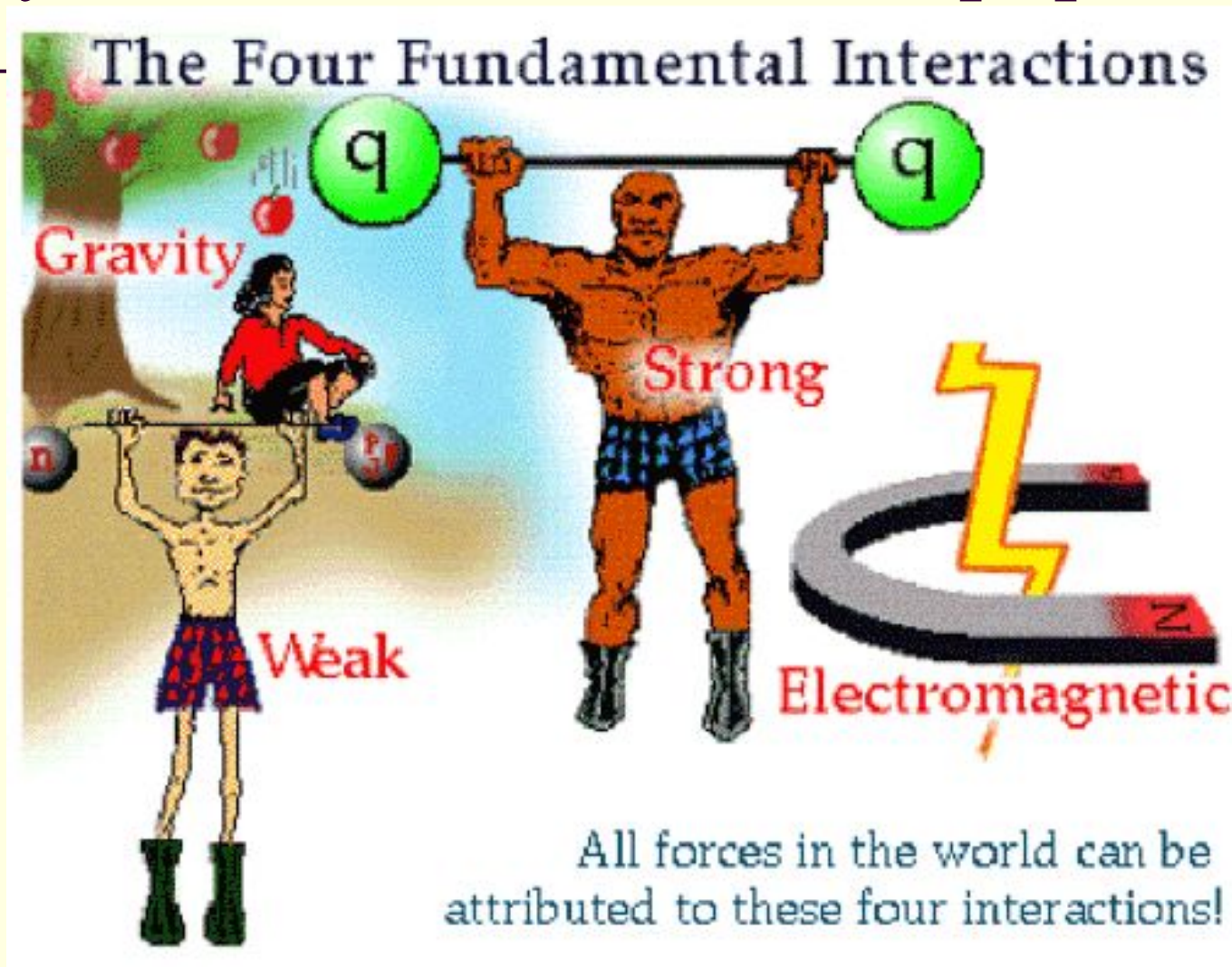


Ядерные реакции

Лекция с элементами
самостоятельной работы

Фундаментальные силы природы



Ядерные реакции

Ядерными называются реакции (самопроизвольно возникающие или искусственно вызванные), при которых исходное атомное ядро претерпевает более или менее глубокие превращения, в результате которых образуются новые ядра или изменяется состояние ядра.

Стабильность ядра

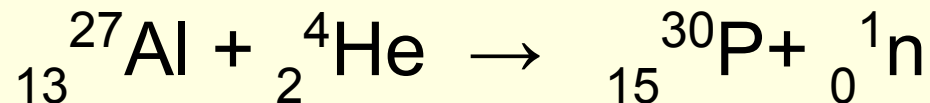
- Основные влияющие на стабильность факторы- масса ядра, его заряд и соотношение числа протонов и нейтронов в ядре.
- Стабильной связи нуклонов в ядре отвечает соотношение:

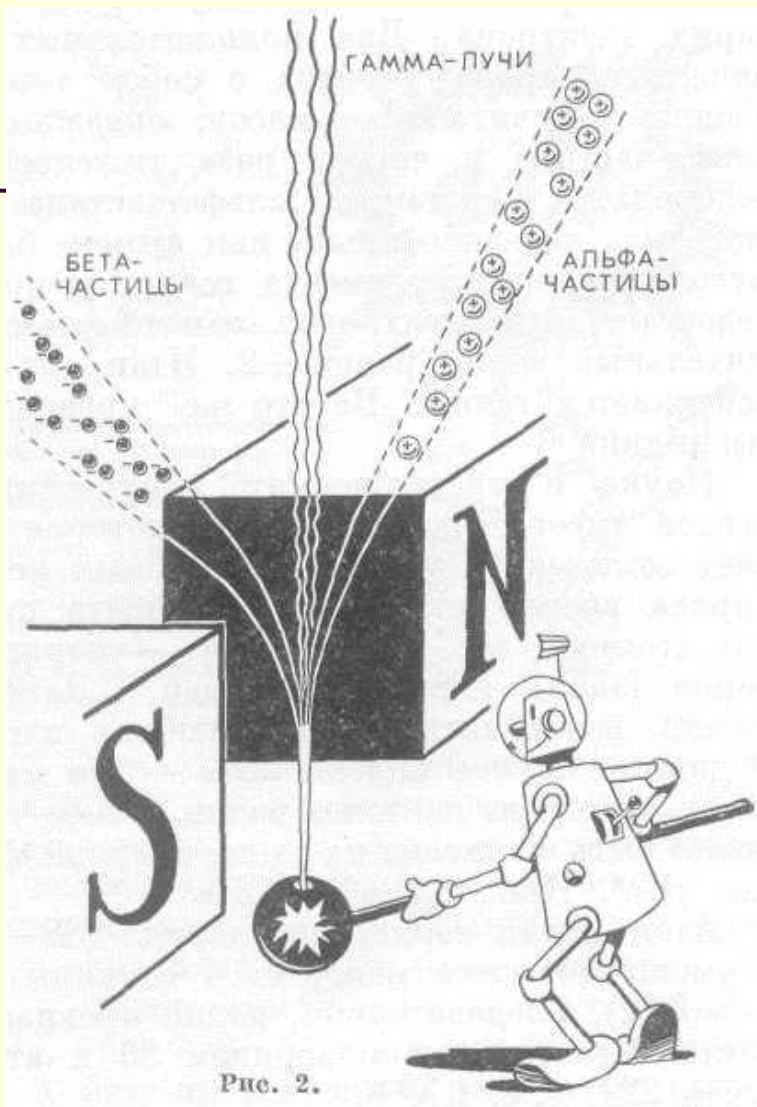
$$N/Z = 1 + 0,015 A^{2/3}$$

$$A < 250$$

Радиоактивность

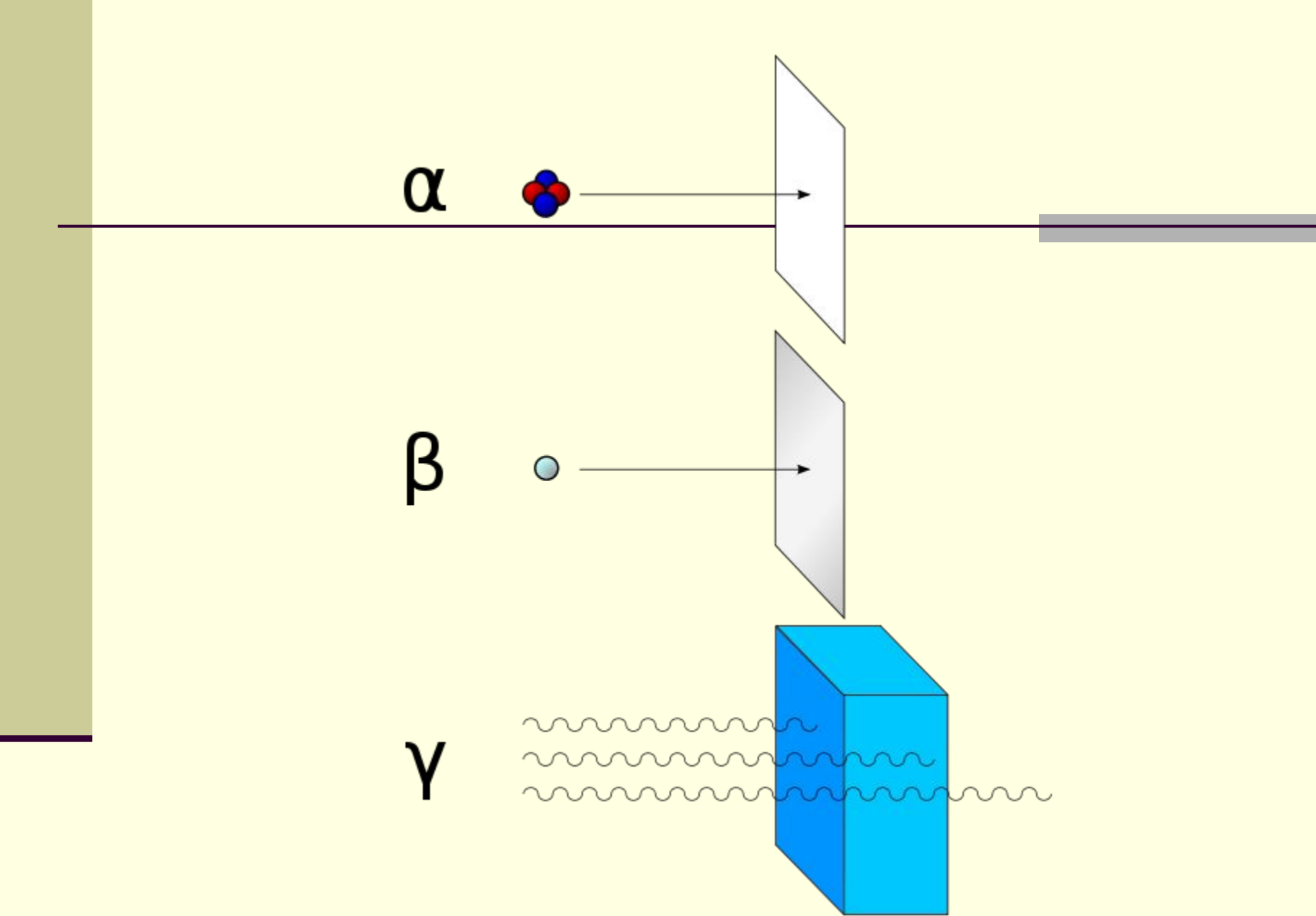
- 1898 г. Пьер и Мария Кюри открыли явление естественной радиоактивности (Ra, Po и Th).
- 1934 г. Ирен Кюри и Фредерик Жолио-Кюри открыли искусственную радиоактивность для тех изотопов, которые не встречаются в природе, но могут быть получены в результате ядерных процессов:





Радиоактивное излучение неоднородно:

- ▣ **α лучи** (Э. Резерфорд) отклоняются в электрическом поле к (-) полюсу. Скорость 20км/сек., длина пробега 3 - 11см.
- ▣ **β лучи** (Э. Резерфорд) отклоняются в электрическом поле к (+) полюсу. Скорость близка к скорости света (~300000 км/сек.)
- ▣ **γ лучи** (П. Виллар) не отклоняются ни в электрическом ни в магнитном поле. По природе это электромагнитное излучение с очень маленькой длиной волны ($\lambda = 0,0005 - 0,04$ нм.)



Бумага
0,2 мм

Оргстекло
10 мм

Свинец
15 см

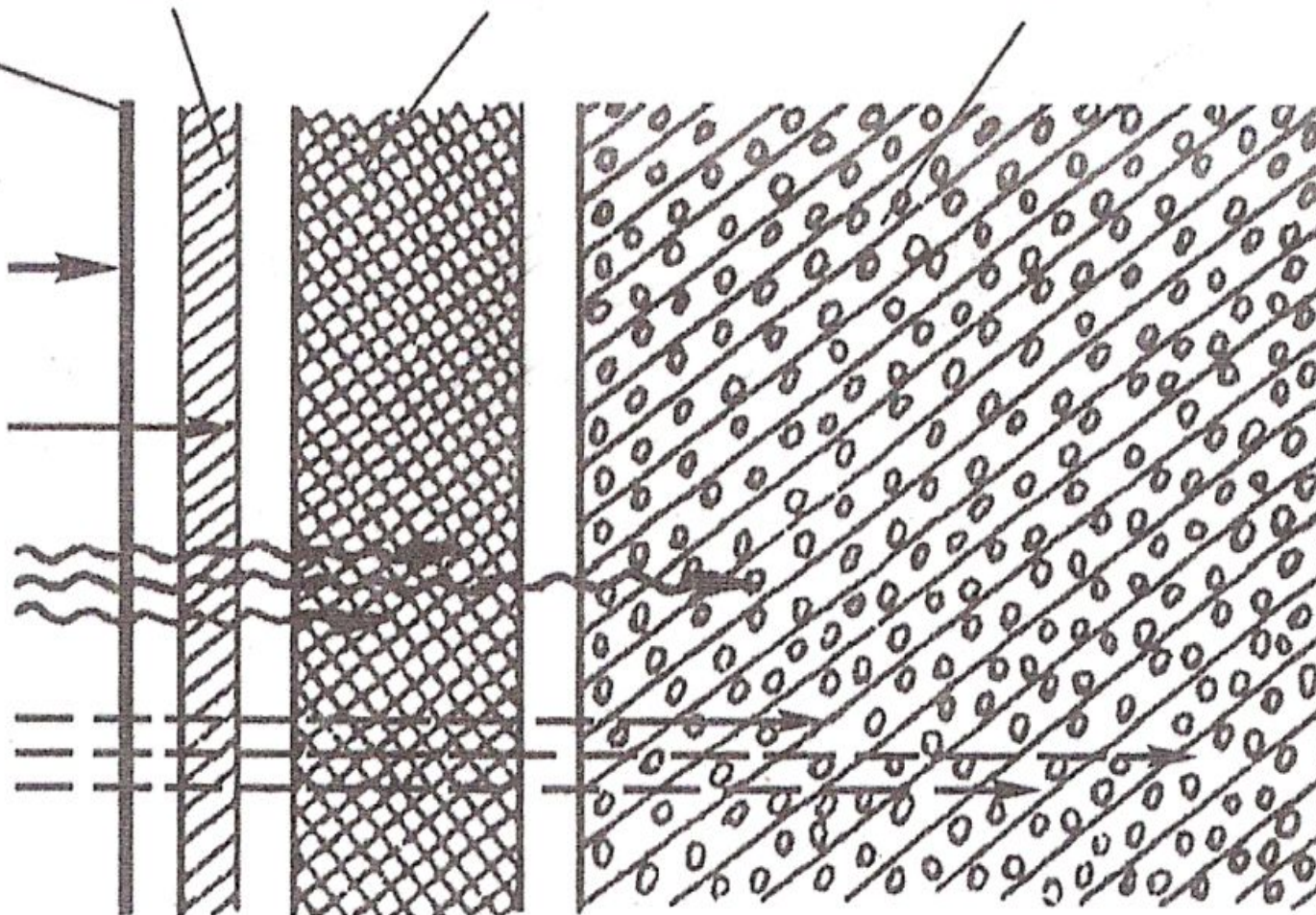
Бетон
3 м

α -частицы

β -частицы

γ -кванты

Нейтроны



Из 39 природных радиоактивных элементов

- ✓ 4 элемента имеют α , β , γ лучи;
- ✓ 21 элемент α , γ лучи;
- ✓ 14 элементов β , γ лучи.

Естественную радиоактивность изучали Содди и Фаянс (1913 г.)

Они сформулировали правило сдвига или **закон смещения** при радиоактивном распаде.

К основным видам радиоактивности относятся:

- 1) α -распад,
- 2) трансформационные превращения : β^- распад, β^+ -распад, электронный захват,
- 3) спонтанное деление.

