

Биологическая судьба химических веществ



проф. Корнилова О.А.

- Большинство открытий в химии за последние десятилетия связаны с **биомолекулами** и другими органическими веществами.
- Большинство открытий в биологии за последние десятилетия связаны с изучением **биомолекул** и биохимических процессов.

Нобелевские премии с 2001 по 2025 гг:

- 18 – **по химии**: оргсинтез, изучение и использование биомолекул
- 16 – **по медицине и физиологии**: биомолекулы, биохимические процессы и генные модификации

Нобелевские премии по химии:

2015 г. - За изучение механизмов восстановления (репарации) ДНК

2016 г. - За проектирование и синтез молекулярных машин

2017 г. - За развитие криоэлектронной микроскопии высокого разрешения для определения структуры биомолекул в растворе

2018 г. - За исследование в области пептидов и антител

2020 г. - За исследования в области генной инженерии

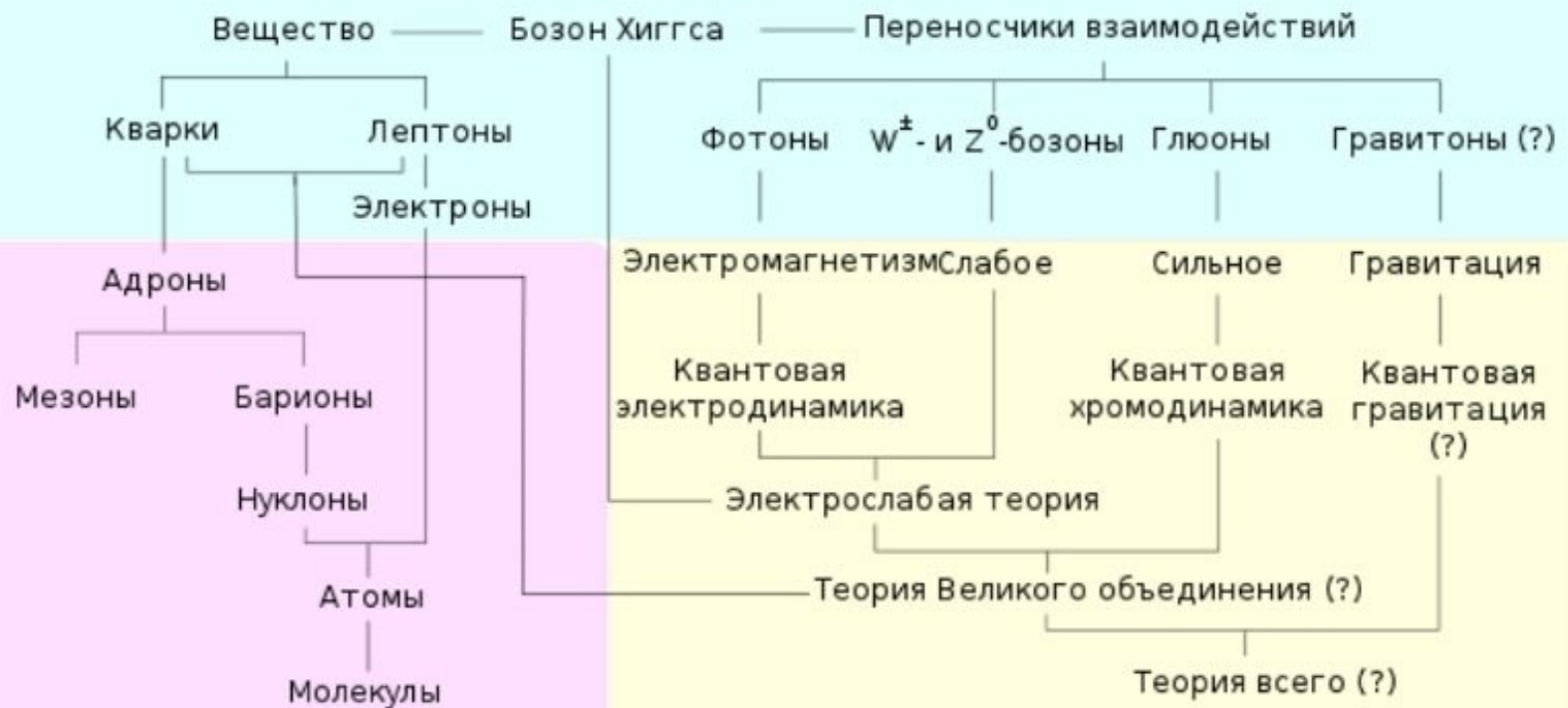
2024 г. - За предсказание структуры и компьютерный дизайн белков

Нобелевские премии по физике:

- 1901 г. - за открытие рентгеновских лучей
- 1944 г. - за резонансный метод измерений магнитных свойств атомных ядер
- 1953 г. - за изобретение фазово-контрастного микроскопа
- 1986 г. - за создание первого электронного микроскопа
- 2018 г. - за оптические пинцеты и их применение в биологических системах
- 2021 г. - за физическое моделирование климата Земли

История происхождения современных атомов и молекул — обширная тема для исследований в таких областях науки, как **физика и астрономия, химия и геология, эволюционная и молекулярная биология.**

