметно проявляются на фотопластинках. Другими словами, этот метод хорош только для звезд более ранних спектральных классов, чем G0. Точность, достигнутая французскими астрономами, так же высока или, возможно, даже выше, чем точность, полученная при классификации в системе МК.

Необходимо помнить, что классификация МК применима только к звездам населения I типа; для объектов населения II типа кривыми перехода надо пользоваться осторожно.

Тем не менее применение модели Шалонжа к звездам населения II типа уже привело к некоторым интересным результатам. Так, Фринган, одна из сотрудниц Шалонжа, недавно исследовала спектр известной переменной звезды

типа переменных галактических скоплений RR Лиры. Она обнаружила, что если на модели Шалонжа отложить все три параметра, то точки, соответствующие спектрам звезд типа RR Лиры, неизменно оказываются под поверхностью. Другими словами, звезда населения II типа не может быть представлена точкой поверхности.

Точно такую же тенденцию проявляют субкарлики населения II типа (звезды, лежащие чуть ниже главной последовательности), что было обнаружено Шалонжем и его сотрудниками Берже, Канаваджа и Фринган. Эти звезды также ложатся ниже поверхности модели и, следовательно, являются более голубыми, чем нормальные звезды.

Основное преимущество метода Шалонжа состоит в его непосредственной связи со свойствами атома водорода. Эту схему можно будет использовать при исследовании многих проблем, связанных со спектрами, таких, как интерпретация диаграммы Герцшпрунга — Рассела, зависимость между возрастом звезд и содержанием водорода в них и так далее.

Самым недавним практическим применением метода Шалонжа является исследование спектров компонент визуально-двойных звезд, выполненное Берже. Для нескольких звезд сравнения основные параметры классификации Шалонжа были получены из предшествующих наблюдений, так что можно было измерить интенсивности непрерывного спектра в различных длинах волн относительно уже исследованных звезд сравнения. Полученные результаты соответствуют теории звездной эволюции, согласно которой более массивная компонента визуально-двойных звезд по своим характеристикам является более развитой в эволюционном отношении, чем менее массивная.

Глава 5-5-23

Даниель Шалонж

Даниель Шалонж (фр. Daniel Chalonge, 1895 — 1977 гг.) — французский астроном и астрофизик.



Рис. Даниель Шалонж

Родился в Гренобле, образование получил в Высшей Нормальной школе. На протяжении многих лет работал в Парижской обсерватории, обсерватории в Провансе и высокогорной обсерватории в Юнгфрауях, Швейцария. Один из основателей Института астрофизики в Париже.

Основные труды Даниеля Шалонжа связаны со звёздной спектроскопии. Совместно с Д. Барбье изучил абсолютными методами распределение энергии в ультрафиолетовой области и определил величину бальмеровского скачка в спектрах 240 звёзд всех спектральных классов (1941 г.).

В 1952 — 1956 годах совместно с Барбье и Л. Диван разработал двух- и трёхпараметрическую системы спектральной классификации звёзд, параметры которых определяют свойства звёзд более точно, чем в системе Моргана — Кинана.

Исследовал поглощение в непрерывном спектре звёзд, обусловленное отрицательными ионами водорода; совместно с Л. Диван построил систему цветовых температур звёзд. Обнаружил температурный эффект в озоновом слое.

В 1948 — 1955 годах был президентом Комиссии N 36 «Теория звездных атмосфер» МАСа.

Опубликовал (в соавторстве) более 90 научных работ.

Глава 5-5-24

Количественные методы спектральной классификации Бенгта Стрёмгрена

Еще один метод количественной спектральной классификации создал Бенгт Стрёмгрен. В принципе его исследования совершенно аналогичны методу Даниеля Шалонжа, но проведены с помощью фотоэлектрических фотометров с узкополосными фильтрами.

Сначала свет каждой звезды непосредственно анализируется фотоэлектрическим фотометром, затем с помощью интерференционных фильтров выделяются и сравниваются различные длины волн. Таким образом была построена двумерная классификация для В-, А- и F-

звезд, основанная на измерениях интенсивности линии поглощения водорода H_β и бальмеровского скачка.

Стремгрен провел калибровку своего метода по измерениям примерно 100 звезд, для которых были известны спектральные классы и классы светимости по Моргану. Он мог классифицировать спектры с точностью около 0,02 спектрального класса. В этом отношении новый метод настолько превосходил все предыдущие, что открыл новую эпоху в астрофизике. Соответственно абсолютные величины звезд, к которым применим этот метод, получаются из одного наблюдения с вероятной ошибкой, равной приблизительно 0,2 звездной величины.

Аналогичную работу, использующую другие критерии, Стремгрен провел для холодных звезд класса К на Копенгагенской обсерватории Гюльденкерне; она дала удовлетворительные результаты.

На съезде Американского астрономического общества в Нашвилле в декабре 1953 года Стремгрен рассказал о другом достижении наблюдательной техники: одновременной фотоэлектрической фотометрии с помощью счетчиков фотонов в трех узких участках длин волн (H_β и двух других областях, используемых для сравнения). Спектры были получены с помощью спектрографа кудэ 82-дюймового рефлектора обсерватории Мак-Дональд; для выделения трех узких участков спектра использовались щели.

Стремгрен указал на то, что если в методе с интерференционными фильтрами на 82-дюймовом рефлекторе измерения давали высокую точность для звезд примерно 12 величины, то метод непрерывных измерений расширил область исследуемых звезд вплоть до 14 величины. При равной точности выигрыш по сравнению с фотографическим методом составляет примерно четыре звездные величины, когда время накопления фотоэлектрического изображения равно времени фотографической экспозиции.

Глава 5-5-25

Бенгт Георг Даниель Стрёмгрен

Бенгт Георг Даниель Стрёмгрен (Bengt Georg Daniel Strömberg; 21 января 1908 — 4 июля 1987) — датский астроном и астрофизик.

Член Датской королевской академии наук (1939), иностранный член Национальной академии наук США (1971).



Рис. Бенгт Георг Даниель Стрёмгрен

Бенгт Стрёмгрен родился в Гётеборге. Его родителями были Хедвиг Стрёмгрен (урожденная Лидфорсс) и Сванте Элис Стрёмгрен, который был профессором астрономии копенгагенского университета и директором университетской обсерватории. Бенгт рос в профессорском особняке, окружённый учеными,

ассистентами, наблюдателями и, просто, гостями. Отец ввел сына в научную жизнь и способствовал его продвижению. Так, первую научную работу Стрёмгрен младший выпустил в соавторстве с отцом в возрасте 14 лет. В 1925 Стрёмгрен поступает в Копенгагенский университет, а в 1929 уже получает степень доктора философии. После окончания университета остаётся работать в Копенгагенской обсерватории, а в 1940 становится её директором. С 1932 года состоит лектором в Копенгагенском Университете. В 1936 уезжает в 18-месячную командировку в Чикагский университет по приглашению Отто Струве. Был инициатором создания Обсерватории Брорфельде. После войны эмигрировал в США. 1951—1957 — директор Йеркской и Мак-Дональдской обсерваторий. С 1952 по 1957 профессор Чикагского университета. С 1957 по 1967 работал в институте перспективных исследований Принстонского университета, где сотрудничал с Эйнштейном. С 1967 — профессор астрофизики Копенгагенского университета.

Бенгт Стрёмгрен внёс громадный вклад в астрофизику. Его научные работы относятся к физике звёзд и межзвездной среды. В 1940 г. рассчитал первые теоретические модели солнечной атмосферы, что позволило определить химический состав верхних слоёв Солнца. Одним из первых применил результаты ядерных исследований к проблемам звездной эволюции; проследил общий путь развития звезды на ранних стадиях истощения водорода в её недрах и нашел, что она должна двигаться от главной последовательности к ветви гигантов и что наклон эволюционного трека зависит от содержания водорода в звезде. Ряд работ посвящён теории пульсаций и проблемам, связанным с ионизацией звездного вещества.

В 1939 и 1948 гг. развил теорию ионизации межзвездного водорода излучением горячих звезд. Показал, что внутри определенных, резко ограниченных областей вокруг таких звезд («сфер», или «зон Стрёмгрена») водород полностью ионизован, а вне этих областей он нейтрален. Эта теория не только качественно

объясняет вид многих газовых туманностей, но и позволяет рассчитать их размеры, которые зависят от плотности газа и температуры возбуждающей звезды.

Разработал систему двумерной спектральной классификации звезд классов В—F (названную его именем) основанную на фотоэлектрической фотометрии определенных участков спектра с узкими интерференционными фильтрами.

Награды

медаль Кэтрин Брюс (1959)

Золотая медаль Королевского астрономического общества (1962)

Премия им. Генри Норриса Рассела (1965)

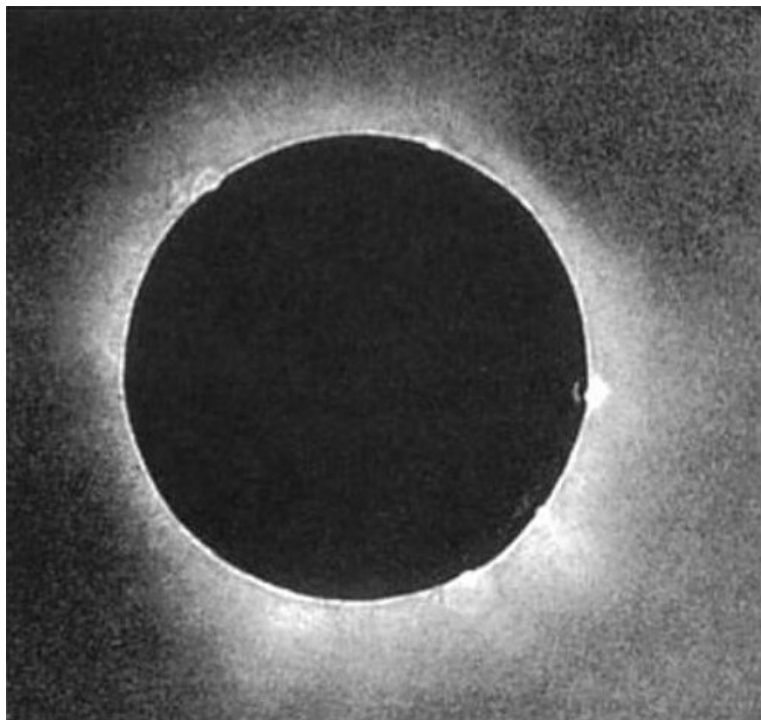
Медаль Карла Шварцшильда (1969)

В честь него названы:

Астероид 1846 Bengt

Фотометрическая система Стрёмгрена

Зоны Стрёмгрена



Часть 5-6

Астрофотография

Содержание

- Глава 5-6-1 (том-часть-глава). Изобретение фотографии
- Глава 5-6-2. Жозеф Нисефор Ньепс
- Глава 5-6-3. Луи Жак Манде Дагер
- Глава 5-6-4. Уильям Генри Фокс Тальбот
- Глава 5-6-5. Джон Гершель и фотография
- Глава 5-6-6. Первые дагерротипы Луны
- Глава 5-6-7. Первые дагерротипы Солнца
- Глава 5-6-8. Жан Бернар Леон Фуко
- Глава 5-6-9. Дагерротипы Джорджа Бонда и Джона Уиппла
- Глава 5-6-10. Уоррен де ла Рю
- Глава 5-6-11. Фотографии комет и звезд
- Глава 5-6-12. Сэр Дэвид Гилл
- Глава 5-6-13. Поль Анри. Проспер Анри

Глава 5-6-1

Изобретение фотографии

Первая известная попытка фиксации изображения химическим способом предпринята Томасом Веджвудом и Гемфри Дэви. Уже в 1802 году они могли получать фотограммы при помощи солей серебра, не зная способа их закрепления. Первым практическим успехом на пути к появлению фотографии стало изобретение Жозефом Нисефором Ньепсом (1765 — 1833 гг.) гелиографии. Наиболее раннее сохранившееся изображение, снятое с помощью этой технологии камерой-обскурой, датировано 1826 годом и известно под названием «Вид из окна в Ле Гра».

С небольшими усовершенствованиями гелиография позднее широко использовалась для тиражирования готовых снимков, полученных другими способами, но для съёмки с натуры она оказалась непригодной, давая слишком контрастное изображение почти без полутонов и мелких деталей.

14 декабря 1829 года Ньепс заключил нотариальный договор о дальнейшей совместной работе с создателем первой диорамы Луи Жак Манде Дагер (1787 — 1851 гг.), проводившим собственные опыты в области закрепления изображения. Некоторое время изобретатели вели свои работы параллельно, однако успех был достигнут уже после смерти Ньепса.

В 1839 году Дагер опубликовал способ получения изображения на медной пластине, покрытой серебром. После экспонирования пластина проявлялась парами нагретой ртути, а затем закреплялась в растворе поваренной соли. Дагер назвал свой способ получения фотографического изображения «дагеротипия» и 14 июня 1839 года передал в общественное достояние в обмен на пожизненную пенсию.

Практически одновременно с Л. Дагером англичанин Уильям Генри Фокс Тальбот изобрёл негативно-позитивную технологию получения фотографического изображения, которую назвал «калотипия». В качестве носителя изображения Тальбот использовал бумагу, пропитанную хлористым серебром. Процесс позволял тиражировать позитивное изображение с помощью контактной фотопечати. Получаемый позитив уступал дагеротипу в качестве из-за отображения волокнистой структуры бумаги и грубых полутонов. Этот факт наряду с необходимостью патентных отчислений за пользование технологией сыграл ключевую роль в том, что дагеротипия надолго стала доминирующим фотопроцессом.

Дагеротипия и калотипия использовались до второй половины XIX века, уступив место мокрому коллодионному процессу, соединившему преимущества негативно-позитивного метода Тальбота с высокой светочувствительностью. Появившаяся тогда же альбуминовая печать давала высококачественные бумажные отпечатки со стеклянных коллодионных негативов. Главным недостатком мокрого коллодия оказалась необходимость экспонирования и лабораторной обработки влажных фотопластинок в течение нескольких минут после полива эмульсии, пока светочувствительный слой остаётся проницаемым для обрабатывающих растворов. Проблема была решена только после изобретения английским врачом Ричардом Меддоксом в 1871 году желатиносеребряного процесса и так называемых «сухих» фотопластинок.

Завершающей инновацией стала возможность использования в качестве подложки гибкого целлулоида вместо стекла, благодаря изобретению Ганнибалом Гудвином желатинового противоскручивающего контрслоя в 1887 году. Так место фотопластинок в начале XX века заняла листовая и рулонная фотоплёнка с желатиносеребряной эмульсией, доминирующая в аналоговой фотографии до сегодняшнего дня.

Глава 5-6-2

Жозеф Нисефор Ньепс

Жозеф Нисефор Ньепс (7 марта 1765 — 5 июля 1833 гг.) — французский изобретатель, наиболее известен как создатель гелиографии и один из изобретателей фотографии.



Рис. Жозеф Нисефор Ньепс

Родился в городе Шалон-сюр-Сон в Бургундии в аристократической семье. Его отец был советником Людовика XV, мать — Клод Баро — дочерью известного юриста, Антуана Баро. В Шалоне семья располагала большим имуществом. Жозеф учился в колледжах Шалона, Труа и Анже с 1780 по 1788 год ораторскому искусству.

Хотя учёба готовила его к церковной карьере, он в 1792 году предпочёл поменять направленность, вступив в революционную армию и став офицером, принимал активное участие в военных действиях на Сардинии и в Италии. Плохое здоровье вынудило его уйти в отставку. В 1795 году он поселился в Ницце в качестве государственного служащего и женился на Агнессе Рамеру.

Но через 6 лет он вернулся в родной город к своей матери и братьям. Здесь он начал заниматься своими исследованиями вместе со своим старшим братом Клодом. Первым изобретением был пиреолофор — двигатель внутреннего сгорания, с помощью которого можно было двигать лодку по Сене. В 1816 году Ньепс начал работать над получением фотографического изображения. Изначально использовалась серебряная соль, которая чернеет при контакте с дневным светом. Ньепс смог получить негатив, однако при высвобождении серебряной соли из камеры снимок весь почернел. В дальнейшем Ньепс пытался использовать медную или известняковую пластинку, покрытую тонким слоем битума. Впервые Жозеф Ньепс получил зафиксированное изображение около 1822 года — «Накрытый стол», которое, однако, не дошло до нас. Самая старая из известных нам фотографий — «Вид из окна в Ле Гра» 1826 года, экспозиция которой длилась около 8 часов.

В 1829 году 64-летний Ньепс был болен. Он и его старший брат Клод истратили все свои деньги, полученные по наследству, на различного рода изобретения, но ни одно не сделало их богатыми. Гелиография стала основным его занятием, и он отдал ей все свои силы. Умер Жозеф Ньепс в 1833 году.

Сын Жозефа, Исидор Ньепс, продолжил дело отца и дяди, став компаньоном Луи Дагера.

Глава 5-6-3

Луи Жак Манде Дагер

Луи Жак Манде Дагер (18 ноября 1787 — 10 июля 1851 гг.) — французский художник, химик и изобретатель, один из создателей фотографии.



Рис. Луи Жак Манде Дагер

Родился 18 ноября 1787 года в городке Кормей-ан-Паризи близ Парижа. Школьного образования практически не получил, в тринадцать лет отец отдал его в ученики к архитектору. В 1804 году, когда Луи Дагеру исполнилось 16 лет, отец отвёз его в Париж и устроил учеником в мастерскую театрального декоратора «Гранд Опера» Деготти.

Дагер был также известен как танцор, канатоходец, театральный художник. К моменту прихода к Деготти он

уже знал законы перспективы, поэтому декоратор и взял его в ученики. Природный дар художника сразу выделил постановки Дагера, его стали отмечать критики. Он творил чудеса на сцене, например, вместе со своим компаньоном построил диораму: сидящие зрители могли увидеть какой-нибудь огромный собор снаружи, а потом вдруг оказаться внутри. Для этого писались две картины, размером до двадцати двух метров в высоту. Диорама имела огромный успех в Париже и прославила Дагера.

Чтобы упростить себе работу при создании таких огромных картин, Дагер использовал камеру обскура, однако никак не мог закрепить изображение на экране. Дагер провёл огромное количество опытов, экспериментируя с химическими веществами, а потом узнал о Нисефоре Ньепсе, который занимался примерно такими же опытами. Дагер пишет ему письмо, и Ньепс предлагает заключить договор о сотрудничестве. В конце 1820-х вместе с Жозефом Ньепсом работал над созданием метода фотографии. В 1833 году Ньепс скончался. Дагеротипия была изобретена уже после этого, практически случайно, как следствие очередного опыта.

Дагер сделал всё, чтобы превратить изобретение Ньепса в реально применимую технологию, правда, с использованием химических веществ, которые были неизвестны Ньепсу. Идея Дагера заключалась в том, чтобы получать изображение с помощью паров ртути. Сначала он проводил опыты с бихлоридом ртути, но изображения получались слабые. Затем использовал сахар или закись хлора, и, наконец, в 1837 году, после одиннадцати лет опытов, он стал подогревать ртуть, пары которой проявляли изображение. Он превосходно фиксировал изображение, пользуясь сильным раствором обычной соли и горячей водой для смывки частиц серебряного йодида, не подвергшихся воздействию света.

7 января 1839 года французский физик Франсуа Араго сделал доклад о дагеротипии на заседании Французской академии наук и Академии изящных искусств. После этого имя Дагера и его технология стали известны во всем мире.

К нему пришли слава, богатство и уверенность. Имя Ньепса было практически забыто.



Рис. Дагерротип Луи Жак Манде Дагера

Принцип Дагера проявлять с помощью ртутных паров был оригинален и надёжен, и основан, без сомнения, на знаниях, полученных Дагером от Ньепса. Ньепс ничего не сделал (а точнее Ньепс, Нисефор не успел закончить свое изобретение из-за смерти), чтобы развить дальше своё изобретение после 1829 года, равно как и его сын Исидор, который стал партнёром Дагера после смерти отца. Сын, очень нуждаясь в средствах, спустя несколько лет заключил новый контракт, в котором указывалось, что Дагер был изобретателем дагеротипа.

Дагер скончался 10 июля 1851 года в Бри-сюр-Марн. Его имя внесено в список величайших учёных Франции, помещённый на первом этаже Эйфелевой башни.

Глава 5-6-4

Уильям Генри Фокс Тальбот

Уильям Генри Фокс Тальбот (31 января (11 февраля) 1800 — 5 (17) сентября 1877 гг.) — английский физик и химик, один из изобретателей фотографии. Изобрёл калотипию, впервые позволившую тиражировать фотоснимки путём получения на светочувствительном материале сначала негативного изображения, а затем неограниченного числа позитивных копий.

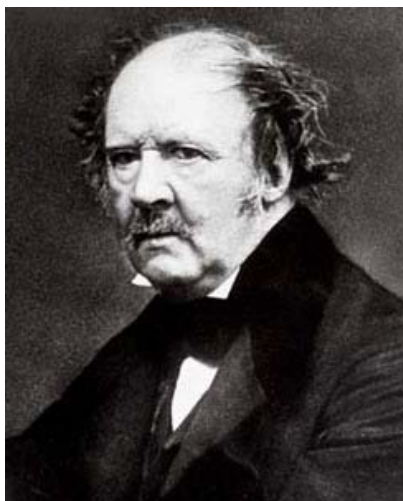


Рис. Уильям Генри Фокс Тальбот

Родился в Лэкоке (Уилтшир).

В 1835 году создал первый негатив, в качестве носителя изображения Тальбот использовал бумагу, пропитанную нитратом серебра и раствором соли. Он фотографировал окно своей библиотеки изнутри, камерой с оптической линзой, величиной всего 8 сантиметров.

В 1838 году Лондонское королевское общество наградило учёного одной из своих высших наград — Королевской медалью.

В 1840 году открыл способ создания позитивной копии на солевой бумаге с бумажного негатива, с помощью которого можно создать любое количество последующих копий. Эта технология соединяла в себе высокое качество и возможность копирования снимков (позитивы печатались на аналогичной бумаге). Тальбот назвал эту технологию «калотипией», а неофициально её окрестили «тальботипией», по фамилии изобретателя. Его метод фактически создал современную фотографию, поскольку при использовавшейся прежде дагеротипии съёмка позволяла получать позитивное изображение в единственном экземпляре.

