

The background of the slide is a deep space image featuring a complex nebula with swirling clouds of gas in shades of purple, blue, and pink. Numerous stars of varying brightness are scattered throughout the scene, some appearing as sharp points of light while others are more diffuse. The overall atmosphere is one of vastness and cosmic wonder.

КОСМОС КАК ФИЗИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

Профессор А.В. ЗАСОВ

ФИЗИКА И АСТРОФИЗИКА

Список В. Л. Гинзбурга:

- Экспериментальная проверка общей теории относительности,
- Проблема детектирования гравитационных волн,
- Космологические проблемы. Связь между космологией и физикой высоких энергий,
- Нейтронные звезды и пульсары; сверхновые звезды.
- Черные дыры и космические струны
- Квазары и ядра галактик; образование галактик,
- Проблема существования и детектирования темной материи;
- Проблемы происхождения космических лучей со сверхвысокими энергиями,
- Гамма-всплески и гиперновые.
- Нейтринная физика и астрономия, осцилляция нейтрино



7 класс (ФГОСТ)

- Физическое состояние вещества во вселенной
- Специфика астрономических измерений
- В основах термодинамики: солнечное излучение и жизнь на Земле, Конвекционные потоки и теплообмен на Солнце.

8 класс (ФГОСТ)

- Атмосферное давление. Атмосферы других планет.
- Условия плавания тел: будет ли плавать дерево на Луне?
- К магнитному полю: магнитное поле Земли, других планет. Магнитное поле Солнца и проявление солнечной активности (на кач. уровне).
- К оптике: Прямолинейное распространение света, солнечные и лунные затмения, скорость света и расстояния в световых единицах времени до Солнца и звезд.
- Линейчатые спектры космических тел и химическое единство природы. Термоядерные реакции как источник энергии излучения звезд (на кач. уровне).

9 класс (ФГОСТ)

- Механика: движение Земли и относительность движения. Видимые и действительные движения Солнца, Луны и планет. Координатная сетка на небе: аналогия между системами географических и небесных координат. Скорости планет и звезд, их относительный смысл.
- Закон всемирного тяготения и движение спутников, планет и космических аппаратов. Невесомость в космосе. Определение масс Земли, планет и Солнца. Закон сохранения импульса и принцип ракетных двигателей.

10 класс

- Понятия о физических законах и теориях, их общность и границы применимости. Первая и вторая космические скорости, законы Кеплера.
- Молекулярная физика. Представление о планеттных атмосферах. Испарение атмосфер. Температура и давление газа на поверхности планет и в недрах Солнца.
- Электродинамика: магнитное поле Земли и защита от потоков высокоэнергичных частиц. Поле планет, Солнца и в межпланетном пространстве. Образование плазменных хвостов комет.

11 класс

- Свет как электромагнитная волна. Эффект Доплера и движение небесных тел. Принцип работы оптического и радио телескопа. Дифракционный предел качества изображения.
- Виды спектров. Образование спектральных линий с точки зрения квантовой теории. Спектры астрономических сред.
- Космические лучи, их энергия и источники.

Завершающий раздел

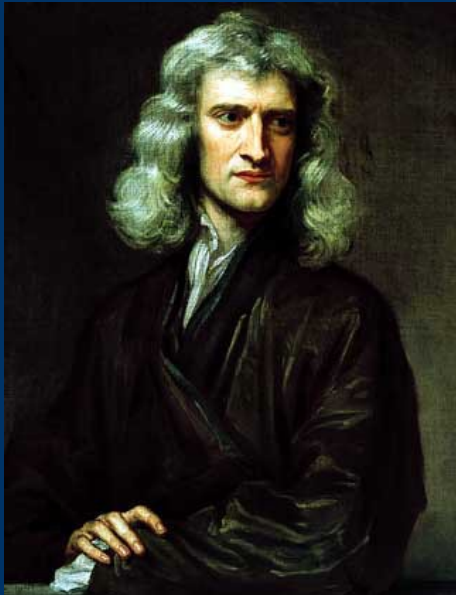
- Представление о физической природе звезд. Межзвездная среда и образование звезд. Эволюция звезд различных масс.
- Размер и структура нашей Галактики. Единица расстояний – световой год. Другие галактики и их наблюдаемые особенности.
- Пространственно-временные масштабы области Вселенной, доступной современным наблюдениям. Красное смещение. Закон Хаббла и расширение Вселенной. Представление об эволюции безграничной Вселенной и ее начальных стадиях. Реликтовое (фоновое) излучение как отголосок ранней стадии расширения. Нерешенные проблемы.



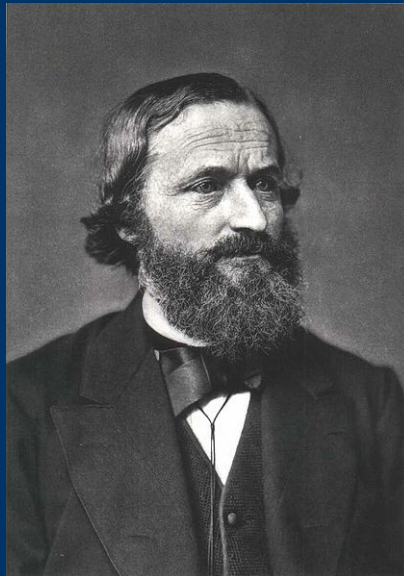
Основа астрофизики

Законы физики, открытые на Земле, действуют и в космосе. Атомы устроены одинаково, а силы взаимодействия имеют те же свойства на Земле, в недрах звезд и в далеком космосе.

