



ГАИШ МГУ

Государственный
астрономический
институт имени
П. К. Штернберга

175 лет

Цикл лекций

Звезды и галактики

А. М. Черепашук

Ю. Н. Ефремов

В. М. Липунов

С. А. Ламзин

Н. Н. Самусь

С. Б. Попов

и др.

Источники энергии в звездах

Ламзин С.А.

- Гравитационное энерговыделение
- Термоядерные реакции
- Звезды и люди

Что может поддерживать светимость Солнца и звезд ?

Светимость Солнца $L_{\odot} = 4 \cdot 10^{26}$ Дж/с, возраст Солнца $4.6 \cdot 10^9$ лет
масса Солнца $2 \cdot 10^{30}$ кг

$q = L t / M \sim 3 \cdot 10^{13}$ Дж/кг – это в 10^5 раз более
калорийное топливо, чем химическое

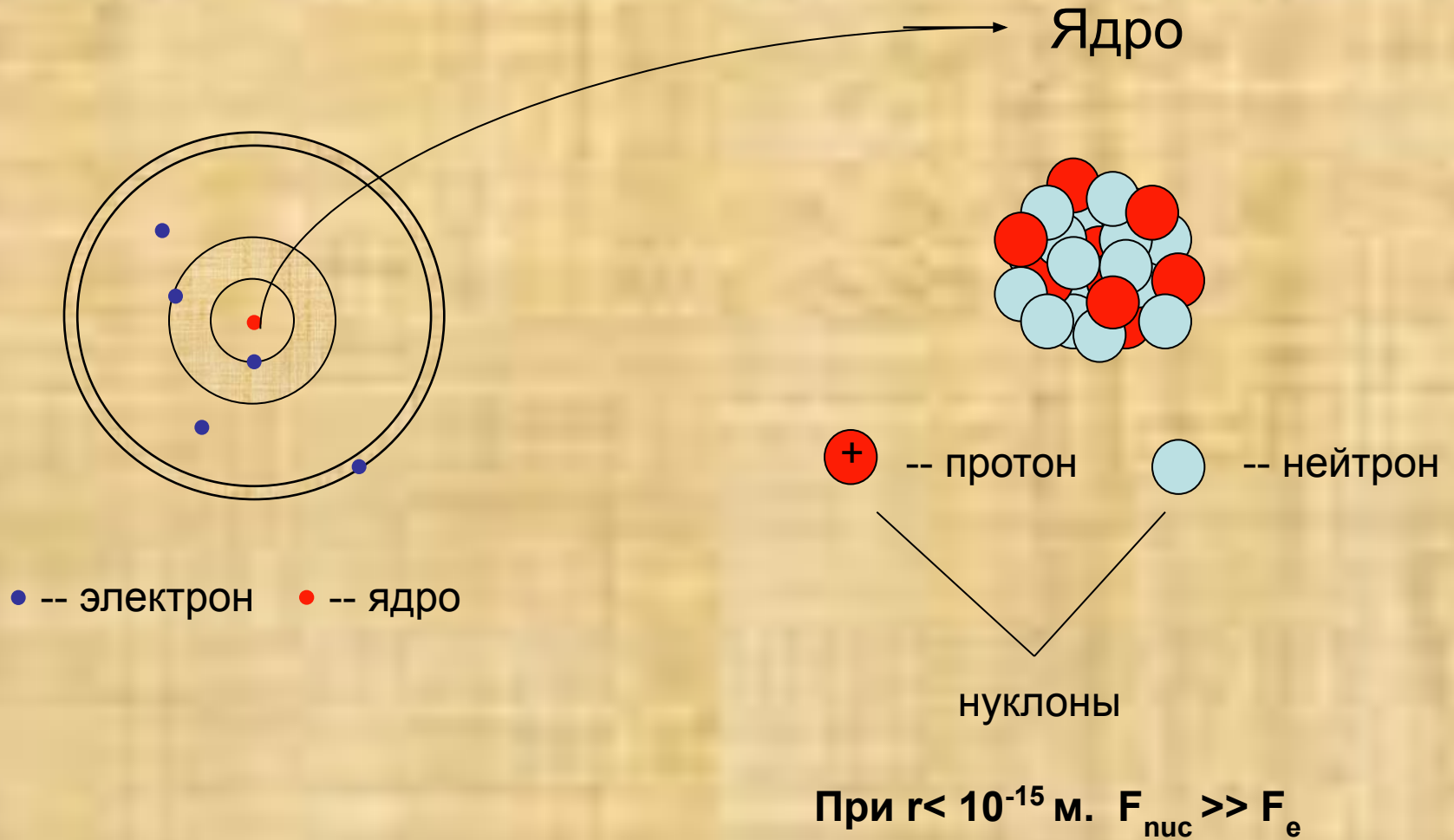
Лорд Кельвин (конец XIX в) : **выделение тепла при сжатии Солнца**

Чтобы поддерживать свою светимость Солнце должно сжиматься
со скоростью всего 30 метров в год!

$$R_{\odot} = 7 \cdot 10^5 \text{ км}$$

Позволяет поддерживать светимость на протяжении 30 млн. лет
Совпадает с возрастом Земли?

Строение атома



Периодическая таблица элементов Д.И.Менделеева

1 H

2 He

3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 to 71	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 to 103	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Uun	111 Uuu	112 Uub		114 Uuq		116 Uuh		118 Uuo