В 1841 году Тальбот зарегистрировал патент на негативно-позитивный способ создания фотоснимков. Для съёмки он использует йодо-серебряную бумагу, проявляет с помощью и нитрата серебра. Фиксирует с помощью тиосульфата натрия. Получившийся негатив он опускает в ёмкость с воском, который делает снимок прозрачным. После этого он накладывает прозрачный негатив на чистую йодо-серебряную бумагу, экспонирует и получает позитивную копию после проявления и фиксации.

В 1844 году Тальбот опубликовал первую книгу с фотоиллюстрациями: «The Pencil of Nature»; при этом он использует вручную приклеенные калотипии.

Еще в 1826 году Фокс Талбот мог, но не решился сформулировать основной принцип спектрального анализа, поскольку не смог объяснить результаты своих опытов. Талбот склонялся к мысли, что всякая отдельная линия в спектре безошибочно указывает на присутствие определенного вещества. Но неизменное присутствие желтой полосы приводило его в замешательство. Только через тридцать лет Виллиам Сван указал, что обыкновенная соль (хлористый натрий) принадлежит к самым распространенным, к самым обычным в природе телам.

Глава 5-6-5

Джон Гершель и фотография

Сэр Джон Фредерик Вильям Гершель (1792 — 1871 гг.) — один из самых почитаемых английских ученых XIX века.

Его интересы были весьма разноплановы, он проводил исследования в области физики и химии, его двухтомный труд «Очерки астрономии» сыграл важную роль в распространении астрономических знаний во всем мире.

Велики заслуги Гершеля и в области фотографии — если бы не его разносторонность он вполне бы мог изобрести фотографию на 10-20 лет раньше Дагера и Тальбота.

Уже в 1819 году, за 20 лет до изобретения фотографии, Джон Гершель открыл растворяющее действие тиосульфата натрия на галоидное серебро, то есть современный способ фиксации фотографических изображений. После этого он долгое время не занимался ничем так или иначе связанным с фотографией, не считая использования камеры-обскуры для рисования, исследований оптики для телескопов и некоторых проведенных совместно с Тальботом экспериментов в 1830-х годах.

22 января 1839 года Джон Гершель случайно узнал об изобретении Дагера и, не теряя драгоценного времени, начал собственные эксперименты в этой области. Уже через несколько дней он разработал оригинальный и очень надежный способ получения изображений непосредственно на бумаге.

«Я помню, как нас посетил господин Фокс Тальбот, который пришел показать Гершелю свои прелестные картинки папоротника и кружева, полученные с помощью нового процесса», — вспоминала жена Джона Гершеля, — «Когда зашла речь о сложности фиксации изображения, Гершель взял у него одну из картинок и вышел. Через

несколько минут он вернулся: «Я думаю оно зафиксировано», — сказал он, передавая господину Фоксу Тальботу изображение. Так началось использование гипосульфита в фотографии».

Эта методика была сразу же перенята Тальботом, а несколько позднее и Дагером.

Другим, может быть не менее важным, открытием Гершеля был процесс цианотипии. Ученый первым обнаружил чувствительность к свету солей железа и в июне 1842 года прочитал в Королевском обществе доклад «О действии лучей солнечного спектра на растительные красители, а также о некоторых новых фотографических процессах». С помощью цианотипии была напечатана первая в мире иллюстрированная фотографиями научная работа.

Вклад Джона Гершеля в изобретение и дальнейшее развитие фотографии огромен. Но даже если бы он не сделал ни одного открытия и изобретения в этой области его имя все равно навсегда осталось бы в истории фотографии — именно он обогатил человеческую речь такими словами как «Фотография», «Негатив», «Позитив» и «Снимок» («Snapshot»).

Глава 5-6-6

Первые дагерротипы Луны

Первым о создании фотографии объявил французский физик и астроном Франсуа Араго.

7 января 1839 года он сделал доклад о дагеротипии на заседании Французской академии наук и Академии изящных искусств, продемонстрировав фотографию Луи Дагерра (Мастерская Художника).

Араго предсказал, что фотографическая техника будет использоваться в астрономии, в частности, при изучении природы и рельефа лунной поверхности.

После этого имя Дагера и его технология стали известны во всем мире. К нему пришли слава, богатство и уверенность. Имя Ньепса было практически забыто.

Араго способствовал покупке изобретения правительством Франции, сделавшей дагеротипию общественным достоянием (Дагер согласился разрешить свободное использование изобретения в обмен на «пенсию» для себя и своих детей).

Первым, уже в 1839 году, сфотографировать Луну попытался сам Дагер. Попытка была неудачной. Изображение получилось слишком размытым, Дагер не смог обеспечить необходимую длительную выдержку.

Однако уже в 1840 году профессор химии и биологии Нью-Йоркского университета Джон Уильям Дрейпер (1811 — 1882 гг.) получил первый успешный (правильно экспонированный) дагерротип Луны, используя 6-дюймовый рефлектор с большим фокусным расстоянием и 20-минутной экспозицией.

В Гарвардской обсерватории первые фотографии Луны и звёзд были сделаны в период с 1849 по 1852 год. Уильям Крэнч Бонд (1789 — 1859 гг.) и Джон Адамс Уиппл (1822 — 1891 гг.) получили серию лунных дагерротипов с 15-дюймовым (38 см) рефрактором, используя 40-секундные экспозиции.



Рис. Дагерротип Луны Джона Уильяма Дрейпера



Рис. Фотография Луны Уильяма Бонда и Джона Уиппла

В 1865 году превосходные изображения Луны получает Льюис Моррис Резерфорд (1816 — 1892 гг.) — адвокат, владелец частной обсерватории около Нью-Йорка. Он использует специально откорректированный фотографический 11,25-дюймовый (29 см) объектив. Это был первый в мире фотографический телескоп или Астрограф.



Рис. Изображение Луны Льюис Моррис Резерфорда

Глава 5-6-7

Первые дагерротипы Солнца

Следующим астрономическим объектом, привлечшим внимание фотографов, стало, естественно, Солнце.

Уже 8 июля 1842 года, во время знаменитого полного солнечного затмения, которое можно было наблюдать в Центральной и Южной Европе, австрийский астроном Джан Алессандро Майокки (1795 – 1854 гг.) получает первую фотографию фазы солнечного затмения на дагерротипе с 2-минутной экспозицией.



Рис. Дагерротип фазы солнечного затмения
Джана Алессандро Майокки

Получить фотографию полного солнечного затмения ему не удалось. Позже он представил раскрашенный рисунок, отчет о работе и полученные им дагерротипные фотографии, на которых написал:

«За несколько минут до и после полного облечения йодированная пластина экспонировалась в камере под светом тонкого полумесяца. Было получено отчетливое изображение, но другая пластина, освещенная светом короны в течение двух минут во время полной обработки, не показала ни малейшего проявления света. Никаких фотографических изменений не было вызвано светом короны, сконденсированной линзой в течение двух минут, в течение всего времени на листе бумаги, приготовленном с бромидом серебра».

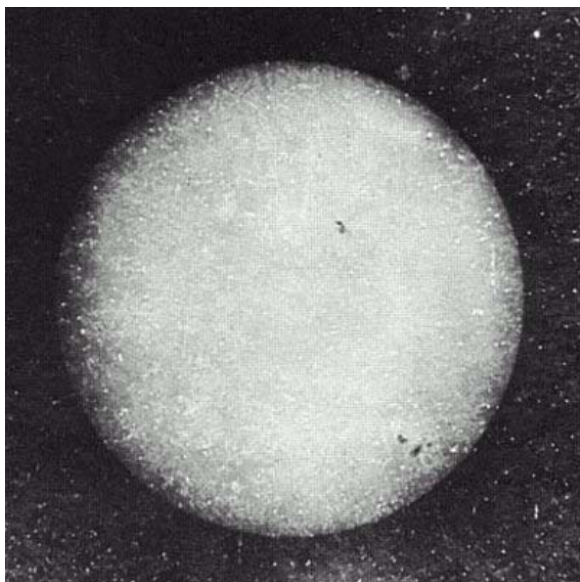
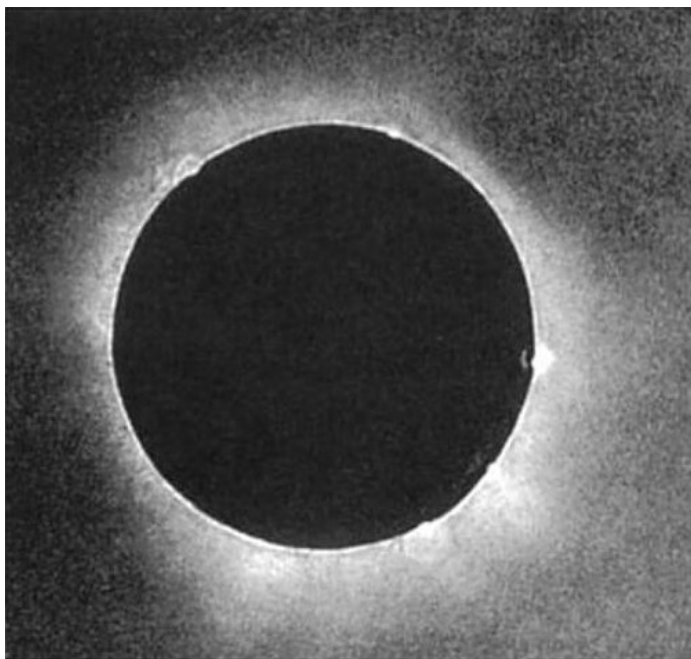


Рис. Дагерротип Солнца. 2 апреля 1845 года.

В 1845 году, в Парижской обсерватории, были предприняты попытки получить фотографии Солнца вне

затмения. По словам Франсуа Араго, большое количество дагерротипов Солнца было получено Арманом Ипполитом Луи Физо (1819 – 1896 гг.) и Жаном Бернаром Леоном Фуко (1819 – 1868 гг.). Одна из этих фотографий, сделанная 2 апреля 1845 года, сохранилась до сих пор.



Первая фотография полного солнечного затмения, сделанная в Кёнигсбергской обсерватории 28 июля 1851 года дагеротипистом Берковским

В 1851 году в Риме Анджело Секки (1818 – 1878 гг.) делает дагерротипы частичных фаз солнечного затмения с 6,5-дюймовым (16,2 см) рефрактором с фокусным расстоянием 8 футов (2,5 м). Более удачные фотографии получились спустя 6 лет.

Впервые солнечная корона была успешно сфотографирована во время полного солнечного затмения 28 июля 1851 года. Директор Кенигсбергской обсерватории Август Людвиг Буш поручил местному дагеротиписту Иоганну Берковски сфотографировать затмение. Сам Буш не присутствовал в это время в Кенигсберге, предпочитая наблюдать за затмением из близлежащего Риксхофта.

Телескоп, который использовал Берковски, был прикреплен к гелиометру 6,5 дюйма (17 см) Кенигсберга и имел апертуру всего 2,4 дюйма (6,1 см) и фокусное расстояние 32 дюйма (81 см).

Более качественные фотографические исследования Солнца были выполнены британским астрономом Уорреном Де ла Рю начиная с 1861 года.

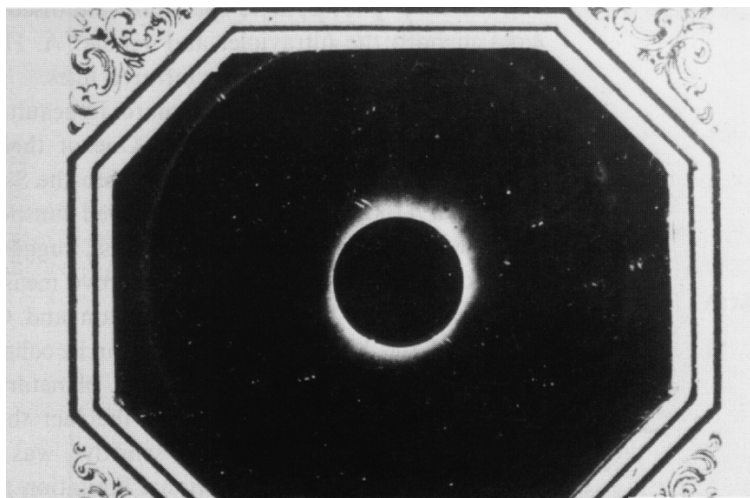


Рис. Фотография Солнечного затмения, выполненная Уорреном Де ла Рю

Глава 5-6-8

Жан Бернар Леон Фуко

Жан Бернар Леон Фуко (18 сентября 1819 — 11 февраля 1868 гг.) — французский физик, механик и астроном, член Парижской Академии наук, член Берлинской академии наук, член-корреспондент Петербургской Академии наук, иностранный член Лондонского королевского общества.

Известен прежде всего как создатель маятника Фуко и изобретатель гироскопа.



Рис. Жан Бернар Леон Фуко

Сына парижского издателя с ранних лет обучали дома. Коллеж Станислава, — католическое учебное заведение для детей буржуа, дал Фуко неплохое образование. Отцу хотелось, чтобы он занялся медициной, однако излечиться от боязни крови Фуко не удалось, и дорога в медицину оказалась закрыта. Тогда молодой человек решил посвятить себя физике.

Фуко заинтересовался изобретением Дагера. При дагерротипных работах он познакомился с Франсуа Араго и Арманом Физо. По словам Араго, ими было получено большое количество дагеротипов Солнца в Парижской обсерватории.

В 1850 году соавторы поставили знаменитый эксперимент Фуко-Физо — опыт определения скорости света в воздухе и воде с помощью быстро вращающегося зеркальца. В научном мире этот эксперимент назвали последним гвоздем в гроб ньютоновской корпускулярной теории света, поскольку доказал её несостоятельность.

Этот эксперимент Фуко описал в диссертации под названием «О скоростях света в воздухе и воде» и был удостоен за нее докторской степени.

В январе 1851 года Фуко придумал и осуществил знаменитый эксперимент с маятником, который наглядно продемонстрировал, что Земля вращается. Это произошло 8 января 1851 года в погребе его дома на углу улиц Асса и Вожиар в Париже. Через месяц он повторил опыт в Парижской обсерватории, удлинив маятник с 2 до 11 метров. Вскоре ученые Парижа получили письма такого содержания: «Приглашаю вас понаблюдать за вращением Земли». Тот знаменитый эксперимент ученый провел в Пантеоне. К куполу он подвесил маятник длиной 67 метров с шаром весом 28 килограммов и диаметром 18 сантиметров.

Опыт с маятником Фуко стал сенсацией как в научном мире, так и мире обычных людей, далеких от науки. «Маятники Фуко» были установлены в крупных городах Европы и Америки и привлекали толпы людей.

Помимо маятника у Фуко много и других научных заслуг: он изобрел гироскоп, обнаружил электрические вихревые токи, позже названные токами Фуко, определил скорость света в воздухе и воде методом, который тоже получил его имя — в общем, потруился для науки на славу.

С 1845 года Фуко редактировал научный отдел «Journal des Debats». В 1862 году он стал офицером ордена Почетного Легиона и членом Бюро долгот — научного учреждения, призванного заниматься астрономией, навигацией, геодезией.

Глава 5-6-9

Дагерротипы Джорджа Бонда и Джона Уиппла

Значительные успехи в применении фотографии для астрономических наблюдений были достигнуты Джорджем Филипсом Бондом (1825 — 1865 гг.) и Джоном Адамсом Уипплом (1822 — 1891 гг.).

Джордж Бонд — сын директора обсерватории Гарвардского университета Уильяма Крэнч Бонда в 1845 году получил учёную степень в Гарвардском университете и затем стал ассистентом своего отца. С 1859 года и до смерти в 1865 году являлся преемником своего отца на посту директора обсерватории.

В 1848 году вместе с отцом обнаружил спутник Сатурна Гиперион. Кроме того, Джордж Бонд обнаружил многие кометы и вычислил их орбиты, изучал планету Сатурн и туманность Ориона.

Джон Адамс Уиппл — американский изобретатель и один из первых фотографов, занимавшихся астрономической и ночной фотографией. Лауреат премии за свои необычные ранние фотографии Луны.

Решение Бонда и Уиппла фотографировать не только яркие небесные объекты — Луну и Солнце, но и более слабые, принесло успех.

17 июля 1850 года Джорджем Филипсом Бондом — и фотографом был получен первый дагерротип звезды Веги (альфа Лиры) с помощью 38-сантиметрового рефрактора.

Следующим достижением Джорджа Бонда и Джона Уиппла стало фотографированием планеты Юпитер.

22 марта 1851 года Джордж Бонд записал в своей записной книжке:

«Получилось сфотографировать Юпитер. Уиппл взял шесть пластин и смог различить два основных экваториальных пояса — время экспозиции примерно

такое же, которое требуется для съемки Луны или не намного больше».



Рис. Первая фотография звезды Вега

А в 1857 году Джордж Бонд и Джон Уиппл с использованием 15-дюймового (38 см) Гарвардского рефрактора сфотографировали двойную звезду Мицар (Дзета Большой Медведицы) и Алькор (80 Большой Медведицы).

В 1858 году Джордж Бонд показывает, что величина звезд может быть определена с помощью изучения астрономических фотографий, что стало новым этапом развития звездной фотометрии.

Глава 5-6-10

Уоррен де ла Рю

Уоррен де ла Рю (18 января 1815 — 19 апреля 1889 гг.) — британский астроном.

Член Лондонского королевского общества (1850 г.), член-корреспондент Петербургской академии наук (1864 г.), Парижской академии наук (1880 г.).

Был президентом Королевского астрономического общества (1864 — 1866 гг.) и Химического общества Лондона (1867 — 1869, 1879 — 1880 гг.).



Рис. Уоррен де ла Рю

Родился 18 января 1815 года в Гернси, образование получил в колледже Святой Варвары в Париже. Де ла Рю был богатым человеком, владел бумажной фабрикой, поэтому мог самостоятельно обеспечивать свою научную деятельность. В 1850 году де ла Рю создал собственную обсерваторию в Кенонбери (Лондон), в 1857 году перевёл её в Крэнфорд (Миддлсекс).

В 1840 году размещает кусок платиновой проволоки в вакуумной трубке и пропускает через неё электрический ток, создав основу для создания лампы накаливания.

Используя незадолго до этого открытый влагоколодионный фотографический процесс, первым получил фотографии Луны и Солнца в 1853 году.



Рис. Снимок де ла Рю

В 1857 году на средства Королевского общества сконструировал и изготовил фотогелиограф — астрономическую трубу, приспособленную для получения изображения Солнца на светочувствительной пластинке. Тогда как при фотографировании почти всех прочих светил затруднение заключается в весьма слабом освещении изображения, при фотографировании Солнца, наоборот, необходимо было по возможности ослабить свет и уменьшить время экспонирования, что и достигалось механическими затворами.

Совместно с Бальфуром Стюартом (директором обсерватории в Кью) проводил регулярное фотографирование Солнца в 1858 — 1872 годах. В 1860 году на фотографиях затмения, сделанных в Испании, обнаружил изображение протуберанцев и доказал, что они являются солнечными образованиями.

В 1857 году Уоррен де ла Рю получает изображения Юпитера и Сатурна с помощью 13-дюймового (33 см) рефлектора.

В 1858 году им получены ежедневные снимки Солнца (в дни, когда позволяла погода) с использованием фотогелиографа. Всего между 1862 и 1872 годами было получено 2778 фотографий Солнца.

В 1858 году Уоррен де ла Рю безуспешно пытается запечатлеть комету Донати.

18 июля 1860 году он снимает полное солнечное затмение в Ривабеллосе, Испания. Его целью было изучить природу выбросов по краям диска Луны, когда та полностью закрывала Солнце, и установить действительно ли это солнечные выбросы, или всего лишь оптический эффект Земной атмосферы.

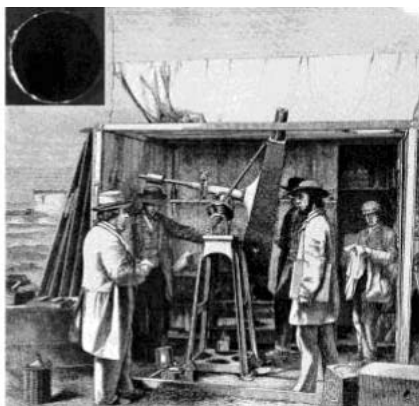
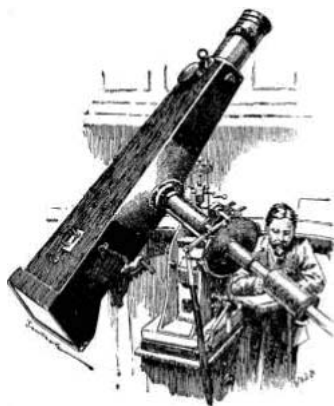


Рис. Фотогелиограф Уоррена де ла Рю

Экспедиции предстояло тащить тяжелейший фотогелиограф, с чугунной монтировкой. В день затмения было немало проблем: из-за облаков, к счастью вовремя рассеявшихся; из-за пожара, который возник по вине незадачливого паренька, коптившего стекла для своих односельчан; из-за натиска двух сотен зевак, которых, в конце концов, оттеснил отряд гвардейцев.

Но в итоге Делару удалось получить 35 удачных снимков, в том числе два - в момент полного покрытия; «крупные и исключительно отчетливые снимки» - так два года спустя охарактеризовал их Джон Ли при вручении Делару золотой медали Королевского астрономического общества.



Рис. Снимки затмения, полученные Уорреном де ла Рю

Комментарий

Гелиограф в астрономии — астрономическая труба, приспособленная к получению изображения Солнца на фотографической, светочувствительной пластинке. Тогда как при фотографировании почти всех прочих светил затруднение заключается в весьма слабом освещении изображения, при фотографировании Солнца, наоборот, необходимо по возможности ослабить свет и уменьшить время экспозиции, что и достигается механическими затворами особого устройства. Первый гелиограф был создан английским астрономом Уорреном Де ла Рю.

Глава 5-6-11

Фотографии комет и звезд

Первая фотография кометы Донати была получена 27 сентября 1858 года профессионалом-фотографом Уильямом Ушервудом. В то время он был художником миниатюристом.