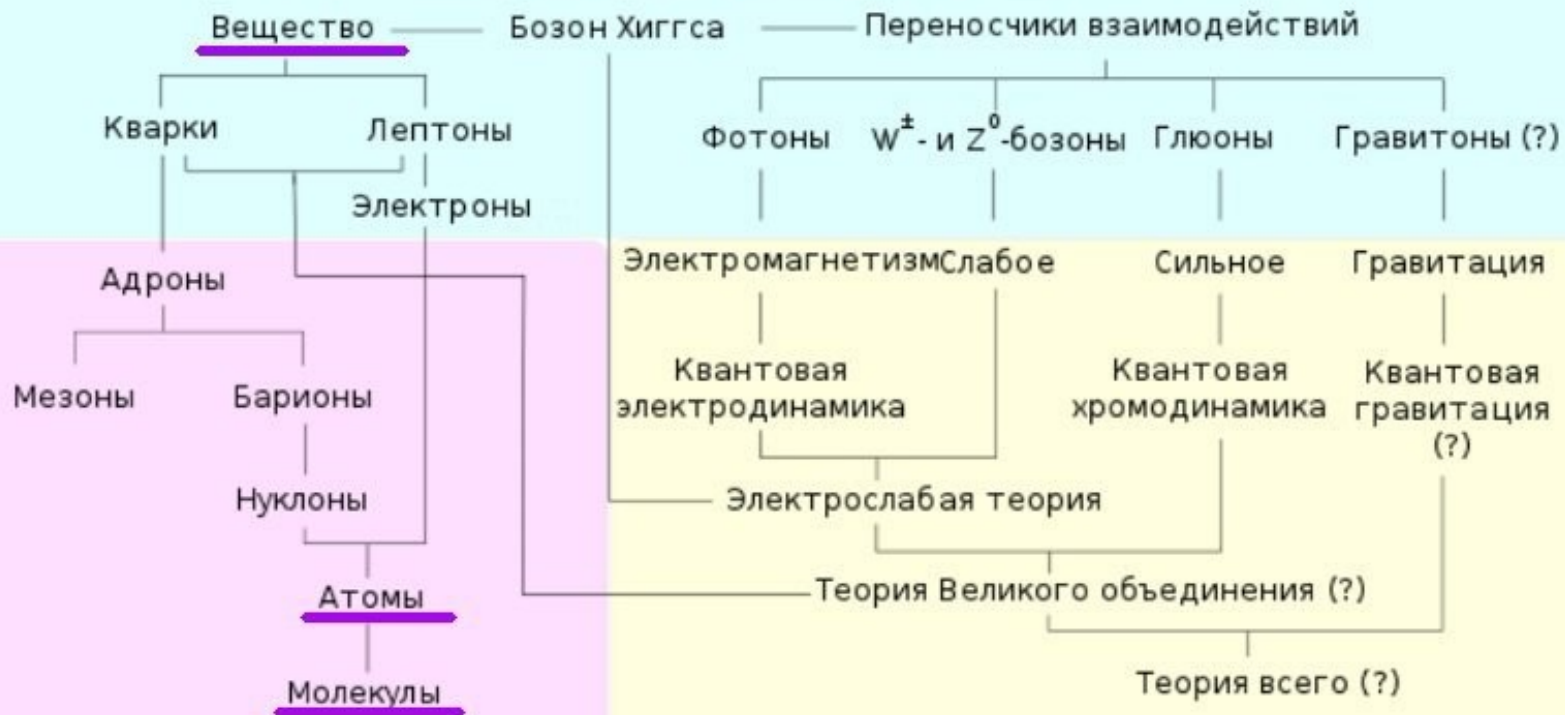
Элементарные частицы



Составные частицы

Взаимодействия и теории

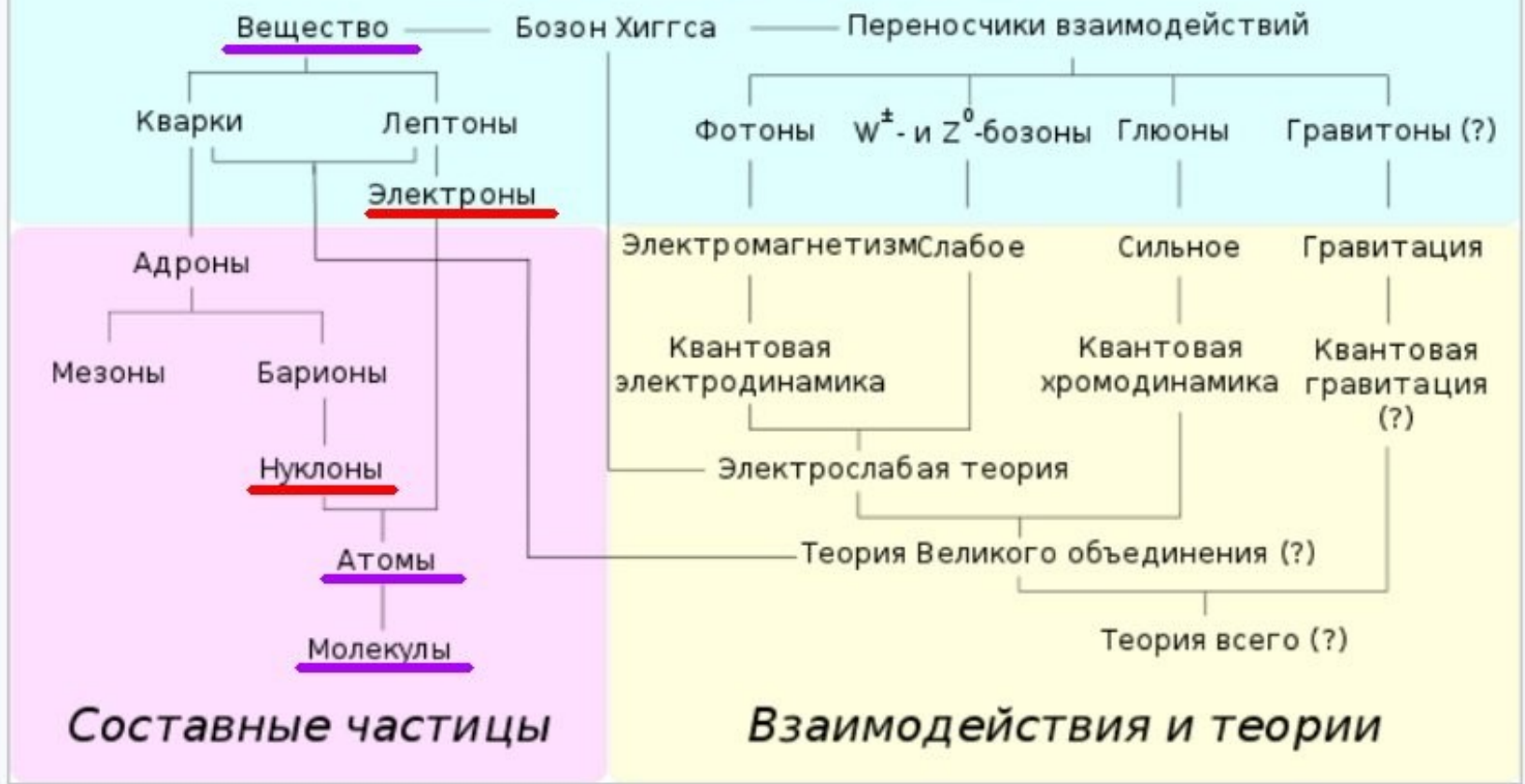
Элементарные частицы



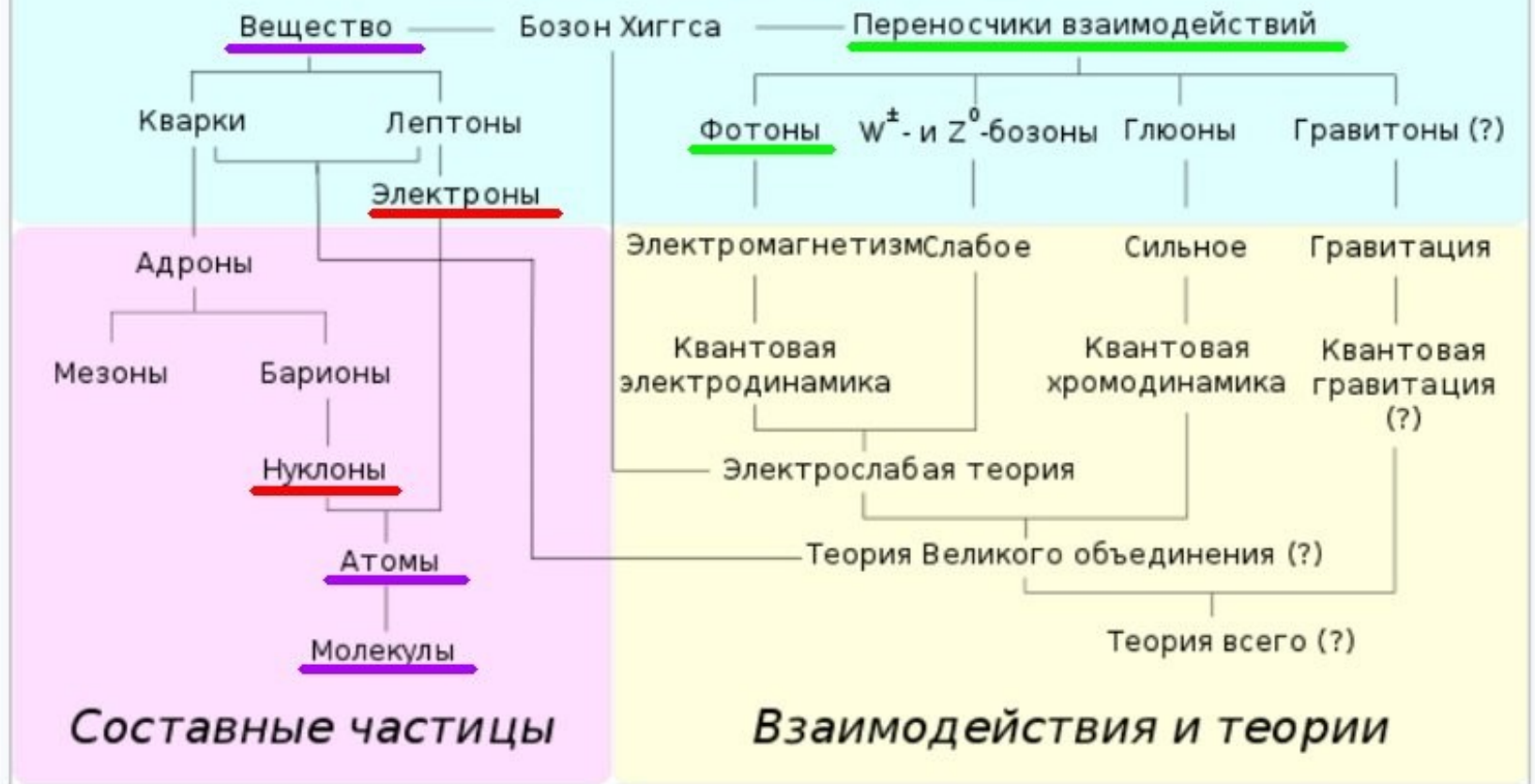
Составные частицы

Взаимодействия и теории

Элементарные частицы

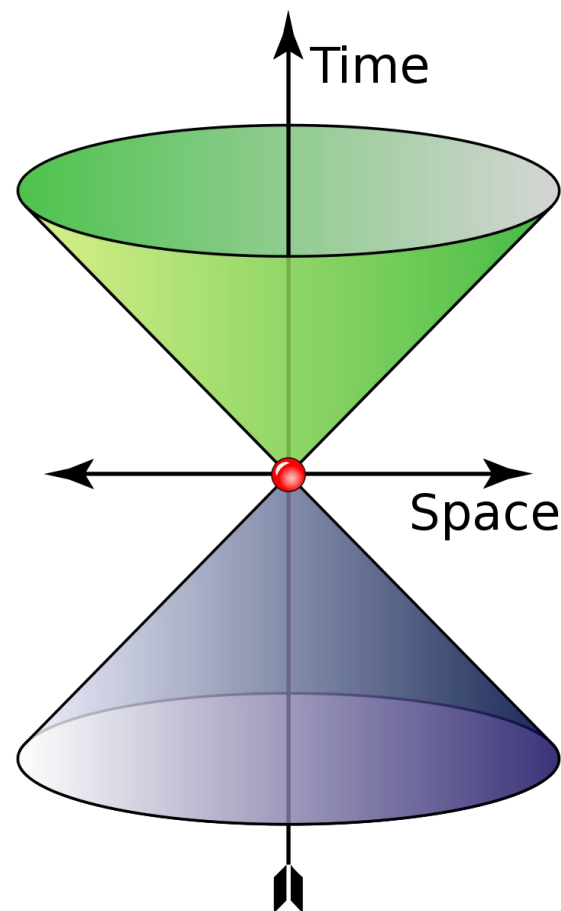


Элементарные частицы



элементарный, калибровочный бозон

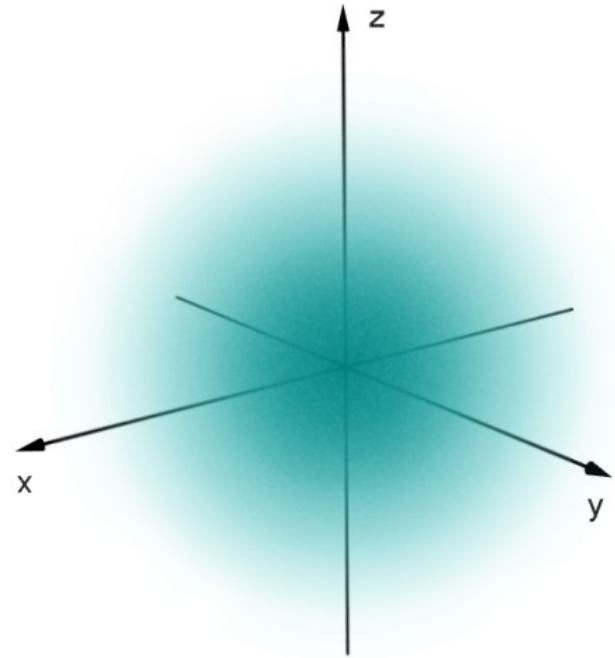
фотон
= квант



лептон, фермион

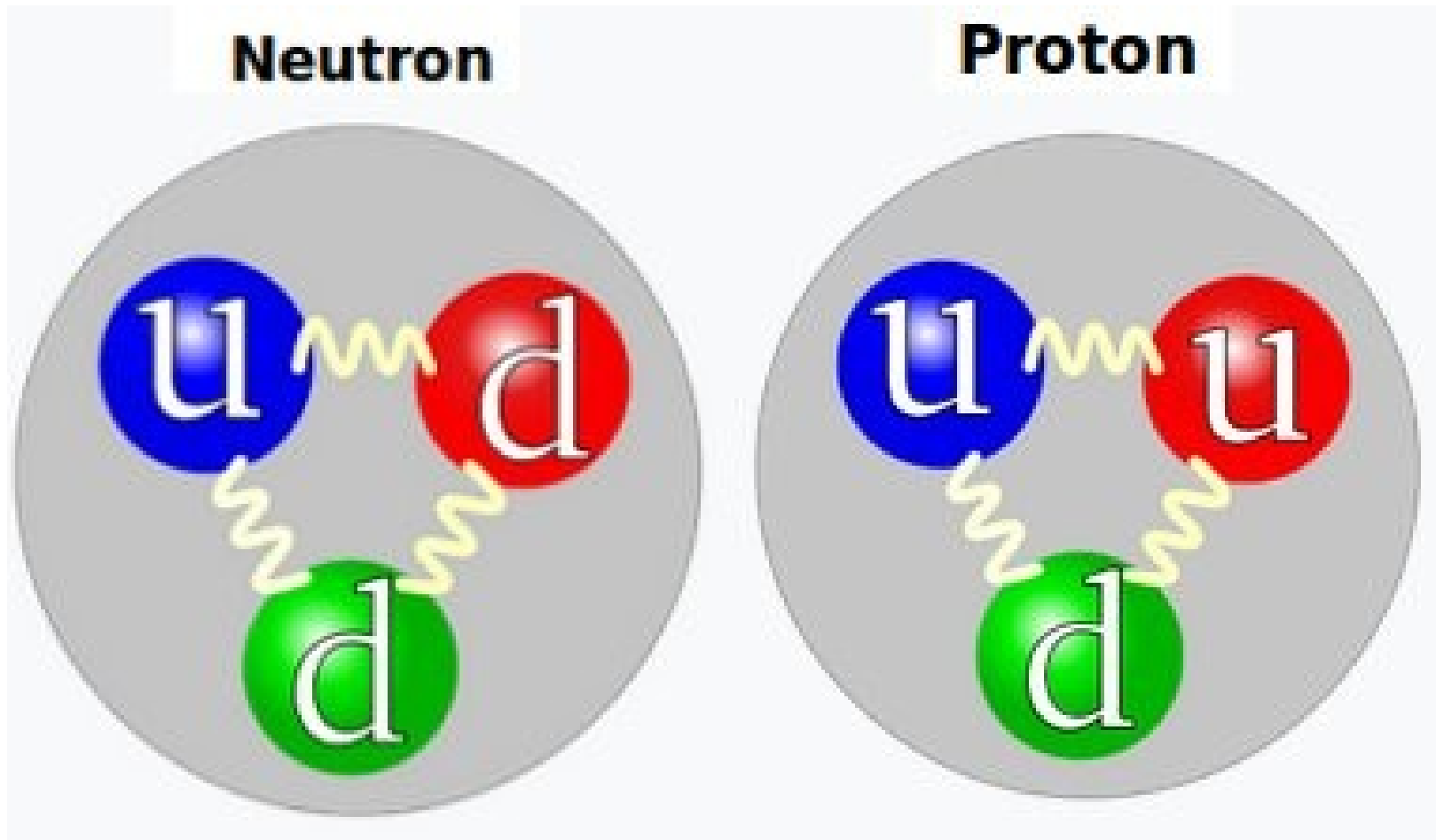
электрон ($e^- = \beta^-$)

позитрон ($e^+ = \beta^+$)

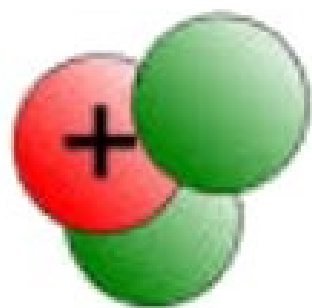
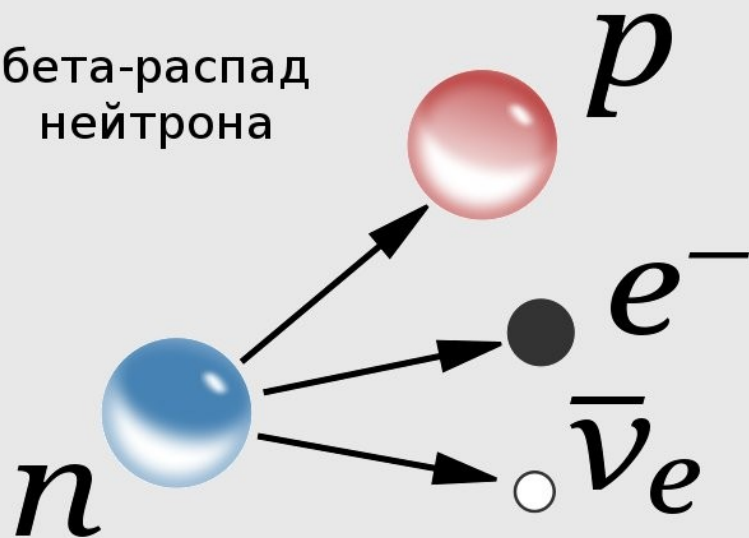


Orbital s ($\ell = 0, m_\ell = 0$)

