A banana is positioned on the left side of the slide against a yellow background with a dark, speckled texture. A large, semi-transparent blue gear-like shape is centered in the background. The title text is overlaid on the upper part of this blue shape.

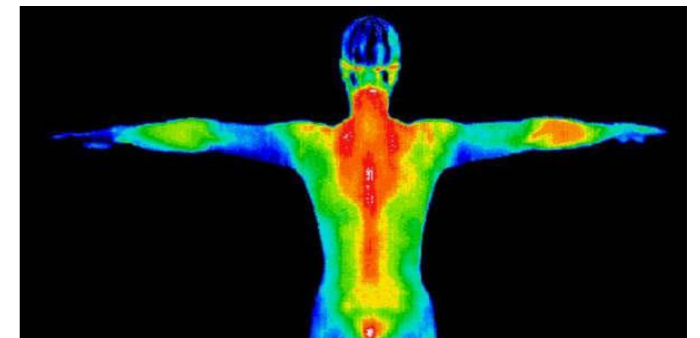
# Радиация: мифы и реальность

Петров Владимир Геннадиевич

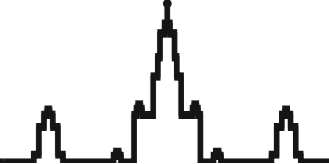
к.х.н., доцент кафедры радиохимии  
химического факультета МГУ,  
заведующий лабораторией дозиметрии и  
радиоактивности окружающей среды



# РАДИАЦИЯ?



# Ионизирующее излучение!



- Жесткий УФ
- Альфа-
- Бета-
- Гамма-
- Рентген
- Нейтроны
- Ионы...

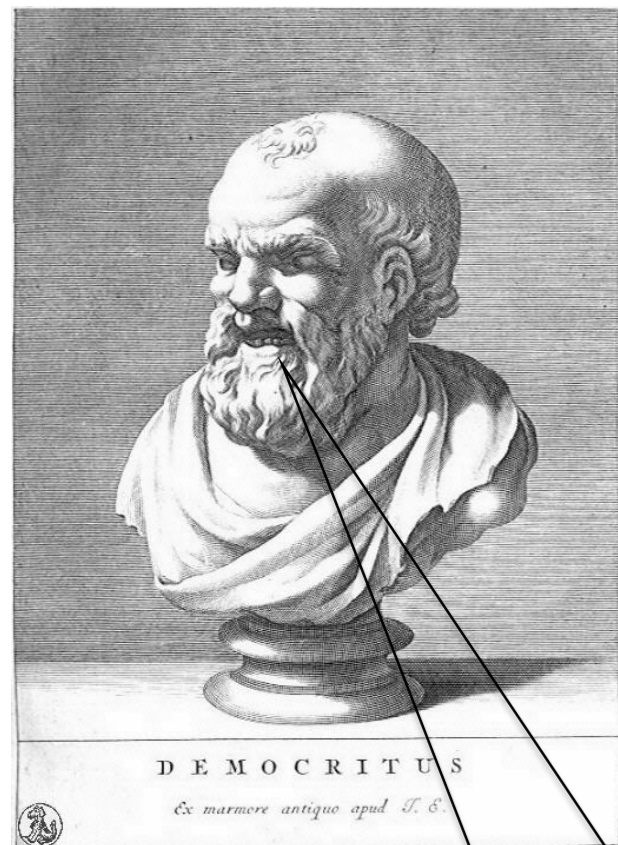
# Мифы?

1. Радиацию придумал и создал человек.
2. Радиация – это всегда плохо.
3. Радиация – причина мутаций.
4. Можно переработать радиоактивные вещества так, чтобы они перестали быть радиоактивными.
5. Радиоактивные вещества светятся.
6. От радиации можно защититься свинцом.
7. Человек не может почувствовать радиацию.
8. Алкоголь спасает от радиации.



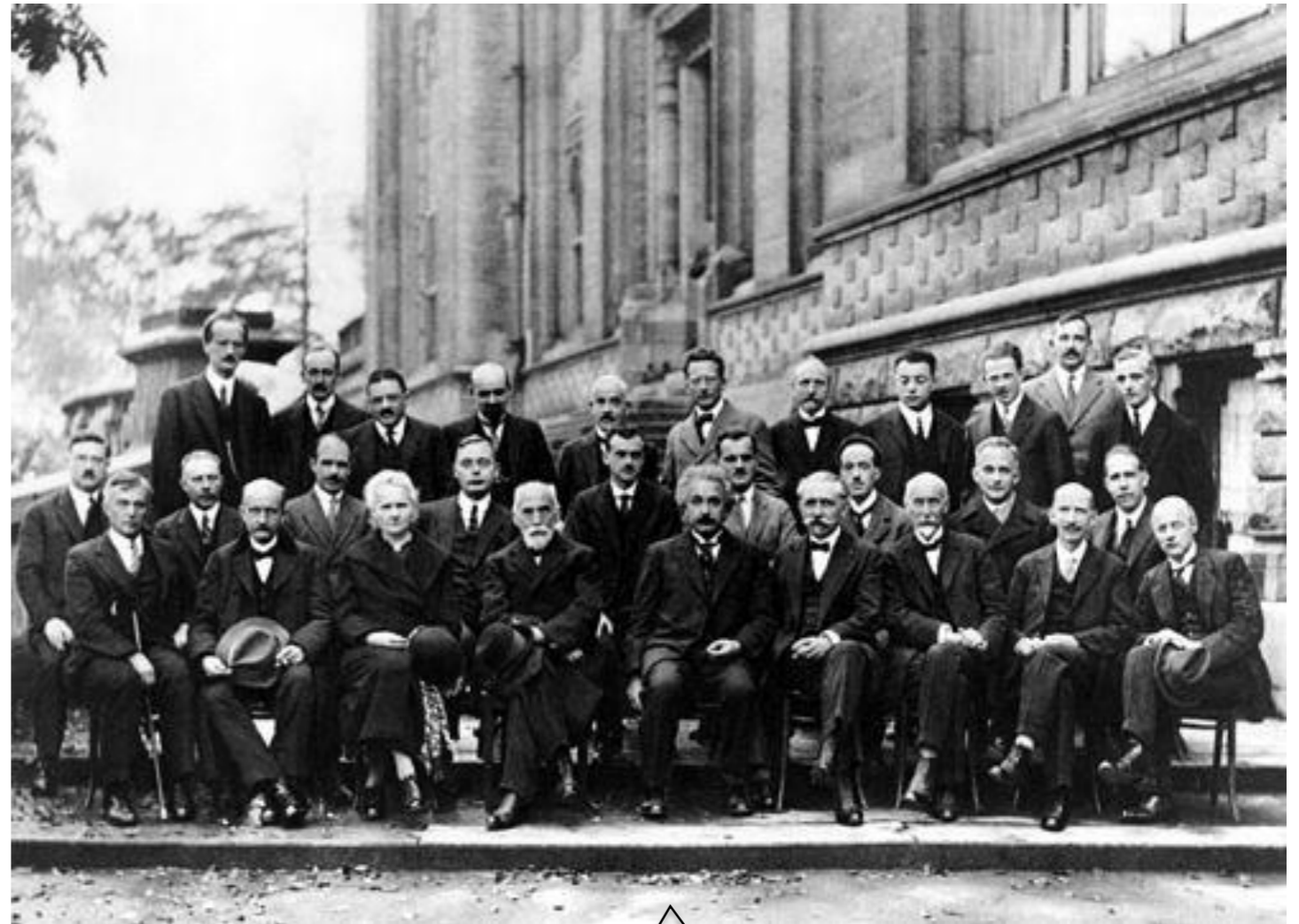
# Атом. Неделимый?

4 век до н.э  
Демокрит



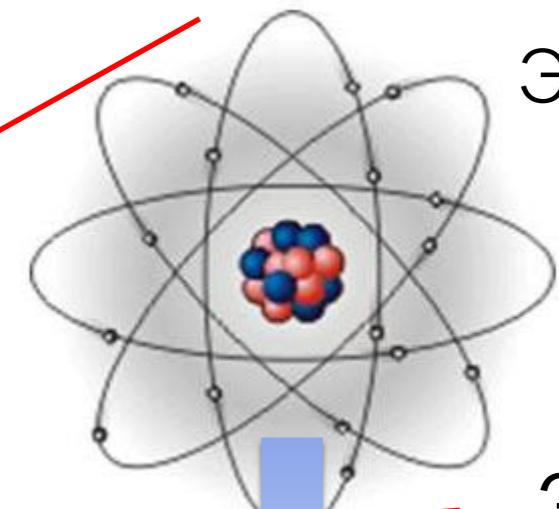
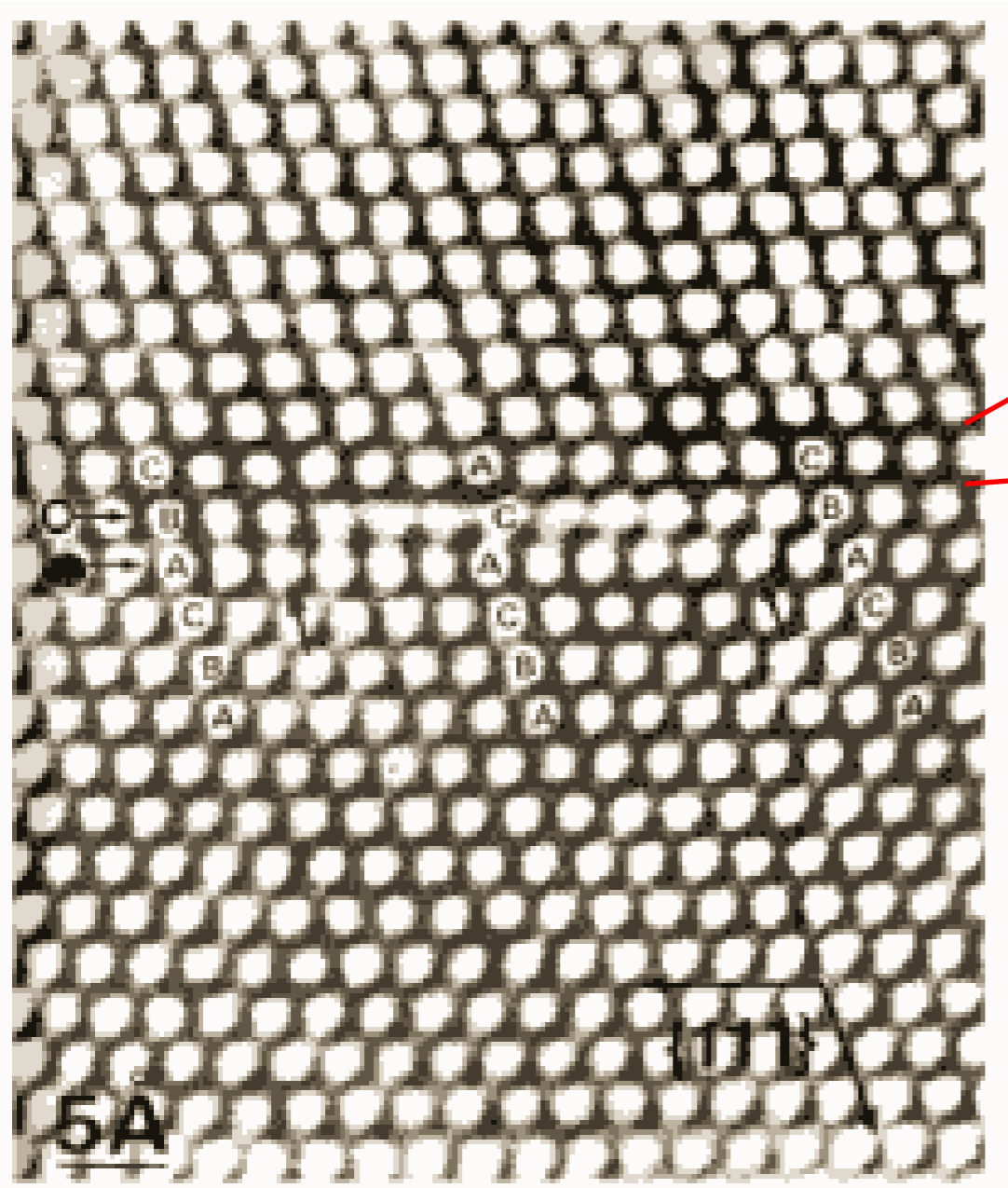
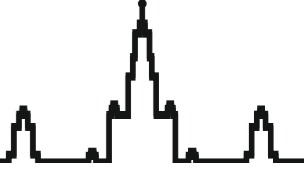
Атом (ἄτομος)  
неделимый,  
неразрезаемый

конец 19 века-начало 20 века



Серьезно?

# АТОМЫ



Электроны

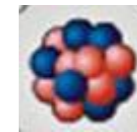


Я негативен

Заряд -1



Ядро



Протоны + нейтроны



Я позитивен

Заряд +1



Мне всё равно

Заряд 0

Атомы золота. Увеличение в  
сто миллионов раз.



# Химический элемент - определённый вид атомов

Заряд ядра = число протонов = порядковый номер  
«Химический алфавит»:

## ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ										
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
1	1	<b>H</b> 1.0079 Hydrogenium Водород							<b>He</b> 4.0026 Helium Гелий			
2	2	<b>Li</b> 6.941 Lithium Литий	<b>Be</b> 9.0122 Beryllium Бериллий	<b>B</b> 10.811 Borium Бор	<b>C</b> 12.011 Carbonum Углерод	<b>N</b> 14.007 Nitrogenum Азот	<b>O</b> 15.999 Oxygenium Кислород	<b>F</b> 18.998 Fluorum Фтор	<b>Ne</b> 20.179 Neon Неон			
3	3	<b>Na</b> 22.99 Natrium Натрий	<b>Mg</b> 24.305 Magnesium Магний	<b>Al</b> 26.982 Aluminium Алюминий	<b>Si</b> 28.086 Silicium Кремний	<b>P</b> 30.974 Phosphorus Фосфор	<b>S</b> 32.066 Sulfur Сера	<b>Cl</b> 35.453 Chlorium Хлор	<b>Ar</b> 39.948 Argon Аргон			
4	4	<b>K</b> 39.098 Kalium Калий	<b>Ca</b> 40,08 Calcium Кальций	<b>Sc</b> 44.956 Scandium Скандий	<b>Ti</b> 47.90 Titanium Титан	<b>V</b> 50.942 Vanadium Ванадий	<b>Cr</b> 51.996 Chromium Хром	<b>Mn</b> 54.938 Manganum Марганец	<b>Fe</b> 55.847 Ferrum Железо	<b>Co</b> 58.933 Cobaltum Кобальт	<b>Ni</b> 58.69 Niccolum Никель	
	5	<b>Cu</b> 63.546 Cuprum Медь	<b>Zn</b> 65.38 Zincum Цинк	<b>Ga</b> 69.72 Gallium Галлий	<b>Ge</b> 72.50 Germanium Германий	<b>As</b> 74.9216 Arsenicum Мышьяк	<b>Se</b> 78.96 Selenium Селен	<b>Br</b> 79.904 Bromum Бром	<b>Kr</b> 83.80 Kryptonum Криптон			
5	6	<b>Rb</b> 85.467 Rubidium Рубидий	<b>Sr</b> 87.62 Strontium Стронций	<b>Y</b> 88.906 Yttrium Иттрий	<b>Zr</b> 91.22 Zirconium Цирконий	<b>Nb</b> 92.906 Niobium Ниобий	<b>Mo</b> 95.94 Molybdaenum Молибден	<b>Tc</b> 98.9062 Technetium Технеций	<b>Ru</b> 101.0 Ruthenium Рутений	<b>Rh</b> 102.9055 Rhodium Родий	<b>Pd</b> 106.4 Palladium Палладий	
	7	<b>Ag</b> 107.87 Argentum Серебро	<b>Cd</b> 112.41 Cadmium Кадмий	<b>In</b> 114.82 Indium Индий	<b>Sn</b> 118.60 Stannum Олово	<b>Sb</b> 121.70 Stibium Сурьма	<b>Te</b> 127.6 Tellurium Теллур	<b>I</b> 126.90 Iodum Иод	<b>Xe</b> 131.29 Xenon Ксенон			
6	8	<b>Cs</b> 132.91 Cesium Цезий	<b>Ba</b> 137.33 Barium Барий	<b>La*</b> 138.905 Lanthanum Лантан	<b>Hf</b> 178.4 Hafnium Гафний	<b>Ta</b> 180.647 Tantalum Тантал	<b>W</b> 183.8 Wolframium Вольфрам	<b>Re</b> 186.207 Rhenium Рений	<b>Os</b> 190.2 Osmium Осмий	<b>Ir</b> 192.22 Iridium Иридий	<b>Pt</b> 195.08 Platinum Платина	
	9	<b>Au</b> 196.97 Aurum Золото	<b>Hg</b> 200 Hydrargyrum Ртуть	<b>Tl</b> 204.38 Thallium Таллий	<b>Pb</b> 207.2 Plumbum Свинец	<b>Bi</b> 208.98 Bismuthum Висмут	<b>Po</b> [209] Polonium Полоний	<b>At</b> [210] Astatium Астат	<b>Rn</b> [222] Radonum Радон			
7	10	<b>Fr</b> [223] Francium Франций	<b>Ra</b> 226.02 Radium Радий	<b>Ac**</b> [227] Actinium Актиний	<b>Rf</b> [261] Rutherfordium Резерфордий	<b>Db</b> [262] Dubnium Дубний	<b>Sg</b> [263] Seaborgium Сиборгий	<b>Bh</b> [262] Bohrium Борий	<b>Hs</b> [265] Hassium Гасий	<b>Mt</b> [266] Meitnerium Мейтнерий	<b>Ds</b> [271] Darmstadtium Дармштадтий	
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		E <sub>2</sub> O	EO	E <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	EO <sub>2</sub>	E <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	EO <sub>3</sub>	E <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	EO <sub>4</sub>			
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					EH <sub>4</sub>	EH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> E	HE				
ЛАНТАНОИДЫ*		<b>Ce</b> 140.12 Cesium Церий	<b>Pr</b> 140.91 Praseodymium Прозеродим	<b>Nd</b> 144.2 Neodymium Неодим	<b>Pm</b> [145] Promethium Прометий	<b>Sm</b> 150.4 Samarium Самарий	<b>Eu</b> 151.96 Europium Европий	<b>Gd</b> 157.2 Gadolinium Гадолий	<b>Tb</b> 158.93 Terbium Тербий	<b>Dy</b> 162.5 Dysprosium Диспрозий	<b>Ho</b> 164.93 Holmium Гольмий	<b>Er</b> 167.2 Erbium Эрбий
АКТИНОИДЫ**		<b>Th</b> 232.04 Thorium Торий	<b>Pa</b> 231.0359 Protactinium Протактиний	<b>U</b> 238.02 Uranium Уран	<b>Np</b> 237.0482 Neptunium Нептуний	<b>Pu</b> 244.0642 Plutonium Плутоний	<b>Am</b> 243.0614 Americium Америций	<b>Cm</b> 247.0753 Curium Кюрий	<b>Bk</b> 247.0753 Berkelium Берклий	<b>Cf</b> 251.0796 Californium Калифорний	<b>Es</b> 252.0839 Einsteinium Эйнштейний	<b>Fm</b> 257.0951 Fermium Фермий
		<b>Md</b> 288.103 Mendelevium Менделевий	<b>No</b> 289.103 Nobelium Нобелий	<b>Lr</b> 260.1054 Lawrencium Лоуренсий								

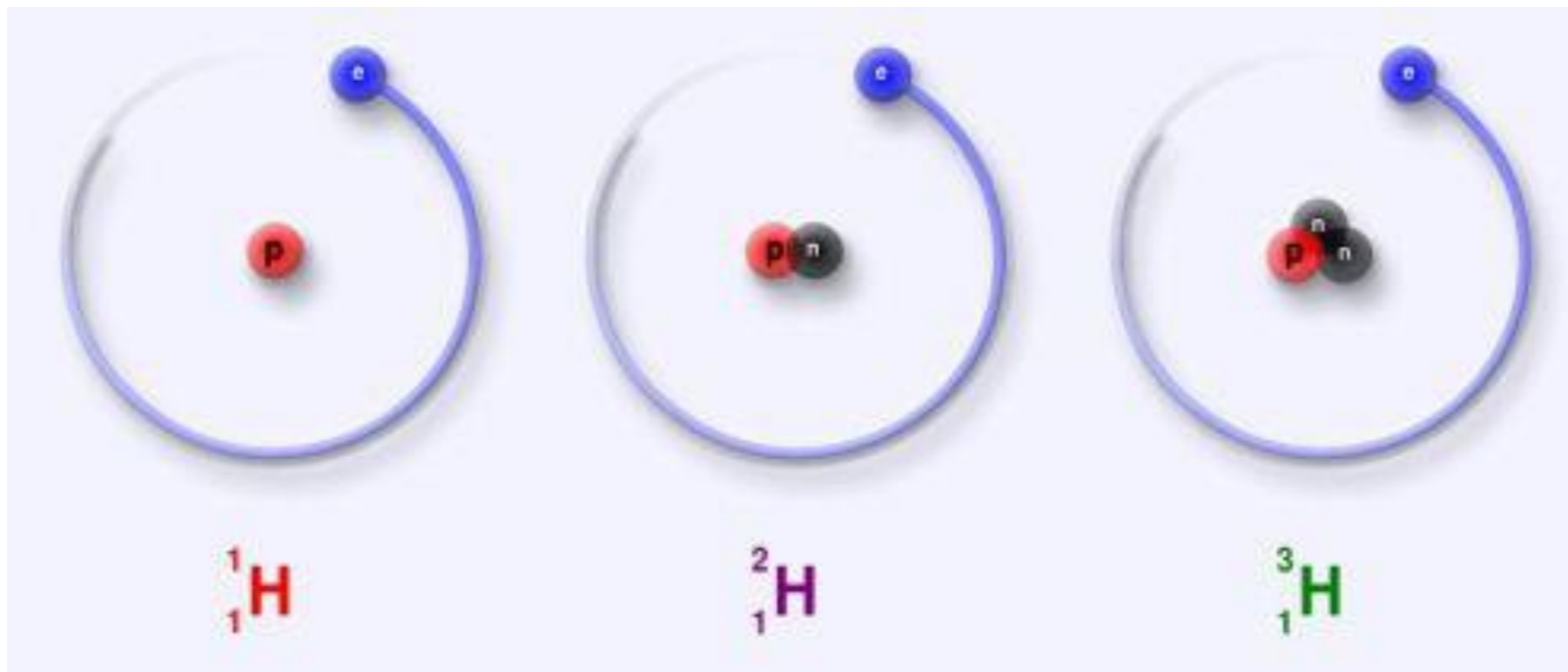
Ar 18 40

Атомная масса:  
Протоны+нейтроны

# ИЗОТОПЫ

Одинаковый заряд ядра, но разные атомные массы

Изотопы водорода:

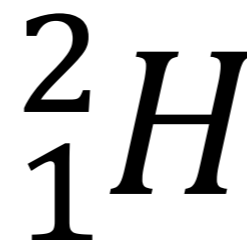


Протий

Дейтерий

Тритий

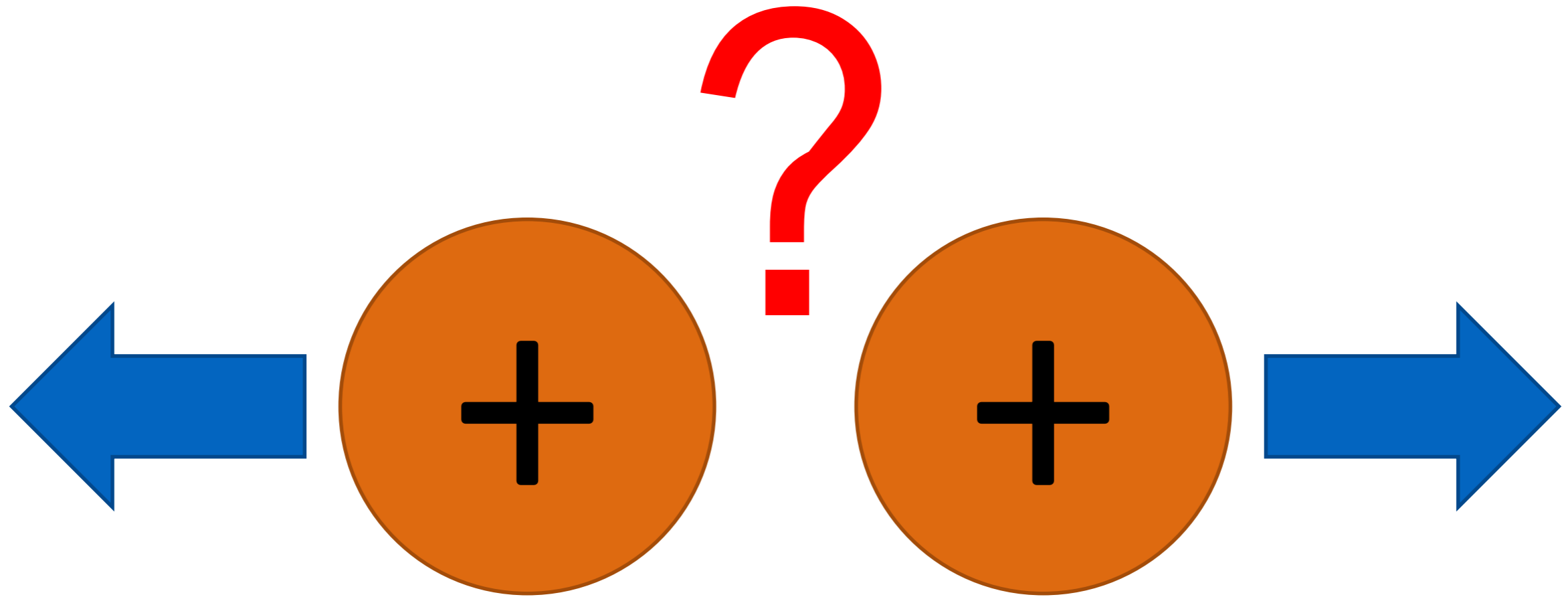
Массовое число  
Зарядовое число





Стоп.

Только положительные заряды в ядре?



Ядерные силы – очень сильные

# Масса постоянна?

Не всегда, если мы говорим о ядерных взаимодействиях.

Масса ядра всегда меньше, чем сумма масс составляющих его нуклонов, т.е. протонов и нейтронов

Пример: атом  $^{16}\text{O}$ .

Масса 8 протонов:  $8 \times 1,00727 \text{ а.е.м.} = 8,05816 \text{ а.е.м.}$   
Масса 8 нейтронов  $8 \times 1,00866 \text{ а.е.м.} = 8,06928 \text{ а.е.м.}$   
Масса 8 электронов  $8 \times 0,00055 \text{ а.е.м.} = 0,00440 \text{ а.е.м.}$   
Итого –  $16,13184 \text{ а.е.м.}$

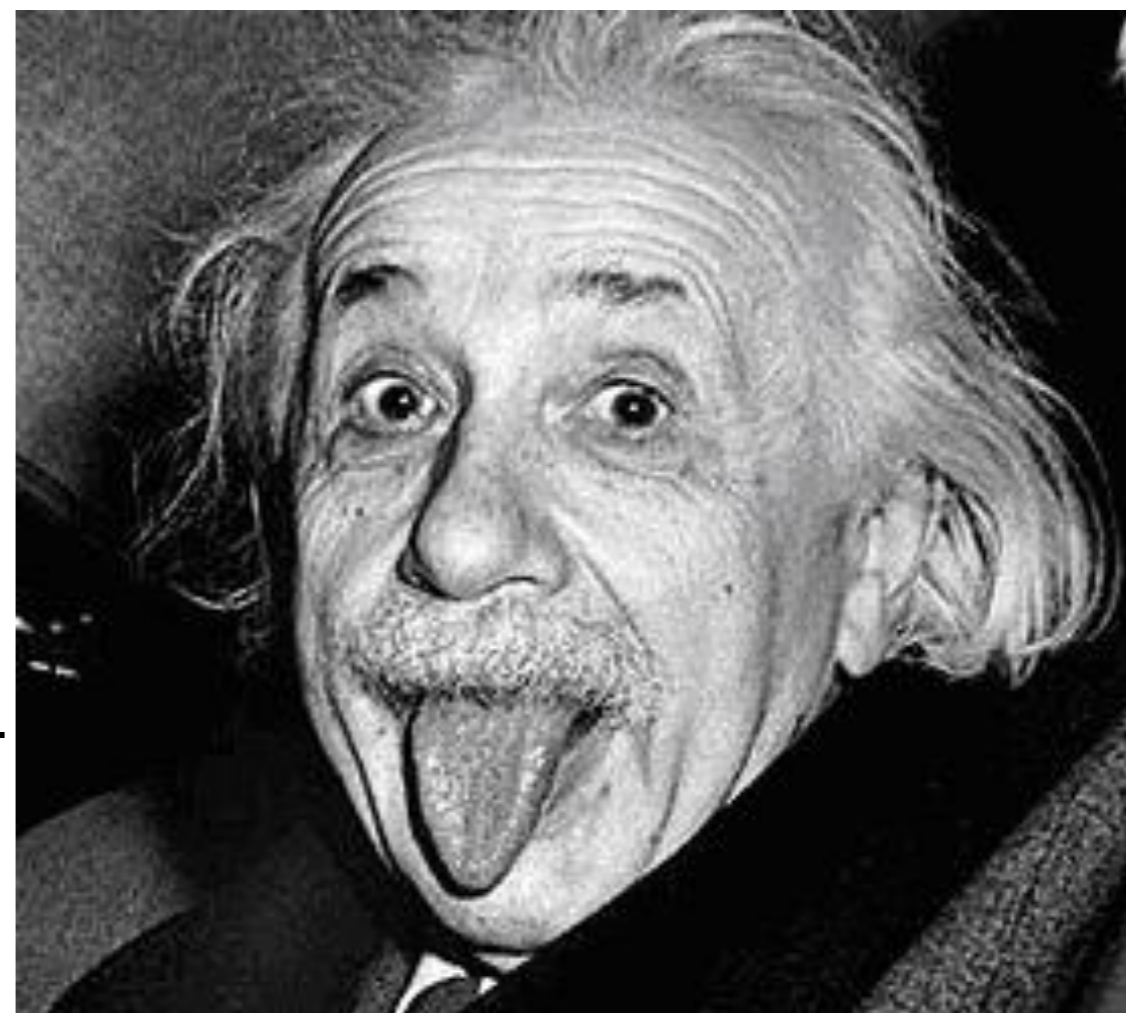
Масса атома  $^{16}\text{O}$  (экспериментально определенная величина) –  $15,99492 \text{ а.е.м.}$

Дефект массы =  $16,13184 - 15,99492 = 0,13692$   
(а.е.м.)

Энергия связи  $^{16}\text{O} = 0,13692 \text{ а.е.м.} \times 931,5 \text{ МэВ/а.е.м.}$   
= 127,5 МэВ.

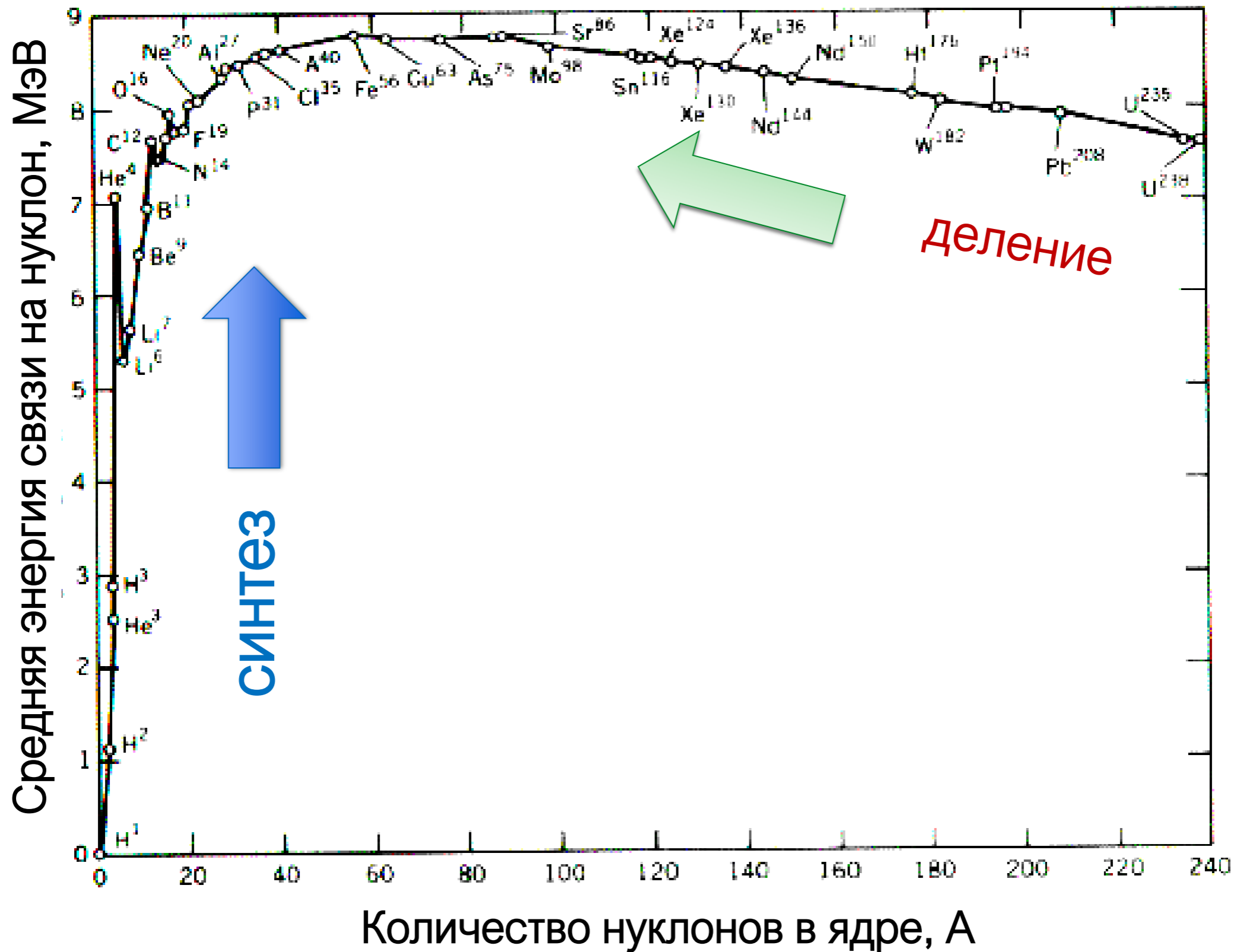
В пересчете на один нуклон  $127,5 \text{ МэВ}/16 = \underline{7,97 \text{ МэВ.}}$

$$E = \Delta mc^2$$





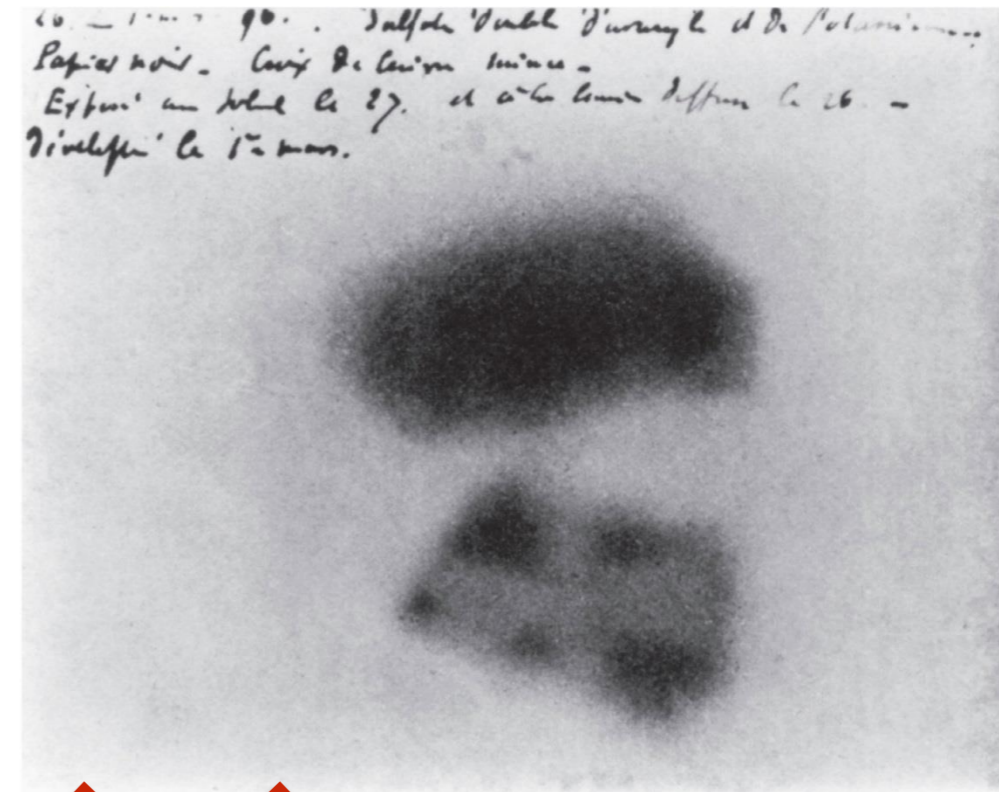
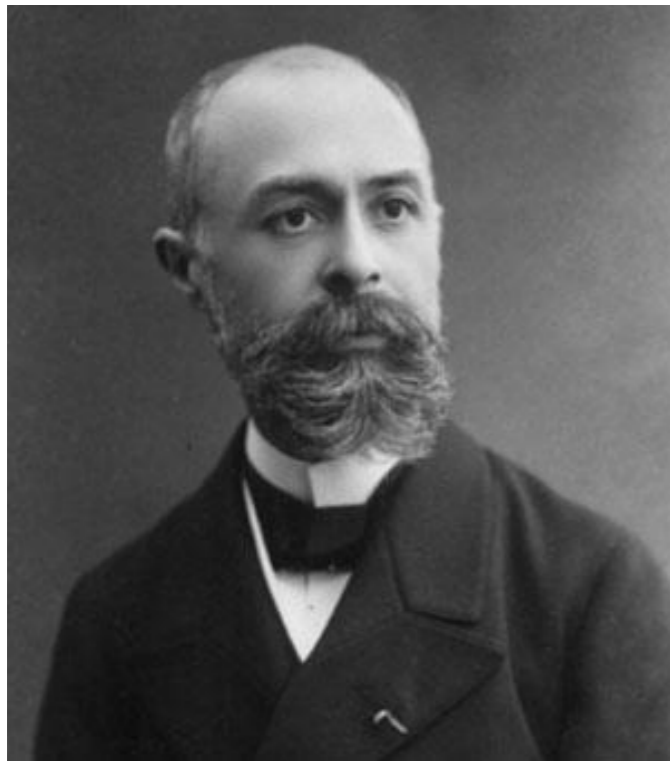
# Связь в ядре – сильное взаимодействие



# Нестабильность атомного ядра

Анри Беккерель

Изображение фотопластинки



Фотопластинка



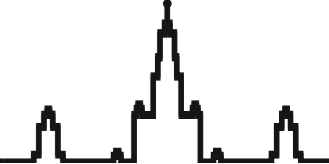
Фотопластинка



Результат один и тот же!



# Открытие радия



В 1898 году Пьер Кюри и Мария Склодовская-Кюри открыли два новых химических элемента (Po и Ra).

Мария Кюри назвала свойство определенных атомов испускать лучи радиоактивностью, а уран, торий и другие подобные элементы – радиоактивными

«Если существование нового металла подтвердится, мы предполагаем назвать его полонием, имея в виду происхождение одного из нас»

И лампа не горит.  
И врут календари.  
И если ты с женой полоний с радием открыл,  
Ты Пьер Кюри

Мария Склодовская-Кюри

Пьер Кюри



Мария Кюри вместе с Ирен выезжала в прифронтовые госпитали, сама работала медицинским лаборантом, водителем, механиком



8. ábra. Marie Curie az általa berendezett radiológiai mentőautó volánjánál.

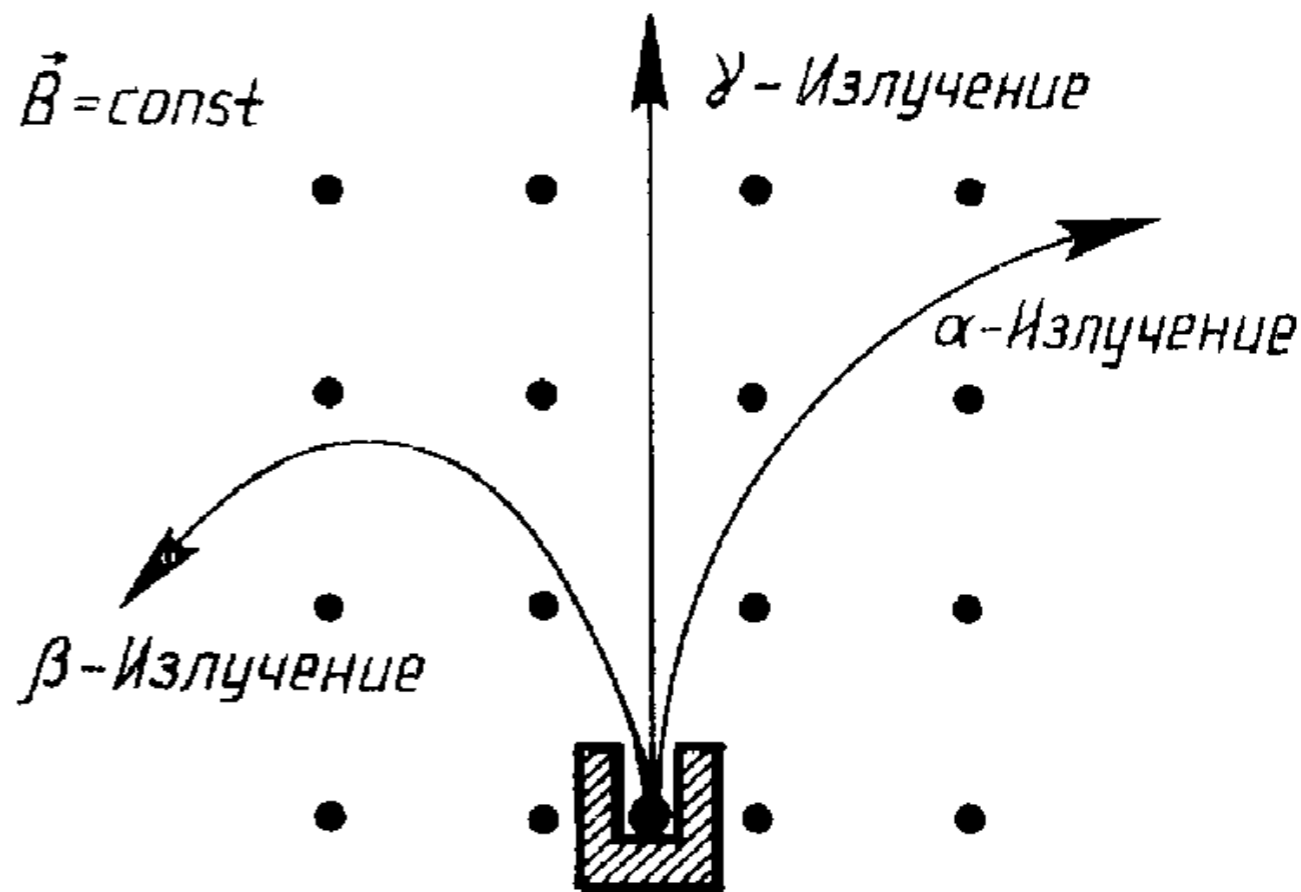


# Радиоактивный распад

Спонтанное изменение состава и строения ядра

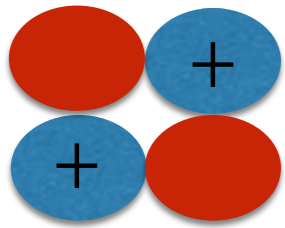
Для химика: превращение одного химического элемента в другой