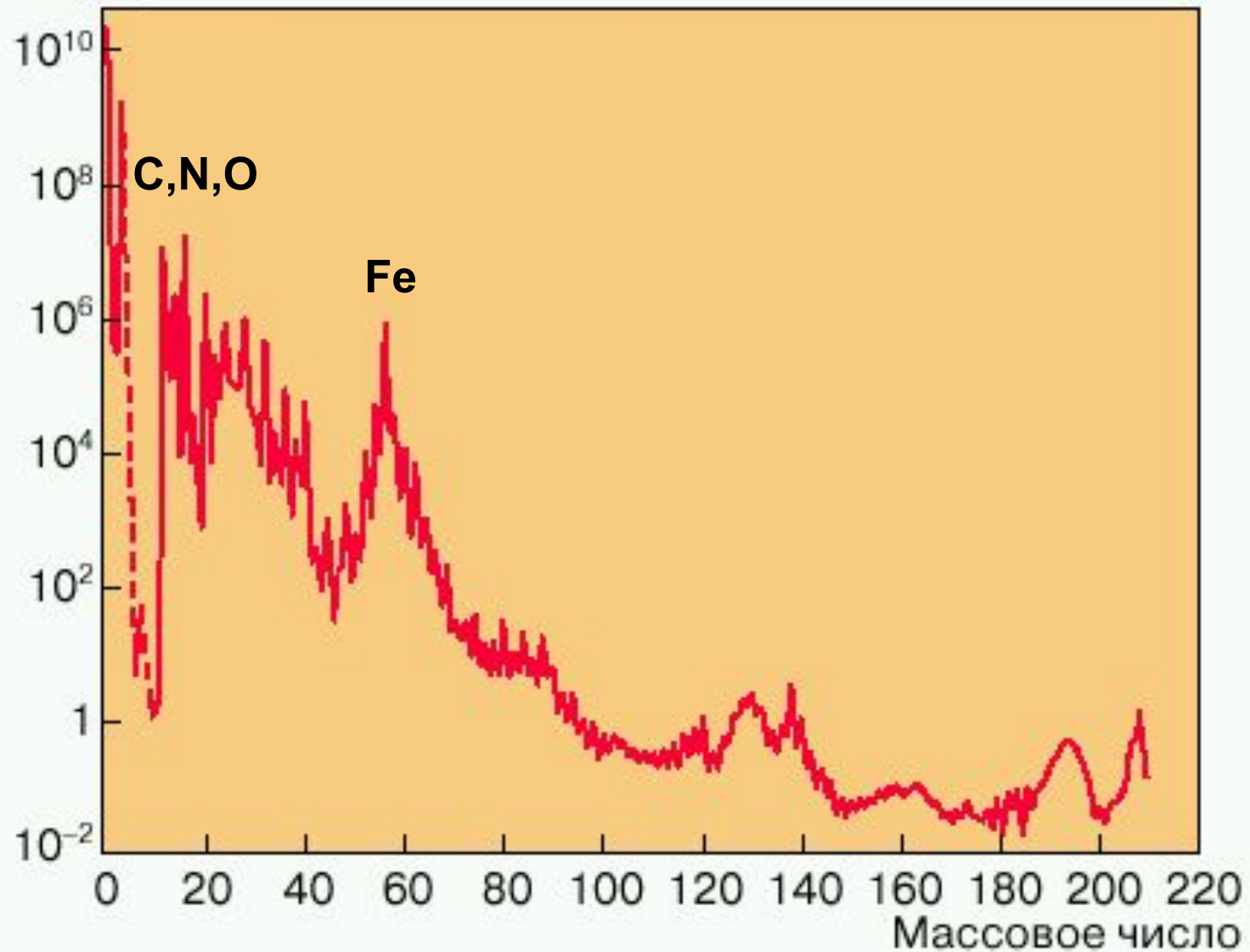
Lanthanides

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

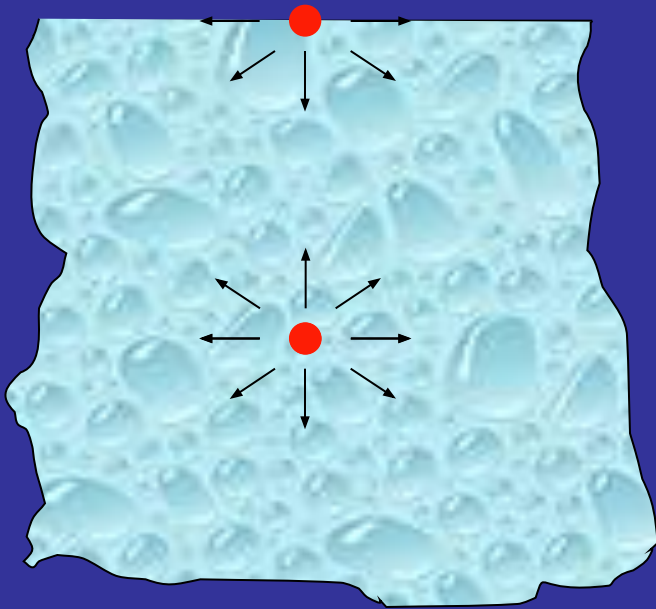
Actinides

Обилие химических элементов ($N_{Si} = 10^6$)

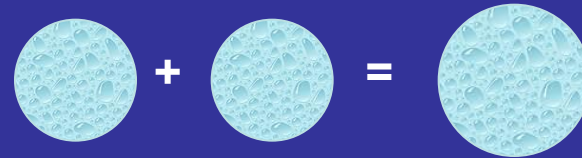
Содержание



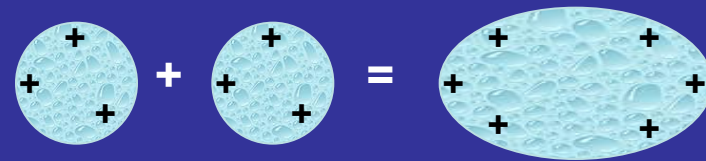
Капельная модель ядра



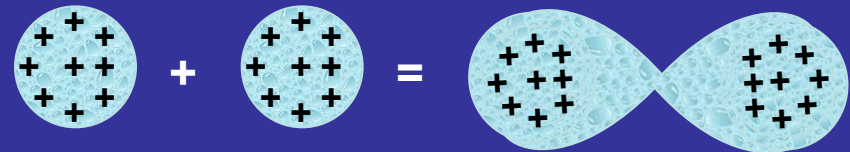
a) $q = 0$



b) $q < q_{cr}$



c) $q \geq q_{cr}$



Слияние ядер вплоть до ядра $^{56}\text{Fe}_{26}$ происходит с выделением энергии, т.е. железо – ядерная зола !