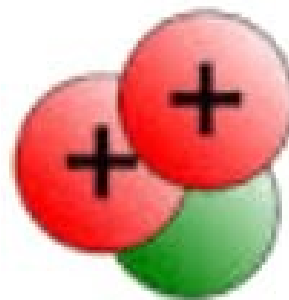
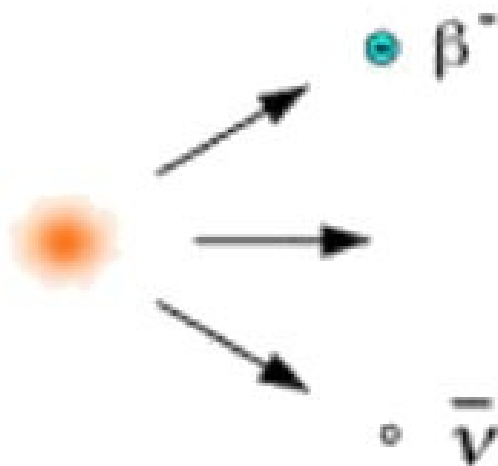
Протоны и нейтроны состоят из кварков



бета-распад
нейтрона



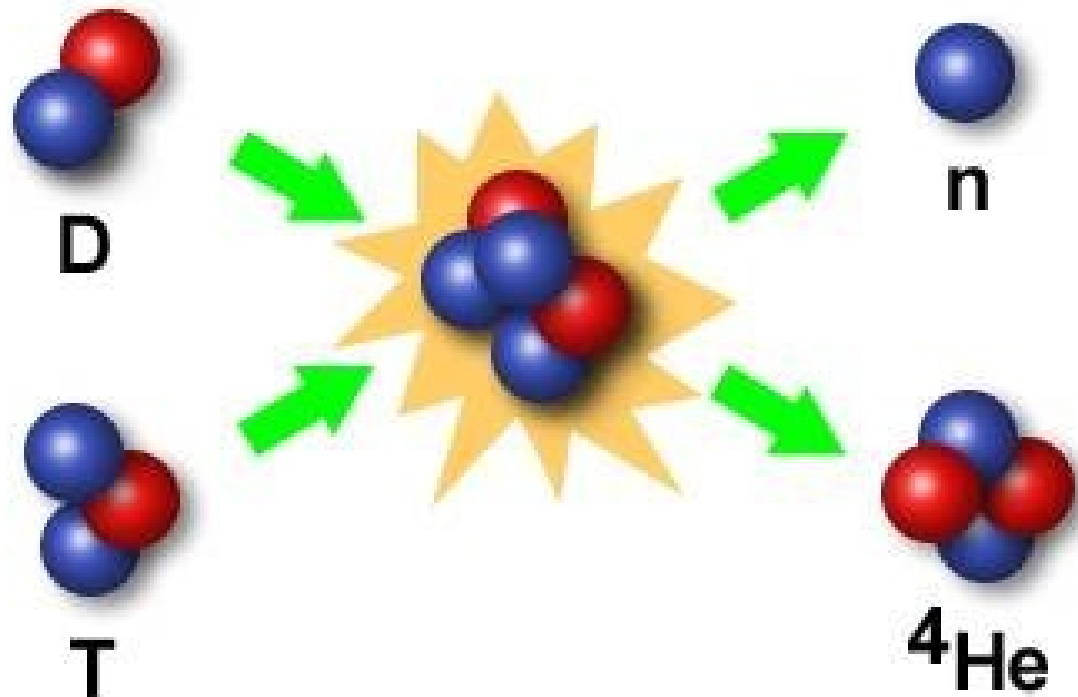
${}^3_1\text{H}$



${}^3_2\text{He}$

бета-распад
третия

Термоядерный синтез



Этапы первичного нуклеосинтеза

- 0 — 10 секунд после БВ — образование элементарных частиц (протоны и др.)
- 10 секунд — 20 минут после БВ — образование ядер с массой 1 — 4 у.е. (изотопы водорода, гелий) и очень небольшого числа ядер с массой до 7 у.е. (литий, бериллий)
- 380 000 лет после БВ — начало образования атомов (водорода, гелия)
- 150-550 млн — 1 млрд после БВ — появление звёзд