- Альфа-распад
- Бета-распад
- Гамма-распад



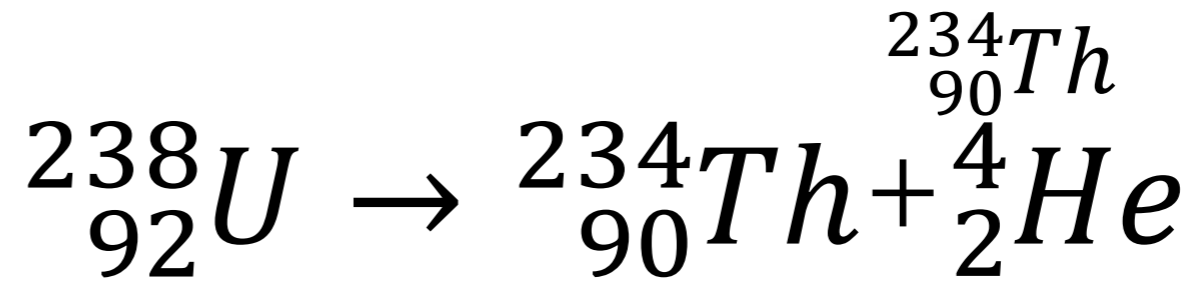
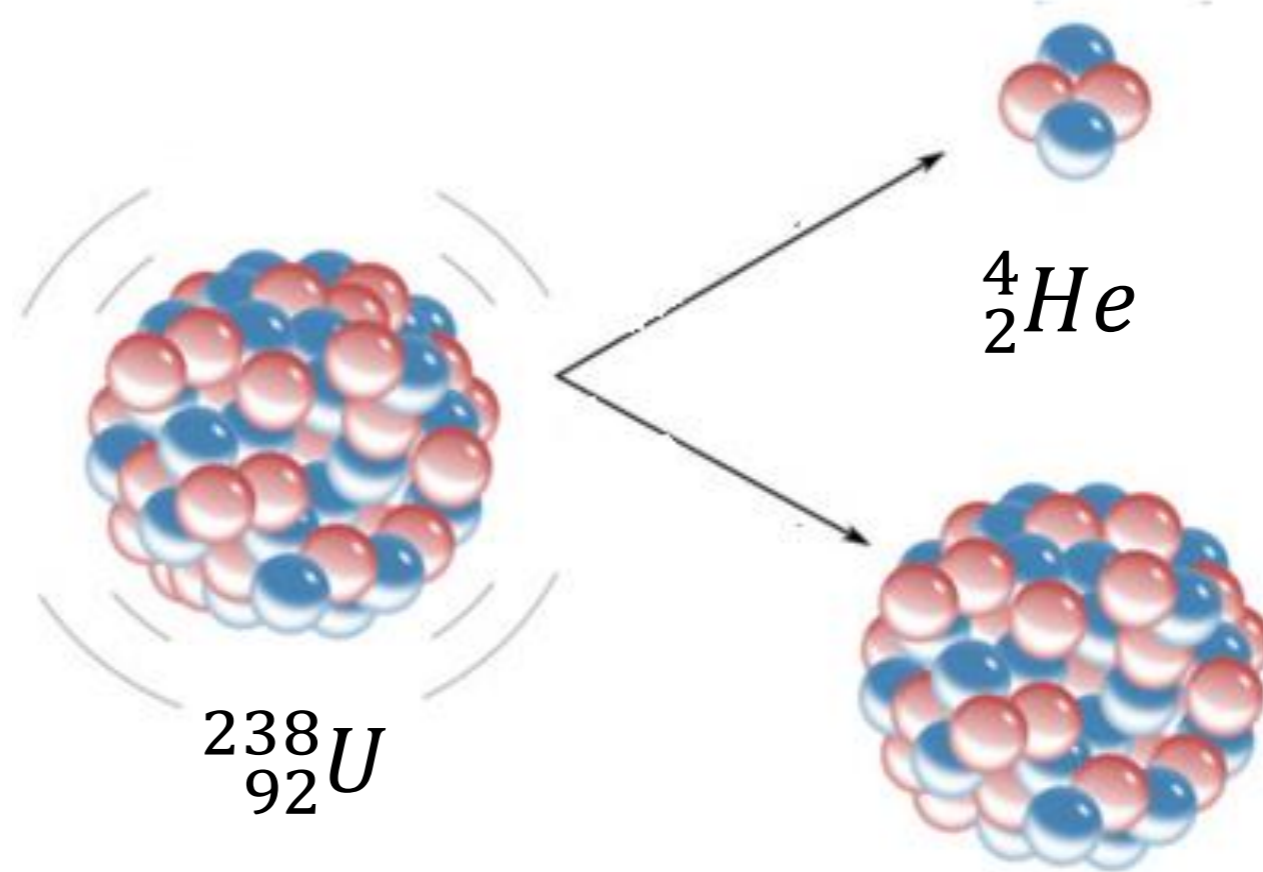
# Альфа-распад

Альфа-частица:



2 протона  
2 нейтрона

Ядро гелия  ${}^4_2\text{He}, \alpha$



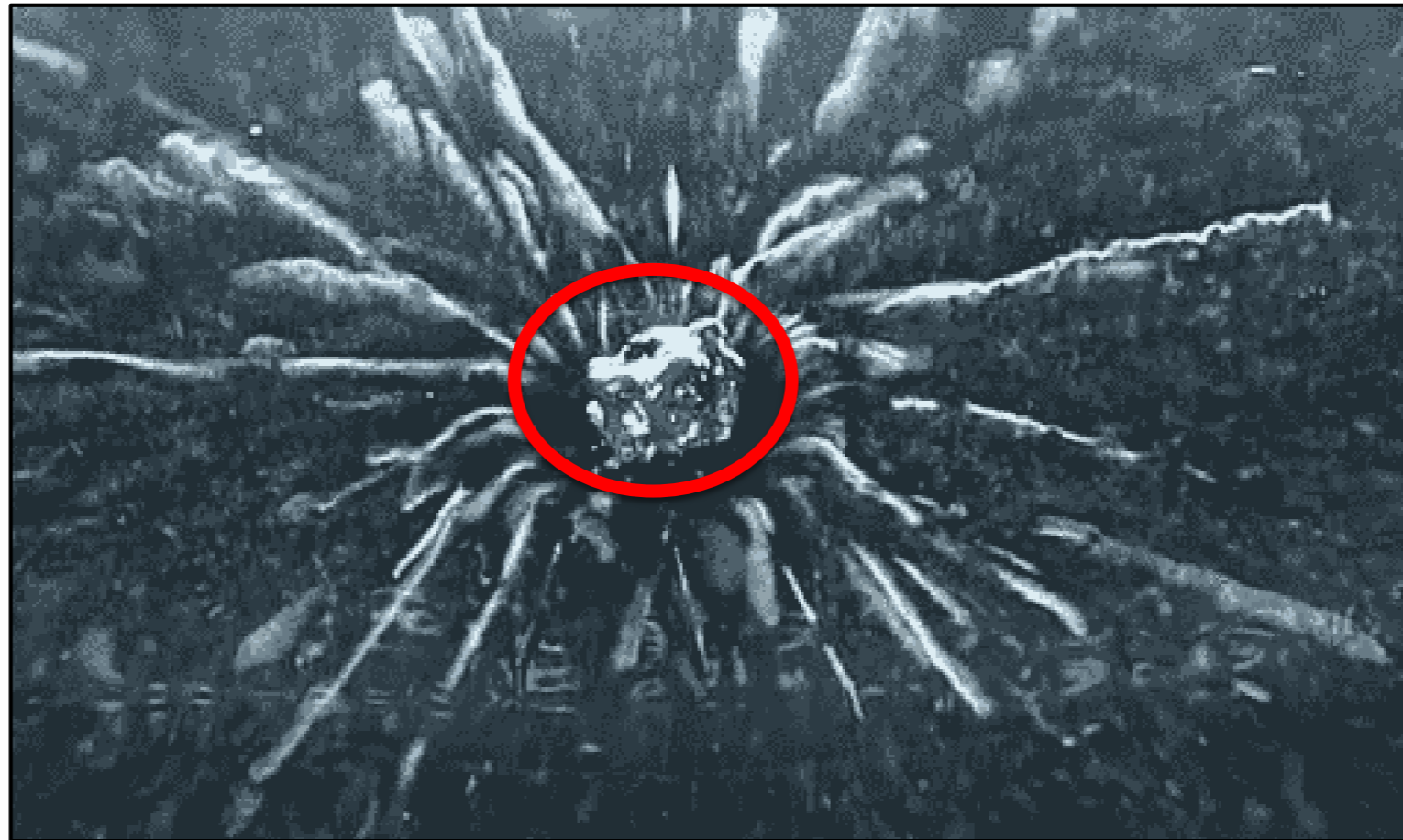
2	90	Th	2	91	Ra	2	92	U
10			9			9		
18			20			21		
32			32			32		
18			18			18		
8			8			8		
2			2			2		
		ТОРИЙ		ПРОТАКТИНИЙ				УРАН

# Что происходит с $\alpha$ ?

Тяжёлая частица



Прямолинейно,  
пробег в воздухе 10 см



Образец урановой смолки в камере Вильсона



# Альфа-частицы – источник гелия!



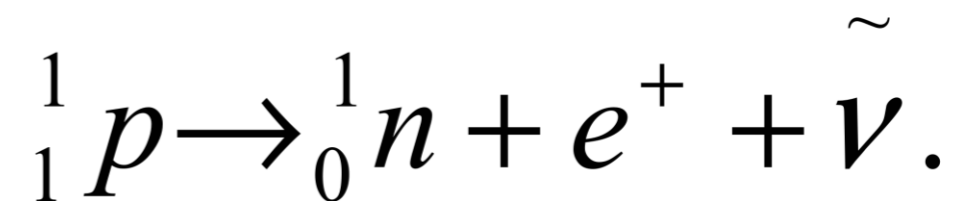
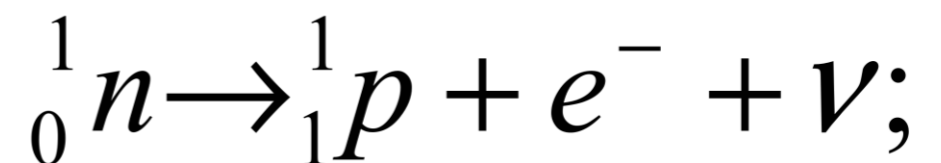
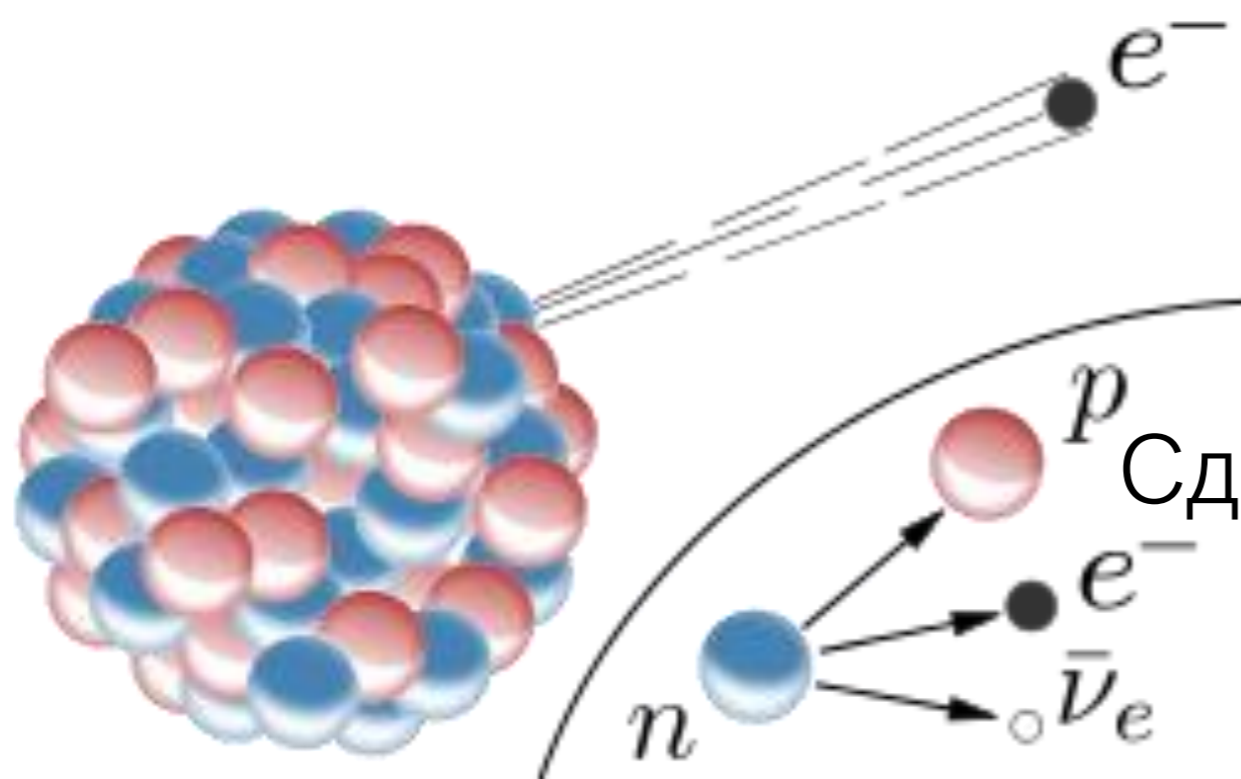
# Бета-распад

Не один, а три:

Бета-минус – образование электрона ( $\beta^-$ )

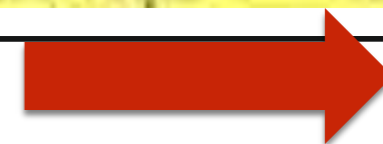
Бета-плюс – образование позитрона ( $\beta^+$ )

K-захват – ядро поглощает ближайший электрон



Сдвиг вправо по таблице для  $\beta^-$

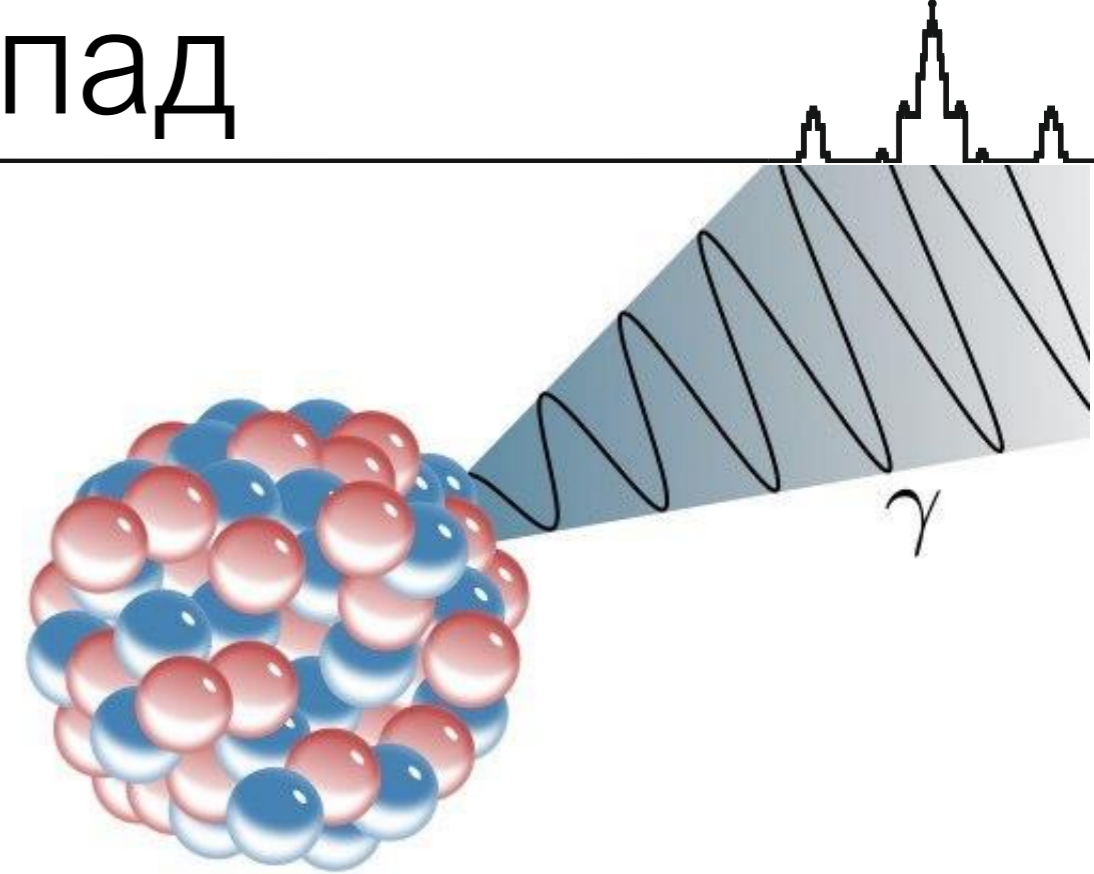
	6	7
<b>C</b>	12,011	<b>N</b> 14,0067
	$2s^2 2p^2$	$2s^2 2p^3$
4 2	Углерод 2	Азот



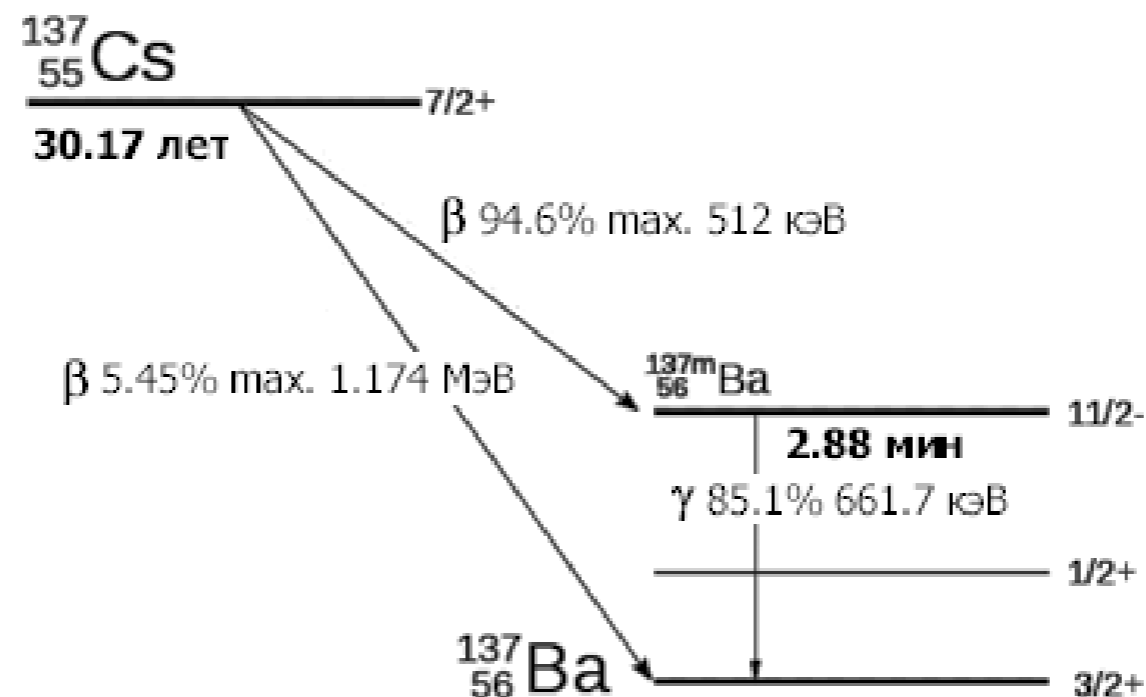
# Гамма-распад

Гамма-квант:  
Высокоэнергетический квант  
электромагнитного излучения

$$\frac{E(\gamma)}{E(\text{видимый свет})} = 1\,000 - 1\,000\,000$$

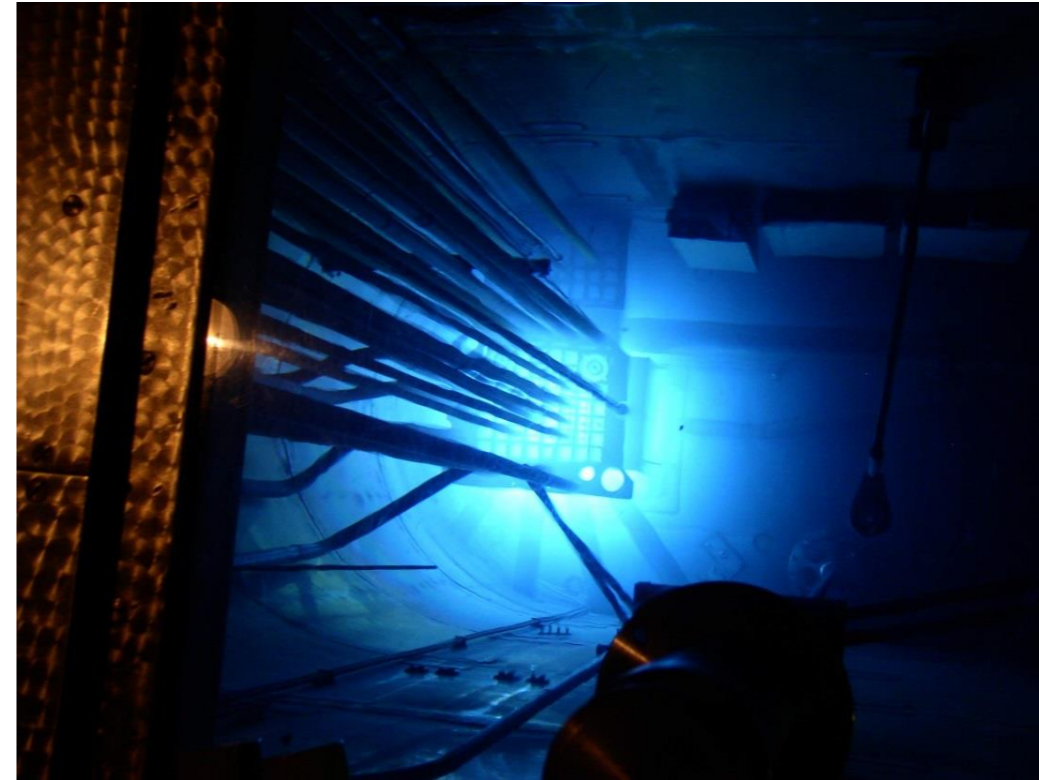
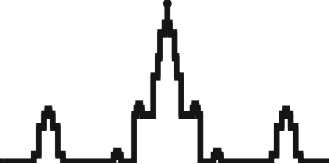


Сопровождает альфа и бета распад!