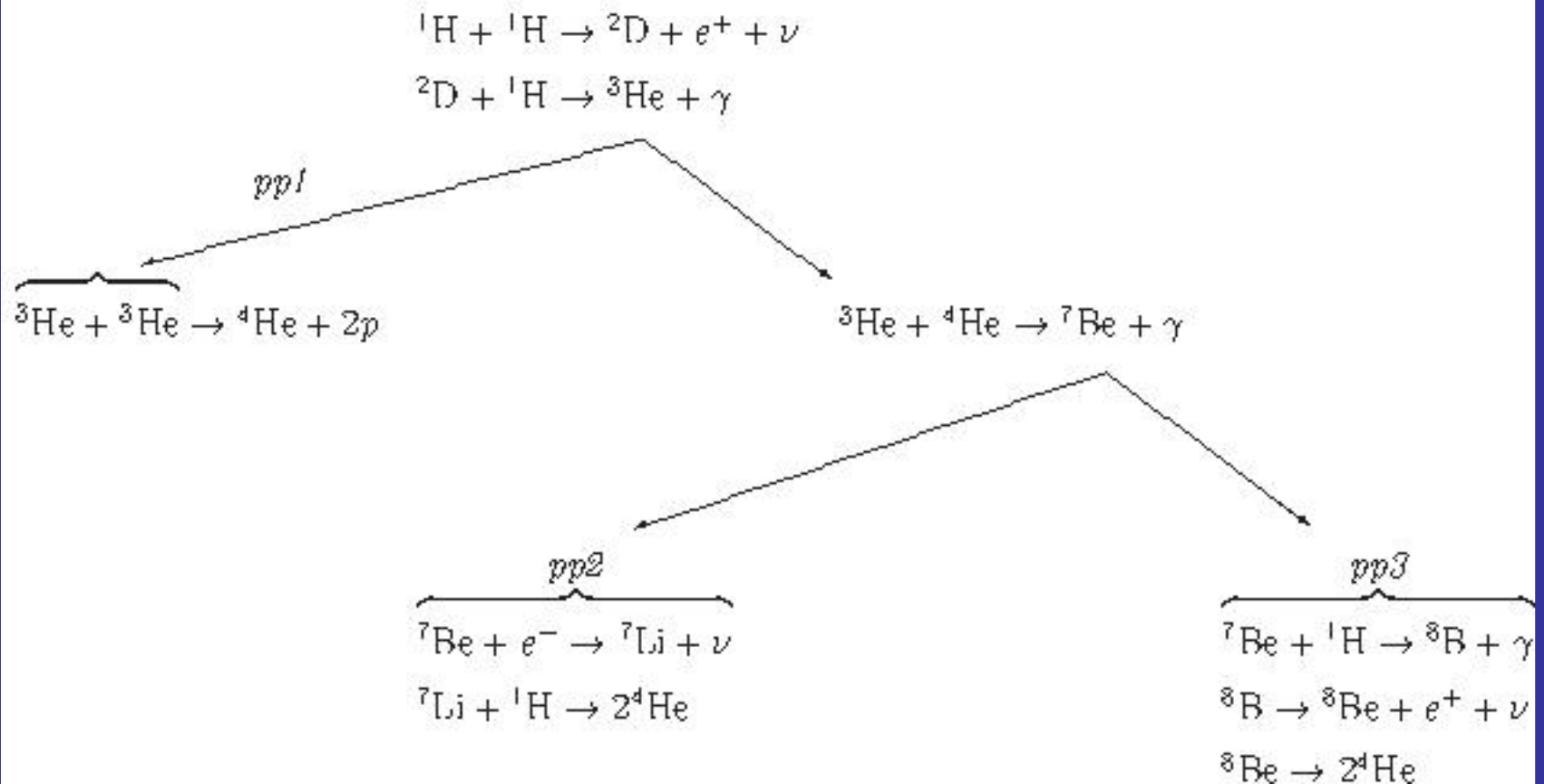
Оценка времени жизни Солнца за счет
термоядерного горения водорода

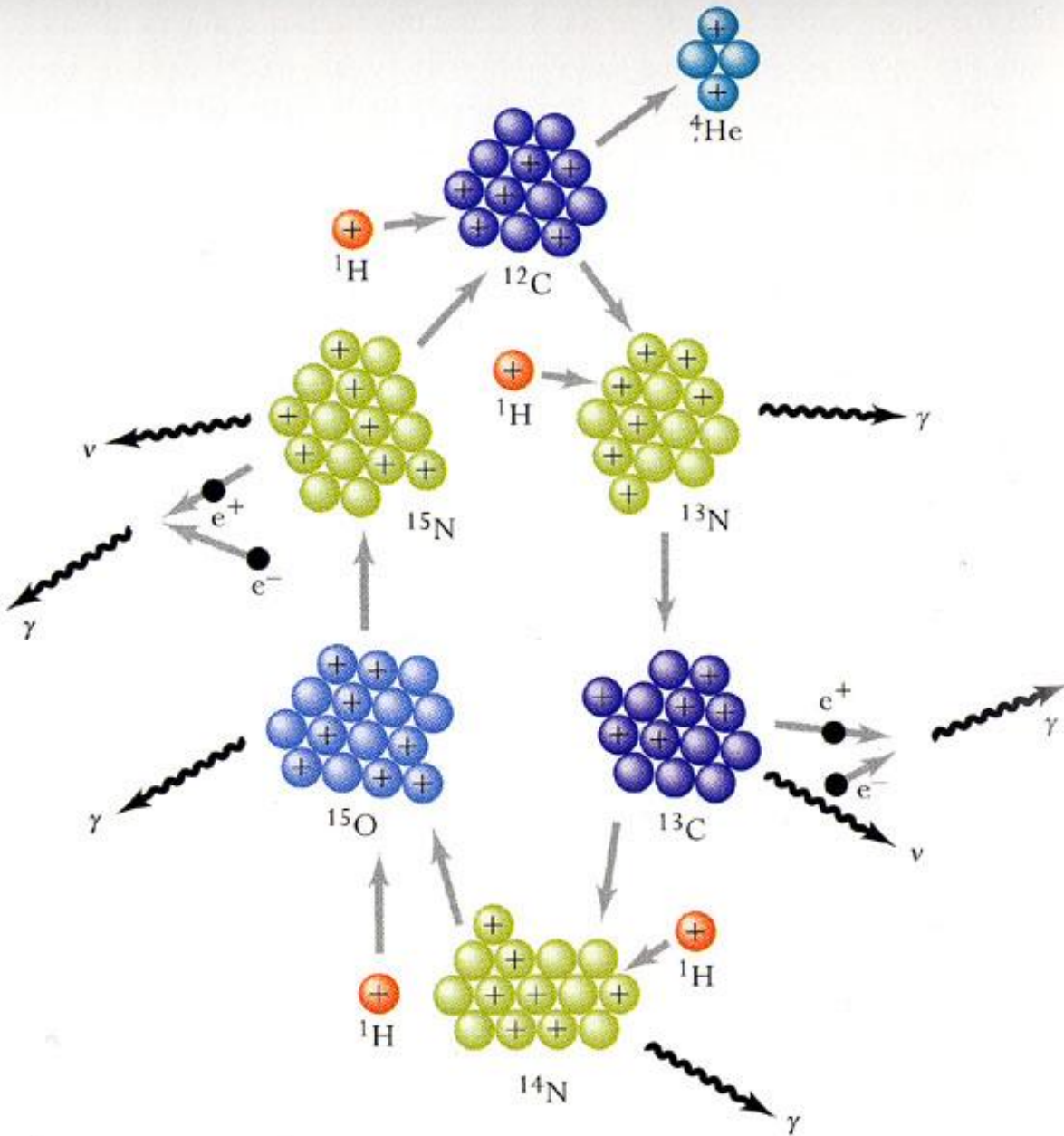


H: 1.008 а.е.

He: 4.03 а.е.