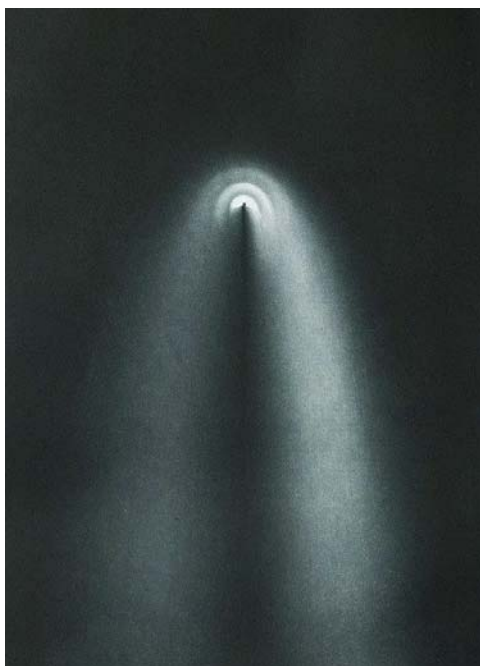


Рис. Фотография Уильяма Ушервуда кометы Донати

Осенью 1882 года через несколько лет после того, как стали использоваться относительно чувствительные сухие пластинки, английский астроном Дэвид Гилл на мысе Доброй Надежды сфотографировал яркую комету. Комета получилась хорошо, но большое количество звезд, получившихся на пластинках были еще более впечатляющими. В это время в Париже братья Поль и Проспер Анри были заняты составлением звездных карт областей неба, прилегающих к эклиптике. Они были обескуражены необъятным числом звезд в области Млечного Пути. Успех Гилла навел их на мысль использовать фотографию. Можно считать, что именно после этого началось активное использование фотографии в астрономии.



Рис. Фотография Дэвида Гилла

Глава 5-6-12

Сэр Дэвид Гилл

Сэр Дэвид Гилл (12 июня 1843 — 1914 гг.) — шотландский астроном и геодезист.



Рис. Дэвид Гилл

Родился в Абердине, получил образование в Академии Доллара в Клакманнаншире и Абердинском университете, где среди его преподавателей был Д. К. Максвелл, после чего включился в семейный бизнес по производству часов. Несколько лет спустя он продал бизнес и посвятил себя астрономии. В 1874 присоединился к астрономической экспедиции на остров Маврикий, чтобы наблюдать прохождение Венеры по диску Солнца. Три года спустя

Гилл направился на остров Вознесения, чтобы наблюдать великое противостояние Марса и вычислить расстояние до этой планеты.

Основные работы Гилла относятся к астрометрии и геодезии, также он был одним из пионеров астрофотографии. Сделал первые снимки Большой кометы 1882, использовал фотографические наблюдения звезд для составления звездных каталогов. В 1885—1889 осуществил фотографический обзор части неба Южного полушария, результаты которого легли в основу каталога «Капское фотографическое обозрение», опубликованного в 1896 Я. К. Каптейном. Этот каталог содержал более 400 тысяч звезд до 12-й звёздной величины. В 1880 определил параллакс Солнца по наблюдениям Марса во время великого противостояния 1877, произвел измерения многих звездных параллаксов, рассчитал массу Юпитера. Усовершенствовал использование гелиометра и организовал наблюдения малых планет при помощи гелиометров для определения параллакса Солнца.

В сфере геодезии в 1873—1876 организовал геодезические измерения вдоль 30-го меридиана от Южной Африки до Норвегии, связав между собой долготы Берлина, Мальты, Александрии, Суэца, Адена.

В 1879—1906 — директор обсерватории Мыс Доброй Надежды, Королевский астроном. За время руководства обсерваторией привёл её в образцовое состояние. В 1870 женился, жена сопровождала его на протяжении всей жизни.

В 1900 году Дэвид Гилл был произведён в рыцарское достоинство.

После выхода Гилла в отставку в 1906 супруги вернулись в Лондон.

Дэвид Гилл был избран членом Лондонского королевского общества (1883 г.), иностранным членом-корреспондентом Петербургской Академии наук (1885 г.), иностранным членом Национальной академии наук США (1898 г.), членом Бюро долгот в Париже, членом Шведской Королевской академии наук, президентом

Королевского астрономического общества (1909 — 1911 гг.).

Глава 5-6-13

Поль Анри. Проспер Анри

Поль-Пьер Анри (21 августа 1848 — 4 января 1905 гг.)

Матьё-Проспер Анри (10 декабря 1849–25 июля 1903 гг.).



Рис. Братья Поль и Проспер Анри

Братья Поль Анри и Проспер Анри были французскими учёными, работавшими в Парижской обсерватории. Они занимались созданием телескопов рефракторов, а также изготовлением некоторых других оптических приборов для астрономических обсерваторий. И, кроме того вели самостоятельные астрономические наблюдения. В период с 1872 по 1882 год ими было открыто в общей сложности 14 астероидов.

Братья Анри занимались составлением звездного каталога областей неба, прилегающих к эклиптике. Они были обескуражены необъятным числом звезд в области Млечного Пути. Фотографии Дэвида Гилла, на которых вместе с кометой были прекрасно видны многочисленные звезды, навели их на мысль использовать фотографию для составления каталога. Можно считать, что именно после

этого началось активное использование фотографии в астрономии. В проекте участвовали 20 обсерваторий.



Часть 5-7

Небесная механика. XIX век.

Содержание

Глава 5-7-1 (том-часть-глава). Определение орбиты по трем наблюдениям

Глава 5-7-2. Карл Фридрих Гаусс

Глава 5-7-3. Симеон Дени Пуассон

Глава 5-7-4. Методы определения расстояния до Солнца

Глава 5-7-5. Лунные теории. XIX век

Глава 5-7-6. Петер Андреас Ганзен

Глава 5-7-7. Мари Шарль Дамуазо

Глава 5-7-8. Джордж Биддель Эйри

Глава 5-7-9. Открытие Нептуна

Глава 5-7-10. Урбен Жан Жозеф Леверье

Глава 5-7-11. Джон Кауч Адамс

Глава 5-7-1

Определение орбиты по трем наблюдениям

Астрономические события начала XIX века поставили перед математиками – разработчиками того направления астрономии, которое в те годы называлось астрономией тяготения, а позднее — небесной механикой, новые задачи.

В первую очередь, необходимо было создать математический аппарат, с помощью которого можно было бы точно и быстро вычислять орбиты небесных тел.

Первый (геометрический) способ вычисления параболической орбиты кометы на основе закона всемирного тяготения, исходя из наблюдений, разработал в 1686 году Ньютон. Его рассуждения были столь сжаты, что из современников Ньютона только Галлей смог применить их к вычислению орбит комет и пришел к выводу об эллиптичности орбиты одной из изученных им комет, которой впоследствии было присвоено его имя.

Эйлер в 1744 г. дал первый аналитический способ вычисления орбит комет, но он был очень неудобен; однако при этом Эйлер вывел одну важную теорему, лежащую в основе всех методов определения параболических орбит. Немецкий ученый Ламберт в 1761 и 1771 гг. обобщил теорему Эйлера для орбит других видов и продвинул тем самым решение проблемы.

Лагранж в 1778 г. дал аналитический метод определения орбиты, не делая предположений о ее эксцентриситете, а в 1783 г. дал второй метод. Теоретически решения Лагранжа были совершенно правильны, но оба предложенных им метода были мало пригодны для вычислений.

Точное определение орбиты планеты обуславливается шестью независимыми друг от друга элементами. Каждое наблюдение положения планеты в небе в известное время дает две величины, например, прямое восхождение и склонение, поэтому три полных наблюдения дают шесть уравнений и теоретически способны определить элементы орбиты. Долгое время решать подобную задачу не было особой нужды. Орбиты всех планет, кроме Урана, определялись из наблюдений, охватывающих несколько столетий. Можно было пользоваться наблюдениями, произведенными в особые моменты, подобранные таким образом, что известные элементы определяются без точного знания других. Даже Уран наблюдали достаточно много, чтобы определить его орбиту только по видимым координатам. Задача определения орбит комет упрощалась тем обстоятельством, что их орбиты можно было принимать не за эллипс, а за параболу.

Такую работу проделал Генрих Ольберс, Изучив свидетельства о всех заметных кометах, появившихся с 1531 года, в 1797 году Ольберс опубликовал сочинение «*Abhandlung über die leichteste und bequemste Methode, die Bahn eines Cometen zu berechnen*» («Сочинение о самом простом и удобном методе вычисления орбиты кометы»).

Однако 1 января 1801 года была открыта новая планета, Цереры, которая через несколько недель исчезла из поля зрения астрономов. Необходимо было вычислить ее орбиту по имеющимся данным. Новый метод определения орбиты предложил Карл Гаусс. Его усилия его увенчались полным успехом, так как планета была снова найдена в конце года как раз на том месте, которое указано было его вычислениями.

В 1809 году в трактате «Теория движения небесных тел» Гауссом была 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).

Глава 5-7-2

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. 161-1. 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: «*Rauca 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, позднее самостоятельно открытый 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).

Глава 5-7-3

Симеон Дени Пуассон

Симеон Дени Пуассон (21 июня 1781 года — 25 апреля 1840 года) — французский математик, механик и физик.

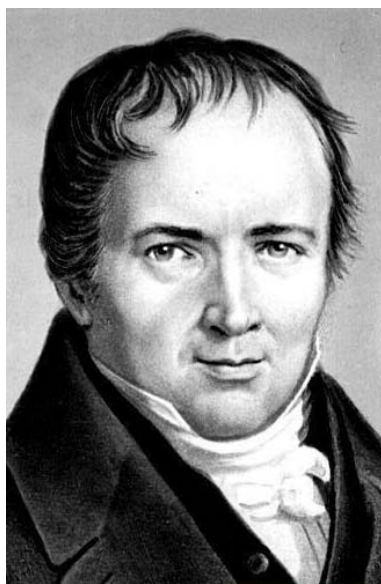


Рис. Симеон Дени Пуассон

Отец С. Д. Пуассона, солдат ганноверских войск, дезертировавший вследствие притеснений офицера,

занимал незначительную административную должность в городе Питивье (в департаменте Луары). Здесь в 1781 г. и родился Симеон Дени Пуассон. Когда сын достиг отроческого возраста, отец сам стал его обучать, предполагая впоследствии направить его по нотариальной части. Однако, не видя, как ему казалось, в сыне способностей к умственному труду, решился отдать его в обучение цирюльнику. Молодому Пуассону один раз поручено было вскрыть нарыв на руке больного ребёнка, а на следующий же день пациент от этой операции умер, что привело молодого Пуассона в крайнее отчаяние. Он наотрез отказался продолжать учение и вернулся к своему отцу.

Когда началась революция, отец Пуассона успел получить более высокое положение и занял одну из видных должностей в управлении городом. Случилось так, что тетради журнала Политехнической школы попали в руки молодого Пуассона, который стал просматривать их, решать находившиеся там задачи и находить верные решения. После этого отец поместил его в центральную школу, в Фонтенбло. Один из преподавателей, открыв в ученике недюжинные способности, стал заниматься с ним и потом подготовил его к экзамену в Политехническую школу, куда в 1798 году семнадцатилетний Пуассон поступил первым по экзамену.

Однажды Пьер Лаплас, спрашивая учеников по небесной механике, задал одному из них объяснить решение какого-то вопроса и к своему удивлению получил ответ, представлявший совершенно новое и изящное решение. Автором его оказался Пуассон. С тех пор Лаплас, Жозеф Луи Лагранж и другие профессора обратили внимание на молодого человека. Уже в 1800 году, когда Пуассону ещё не было и 20 лет, две его статьи были помещены в «Recueil des Savants étrangers» и принесли автору известность в учёном мире. В том же году, по окончании курса, он был оставлен репетитором в школе, а в 1802 г. назначен адъюнкт-профессором, в 1806 г. профессором на место вышедшего Фурье. В 1812 г. Пуассон получил звание астронома в «бюро долгот», в

1816 г., при основании Faculté des Sciences, назначен профессором рациональной механики. В 1820 г. был приглашен в члены совета университета, причём ему поручено было высшее наблюдение над преподаванием математики во всех коллежах Франции. При Наполеоне он возведён в бароны, а при Луи-Филиппе был сделан пэром Франции.

Число учёных трудов Пуассона превосходит 300. Они относятся к разным областям чистой математики, математической физики, теоретической и небесной механики. Здесь можно упомянуть только о важнейших и наиболее замечательных.

По небесной и теоретической механике наиболее замечательны следующие труды:

«О многовековых неравенствах движения планет», где доказывается с приближением второго порядка устойчивость планетарных движений;

«Об изменении произвольных констант», где выводятся так называемые пуассоновы формулы возмущенного движения, и здесь же доказывается так называемая теорема Пуассона, по которой выражение, составленное из двух интегралов уравнений динамики, называемое скобками Пуассона, не зависит от времени, но только от элементов орбит;

«О либрации Луны», 1812 г.;

«О движении тела вокруг центра гравитации», 1827 г..

По теории притяжения знамениты два мемуара о притяжении эллипсоидом:

«О притяжении сфероидов», 1829 г.

«О притяжении однородного эллипсоида», 1835 г.

В математической физике наиболее плодотворными оказались статьи по электростатике и магнетизму, в особенности последние, послужившие основанием теории временного намагничивания.

Известны его труды по теории упругости и гидромеханике.

По чистой математике наиболее существенны и замечательны труды по определённым интегралам.

Глава 5-7-4

Методы определения расстояния до Солнца

Гравитационный метод

Астрономам-математикам XVIII века было известно, что расстояние до Солнца можно получить, зная величину некоторых возмущений, неправильностей движения других небесных тел. В первую очередь Луны. Еще Лаплас, например, получил солнечный параллакс из лунной теории. Усовершенствования, внесенные истекшим столетием в астрономии тяготения и в области наблюдения планет и Луны, значительно повысили ценность этих методов. Известная неправильность в лунном движении, называемая параллактическим неравенством, и другая, в движении Солнца, так называемое лунное уравнение, обусловливаемое перемещением Земли под влиянием притяжения Луны, обе зависят от отношения между расстояниями солнца и луны от земли; если наблюдение дает величину каждого из этих неравенств, то отсюда можно вывести расстояние солнца, так как расстояние до Луны известно с большой точностью.

Применив первый из этих методов, Ганзен во время тщательной разработки лунной теории, удостоверился в 1854 году, что общепринятая оценка расстояния до Солнца безусловно велика, а Леверье подтвердил его поправку, применив второй метод в 1858 году.

Далее, некоторые изменения в орбитах наших двух соседей, Венеры и Марса, зависят, как известно, от

соотношения между массами Солнца и Земли; значит, их можно связать, по принципам тяготения, с искомой величиной. В 1861 году Лавуазье показал, что движения Венеры и Марса, подобно лунным, не соответствуют полученной оценке солнечного расстояния; позднее он более полно разработал этот прием и вывел (1872 год) оценки параллакса. Наблюдаемые смещения крайне незначительны, и точное определение их — дело далеко не легкое, но оба они относятся к разряду вековых, так что со временем их можно будет подвергнуть очень точному измерению.

Методы, основанные на скорости света

В XIX век придуман был еще один метод для определения расстояния до Солнца, который применялся в двух несколько различных видах. Перемещение звезды в силу аберрации (гл. X, § 210) зависит от отношения скорости света к скорости движения Земли по ее орбите; а наблюдения спутников Юпитера по методу Ремера дают уравнение света или время, затрачиваемое светом на прохождение от Солнца к Земле. Каждой из этих астрономических величин — из коих аберрация известна точнее — можно воспользоваться для определения скорости света, если известны размеры солнечной орбиты, и наоборот. Независимого метода нахождения скорости света не знали вплоть до 1849 года, когда Ипполит Физо (1819 — 1896) изобрел и успешно применил свой лабораторный способ.

После того были изобретаемы все новые методы, а сравнительно в недавнее время было предпринято три ряда опытов: Корню во Франции (в 1874 и 1876 гг.), доктором Михельсоном (1879) и профессором Ньюкомбом (1880—82) в Соединенных Штатах; опыты эти сходны между собой в существенных чертах и в общем дают один и тот же результат — 186.300 английских миль (299.800 километров) или около 288.000 верст в секунду;

при помощи постоянного числа aberrации отсюда получается солнечный параллакс $8''.78$).

Глава 5-7-5

Лунные теории. XIX век

Со временем в лунной теории Лапласа накопились погрешности. В XIX веке пришлось вновь вернуться к решению этой великой проблемы небесной механики, были намечены новые пути к их разрешению.

Лунная теория Лапласа была впервые развита Мари Шарлем Теодором Дамуазо (1768 — 1846 гг.), лунные таблицы (1824 и 1828 гг.) которого широко применялись для практических задач. Некоторыми специальными задачами лунной и планетной теории занимался Симеон Денис Пуассон (1781 — 1840), более, впрочем, известный, как математик. Подробную теорию движения Луны, пользуясь общим методом Лапласа, в 1832 году разработал Джованни Антоний Амадей Плана (1781 — 1869 гг.), впрочем, без таблиц. В 1846 году появился общий трактат «Аналитическая теория системы мира» по лунной и планетной теории, по тому времени самый полный, написанный Филиппом Густавом Дульсе де Понтекулапом (1795—1874 гг.).

Громадный шаг вперед в лунной теории сделал Петр Андреас Ганзен (1795—1874) из Готы, издавший в 1838 и 1862—1864 годах два трактата, обыкновенно известные под названием *Fundamenta* и *Darlegung*.

Fundamenta — «Новые основы для исследования истинной орбиты, описываемой луной».

Darlegung — «Изложение теоретического определения встречающихся в лунных таблицах неправильностей».

В 1857 году Ганзен выпустил столь точные таблицы лунного движения, что разногласия между ними и

наблюдениями, веденными в столетии промежутков между 1750 и 1850 годами, редко достигали 1" или 2". Этими таблицами сейчас же воспользовались для вычисления Морского календаря и других периодических изданий в этом роде; за небольшими изменениями они находятся в употреблении и по настоящий день.

Совершенно новая лунная теория, представлявшая громадный математический интерес и соответственные усложнения и трудности, обнародована была Шарлем Делонэ (1816—1872 гг.) в 1860 и 1867 годах. К несчастью, творец ее скончался, не успев составить таблицы.

Сравнение таблиц Ганзена с наблюдениями и расчет необходимых поправок выполнил профессор Ньюкомб из Вашингтона.



Рис. Луна

Новые методы разработки лунной теории были разработаны также профессором Джоном Каучем Адамсом из Кэмбриджа (1819 — 1892 гг.).

Один из пунктов лунной теории заслуживает особого упоминания. Вековое ускорение среднего движения Луны, столь озадачивавшее астрономов со времени его открытия Галлеем, было объяснено Лапласом еще в 1787 году. Однако, проверяя его вычисления, Адамс нашел, что некоторый величины, опущенные Лапласом как малозначительные, на самом деле оказывают существенное влияние на результат. Например, величина, выражающая скорость возрастания лунного движения, оказалась равной $5'' - 6''$, вместо $10''$, которые получил Лаплас и которых требовало наблюдение. Необходимость этой поправки вначале оспаривалась крупными специалистами, но впоследствии получила независимое подтверждение от Делонэ, и была признана. Таким образом, оказалось, что скорость Луны медленно возрастает, чему теория тяготения не находила объяснения. В 1866 году Делонэ предложил остроумное, хотя и не строго обоснованное объяснение. Уже Кант заметил, что приливное трение, то есть трение между твердой землей и океаном, возникающее вследствие приливного движения воды, могло бы замедлять до некоторой степени вращение Земли; но так как это замедление считалось крайне ничтожным и недоступным точному вычислению, то им обычно пренебрегали. Однако в 1853 году Уильям Феррель попытался вычислить его величину, причем указал, что так как период вращения Земли служит основной единицей отсчета времени, то уменьшение скорости вращения Земли влечет за собой удлинение эталонной единицы времени и, следовательно, вызывает кажущееся возрастание скорости всех других движений, измеряемых этой единицей.

Делонэ независимо пришёл к аналогичным заключениям и показал, что приливное трение способно произвести наблюдаемое изменение в движении Луны. Но речь идет об очень маленьких эффектах. Подобное

изменение во вращении Земли равносильно удлинению суток на 0,1 секунды за 10.000 лет.

Глава 5-7-6

Петер Андреас Ганзен

Петер Андреас Ганзен (8 декабря 1795 — 28 марта 1874 гг.) — немецкий астроном.

Член Саксонской академии наук (1846), иностранный член Лондонского королевского общества (1835), член-корреспондент Берлинской академии наук (1832), Петербургской академии наук (1833), Парижской академии наук (1843).

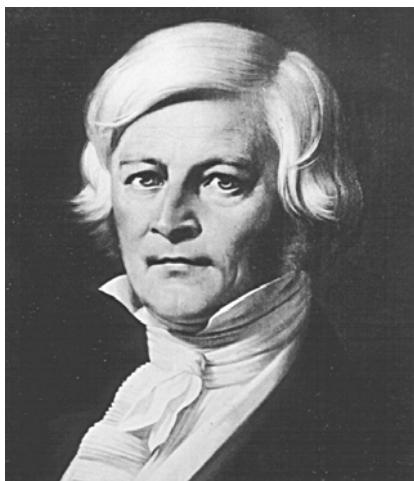


Рис. Петер Андреас Ганзен

Семейные обстоятельства (отец был золотых дел мастер) не позволяли молодому Ганзену серьезно заняться изучению любимой им науки — математики, он должен был заниматься ею урывками; с любовью также посвящал Ганзен своё свободное время изучению языков и изготовлению различных физических приборов. Не имея возможности продолжать свои любимые занятия, Ганзен поступил к часовых дел мастеру в Фленсбурге, откуда в 1818 году переехал в Берлин, где в течение года продолжал изучение часового искусства.

Только в 1820 году Ганзен получил возможность отправиться в Копенгаген к Шумахеру для изучения математики и астрономии, и с 1821 года он сделался его постоянным сотрудником по градусному измерению в Голштинии. В 1825 году был приглашен директором обсерватории в Готу на место Энке; здесь Ганзен оставался до своей смерти в 1874 году.

В Готе Ганзен построил в 1857 году новую обсерваторию.

Кроме теории возмущений, Ганзен занимался теорией инструментов (гелиометра, экваториала, пассажного инструмента), геодезией, диоптрикой и теорией вероятностей. Выдающиеся работы Ганзена доставили ему славу не только на родине, но и за границей. В 1846 году он был сделан членом Королевского саксонского общества наук, в 1865 году — членом Берлинской академии наук.

Из работ Ганзена особенного внимания заслуживают работы по теории возмущений в движении планет и комет. Результат его исследований движения Луны — «Таблицы Луны, построенные по принципам Ньютоновского всемирного тяготения», напечатанные в 1857 году, астрономы посчитали окончательными. Но отклонения между вычислениями и наблюдениями лунных координат со временем росли. На протяжении некоторого времени теория Ганзена использовалась с поправками, внесенными Ньюкомом (в номере Навигационного Альманаха за 1883 г.), но, в конце

концов, (в начале 20-го века) была заменена теорией движения луны Брауна.