# Как увидеть распад? Радиацию?



Что эти названия значат?

Рентген

Зиверт

Беккерель

Грей

Кюри

рад

бэр

Единица измерения радиоактивности  
[Беккерель] = Бк = [распад/с]

По сути – это **скорость** (интенсивность) распада – количество распавшихся ядер (в штуках) в единицу времени (секунда).

Единица измерения воздействия радиации на организм  
(эквивалентная доза)  
[Зиверт] = Зв = [Дж/кг]

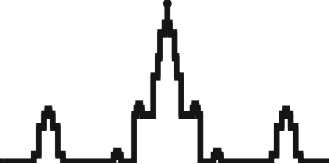
По сути – это **энергия**, переданная организму.

Корректно оценивать последствия воздействия радиации на человека именно в Зивертах, а не в Беккерелях.

Радиобиологический парадокс



# Скорость распада



Период полураспада – время, через которое распадётся по  
ловина вещества



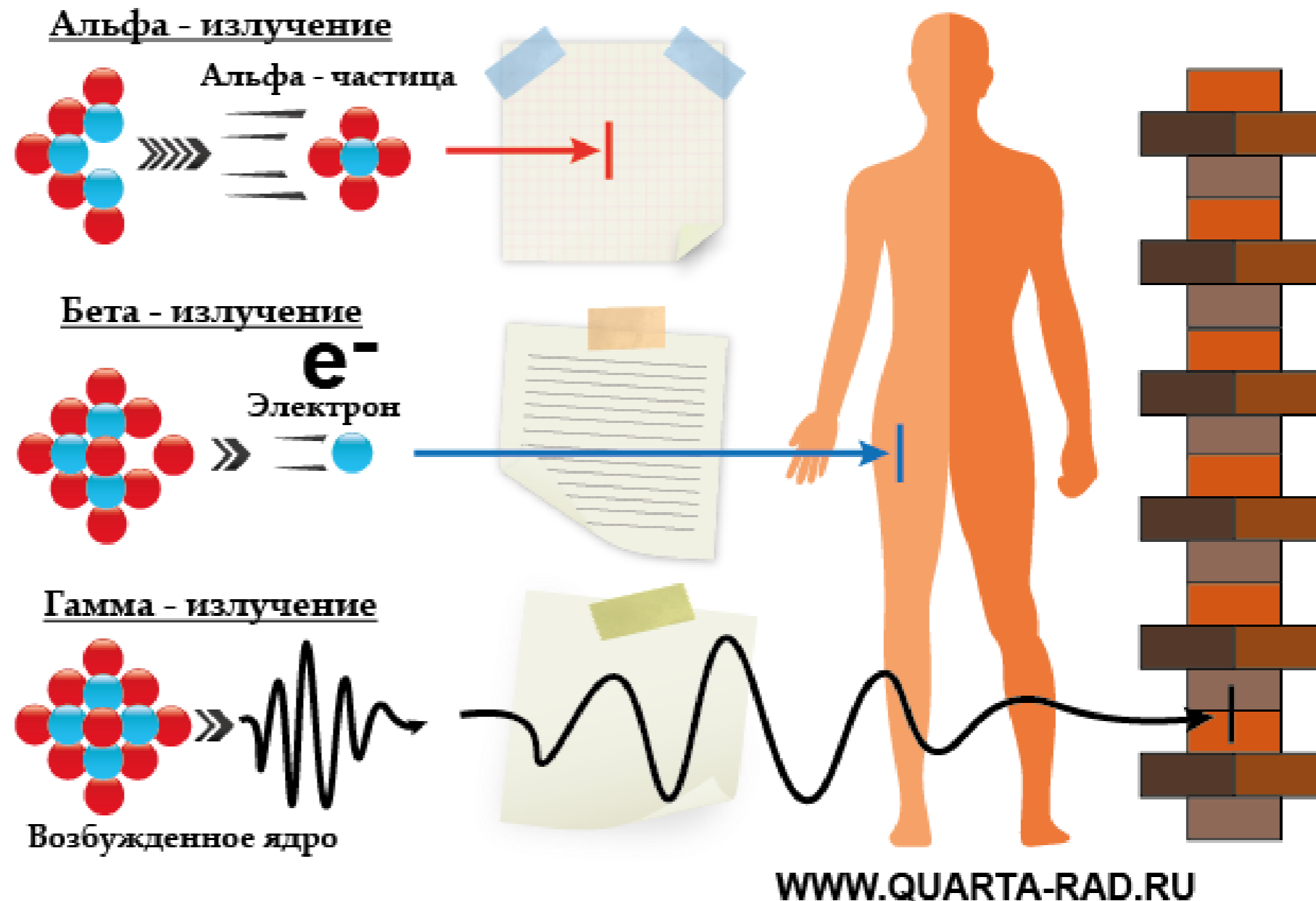
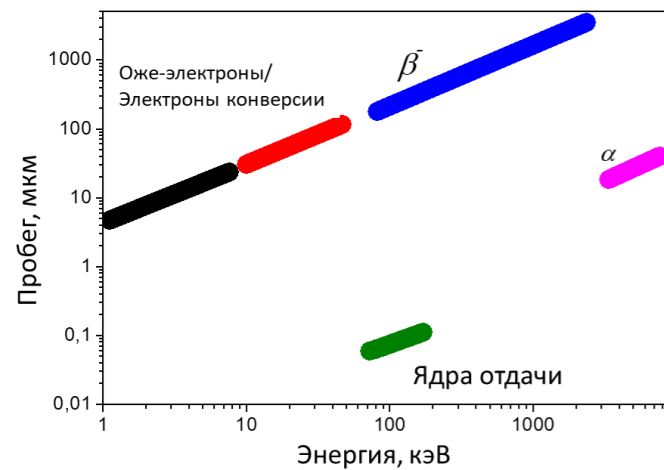
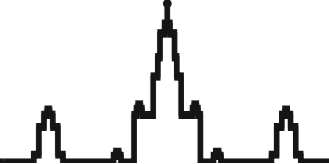
Единица радиоактивности  
1 распад/секунда = 1 Беккерель

Радионуклид	Период полураспада
$^{232}\text{Th}$	$14 \cdot 10^9$ лет
$^{99}\text{Tc}$	$2 \cdot 10^5$ лет
$^{14}\text{C}$	5730 лет
$^{241}\text{Am}$	432 лет
$^{90}\text{Sr}$	29 лет
$^{18}\text{F}$	111 минут
$^{13}\text{N}$	10 минут
$^{217}\text{Ac}$	69 наносекунд

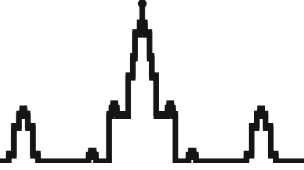
**Период полураспада н  
е зависит  
ни от чего!**

**Распад нельзя  
ускорить**

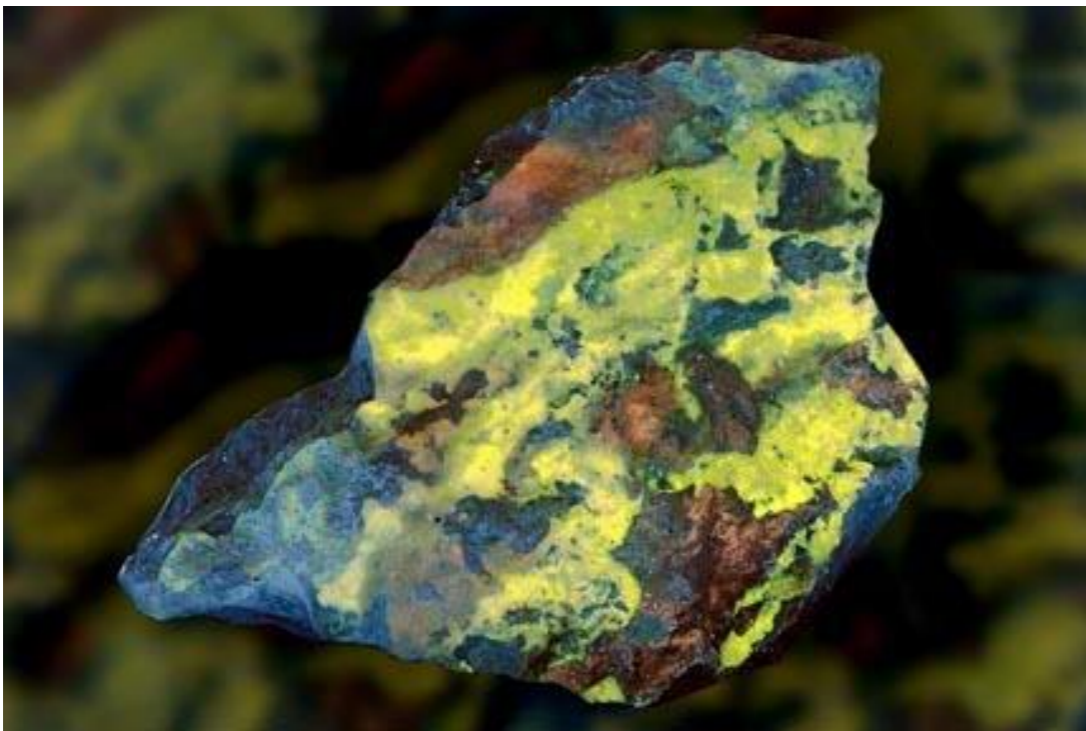
# Защита от излучений



Но(!) помним о тормозном излучении от бета-частиц



- Первичные – появились вместе с Землёй
- Космогенные – образовались за счёт космического излучения или попали на Землю с метеоритами
- Техногенные – созданы человеком





# Радиоактивное излучение в повседневной жизни



# Первичные радионуклиды

Возраст Земли  $4,5 \cdot 10^9$  лет

Радионуклид	$T_{1/2}$ , лет
$^{238}\text{U}$	$4,5 \cdot 10^9$
$^{235}\text{U}$	$7 \cdot 10^8$
$^{232}\text{Th}$	$14 \cdot 10^9$
$^{40}\text{K}$	$1,3 \cdot 10^9$
$^{87}\text{Rb}$	$4,9 \cdot 10^{10}$
$^{150}\text{Nd}$	$5,0 \cdot 10^{10}$
$^{147}\text{Sm}$	$1,6 \cdot 10^{11}$
$^{176}\text{Lu}$	$3,6 \cdot 10^{10}$
$^{138}\text{La}$	$1,0 \cdot 10^{10}$



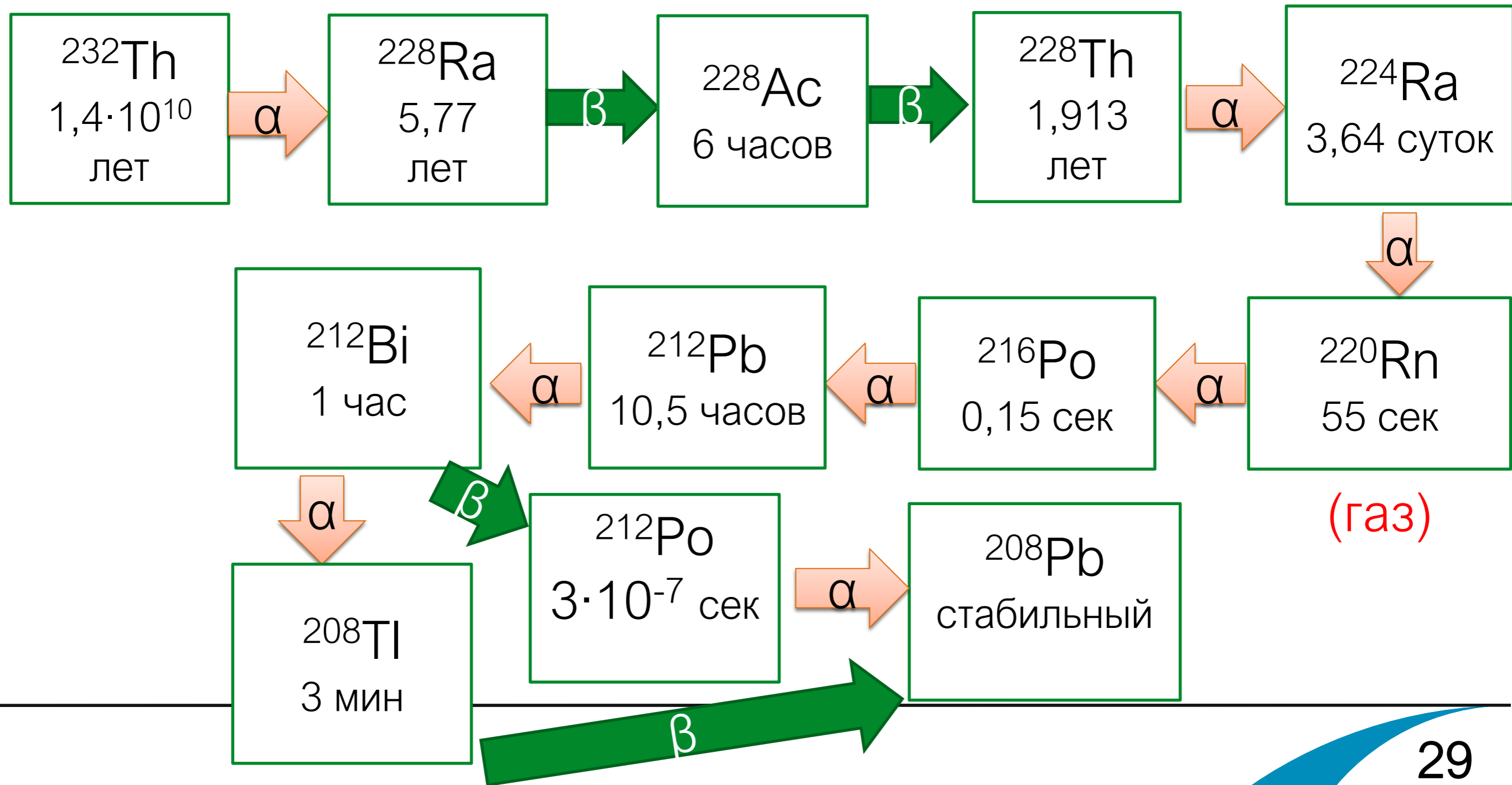
Возраст Вселенной  $14 \cdot 10^9$  лет



# Естественные

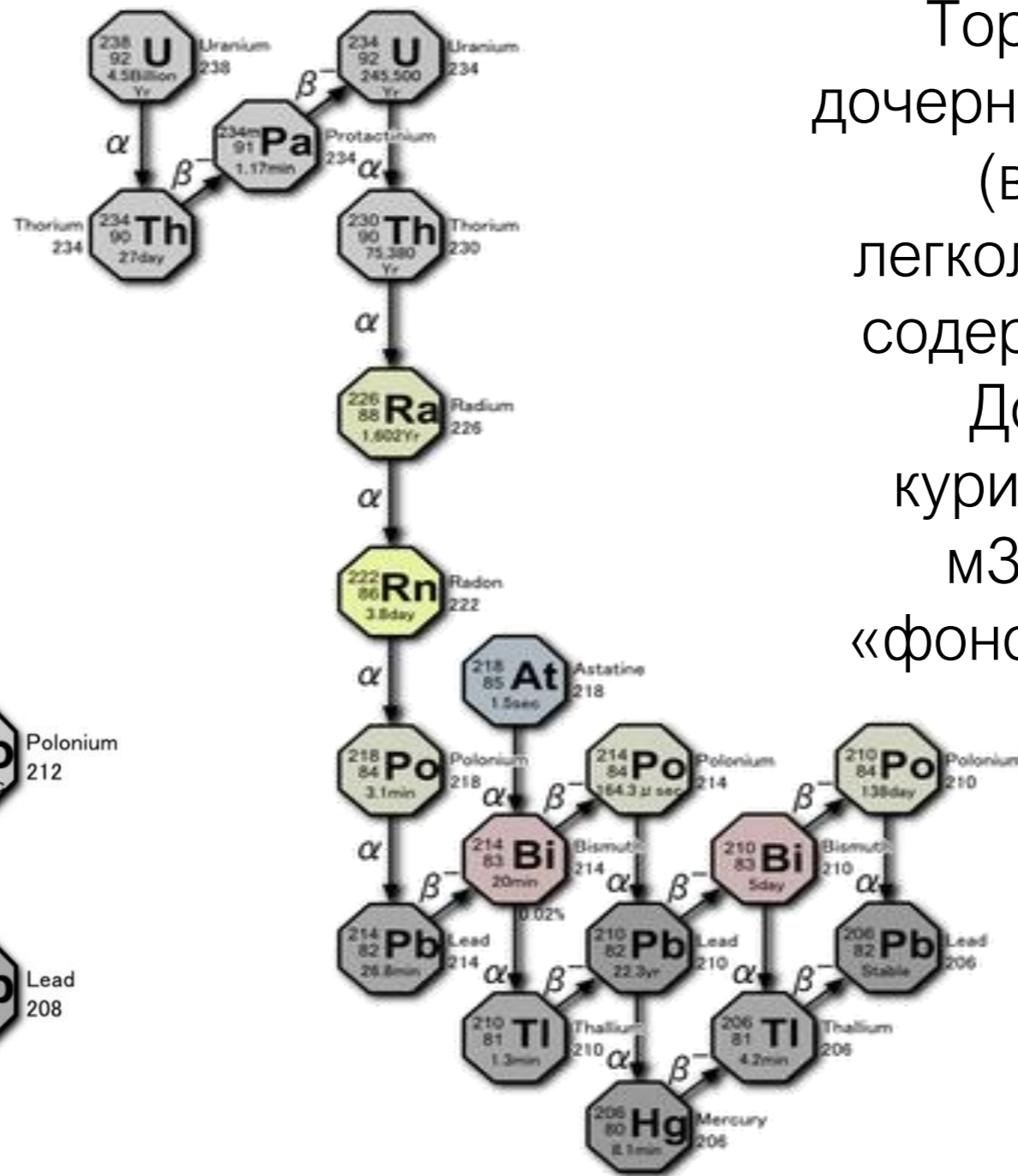
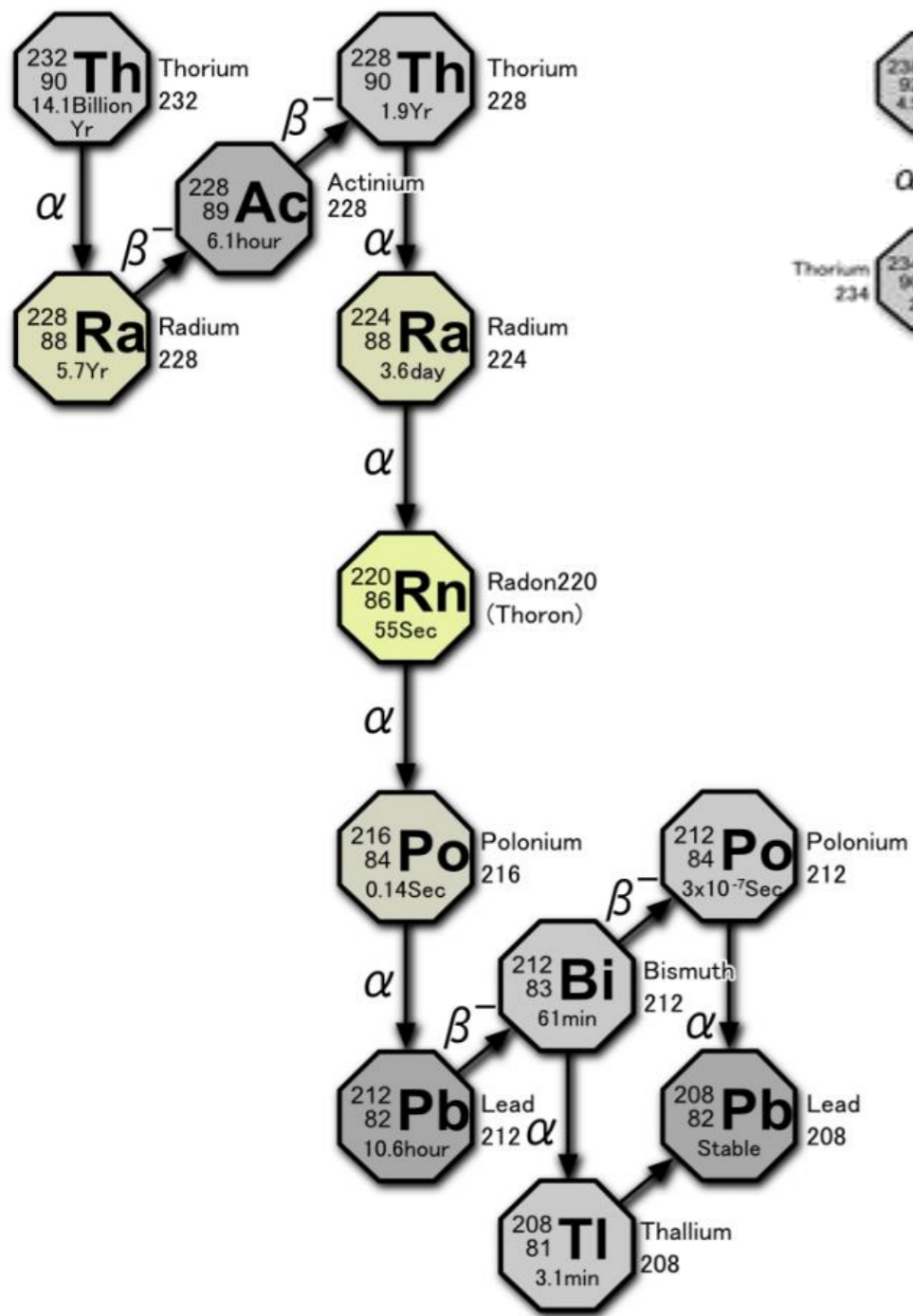
## радиоактивные ряды

Родоначальники:  $^{238}\text{U}$   $^{235}\text{U}$   $^{232}\text{Th}$

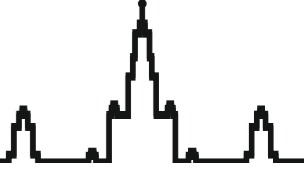




# Радиоактивные ряды



Торий, уран и их дочерние радионуклиды (в том числе, легколетучий Po-210) содержатся и в золе. Доза в легких курильщика - ~160 мЗв/год, т.е. 80 «фоновых» значений.



