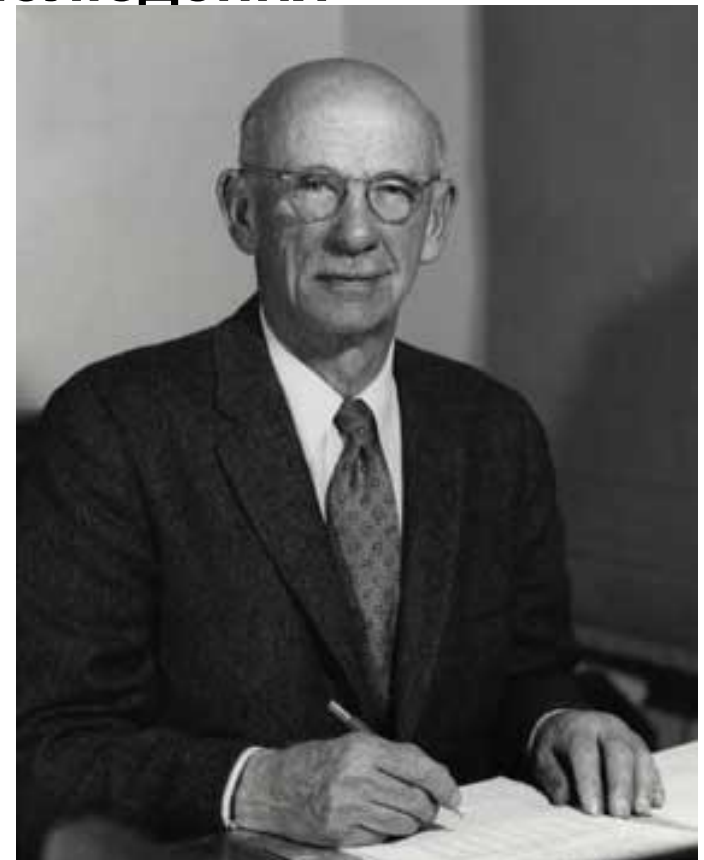


Вспомогательные инструменты и методы астрономии

Фотоэлектрические наблюдения

Д. Стеббинс (1878-1966) -
директор обсерватории
Иллинойского университета,
1903-1922;
директор Уошборнской
обсерватории Висконсинского
университета, **1922-1948**.
1910 г. – первые наблюдения
с селеновым фотоэлементом.
(Струве, стр. 82-83)