Протон-протонная цепочка



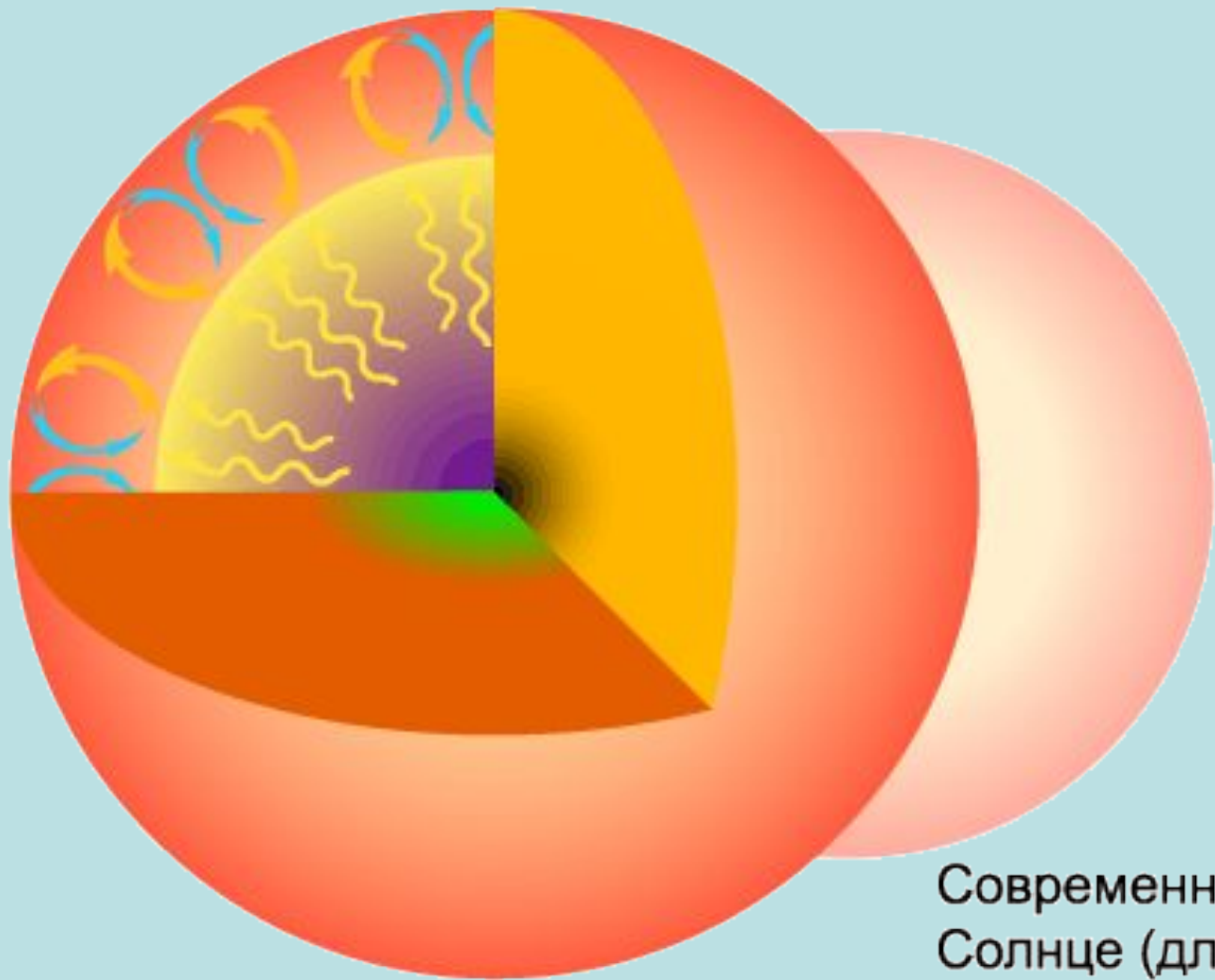


Углеродно-азотный цикл

CNO-цикл

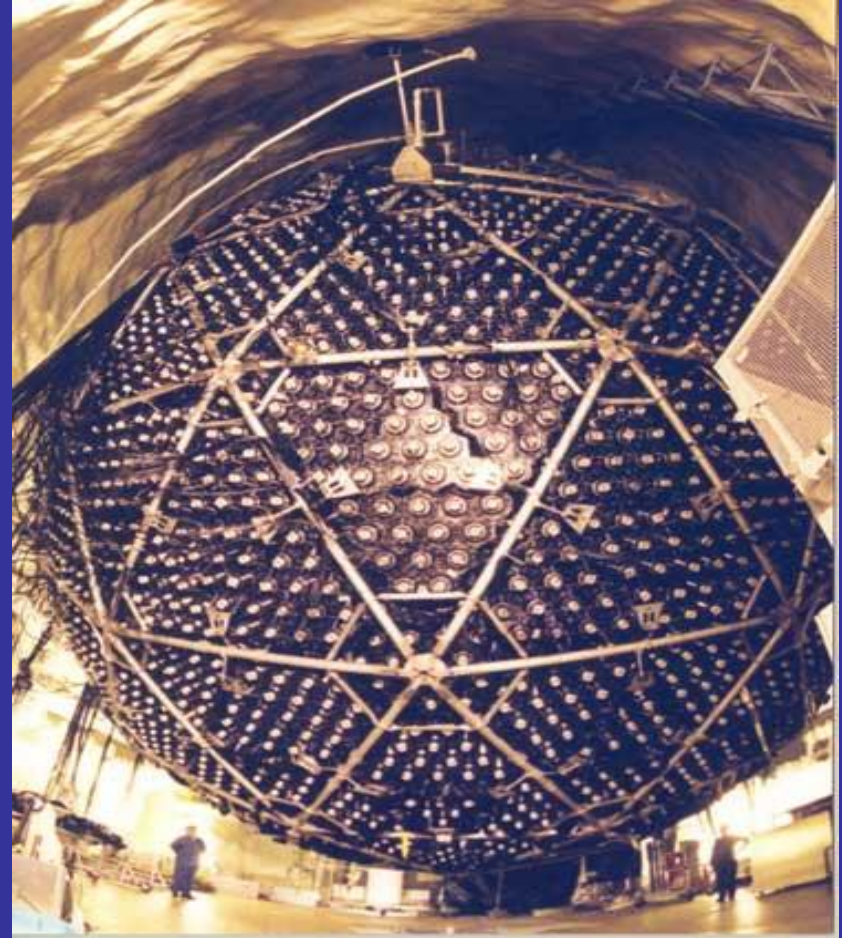
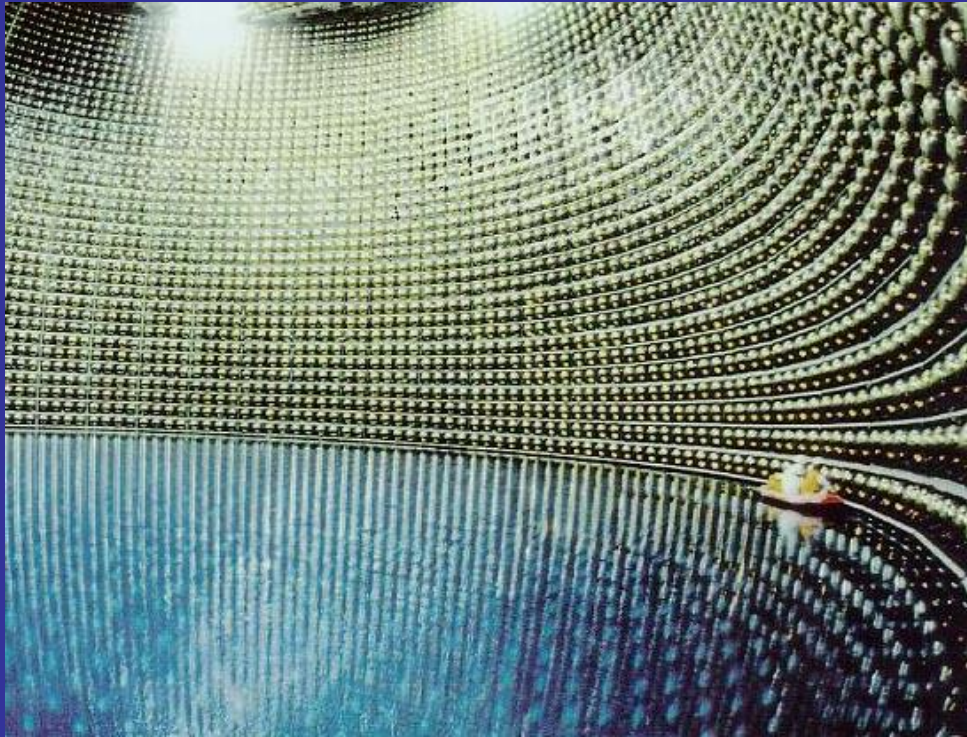
Carbon cycle