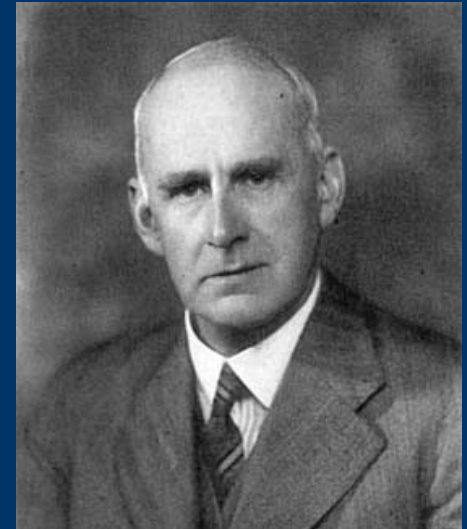
Исаак Ньютон



Густав Кирхгоф



Артур Эддингтон



Низкие и сверхнизкие ПЛОТНОСТИ

- 1 атмосфера = $3 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$
- Сверхвысокий лабораторный вакуум
 $10^{-5} \text{ Па} \sim 3 \cdot 10^9 \text{ см}^{-3}$

Видимая поверхность Солнца 10^{16} см^{-3}

Солнечная корона $10^8\text{-}10^9 \text{ см}^{-3}$

Молекулярные облака $10^2\text{-}10^4 \text{ см}^3$

Межзвездный газ $10^{-1}\text{-}1 \text{ см}^{-3}$

Газ в скоплениях галактик $10^{-2} - 10^{-4} \text{ см}^{-3}$

Средняя концентрация атомов во Вселенной $\sim 10^{-6} \text{ см}^{-3}$

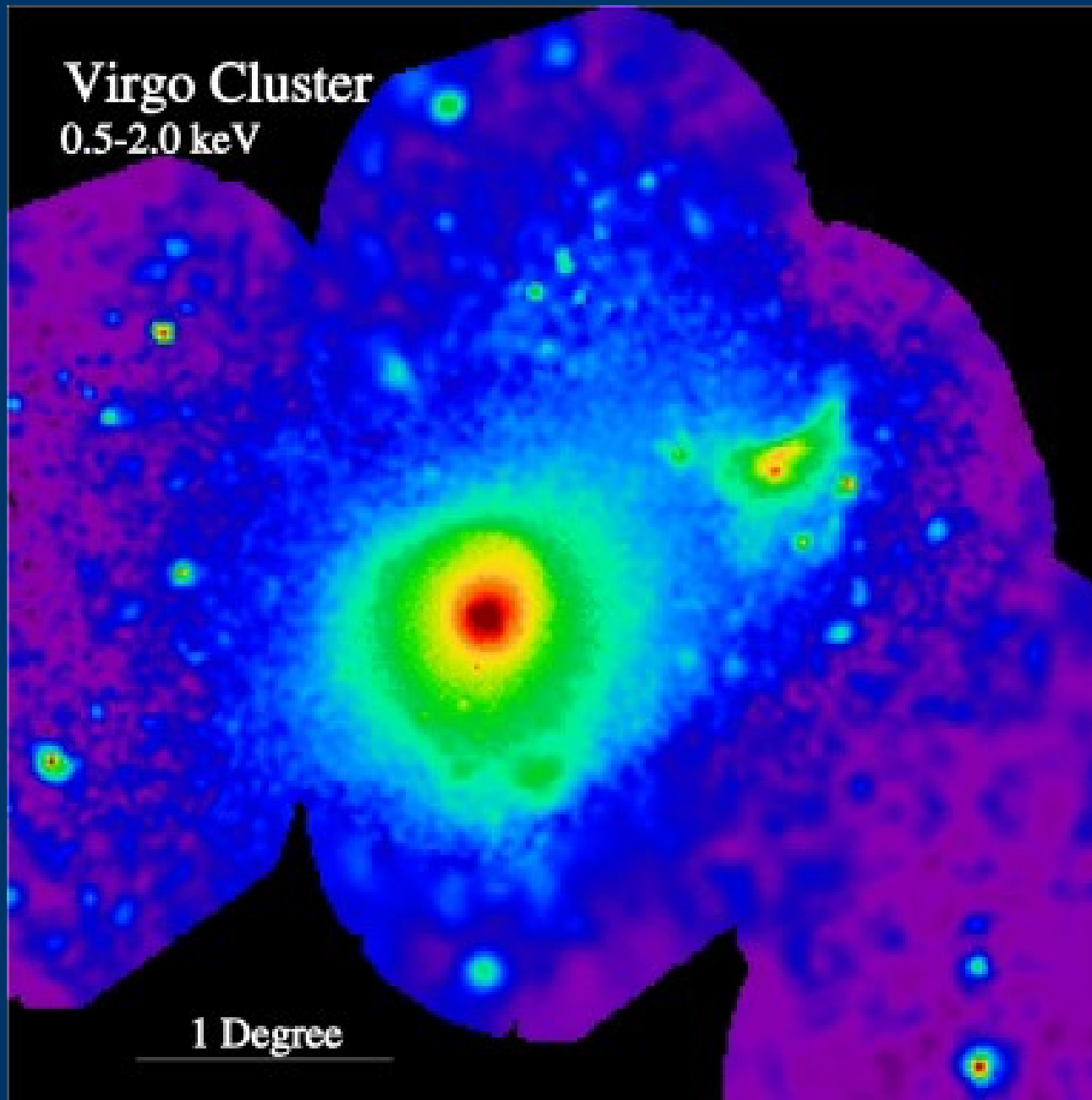








Virgo Cluster
0.5-2.0 keV



1 Degree