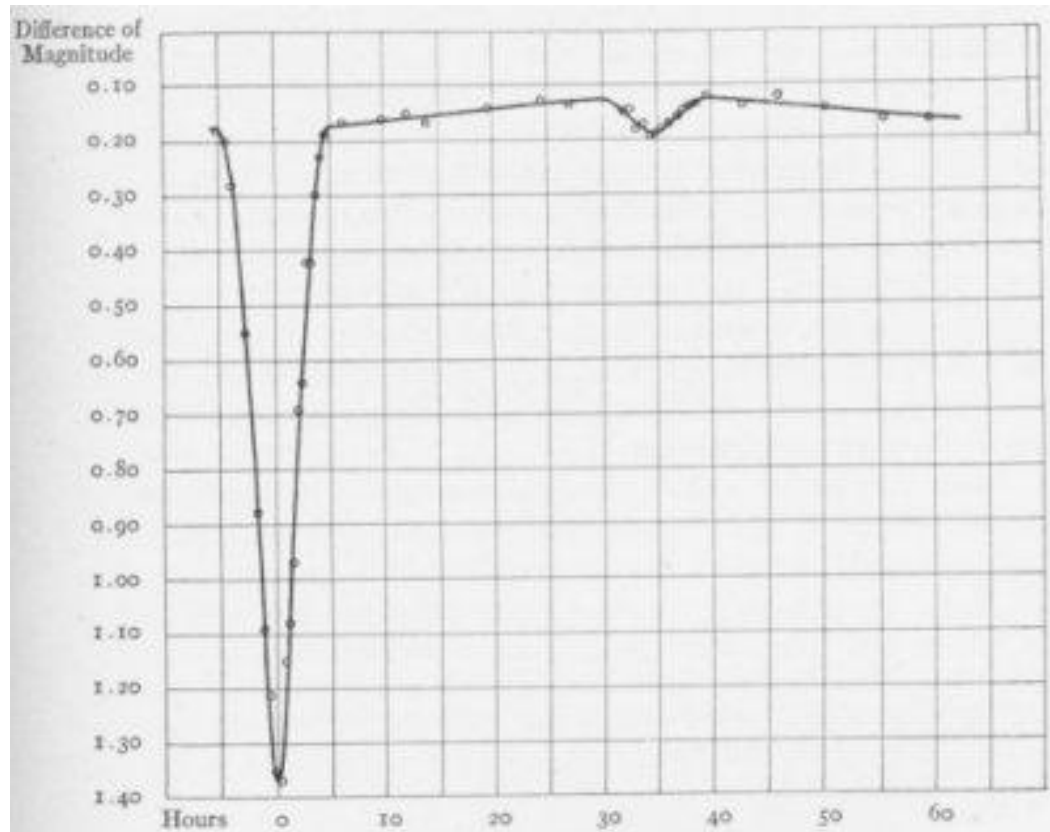


Вспомогательные инструменты и методы астрономии

Фотоэлектрические наблюдения

Кривая блеска Алголя со вторичным минимумом
(ApJ, vol. 32,
p. 185, 1910) –

$$\Delta m = 0.06 !!!$$



Вспомогательные инструменты и методы астрономии

Фотоэлектрические наблюдения

Алголь (β Персея) – переменность блеска открыл Джеминиано **Монтанари (1633-1687)**.

Период изменений блеска – Джон **Гудрайк (1764-1786)** в **1782 г.** Предположение о двойственности.

1889 г. Антониа **Мори** – двойные К линии в спектре ζ Ursae Majoris – Мицар. Первая спектральная двойная.

1889 г. (декабрь) – **Фогель** – смещение одной линии в спектре Алголя.

Вспомогательные инструменты и методы астрономии

Фотоэлектрические наблюдения

1910-1913 – Розенберг и Гутник (Германия) – первые эксперименты с *фотоэлементами на основе внешнего фотоэффекта*. Точность $0^m.01$

(Струве, стр.84 - дискуссия на съезде АО)

(Струве, стр.86 – слова Стеббинса)

Вспомогательные инструменты и методы астрономии

Фотоэлектрические наблюдения

С середины **40-х** гг. — фотоэлектронные приемники излучения (*фотоумножители*).

Сер. XX в. — приборы фотоэлектронного изображения.

1949 г. - Использование *электронно-оптических преобразователей (ЭОП)*.

Первые попытки наблюдений с помощью *телевизионных систем*.

Вспомогательные инструменты и методы астрономии

Светофильтры

1909 г. – Г.А. Тихов (1875-1960) – изучение поверхности Марса.

1953 г. – Гарольд Джонсон и У. Морган – система трех светофильтров - *трехцветная система UBV*.

U – УФ

B – синий

V – желтый

С 1959 г. – постепенно расширяется в ИК область.

Природа цефеид

(δ Цефея – периодичность изменения блеска обнаружена Джоном Гудрайком в 1784 г. – 5,37 суток.)

(1908 и 1912 г. – Генриетта Ливитт – соотношение период-светимость – ММО.)