Солнце в конце главной последовательности

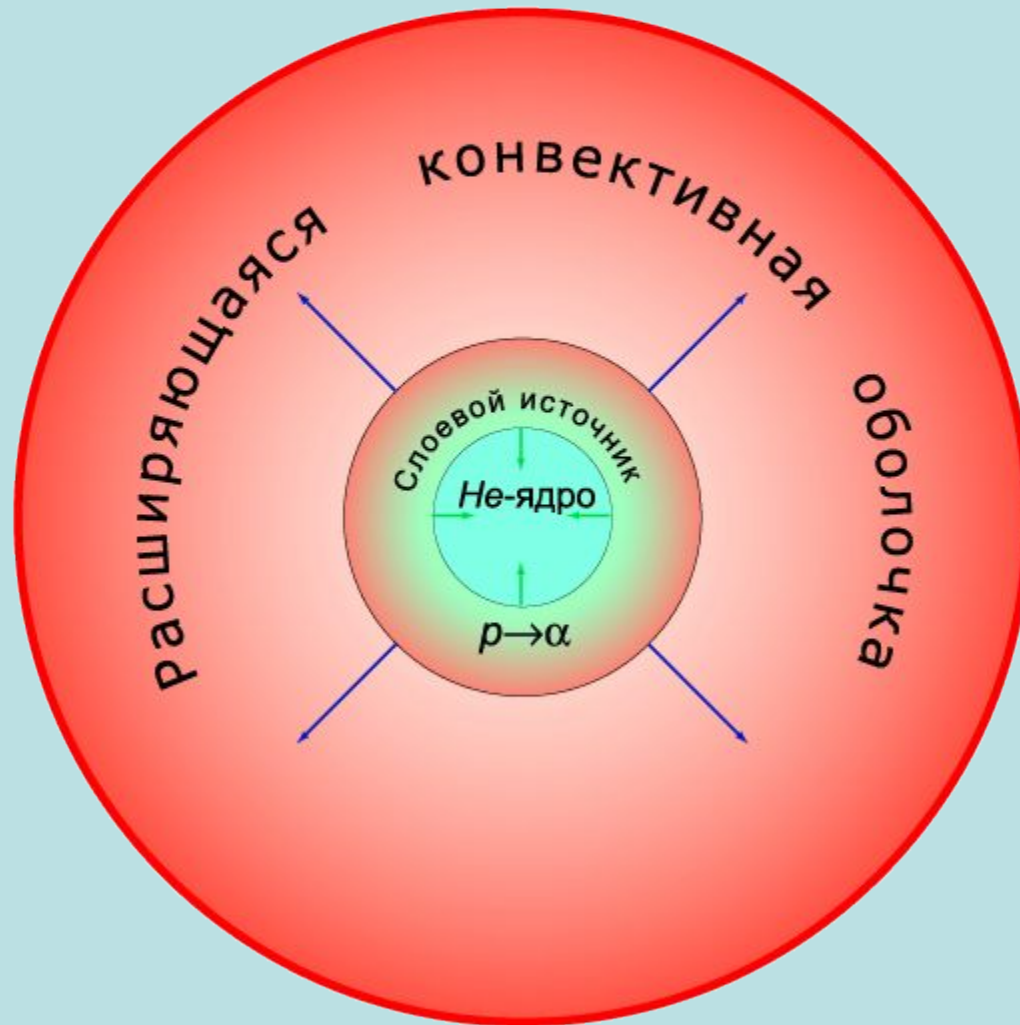


Современное
Солнце (для
сравнения)