Есть везде, где есть «обычный»  
калий (39):

- Морская вода
- Продукты питания
- В нас с вами



**0.1 микрозиверт (мкЗв)/час** за счет К-40



**0.05 мкЗв/час (полбанана)**

Средний фон по Москве – 0.1-0.2 мкЗв/час (1-2 банана)

Средняя доза по планете – 2.4 мЗв/год (24 тыс. бананов)

Доза на высоте – 2-3 мкЗв /час (20-30 бананов)

«Рентген» – 0.1-5 мЗв (1 – 50 тыс. бананов)

Достоверно выявленная связь «доза-эффект» –  
100 мЗв (1 000 000 бананов)





# Космогенные радионуклиды

$^{14}\text{C}$ ,  $^3\text{T}$ ,  $^7\text{Be}$ ,  $^{35}\text{S}$ ,  $^{38}\text{Cl}$



Полярное сияние – результат взаимодействия космического излучения и атмосферы

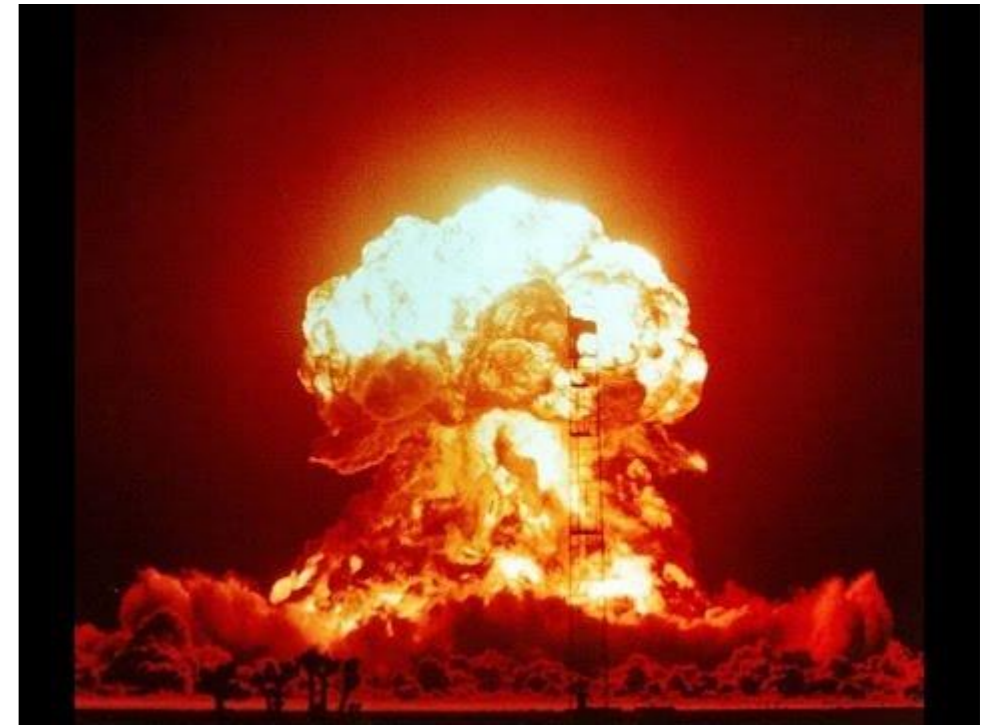
## Источники:

- Ядерные взрывы  
(глобальные выпадения)

Трансурановые элементы: Р  
и, Аm, Сm

Продукты деления урана/плутония:  
 $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$

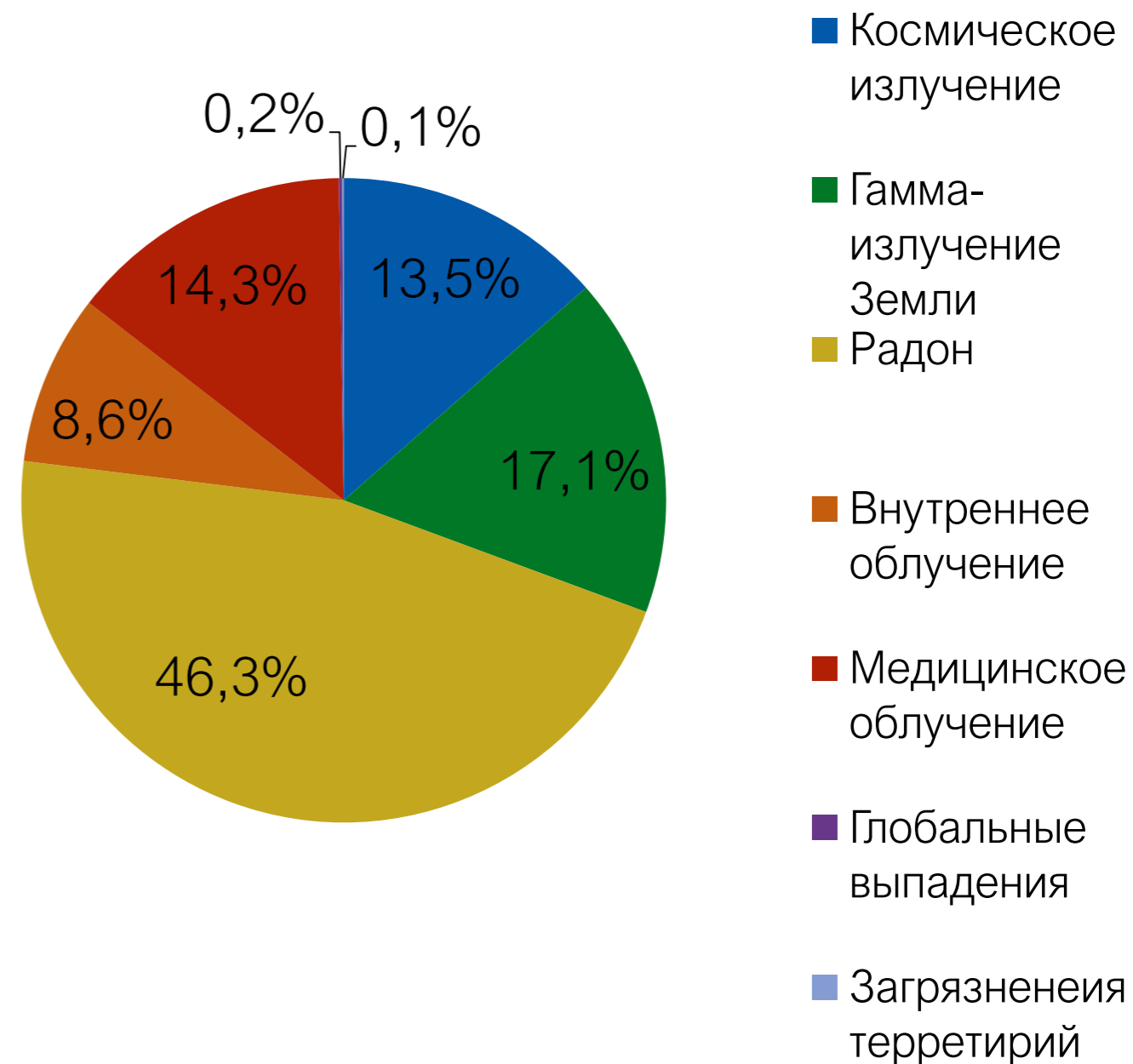
- Деятельность предприятия  
ядерно-топливного цикла  
+ аварийные ситуации на них





# Оценка эквивалентной годовой дозы, получаемой человеком, мЗв.

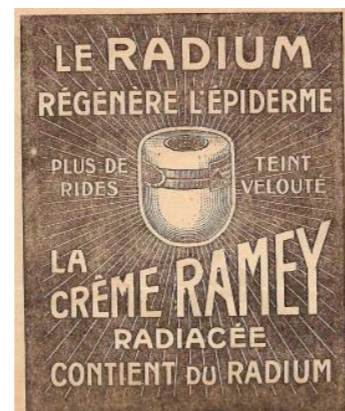
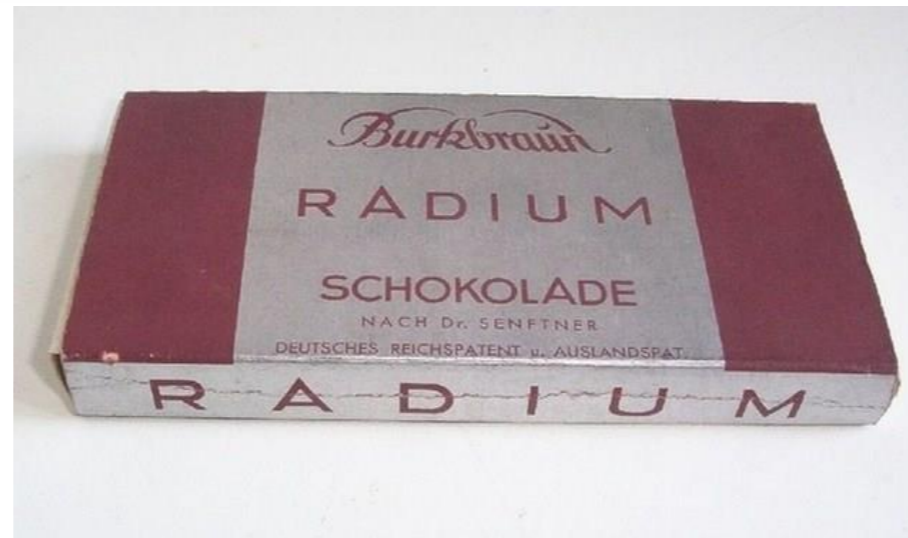
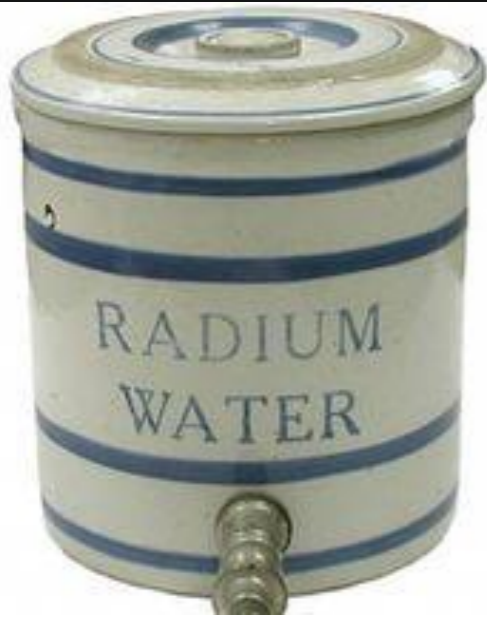
Источник	Среднемировая доза	Типичный диапазон
Космическое излучение	0,38	0,3-1
Гамма-излучение Земли	0,48	0,3-0,6
Ингаляции ( $^{222}\text{Rn}$ , $^{220}\text{Rn}$ и продукты их распада)	1,3	0,2-10
Внутреннее облучение	0,24	0,2-0,8
<b>Все природные источники</b>	<b>2,4</b>	<b>1-12,4</b>
Медицинское облучение	0,4	0-1,6
Глобальные выпадения	0,005	
Профессиональное облучение	0,0005	
Загрязнение территорий	0,002	
<b>Все искусственные источники</b>	<b>0,4</b>	<b>0-1,6</b>
<b>Всего</b>	<b>2,8</b>	<b>1-14</b>





# Начало XX века

(а также врач из прошлого)



154

## MÉTHODE THO-RADIA

EMBELLISSANTE PARCE QUE CURATIVE

40

### DENTIFRICE THO-RADIA

A BASE DE SELS DE THORIUM

FORMULE du Docteur Alfred CURIE

Astringent et bactéricide, il stérilise la cavité buccale, évite et combat les gingivites, prévient la carie et les pyorrhées alvéolaires. Il assainit les dents, laisse dans la bouche une délicieuse impression de fraîcheur, conserve l'éclat, la blancheur et l'intégrité de la dentition.

Le grand tube : 6 francs

**Pas de joli sourire sans de jolies dents**

CHEZ LES PHARMACIENS EXCLUSIVEMENT





Только наша государственная промышленность, заинтересованная в охране здоровья трудящихся, обеспе-



Рис. 4. Радиоактивная маска. Суживает поры кожи, делает ее матовой и придает ей приятную белизну

ченная доброкачественным сырьем, всецело отвечает за качество выпускаемой продукции.

10

**РАДИОАКТИВНАЯ НАТУРАЛЬНАЯ  
МИНЕРАЛЬНАЯ ВОДА**  
**„ИЖЕВСКИЙ ИСТОЧНИК“**  
ЛУЧШАЯ ЛЕЧЕБНАЯ ВОДА  
И НЕЗАМЕНИМЫЙ ГИГИЕНИЧЕСКИЙ НАПИТОК

ТРЕБУЙТЕ во всех аптеках, столовых, буфетах, закусочных, ресторанах и магазинах.

„ИЖЕВСКИЙ ИСТОЧНИК“ является лучшим средством борьбы против желудочно-кишечных заболеваний.

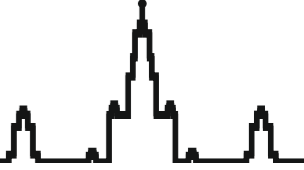
„ИЖЕВСКИЙ ИСТОЧНИК“, по отзывам профессоров и врачей-клиницистов, весьма полезно действует при ряде заболеваний желудочно-кишечного тракта, болезнях печени, почек, мочевых путей, при нарушении обмена веществ, желчно-каменной болезни и др. и вполне заменяет аналогичные заграничные воды, как Вильдунген, Контрексевиль, Виши и др.

**ОТЗЫВЫ ВРАЧЕЙ ВЫСЫЛАЮТСЯ БЕСПЛАТНО.**

Оптовая база для Татарской, Башкирской, Чувашской, Марийской и Удмуртской АССР и Куйбышевской области находится в гор. Казани—ул. Кирова, дом № 47, телеф. № 37-0).

*Казанское отделение Изжминвод.*

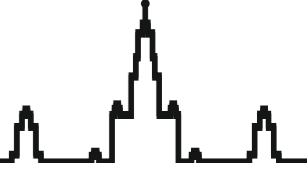


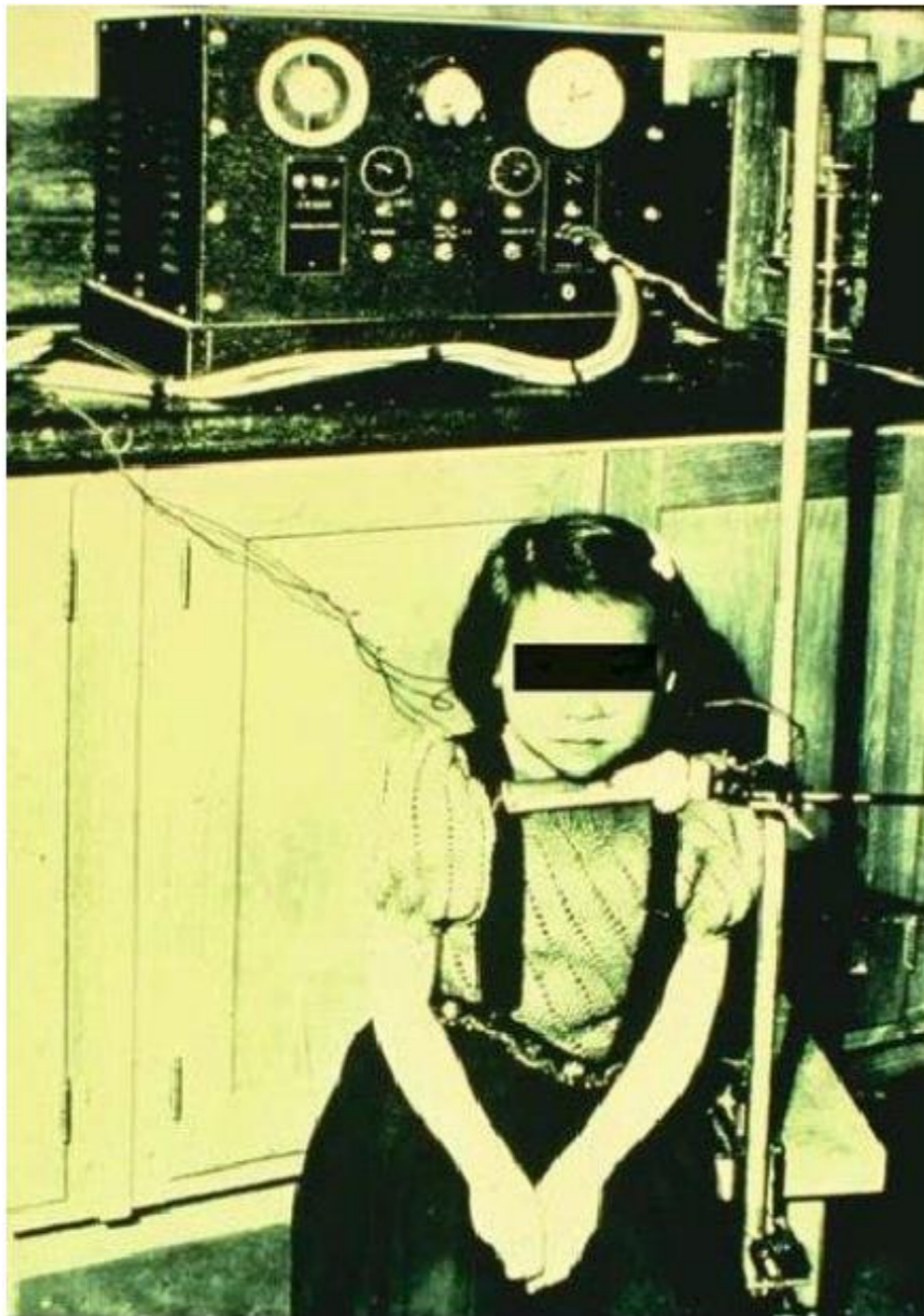
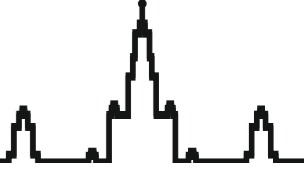


“Radium girls”

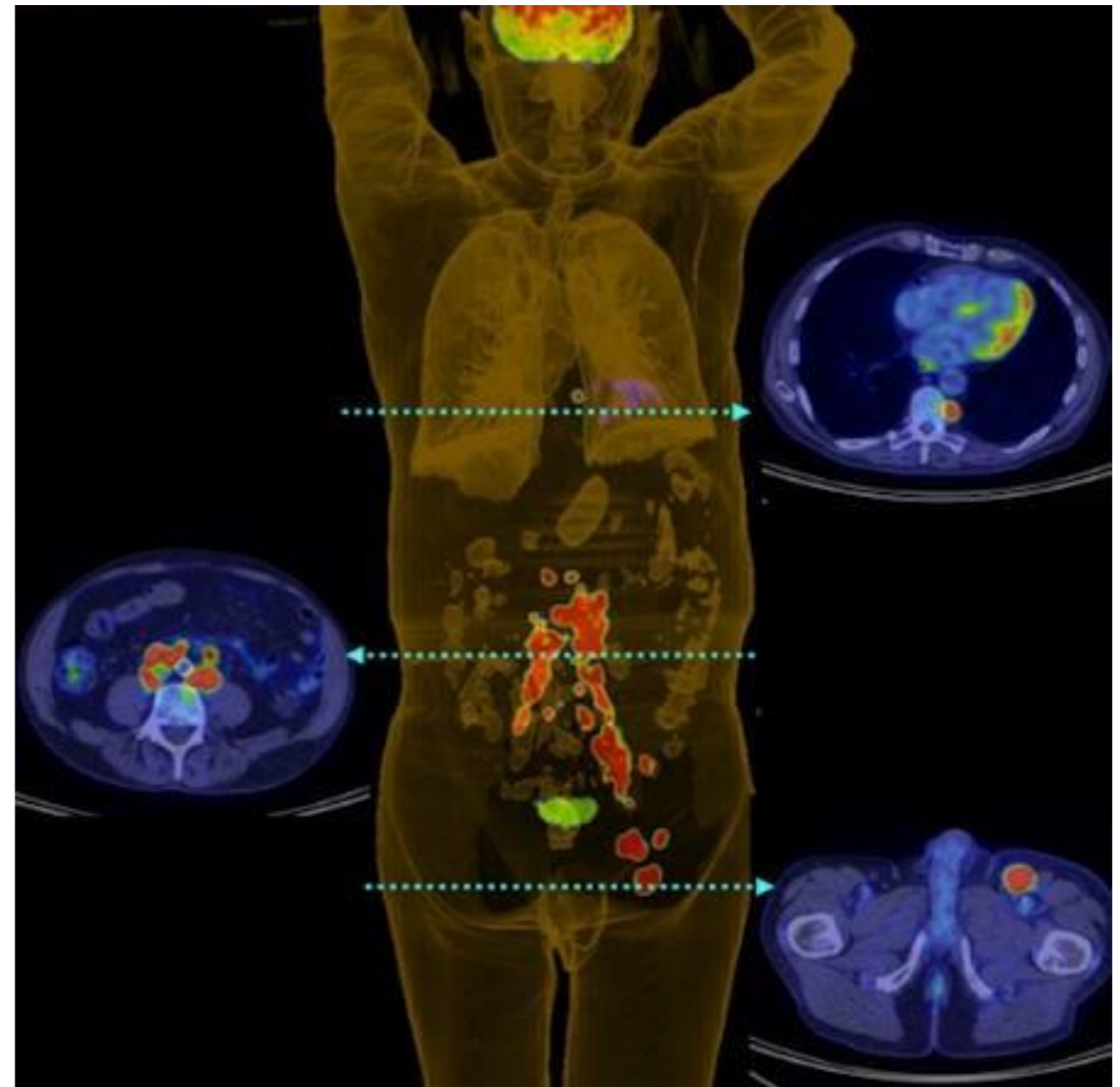








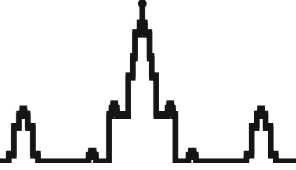
Одно из первых исследований щитовидной железы с использованием  $^{131}\text{I}$