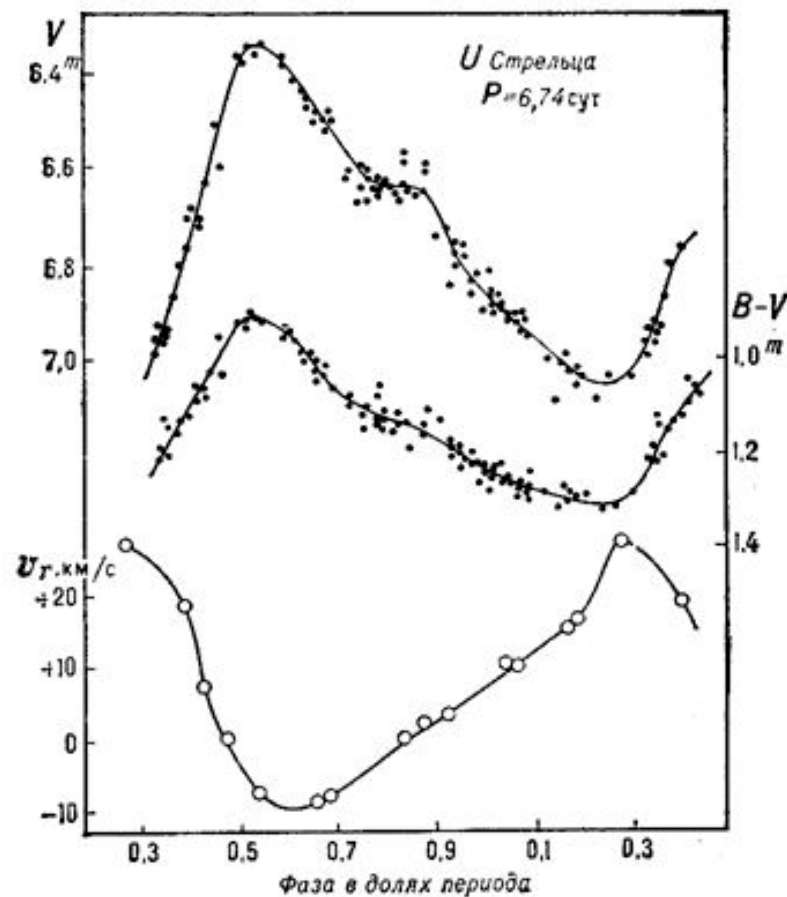
1894 г. - А.А. Белопольский – периодичность изменения лучевой скорости Цефея (с тем же периодом, что и изменение ее блеска).

История астрономии

20-40-е гг., 40-60-е гг. XX века

Природа цефеид

Предположение о спектральной двойственности.



Природа цефеид

Долгое время считалось, что цефеиды двойные (Куртис, Джинс).

1879 г. – Риттер – теория радиальных пульсаций.
Плотность – период пульсаций.

$$P\sqrt{\rho} = \text{const}$$

1896 г. – Н.А. Умов – пульсирующие звезды.

Природа цефеид

1914 г. - Харлоу **Шепли** – показал, что цефеиды не могут быть двойными. Радиусы цефеид в десятки раз больше предполагавшихся расстояний между компонентами двойной. **(Струве, стр. 349)**

1917 г. – Артур **Эддингтон** – теория пульсаций.

Два источника энергии –

периодическое усиление ядерных реакций

изменение прозрачности внешних слоев.

Природа цефеид

1941 г. – Артур **Эддингтон** – смена процессов ионизации и рекомбинации водорода.

1953-1957 гг. – С.А. **Жевакин** – ионизованный гелий.

Р. Киппенхан и **Р. Кристи** – пульсируют звезды больших масс (5-10 масс Солнца).

Природа сверхновых

1919 г. – Кнут Лундмарк (1889-1958) – идея о гигантских “НОВЫХ”.

1572 г. – сверхновая Тихо Браге.

1604 г. – сверхновая Кеплера.

по китайским хроникам – сверхновая **1054 г.**
(Климишин, стр. 273)

Э. Хаббл – Крабовидная туманность (описана в начале XVIII в. – в **1731 г.**) - при вспышке этой сверхновой.

Природа сверхновых

1934 г. – Фриц **Цвикки** (1893-1960) и Вальтер **Бааде** (1893-1960) – явление вспышки СН – превращение звезды, исчерпавшей свои источники энергии, в нейтронную звезду (Цвикки – систематические наблюдения).
(1932 г. – Чедвик – открытие нейтрона.)

1937 г. – Л.Д. **Ландау** (1932 г. – возможность? - спорно),

1939 г. Р. **Оппенгеймер** и М. **Волков** (США) – теория нейтронных звезд.

Источники энергии звезд

1925 г. – разгадка происхождения линий в спектрах звезд (Сесилия **Пейн-Гапошкина**). Температура и хим.состав. Теперь необходимо было объяснить хим.состав – источники энергии.

Артур **Эддингтон** – принципиальная идея.

1929 г. – Р. **Аткинсон** и Ф. **Хоутерманс** – осознание роли туннельного эффекта.

Г.А. **Гамов** (теория альфа-распада) - математический аппарат.

Источники энергии звезд

1938-1939 гг. - Г. **Бете** и К. Вейцзеккер – CNO-цикл и *pp*-цепочки.

1952 г. – Эдвин **Солпитер** – при выгорании водорода при температуре > 100 млн градусов – горение гелия.