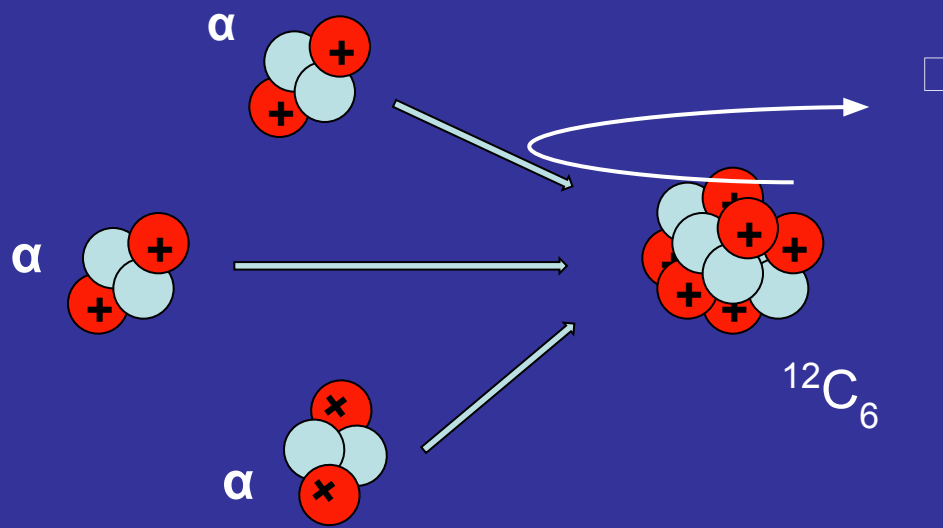
Нейтринная астрономия



Строение красного гиганта



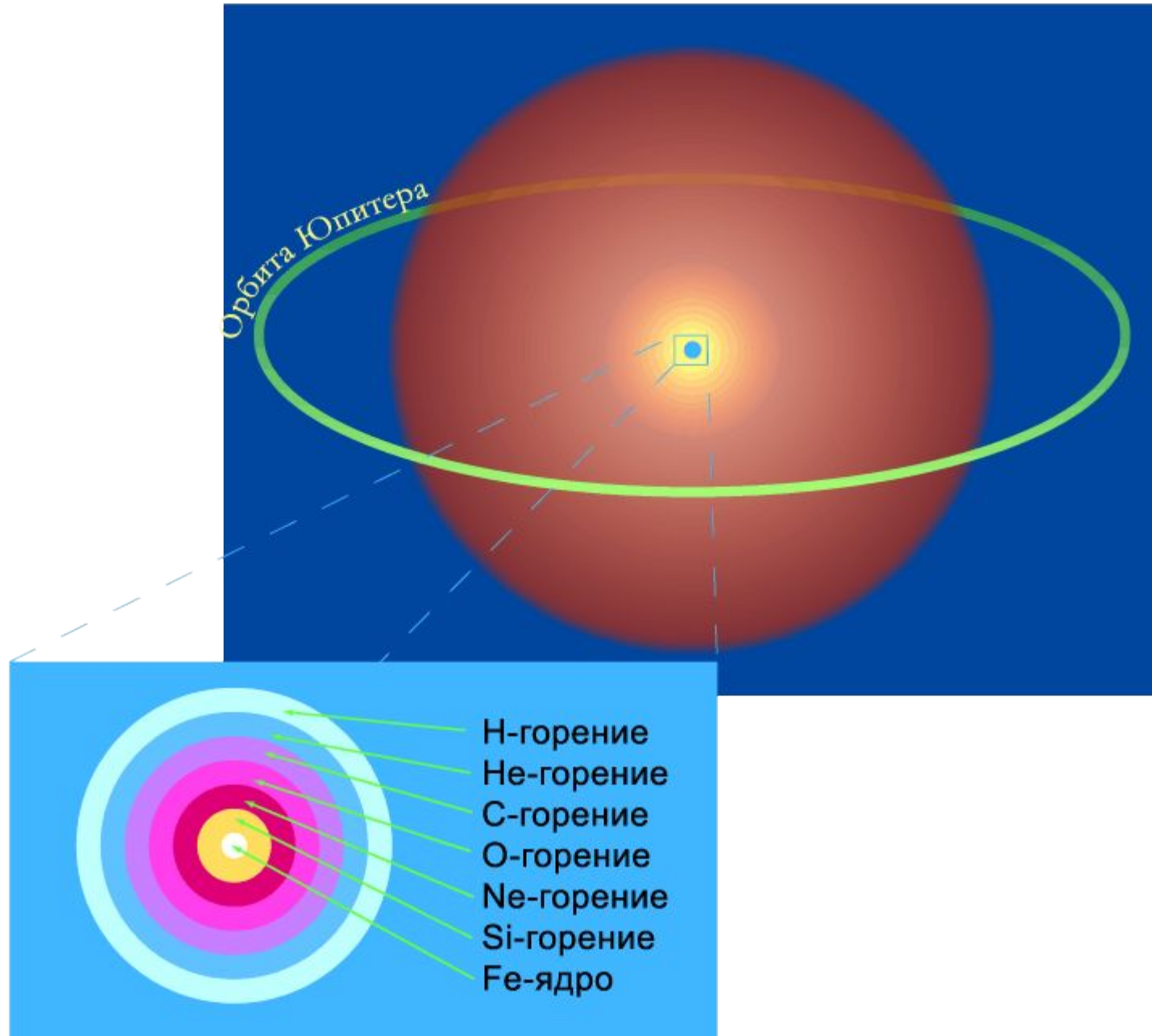
Горение гелия



Стадии генерации ядерной энергии

Процесс	Топливо	Продукты реакции	Примерная температура
Горение водорода	Водород	Гелий	$(1-3) \times 10^7$
Горение гелия	Гелий	Углерод, кислород	2×10^8
Горение углерода	Углерод	Кислород, неон, натрий, магний	8×10^8
Горение неона	Неон	Кислород, магний	$1,5 \times 10^9$
Горение кислорода	Кислород	От магния до серы	2×10^9
Горение кремния	От магния до серы	Элементы, близкие к железу	3×10^9