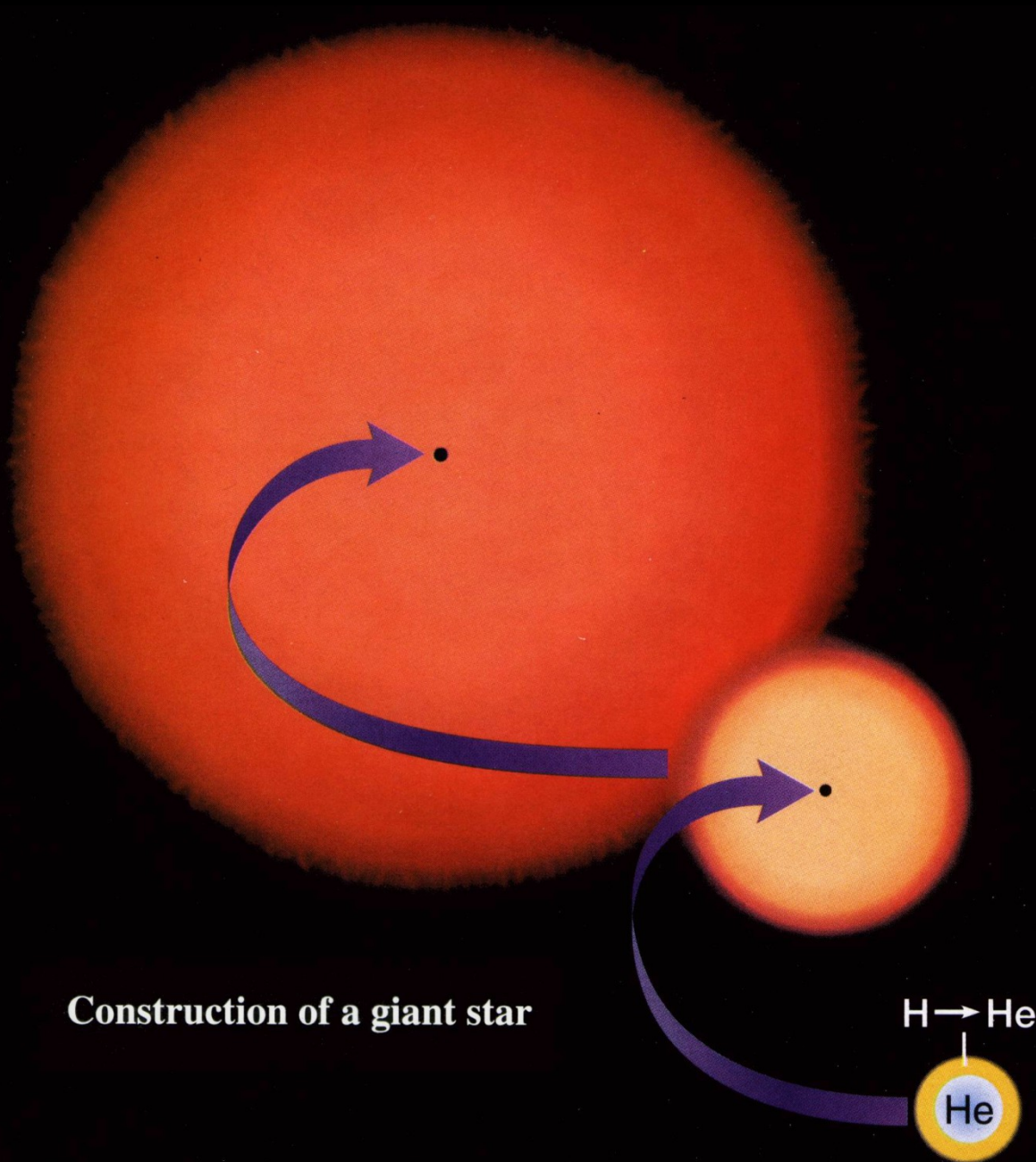
Область
скопления VIRGO.
Излучение
газа с $T \sim 10^6$ K
и концентрацией
 $n \sim 10^{-3} \text{ см}^{-3}$

Высокие и сверхвысокие плотности

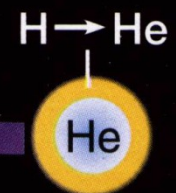
- Осмий 22 г/см^3
- Свинец 11 г/см^3
- Средняя плотность Солнца 1.4 г/см^3
- Идеальный газ в центре Солнца 140 г/см^3
- Вырожденные звезды $10^5 - 10^8 \text{ г/см}^3$
- Нейтронные звезды $10^{13}-10^{14} \text{ г/см}^3$

Открытие и интерпретация звезд из вырожденного газа





Construction of a giant star



Вырождение вещества

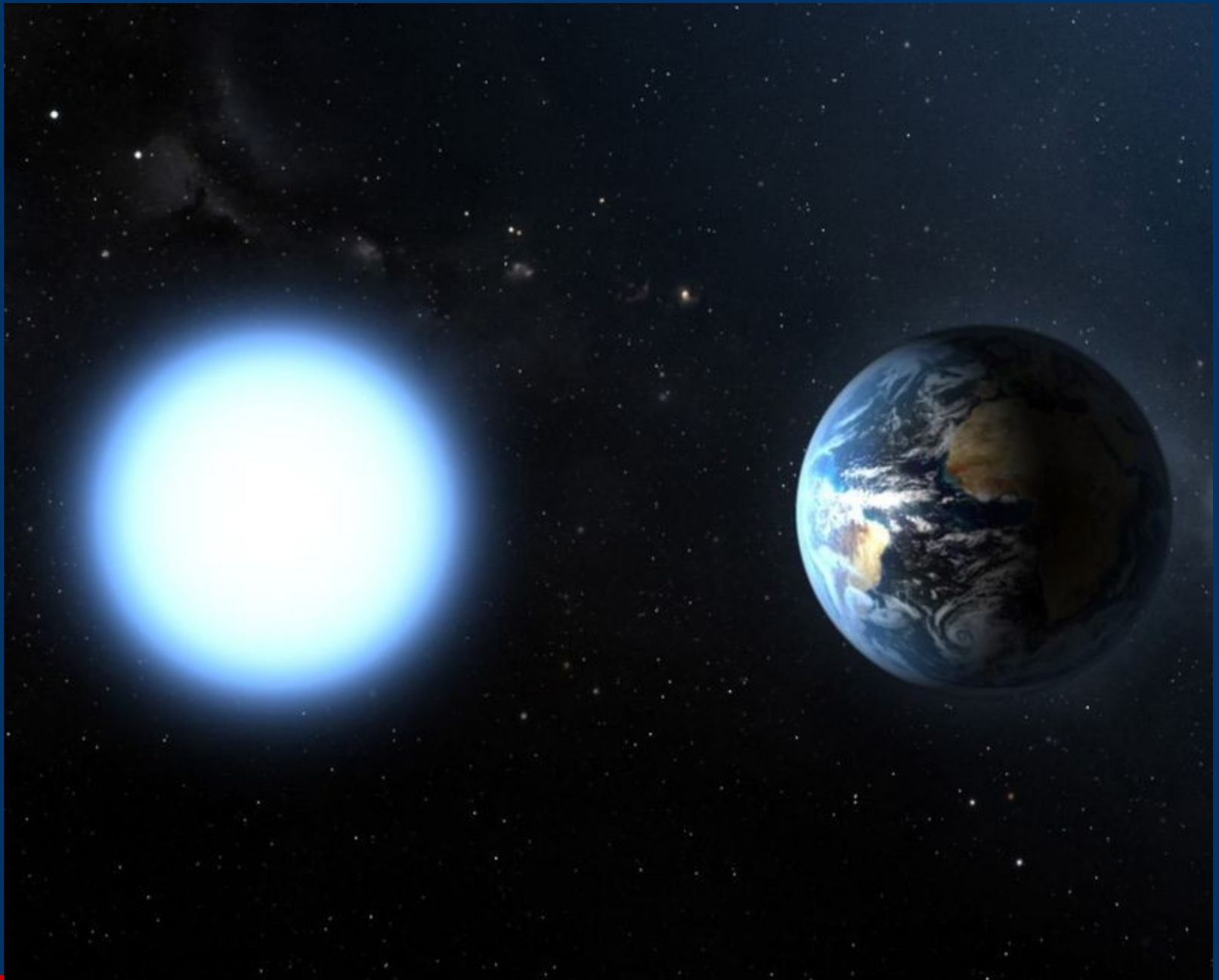
- Квантово-механический эффект
- Наступает, когда среднее расстояние между частицами (фермионами, полуцелый спин) становится порядка длины волны Де-Бройля:

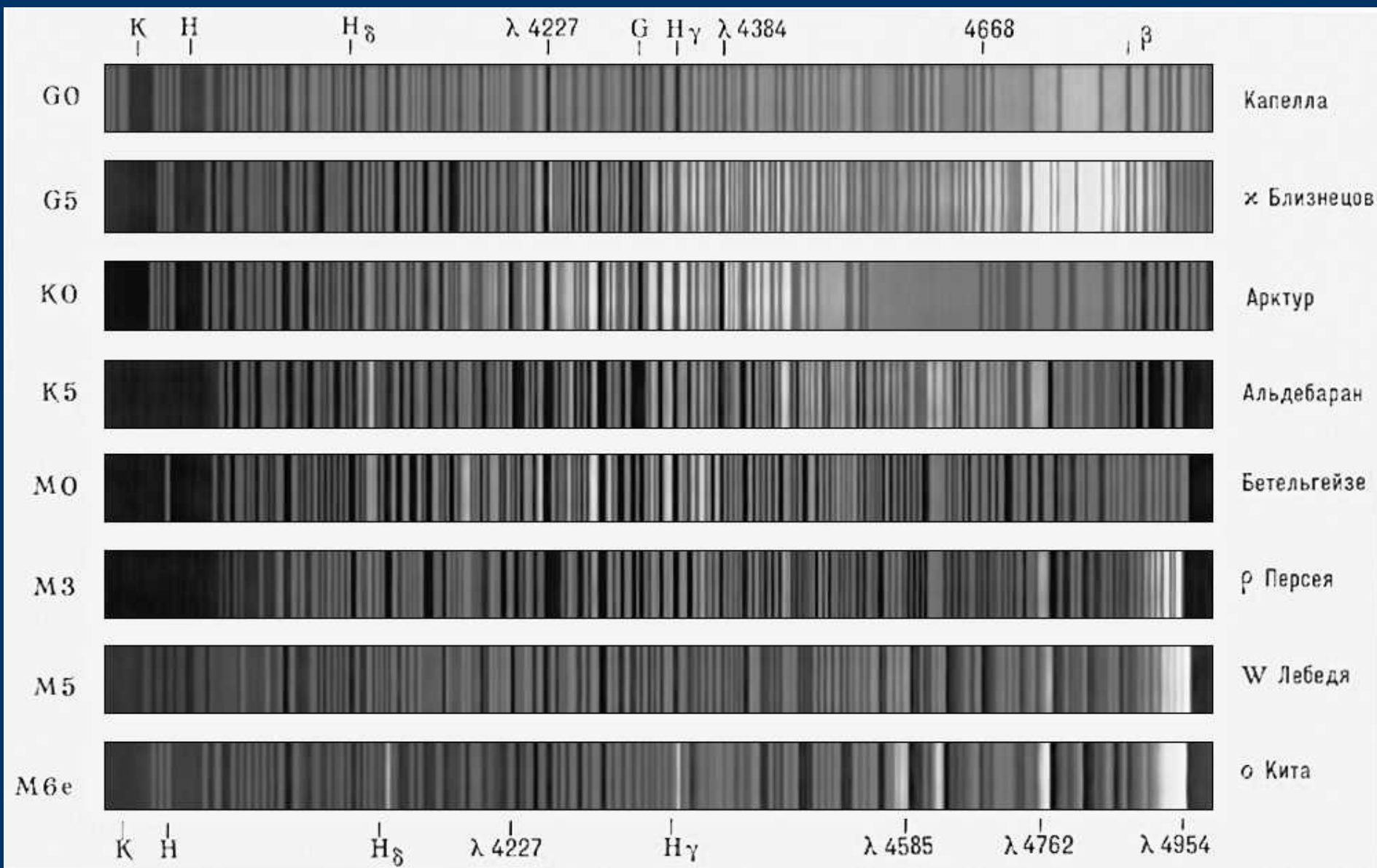
- Отсюда следует, что концентрация частиц не может быть выше, чем $n_{\max} = (2mkT)^{3/2} / h^3$

$$\Delta x \sim n^{-1/3} \sim \frac{\lambda}{mv} \sim \frac{\lambda}{\sqrt{2mkT}}$$