Позже – стало ясно как образуются более сложные химические элементы.

Звездная эволюция

К сер. **50-х годов** — хим.состав, радиусы, массы, светимости, эффективность ядерных реакций, непрозрачность газа. + развитие теории переноса излучения + теория конвекции — теория звездной эволюции.

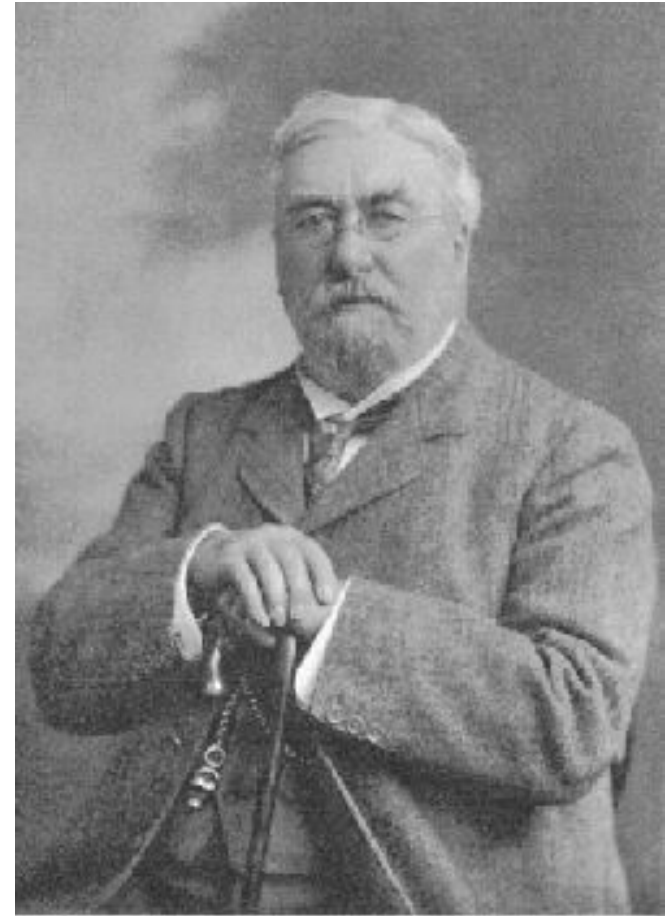
Звездная эволюция

Норман Локьер (1836-1920)

(1871 г. - яркая желтая линия в спектре протуберанцев - гелий.

1869 г. - основал журнал "Nature" и был редактором до конца жизни.)

Одна из первых схем 1887 г.



Norman Lockyer

История астрономии

20-40-е гг., 40-60-е гг. XX века

Звездная эволюция

Локьер (1836-1920). Одна из первых схем 1887 г.:
от красного гиганта
к белому гиганту и
далее к красному
карлику.

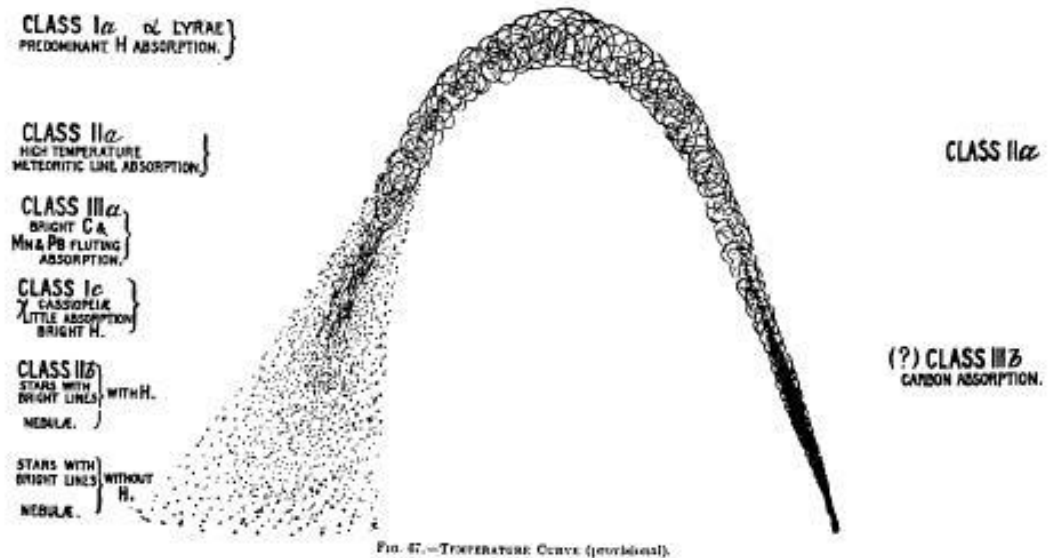


Figure 1. Lockyer's temperature arch, from his *The Meteoritic Hypothesis* (Lockyer, 1890, p. 375)