Возникновение химических элементов

- Первичный нуклеосинтез (14 млрд. лет):
H - 75 %, He - 25 %, D - $3 \cdot 10^{-5}$, Li - 10^{-9}
- Звёздный нуклеосинтез: H–Fe (до 26-28)
- Вспышки сверхновых звёзд: C – Fe и все атомы тяжелее железа (29 – 95)

Периодическая система химических элементов

ПЕРИ ОДЫ	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ												
	а I б	а II б	а III б	а IV б	а V б	а VI б	а VII б	а VIII б					
1							H водород	He гелий	АТОМНЫЙ НОМЕР U 92 НАЗВАНИЕ УРАН				
2	Li 3 ЛИТИЙ	Be 4 БЕРИЛЛИЙ	B 5 БОР	C 6 УГЛЕРОД	N 7 АЗОТ	O 8 КИСЛОРОД	F 9 ФТОР	Ne 10 НЕОН					
3	Na 11 НАТРИЙ	Mg 12 МАГНИЙ	Al 13 АЛЮМИНИЙ	Si 14 КРЕМНИЙ	P 15 ФОСФОР	S 16 СЕРА	Cl 17 ХЛОР	Ar 18 АРГОН					
4	K 19 КАЛИЙ	Ca 20 КАЛЬЦИЙ	21 Sc СКАНДИЙ	22 Ti ТИТАН	23 V ВАНАДИЙ	24 Cr ХРОМ	25 Mn МАРГАНЕЦ	26 Fe ЖЕЛЕЗО	27 Co КОБАЛЬТ	28 Ni НИКЕЛЬ			
	29 Cu МЕДЬ	30 Zn ЦИНК	31 Ga ГАЛЛИЙ	32 Ge ГЕРМАНИЙ	33 As МЫШЬЯК	34 Se СЕЛЕН	35 Br БРОМ	36 Kr КРИПТОН					
5	Rb 37 РУБИДИЙ	Sr 38 СТРОНЦИЙ	39 Y ИТРИЙ	40 Zr ЦИРКОНИЙ	41 Nb НИОБИЙ	42 Mo МОЛИБДЕН	43 Tc ТЕХНЕЦИЙ	44 Ru РУТЕНИЙ	45 Rh РОДИЙ	46 Pd ПАЛЛАДИЙ			
	47 Ag СЕРЕБРО	48 Cd КАДМИЙ	49 In ИНДИЙ	50 Sn ОЛОВО	51 Sb СУРЬМА	52 Te ТЕЛЛУР	53 I ИОД	54 Xe КСЕНОН					
6	Cs 55 ЦЕЗИЙ	Ba 56 БАРИЙ	57 La* ЛАНТАН	72 Hf ГАФНИЙ	73 Ta ТАНТАЛ	74 W ВОЛЬФРАМ	75 Re РЕНИЙ	76 Os ОСМИЙ	77 Ir ИРИДИЙ	78 Pt ПЛАТИНА			
	79 Au ЗОЛОТО	80 Hg РУТУТЬ	81 Tl ТАЛЛИЙ	82 Pb СВИНЕЦ	83 Bi ВЫСЬМУТ	84 Po ПОЛОНИЙ	85 At АСТАТ	86 Rn РАДОН					
7	Fr 87 ФРАНЦИЙ	Ra 88 РАДИЙ	89 Ac* АКТИНИЙ	104 Ku КУРЧАТОВИЙ	105 Ns НИЛЬСБОРИЙ	106	107	108	109				
* ЛАНТАНОИДЫ													
Ce 58 ЦЕРИЙ	Pr 59 ПРАЗЕОДИМ	Nd 60 НЕОДИМ	Pm 61 ПРОМЕТИЙ	Sm 62 САМАРИЙ	Eu 63 ЕВРОПИЙ	Gd 64 ГАДОЛИНИЙ	Tb 65 ТЕРБИЙ	Dy 66 ДИСПРОСИЙ	Ho 67 ГОЛЬМИЙ	Er 68 ЭРБИЙ	Tm 69 ТУЛИЙ	Yb 70 ИТТЕРБИЙ	Lu 71 ЛЮТЕЦИЙ
* АКТИНОИДЫ													
Th 90 ТОРИЙ	Pa 91 ПРОАКТИНИЙ	U 92 УРАН	Np 93 НЕПТУНИЙ	Pu 94 ПЛУТОНИЙ	Am 95 АМЕРИЦИЙ	Cm 96 КЮРИЙ	Bk 97 БЕРКЛИЙ	Cf 98 КАЛЬФОРНИЙ	Es 99 ЭЙНШТЕЙНИЙ	Fm 100 ФЕРМИЙ	Md 101 МЕНДЕЛЁВИЙ	No 102 (НОВЕЛИЙ)	Lr 103 (ЛЮХЕНСКИЙ)
- s-элементы - p-элементы - d-элементы - f-элементы													

Стабильные и нестабильные изотопы

- до 82-го элемента (свинец) – есть и стабильные, и нестабильные изотопы
- начиная с 83-го (висмут) – **только** нестабильные, т.е. радиоактивные изотопы

Периодическая система химических элементов (таблица Менделеева)

Группа→ ↓Период	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	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
5	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
6	55 Cs	56 Ba		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
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
Лантаноиды				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
Актиноиды				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

Радиоизотопы

- радиоизотопное датирование
- диагностика и лечение заболеваний
- наблюдения за физиологическими и биохимическими процессами
- наблюдения за поведением и др.

Методы датирования

- по соотношению урана и свинца
- по соотношению калия и аргона
- по соотношению изотопов углерода
- по следам распада
- термолюминесцентный анализ
- оптическое датирование
- метод электронно-спинового резонанса
- палеомагнетизм

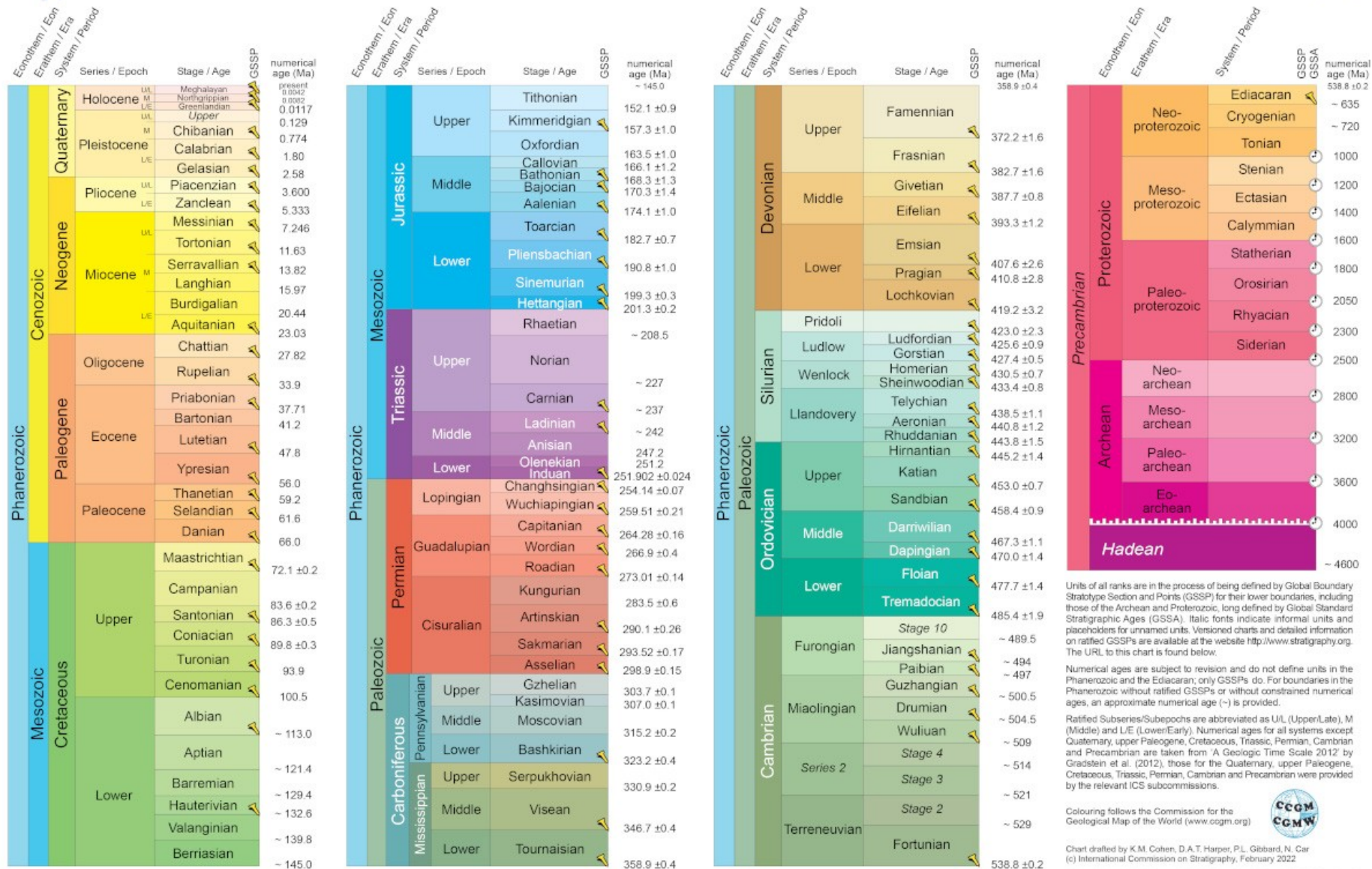


INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy

v 2022/02



Units of all ranks are in the process of being defined by Global Boundary Stratotype Section and Points (GSSP) for their lower boundaries, including those of the Archean and Proterozoic, long defined by Global Standard Stratigraphic Ages (GSSA). Italic fonts indicate informal units and placeholders for unnamed units. Versioned charts and detailed information on ratified GSSPs are available at the website <http://www.stratigraphy.org>. The URL to this chart is found below.