- Сначала вырождаются наиболее легкие фермионы (электроны)
- При вырождении из-за принципа Паули изменяются ТД свойства вещества – давление перестает зависеть от T , а зависит только от плотности

$$P = K \rho^\gamma, \quad K = \text{const}_{20}$$

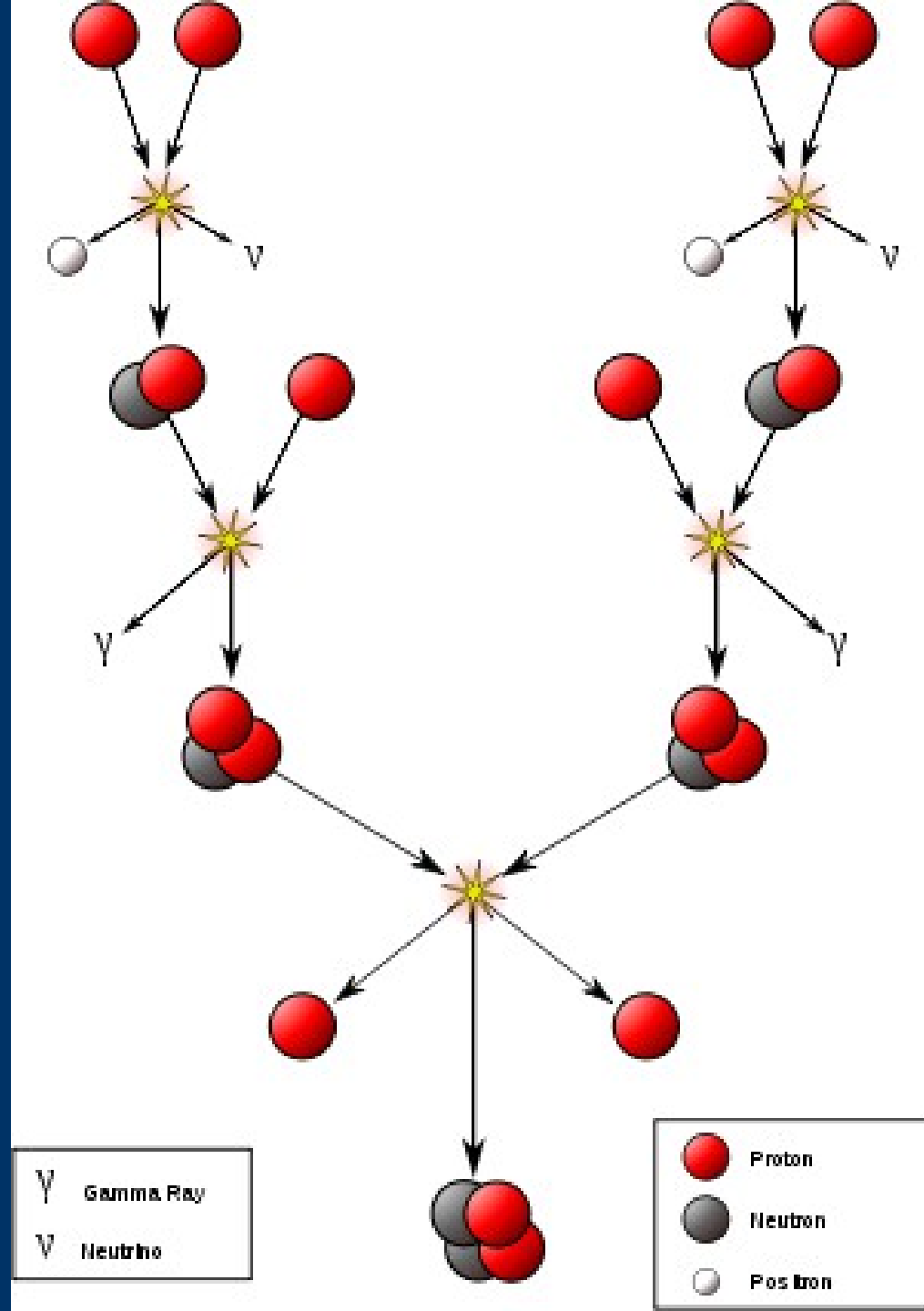






Сесилия Пейн
(Гарвардский ун-т).
Первая показала,
что звезды состоят
из водорода и гелия
(1922г)

Превращение водорода в гелий происходит с выделением энергии (4/100000 эрг на 1 атом гелия).



Процессы те же, что и при взрыве термоядерной бомбы.

Почему тогда Солнце не взрывается?

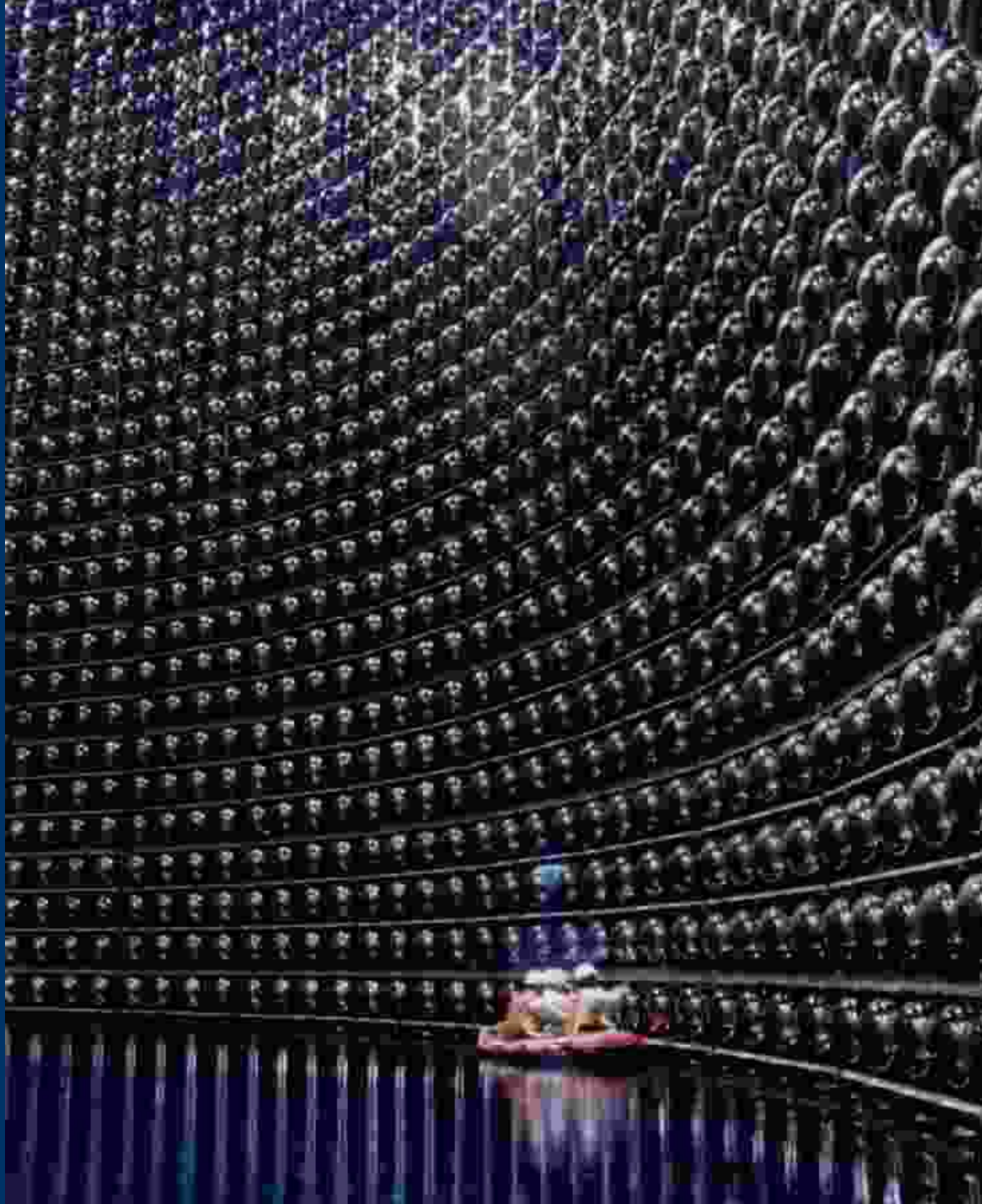
Всё дело в отрицательной теплоемкости вещества звезд: при получении дополнительных порций энергии его температура уменьшается.