Звездная эволюция

1913 г. – Рессел –
почти такая же схема.
(Струве, стр. 219)
(Климишин, стр.309)

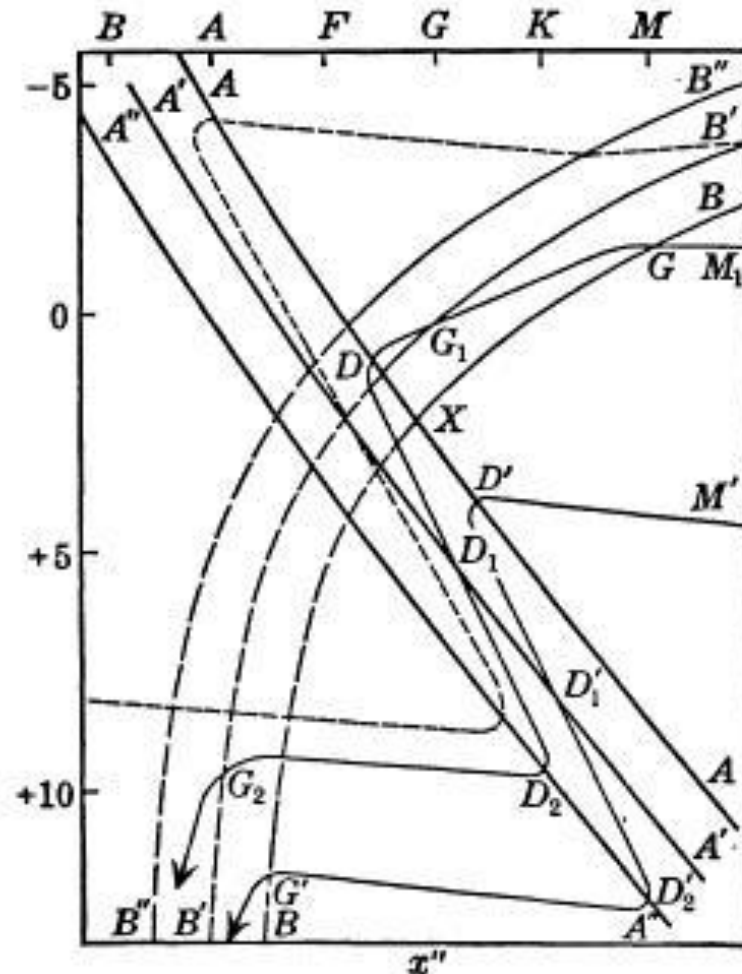


FIG. 307. Stellar Evolution

Звездная эволюция

Наблюдательные основания

Сер. 20-х – Бенгт **Стремгрен**: как будет изменяться положение звезды на диаграмме спектр-светимость в зависимости от содержания водорода – “**вправо вверх**”.

1937 г. – Джерард Петер **Койпер (1905-1973)** – сопоставил эффективные температуры – абс. зв. величины для 14 рассеянных скоплений (по наблюдениям **Трюмплера**).

У каждого скопления – своя последовательность. Согласие со стремгреновскими линиями постоянного содержания водорода.