Numerical ages are subject to revision and do not define units in the Phanerozoic and the Ediacaran; only GSSPs do. For boundaries in the Phanerozoic without ratified GSSPs or without constrained numerical ages, an approximate numerical age (–) is provided.

Ratified Subseries/Subepochs are abbreviated as UL (Upper/Late), M (Middle) and LE (Lower/Early). Numerical ages for all systems except Quaternary, upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian, Cambrian and Precambrian are taken from 'A Geologic Time Scale 2012' by Gradstein et al. (2012); those for the Quaternary, upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian, Cambrian and Precambrian were provided by the relevant ICS subcommissions.

Colouring follows the Commission for the Geological Map of the World (www.cgmw.org)



Chart drafted by K.M. Cohen, D.A.T. Harper, P.L. Gibbard, N. Car (c) International Commission on Stratigraphy, February 2022

To cite: Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. & Fan, J.-X. (2013; updated) The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199–204.

URL: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2022-02.pdf>

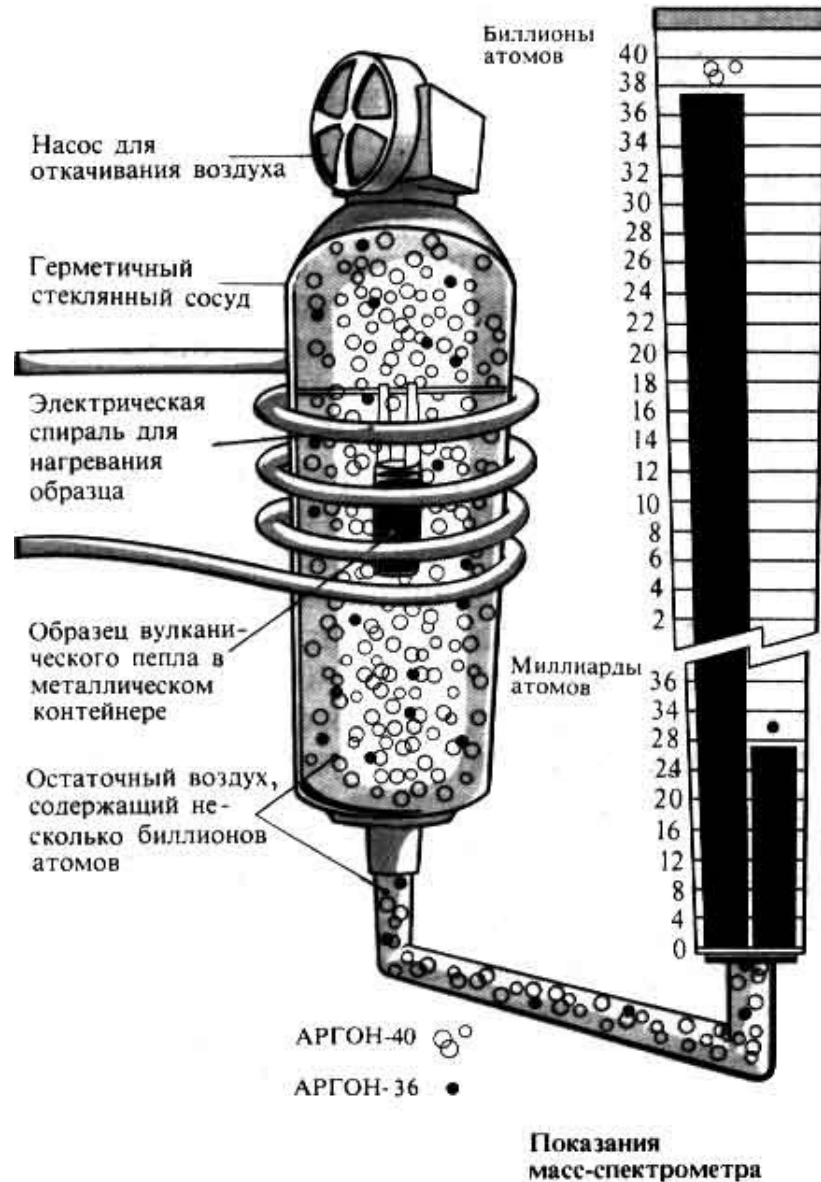
Треки распада урана в кристалле циркона



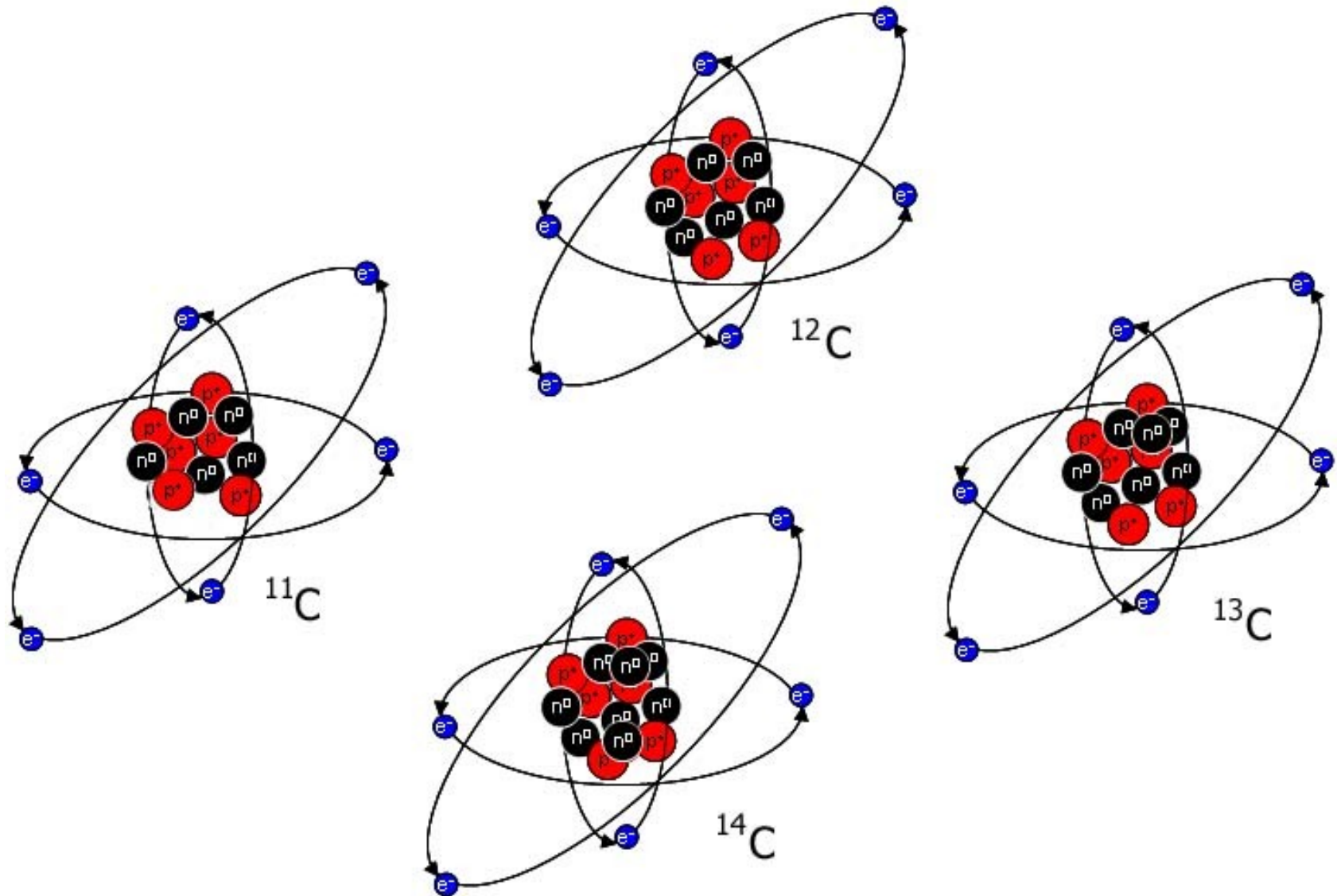
Калий - Аргон

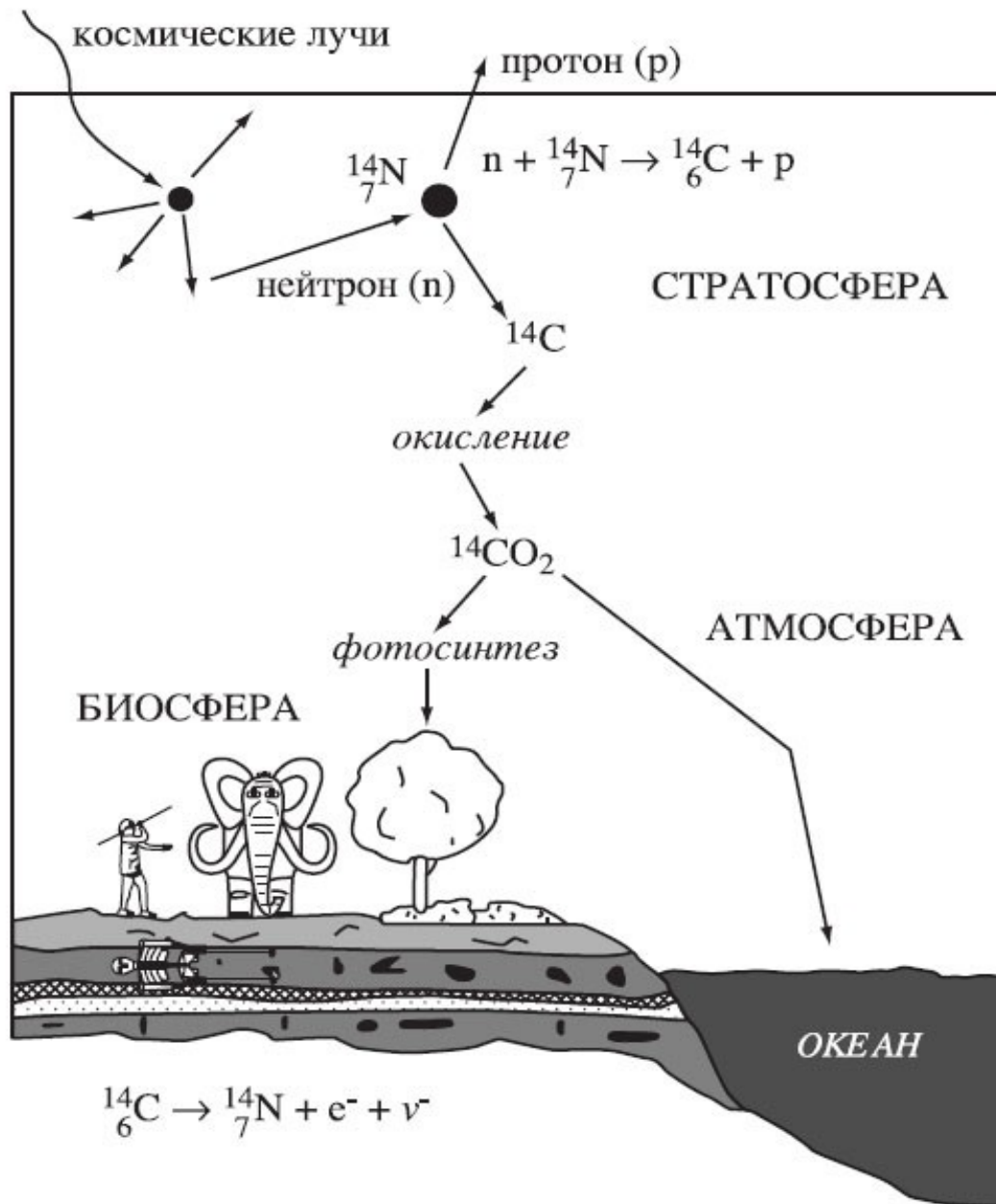


Джеймс Аронсон
устанавливает возраст
австралопитека Люси



Модель атома углерода (изотопы)





Цикл
радиоуглерода (^{14}C)
в атмосфере,
гидросфере и
биосфере Земли

Калибровка методов датирования

1. Сравнение с данными образцов, имеющих точное историческое датирование.
2. Дендрохронология.
3. Годовые приросты кораллов.
4. Отложения фораминифер и др.



- Содержание важных для жизни элементов в галактике «Млечный путь»:

Н - 75 %, О – 1%; С – 0,5%; Fe и N – 0,1%

- Планеты земной группы - Меркурий, Венера, Земля и Марс - состоят из железа и силикатов (соединений кремния).
- Наличие Луны на орбите Земли обеспечило стабилизацию вращения, мощные приливы и отливы в Океане.

Защита жизни на Земле

- **Железное** ядро создало магнитное поле (3,5 млрд. лет назад) – защита от солнечного ветра.
- Вулканы выделили много **CO₂** - защита от замерзания (солнце светило в полтора раза слабее, чем сейчас).