Избыток энергии переходит в

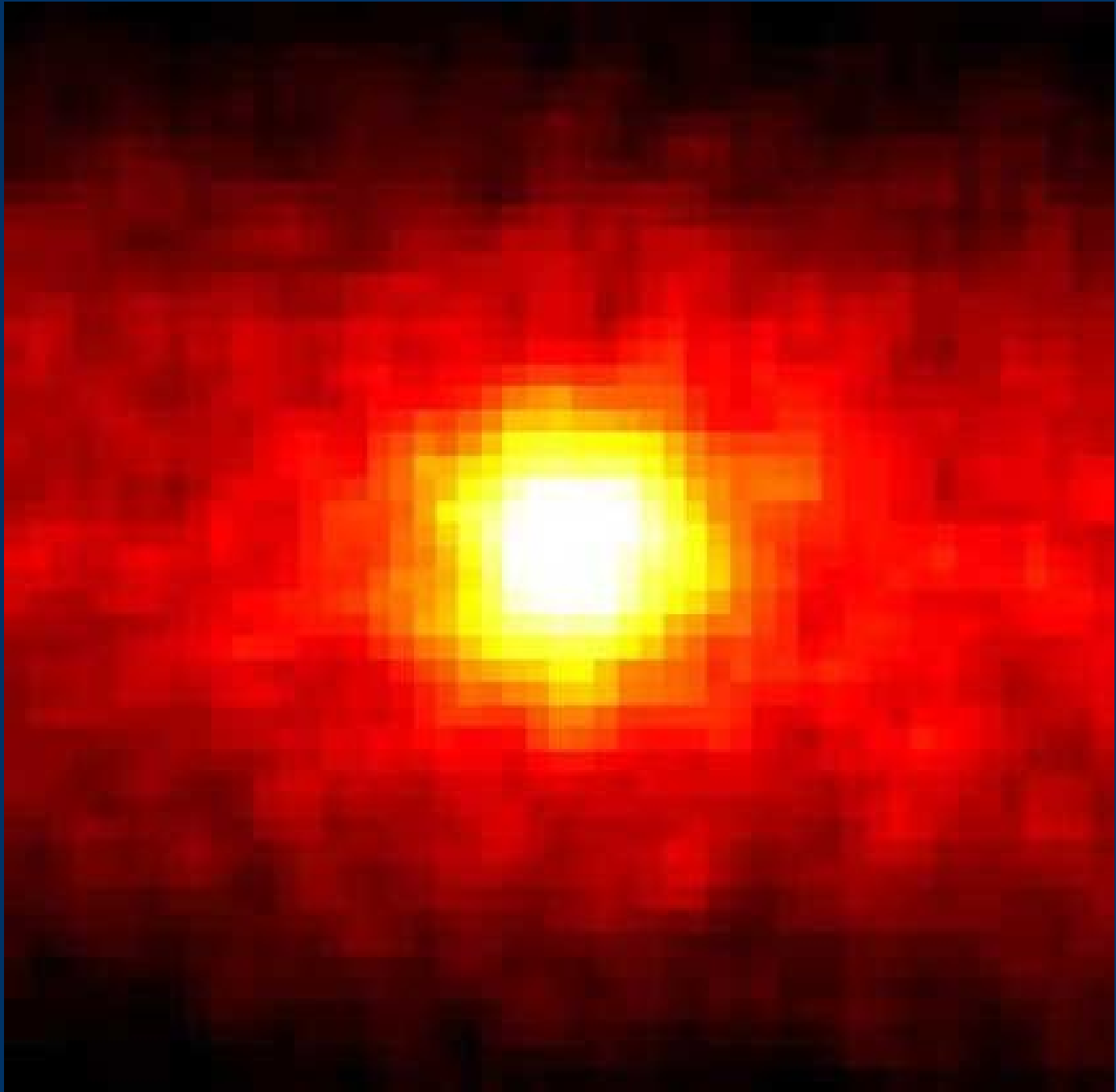
электронно-ионную энергию

ПОПЫТКИ ПОЙМАТЬ СОЛНЕЧНЫЕ НЕЙТРИНО

- Через каждый см^2 на Земле ежесекундно пролетает почти сто миллиардов нейтрино из недр Солнца.
- Первые эксперименты в глубокой шахте (Дэвис) дали $\sim 1/3$ ожидаемого количества электронного нейтрино.
- Осцилляции нейтрино? ДА!