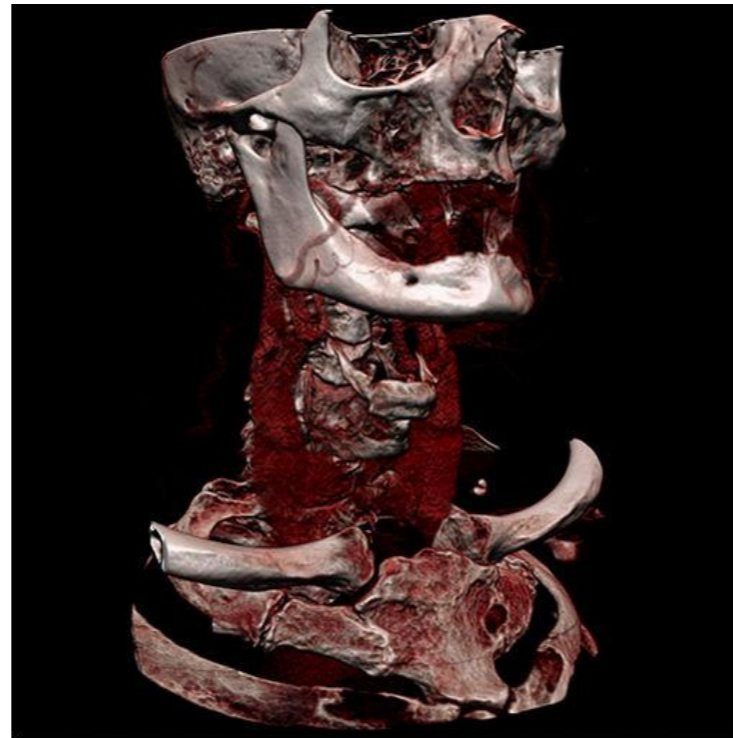
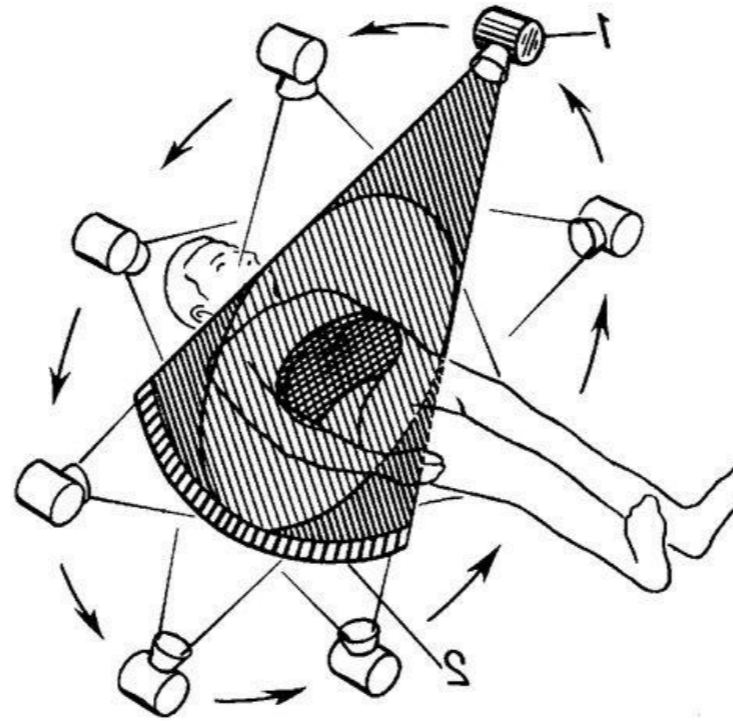
FDG-PET/CT scan in patient with merkel cell carcinoma ( $^{18}\text{F}$ -дезоксиглюкоза)

<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=10151859561367357&set=a.10151859561282357.1073741830.364429672356&type=3&theater>





Рентген



## Нобелевская премия (1979)



Godfrey N.  
Hounsfield  
(1919 – 2004)

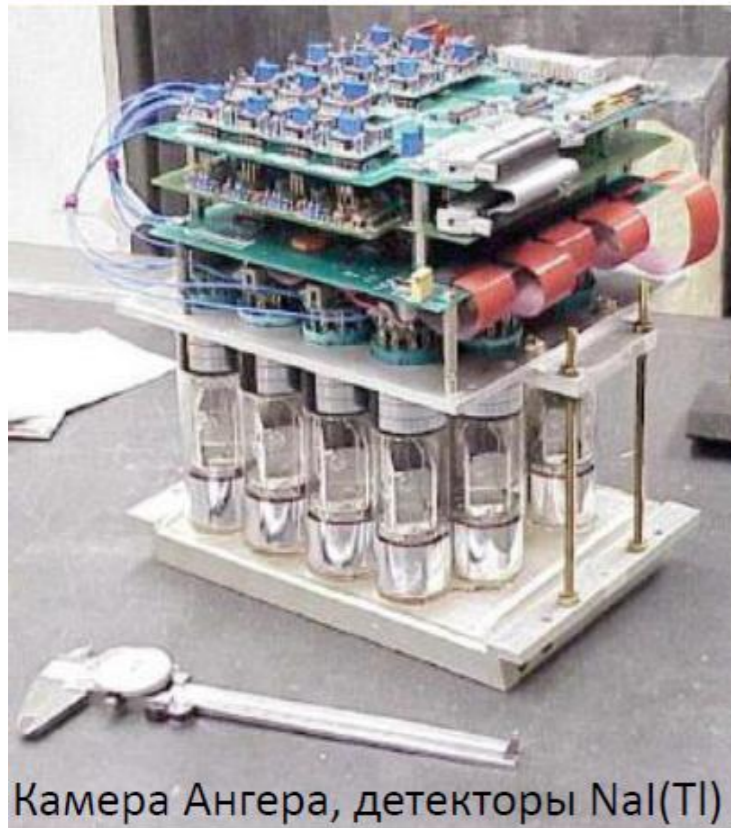
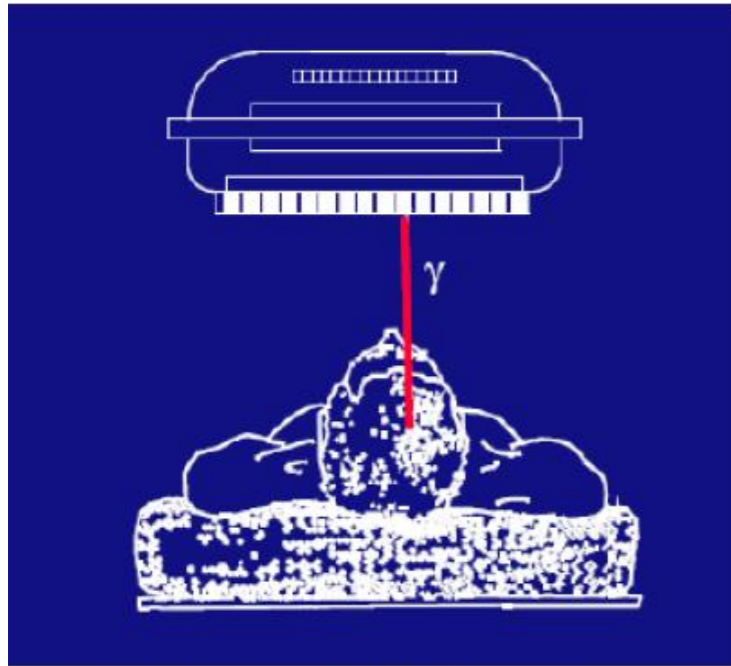
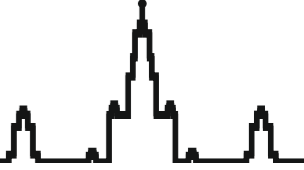


Allan M.  
Cormack  
(1924 – 1998)

Доза от 2 до 25 мЗв!  
В год – 2 мЗв



# Планарная сцинтиграфия



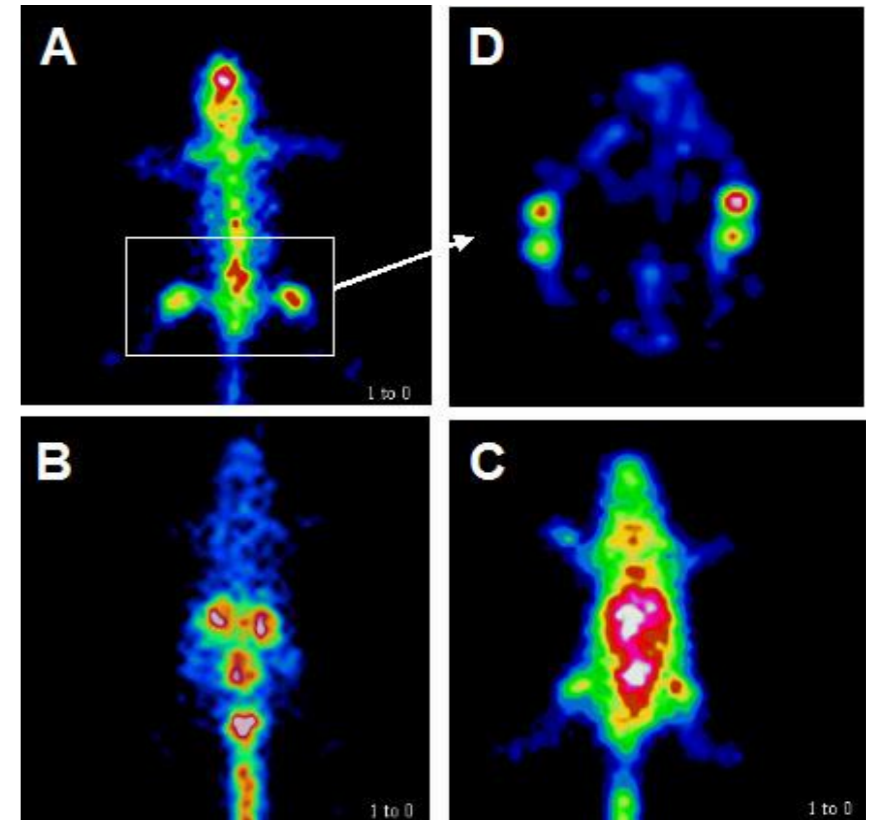
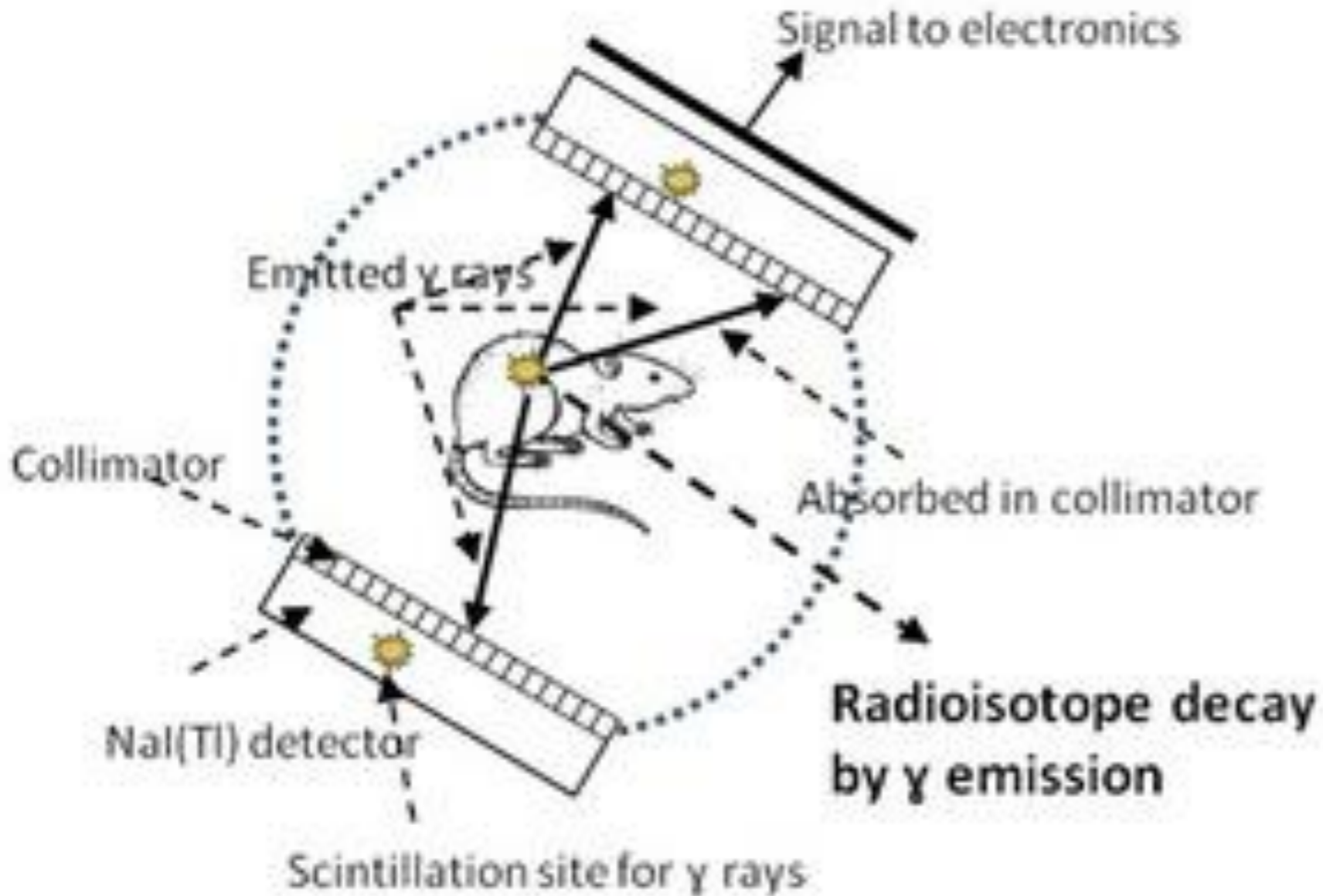
Камера Ангера, детекторы NaI(Tl)

Используемые радионуклиды:  
 $^{99m}\text{Tc}$ ,  $^{123}\text{I}$ ,  $^{111}\text{In}$ , ...



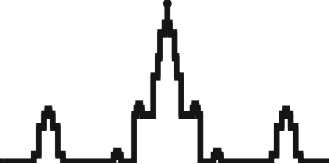
Сцинтиграфия почек с использованием  $^{99m}\text{Tc-DMSA}$  (dimercaptosuccinic acid): пиелонефрит, инфекция мочевых путей, аномалии развития почек, артериальная гипертензия, трансплантированная почка, мочекаменная болезнь, гидронефроз

# Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ)

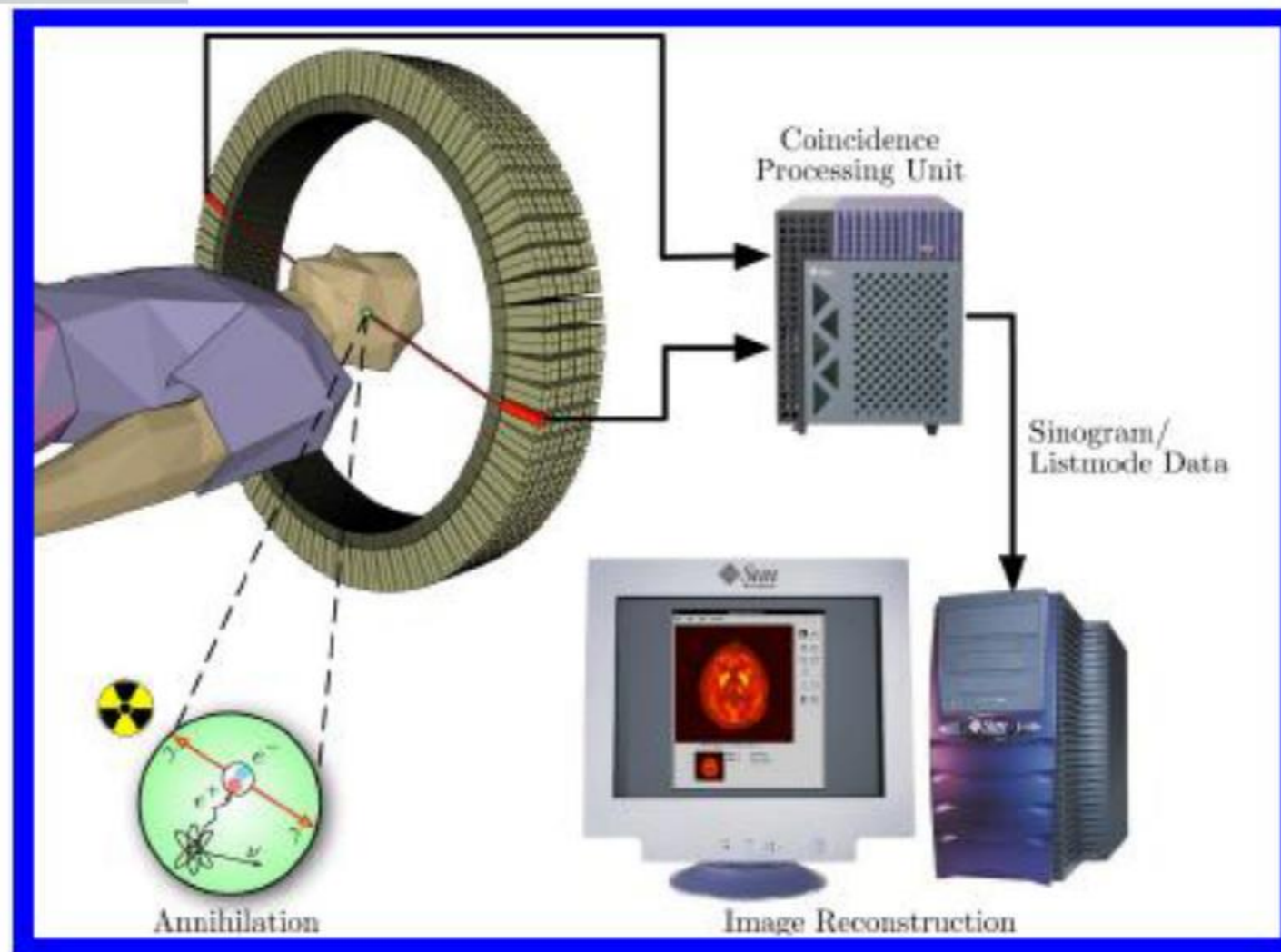
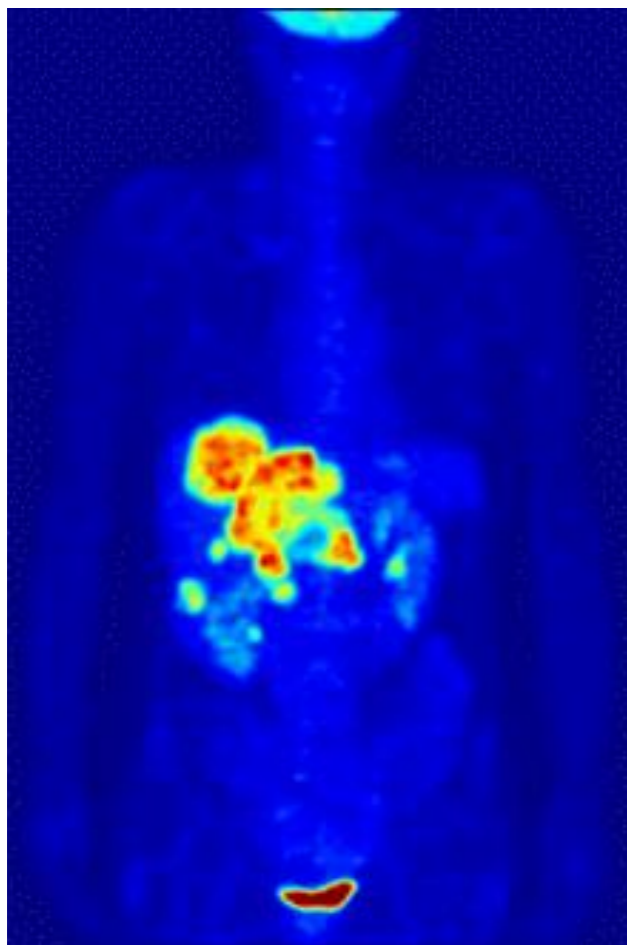