- Цианобактерии выделили много **O₂** - озоновый слой защитил жизнь на суше от жёсткого ультрафиолета.

Встречаемость химических элементов в живых организмах

Макроэлементы:

- биогенные, органогенные – C, O, H, N, P, S.
- остальные – Ca, K, Na, Cl, Mg, Fe, Si.

Микроэлементы: Mn, B, Sr, Cu, Li, I, Br, Ni, Mo, Co, Zn, Se, Cr, F и др.

Ультрамикроэлементы: Cs, Cd, Hg, Ag, Au, Ra, U и др.

Роль химических элементов

- **Жизненно необходимые** – обязательно входят в состав белков, жиров, углеводов, нуклеиновых кислот, витаминов и др. у большинства организмов.
- **Примесные** – могут входить в состав тканей и органов, при незначительном повышении концентрации становятся токсичными.

Примесные элементы

Период	Группа						
	VIII	I	II	III	IV	V	VI
2	-	-	Be	-	-	-	-
4	Ni	-	-	-	-	As	Se
5	Pd	Ag	Cd	-	-	Sb	Te
6	Pt	Au	Ba Hg	Tl	Pb	Bi	-

Многие элементы образуют прочные сульфидные связи, блокируя работу белков, а также вытесняют жизненно необходимые элементы (Cu, Zn, S и др.) из биомолекул.

Селеноцистеин – 21-я АК

- кодон UGA (стоп-кодон) - при специфической регуляции за счёт мРНК;
- специальная тРНК;
- одиночно входит в состав некоторых пероксидаз (защита от окисления);
- в составе селенопротеина Р (SeP) – в большом количестве (антиоксидант; поддерживает необходимый уровень селена в организме);
- входит в состав 25 белков у человека.

Пирролизин – 22-я АК

- кодон UAG (стоп-кодон) - при специфической регуляции за счёт мРНК;
- специальная тРНК;
- в составе ферментов метаболизма метана у метаногенных прокариот.

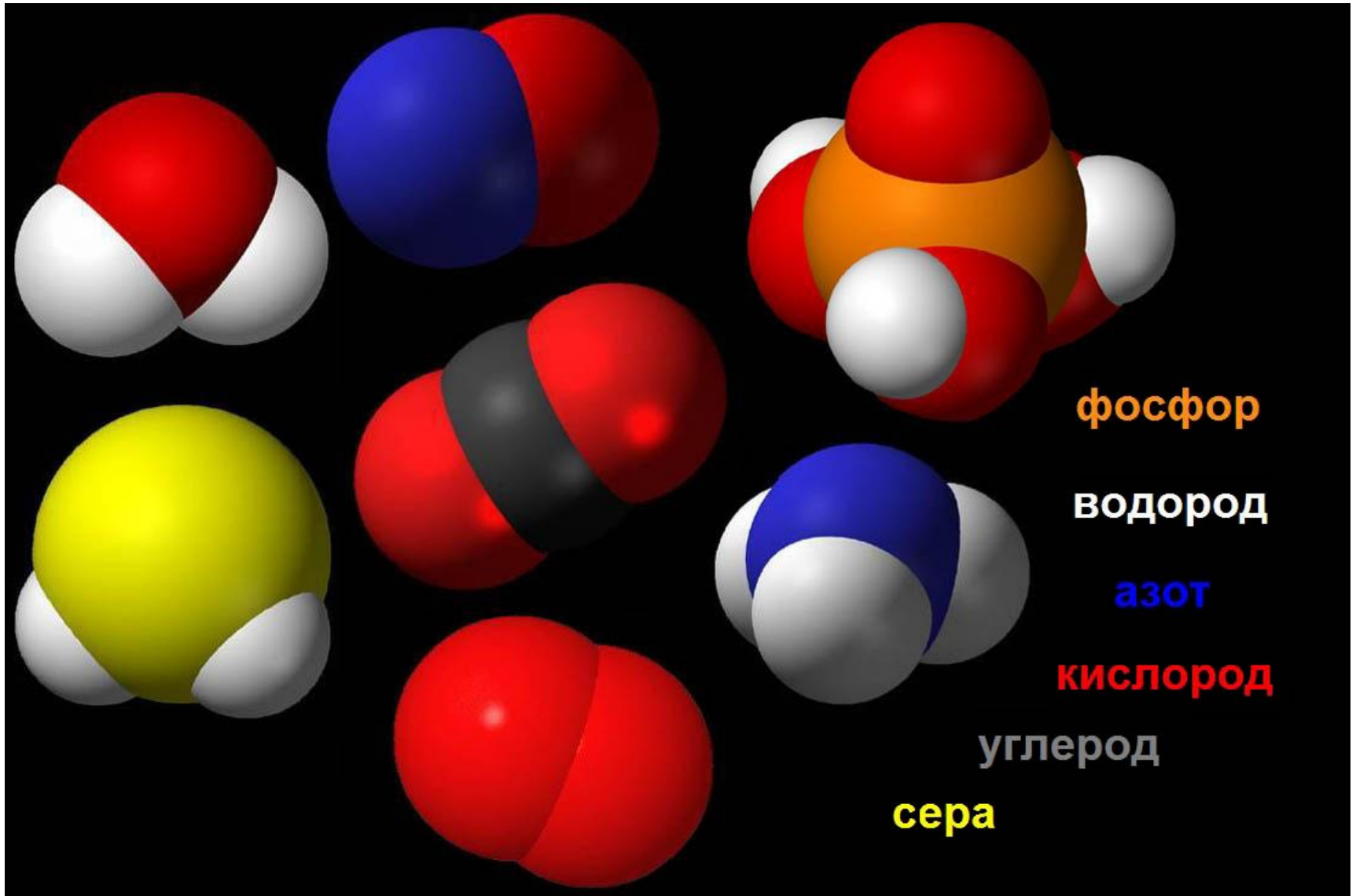
Нестандартные аминокислоты

- **Цитруллин** – в белках красных водорослей и волосяных фолликулов млекопитающих.
- **Десмозин** – в составе белка эластина.
- **3-гидроксипролин** – в коллагене.
- **Селенометионин** – случайно вместо метионина.
- и много других

D-аминокислоты

- L-аспартат превращается в D-аспартат в белках дентина и эмали зубов со скоростью 0,1% в год. Так же стареет хрусталик глаза.
- L-аспартат превращается в D-аспартат при старении коллагена в живых тканях.
- D-аспартат и D-метионин могут быть нейромедиаторами у млекопитающих.
- D-метионин и D-аланин входят в состав опиоидов кожи квакш *Phyllomedusa bicolor*.
- Есть в некоторых бактериальных антибиотиках.