Федерико Содди



Professor Soddy, the man to whom humanity owes so much

Казимир Фаянс

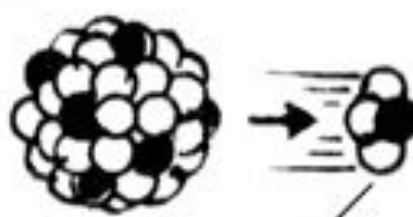
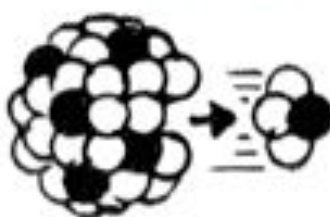


В.И. Комарова 2017 (очное)

Альфа-распад

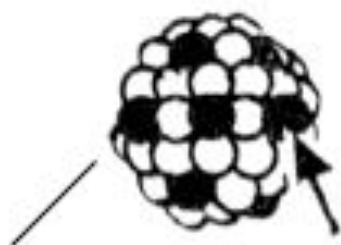


Ядро атома



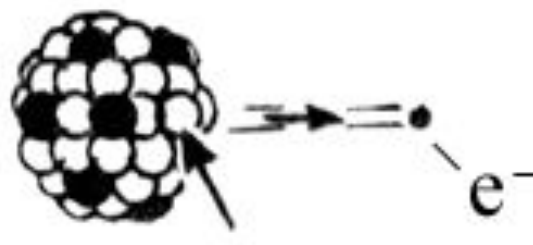
Альфа-частица

Бета-распад



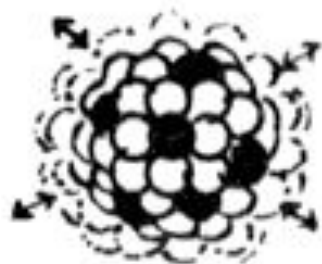
Ядро атома

Нейтрон

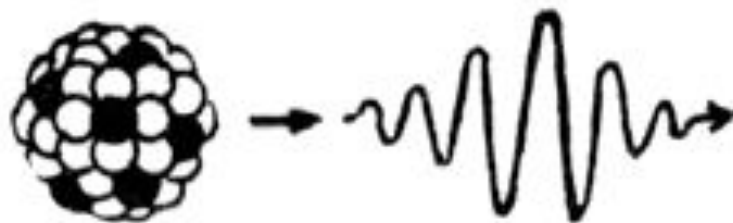


Протон

Гамма-излучение

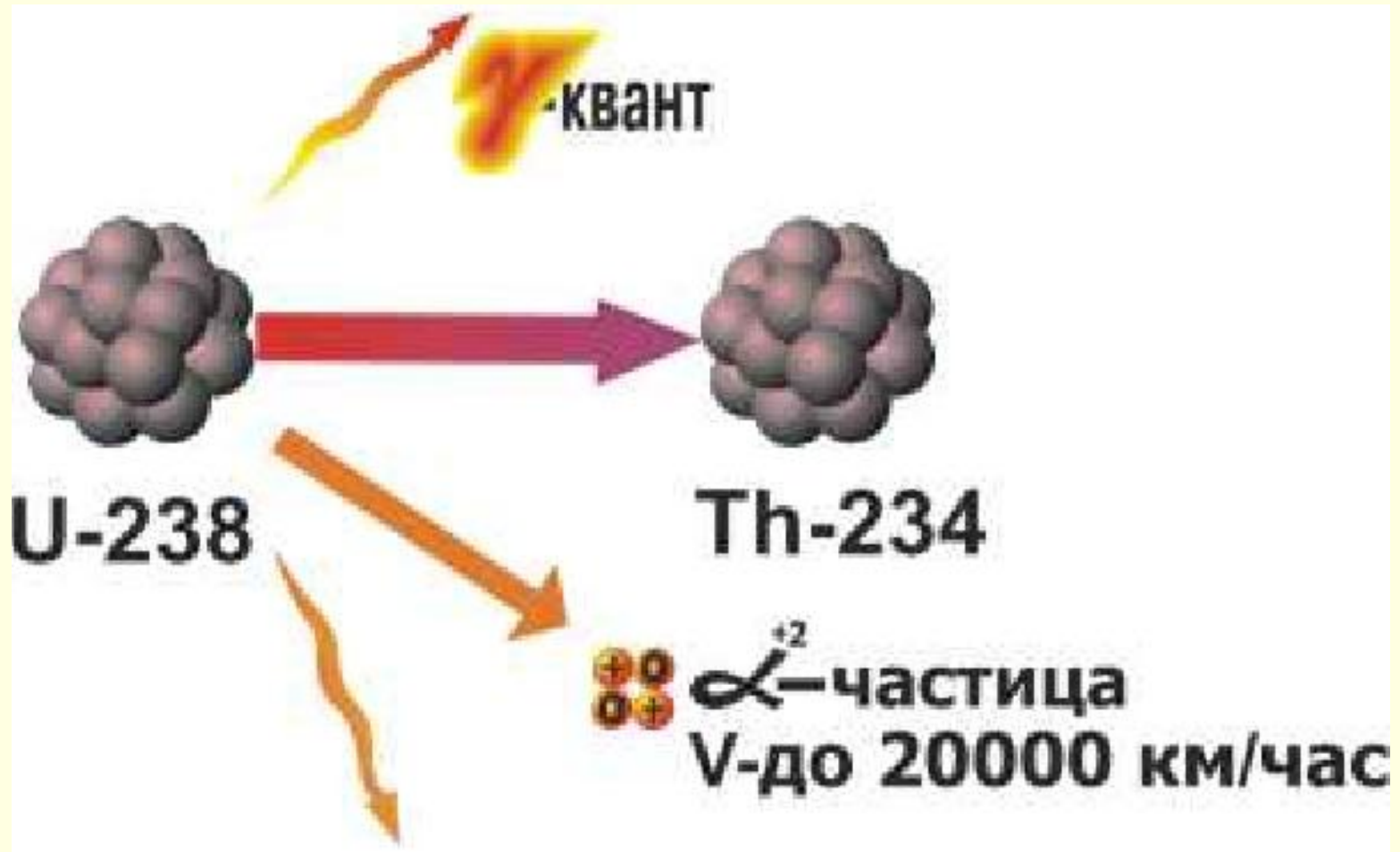


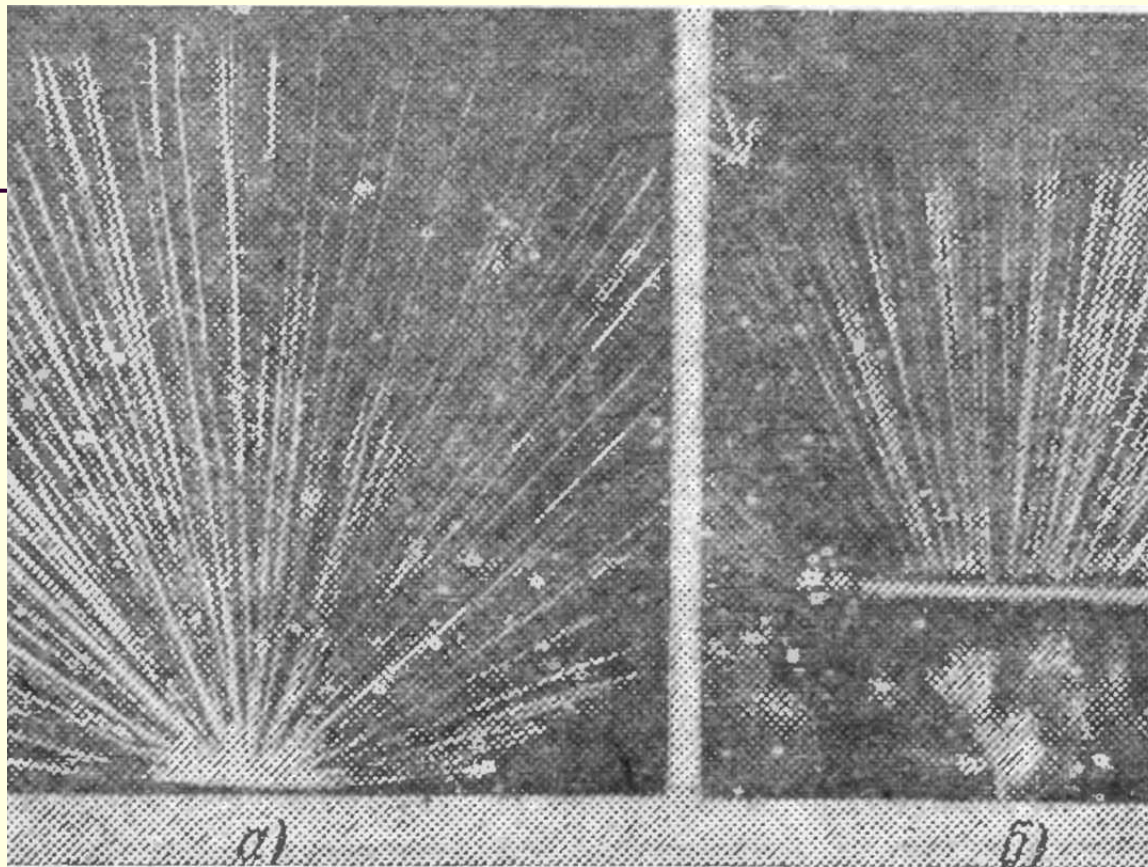
Возбуждённое ядро



Гамма-квант

1) α -распад





Трек (след) испускаемых альфа-частиц в слое фотоэмульсии

Правило сдвига для альфа-распада:

- *При альфа-распаде дочерний элемент в таблице Д.И. Менделеева располагается на две клетки левее исходного.*
- Для *s-, p-, d-* семейств это означает переход элемента на две группы влево
- ***! напишите самостоятельно уравнение альфа-распада урана-238***

Ядерные реакции проходят самопроизвольно,

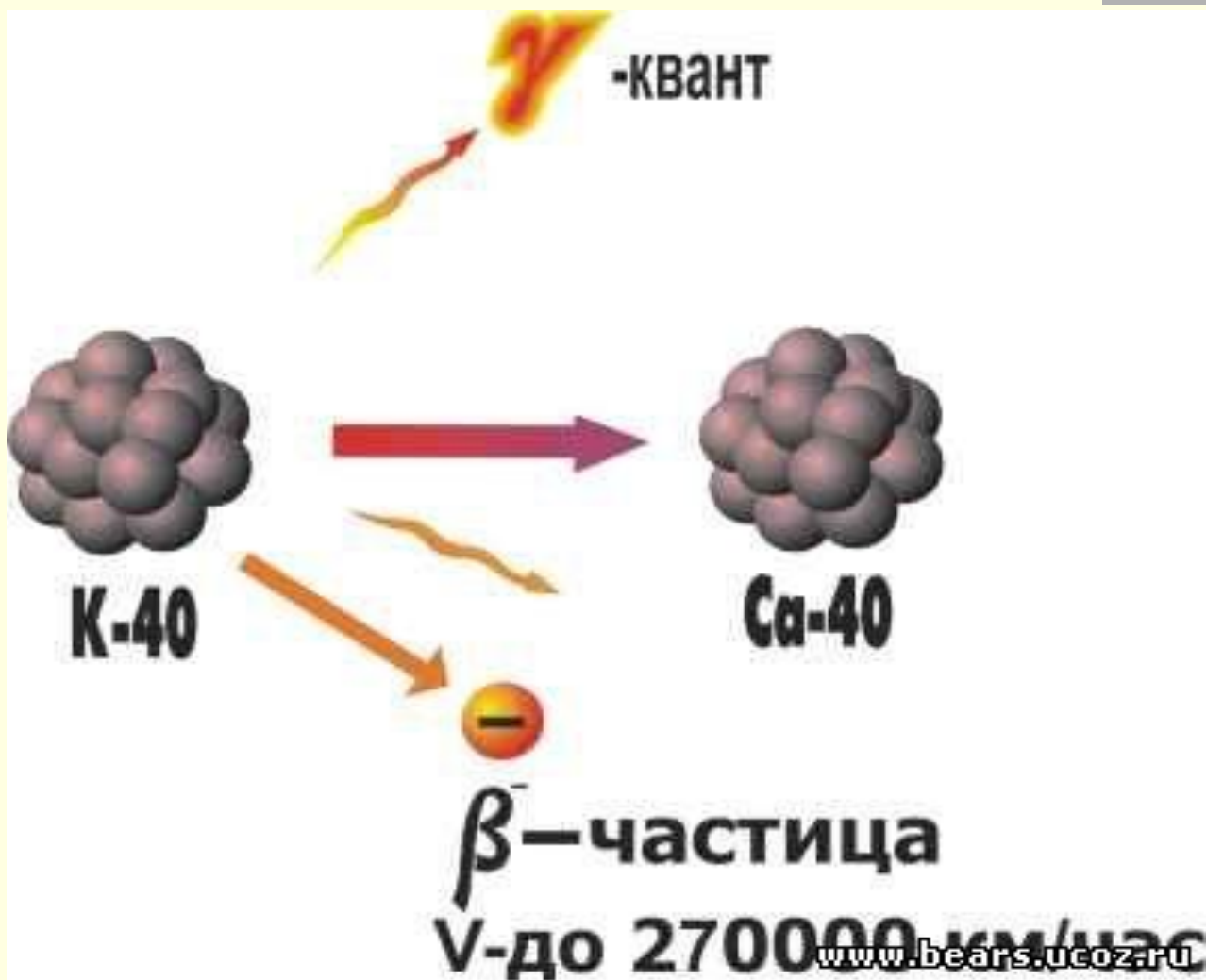
если исходное ядро неустойчивое.

- Ядра бывают протонно-дефицитные или нейтронно-дефицитные.
- протонно-дефицитные ядра стабилизируются путем перехода нейтрона в протон: *(напишите самостоятельно!)*
- нейтронно-дефицитные стабилизируются путем перехода протона в нейтрон: *(напишите самостоятельно!)*

2) Трансформационные превращения

- не приводят к изменению общего числа нуклонов в ядре. Поэтому его масса практически не изменяется и все превращения изобарны.
- Отдача позитрона протоном равнозначна присоединению электрона.

2) Трансформационные превращения: β^- -распад



2) Трансформационные превращения: β^- -распад

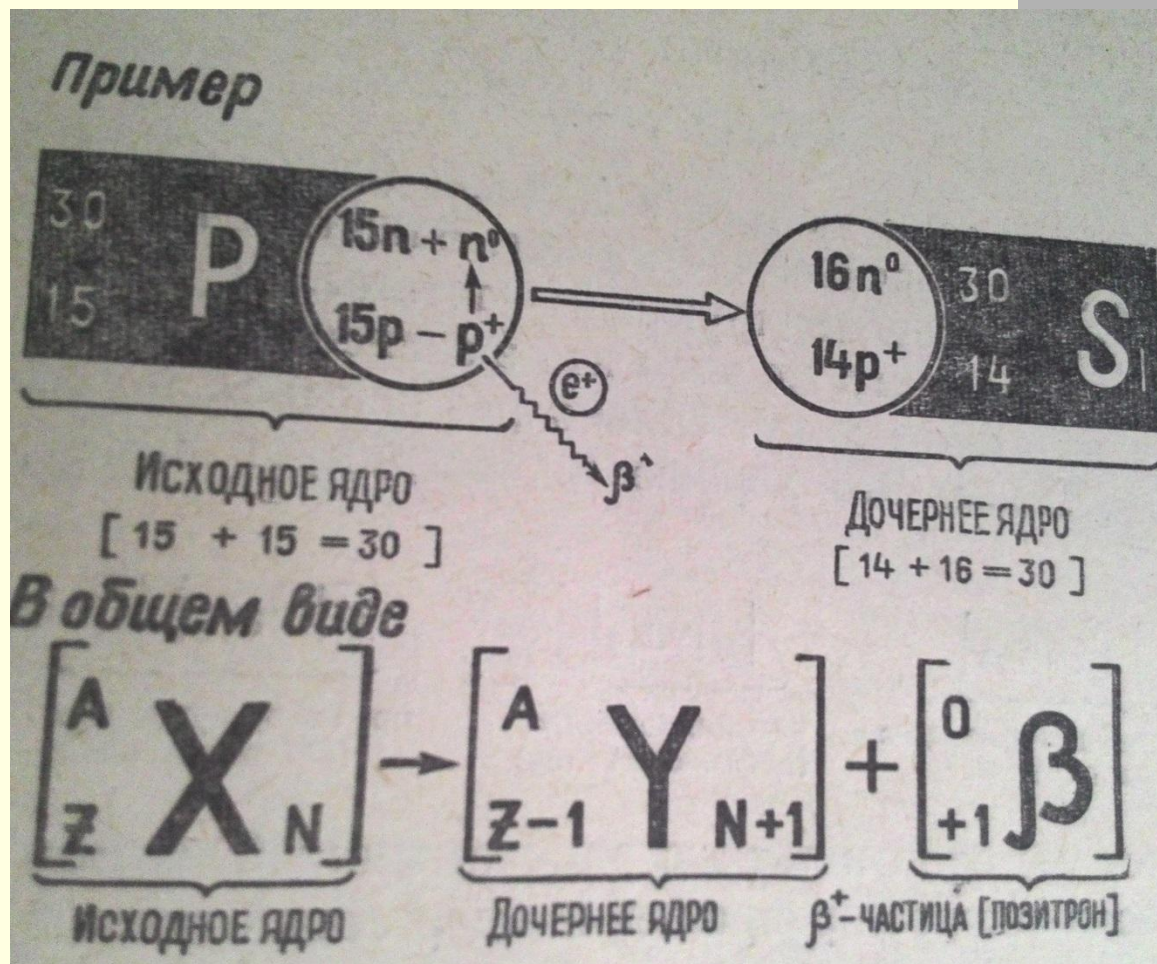
Правило сдвига:

При эмиссии ядром электрона порядковый номер элемента увеличивается на единицу; дочерний элемент размещается на одну клетку правее исходного

Для s -, p -, d - семейств это означает переход элемента в следующую по порядку группу

! напишите самостоятельно уравнение β^- -распада урана-238

2) Трансформационные превращения: β^+ -распад



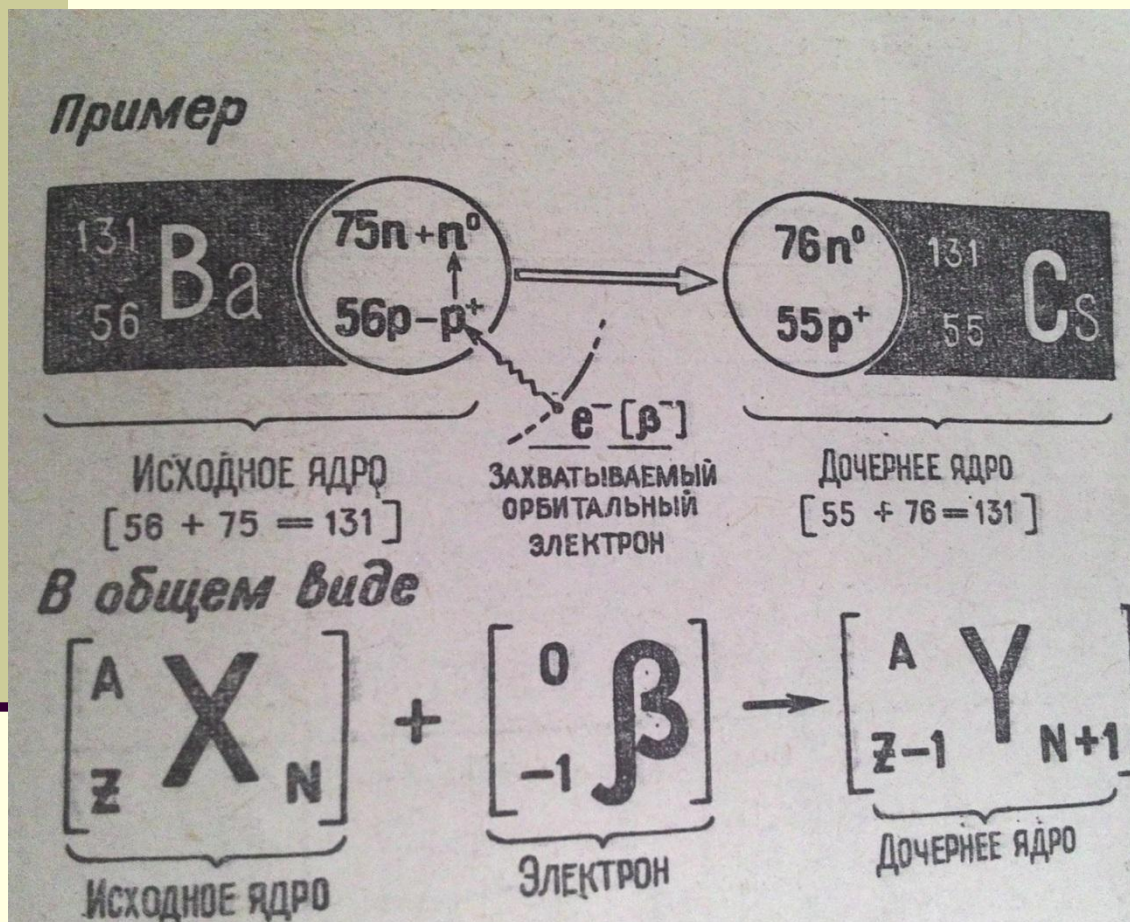
2) Трансформационные превращения: β^+ -распад

Правило сдвига:

При эмиссии ядром позитрона порядковый номер элемента уменьшается на единицу; дочерний элемент размещается на одну клетку левее исходного

! напишите самостоятельно уравнение β^+ -распада урана-238

2) Трансформационные превращения: Электронный захват (Е-захват, К-захват)



**! напишите
самостоятельно
уравнение этой
реакции**

Один и тот же радиоактивный ИЗОТОП

может претерпевать неодинаковое превращение ядер своих атомов: ядра атома

${}_{19}^{40}\text{K}$ одновременно подвержены β^- -распаду с образованием ${}_{20}^{40}\text{Ca}$ и частично β^+ -распаду или электронному захвату с образованием изотопа инертного элемента аргона ${}_{18}^{40}\text{Ar}$.

Такое двойственное поведение сильно распространено.

Нуклид меди трансформируется по тройной схеме ${}_{29}^{64}\text{Cu}$: β^- -распад, β^+ -распад, К-захват. **напишите самостоятельно уравнение этих реакций**

3) Спонтанное деление-

- самопроизвольный распад ядер атомов тяжелых элементов на два и более ядра. Открыли Флеров и Петержак, 1940 г.
- Неустойчивость тяжелых ядер связана с большим числом протонов в них. Это обуславливает увеличение внутриядерных кулоновских сил отталкивание, что облегчает самораскалывание ядра.

4) Другие виды радиоактивных превращений

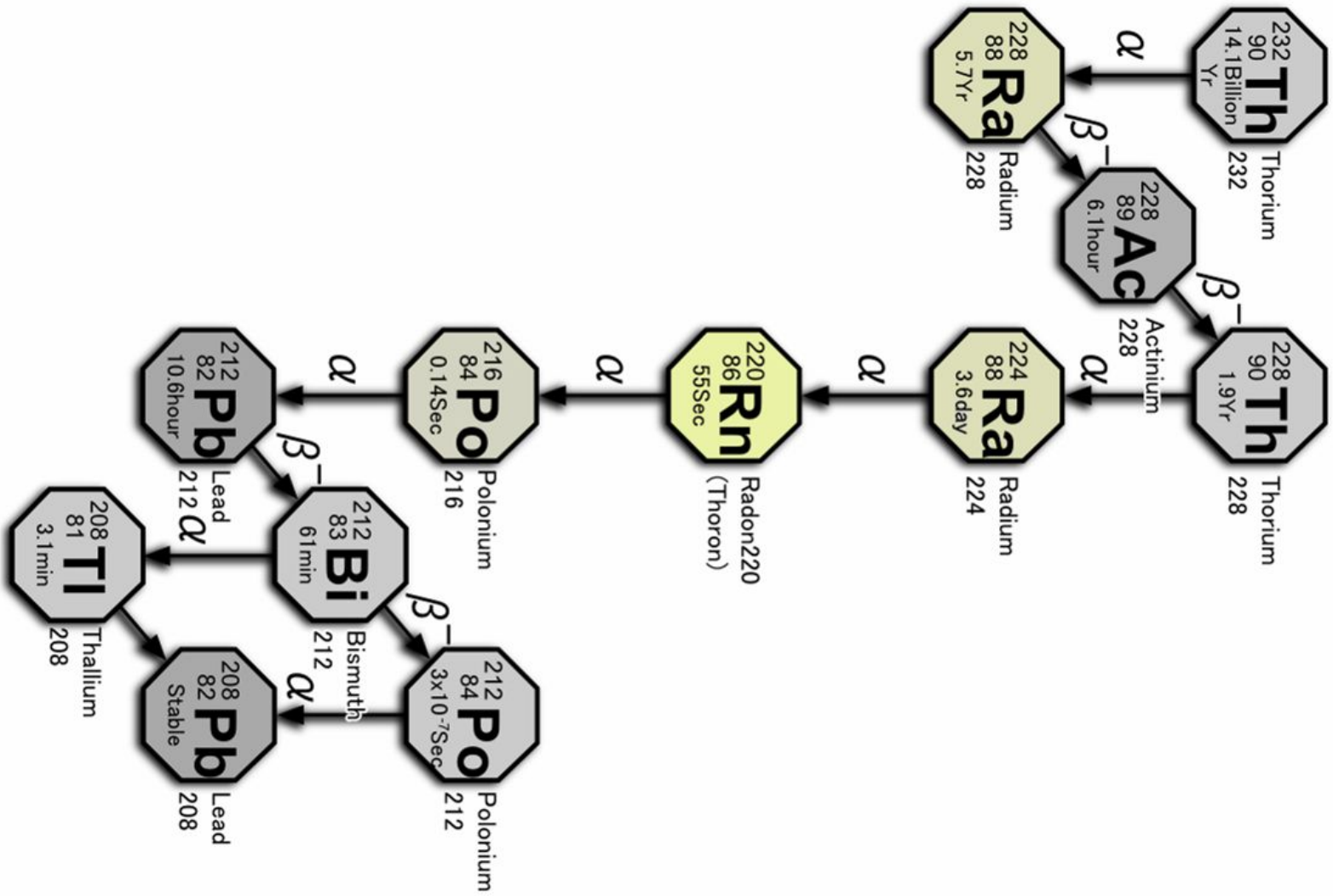
- Существует явление двойного β^- -распада: радиоактивное ядро испускает одновременно два электрона.
- Возможна эмиссия двух позитронов или захват сразу двух электронов из оболочки атома.
- Вероятен и двухпротонный распад.