# Позитронная эмиссионная томография (ПЭТ)



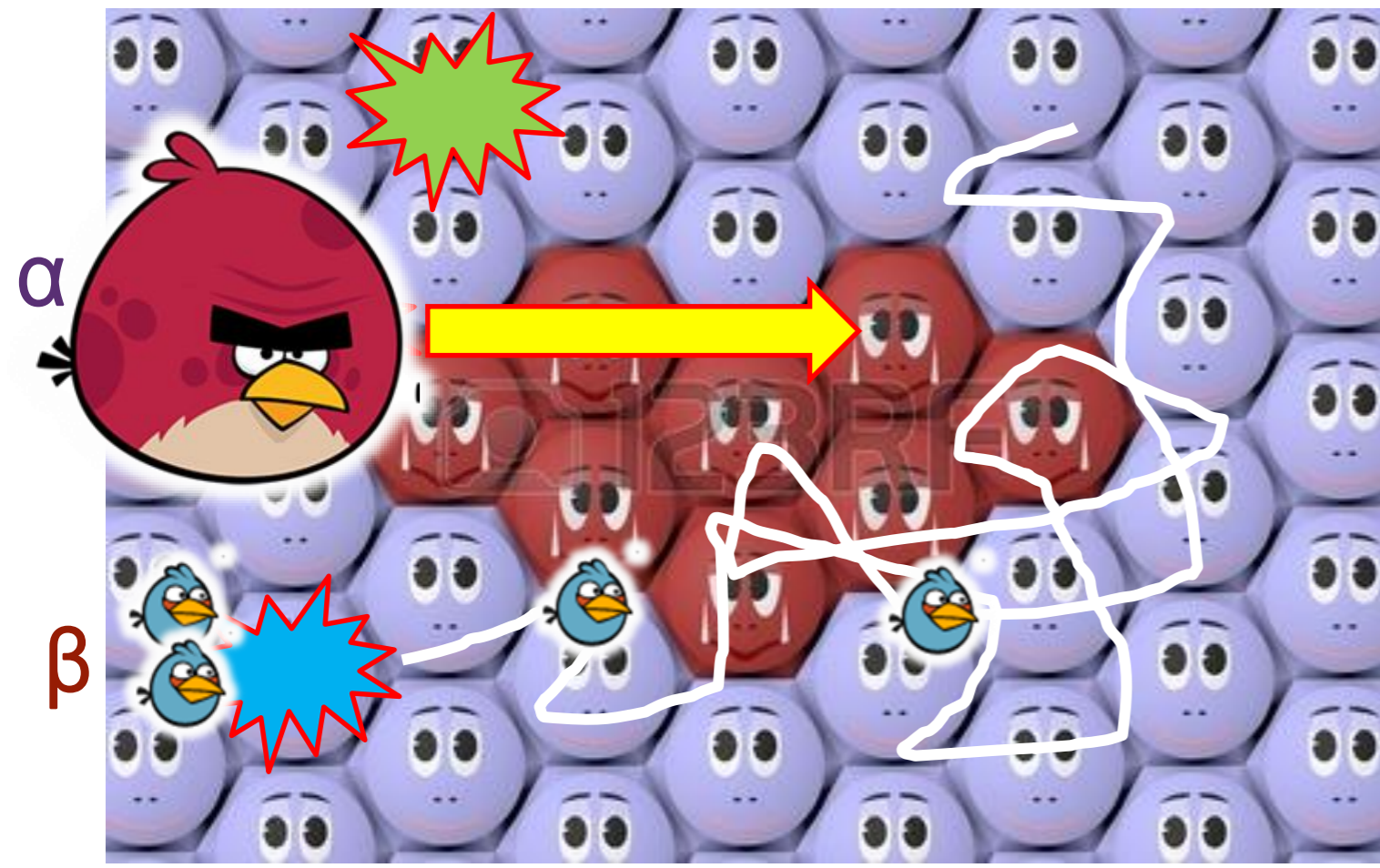
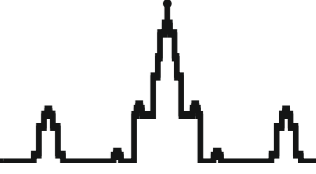
Максимальный пробег в мышце:  
4,1 мм (углерод-11)  
2,39 мм (фтор-18)  
9,3 мм (галлий-68)



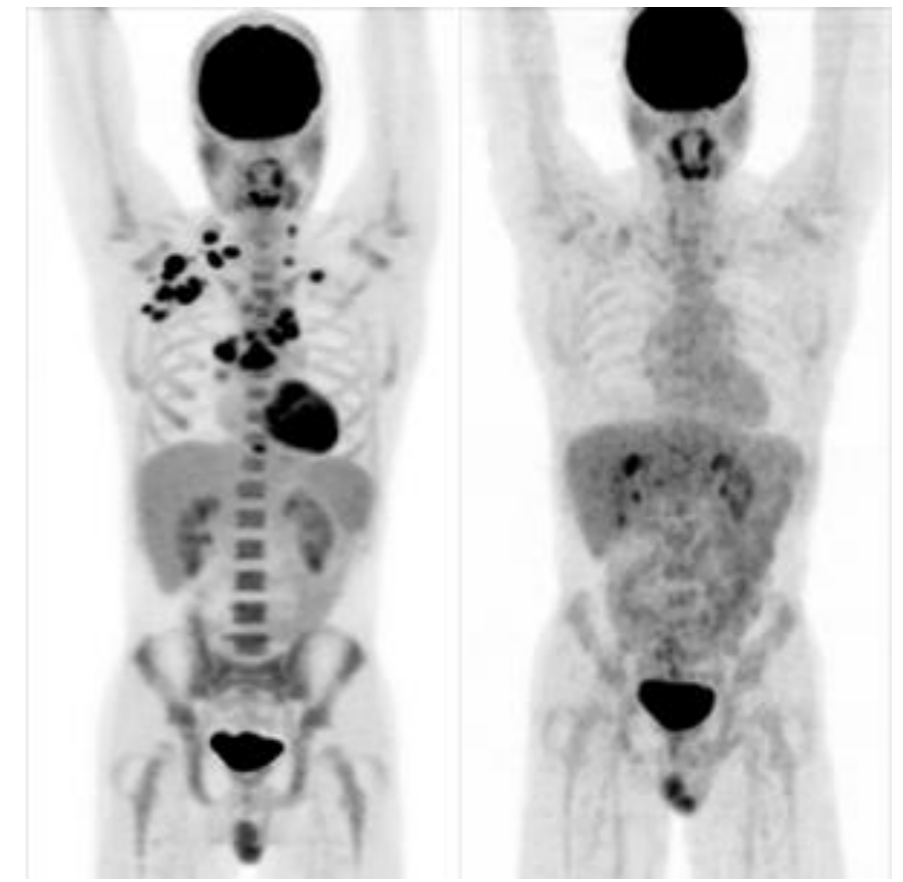
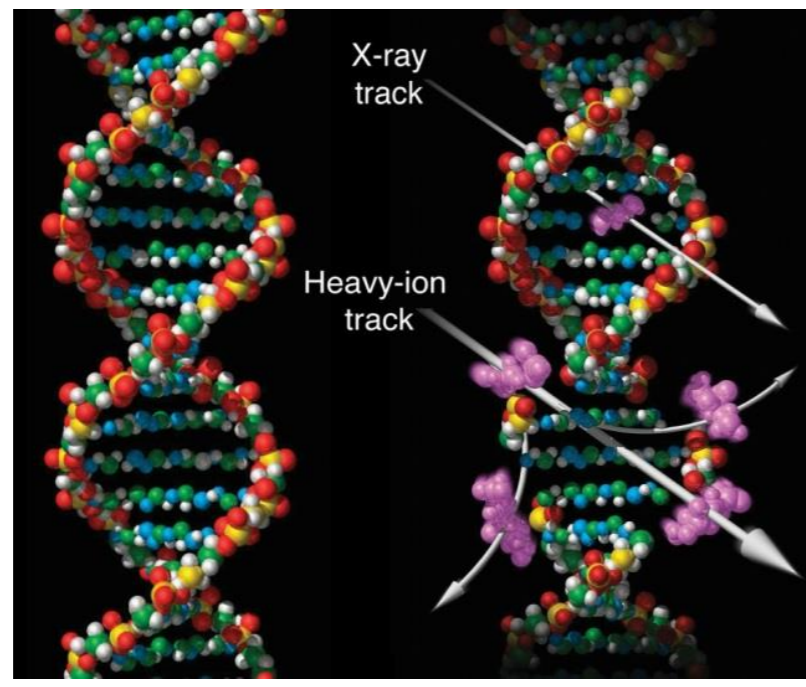


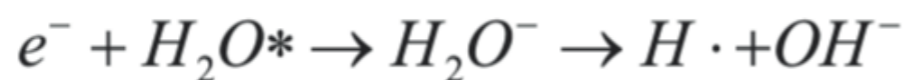
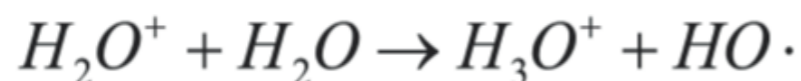
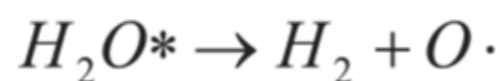
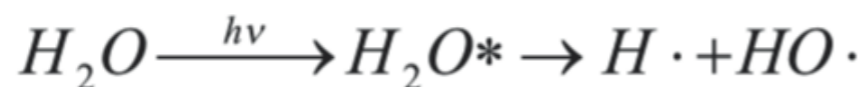
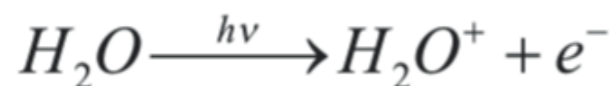
# Радиотерапия





Оже ~ 10 нм  
α ~ 50-80 мкм  
β ~ 1-10 мм





и др.

Перехват радикалов –  
антиоксиданты  
радиопротекторы





# Радоновые ванны

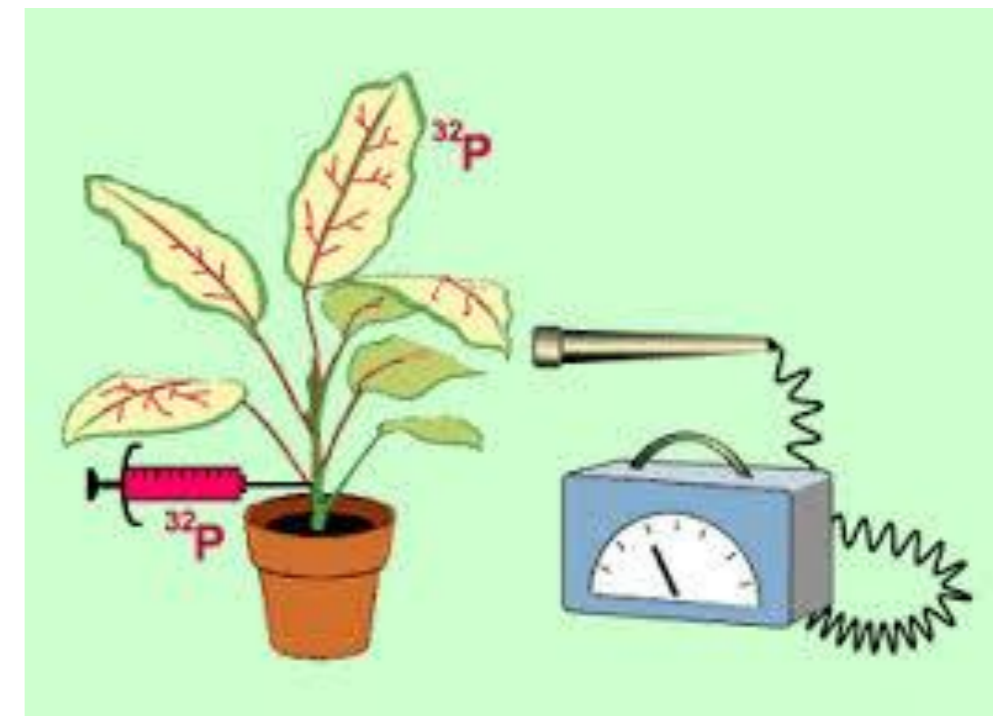




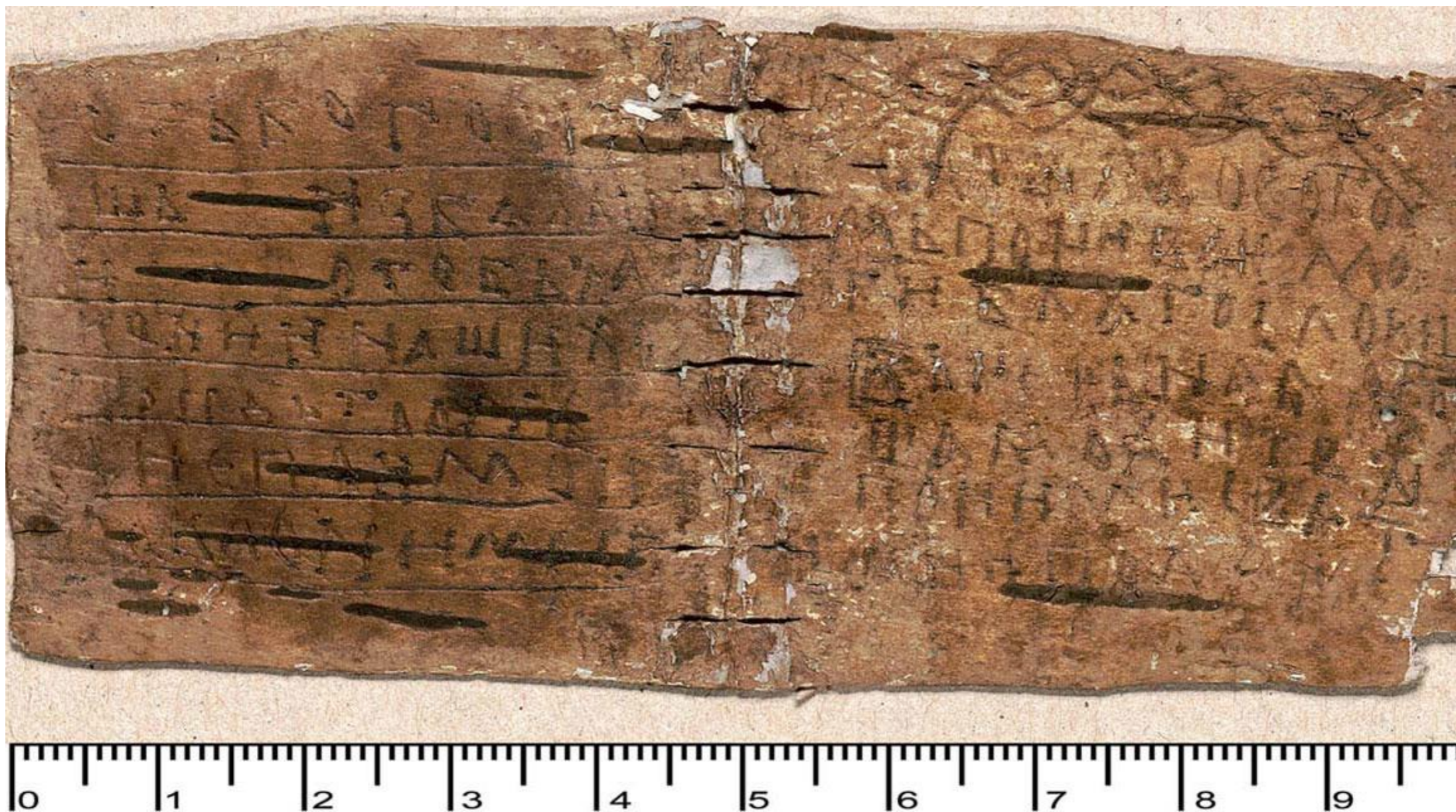
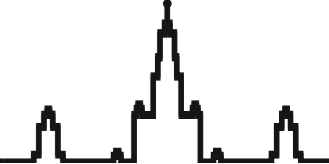
# Стерилизация семян, мутации



# Проверка эффективности удобрений

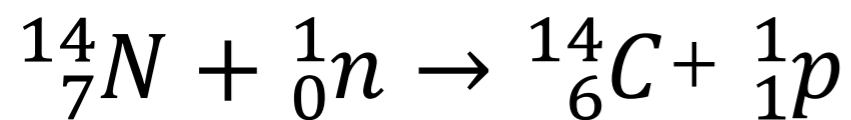






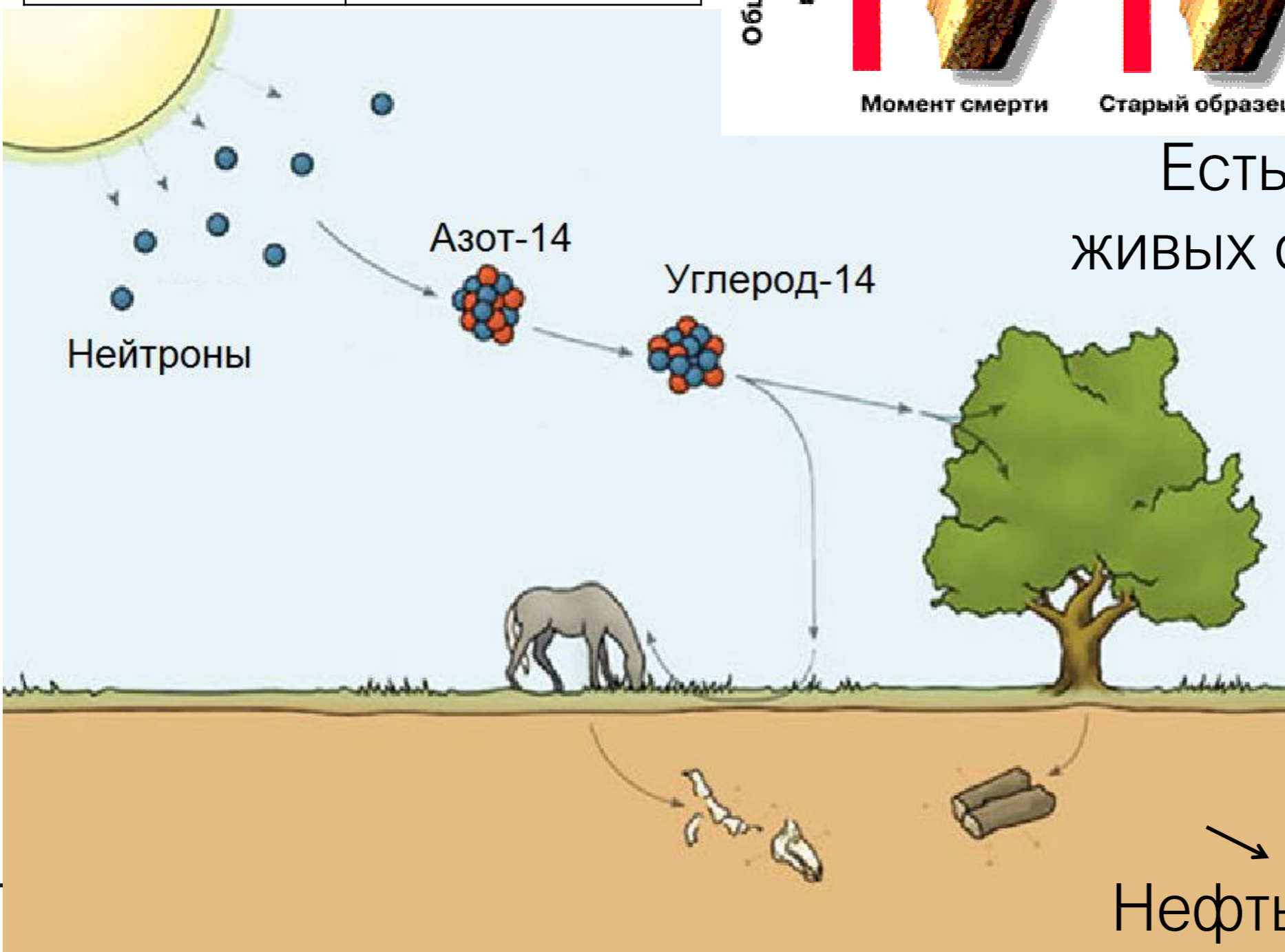
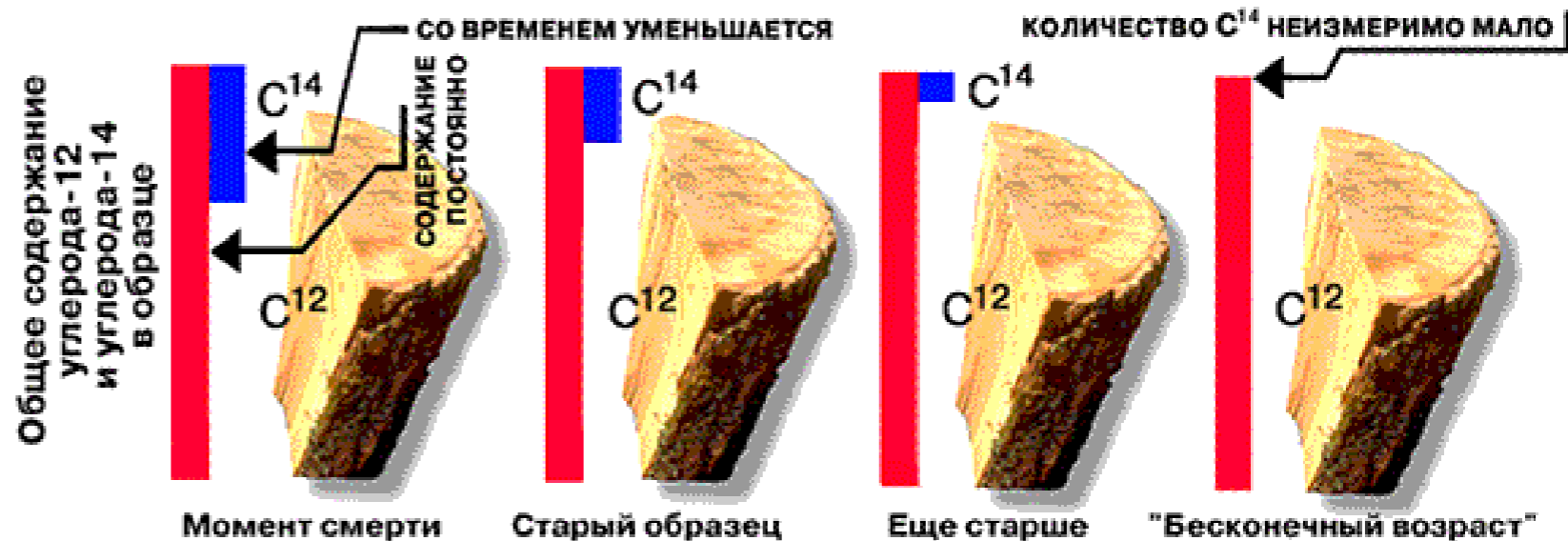