Биологически важные неорганические соединения



вопрос

- Какое вещество может вызывать массовую гибель людей и животных, но для него не рассчитана ПДК?

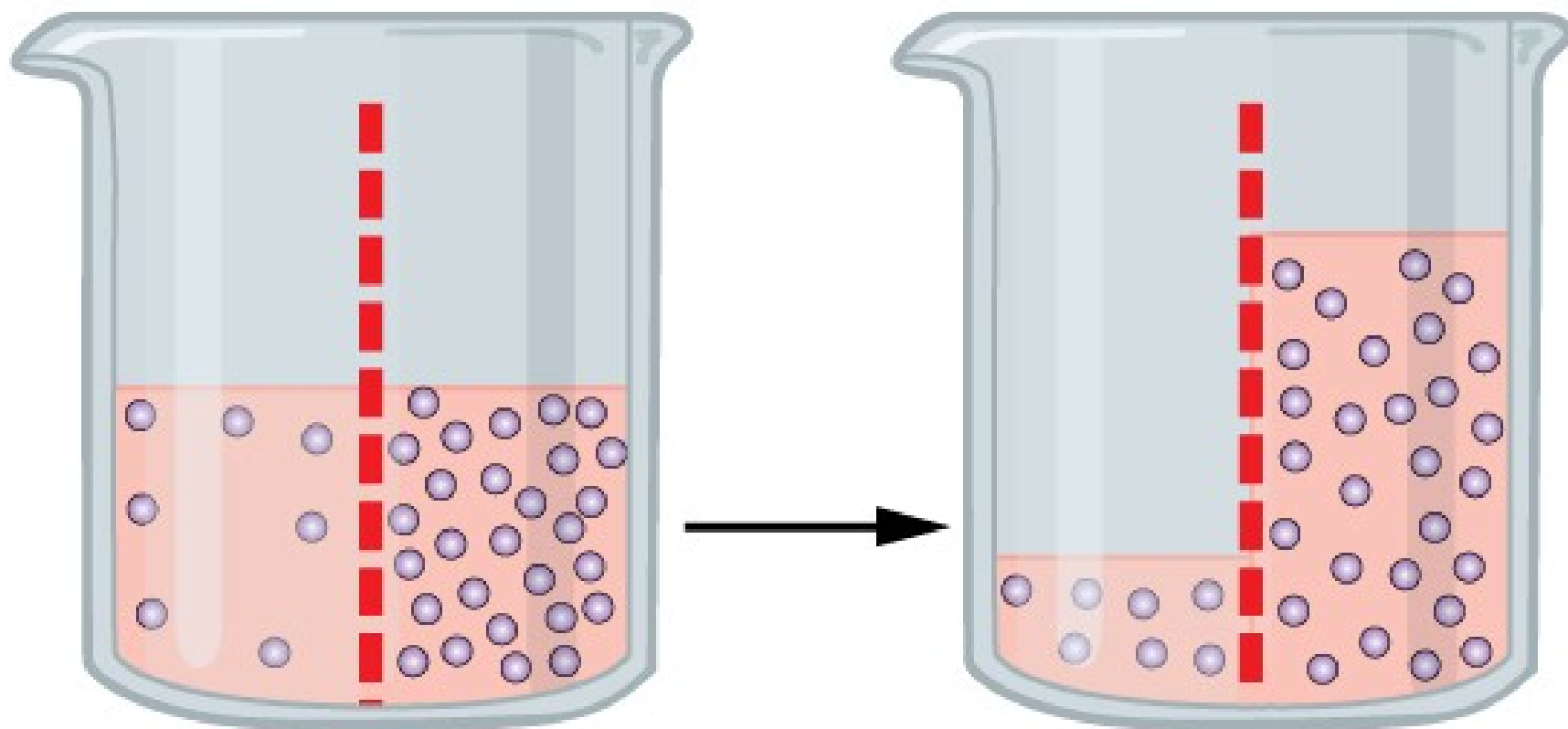
ОТВЕТ

H₂O

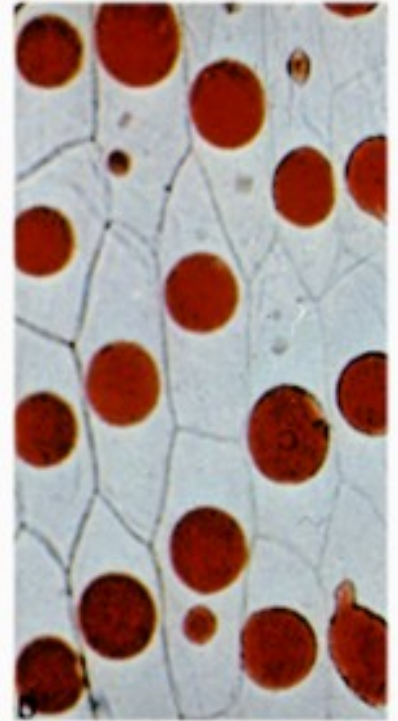
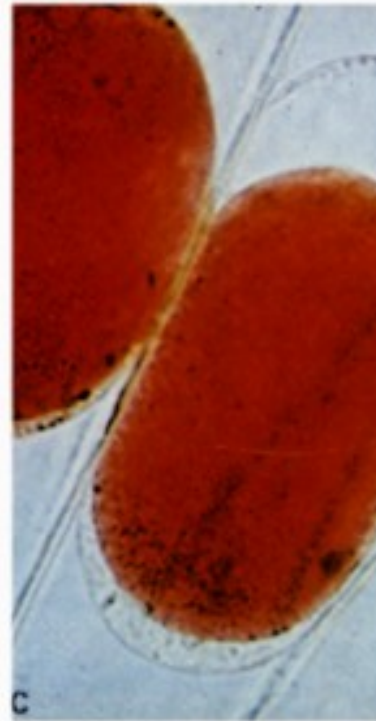
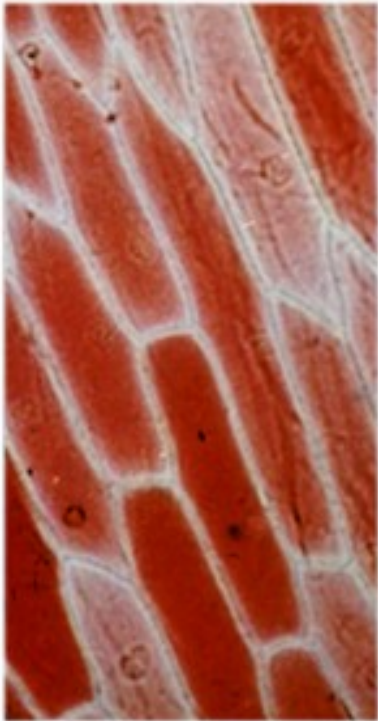
Растворы в биосистемах

- В воде (гидрофильные вещества).
- В липидах (гидрофобные вещества).

Осмос



Плазмолиз в клетках кожицы лука



Осмос и жизнь

- Питание бактерий.
- Тургор клеток и тканей.
- Транспорт веществ у растений.
- Выделительные системы животных.
- Гемолиз и плазмолиз.
- Квасиоркор.
- Очистка питьевой воды.
- Засаливание пищи.

Квашиоркор — безбелковый отёк



Углекислый газ

- Избыток – гиперкапния.
- Недостаток –гипокапния, алкалоз (при гипервентиляции лёгких и избытке O_2).

Угарный газ

- Токсичен.
- Нейротрансмиттер (сигнальная молекула)

Буферные системы крови и др.

- Бикарбонатная $\text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$
- Фосфатная (Na) $\text{H}_2\text{PO}_4^- / \text{HPO}_4^{2-}$
- Белковая
- Гемоглобиновая

Ортофосфорная кислота

- Первый этап гликолиза и другие варианты фосфорилирования при участии киназ.
- Окислительное фосфорилирование на мембранах митохондрий.
- Фосфорилирование в хлоропластах при световой фазе фотосинтеза.
- Посттрансляционная модификация белков.
- Ингибирование многих ферментов и др.