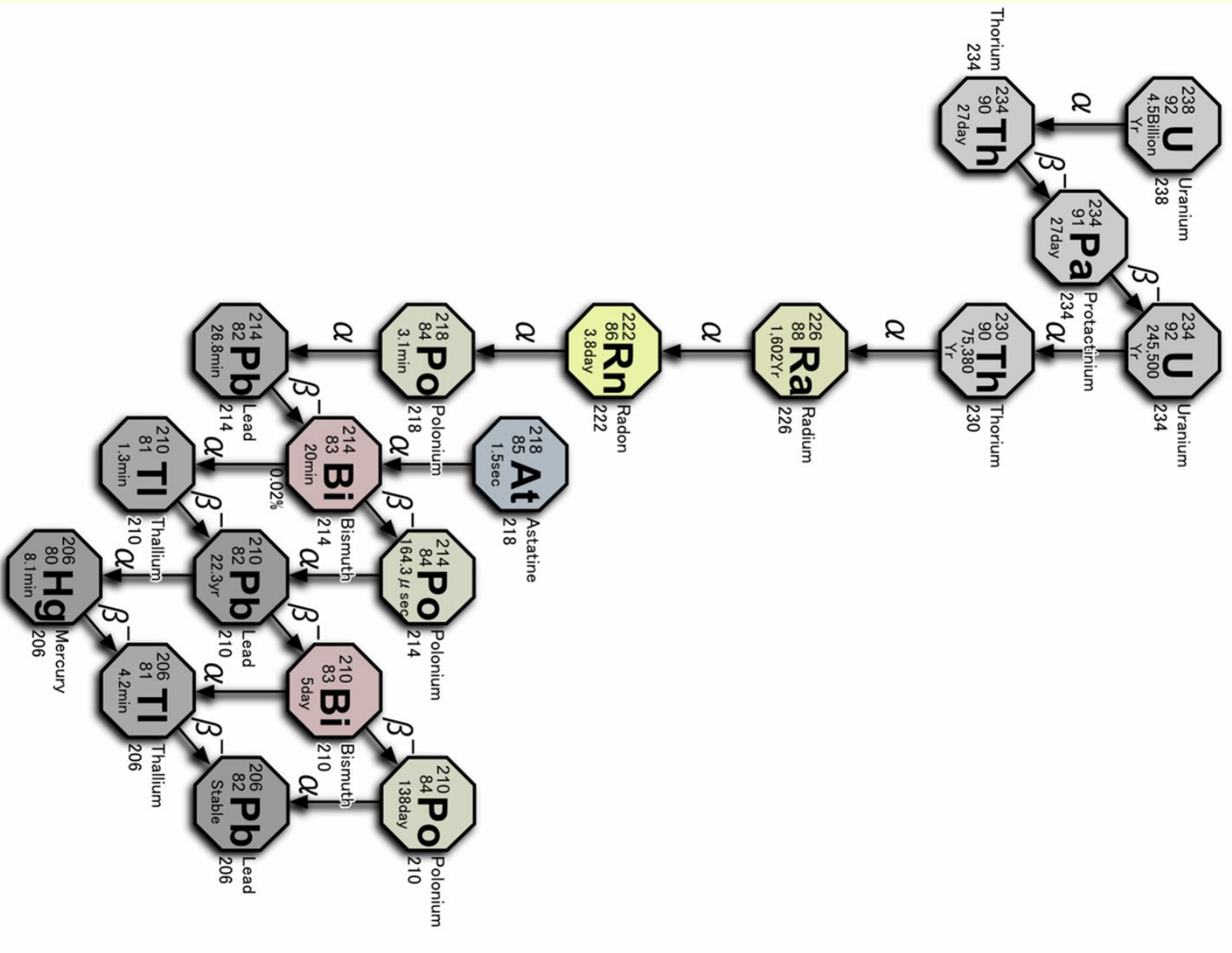
Радиоактивные ряды

- Переход нестабильного ядра в стабильное возможен как в одну, так и в несколько ступеней. Некоторые ядра претерпевают ряд превращений, образуя при этом своеобразные семейства