Таблицы Солнца, изданные Ганзеном совместно с Кристианом Олуфсеном в 1853 году, долго были тоже в употреблении и лишь в самом конце XIX века заменены более точными, вычисленными Леверье.

Глава 5-7-7

Мари Шарль Дамуазо

Мари Шарль Дамуазо (9 апреля 1768 — 6 августа 1846 гг.) — французский астроном. Член Французской академии наук (1825 г.), иностранный член Лондонского королевского общества (1832 г.).

Потомок древнего дворянского рода, барон де Дамуазо был офицером артиллерии французской армии до 1792 года, когда во время Великой французской революции был вынужден эмигрировать сначала в Германию, а затем в Португалию. Работал заместителем директора обсерватории в Лиссабоне. В 1807 году вернулся во Францию, продолжил военную службу в артиллерии. Но в 1817 году окончательно ушёл в отставку чтобы полностью посвятить себя науке. Был директором обсерватории Военной школы в Париже. Был членом Бюро долгот.

Дамуазо известен вычислениями возмущений орбит малых планет, комет и спутников.

В 1818 году Лаплас предложил Французской академии наук установить премию составителю таблиц движения Луны, основанных на законе всемирного тяготения. В 1820 году одна часть премии была вручена Дамуазо (вторая часть — совместной работе Карлини и Плана).

Главные его сочинения: «Mémoire sur l'époque du retour de la Comète de l'année, 1759», увенчанное премией Туринской академии в 1812 г., «Théorie et tables de la Lune» (Париж 1824 и 1828) и «Tables écliptiques des

satellites de Jupiter» (1836). Мелкие статьи Д. помещал преимущественно в прил. к франц. астрономическому месяцеслову «Connaissances de Temps». Таблицы спутников Юпитера, составленные Дамуазо, до сих пор считаются лучшими.

Глава 5-7-8

Джордж Биддель Эйри

Сэр Джордж Биддель Эйри (27 июля 1801 — 2 января 1892 гг.) — британский математик и астроном.

Член (1836 г.) и президент (1871—1873 гг.) Лондонского королевского общества, иностранный член Парижской академии наук (1872 г.).



Рис. Джордж Биддель Эйри

Родился 27 июля 1801 года в Алнике.

Окончил Кембриджский университет (1823 г.) и до 1835 года работал там же, с 1826 года — профессор математики (в должности Лукасовского профессора), с 1828 года — профессор астрономии и директор Кембриджской обсерватории.

В 1835—81 гг. директор Гринвичской обсерватории и Королевский астроном.

В 1836 году был избран членом Лондонского королевского общества, его президент в 1871—73 годах. Четырежды избирался президентом Королевского астрономического общества (в 1835 — 1837, 1849 — 1851, 1853 — 1855, 1863 — 1864 гг.).

Основные труды в области небесной механики, практической астрономии и оптики.

Его научные достижения:

- обнаружил явление астигматизма человеческого глаза и ввёл в употребление цилиндро-конические линзы для исправления этого дефекта зрения;

- в 1834 году впервые разработал теорию дифракции света в объективах телескопов. «Диском Эйри» называют светлый кружок в центре дифракционной картины изображения звезды;

- в 1836 году предложил современную теорию радуги;

- разработал способ определения параллакса Солнца и метод определения апекса его движения;

- Обработал наблюдения Луны и планет, выполненные в Гринвичской обсерватории на протяжении 1750—1830 годов;

- нашел новое неравенство в движениях Венеры и Земли;

- улучшил солнечные таблицы.

- в 1847 году усовершенствовал теорию приливов;

- в 1855 году он определил плотность и массу Земли с помощью маятника, установленного на поверхности и в глубине шахты.

- в 1886 году опубликовал новый метод, с помощью которого пытался исправить теорию движения Луны;

- изобрел в 1839 году компенсатор судового компаса;

- разработал метод исследования цапф (метод Эйри).

Эйри сыграл большую роль в развитии Гринвичской обсерватории как учёный и организатор науки. Преобразовал методику наблюдений, проводившихся в обсерватории, и их обработки. Обновил и расширил инструментальное оборудование, при этом лично

сконструировал ряд инструментов, создал в обсерватории отделы Солнца, магнетизма и метеорологии. Руководил подготовкой и научной работой английских экспедиций по наблюдению прохождений Венеры по диску Солнца в 1874 и 1882 годах.

Глава 5-7-9

Открытие Нептуна

Одной из важных проблем, вставших перед небесной механикой в начале XIX века, было выяснение причин отклонения наблюдаемого движения Урана от рассчитываемого по закону всемирного тяготения при учете возмущающего действия всех планет. Сравнение наблюдаемых положений планеты с таблицами движения Урана, составленными сотрудником Лапласа, директором Парижской обсерватории Алексисом Буваром (1767 — 1843 гг.), показало, что различие между ними возрастало, достигнув к 1840 г. величины $1^{\circ}.5$. Это заставило Буvara предположить, что отклонение движения Урана вызвано влиянием еще не открытой планеты.

К аналогичному выводу склонялся и Бессель. Составив план поиска этой новой планеты, он поручил своему помощнику Ф. Флемингу обработать все имеющиеся наблюдения Урана и на их основании определить орбиту и массу возмущающего его движение тела. Флеминг в 1840 году умер, а Бессель был настолько занят другими делами, что не смог закончить начатую по его плану работу.

В январе 1843 года, сдав экзамены лучше всех из своего выпуска, расчетами положения предполагаемой планеты занялся недавний студент Кембриджского университета Джон Коуч Адамс. Уже 21 октября 1845 года Адамс смог сообщить директору Гринвичской обсерватории Эйри вычисленные им значения элементов орбиты и оценку

массы неизвестной планеты, а кроме того указал и ее предполагаемое положение на небе.

Вне всякого сомнения, если бы осенью 1845 года были предприняты поиски, то планета была бы найдена на расстоянии всего каких-нибудь трех с половиной лунных диаметров ($1^{\circ} 49'$) от места предсказанного Адамсом.

Однако Эйри отнесся к сообщению Адамса с недоверием. Понять его можно. Решение задачи вычисления воздействия известных планет на исследуемый объект было известно. Обратный метод еще не был испробован. И представлялся значительно более трудным делом. Тем более, что за него взялся молодой и неопытный астроном, и это была еще его первая работа по небесной механике. К тому же Адамс, по непонятным причинам, не ответил на те вопросы, которые Эйри считал важными для новой теории. Адамс даже не попытался обнародовать свои результаты.

Во Франции расчетами орбиты гипотетической планеты на основе наблюдаемых неравенств движения Урана занимался Урбен Жан Леверрье (1814 – 1877 гг.). Еще в 1845 году Араго обратил внимание Леверрье на вопрос о движении Урана, и тот охотно взялся за решение поставленной задачи. В первом сообщении Академии уже 10 ноября 1845 года, Леверрье доказал, что все известные до того времени причины возмущений не были достаточны для объяснения отклонения Урана. Во втором (1 июня 1846 года) он указывает, что только какое-либо внешнее орбите Урана тело, занимающее в определенный момент определенное положение вблизи плоскости эклиптики, могло вызывать наблюдаемые отклонения Урана. В третьем (31 августа 1846 года) Леверрье дает численные результаты для орбиты возмущающего тела и заявляет, что оно должно казаться нам звездочкой восьмой величины с заметным планетарным диском.

И его сообщение было услышано. На собрании Британской Ассоциации 10 сентября 1846 года, Джон Гершель так выразился о гипотетической новой планете: «Мы видим теперь ее точно так же, как Колумб видел Америку с берегов Испании. Мы чувствуем ее движение;

это движение как бы осязается далеко проникающими щупальцами математического анализа, осязается едва ли хуже, как если бы планета была перед нашими глазами».

Осталось только обнаружить планету на небе.

Леве́рье обратился к астроному Берлинской обсерватории И. Галле с просьбой изучить указанную им область неба и выяснить, не выглядит ли какое-нибудь из находящихся там светил как светящийся диск. Благодаря тому, что в распоряжении Галле была только что отпечатанная Берлинской академией наук карта неба, изготовленная по наблюдениям на 28-сантиметровом рефракторе, примерно в градусе от вычисленного места он обнаружил объект, имевшее заметный планетарный примерно в три секунды диаметром. Это была новая планета, видимая величина которой была довольно значительной ($\approx 8^m$). Вновь открытой планете дали название Нептун.

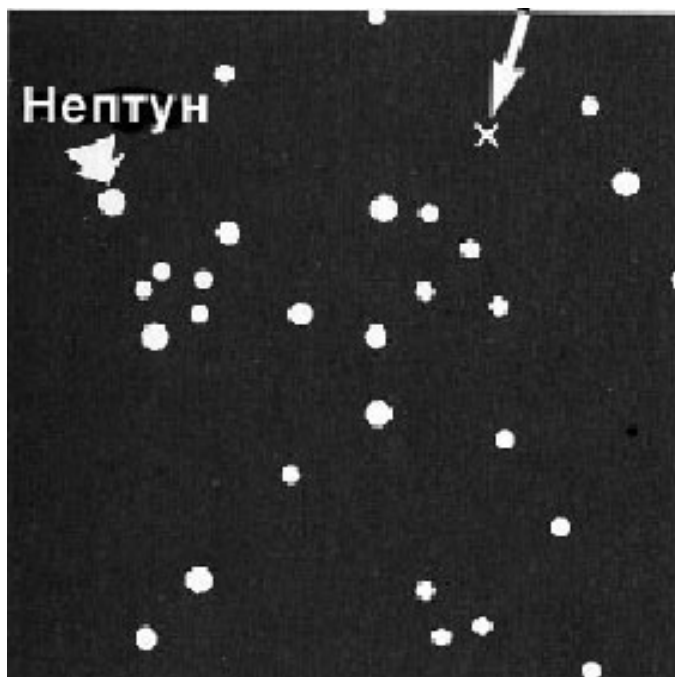


Рис. Крестик – вычисленное Леверрье место.

Но в действительности открытие планеты было сделано в двух местах почти одновременно. В Берлине и в Кембридже. В июне 1846 года, ознакомившись с первой опубликованной Леверрье оценкой долготы планеты и убедившись в её схожести с оценкой Адамса, Эйри убедил директора Кембриджской обсерватории Д. Чэллиса начать поиски планеты, которые безуспешно продолжались в течение августа и сентября. Чэллис дважды наблюдал Нептун, но, вследствие того, что он отложил обработку результатов наблюдений на более поздний срок, ему не удалось своевременно идентифицировать искомую планету.

В своем письме к Эйри от 12 октября 1846 года Чаллис писал: «Уже после четырех вечеров наблюдений планета была бы найдена, если бы я только сопоставил или нанес на карту мои наблюдения звезд». Действительно, если бы профессор Чаллис сделал это, честь открытия новой планеты и теоретического, и оптического досталась бы университету Кембриджа. Но у профессора Чаллиса были другие астрономические работы, он не хотел их бросить, да и кроме того, по собственному его признанию, он с недоверием относился к этим поискам. Он решил заняться этой работой в последнюю очередь. Чаллис пронаблюдал 3150 звезд, из которых три соответствовали трем различным положением планеты, но когда он собрался начать обработку наблюдений, из Берлина пришло сообщение, что планета найдена.

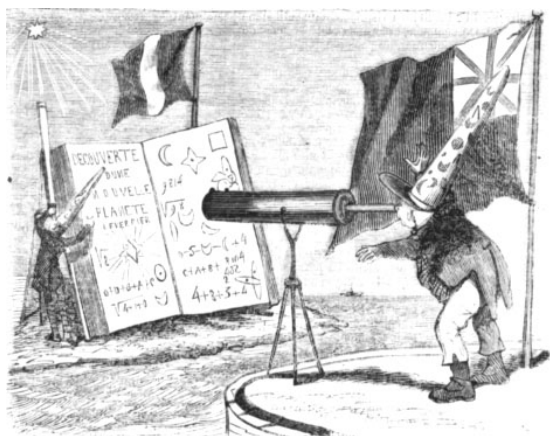
Так были рассеяны последние остававшиеся сомнения в истинности закона Ньютона. Строгие математические методы нашли подтверждение.

Разгоревшийся затем спор о первенстве открытия часто велся в недостойной форме.

Но надо отметить, что сами ученые в нем не участвовали. Адамс перенес свое разочарование достойно и ни разу не настаивал на своем приоритете, при каждом

удобном случае заявляя о своем уважении к гению Леверрье.

В дальнейшем высказывались взгляды, согласно которым открытие Нептуна произошло случайно. В частности отмечали, что «элементы, вычисленные Леверрье, вовсе не соответствуют элементам Нептуна, так что открытие этой планеты, по совести, Леверрье не должен был приписывать себе. Честь этого открытия всецело принадлежит Адамсу».



(M. Adams découvrant la nouvelle planète dans le rapport de M. Leverrier)

*Рис. Французская карикатура.
Адамс ворует расчеты Леверрье.*

Однако решения задачи о положении Нептуна, полученные как Адамсом, так и Леверрье, давали достаточно хорошее представление о движении Нептуна по небу и его положении именно для периода между 1790 и 1850 гг., т. е. к тому периоду, когда наблюдались неравенства движения Урана, на которых основывались расчеты.

А вот Правило Тициуса — Бода было нарушено. Уже Уран находится на 58 миллионов километров ближе к

Солнцу, чем это требуется по Правилу. Что же касается Нептуна, то громадное расстояние его до Солнца, равное 4500 миллионов километров, пришлось бы для согласия с Правилom Тициуса — Бode увеличить на целых 1300 миллионов километров, а период обращения планеты с 165 лет до 225 лет.

Глава 5-7-10

Урбен Жан Жозеф Леверье

Урбен Жан Жозеф Леверье (11 марта 1811 — 23 сентября 1877 гг.) — французский математик, занимавшийся небесной механикой, большую часть своей жизни проработавший в Парижской обсерватории.



Рис. Урбен Жан Жозеф Леверье

Его наиболее известным достижением является предсказание существования планеты Нептун, сделанное с помощью математического анализа астрономических наблюдений. По предложению Франсуа Араго он выполнил вычисления для объяснения несоответствий между наблюдаемой орбитой Урана и той, которая должна быть согласно законам Кеплера и Ньютона.

Член Парижской академии наук (1846 г.), иностранный член Лондонского королевского общества (1847 г.), иностранный член-корреспондент Петербургской академии наук (1848 г.).

Леверье родился в 1811 году в Сен-Ло, департамента Манш на северо-западе Франции. Первоначальное образование получил в гимназии своего родного города, затем перешёл в Кайенскую Политехническую школу, где должен был завершить своё школьное образование. Однако это ему не удалось, так как он не выдержал выпускного экзамена. Леверье перешёл в Коллеж Людовика Великого в Париже, где окончил курс с первой наградой по математике. После этого он некоторое время посещал Политехническую школу, но вскоре оставил её и перешёл на платное место инженера в Парижском акцизном управлении. Это спокойное и обеспеченное место было не по нраву двадцатидвухлетнему Леверье. Не пробыв в Управлении и двух лет, он вернулся к науке и начал преподавать в коллеж Stanislas.

В часы досуга он занимался астрономическими вычислениями, чем привлёк к себе внимание Араго и снискал его дружбу. В 1837 году Леверье вернулся в Политехническую школу на должность ассистента кафедры астрономии. Его первая астрономическая работа — «Исследования вековых возмущений планетных путей» появилась в 1839 году. В ней он впервые указал пределы изменения элементов планетных орбит и дал таблицы элементов на промежуток в 200 000 лет. После этого, по приглашению Араго, Леверье стал астрономом Парижской обсерватории. Через несколько лет он опубликовал свои первые вычисления прохождения

Меркурия на фоне Солнца 8 мая 1845 года и траектории кометы Фая (22 ноября 1843 года).

Главным достижением Леверье стало участие в обнаружении планеты Нептун. Араго, который считал Леверье наиболее способным математиком, настоял, чтобы он использовал свой талант для объяснения возмущений планетной орбиты Урана. Необходимо было указать точное место неизвестной планеты, оказывающей влияние на движение Урана. И в 1845 и 1846 годах Леверье представил в Парижскую академию наук рассчитанные элементы орбиты возмущающего тела. Эта работа была озаглавлена «Recherches sur les mouvements de la planete Herchel dite Uranus». Один экземпляр этой работы Леверье сразу же послал в Берлин астроному Иоганну Галле, который был тогда адъюнктом и наблюдателем в Берлинской обсерватории и имел в своём распоряжении хорошие звёздные карты. Галле, получив письмо от Леверье 23 сентября 1846 года, немедленно начал наблюдения и в ту же ночь нашёл неизвестную планету, возмущающую движение Урана, весьма близко от места, указанного Леверье.

В 1859 году Леверье на основе 40-летних наблюдений Парижской обсерватории разработал теорию движения Меркурия и обнаружил, что смещение перигелия этой планеты происходит немного быстрее, чем предсказывает небесная механика. Леверье посчитал эту аномалию признаком наличия вблизи Солнца неизвестной планеты, которую он назвал Вулканом, но попытки обнаружить её были безуспешны. Впоследствии это смещение оказалось веским аргументом в пользу замены ньютоновской теории тяготения на Общую теорию относительности Эйнштейна.

Глава 5-7-11

Джон Кауч Адамс

Джон Кауч Адамс (5.06.1819 — 21.01.1892 гг.) — британский математик и астроном, иностранный член-корреспондент Петербургской академии наук, член Лондонского королевского общества.



Рис. Джон Кауч Адамс

Родился в Лэнисте, близ Лэнстана, в Корнуолле. Ещё в детстве он проявил исключительные для его возраста математические способности и в 1831 году родители послали его учиться в частную школу в Девонпорт, известную высоким уровнем преподавания. Прошёл университетский курс в Кембридже, в 1841 году держал экзамен на магистра. В январе 1843 года на ежегодном

математическом конкурсе в Кембридже Адамс стал первым призёром, опередившим следующего за ним второго призёра на 2000 очков: он «заработал» 4000 очков, а второй — 2000. Это небывалый ранее случай на подобных конкурсах. Как первый призёр конкурса Адамс становится членом научного совета колледжа Сент Джона.

В июле 1841 года Адамс записал в своём дневнике:

«Принял решение... приступить как можно скорее после получения степени к исследованию неправильностей в движении Урана, которые ещё до сих пор не объяснены. Моя цель — установить, можно ли их приписать действию не обнаруженной ещё планеты за Ураном, определить приближенно элементы её орбиты и пр., что приведет, вероятно, к открытию планеты».

Всего, начиная с лета 1843 года до сентября 1845 года, Адамс получил 6 решений, из которых каждое следующее считал точнее предыдущего. В сентябре 1845 года Адамс передал вычисленные им элементы орбиты неизвестной планеты Чаллису, а тот — королевскому астроному Эйри. Оказалось, что Чаллис в августе не раз наблюдал эту планету, не придавая этому значения, но он и Эйри обратили внимание на труды Адамса только, когда уже независимо от Адамса такие же расчёты проделал Урбен Леверье. В 1846 году Иоганн Галле по указаниям, полученным от Леверье, обнаружил Нептун. О первенстве открытия между английскими и французскими астрономами возник спор, решённый в пользу Леверье.

Адамс, пробыв много лет преподавателем при Кембриджском университете, в 1858 году сделан профессором астрономии. Большинство его сочинений находится в записках обществ Астрономического и Королевского в Лондоне. Сочинение о возмущениях в движении Урана в 1847 году издано отдельной рукописью; в 1851 году напечатано в «Nautical Almanach» под названием «The observed irregularities in the motion of Uranus».

Был президентом Королевского астрономического общества. Много занимался вопросами численного интегрирования дифференциальных уравнений, в его

честь назван разработанный им «метод Адамса» в теории дифференциальных уравнений.



Часть 5-8

Небесная механика в России. XIX век.

Содержание

Глава 5-8-1 (том-часть-глава).

Небесная механика в России

Глава 5-8-2. Фёдор Иванович Шуберт

Глава 5-8-3. Михаил Васильевич Остроградский

Глава 5-8-4. Мариан Альбертович Ковальский

Глава 5-8-5. Йохан Аугуст Гуго Гюлден.

Теория абсолютных орбит

Глава 5-8-6. Александр Михайлович Ляпунов

Глава 5-8-7. Александр Александрович Иванов

Глава 5-8-1

Небесная механика в России

Как и в других странах, в России работами по небесной механике занимались сравнительно немногие астрономы и математики. Больше всего изучалось движение многочисленных комет и астероидов, поскольку для этого требуется по преимуществу лишь учет возмущений при движении, достаточно близком к движению по законам Кеплера. Развитие классической небесной механики тормозила ограниченность математического аппарата, не позволяющего решить необходимые дифференциальные уравнения.

Вместе с тем, многие работы, выполненные в России после классических работ Леонарда Эйлера и его ученика Лекселя, остались незамеченными. Так, уже в XIX веке, произошло с исследованиями по теории возмущений, которыми занимался Д. М. Перовицкий.

Осталась без внимания работа академика Ф.И. Шуберта, впервые (в 1802 году) вычислившего возмущения, производимые Юпитером в движении единственной известной тогда малой планеты Цереры, только перед тем открытой, для которой Гаусс вычислял орбиту без учета возмущений. Забыт также «Курс небесной механики» М.В. Остроградского (1801 — 1861 гг.), о котором в 1830 г. Пуассон и Араго сообщали Парижской Академии наук.

Почти одновременно с исследованиями Д.М. Перовицкого М.А. Ковальский в Казани в 1852—1856 гг. разработал теорию движения Нептуна с учетом

долгопериодических возмущений от Урана, Сатурна и Юпитера. Таблицы, вычисленные им по этой теории и доведенные до 1880 г., практически служили для вычисления эфемерид Нептуна до 1867 г. Ньюкомб, пересмотрев теорию движения Нептуна, нашел в формулах Ковальского ошибку в знаке у одного из членов его ряда. Но для исправления этой чисто вычислительной ошибки к таблицам Ковальского оказалось достаточным прилагать небольшие поправки, а таблицы, составленные самим Ньюкомбом, были менее удобными для вычислений.

Ковальский изучал также одну из основных проблем небесной механики — проблему разложения в бесконечный ряд так называемой пертурбационной функции, которая определяет величину взаимных возмущений небесных тел.