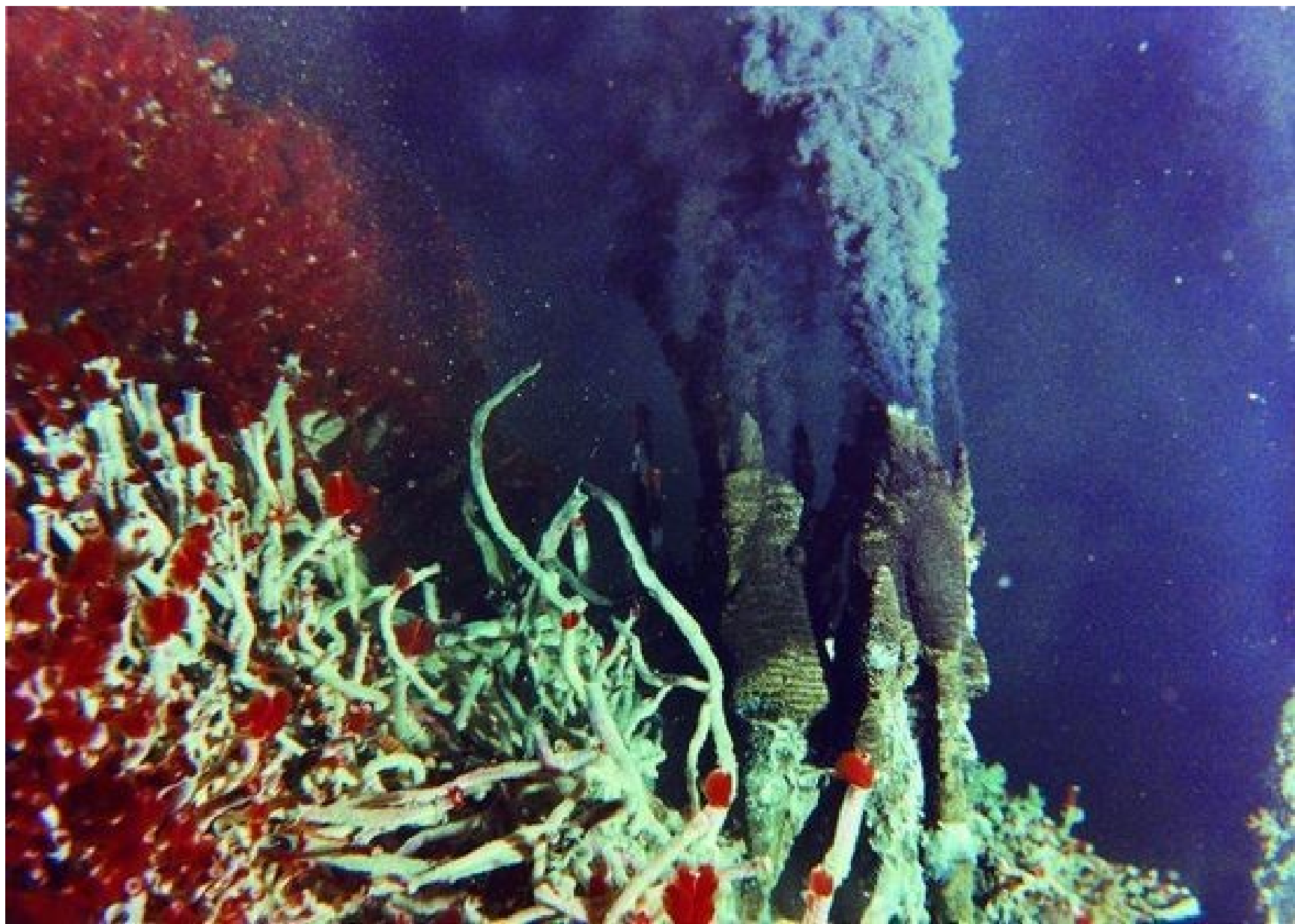
Сероводород

- Очень токсичен.
- Газотрансмиттер.
- Участвует в процессах запоминания.
- Цитопротектор.
- Сероводородные ванны – ускоряют заживление кожи и мышц, уменьшают воспаление.
- Источник энергии для хемосинтезирующих бактерий.

Вестиментиферы



- автотрофное питание за счёт симбиотических бактерий, окисляющих сероводород (в трофосоме)



Выщелачивание
меди, урана и др.



Аммиак

- Очень токсичен.
- Конечный продукт азотистого обмена.
- Участие в синтезе аминокислот в печени.
- Нашатырный спирт используют для возбуждения дыхания, стимуляции рвоты, в виде примочек при укусах насекомых.

Оксид азота (II) - NO

Журнал "Science" назвал в 1992 году окись азота молекулой года.

Нобелевская премия по физиологии и медицине 1998 года:

«За открытие роли **оксида азота** как сигнальной молекулы в регуляции сердечно-сосудистой системы».



**ОКИСЬ
АЗОТА**

ЭФФЕКТЫ

**РАССЛАБЛЕНИЕ
СОСУДОВ**

**СНИЖЕНИЕ
АРТЕРИАЛЬНОГО
ДАВЛЕНИЯ**

**ПОВЫШЕНИЕ
ИММУННОГО
ОТВЕТА**

**РЕГУЛЯЦИЯ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ГЕНОМА**

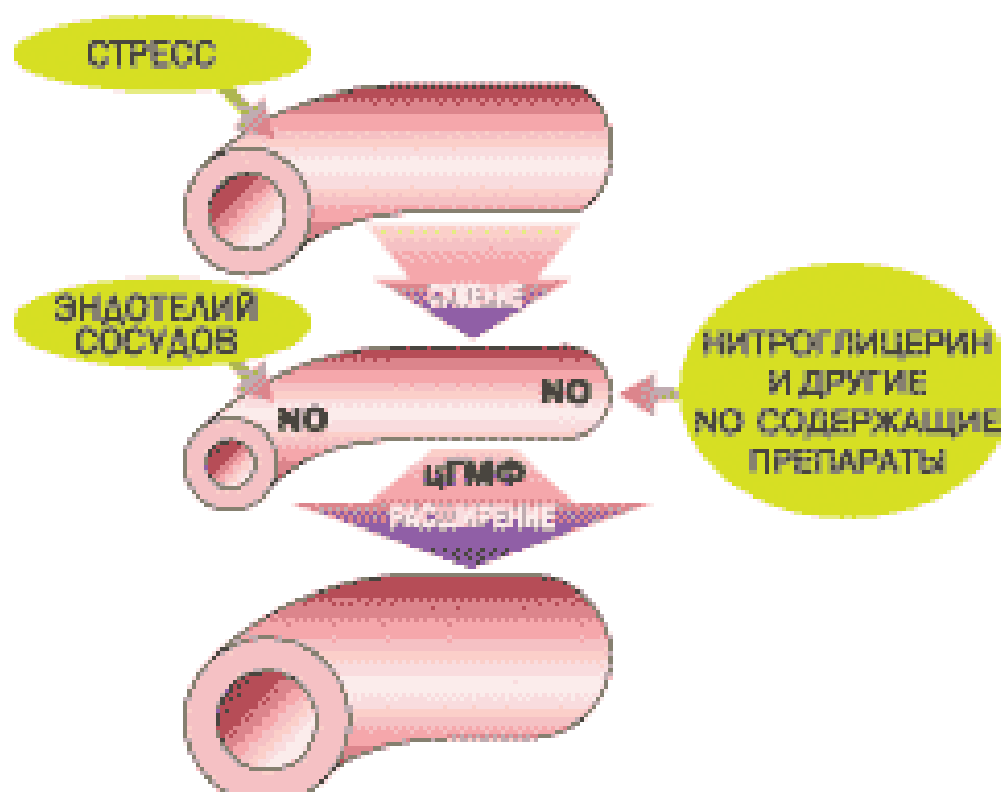
**РЕГУЛЯЦИЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
НЕРВНОЙ
СИСТЕМЫ**



NO – синтазы

- **эндотелиальные** – eNOS (ген NOS3 на 7-й хромосоме),
- **нейрональные** - nNOS (ген NOS1 на 12-й хромосоме),
- **индуцибельные** – iNOS (гены NOS2A, NOS2B, NOS2C на 17-й хромосоме).

эндотелиальный NO – сильнейший **вазодилатор**. Расширение сосудов – за счёт активации цГМФ (циклического гуанозинмонофосфата)



«цепь событий» при активации цГМФ

- Эндотелиальная **NO-синтаза** (eNOS=NOS3) производит NO из **аргинина** и кислорода.
- NO диффундирует в гладкие мышцы сосудов, соединяется с **гуанилатциклазой**, изменяет конформацию её активного центра и включает синтез **цГМФ**.
- цГМФ связывается с **протеинкиназой G** и переводит её в активное состояние.
- Протеинкиназа G изменяет проницаемость мембраны миоцитов и уменьшает **концентрацию Ca^{2+}** в клетках.
- **Миофибриллы** расслабляются - тонус кровеносных сосудов снижается.

NO – «двуликий Янус»

- Усиливает или ингибирует процессы перекисного окисления липидов.
- Вызывает расширение сосудов или их сужение.
- Индуцирует апоптоз или защищает от него.
- Модулирует воспалительные процессы.
- Ингибирует синтез АТФ в митохондриях.

Полезные ископаемые биологического происхождения

- Горючие (нефть, газ, уголь, сланцы, торф)
- Карбонатные (известняки, мел, доломит)
- Кремнистые (опал, халцедон, кварц)
- Фосфаты, сульфиды
- Железистые и марганцевые руды
- Янтарь

Ракушечник





Украшения



янтарь с инклюзией, распил аммонита, аммолиты

Использован материал с сайтов:

- school-collection.edu.ru
- antropogenez.ru
- humbio.ru
- xumuk.ru
- medbiol.ru
- en.wikipedia.org; ru.wikipedia.org
- www.stratigraphy.org

Спасибо за внимание!