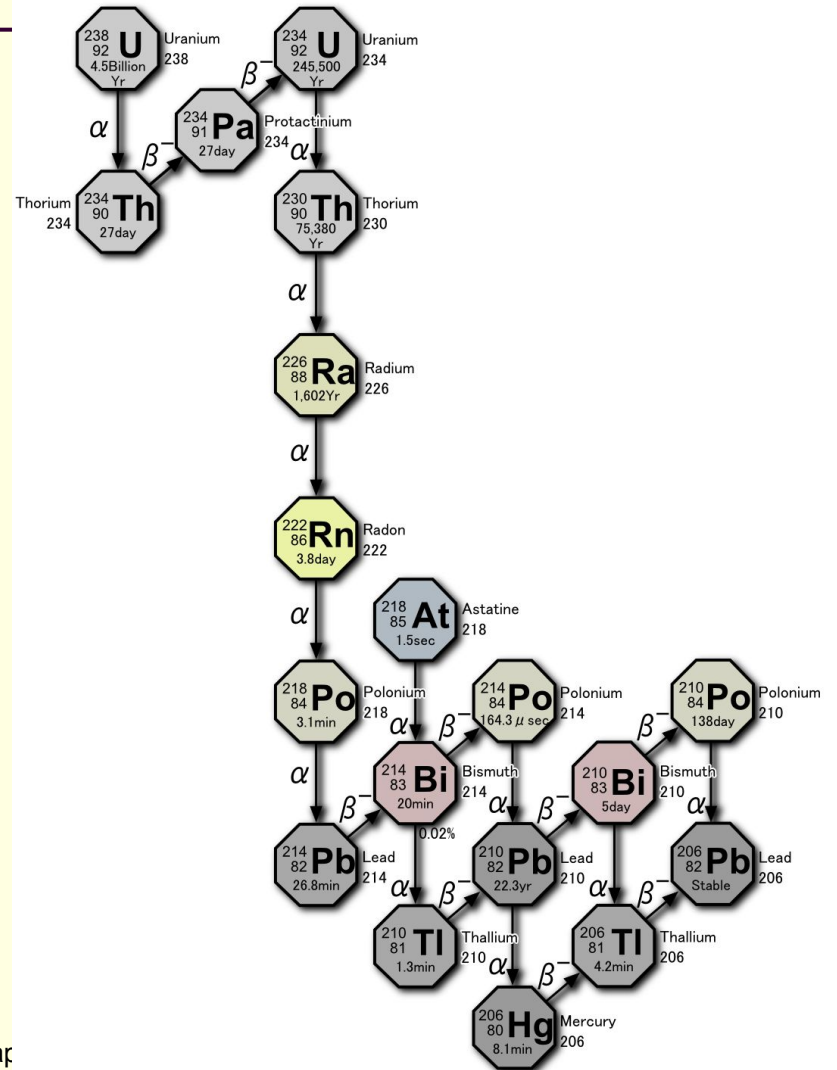
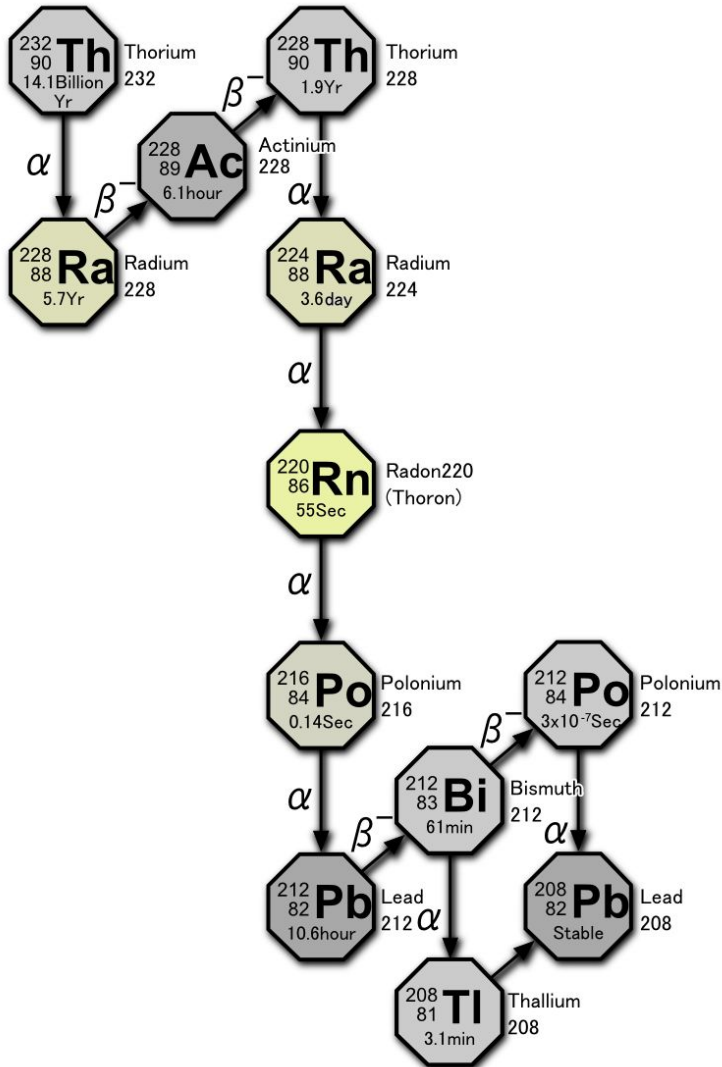
Радиоактивные семейства

Семейство	Исходное ядро	Конечное ядро (стабильное)
Уран — Радий	$^{238}_{92}\text{U}$	$^{206}_{82}\text{Pb}$
Уран — Актиний	$^{235}_{92}\text{U}$	$^{207}_{82}\text{Pb}$
Торий	$^{232}_{90}\text{Th}$	$^{208}_{82}\text{Pb}$
Нептуний	$^{237}_{93}\text{Np}$	$^{209}_{83}\text{Bi}$





Радиоактивные ряды тория и урана



Количественная характеристика ядерных превращений

- Мера интенсивности радиоактивного распада- единица *кюри*.
- *Активностью в 1 кюри обладает такое количество данного вещества, в котором в течение 1 сек распадается 37 млрд атомных ядер*

Закон радиоактивного распада



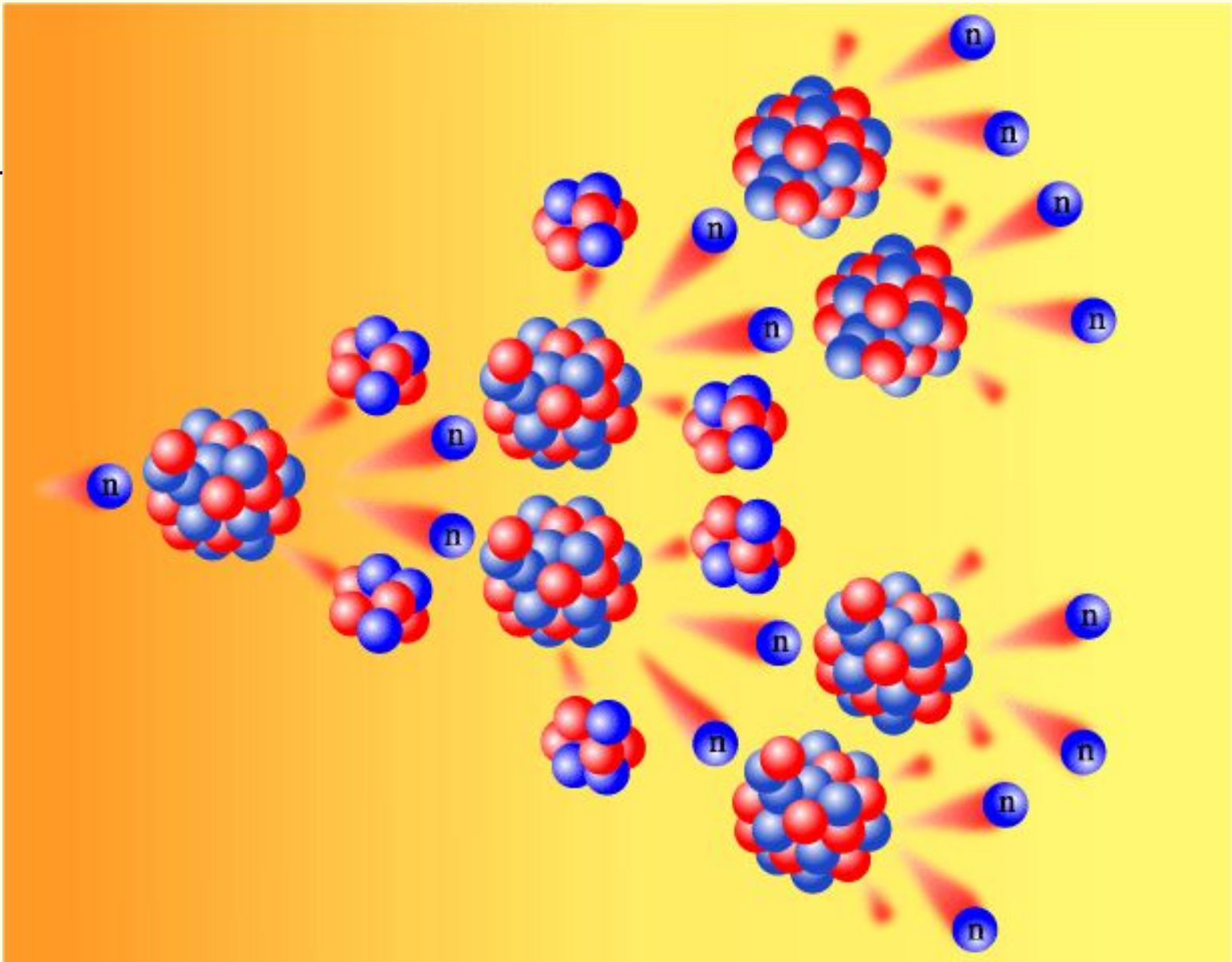
Время, за которое распадается половина из начального числа радиоактивных атомов, называют периодом полураспада.

Искусственные ядерные реакции

вызываются «**бомбардировкой**» ядра-мишени частицами достаточно высокой энергии.

В 1932 г. был открыт процесс деления ядер урана под действием нейтронов. Это открытие заложило основу атомной энергетики.

Один грамм ${}_{92}^{235}\text{U}$ выделяет $7,5 \cdot 10^7$ кДж, что больше, чем выделяется тепла при сгорании 2 тонн угля!!!



Примеры ядерных реакций

(самостоятельная работа!!!)