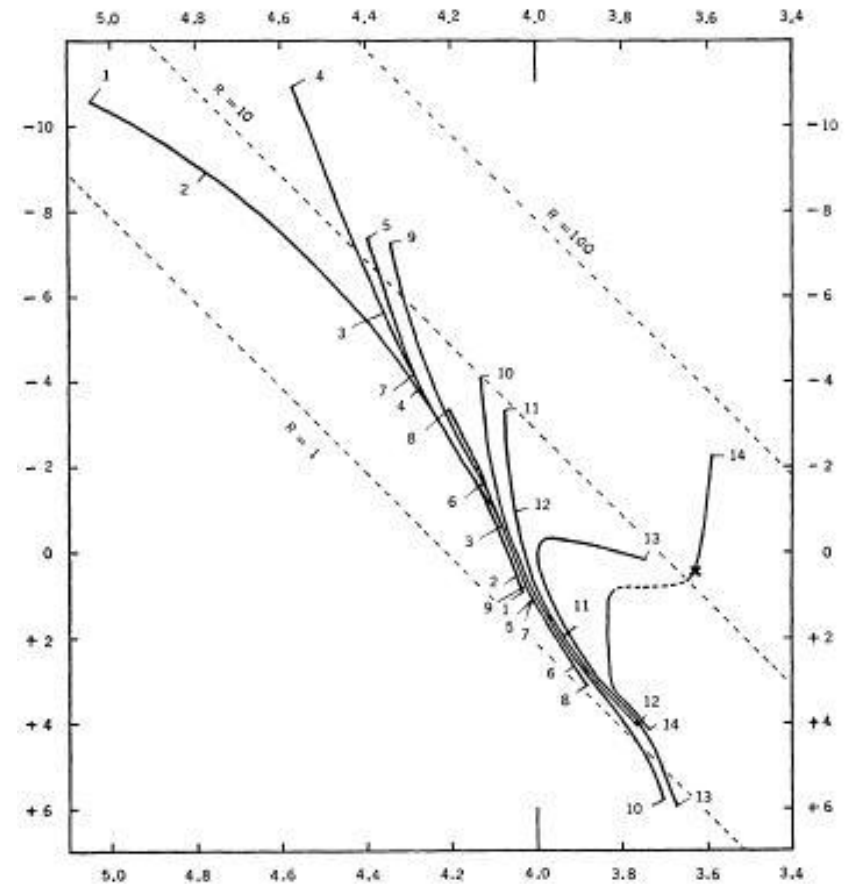
(Климишин, стр.310, рис.68)

История астрономии 20-40-е гг., 40-60-е гг. XX века

Звездная эволюция

Наблюдательные основания

1937 г. – Койпер (1905-1973) –
14 рассеянных скоплений
(по наблюдениям **Трюмплера**).



Звездная эволюция

Теория и расчеты

1942 г. – С. Чандрасекар и М. Шенберг – предел Шенберга-Чандрасекара (10% водорода – в гелий) – звезда сходит с ГП.

50-е гг. – Мартин Шварцшильд – модели внутренней структуры. Впервые направление эволюции, особенно на поздних стадиях (вырожденное ядро).

Звездные населения

Двумерная спектральная классификация

40-е гг. – У. Морган и Ф. Кинан (Йеркская обсерватория) – МК классификация звездных спектров (не только спектральный класс, но и светимость).

Ia – наиболее яркие сверхгиганты

Ib – менее яркие сверхгиганты

II - яркие сверхгиганты

III – нормальные гиганты

IV - субгиганты

V – звезды ГП

Звездные населения

М 31

Центральная яркая область долго не разрешалась на звезды (**1929 г. – Хаббл** – состоит из газа).

Различия в звездном составе (нет ярких звезд).

(Ефремов, стр. 169-170)

Звездные населения

1942 г. – Вальтер **Бааде (1893-1960)** – первые признаки разрешения на звезды.

(Ефремов, стр. 170)

Эксперименты с “синими” (фон – до 90 минут) и “красными” (фон проявлялся через 8-9 часов) пластинками. (Ефремов, стр. 171)

Август-сентябрь **1943 г.** – разрешение на звезды М 31 – красные звезды.

Это могли быть только КГ – как в шаровых скоплениях.

Звездные населения

Вслед за М 31 – два ее эллиптических спутника – М 32 и NGC 205.

Затем NGC 147 и NGC 185.

Затем – галактики в Печи и Скульпторе (RR Лир).

Два типа населения.

Звездные населения

1947 г. – **Б.В. Кукаркин** – по пространственному распределению переменных звезд – *плоская подсистема, промежуточная и сферическая.*

П.П. Паренаго – различие кинематики.

Позже – различие хим. состава (содержания тяжелых элементов).

Исследования туманностей и межзвездной среды

Процессы взаимодействия между веществом и излучением (аппарат квантовой механики).