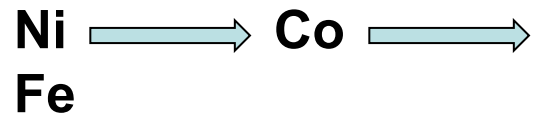
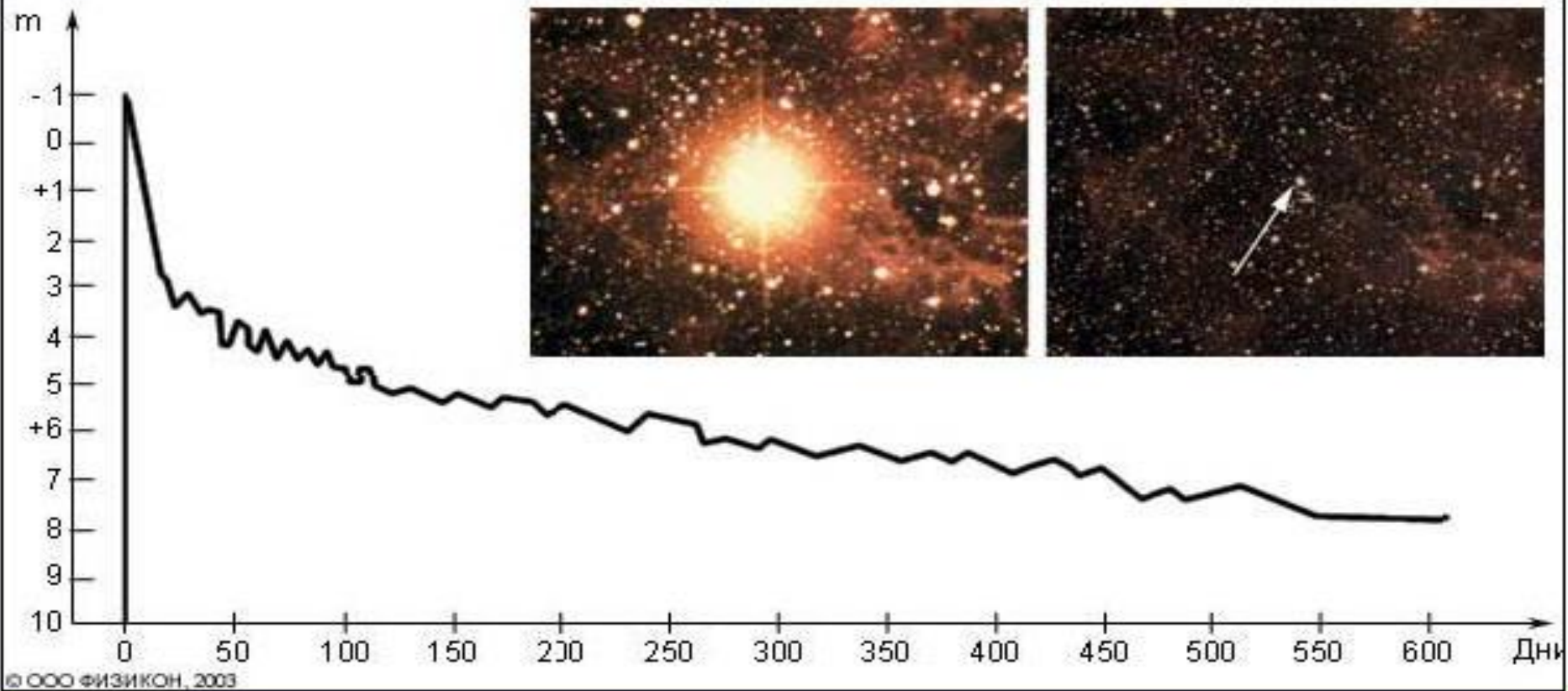
Строение сверхгиганта