В 1868 году, в Одессе, теорией движения астероида Юноны с учетом испытываемых ею возмущений занимался Беркевич. Он использовал только что появившийся метод Ганзена.



Рис. Пулковская обсерватория

Наиболее интенсивно проблемы небесной механики разрабатывались в Пулковской обсерватории и Петербургском университете. В 1860-х годах появились исследования работавшего в Пулковской обсерватории шведского астронома Г. Гюльдена (1841—1896 гг.), посвященные движению кометы Энке.

Его исследования были продолжены Эмилем Астеном, Оскаром Баклундом, Л. Маткевичем.

В 1890 и 1898 годах Баклунд опубликовал две работы, посвященные развитию метода Гюльдена и дающие новый метод приближенного вычисления абсолютных возмущений астероидов типа Гекубы. Таблицы движения этих планет, основанные на теории Баклунда, потом построили А.А. Иванов и сотрудница Пулковской обсерватории М.В. Жилова — первая женщина-астроном в Пулкове.

Работы пулковских ученых, развивавших метод Гюльдена и теорию движения кометы Энке, не дали исчерпывающего решения проблемы учета возмущений в силу особенностей этого метода, но они дали много практически ценного. Более широкого развития работы по небесной механике в Пулкове не могли получить, так как главной задачей здесь были астрометрические, а со временем — и астрофизические исследования.

Кроме пулковских астрономов, способ Гюльдена разрабатывал в Петербургском университете А.М. Жданов. В 1884 г. он защитил магистерскую диссертацию «Способ Гюльдена определения частных возмущений малых планет», а в 1888 г. — докторскую — «Теория промежуточных орбит и приложение ее к исследованию движения Луны». По мысли Гюльдена, для Луны в качестве приближенной орбиты брался не кеплеровский эллипс, а орбита, вычисленная с учетом важнейших возмущений, называемая промежуточной орбитой.

В 1893 году А. М. Жданов вывел элементы земного сфероида из геодезических измерений. Он получил для сжатия Земли значение 1:299,7, более близкое к значению 1:298,3, полученному в советскую эпоху Ф.Н. Красовским, чем прежнее значение Кларка 1:293,5.

Крупные теоретические работы выполнил А. А. Иванов. В 1895 г. он защитил диссертацию «Вращательное движение Земли», в которой был затронут и вопрос о колебаниях широт.

Работы по небесной механике в университетах, кроме Петербургского, носили более эпизодический характер, чем в Пулкове. Варшавский астроном А.В. Краснов разрабатывал теорию движения Луны, а С.А. Казаков в Москве — некоторые вопросы теории возмущений, но их работы не получили дальнейшего развития.

К концу XIX и частично к началу XX в. относятся замечательные работы по небесной механике двух русских ученых, приобретших мировую известность: Софьи Васильевны Ковалевской и Александра Михайловича Ляпунова, исследовавших теорию фигуры небесных тел, С.В. Ковалевская (1850—1891 гг.) — выдающийся математик и писательница — представляла собой исключительное явление в условиях своей эпохи.



Рис. Софья Васильевна Ковалевская

Ее талант не мог, однако, найти благоприятную почву для развития в царской России, в которой до 70-х годов женщины не имели доступа к высшему образованию, а право на занятие ученых должностей за ними не признавалось и позднее.

С.В. Ковалевской пришлось изучать математику частным образом за границей. В 1874 году, защитив диссертацию по теории дифференциальных уравнений, она получила степень доктора философии в Гейдельбергском университете. Позднее, в 1884 году, она получила кафедру математики в Стокгольмском университете, где и протекала в дальнейшем ее деятельность, оборвавшаяся преждевременной смертью.

В 1889 году С.В. Ковалевская была избрана членом-корреспондентом Петербургской Академии наук.

Основные работы Ковалевской относятся к чистой математике и механике. Однако в 1885 году она опубликовала исследование условий, при которых сплошное кольцо вокруг планеты, сходное по виду с кольцом Сатурна, могло бы быть устойчивым. Эту задачу она решила строже, чем Лаплас. Позднее, впрочем, было доказано, что кольца Сатурна должны состоять из множества отдельных частиц, обращающихся вокруг планеты подобно спутникам, независимо друг от друга. Экспериментальное подтверждение этого вывода было установлено А.А. Белопольским и Килером (США) спектральным методом.

Глава 5-8-2

Фёдор Иванович Шуберт

Фёдор Иванович (Фридрих Теодор) Шуберт (1758 — 1825 гг.) — русский математик, астроном, геодезист и популяризатор науки немецкого происхождения.



Рис. Фёдор Иванович Шуберт

Родился в Германии в семье известного ученого богослова и оратора Иоанна Эрнста Шуберта. Обучался в гимназии и в университете в Грейфсвальде в шведской Померании. Изучал также теологию в Гельмштедте. С 1776 по 1779 гг., после смерти отца, обучался в Гёттингене восточным языкам и богословию. В 1779 году уехал в Швецию в качестве гувернёра. Затем вернулся в Грейфсвальд, надеясь получить место священника, однако был вынужден заниматься репетиторством, был домашним учителем в доме майора Кронгельма, который интересовался астрономией, сам увлекся этой наукой. В 1780 — 1783 гг. домашний учитель в Штральзунде. В 1783 году переехал в Россию, сначала в Ревель, где получил должность ревизора Гапсальского уезда, а в 1785 году был определён географом при Петербургской академии наук, причем первым его делом в связи с этой должностью было

устройство поврежденного пожаром Готторпского глобуса. Адъюнкт Петербургской академии наук (с 1786 года) и академик с 1789 года. С 1804 года заведовал академической обсерваторией. Занимался вопросами мореходной астрономии, по его инициативе были созданы морские астрономические обсерватории в Николаеве и Кронштадте.

В астрономии основные труды Шуберта относятся к практической астрономии и небесной механике. Разрабатывал теории движения Марса, Луны, Урана, Цереры. В 1805 вместе с сыном участвовал в неудачной российской экспедиции в Китай. Произвел магнитные наблюдения по маршруту Петербург — Казань — Тобольск — Иркутск.

Несколько слов об экспедиции.

Предлогом посольства были поздравление цинского богдыхана (императора Цзяцина) с восшествием на престол и извещение о воцарении Александра I. К этому моменту император Цзяцин царствовал уже девять лет (после отречения отца в 1796 г.), а Александр — уже четыре года. Фактической целью посольства стало установление прочных торговых сношений между Россией и Китаем и уступка России Амура. Посольство было очень многочисленно, более 300 человек: в него входили военные и чиновники, учёные и духовные лица. Для светских членов его установлена была особенная форма: мундир ведомства иностранных дел с прибавлением богатого серебряного шитья, военная сабля вместо шпаги и головной убор, представлявший нечто среднее между кивером и каской. О посольстве в Китай граф М. С. Воронцов писал другу Д. В. Арсеньеву в июле 1805 года:

«Целая шайка готовится ехать в Китай с Головкиным и с кучей разного народа. Первый в посольстве у Головкина есть Байков, что был в Париже. Он уже и здесь берет над прочими тон и ломается удивительно. Они уже все в ссоре, прежде нежели выехали из Петербурга, что же будет после? За Кяхтой они, наверное, передерутся; и надо знать, что и сам Головкин человек умный, но

впрочем, морального характера в нем не ищи, и я думаю, что некоторые из молодых будут жертвой гордости Байкова и Голландских правил самого посла. Я бы хотел, чтобы Китайский император все это решил за них и, рассердясь на то, что с ними посланы инженеры, которые будут снимать планы и профили тамошних крепостей, приказал бы всех высечь от первого до последнего и потом выпроводить из его владений».

Посольство Головкина не увенчалось успехом. Ещё в пределах России он получил протест Китайского правительства против многочисленности посольской свиты и должен был её сократить. Посольство добралось только до Урги, где Головкину были предъявлены такие требования относительно церемониала его приема (ритуал земного поклона — коуту), что он счёл их неприемлемыми и возвратился в Сибирь. Неудача возбудила неудовольствие императора Александра I, и Головкину долго пришлось прожить в Иркутске, пока ему не было разрешено явиться в Петербург, куда он возвратился в декабре 1806 года.

Наряду с научной работой, Шуберт занимался популяризацией астрономии, в Петербурге в 1798 году впервые опубликовал курс теоретической астрономии, который по предложению П. С. Лапласа был переведен на французский язык и издан в Западной Европе. Автор «Руководства к астрономическим наблюдениям...» (1803, на немецком языке, перевод на русский язык осуществил И. И. Фицгум). Широкую известность имела его книга «Популярная астрономия» (части 1-3, 1804—1810), в которой описана история астрономии от древности до появления «Небесной механики» Лапласа.

В математике труды Шуберта (связанные с астрономией и картографией) относятся к сферической геометрии, где он изучил свойства локсодромы, в работах 1788 — 1789 годах ввёл термины «конформная проекция». Кроме того, у Шуберта имеются труды по алгебре и теории особых точек кривых.

С 1808 по 1818 гг. издавал календари «Карманный месяцеслов» и «Морской месяцеслов» для нужд морского флота, с 1810 по 1825 год редактировал выходившую в Санкт-Петербурге на немецком языке газету «St. Petersburger Zeitung».

В 1813 году Шуберт был принят в число почётных членов государственного адмиралтейского департамента. В 1816 году произведён в действительные статские советники.

Видный масон. Мастер стула ложи Соединённых друзей, почётный член большого числа российских и зарубежных лож. В 1819—1820 гг. наместный мастер Великой ложи Астрей, затем её Первый великий надзиратель.

Награждён орденом Святого Владимира 4-й степени, впоследствии орденом Святого Владимира 3-й степени и орденом Святой Анны 2-й степени с алмазами.

Похоронен на 36 участке Смоленского евангелического (лютеранского) кладбища в С.-Петербурге. В 1988—1989 саркофаг на могиле был утрачен, в 1993—1994 гг. восстановлен родственниками.

Глава 5-8-3

Михаил Васильевич Остроградский

Михаил Васильевич Остроградский (12 сентября [24 сентября] 1801 — 20 декабря 1861 [1 января 1862] гг.) — российский математик и механик, академик Санкт-Петербургской академии наук с 1830 года, признанный

лидер математиков Российской империи в 1830—1860-е годы. Ученик Т. Ф. Осиповского.



Рис. Михаил Васильевич Остроградский

Родился 12 (24) сентября 1801 года в деревне Пашенная Кобелякского уезда Полтавской губернии, в семье помещика из дворянского рода Остроградских. В детстве был чрезвычайно любознателен к естественно-научным явлениям, хотя не проявлял тяги к учёбе.

С 1816 года был вольнослушателем (с 1817 — студентом) физико-математического факультета Харьковского университета, где учился у Т. Ф. Осиповского. В 1820 году Остроградский с отличием сдал кандидатские экзамены. Однако реакционная часть харьковской профессуры добилась лишения юноши аттестата кандидата наук и диплома об окончании университета. Мотивировалось это непосещением лекций по богословию. Он так и не получил учёную степень.

В 1822 году Михаил Васильевич, желая продолжить занятия математикой, был вынужден уехать в Париж, где в Сорбонне и Коллеж де Франс продолжал изучать математику, посещал лекции знаменитых французских учёных — Лапласа, Фурье, Ампера, Пуассона и Коши.

В 1823 году приглашён в качестве профессора в коллеж Генриха IV. В 1826 году Остроградский представил Парижской Академии наук мемуар «О распространении волн в цилиндрическом бассейне». Знаменитый французский математик Коши писал об Остроградском: «Этот русский молодой человек одарён большой проницательностью и весьма сведущий».

В 1828 году возвратился на родину с французским дипломом и с заслуженной репутацией талантливого учёного.

В 1830 году избран экстраординарным академиком Петербургской Академии наук. Позже, благодаря выдающимся научным заслугам, М. В. Остроградский был избран членом-корреспондентом Парижской Академии наук, членом Американской, Римской и других академий и научных обществ.

Став знаменитостью мирового класса, Остроградский развернул в Петербурге большую педагогическую и общественную деятельность. Он являлся профессором Николаевских инженерных Академии и училища, Морского кадетского корпуса, Института инженеров путей сообщения, Главного педагогического института, Главного артиллерийского училища и других учебных заведений. Много лет он работал в качестве главного наблюдателя за преподаванием математики в военных школах. Остроградский не сумел по достоинству оценить новаторские работы Н. И. Лобачевского и дал им отрицательный отзыв. В конце жизни Остроградский интересовался спиритизмом.

Глава 5-8-4

Мариан Альбертович Ковальский

Мариан Альбертович (Войтехович) Ковальский (3 [15] августа 1821 — 28 мая [9 июня] 1884 гг.) — российский астроном польского происхождения, член-корреспондент Петербургской АН (1862 год).

Впервые выдвинул идею о вращении нашей звёздной системы, Один из основателей Русского астрономического общества.



Рис. Мариан Альбертович (Войтехович) Ковальский

Сын польского помещика. Начальное образование получил в гимназии Плоцка. Затем учился на инженера в Варшаве.

В 1841 году поступил в Петербургский университет, окончил его в 1845 с золотой медалью. Ученик А. Н.Савича и В. Я. Струве.

В 1846 году стажировался в Пулковской обсерватории.

В 1847—1849 годах работал в экспедиции по определению географических координат пунктов Северного Урала.

С 1852 года — профессор Казанского университета, с 1854 года — директор обсерватории этого университета.

Основные научные работы относятся к небесной механике. Активно вёл астрономические наблюдения, сочетая их с теоретическими исследованиями. Впервые выдвинул идею о вращении нашей звёздной системы (в работе «О законах собственного движения звёзд каталога Брадлея»).

Критикуя в ней гипотезу И. Г. Медлера о существовании динамического центра Галактики в

скоплении Плеяды, разработал метод определения движения Солнечной системы в пространстве, часто применяемый и теперь.

Доказал, что, звёзды образуют единую систему без какого-либо тела с гигантской массой в центре.

Обнаружил уменьшение собственных движений звёзд с приближением их к средней линии Млечного Пути.

Дал математическое решение задачи нахождения центра вращения Галактики из анализа собственных движений звёзд.

В 1852—1856 разработал теорию движения Нептуна с учётом долгопериодических возмущений от Урана, Сатурна, Юпитера. Изучал одну из основных проблем небесной механики — проблему разложения в ряд пертурбационной функции, определяющей величину взаимных возмущений небесных тел.

Развил теорию солнечных и лунных затмений и предложил удобный метод предвычисления покрытий звёзд Луной.

В 1872 году дал наилучший из предложенных к тому времени способ определения орбит двойных звёзд из наблюдений, не утративший своего значения и теперь. Разработал оригинальную теорию рефракции.

В Казанской обсерватории проводил наблюдения положений звёзд, составил каталог более 4200 звёзд, в зоне AG от +75 до +80 (со звёздной величиной до 9,5m). Вёл большую преподавательскую работу.

Один из основателей Русского астрономического общества.

Глава 5-8-5

**Йохан Аугуст Гуго Гюлден.
Теория абсолютных орбит**

Йохан Аугуст Гуго Гюлден (29 мая 1841 — 9 ноября 1896 гг.) — финско-шведский астроном, иностранный член-корреспондент Петербургской академии наук.



Рис. Йохан Аугуст Гуго Гюлден

Родился 29 мая 1841 года в городе Гельсингфорсе в семье Нильса Абрахама Гюлдена, профессора греческой литературы Хельсинкского университета. Гюльден обучался в этом университете на математическом факультете и получил там степень магистра философии (1860 г.).

В 1862 году был приглашен в Пулковскую обсерваторию сначала в качестве адъюнкта, а в 1865 году назначен уже старшим астрономом.

Здесь Гюлден произвел ряд точных наблюдений (с помощью большого вертикального круга) и разработал теорию рефракции, на основании которой составлены таблицы, употреблявшиеся в Пулково.

Выдающиеся заслуги в науке обратили на него внимание ученого мира, и в 1871 году он был приглашен в Стокгольм на пост директора обсерватории. Г. посвятил себя главным образом небесной механике и напечатал ряд мемуаров, в которых изложил разработанные им новые способы вычисления возмущений, основанные на введении так называемой промежуточной орбиты.

В 1860-х годах появились исследования Г. Гюльдена, посвященные движению кометы Энке. Исследование возмущенного движения комет очень затрудняется значительным эксцентриситетом, сближением с планетами на короткие расстояния и большими наклонами их орбит к орбитам планет. Разработка теории движения комет, в особенности комет Энке и Галлея, много дала для развития общей теории учета возмущений, хотя представление наблюдений теорией долго оказывалось недостаточно точным.

Гюльден предложил такой метод разложения рядов, представляющих возмущения, который давал большие возможности, чем метод Ганзена, а потому оказывался более пригодным для практических расчетов. Уже в это время Гюльден вынашивал идеи, которые он развил после своего возвращения в Швецию и создал важную и интересную в математическом отношении теорию так называемых абсолютных орбит.

Идеи Гюльдена в Пулково же были развиты в 70-х годах другим пулковским астрономом Эмилем Астеном применительно к комете Энке. Астен изучил движение этой кометы в течение 18 ее оборотов, что потребовало от него колоссальных по объему вычислений. На основании этих вычислений Астен установил, что эксцентриситет орбиты кометы Энке уменьшается при каждом ее обороте вокруг Солнца. Преждевременная смерть прервала его работу, но кометой Энке вскоре занялся приглашенный в 1879 г. в Пулково О.А. Баклунд, развивший идеи Гюльдена о введении новых переменных, представляющих орбиту кометы по частям. В ряде трудов, начиная с 1881 года Баклунд усовершенствовал эти методы. Он объяснил систематическое уменьшение периода её обращения

вокруг Солнца сопротивлением межпланетной среды и периодическими встречами с различными метеорными потоками. Это предположение в дальнейшем не подтвердилось.

Для постоянного улучшения теории Баклунд пересматривал после каждого появления кометы весь материал о ней с самого начала и для этой огромной работы, видимо, впервые в истории русской астрономии использовал помощь многих вычислителей. После смерти Баклунда «слежку» за движением кометы Энке продолжал в Пулково Л.Л. Маткевич.

Вековые ускорения, хотя и не столь значительные, были обнаружены у ряда других комет. В то же время в движении некоторых комет замечено незначительное замедление.

Лишь в середине XX в. удовлетворительное объяснение векового ускорения движения комет и, в частности, кометы Энке было дано А.Д. Дубяго в Казани, а вслед за ним Уипплом в США. Это объяснение основано на предположении о реактивном действии на вращающееся ядро кометы выделяющихся из него газов. Предполагается, что ядро состоит из смеси пыли и замерзших газов, испаряющихся под действием солнечного тепла.

Таким образом, на протяжении столетия заслуга изучения загадочного движения кометы Энке почти целиком принадлежит астрономам Пулковской обсерватории, особенно Баклунду, и не напрасно это комету называют кометой Энке — Баклунда.

Глава 5-8-6

Александр Михайлович Ляпунов

Александр Михайлович Ляпунов (25 мая [6 июня] 1857 — 3 ноября 1918 гг.) — русский математик и механик. Основоположник теории устойчивости равновесия и движения механических систем с конечным числом параметров. Также работал в области дифференциальных уравнений, гидродинамики, теории вероятностей.



Рис. Александр Михайлович Ляпунов

Александр Ляпунов — был сыном известного астронома Казанского университета М.В. Ляпунова. Любимый ученик знаменитого математика П.Л. Чебышева, рано угадавшего в нем необычайные дарования, Ляпунов с 1885 по 1902 года занимал кафедру механики в Харьковском университете. В 1901 году он был избран академиком. В возрасте 24 лет Ляпунов, по предложению Чебышева, взялся за труднейшую задачу исследования фигур равновесия вращающейся однородной жидкой массы, отличных от эллипсоидальных.

Ляпунов не смог тогда решить эту задачу в общем виде до конца, но все же в 1884 году он получил и опубликовал

в Петербурге результаты, по богатству и по строгости выводов превзошедшие результаты, полученные работавшими одновременно с ним над этой же проблемой известными английскими учеными Томсоном и Тэтом.

В 1892 году в Харькове Ляпунов издал сочинение — докторскую диссертацию «Общая теория устойчивости движения», в которой он дал первое строгое определение устойчивости движения. Теория устойчивости имеет исключительно большое и все возрастающее значение для применений теоретической механики к различным областям науки и техники, в числе которых можно назвать и небесную механику и современную теорию автоматического регулирования.

В 1904 году эта работа Ляпунова («Об устойчивости эллипсоидальных форм равновесия вращающейся жидкости») была переведена на французский язык и издана в Тулузе.

Эта проблема имеет огромное значение в вопросе о фигурах планет и звезд и тесно связана с вопросами происхождения небесных тел путем их разрыва в случае слишком быстрого вращения. Затем последовал ряд замечательных работ по математической физике и по общей теории устойчивости движения, которую Ляпунов фактически создал как точную отрасль науки.

В конце XIX века Ляпунов вернулся к изучению фигур равновесия и с 1903 по 1914 гг. опубликовал по частям труд, содержащий более 1000 страниц сложнейших выкладок, составляющих эпоху в истории данного вопроса. и продвинувших его решение гораздо дальше и строже, чем это удалось сделать знаменитым ученым Дж. Дарвину в Англии и А. Пуанкаре во Франции.

Глава 5-8-7

Александр Александрович Иванов

Александр Александрович Иванов (4 [16] апреля 1867 — 23 ноября 1939 гг.) — российский и советский астроном, астрометрист, член-корреспондент АН СССР (1925 г.).



Рис. Александр Александрович Иванов

Александр Александрович Иванов родился в Санкт-Петербурге в семье рабочего. Учился в Петербургской 8-й гимназии, которую окончил в 1885 году с золотой медалью. Вследствие материального неблагополучия в семье вынужден был уже с третьего класса давать уроки для заработка. После окончания гимназии поступил на математическое отделение физико-математического факультета Петербургского университета. На втором курсе проявил интерес к лекциям по астрономии, а затем

и по высшей геодезии, стал читать специальную литературу.

После окончания университета в 1889 году был оставлен при нём профессором С. П. Глазенапом для подготовки к профессорскому званию. В 1890 — 1901 годах, по приглашению А. Ф. Бредихина, работал в Пулковской обсерватории наблюдателем на большом вертикальном круге. В 1895 году защитил магистерскую диссертацию «Вращательное движение Земли» (о перемещении полюсов оси вращения по поверхности земного сфероида) и получил учёную степень магистра астрономии и геодезии. С 1896 года был допущен к чтению лекций в университете в качестве приват-доцента. Продолжая работать в Пулково, готовил докторскую диссертацию на тему «Теория прецессии», защита которой состоялась в 1899 году.