Планетарные туманности (ПТ). Линии небулия.

1928 г. – Айра **Боуэн (1898-1973)** - две из линий небулия N_1 и N_2 – запрещенные переходы [OIII]. Возникают при маленькой плотности газа и маленькой плотности излучения.

Исследования туманностей и межзвездной среды

Свен **Росселанд** (1894-1985) – присутствие эмиссионных линий в спектрах ПТ – флюоресценция

1931 г. - теорема Росселанда - $1 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$ чаще в туманностях, подсвечиваемых звездой, чем $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$

Занстра – метод определения температуры звезды, ионизиющей газ.

В.А. Амбарцумян – массы туманностей и температура газа (30-е гг.).

Исследования туманностей и межзвездной среды

1904 г. – Иоганнес Гартман (1865-1936) – спектр двойной звезды δ Ориона - линии H и K (Ca II) не сдвигаются.

Межзвездное облако.

1919 г. – межзвездные линии натрия.

1937 г. – калий, железо, титан и т.д.

1930 г. – Роберт Трюмплер (1886-1956) – по статистике размеров рассеянных скоплений – межзвездное поглощение.

Исследования межзвездной среды

Наличие “темных пятен” – диффузная среда.

1904 г. – Иоганнес Гартман (1865-1936) – спектр двойной звезды δ Ориона - линии H и K (Ca II) не сдвигаются.

Межзвездное облако.

1919 г. – межзвездные линии натрия.

1937 г. – калий, железо, титан и т.д.

Отто Струве и С.Б. Герасимович – расщепление линий, множество облаков, оценки средней плотности.

1938 г. – Отто Струве – небулярный спектрограф – облака газа, излучающие в сериях Бальмера.

Исследования межзвездной среды

1930 г. – Роберт Трюмплер (1886-1956) – по статистике размеров рассеянных скоплений – межзвездное поглощение - пыль.

1948-1949 гг. - У. Хилтнер и Дж. Холл и
В.А. Домбровский –
межзвездная поляризация света.

1951 г. – Р. Девис и Дж. Гринстейн – механизм поляризации – несферические частицы в магнитном поле.

Исследования межзвездной среды

1939 г. – Стремгрен – теоретическое обоснование существования зон H II.

1951-1955 гг. – Ф. Кан и С.А. Каплан – движение ионизационных фронтов.

С.Б. Пикельнер и С.А. Каплан – движение ударных волн в межзвездной среде.

С.А. Каплан – теория турбулентности межзвездной среды.

Становление радиоастрономии

1932 г. — Карл Янский (1905-1950) — космическое радиоизлучение (радишум, создаваемый излучением на длине волны 14,6 м).

1933 г. — отождествил с Млечным Путем — радишум был связан с определенным направлением.

1935 г. — центральная часть Млечного Пути — по характеру зависимости направления от времени дня и времени года.

Становление радиоастрономии

С **1937 г.** – Грот **Рёбер** – систематические радионаблюдения неба (первый радиотелескоп-параболоид диаметром 9.5 м).

1939 г. – первый результат.

1942 г. – открытие радиоизлучение Солнца на метровых волнах (резкое возрастание излучения при вспышке обнаружил Хей на радиолокаторе).

1942 г. - **Саусворт** (США) - тепловое радиоизлучение спокойного Солнца на волнах 3 и 10 см.

Становление радиоастрономии

1942 г. – Дж. **Хей** - солнечные вспышки,

(Струве, стр. 100-101)

1946 г. - Дж. **Хей**, С. **Парсонс** и Дж. **Филлипс** - первый дискретный источник Лебедь А.

Становление радиоастрономии

Излучение в радиолиниях

1947 г. — Хендрик ван де Хюлст — переход между подуровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома водорода.

Линия на длине волны $\lambda = 21,11$ см ($\nu = 1420,4$ МГц).

Становление радиоастрономии

Излучение в радиодиапазоне

1948 г. (публикация **1949 г.**) – **И.С. Шкловский (1916-1985)** рассчитал вероятность перехода и интенсивность излучения - радиодиапазон можно наблюдать при помощи тогдашней техники!

1951 г. – первая регистрация радиоизлучения – США, Голландия, Австралия.