Нейтринная
обсерватория
СуперКамиоканда
(Япония)



Космические частицы сверхвысоких энергий

- До 10^{10} эВ – Солнечные космические лучи
- До 10^{17} эВ – галактические космические лучи
- Более высокие энергии (до 10^{19} эВ) – по кр.мере частично – частицы внегалактического происхождения. ***Природа малопонятна.***

Максимальная энергия частиц на БАК:

$(7 - 14) \cdot 10^{12}$ эВ

Проект VLHC (2030-2035 год?) – 10^{14} эВ

Основной источник космических лучей

- - ядра массивных звезд: коллапс с последующим взрывом сверхновой звезды

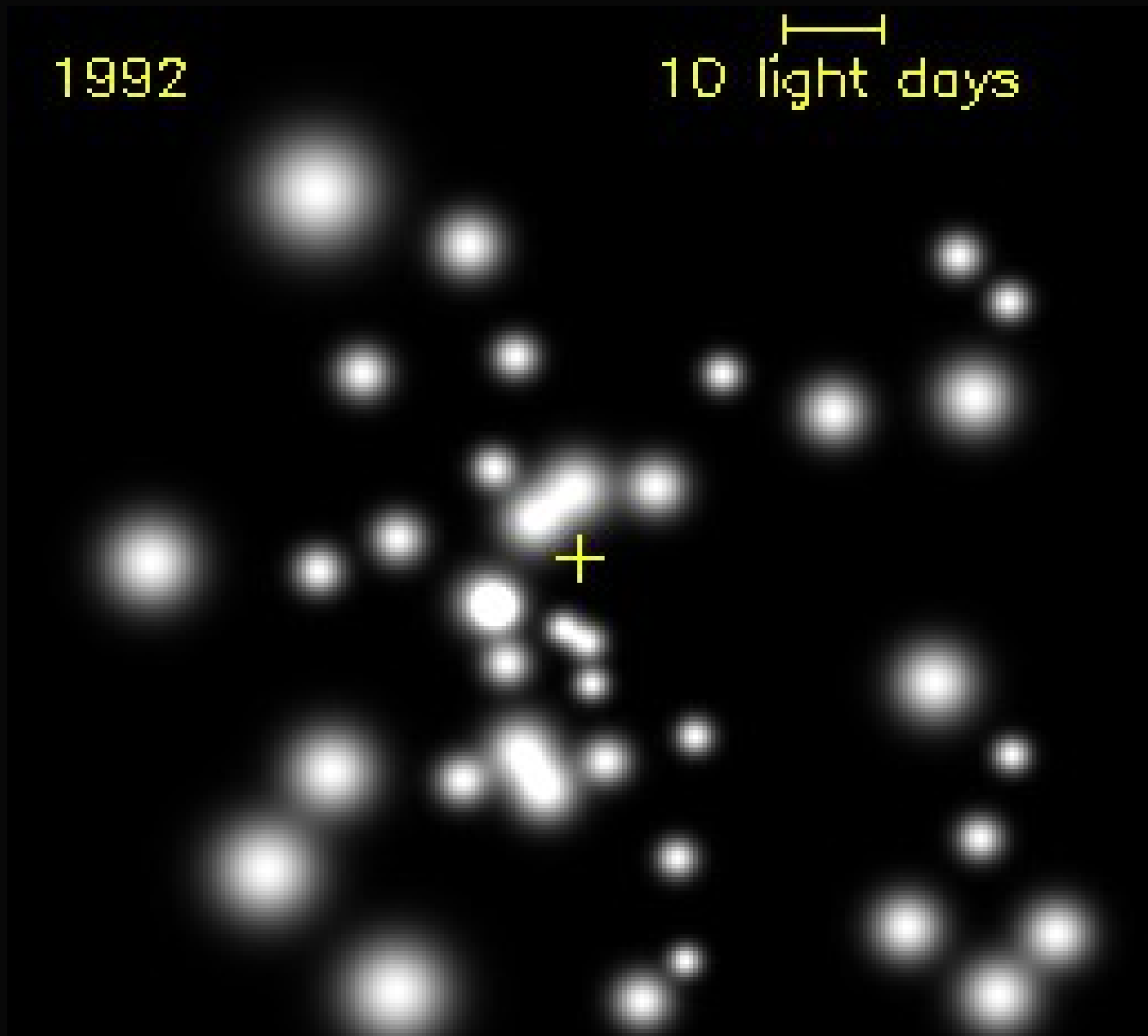


Поиски черных дыр

- Звездные ч.д. – около десятка кандидатов
- Ч.д. в ядрах галактик – для нескольких десятков измерена масса