В 1901 году покинул Пулково и переехал в Петербург для продолжения педагогической деятельности. Получив предложение от Д. И. Менделеева, перешёл на работу в возглавляемую им Главную палату мер и весов, где работал с 1902 по 1911 год. В 1908 — 1929 годах — профессор Петербургского (Ленинградского) университета, в 1913 — 1919 годах — директор обсерватории университета, где наладил регулярное издание её трудов. В 1918 — 1919 годах — ректор Петроградского университета. В 1919 — 1930 годах — директор Пулковской обсерватории. С 1930 года — заместитель директора Всесоюзного научно-исследовательского института метрологии им. Д. И. Менделеева.

Научная деятельность

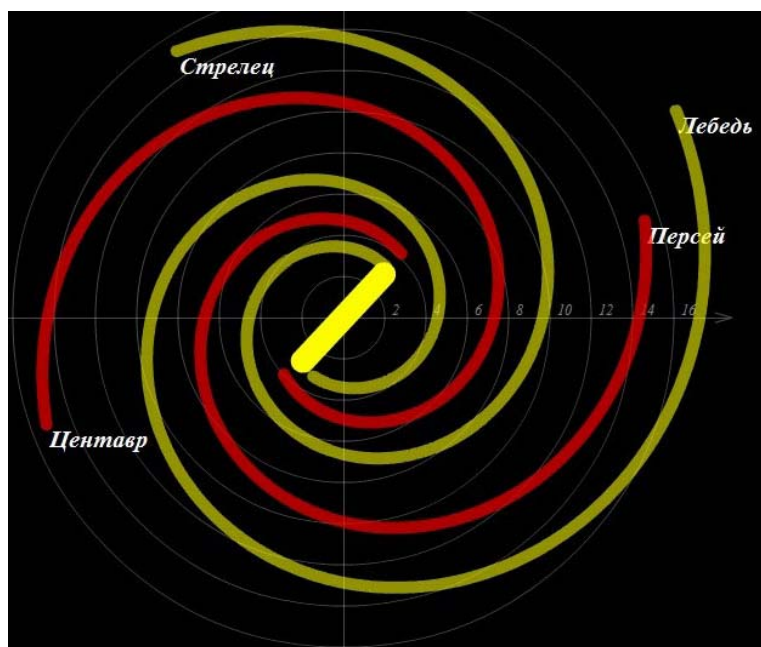
Основные научные труды посвящены небесной механике и практической астрономии. По наблюдениям на большом вертикальном круге в Пулково составил три

каталога абсолютных склонений звёзд, исследовал изменяемость широты Пулкова.

Изучал резонансные случаи движения малых планет под влиянием гравитационного поля Юпитера. Изучал движение малой планеты Герды (по наблюдениям 1872—1934 годов).

Подробно исследовал прецессию не вполне шарообразной Земли под воздействием притяжения Луны и Солнца, получил величину сжатия Земли, равную 1:297,2 — это близко к современному значению.

На основании анализа измерений силы тяжести во многих пунктах земной поверхности сделал вывод о несимметричности Северного и Южного полушарий Земли. Много сделал для совершенствования советской службы времени. Автор учебников по общей, сферической, практической и теоретической астрономии. Один из основателей Русского астрономического общества и его председатель в 1906 — 1910 и 1913 — 1914 годах.



Часть 5-9

Звездная динамика

Содержание

Глава 5-9-1 (том-часть-глава).

Создание звездной динамики

Глава 5-9-2. Уильям Уоллес Кэмпбелл

Глава 5-9-3. Эдвард Хуго фон Цейпель

Глава 5-9-4. Генри Крозер Киттинг Пламмер

Глава 5-9-5. Якобус Корнелиус Каптейн

Глава 5-9-6. Динамические модели звездных систем

Глава 5-9-7. Теория гравитационной неустойчивости

Глава 5-9-1

Создание звездной динамики

Уже в конце XVIII — первой четверти XIX веков «физическая астрономия» (введенная некогда Кеплером как «изыскивающая причины» явлений) оформилась в классическую «небесную механику» — теорию движения в поле сил немногих тел. Областью ее приложения (и основой формирования) стала Солнечная система, а затем двойные (кратные) звезды.

В XIX веке объектом исследования становится наша Галактика — Млечный Путь, которая рассматривается как система огромного числа тел, связанных друг с другом взаимным тяготением. Причем тел, находящихся в движении, о чем давно свидетельствовало открытие собственных движений звезд, движения Солнца в пространстве, орбитальное движение компонентов в двойных системах.

С развитием количественных математических методов небесной механики стало очевидным, что для анализа и описания сложных систем (хотя бы для решения задачи трех тел) она оказывается бессильной. Хотя один из создателей небесной механики, Лаплас, был убежден в жестком детерминизме всей природы, и провозгласил ее безграничные возможности. Он утверждал, что если бы какое-нибудь разумное существо смогло узнать положения и скорости всех частиц в мире в некий момент, оно могло бы совершенно точно предсказать все мировые события. Такое гипотетическое существо впоследствии было названо демоном Лапласа. Ошибочность подобной предопределённости была отмечена задолго до появления вероятностной квантовой механики — ещё в начале XX века Анри Пуанкаре обнаружил принципиально непредсказуемые процессы, в которых ничтожное изменение исходного состояния вызывает со временем сколь угодно большие отклонения в конечном состоянии.

Для изучения динамики сложных звездных систем астрономы использовали кинетическую теорию газов — одно из направлений физики. Как и в древности, здесь был использован метод аналогий: комплексы из многих

тысяч и тысяч звезд приравнивались к облаку газа из атомов и молекул.

Так родилась новая область звездной астрономии — звездная динамика, предметом которой стало изучение поведения тел и целых систем в гравитационном поле большого числа взаимодействующих компонентов.

Главным для нее стал статистико-вероятностный метод исследования структуры, динамики, состояния и эволюции звездных комплексов — от скоплений до галактик, или метод статистической динамики.

Одним из основоположников звездной динамики стал Вильям Гершель, если вспомнить его явно динамические идеи об эволюции шаровых скоплений. А одним из основоположников современной звездной статистики следует признать Василия Струве.

Важными предпосылками для создания звездной динамики стало составление каталогов собственных движений и лучевых скоростей звезд. Здесь на рубеже нашего века большой вклад внесли работы пулковского астронома Аристарха Белопольского (1854 – 1934 гг.) и американского астронома Уильяма Кэмпбелла (1862 – 1938 гг.).

Начало развития звездной динамики как самостоятельной области астрономии приходится на первые десятилетия XX века. Первые модели звездных систем — шаровых скоплений были построены в начале XX века (Хуго фон Цейпель (1873 — 1959 гг.), Генри Пламмер (1875 — 1946 гг.)). Они опирались на теорию политропных газовых шаров. Но первыми творцами современной звездной динамики стали Я. Каптейн, К.В.Л. Шарлье, К. Шварцшильд, Дж. Джинс, А. Эддингтон.

Теоретической опорой для нее стала кинетическая теория газов В. Томсона, Р. Клаузиуса, Д.К. Максвелла. Первой динамической моделью звездной системы — объем газа из частиц с хаотическим, так называемым сферическим, или максвелловым, распределением скоростей.



Рис. Звездные системы

Но подлинными создателями теоретических основ звездной динамики стали Джинс и Эддингтон. Джинс первым применил математический аппарат кинетической статистической теории газов Больцмана к ансамблю звезд, входящих в скопление и, придя к выводу о наличии там максвеллова (сферического) распределения скоростей, оценил возраст скоплений в 10 лет — в астрономию вошла так называемая длинная шкала звездной эволюции. Конкретная оценка оказалась ошибочной. Но сами методы были плодотворными.

Глава 5-9-2

Уильям Уоллес Кэмпбелл

Уильям Уоллес Кэмпбелл (William Wallace Campbell; 1862 — 1938 гг.) — американский астроном.



Рис. Уильям Уоллес Кэмпбелл

Родился на ферме в округе Хэнкок, (штат Огайо), в 1886 году окончил Мичиганский университет. В 1886 — 1888 годах преподавал математику в университете штата Колорадо, в 1888 — 1891 годах — астрономию в Мичиганском университете, в 1891 — 1930 годах работал в Ликской обсерватории (с 1901 — директор, с 1931 — почётный директор). В 1923 — 1930 годах — президент Калифорнийского университета.

Основные труды Уильяма Кэмпбелла связаны со спектральным изучением звёзд. Кэмпбелл детально исследовал Новую Возничего 1892 и отметил изменения характера спектра — ослабление континуума и появление ярких линий. Он наблюдал эмиссионный спектр звёзд Вольфа — Райе и впервые обнаружил изменения

интенсивности водородных линий и зелёной небулярной линии.

Велика заслуга Кэмпбелла в подготовке и выполнении начатой в Ликской обсерватории в 1896 году обширной систематической программы по наблюдению лучевых скоростей звёзд, целью которой было определение движения Солнца среди звёзд. Важным результатом этих наблюдений было также обнаружение большого количества спектрально-двойных звёзд. Эти работы послужили основой для дальнейшего широкого изучения собственных движений звёзд и вращения Галактики.

Во время противостояния Марса в 1894 году Кэмпбелл наблюдал его спектр и нашёл, что в атмосфере Марса очень мало кислорода и водяных паров и что плотность её намного ниже плотности земной атмосферы.

В 1909 и 1910 годах Кэмпбелл вновь наблюдал Марс и подтвердил эти результаты. Возглавлял экспедиции Ликской обсерватории для наблюдения солнечных затмений — в Индию (1898 г.), Испанию (1905 г.), на остров Флинт близ Таити (1908 г.), в Россию (Киев, 1914 г.), Австралию (1922 г.), в США (1900, 1918 гг.), участник экспедиции в Мексику (1923 г.).

Во время наблюдения затмения 1922 года произвёл совместно с Робертом Трюмплером (1886 — 1956 гг.) измерения отклонения лучей света звёзд при прохождении его вблизи Солнца, предсказываемого общей теорией относительности.

Учебник Кэмпбелла «Элементы практической астрономии» (1899 г.) на протяжении многих лет считался образцовым.

Уильям Кэмпбелл трижды занимал пост президента Тихоокеанского астрономического общества (в 1895, 1909 и 1918 годах).

Покончил с собой в возрасте 76 лет, будучи почти слепым и страдая от приступов афазии, прыгнул из окна четвёртого этажа в Сан-Франциско.

Член Национальной АН США, её президент в 1931 — 1935 гг., иностранный член-корреспондент АН СССР (1924 г.), член многих академий наук и научных обществ,

президент Международного астрономического союза (1922 — 1925 гг.).

Награды

Медали имени Ж. Ж. Ф. Лаланда (1903 г.) и П. Ж. С. Жансена (1910 г.) Парижской АН, Золотая медаль Лондонского королевского астрономического общества (1906 г.), медали им. Г. Дрейпера Национальной академии наук США (1906 г.), медаль К. Брюс Тихоокеанского астрономического общества (1915 г.).

Глава 5-9-3

Эдвард Хуго фон Цейпель

Цейпель, Хуго фон (Edvard Hugo von Zeipel; 1873 г., Стокгольм — 1959 г., Уппсала) — шведский астроном.



Рис. Эдвард Хуго фон Цейпель

Эдвард фон Цейпель закончил Уппсальский университет.

В 1898, 1901 и 1902 годах участвовал в научных экспедициях на Шпицберген.

В 1901 — 1902 годах работал в Пулковской обсерватории.

В 1904 — 1906 годах — в Парижской обсерватории, под руководством А. Пуанкаре.

С 1904 года — доцент Уппсальского университета, с 1911 года — астроном-наблюдатель Уппсальской обсерватории, с 1920 по 1938 гг. — профессор Уппсальского университета.

Научные работы Эдварда фон Цейпеля посвящены небесной механике и звёздной астрономии.

Разрабатывал теорию возмущённого движения периодических комет и астероидов.

Предложил новый метод разделения коротко- и долгопериодических движений в гамильтоновых системах типа систем небесной механики («метод Цейпеля»), который используется при расчетах движения естественных и искусственных небесных тел.

Исследовал закономерности распределения звёзд в шаровых скоплениях и разработал метод для определения относительных масс звёзд внутри скоплений.

Занимался также изучением внутреннего строения звёзд, звёздной фотометрией, изучением переменных звёзд. Теоретически предсказал эффект «гравитационного потемнения» — разности температур между экватором и полюсами — в быстро вращающихся звёздах.

Один из основателей Шведского астрономического общества, его президент в 1926 — 1935 годах, член многих иностранных научных обществ.

В честь Цейпеля назван кратер на Луне и малая планета 8870 von Zeipel, открытая 6 марта 1992 года.

Глава 5-9-4

Генри Крозер Китинг Пламмер

Генри Крозер Китинг Пламмер (англ. Henry Crozier Keating Plummer, 1875 — 1946 гг.) — британский и ирландский астроном, последний Королевский астроном Ирландии.



Рис. Генри Крозер Китинг Пламмер

Генри Пламмер родился в Оксфорде, сын Уильяма Эдварда Пламмера и племянник астронома Джона Айзека Пламмера. Получил образование в школе Св. Эдварда, а затем в колледже Хертфорд Оксфордского университета. После окончания университета преподавал математику в университете Манчестера, в 1900 году стал ассистентом в Рэдклиффской обсерватории в Оксфорде, где ранее работал его отец, и проработал там 12 лет.

В 1912 году Генри Пламмер был назначен на должность Эндрюсовского профессора астрономии в Университете Дублина и королевского астронома Ирландии. Генри

Пламмер был последним человеком, занимавшим эти две должности — после создания Ирландского свободного государства в 1921 они были упразднены. В 1920 Генри Пламмер был избран членом Лондонского королевского общества. В 1939 — 1941 был президентом.

С 1921 года работал профессором математики в военном училище в Вулидже и проработал там до выхода на пенсию в 1940 году.

Внёс большой вклад в разработку Астрографического каталога. Его исследования включали фотометрические наблюдения короткопериодических переменных и радиальные пульсации цефеид.

В 1911 году Пламмер разработал функцию гравитационного потенциала, известную как модель Пламмера, которая может быть использована для моделирования шаровых скоплений и сферически — симметричных галактик.

В 1918 году опубликовал работу «Вводный трактат о динамической астрономии» (англ. *An Introductory Treatise on Dynamical Astronomy*).

Вёл исследования истории науки, работал в комитете Королевского общества, который готовил публикации трудов Исаака Ньютона.

В его честь назван кратер на Луне.

Публикации

On the Theory of Aberration and the Principle of Relativity, 1910, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 70, p. 252—266

Plummer, H. C. (1911), On the problem of distribution in globular star clusters, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 71, 460.

Глава 5-9-5

Якобус Корнелиус Каптейн

Якобус Корнелиус Каптейн (нидерл. *Jacobus Cornelius Kapteyn*; 19 января 1851, г. Барневелд, Нидерланды — 18 июня 1922) — голландский астроном, получивший известность благодаря проведённым обширным исследованиям Млечного Пути. Также он стал первым учёным, нашедшим доказательства вращения галактик.



Рис. Якобус Корнелиус Каптейн

Каптейн поступил в Утрехтский университет в 1868 году. В 1875 году он защитил диссертацию и в течение трёх лет работал в Лейденской обсерватории, после чего стал первым профессором астрономии и теоретической механики в Гронингенском университете, где и работал вплоть до ухода в отставку в 1921 году. Его учеником был Ян Хендрик Оорт.

В промежутке от 1896 до 1900 года, не имея возможности проводить наблюдения самостоятельно,

Каптейн добровольно вызвался исследовать фотопластинки, полученные Дэвидом Гиллом, который производил фотографическое исследование звёзд южного полушария в Кейптаунской обсерватории. Результатом их сотрудничества стала публикация каталога «Cape Photographic Durchmusterung», в котором были перечислены положения и звездные величины 454875 звёзд южного полушария.

В 1897 году Каптейн открыл звезду Каптейна, которая имела наибольшее собственное движение из всех известных на тот момент звёзд. Сейчас она находится на втором месте после звезды Барнарда.

В 1904 году, изучая собственное движение различных звёзд, Каптейн обнаружил, что оно имеет не случайный характер, как считалось в то время. Он выделил два потока, движущиеся в почти противоположных направлениях. Впоследствии стало ясно, что это открытие стало первым доказательством вращения нашей галактики, что привело к последующему открытию вращения галактик учёными-астрономами Яном Оортом и Бертилем Линббладом.

В 1906 году Каптейн начал проект по серьёзному исследованию распределения звёзд в нашей галактике, используя подсчёт звёзд по различным направлениям. При этом измерялись видимая звёздная величина, спектральный класс, радиальная скорость и собственное движение звёзд в 206 отдельно взятых зонах. Этот проект стал первым скоординированным статистическим анализом такого масштаба за всю историю астрономии, и его реализация основывалась на сотрудничестве более чем сорока обсерваторий.

В 1921 году в возрасте семидесяти лет Каптейн ушёл в отставку, но по просьбе своего бывшего студента и на тот момент директора Лейденской обсерватории Виллема де Ситтера он вернулся в Лейден, чтобы помочь переоборудовать обсерваторию.

Работа, над которой он работал большую часть жизни, «First attempt at a theory of the arrangement and motion of the sidereal system» («Первая попытка создания теории

устройства и движения звездной системы»), была опубликована в 1922 году и описывала имеющий форму линзы остров Вселенной, плотность в котором уменьшается по удалению от центра. Сейчас такой остров называется моделью Вселенной Каптейна (Capteyn's Universe model). В данной модели размер галактики полагался числом порядка 40 000 световых лет в диаметре, а местонахождение Солнца относительно галактического центра — относительно близким, порядка 2 000 световых лет. Подобного рода модель подходила для высоких галактических широт, но оказалась неприменима к звёздам на плоскости диска галактики из-за недостатка научных сведений о межзвёздном веществе.

Уже после смерти Каптейна американский астроном Роберт Трамплер определил, что эффект межзвёздного покраснения (interstellar reddening) оказался существенно большим, чем предполагалось ранее. Это открытие увеличило оценки размера галактики вплоть до ста тысяч световых лет, а расстояния Солнца от галактического центра — до тридцати тысяч световых лет.

Награды и премии

Золотая медаль Королевского астрономического общества (1902 г.)

Медаль Джеймса Крейга Уотсона (1913 г.)

Медаль Кэтрин Брюс (1913 г.)

В честь Каптейна были названы астрономический институт при Гронингском университете и один из телескопов Ньютоновской группы (Телескоп Якобуса Каптейна, англ. Jacobus Capteyn Telescope, JKT).

Также в его честь названа звезда 8,8 величины BD −45° 1841, удаляющаяся от нас со скоростью 245 км/с (больше, чем скорость вращения Галактики)

В честь Каптейна назван астероид (818) Каптейния, открытый в 1916 году немецким астрономом Максом Вольфом в обсерватории Гейдельберг.

В 1964 году Международный астрономический союз присвоил имя Якобуса Каптейна кратеру на видимой стороне Луны.

Глава 5-9-6

Динамические модели звездных систем

В первых динамических моделях звездных систем использовали разработанные в кинетической теории газов В. Томсона, Р. Клаузиуса, Д.К. Максвелла, где рассматривался объем газа из частиц с хаотическим, так называемым сферическим, или максвелловым, распределением скоростей.

В 1904 году, изучая собственное движение различных звёзд, Якобус Каптейн обнаружил, что оно имеет не случайный характер, как считалось в то время. Он установил, что распределение скоростей собственных движений звезд не укладывается в симметричную кривую максвелловым распределения скоростей, и выделил два потока, движущиеся в почти противоположных направлениях. Впоследствии это открытие стало первым доказательством вращения нашей галактики, что привело к последующему открытию вращения галактик.

Первые попытки объяснить результаты наблюдений Каптейна предпринял Карл Шварцшильд (1873 – 1916 гг.), предположив иное, не сферическое (максвеллово), а эллипсоидальное распределение скоростей видимого движения звезд в Галактике — с преимущественными направлениями их вдоль большой оси эллипсоида, перпендикулярной направлению на центр Галактики (1907 г.). (Эффект, как это выяснилось много позднее, был обусловлен вращением Галактики).

В те же годы Карл Шарлье (1862 – 1934 гг.) применил статистические методы к изучению пространственного распределения звезд в Галактике и их движения в

окрестностях Солнца. Он развил введенное Карлом Шварцшильдом представление об эллипсоидальном распределении скоростей и обнаружил новый эффект. Собственные движения звезд на всех галактических долготах оказались систематически измененными — приблизительно на одну и ту же величину $0,024''$ в год. В этом эффекте также могло проявиться вращение Галактики.

В 1906 году Каптейн начал проект по серьёзному исследованию распределения звёзд в нашей галактике, используя подсчёт звёзд по различным направлениям. При этом измерялись видимая звёздная величина, спектральный класс, радиальная скорость и собственное движение звёзд в 206 отдельно взятых зонах. Этот проект стал первым скоординированным статистическим анализом такого масштаба за всю историю астрономии, и его реализация основывалась на сотрудничестве более чем сорока обсерваторий.

В 1906 – 1914 годах Эддингтон на основе статистической обработки данных о собственных движениях звезд приступил к выявлению общих законов в распределении и движении звезд. Он подтвердил сам факт существования двух встречных потоков (их называли иногда еще и «роями» Каптейна). Эддингтон исследовал пространственное распределение различных объектов в Галактике — звезд различных спектральных классов, рассеянных скоплений, планетарных и диффузных газовых туманностей. Все это стало основой для детального изучения структуры Галактики. Результаты этого он изложил в своем труде «Звездные движения и строение Вселенной» (1914 г.).

Глава 5-9-7

Теория гравитационной неустойчивости

Идея о гравитационной неустойчивости однородной среды была впервые высказана Исааком Ньютоном в

переписке с Ричардом Бентли в 1692 – 1693 годах, причём Ньютон предположил, что такая неустойчивость может являться причиной звездообразования и формирования планет:

«Однако материя при падении могла бы собираться в множество круглых масс, наподобие тел планет, а те, притягивая друг друга, могли бы обрести наклонность спуска и в результате падать не на большое центральное тело, а в стороне от него, и, описав вокруг него полукруг, снова начать подниматься теми же шагами и ступенями движения и скорости, какими до того они опускались, на манер комет, обращающихся вокруг Солнца».