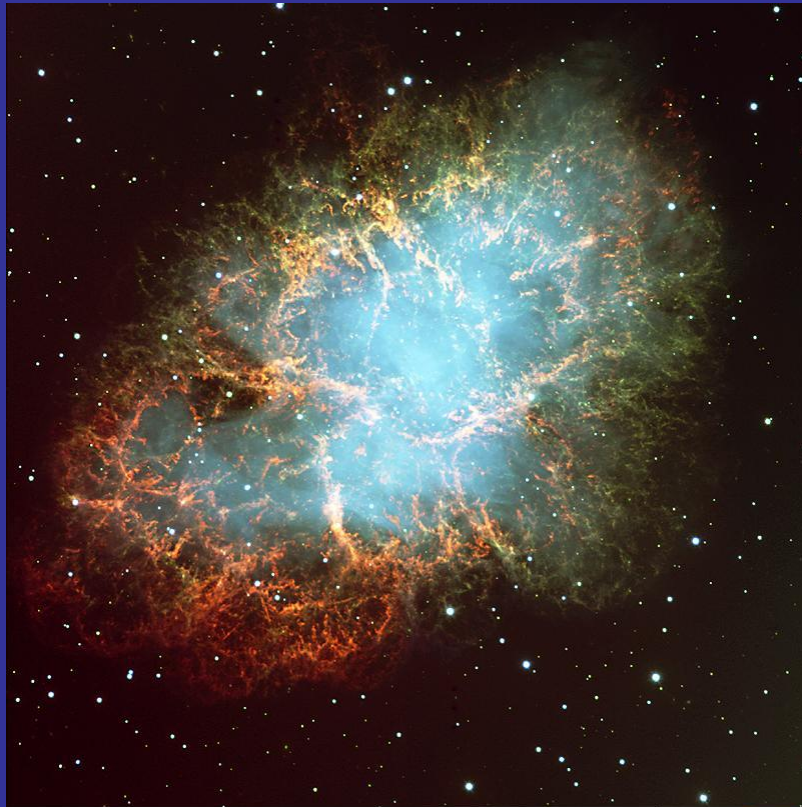


Планетарные туманности – сброс внешней оболочки звезды







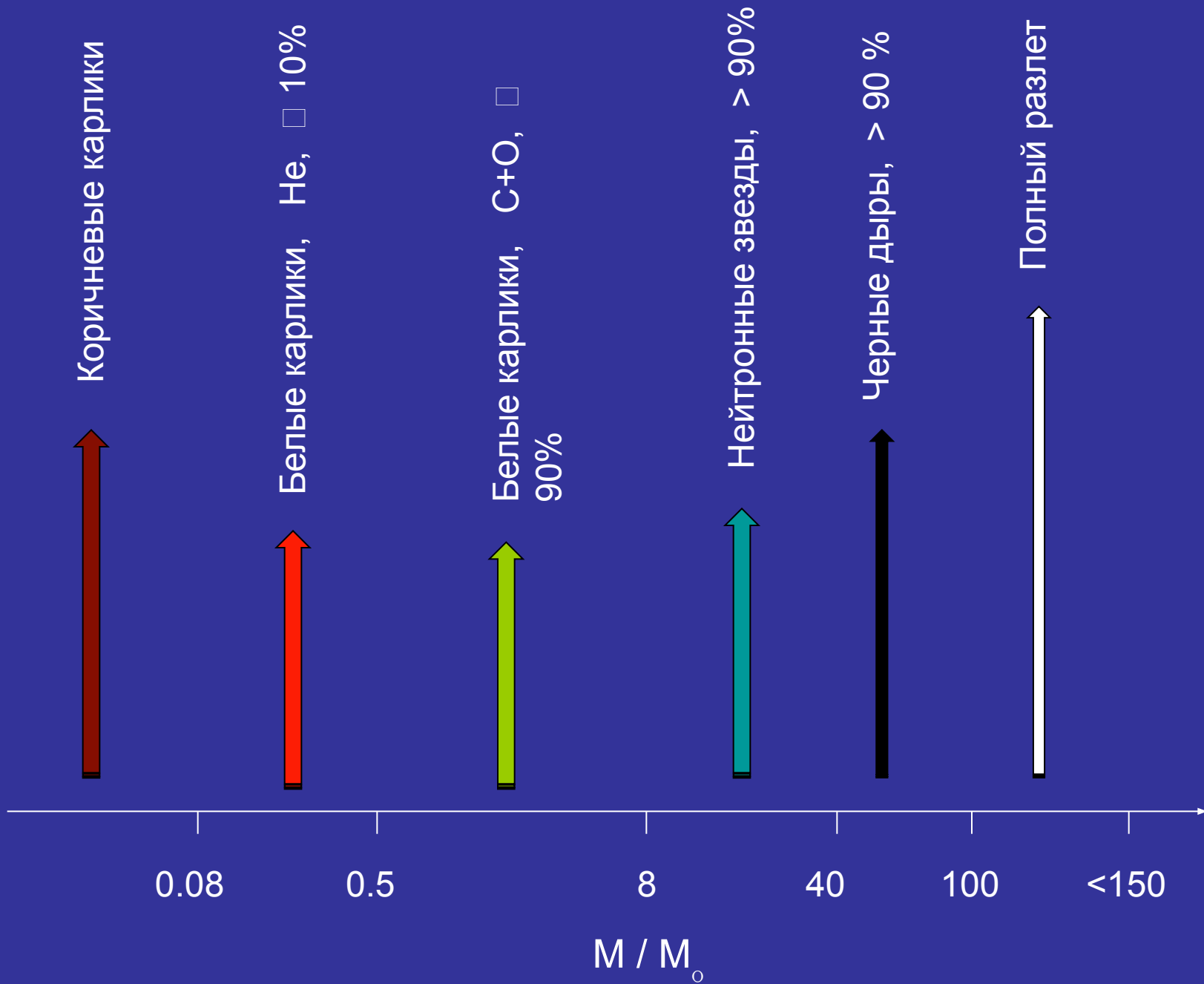


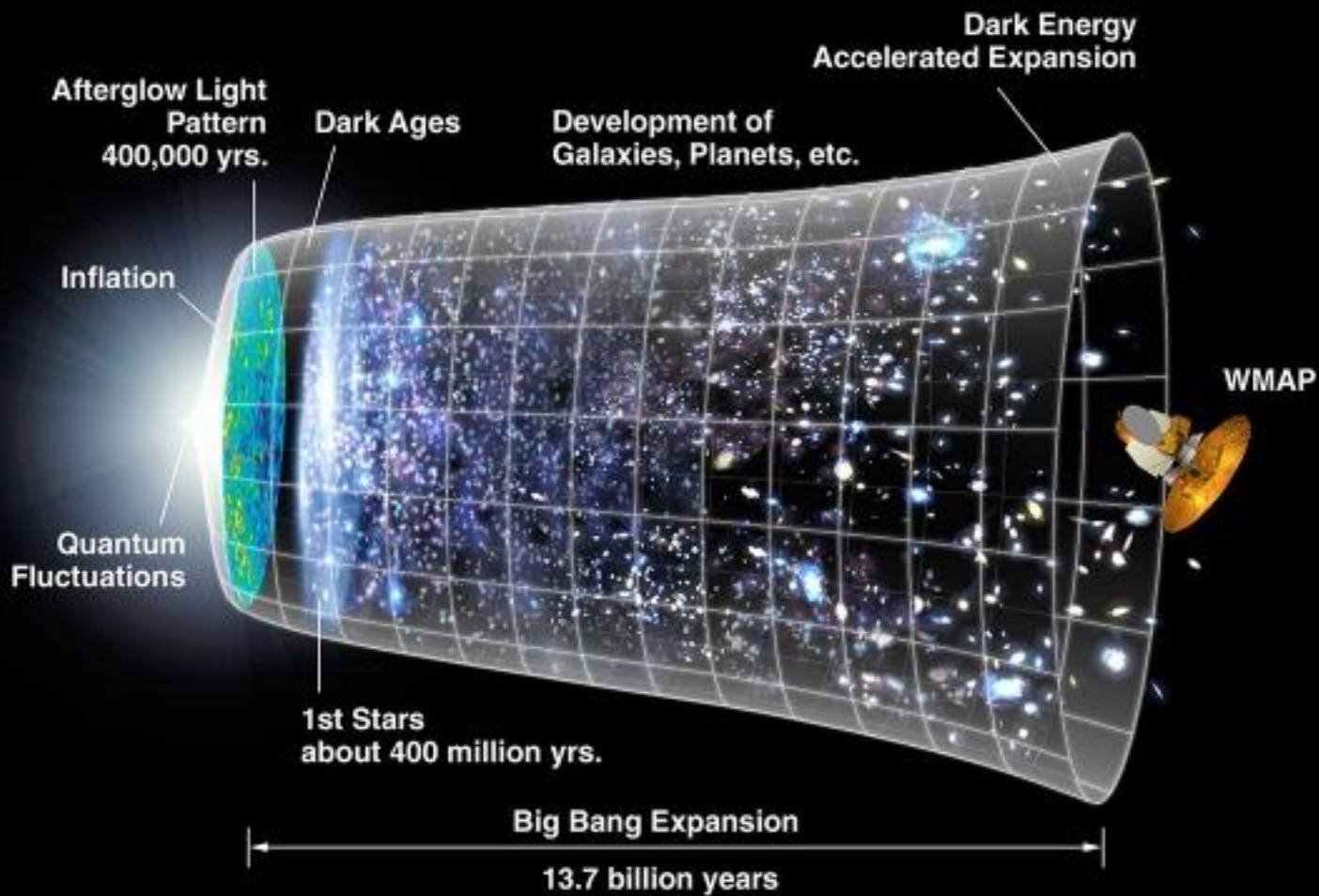
The Crab Nebula in Taurus (VLT KUEYEN + FORS2)

ESO PR Photo 40f.99 (17 November 1999)

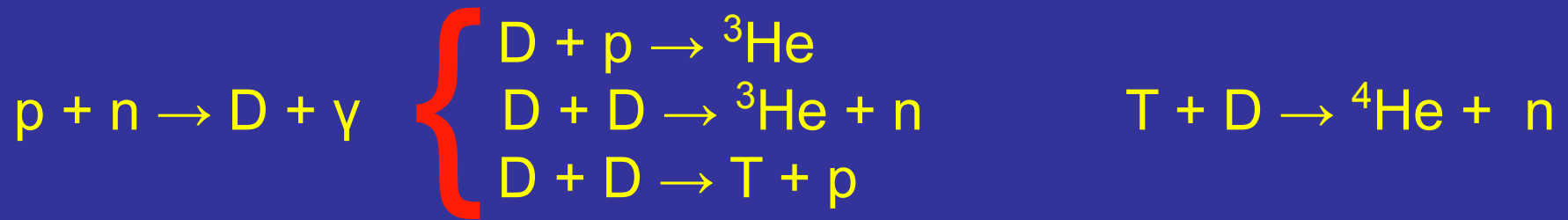
© European Southern Observatory







Реакции первичного нуклеосинтеза



Не существует устойчивых ядер с $A=5$ и $A=8$!!!

Первичный нуклеосинтез