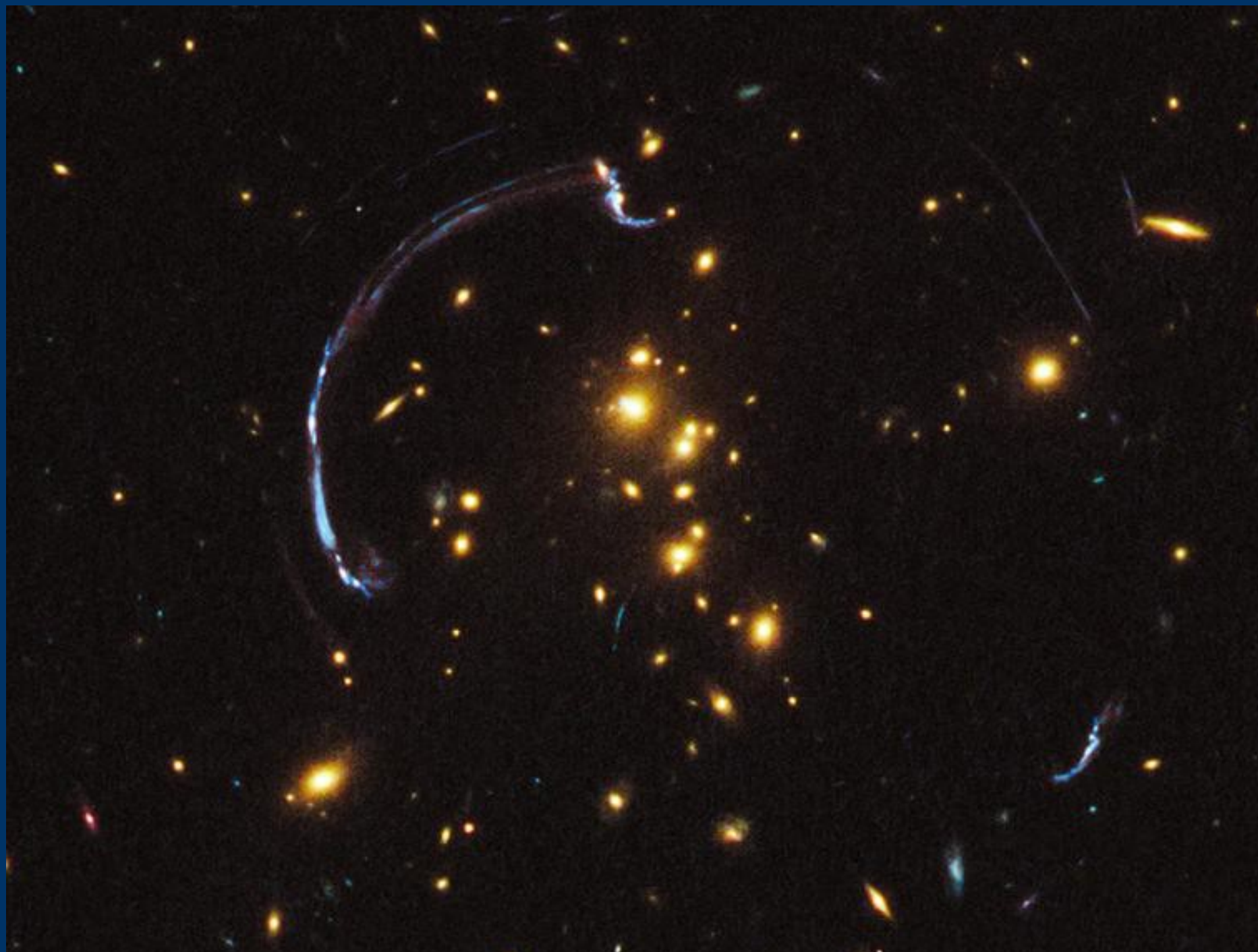
1992

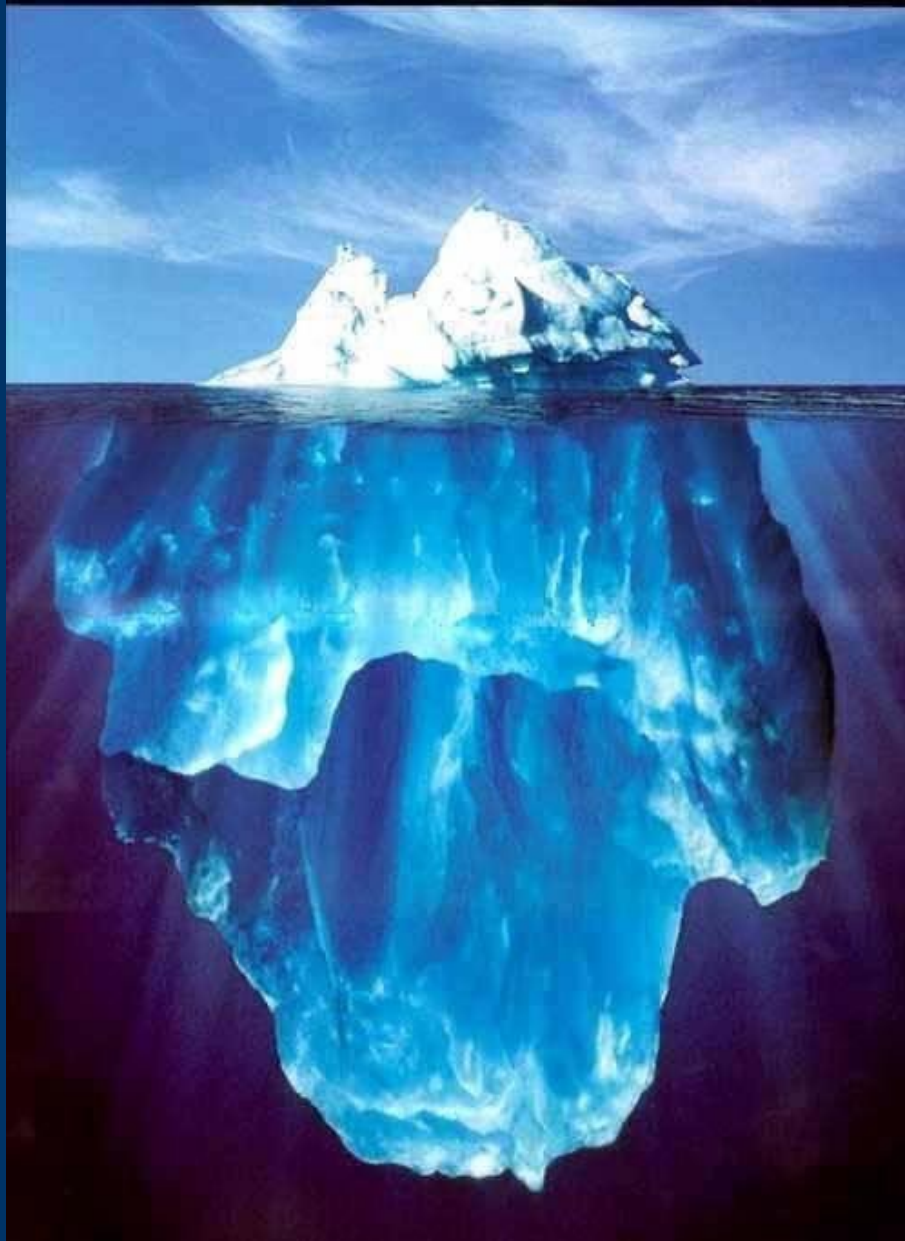
10 light days



Другой пример «темной массы»

- - невидимая материя, гравитация которой обеспечивающая высокие скорости звезд в галактиках и скорости галактик — в скоплениях галактик





Только вещество
(не считая темную
энергию):

~2%-

весь видимый мир
(звезды+газ
+твердые тела)

~98%

Темная масса:

барионная (7%)
(межгалактический
газ?)

+не-барионная(93%)

МЕТОДИЧЕСКАЯ ПОМОЩЬ

- Сайт астрономического об-ва
<http://www.sai.msu.ru/EAAS/rus/>
- Сайты для учителей (напр., «Открытый колледж»)
<http://www.college.ru/astronomy/>
- Новостные сайты
<http://www.astronet.ru/>
<http://www.novosti-kosmonavtiki.ru/>