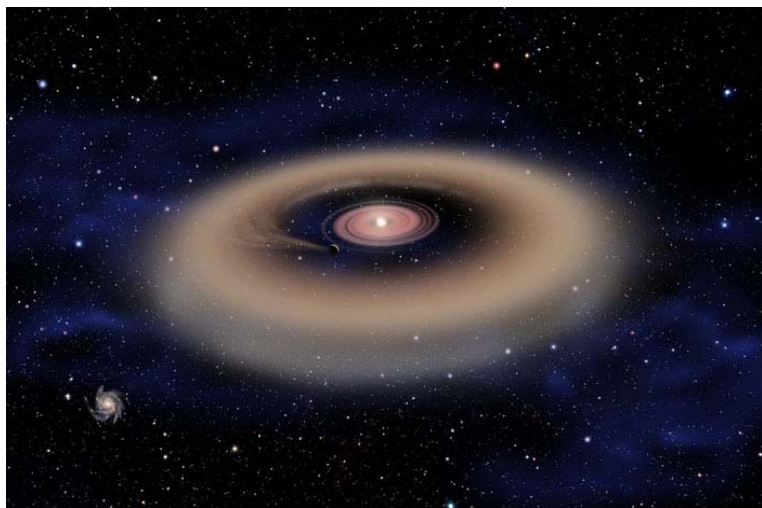


Рис. Формирование планет

В конце XIX — начале XX века в работах Анри Пуанкаре (1854 – 1912 гг.), Александра Михайловича Лапунова (1857 – 1918 гг.), Джеймса Джинса (1877 – 1946 гг.) рассматривались сложные проблемы устойчивости физических систем, находились критерии устойчивости и исследовалась возможная эволюция системы после потери устойчивости.

Среди процессов, связанных с неустойчивостью, изучались турбулентность и конвекция в жидкой среде. Как выяснилось впоследствии, эти виды неустойчивости характерны и для астрономических объектов. У некоторых из них было обнаружено магнитное поле. Для определения величины и направления поля используют явление расщепления линий в спектре источника излучения, открытое в 1896 году («эффект Зеемана»).

Разработка количественной теории гравитационной неустойчивости началась работами Джеймса Джинса, рассмотревшего в статье «Стабильность сферической туманности» (1902 г.) количественную теорию гравитационной неустойчивости самотяготеющего газового облака.

В 1929 году Джинс опубликовал свою теорию гравитационной неустойчивости — то есть создания условий, при которых начинается необратимое нарастание неких начальных возмущений плотности под действием сил тяготения. (Напомним, что подобные идеи зарождались еще у Декарта, а в применении к интерпретации наблюдений их впервые развил Уильям Гершель, введя понятие скапливающей силы.)

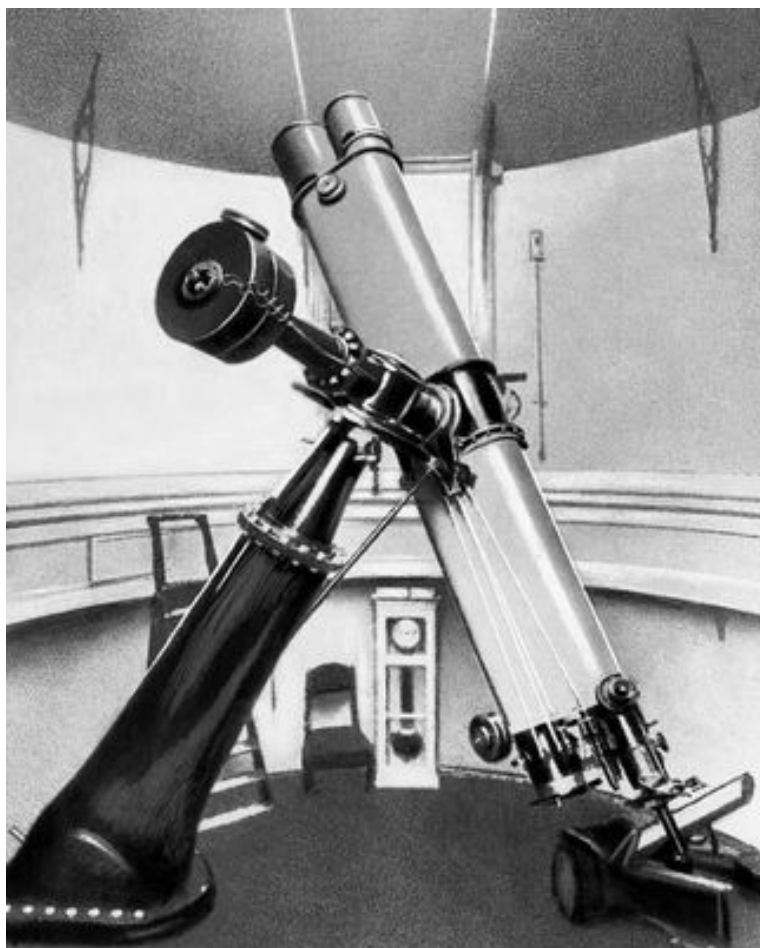
Джинс вывел выражение для определения критического размера возникающего в веществе возмущения плотности, при котором это возмущение уже не рассасывается и процесс дальнейшего сгущения становится необратимым. Эта величина прочно вошла в современную астрономию как «длина волны Джинса», а сама теория Джинса нашла непосредственное применение в современной эволюционной космологии.

Проблема происхождения вращения в космологии

Наблюдаемое вещество во Вселенной (галактики, звёздные скопления, звёзды, планетарные системы и планеты), находится, как правило, во вращении. Объяснение происхождения такого вращения

сталкивается с серьёзными трудностями. В теории Джинса гравитационная неустойчивость приводит к росту только продольных (безвихревых) возмущений. Вследствие этого возникло предположение, что вращение вещества во Вселенной существовало изначально («фотонные вихри»), а наблюдаемое в настоящее время вращение галактик рассматривается как реликтовое, доставшееся по наследству от фотонных вихрей. Наряду с такой гипотезой, выглядевшей довольно искусственной, выдвигалась идея возникновения вращения протогалактик в результате действия приливных сил. Согласно «ударной теории» вращение галактик могло стать результатом взаимодействия асимметричных протогалактик с ударной волной, которая должна возникнуть в момент рекомбинации в остывающей Вселенной.

Трудность решения проблемы происхождения вращения во Вселенной является прямым следствием теоремы Гельмгольца-Кельвина, согласно которой изначально безвихревое движение идеального газа не может стать вихревым в результате действия потенциальной силы гравитации (уравнение вихря). Однако оказалось, что в турбулентном газе такой запрет отсутствует. В этой связи возникла потребность пересмотра теории Джинса, в результате чего в проблеме происхождения вращения объектов во Вселенной возникло новое направление.



5-10. Новые методы фотометрии

Содержание

- Глава 5-10-1 (том-часть-глава).
Фотографические методы определения блеска
- Глава 5-10-2. Иоганнес Франц Хартман
- Глава 5-10-3. Джон Адельберт Паркхерст
- Глава 5-10-4. Фотометрическая система UVV
- Глава 5-10-5. Карл Шварцшильд
- Глава 5-10-6.
Основные научные труды Карла Шварцшильда
- Глава 5-10-7. Фотоэлектрическая фотометрия
- Глава 5-10-8. Джоуэл Стеббинс
- Глава 5-10-9. Фотометрия слабых звезд и туманностей
- Глава 5-10-10. Андре Лальман
- Глава 5-10-11. Электронная камера Лальмана
- Глава 5-10-12. Уильям Элвин Баум
- Глава 5-10-13. ПЗС-матрица

Глава 5-10-1

Фотографические методы определения блеска

Фотографические методы определения блеска начали применяться в 80-е годы XIX века. В 1899 году Иоганнесом Францем Хартманом (1865 – 1936 гг.) был изготовлен микрофотометр для измерения степени почернения фотопластинки под действием света от звезды и нахождения по ней звездной величины. В том же году Карл Шварцшильд (1873 – 1916 гг.) стал использовать для фотометрии экстрафокальные снимки звезд. Он обнаружил колебания эффективной температуры цефеид. А в 1910 – 1912 годах составил точный каталог фотографических звездных величин 3500 звезд ярче 7.5^m со склонениями в пределах от 0° до $+20^\circ$ (так называемая «Гёттингенская актинометрия»), который вместе с визуальными каталогами послужил основой важных статистических исследований по оценке температур звёзд и расстояний до них.

Фотографические методы были гораздо более точными, чем наблюдения даже с самыми лучшими визуальными фотометрами. Однако первые исследователи ошибочно считали, что если отношение интенсивностей двух звезд равно двум, то достаточно увеличить время экспозиции слабой звезды вдвое по сравнению с яркой звездой, чтобы на фотографической эмульсии получилось одинаковое изображение.

Практика показала, что, увеличивая время экспозиции соответственно различию в 5 величин, они получали на фотографии выигрыш лишь в 4 величины. Поэтому, если отношение интенсивностей двух источников света равно 100, отношение времени экспозиции, требующегося для получения идентичных звездных изображений на эмульсии, чувствительной в синей области спектра, оказалось равным примерно 150, а не 100.

Этот эффект был специально исследован Джоном Эдельбертом Паркхерстом (1861 – 1925 гг.) в Йеркской обсерватории и Россом, который в то время был связан с компанией «Истмэн Кодак». Ими, а также другими

учеными было обнаружено отклонение от «закона взаимозаменяемости» фотографической эмульсии. Обычно этот эффект характеризуется показателем Шварцшильда. Он состоит в том, что фотографическая плотность звездного изображения зависит не только от интенсивности источника и продолжительности экспозиции, а является функцией интенсивности источника света, времени экспозиции, и константы, характеризующей используемую фотографическую эмульсию. Среднее значение этой константы составляет примерно 0,8, но может быть близким к 1,0 для определенных сортов эмульсии, чувствительных к желтым и красным лучам (в последнем случае нет отклонения от закона взаимозаменяемости). Для некоторых сортов эмульсии значение константы может быть несколько меньше 0,8.

Но даже у эмульсий, производство которых максимально стандартизовано, чувствительность и значение константы не всегда постоянны. Очевидно, что точность фотографических определений блеска зависит от детального исследования применяемых эмульсий. Например, две эмульсии, помеченные фирмой одними и теми же номерами и буквами, могут быть изготовлены в разное время и содержать чуть-чуть разные количества одних и тех же составляющих.

Оказалось, что относительная яркость звёзд на фотопластинках отличается от наблюдаемой визуально, так как максимум чувствительности человеческого глаза приходится на жёлто-зелёную часть спектра, а применявшихся в начале XX века фотоэмульсий — на синюю. Из-за этого холодные звёзды поздних спектральных классов при визуальном наблюдении выглядят более ярко, чем при фотографическом, а горячие звёзды ранних спектральных классов менее ярко. Таким образом, красные звезды с низкой температурой поверхности имеют показатель цвета около $+1,0m$, а бело-голубые, с высокой температурой поверхности, — около $-0,2m$.

Была введена шкала фотографических звездных величин и понятие о показателе цвета (colour index), обозначаемом CI и равном разности фотографической и звездных величин. Величина CI зависит от распределения энергии в спектре звезды и, следовательно, от ее температуры. Поэтому CI можно использовать для грубой оценки температур звезд.

В астрофотометрии используется ряд фотометрических систем с разным числом фотометрических полос. В зависимости от числа полос, такие системы могут быть двухцветными с одним показателем цвета (например, исторически первая визуально-фотографическая система), трёхцветными с двумя показателями цвета (система UB_V с показателями B–V и U–B) и т. д.

Глава 5-10-2

Иоганнес Франц Хартман

Франц Йоханнес Хартман (11 января 1865 — 13 сентября 1936 гг.) — немецкий астроном.

Родился в Эрфурте. Образование получил в университетах Тюбингена, Берлина и Лейпцига.

В 1891 - 1896 годах работал в Лейпцигской, в 1896 - 1909 — в Потсдамской обсерваториях (с 1902 — профессор). В 1909 — 1921 — профессор астрономии и директор обсерватории Гёттингенского университета.

Был директором обсерватории Ла-Плата (1922 — 1934 гг.). В этот период времени обсерватория занималась астрофизическими исследованиями.

Основные научные работы Хартмана посвящены спектроскопии и астрономическому приборостроению.

В 1904 году он открыл существование межзвездного газа: установил, что линия поглощения иона кальция в спектре двойной звезды δ Ориона не связан с атмосферой Дельты Ориона и объяснил происхождение этой линии

поглощением в облаке, которое содержит газообразный кальций.

Во время противостояния Эроса в 1931 – 1932 годах выполнил новое определение солнечного параллакса.

Сконструировал астрономические приборы: носящие его имя: спектрофотометр (1899 г.), спектрокомпаратор (1904 г.), универсальный фотометр.

В 1904 разработал метод точного исследования качества больших астрономических объективов с помощью специальной диафрагмы (метод Гартмана).



Рис. Франц Йоханнес Хартман

Глава 5-10-3

Джон Адельберт Паркхерст

Джон Адельберт Паркхерст (24 сентября 1861 – 1 марта 1925) - американский астроном.

Он родился в Диксоне, штат Иллинойс, и посещал государственные школы в Маренго, штат Иллинойс, и Уитон-колледж. Затем он поступил в Политехнический институт Роуз в Терре-Хот, Индиана, получив степень B.Sc. в 1886 году. В течение следующих двух лет он преподавал математику в той же школе.

Паркхерст вернулся в Маренго, штат Иллинойс, где у него была небольшая частная обсерватория, которую он использовал в основном для наблюдения за переменными звездами. в 1897 году неподалеку от Маренго была построена Йеркская обсерватория, и в 1898 году Паркхерст присоединился к персоналу в качестве добровольного ассистента-исследователя. В 1900 году он был назначен ассистентом. Он оставался в штате в течение 25 лет, специализируясь на практической астрономии, позже стал адъюнкт-профессором в Чикагском университете.

Наиболее важная работа была посвящена фотометрии. Он также участвовал в трех экспедициях по затмению, но ясность была видна только в последней (1925). За свою карьеру он опубликовал около 100 работ по астрономии, как до, так и во время работы в Йерксе. В 1905 году он был избран членом Королевского астрономического общества. 27 февраля 1925 года он перенес кровоизлияние в мозг и скончался через несколько дней в своем доме в Уильямс-Бей.

В его честь назван кратер Паркхерст на Луне.

Глава 5-10-4

Фотометрическая система UBV

Система UVB (система Джонсона или система Джонсона — Моргана) — наиболее широко используемая широкополосная фотометрическая система. Разработана в 1950-х годах американскими астрономами Гарольдом Л. Джонсоном и Уильямом У. Морганом для классификации звёзд в зависимости от их цвета.

В этой системе звёздные величины измеряются в трёх широких полосах спектра, названных U (англ. ultraviolet — ультрафиолетовый), B (blue — синий) и V (visual — визуальный). Максимум чувствительности этих полос лежит на длинах волн 350, 430 и 550 нм соответственно. Выбор цветов из голубой части спектра был сделан потому, что фотоплёнки того времени были наиболее чувствительны в этой области спектра.

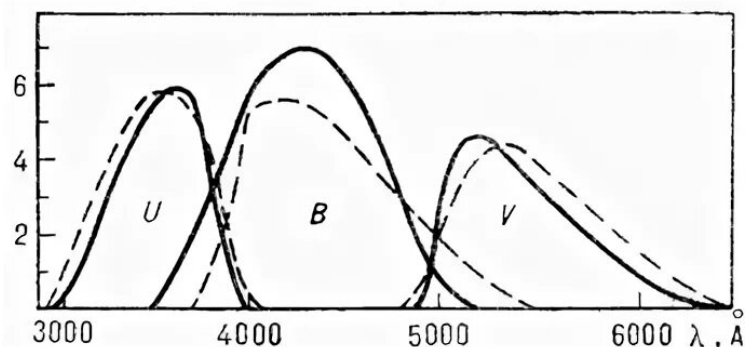


Рис. полосах спектра, названных U (англ. ultraviolet — ультрафиолетовый), B (blue — синий) и V (visual — визуальный).

Звёздные величины определяются таким образом, что для звёзд спектрального класса A0 V без межзвёздного покраснения все три величины равны друг другу. Таким образом, у таких звёзд показатели цвета B-V и U-B —

разности звёздных величин в разных полосах — равны нулю.

Показатели цвета (U–B) и (B–V) можно использовать для определения некоторых физических свойств отдельных звёзд или их групп. Наиболее часто используется разность (B–V), причем B и V, если говорить очень упрощённо, соответствуют фотографической и визуальной звездным величинам. Показатель цвета (B–V) удобен потому, что для большинства звёзд он быстро и легко измеряется, оставаясь хорошим индикатором спектрального класса. Это одна из переменных, используемых при построении диаграммы цвет — звёздная величина (диаграмма Герцшпрунга — Рассела).

Чтобы расширить возможности метода, в 1965 году Джонсон предложил использовать дополнительно ещё несколько полос в инфракрасной части спектра (от 0,7 до 10,2 мкм). Они были названы R, I, J, H, K, L, M и N.

Система UBВ имеет ряд недостатков. Коротковолновая отсечка фильтра U определяется главным образом земной атмосферой, а не самим фильтром. Таким образом, наблюдаемые величины могут изменяться с высотой наблюдательного пункта и переменной атмосферных условий. Тем не менее в этой системе сделано очень много измерений блеска звёзд (не только ярких, но и множества слабых).

Глава 5-10-5

Карл Шварцшильд

Карл Шварцшильд (нем. Karl Schwarzschild; 9 октября 1873 г., Франкфурт-на-Майне — 11 мая 1916 г., Потсдам) — немецкий астроном и физик, директор Астрофизической обсерватории в Потсдаме (1909 — 1914 гг.), академик Прусской академии наук (1912 г.).

Отец германо-американского астрофизика Мартина Шварцшильда.



Рис. Карл Шварцшильд

Шварцшильд, одна из ключевых фигур начального этапа развития теоретической астрофизики, отличался широтой научных интересов — оставил заметный след в фотографической фотометрии, теории звёздных атмосфер, общей теории относительности и старой квантовой механике. Его именем названо открытое им первое и до сих пор наиболее важное точное решение

уравнений Эйнштейна, предсказывающее существование чёрных дыр — решение Шварцшильда.

Родился во Франкфурте-на-Майне в еврейской семье, был старшим из шести детей. Карл был первым в семье, проявившим интерес к естественным наукам. Посещал еврейскую начальную школу, затем Государственную гимназию им. Лессинга во Франкфурте, с этого времени проявлял интерес к астрономии, собирал карманные деньги для покупки линз и сооружения телескопа. Уже в возрасте 16 лет, будучи гимназистом, Шварцшильд опубликовал две небольшие статьи об определении орбит планет и двойных звёзд. Получив аттестат зрелости с отличием, в 1891 — 1893 годах изучал астрономию в Страсбургском университете.

В 1893 году Карл перешёл в Мюнхенский университет и окончил его в 1896 году с большим отличием (*summa cum laude*), получив учёную степень доктора (тема диссертации: «К теории Пуанкаре фигур равновесия во вращающихся однородных жидких массах», научный руководитель — Хуго фон Зеелигер).

С октября 1896 года Шварцшильд работал два года ассистентом в обсерватории Куффнера в Вене. Там он занимался фотометрией звёзд, разработал формулу определения времени выдержки для астрономической фотометрии и обнаружил явление невязимости в фотографии, позже названное его именем (эффект Шварцшильда).

В 1899 году вернулся в Мюнхенский университет, где получил должность приват-доцента, защитив диссертацию об измерениях блеска звёзд.

В 1900 году, задолго до появления общей теории относительности, Шварцшильд исследовал возможность того, что пространство является неевклидовым, получив нижнее ограничение на радиус кривизны пространства 4 млн а.е. для случая эллиптической геометрии и 100 млн а.е. — для гиперболической геометрии.

В это время он также исследовал движение пылевых частиц в хвостах комет под действием лучевого давления и вывел из наблюдений размеры этих частиц.

В 1901 году Шварцшильд стал экстраординарным (через год, в возрасте 28 лет — ординарным, то есть полным) профессором в Гёттингенском университете и одновременно директором обсерватории. Там он работал с Давидом Гильбертом и Германом Минковским.

11 июня 1909 года был избран в Королевское астрономическое общество (Лондон). Во время работы в Гёттингене Шварцшильд занимался электродинамикой и геометрической оптикой, выполнил большой обзор фотографических звёздных величин и установил различие между фотографическими и визуальными звёздными величинами, изучал перенос излучения в звёздах и фотосфере Солнца и в 1906 году ввёл понятие лучистого равновесия, фундаментальное для моделирования звёздных атмосфер. Участвовал в экспедиции в Алжир для наблюдения полного солнечного затмения 30 августа 1905 года.

В конце 1909 года Карл Шварцшильд стал директором Астрофизической обсерватории в Потсдаме, а в 1912 году был избран членом Прусской академии наук. В этот период он интересовался спектрометрией, исследовал фотографии кометы Галлея, полученные во время её возвращения в 1910 году. Летом 1910 года совершил поездку в США, посетив несколько американских обсерваторий. В 1914 году Шварцшильд пытался (безуспешно) обнаружить предсказанное теорией относительности гравитационное красное смещение в солнечных спектрах.

В начале Первой мировой войны (1914 год) пошёл добровольцем в немецкую армию, несмотря на то, что его возраст превышал 40 лет; служил сначала в Намюре (Бельгия) на военной метеорологической станции, затем, получив чин лейтенанта, был переведён в штаб дивизии дальнобойной артиллерии, дислоцированной сперва во Франции, а позже в России. Был награждён Железным крестом.

18 ноября 1915 года Шварцшильд, будучи в отпуске, присутствовал на лекции Эйнштейна перед Прусской академией наук в Берлине, на которой Эйнштейн представлял свою статью, объясняющую смещение перигелия Меркурия с помощью общей теории относительности.

На восточном фронте заболел аутоиммунной болезнью пузырчаткой, в то время неизлечимой. Во фронтовом госпитале в России Шварцшильд написал две статьи по общей теории относительности и фундаментальную работу по квантовой теории Бора — Зоммерфельда, содержащую теорию эффекта Штарка для атома водорода. В марте 1916 года Шварцшильд был комиссован по болезни, вернулся в Германию и через два месяца умер.