- Первое наблюдавшееся превращение ядра (Резерфорд, 1919)
- Открытие нейтрона
- Первое расщепление ядра
- Открытие позитрона и первое получение искусственного радиоактивного нуклида (Жолио-Кюри, 1932)
- Первое искусственное получение неизвестного элемента



В.И. Комарова 2017 (очное)

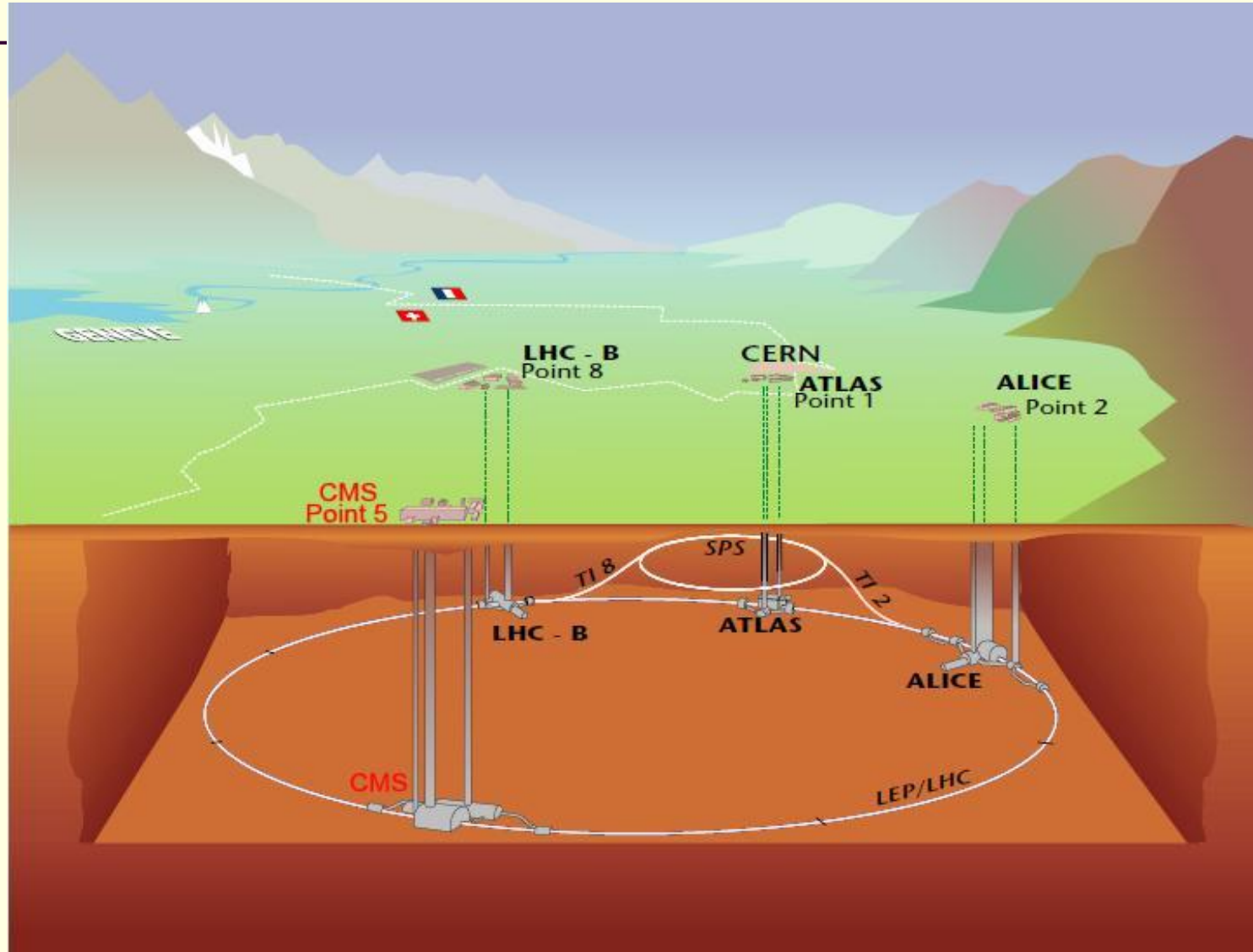


В.И. Комарова 2017 (очное)

Еще один источник массы

- Всю Вселенную заполняет невидимое **ХИГГСОВСКОЕ ПОЛЕ**
- Частицы «цепляются» за него и **СТАНОВЯТСЯ МАССИВНЫМИ**
- На коллайдере LHC физики изучат, **КАК ИМЕННО** возникает это поле

Схема коллайдера LHC

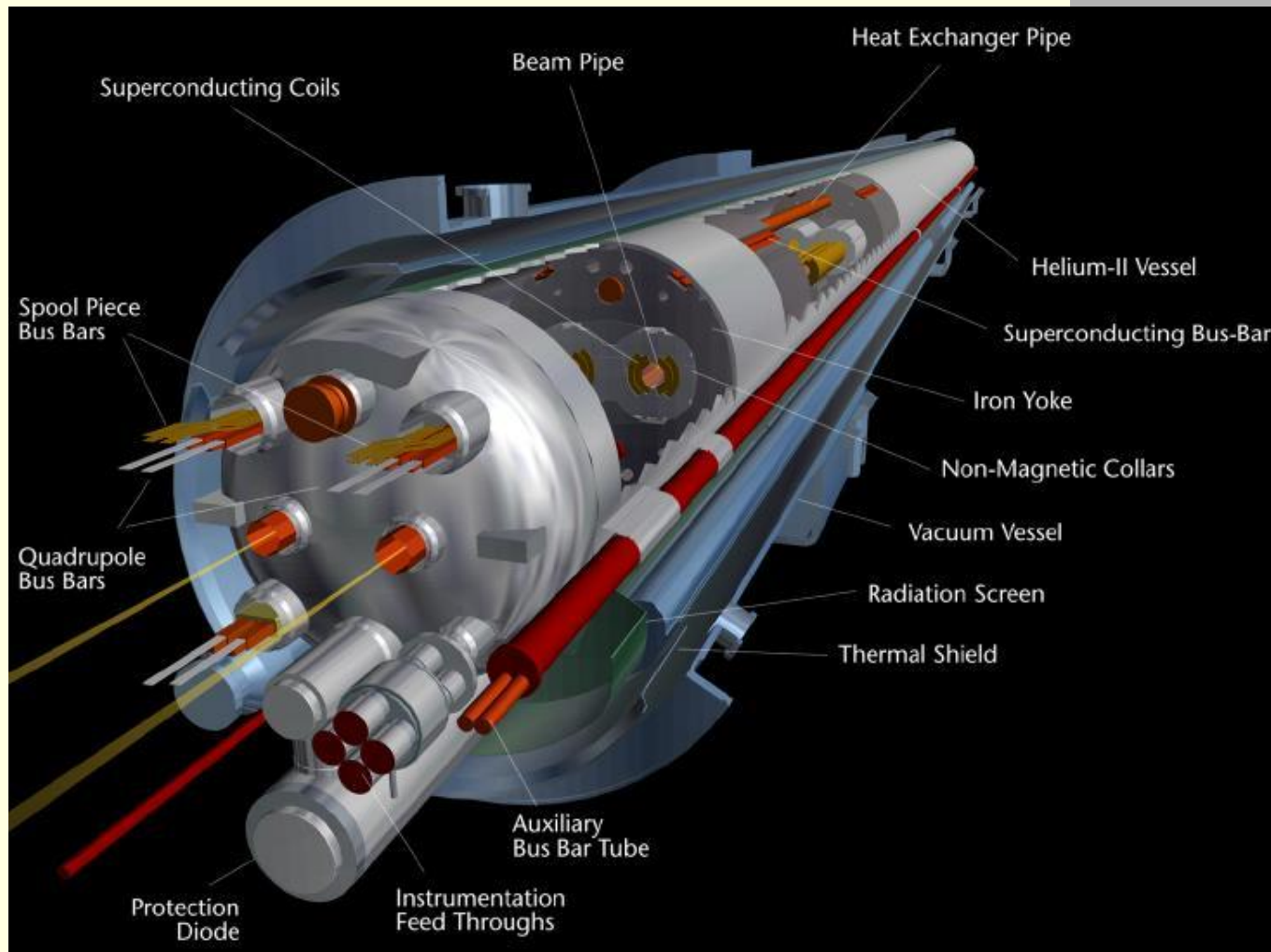


Туннель LHC



В.И. Комарова 2017 (очное)

Сегмент ускорительного кольца LHC



Но это не конец истории. Есть и
другие источники массы.

- нейтрино
- суперчастицы (?)
- темная материя

**LHC должен открыть новую эру
в понимании микромира**