(Ефремов, стр.145)

Становление радиоастрономии

Излучение в радиолиниях

1952 г. – Дж. Вилд (США) и **1959 г.** – Н.С. Кардашев – принципиальная возможность наблюдений переходов между близкими уровнями атома водорода (при $n > 28$ - радиодиапазон). Разреженная среда.

Становление радиоастрономии

Излучение в радиолиниях

1959 г. – И.С. **Шкловский** - возможность обнаружения линий молекул OH ($\lambda = 18$ см) и CH ($\lambda = 9$ см).

Линии OH – **1963 г.** – сотрудники Массачусетского технологического института – в спектре источника Кассиопея А – две линии поглощения OH .

1965 г. – космические мазеры – аномальное излучение молекул OH (первоначально “мистериум”).

CH - **1973 г.**

Становление радиоастрономии

Нетепловое радиоизлучение

1942 г. – Грот **Рёбер** – первая радиокарта неба. Природа?

1950 г. – Х. **Альвен** и Н. **Герлофсон** (Швеция) и К. **Киппенхойер** (ФРГ) – релятивистские электроны, движущиеся в магнитных полях.

1950-1953 гг. – В.Л. **Гинзбург**, Г.Г. **Гетманцев**, М.И. **Фрадкин** – теория синхротронного излучения.

1949 г. – Дж. **Болтон** и Г. **Стенли** (Австралия) – мощный источник радиоизлучения **Телец А** – Крабовидная туманность.

1953 г. – И.С. **Шкловский** – синхротронная природа.

Становление радиоастрономии

Спиральная структура Галактики

1954 г. – ван де Хюлст, Мюллер и Оорт (Лейденская обсерватория) – первые карты распределения нейтрального водорода в Галактике.

Для данной галактической долготы – зависимость интенсивности излучения от длины волны.



Fig. 1. Large-scale distribution of atomic Hydrogen in the outer parts of the Galaxy (from B.A.N. 452).

the interstellar gas. The profiles of the 21-cm line observed in various longitudes show pronounced humps at various velocities. These are due to large-scale unevenness of the distribution of the hydrogen. If we know the way in which the rotation of the Galactic System varies with

Становление радиоастрономии

Внегалактическая радиоастрономия

1946 г. – Дж. Хей, С. Парсонс и Дж. Филлипс (Англия) – дискретный источник Лебедь А.

Каталоги таких объектов.

1950 г. – Первый Кембриджский каталог.

1955 г. – Второй.

1959 г. – Третий Кембриджский каталог (3C)

(под рук. Мартина **Райла**).

Становление радиоастрономии

Внегалактическая радиоастрономия

Природа? Радиозвезды?

1960 г. - Т. Метьюз и А. Сендидж – отождествили 3С 48 со слабым звездообразным объектом 16 зв.вел. (на 5-м телескопе). Эмиссионные линии!?

Становление радиоастрономии

Внегалактическая радиоастрономия

1962 г. - Т. Метьюз и А. Сендидж – 3С 286 – объект 17 зв. вел (в УФ на 1 зв. вел. ярче, чем в оптике).

1963 г. – К. Хазард, М. Маккей и А. Шиминс (Австралия) – 3С 273 – при покрытии Луной – координаты. Двойной. Звезда 13 зв.вел. + туманность в виде струи.

Становление радиоастрономии

Внегалактическая радиоастрономия

Маартен **Шмидт** (Паломар) – 3C 273 – 4 из 6 эмиссионных линий – бальмеровские, если их сдвинуть в УФ ($z = 0,16$).

(Ефремов, стр. 196)

Позже **Гринстейн** 3C 48 – $z = 0,367$.

Светимости $10^{45} - 10^{47}$ эрг/с

А.С. **Шаров** и Ю.Н. **Ефремов** - вариации блеска.

(Ефремов, стр. 196-197)

Позже Х. **Смит** и Д. **Хоффлейт** – размеры – 1 световая неделя.

Квазары.

Внегалактические исследования

50-е гг. – Маунт Паломар – на основе снимков в 2-х цветах (120 см, широкоугольный телескоп) – атлас неба.

По этому атласу – Г. **Эйбл** – сформировал каталог скоплений галактик (1700).

1959 г. – Б.А. **Воронцов-Вельяминов** – “Атлас взаимодействующих галактик”.