Глава 5-10-6

Основные научные труды Карла Шварцшильда

Широта охвата тем физики, математики и астрономии в его работах привела к тому, что Артур Стэнли Эддингтон (1882 – 1944 гг.) сравнивал Шварцшильда с Пуанкаре, только более практической направленности. Сам Шварцшильд в своей вступительной речи в Берлинскую академию наук (1913 г.) объяснял это так:

«Математика, физика, химия, астрономия двигаются единым фронтом. Кто отстаёт — того подтягивают. Кто опережает — помогает остальным. Теснейшая солидарность существует между астрономией и всем кругом точных наук. ... С этой точки зрения я могу полагать удачей то, что мои интересы никогда не ограничивались тем, что дальше Луны, но следовали нитям, тянувшимся оттуда к нашему, подлунному знанию; я часто бывал неверен небесам. Это тяга к

универсальности, которая была непреднамеренно усилена моим учителем Зеелигером, а затем расцвела благодаря Феликсу Клейну и всему научному кругу Гёттингена. Там популярен девиз, согласно которому математика, физика и астрономия составляют единое знание, которое, подобно греческой культуре, должно восприниматься как идеальное целое».



Рис. Карл Шварцшильд

К основным достижениям Шварцшильда в практической астрономии относят работы по основам точной фотографической фотометрии, начатые в Гёттингене и продолженные затем в Потсдаме. Он разработал технику точной оценки блеска звезд по фотографиям и на практике определил закон связи почернения на фотопластинке со временем экспозиции и блеском звезды (закон Шварцшильда). Так как

фотопластинки и глаз отличаются по чувствительности к различным длинам волн электромагнитного спектра, то визуальную и фотографическую шкалы блеска звёзд необходимо связать между собой, установив некое общее начало — нуль-пункт. Разность между визуальной и фотографической звёздной величиной может служить оценкой температуры звезды — и благодаря этому ещё в 1899 году Шварцшильд обнаружил колебания эффективной температуры цефеид.

В Потсдаме в 1910 — 1912 годах он составил точный каталог фотографических звездных величин 3500 звезд ярче 7.5^m со склонениями в пределах от 0° до $+20^\circ$ (так называемая «Гёттингенская актинометрия»), который вместе с визуальными каталогами послужил основой важных статистических исследований по оценке температур звёзд и расстояний до них.

Изучение статистики собственных движений звёзд, толчком к которому послужила теория двух потоков Я. Каптейна, в 1907 году привело Шварцшильда к формулировке альтернативного закона эллипсоидального распределения скоростей звезд в Галактике, затем подтверждённого в рамках теории вращения Галактики.

В 1910 — 1912 годах Шварцшильд разработал и решил в общем виде интегральные уравнения звездной статистики, связывающие абсолютные и видимые характеристики звезд с их пространственной плотностью.

В 1906 году Шварцшильд ввёл в теорию звёздных атмосфер концепцию лучистого равновесия, по которой перенос энергии в атмосфере осуществляется излучением, а конвективный перенос и теплопроводность пренебрежимо малы. На основе закона Вина он создал математическую теорию лучистого равновесия и разработал соответствующую модель строения звездной атмосферы, которая и сейчас лежит во основе неконвективных моделей звёздных оболочек.

Ряд работ Шварцшильда посвящён теории равновесия малых частиц в поле излучения звёзд и приложению этой теории к кометным хвостам, теории аббераций оптических инструментов, вариационному принципу в

электродинамике электрона, теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия, а его последняя работа посвящена теории эффекта Штарка для атома водорода в рамках боровской старой квантовой механики — в ней Шварцшильд впервые ввёл переменные «действие — угол», важные в теории консервативных гамильтоновых систем.

Его работы по теории относительности содержали первые точные решения полевых уравнений общей теории относительности со сферической симметрией — так называемое внутреннее решение Шварцшильда для невращающегося шарообразного тела из однородной жидкости и внешнее решение Шварцшильда для статического пустого пространства вокруг сферически симметричного тела (второе сейчас именуют обычно просто решением Шварцшильда). Решение Шварцшильда было первым точным решением уравнений Эйнштейна с классической чёрной дырой, поэтому несколько терминов из физики чёрных дыр получили его имя, например, радиус Шварцшильда и метрика Шварцшильда.

Известно, что первой реакцией Эйнштейна на работу Шварцшильда было неверие: Эйнштейн полагал, что найти точное внешнее решение для такой сложной системы уравнений невозможно. Только проверив все выкладки самостоятельно, Эйнштейн убедился, что задача действительно решена. Кроме этого, на основании своего точного решения Шварцшильд вывел предсказываемую общей теорией относительности величину эффекта смещения перигелия орбиты Меркурия и отклонения света, подтвердив значения, найденные Эйнштейном ранее на основании приближённого решения уравнений.

На заседании Берлинской академии наук, посвящённом памяти Шварцшильда, Эйнштейн оценил эти его работы следующим образом:

В теоретических работах Шварцшильда особенно поражают уверенное владение математическими методами исследования и та легкость, с которой он постигает существо астрономической или физической

проблемы. Редко встречаются столь глубокие математические познания в сочетании со здравым смыслом и такой гибкостью мышления, как у него. Именно эти дарования позволили ему выполнить важные теоретические работы в тех областях, которые отпугивали других исследователей математическими трудностями. Побудительной причиной его неиссякаемого творчества, по-видимому, в гораздо большей степени можно считать радость художника, открывающего тонкую связь математических понятий, чем стремление к познанию скрытых зависимостей в природе».

Признание и память

В честь Карла Шварцшильда были названы:
в 1960 году обсерватория в городе Таутенбурге в 10 км от Йены;
открытый в 1916 году астероид (837) Шварцшильда;
кратер на Луне;
открытое им точное решение уравнений Эйнштейна и его характеристики и обобщения — метрика и пространство-время Шварцшильда, радиус Шварцшильда, координаты Шварцшильда;
экспонента и эффект Шварцшильда в фотометрии;
интегральное уравнение Шварцшильда — Милна в теории переноса излучения;
эллипсоидальное распределение Шварцшильда звёздных скоростей;
критерий Шварцшильда конвективной неустойчивости звёздных атмосфер.
С 1959 года ежегодно присуждает медаль Карла Шварцшильда, первым лауреатом стал его сын Мартин.

Глава 5-10-7

Фотоэлектрическая фотометрия

История фотоэлектрической фотометрии началась около 1910 года и связана с работами Джоуэла Стеббинса — директора обсерватории Иллинойского университета (с 1903 по 1922 гг.) и Уошборнской обсерватории Висконсинского университета (с 1922 г. до его отставки в 1948 г.).

Когда Стеббинс приехал в Урбану, штат Иллинойс, он стал работать там на 12-дюймовом рефракторе с визуальным поляризационным фотометром конструкции Пикеринга. На этом инструменте он начал проводить измерения разности звездных величин двойных звезд.

В течение нескольких лет наблюдения велись визуально, и жена Стеббинса часто выполняла роль секретаря: муж диктовал ей сотни отсчетов, чтобы определить блеск одной лишь звезды. Для увеличения эффективности своей работы Стеббинс решил применить электрический метод. В отделении физики он встретил молодого преподавателя Брауна, демонстрировавшего селеновый фотоэлемент; когда на фотоэлемент попадал свет лампы, звонил звонок.

Стеббинс рассказывал:

«Позвольте объяснить, что так называемый селеновый фотоэлемент представляет собой две проволоки, соединенные параллельно и намотанные двойной спиралью на плоский изолятор. Промежуток между ними с одной стороны изолятора покрыт слоем аморфного селена, который, если его нагреть и определенным образом обработать, переходит в кристаллическую форму и приобретает свойство изменять свое электрическое сопротивление при освещении. Размеры его могут быть, скажем, от 5 x 2,5 см до 1 см². Самые лучшие образцы коммерческих фотоэлементов в то время производились компанией «Гилтей» в Дельфте, Голландия.

Я подружился с Брауном, и вскоре мы присоединили селеновый фотоэлемент к 12-дюймовому рефрактору. Во время наблюдений я приводил в действие телескоп и затвор, а Браун следил за батареями, гальванометром и шкалой. Первым опытом было наблюдение Юпитера, но стрелка гальванометра не шелохнулась; мы сделали еще несколько попыток, но столь же безрезультатно.

«Я приведу тебя в порядок»,— решил я. В окно светила Луна, я вытащил фотоэлемент с присоединенными к нему проводами из телескопа и направил его на Луну. Отклонение стрелки гальванометра было очень велико. В результате мы потратили пару месяцев на измерение интенсивности лунного света в зависимости от фазы. Мы помещали фотоэлемент в деревянный или картонный ящик, который ставился на подоконник, и, придерживая его рукой, направляли на Луну. После этого фотоэлемент помещался на оптическую скамью и устанавливался на различных расстояниях от стандартной амилацетатной лампы. В полнолуние расстояние от лампы было несколько больше двух метров. Полученная нами в результате кривая блеска оказалась первой со времени наблюдений Цёлльнера в 1860 году».

Глава 5-10-8

Джоуэл Стеббинс

Джоуэл Стеббинс (англ. Joel Stebbins, 1878 — 1966 гг.)
— американский астроном.

Родился в Омахе, в 1899 году окончил Университет штата Небраска, продолжал образование в Висконсинском (1900 — 1901 гг.) и Калифорнийском (1901 — 1903 гг.) университетах. В 1903 — 1922 годах работал в Иллинойском университете (с 1913 — профессор и директор обсерватории), в 1922 — 1948 годах — профессор астрономии и директор обсерватории

Уошберн Висконсинского университета. После ухода в отставку в 1948 году ещё в течение десяти лет вёл научную работу в Ликской обсерватории.



Рис. Джоуэл Стеббинс

Основные труды Стеббинса связаны с фотоэлектрической астрофотометрией, является её основоположником. В 1906 — 1907 годах провёл первые опыты по наблюдению Луны и самых ярких звёзд с селеновым фотоэлементом. Более высокая точность электрофотометрии по сравнению с фотографической фотометрией позволила Стеббинсу открыть ряд тонких

эффектов, которые не могли быть обнаружены фотографическим путём.

В 1910 году Стеббинс получил кривую блеска Алголя, на которой впервые был обнаружен вторичный минимум глубиной $0,06^m$ и которая также указывала на эффект отражения в тесных двойных системах.

Первые измерения интегрального блеска солнечной короны, выполненные Стеббинсом во время полных затмений в 1918, 1925 и 1937 годах, показали отсутствие заметных изменений этого блеска в течение цикла солнечной активности.

Обнаружил неглубокие затмения у нескольких спектрально-двойных звёзд и у ряда звёзд, ранее считавшихся постоянными. Выполнил обширную программу поиска изменений блеска у звёзд-гигантов, результатом которой было установление того фундаментального факта, что у гигантов спектральных классов В — К9 переменность отсутствует, тогда как среди М-гигантов доля переменных растёт с понижением их температуры.

В начале 30-х годов совместно с М. Хаффером и А. Уитфордом провёл первое обширное и точное исследование селективного поглощения в Галактике путём определения избытков цвета большого числа В-звёзд, установил иррегулярный характер распределения поглощающей материи в плоскости.

Ряд исследований Стеббинса посвящён фотометрии галактик. Он обнаружил слабо светящиеся сферические гало у многих близких спиральных галактик.

Разработал совместно с Уитфордом шестицветную фотометрическую систему, охватывающую область длин волн от 3300 до $12\,500\text{ \AA}$.

Член Национальной АН США. Президент Американского астрономического общества в 1940 — 1943 годах.

В его честь назван астероид № 2300 и кратер на Луне.

Глава 5-10-9

Фотометрия слабых звезд и туманностей

При фотометрии слабых звезд и туманностей приходится иметь дело с двумя фундаментальными проблемами.

1. Длительность наблюдений

Требуется слишком много времени для получения достаточно точного результата наблюдений. По оценке Уильяма Баума для достижения точности в 0,05 звездной величины (только в одном цвете) при наблюдении звезды 23 звездной величины на 200-дюймовом телескопе Хэйла требуется целая ночь с хорошими атмосферными условиями.

При фотографических исследованиях время измерения может быть уменьшено путем использования телескопов с большей апертурой или более чувствительных эмульсий. При фотоэлектрической методике существенно, чтобы надежно измеренное количество электронов получалось в возможно более короткий промежуток времени.

Решением этой проблемы занимался французский астроном Андре Лальман (1904 – 1978 гг.). Он создал первую электронную камеру (камера Лальмана), предназначенную для фотографирования слабых небесных объектов и их спектров. При длительных экспозициях она дает выигрыш в 30 – 40 раз по сравнению с обычной фотографией.

2. Свечение фона ночного неба

При наблюдении слабых звезд и туманностей важным препятствием становится диффузное свечение фона ночного неба. Свет от ночного неба присутствует всегда; он является результатом свечения высоких слоев атмосферы, диффузного рассеяния излучения звезд

космическими пылевыми облаками, а также излучения неразрешенных звезд и галактик. Свечение атмосферы изменчиво и отчасти зависит от того, каким образом молекулы воздуха возбуждаются солнечной радиацией в течение дня. Диффузный свет, приходящий от облаков космической пыли, различен для разных частей неба; то же самое справедливо по отношению к свету от неразрешенных звезд и галактик. В среднем яркость ночного неба эквивалентна блеску 300 звезд 10 величины с 1 кв. градуса. Фон ночного неба ставит предел, который нельзя перейти путем строительства еще больших телескопов или применения более чувствительных эмульсий или фотоэлектрических приемников.

Второй проблемой занимался Уильям Баум (1924 – 2012 гг.). Он пришел к выводу, что в настоящее время никаким фотографическим методом нельзя ослабить этот фон. Возможности фотографии (в синих лучах) ограничены наблюдением объектов 24 величины, достижимых для 200-дюймового телескопа. Однако некоторые новые электронные приборы могут ускорить решение обеих фундаментальных проблем.

Было предложено несколько способов: стандартная телевизионная система, телевизионное оборудование, предназначенное для накопления изображения в течение длинных интервалов времени, и система накопления изображений, имеющая катод с внешним фотоэффектом (разработка Мак-Ги в Англии).

Глава 5-10-10

Андре Лальман

Андре Лальман (фр. André Lallemand, 1904 – 1978 гг.)
— французский астроном.



Рис. Андре Лальман

Родился в Сире-ле-Понтайе, окончил Страсбургский университет, работал в Страсбургской обсерватории, после 1945 года — в Парижской обсерватории, в 1961 — 1974 годах — профессор Коллеж-де-Франс. Был директором Института астрофизики в Париже.

Основные труды в области разработки электронно-оптических приемников изображения и применению их в астрономии. В 1934 году начал эксперименты по электронной фотографии, которые увенчались в 1951 году созданием первой электронной камеры (камера Лальмана), предназначенной для фотографирования слабых небесных объектов и их спектров. При длительных экспозициях она дает выигрыш в 30 – 40 раз по сравнению

с обычной фотографией. Камера Лальмана нашла широкое применение во многих обсерваториях мира.

Разработал фотоумножители, предназначенные специально для астрономических исследований. В период работы в Страсбургской обсерватории сконструировал высокоточный фотометр для измерения астронегативов.

Член Парижской АН (1961). Президент Французского астрономического общества (1960 — 1962 гг.).

В 1985 г. Международный астрономический союз присвоил имя Андре Лальмана кратеру на видимой стороне Луны.

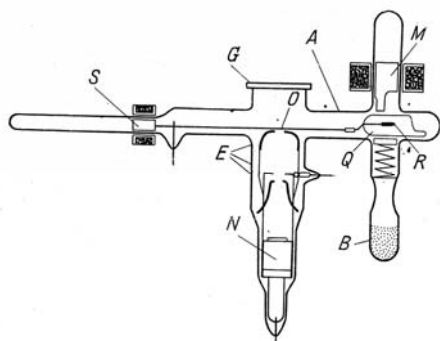
Глава 5-10-11

Электронная камера Лальмана

Определение «Лаллемана электронная камера» по БСЭ:

«Лаллемана электронная камера — приёмник излучения, предназначенный для фотографирования слабых небесных объектов или их спектров; принцип её работы основан на преобразовании слабого оптического излучения в поток электронов (фотоэлектронов). Лаллемана электронная камера применяется как вспомогательный прибор к телескопу. Сконструирована французским астрофизиком А. Лаллеманом (A. Lallemant) в 50-х гг. 20 века. Представляет собой вакуумный прибор, в котором регистрация фотоэлектронов производится непосредственно на фотоэмульсию, заключённую в вакуумную колбу прибора вместе с фотокатодом. До начала работы фотокатод помещается в герметичной колбе. После откачки воздуха из общей колбы прибора молоточек, управляемый электромагнитом, разбивает колбу, и катод электромагнитным приспособлением передвигается в рабочее положение. Излучение исследуемого объекта поступает через оптическое окно и фокусируется на фотокатод. Вылетающие из него фотоэлектроны фокусируются электростатическими

линзами на фотоэмульсии. Обычно применяются мелкозернистые эмульсии, чувствительные к электронам. При наблюдениях слабых объектов камера даёт выигрыш в чувствительности по сравнению с обычным фотографированием до 10 раз при коротких экспозициях и в 30-40 раз — при экспозициях около 1 часа.



Р и с. 41. Схема устройства трубки Лальмана.

К 1951 году Лальману удалось сфотографировать звезду, невидимую глазом. Правда, этот метод, при котором достигается средний выигрыш во времени экспозиции по крайней мере в 50 раз, не может быть применен для обнаружения звезд и галактик слабее 24 величины — достижимого сейчас предела. Однако он позволяет использовать менее чувствительные мелкозернистые эмульсии, обладающие более высоким контрастом, и его можно также применить для получения спектров слабых звезд с большой дисперсией, что в настоящее время выходит за пределы, достижимые при наблюдениях с обычными спектрографами в сочетании даже с самыми большими телескопами.

В 1959 году Лальман и Дюшень привезли свою электронную камеру на Ликскую обсерваторию, где она успешно использовалась на 120-дюймовом телескопе.

Сотруднику обсерватории Уокеру удалось получить в нескольких молодых скоплениях спектры слабых переменных звезд 14 — 16 видимой величины с дисперсией 65 Å/мм.

Глава 5-10-12

Уильям Элвин Баум

Уильям Элвин Баум (William A. Baum, 1924 – 2012 гг.) — американский астроном.

Его интересы были разносторонни. Совместно с Ричардом Тузи получил первый ультрафиолетовый спектр Солнца. Разрабатывал первые фотоэлектрические фотометры для обсерваторий Маунт-Вильсон и Паломар, работал с Дж. Д. МакГи в Лондоне над системами накопления изображений, имеющими катод с внешним фотоэффектом, возглавлял Центр планетарных исследований в обсерватории Лоуэлла для наблюдения за Марсом (и другими планетами) и планирования первого космического корабля (Миссия Викинга) к нему, а также помогал планировать и использовать космический телескоп Хаббла. Он писал статьи о фотоприемниках, камерах, планетных кольцах, космологии, звездных популяциях в шаровых скоплениях и галактиках.

Родился 18 января 1924 года на небольшой ферме недалеко от Толедо, штат Огайо. Поступил в Университет Рочестера. Получил степень доктора физики в 1943 году. Во время войны служил сначала в отделе связи ВМФ в Калифорнийском технологическом институте, а затем в Военно-морской исследовательской лаборатории в Вашингтоне, округ Колумбия.

После войны сотрудничал с Ричардом Тузи; они использовали захваченные ракеты Фау 2, для изучения ультрафиолетового (УФ) спектра Солнца. В октябре 1946 года был получен первый УФ спектр астрономического объекта.

В 1950 году после завершения строительства 200-дюймового телескопа Баум был приглашен в обсерваторию Маунт-Паломар для наблюдений с

помощью электронных фотометров. Его фотометры фиксировали фотоны в 40 раз быстрее фотопластинок.

Результаты его измерений были использованы Эдвином Хабблом для изучения красного смещения и Уолтеру Бааде для определения типов населения в галактиках.

В 1953 году Баум работал с Алланом Сэндиджем и Халтоном Арпом, впервые наблюдая звезды главной последовательности в шаровых скоплениях, что позволило проверить эволюционные теории Мартина Шварцшильда и Сэндиджа.

Баум разрабатывал устройства для двумерного счета фотонов, чтобы заменить медленные фотопластинки. Но они оказались менее чувствительными, чем другие устройства, поэтому позже Баум присоединился к команде, которая использовала устройства с зарядовой связью (ПЗС) в широкоугольной и планетарной камере на космическом телескопе Хаббла (HST).

В 1965 году Баум был назначен директором Центра планетарных исследований во Флагстаффе. Они создали сеть специализированных телескопов по всему миру для наблюдения за Марсом и другими планетами и участвовали в организации миссии «Викинг» на Марс.

Затем в 1977 году Баум присоединился к группе, которая спроектировала и протестировала ПЗС-матрицы для использования в космическом телескопе Хаббла (HST). Он был соавтором более 200 работ по детекторам изображений, камере HST, космологии, звездному населению, планетам и кольцам солнечной системы.

Баум любил классическую музыку и садоводство. Изобретал гаджеты. Он был веселым и остроумным человеком. Хотя он был застенчивым, но всегда с полной отдачей занимался научными проектами. К сожалению, у него развилась болезнь Паркинсона.

Глава 5-10-13

ПЗС-матрица

Название ПЗС — прибор с зарядовой связью — отражает способ считывания электрического потенциала методом сдвига заряда от элемента к элементу.

ПЗС-матрица или CCD-матрица (сокр. от англ. CCD, «charge-coupled device») — специализированная аналоговая интегральная микросхема, состоящая из светочувствительных фотодиодов, выполненная на основе кремния, использующая технологию ПЗС — приборов с зарядовой связью.

Прибор с зарядовой связью был изобретён в 1969 году Уиллардом Бойлом и Джорджем Смитом в Лабораториях Белла (AT&T Bell Labs). Лаборатории работали над видеотелефонией и развитием «полупроводниковой пузырьковой памяти». Приборы с зарядовой связью первоначально были изобретены как устройства памяти, в которых можно было только поместить заряд во входной регистр устройства. Однако их способность получать заряд благодаря фотоэлектрическому эффекту сделала данное применение ПЗС устройств основным.

В 1970 году исследователи Bell Labs научились снимать изображения с помощью простых линейных устройств.

Впоследствии под руководством Кадзуо Ивамы компания Sony стала активно заниматься ПЗС, вложив в это крупные средства, и сумела наладить массовое производство ПЗС для своих видеокамер.

В 2009 году эти создатели ПЗС-матрицы были награждены Нобелевской премией по физике.

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 (ИИЕТ) 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