# Углерод – 14. Датирование

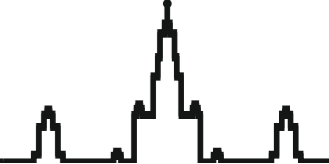


${}^{14}\text{C}$

5730 лет



Есть во всех живых организмах

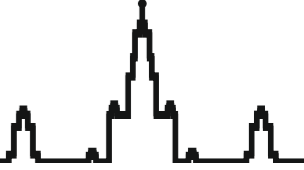




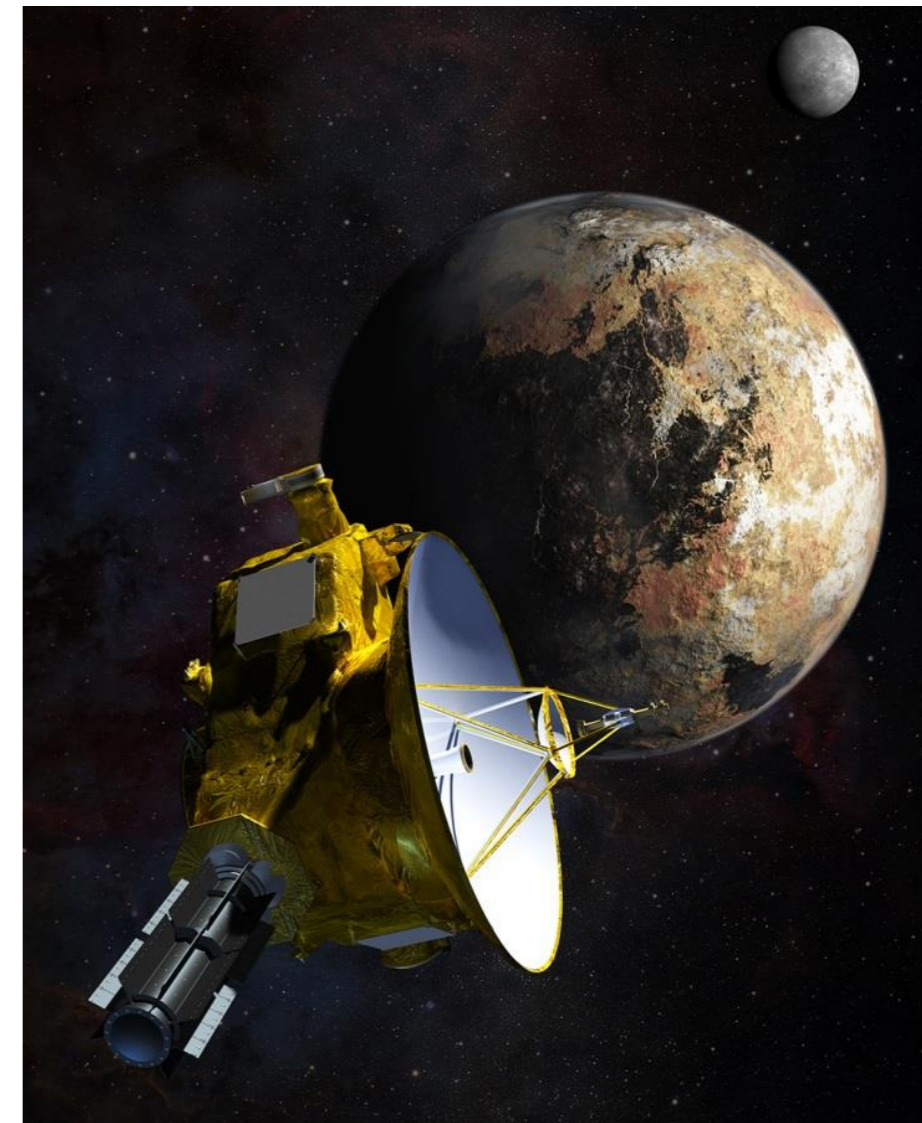
# Радиоизотопное датирование







## РИТЭГи



Термоэлектрический преобразователь (ряд биметаллических пар)

Pu-238, Po-210, Co-60, Sr-90, Ce-144, Cm-244...



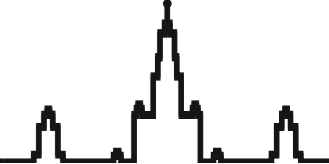
# И север, конечно же



КАК Я ПРОВЕЛ ЭТИМ ЛЕТОМ реж. А.Пологребский

©Кинокомпания "Коктебель"



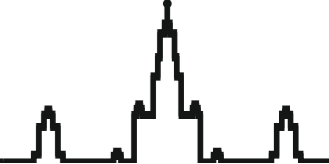


## Энергетика



Earth at Night  
More information available at:  
<http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap001127.html>

Astronomy Picture of the Day  
2000 November 27  
<http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/astropix.html>



- **Значительное снижение выбросов CO<sub>2</sub>**  
(1 ГВт от угля = 5.6 млн тонн CO<sub>2</sub>)
- **Снижение дозовых нагрузок населения по сравнению с угольными ТЭС**  
(в среднем на 40%)
- **Более низкая цена выработки электроэнергии**  
(2.1-3.1 US цента/кВт·ч против 3.7-6.0)
- **Более низкая удельная стоимость топлива**  
(уран – 5% от себестоимости электроэнергии; углеводороды – 75%)
- **Запас топлива**  
(уран – не менее 100 лет; углеводороды – не менее 50 лет)



# Сравнение энерговыделения

Энергия на 1 кг топлива

$^{235}\text{U}$  –  $8.8 \cdot 10^{13}$  Дж  $\approx$  1 ГВт·сут

D+T –  $3.4 \cdot 10^{13}$  Дж  $\approx$  4 ГВт·сут

Уголь  $\approx$  10 кВт·сут

Газ  $\approx$  20 кВт·сут



**26 м<sup>3</sup>**

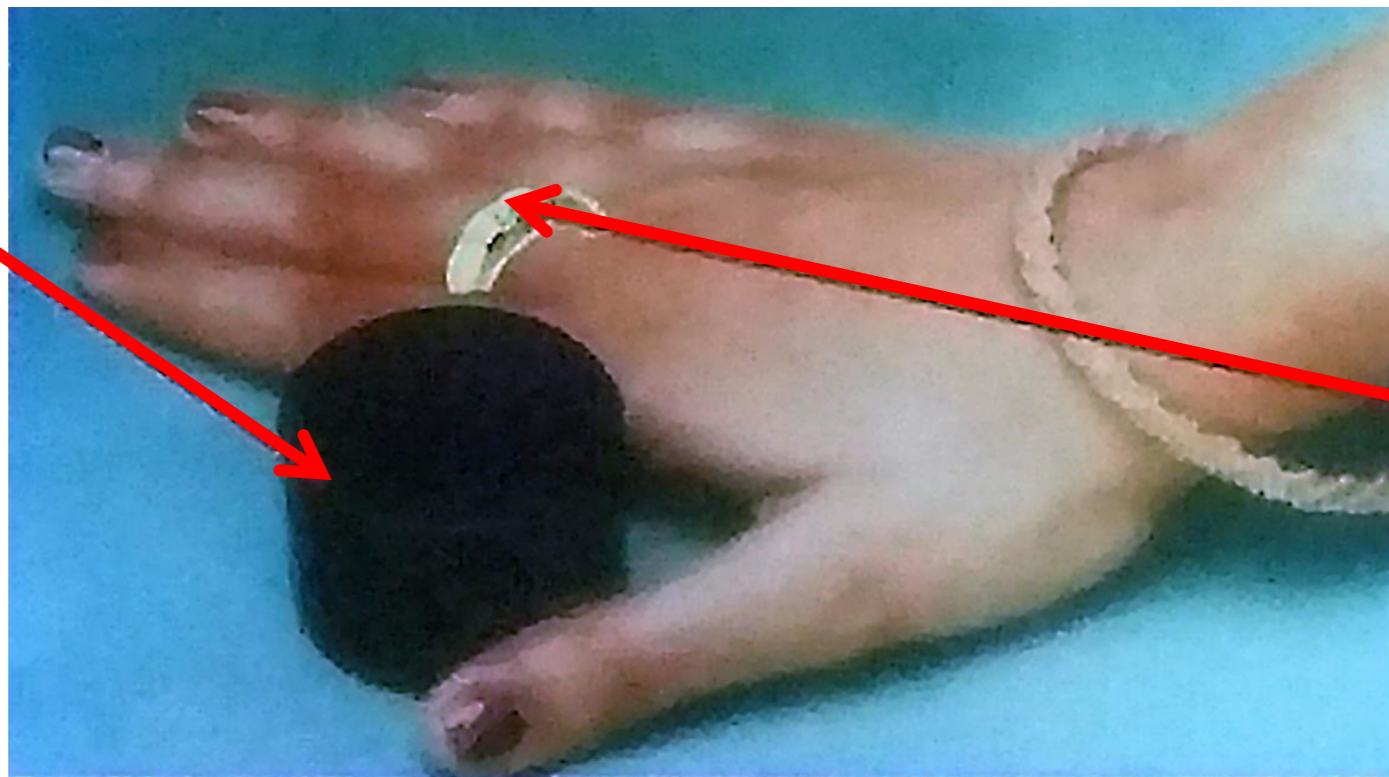
**VS.**



**26 мл**

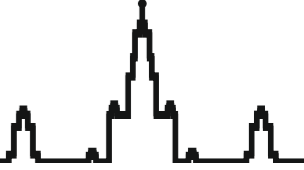
# Будущее переработки отработанного ядерного топлива

Объем высокоактивных отходов,  
произведенных при использовании  
ядерной энергии для 1 семьи за всю  
жизнь



Объем  
высокоактивных  
отходов, если  
выделить еще и  
актиниды





Фукусима

ТриМайл Айленд,  
ВУРС,..

Общее количество жертв от  
радиации?

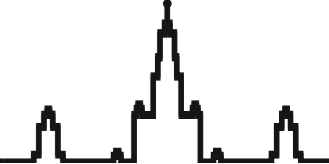
**162**

Отчет НКДАР ООН 2008 г.

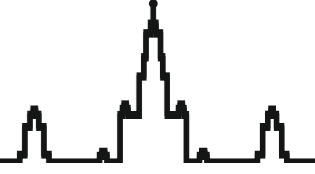


Чернобыль

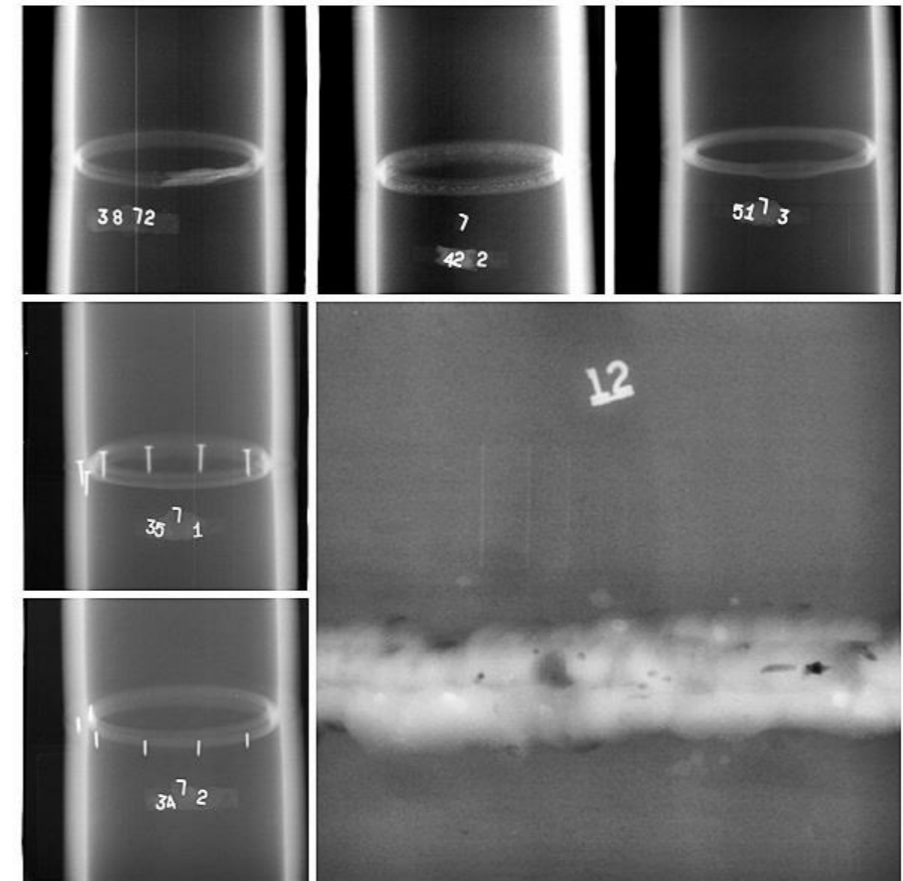
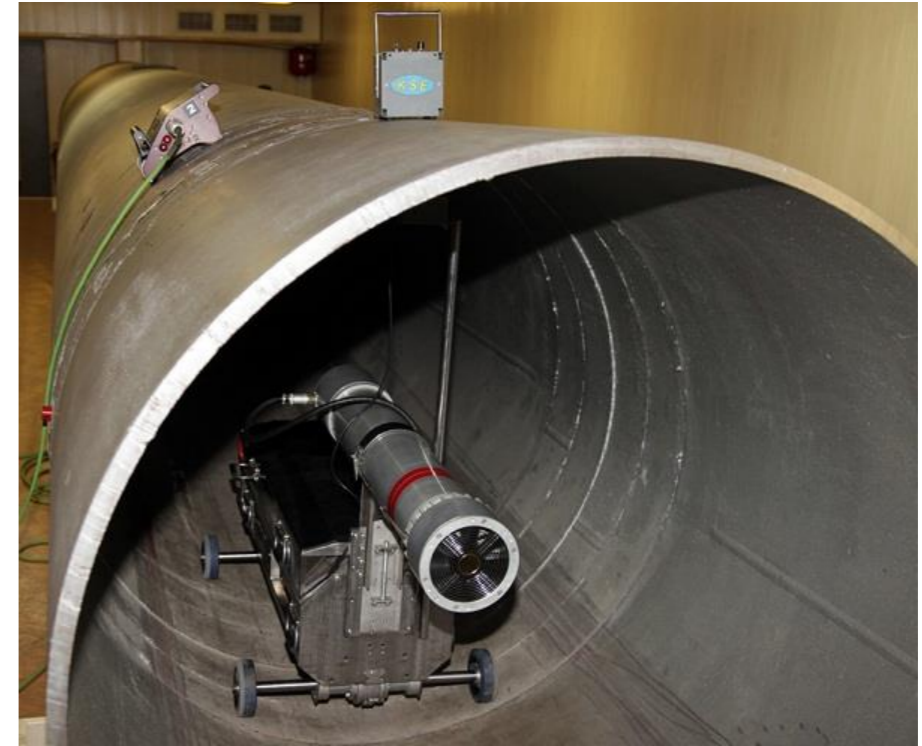
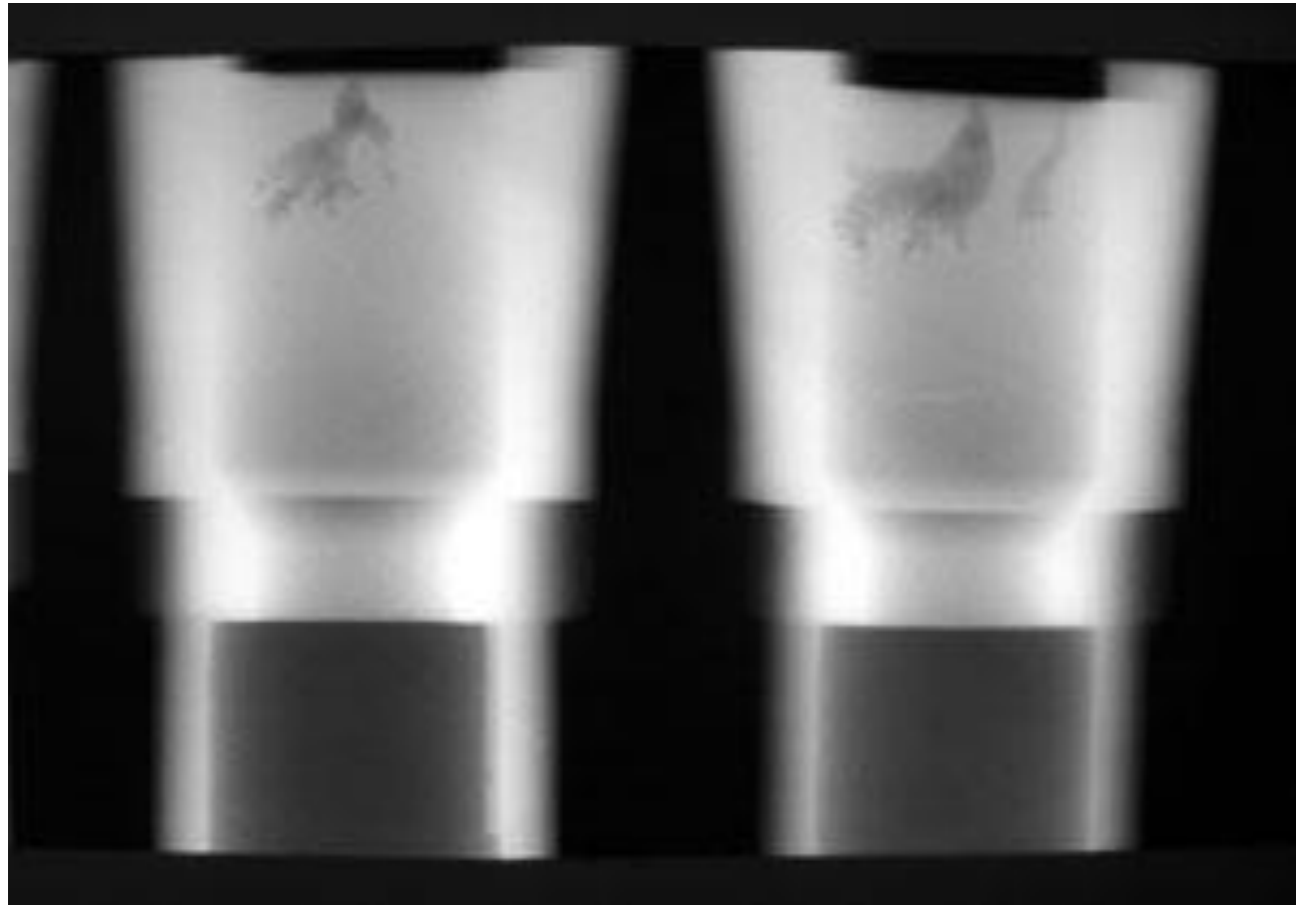


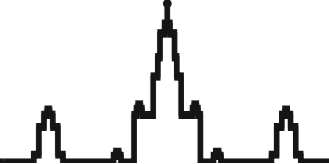




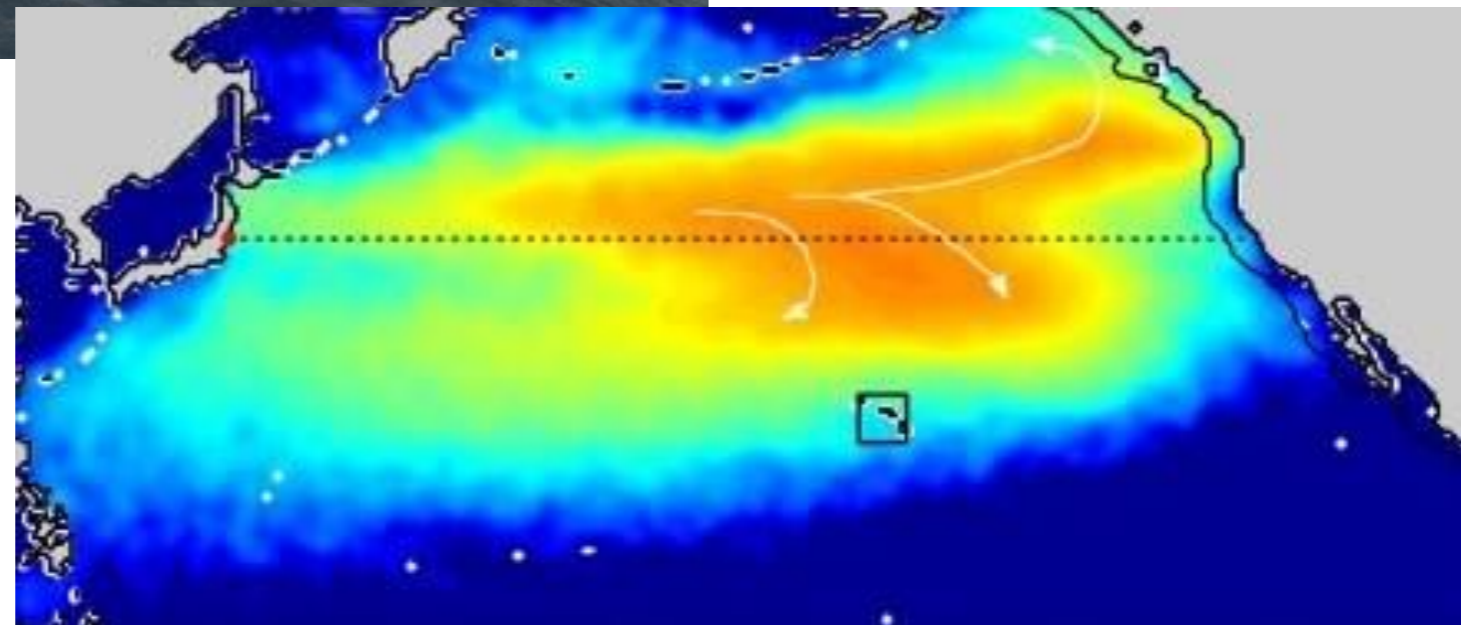


# Дефектоскопия





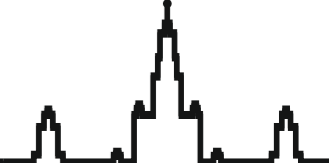
Р.А. Алиев





**С помощью метода радиоактивных индикаторов**  
**возможно определение :**

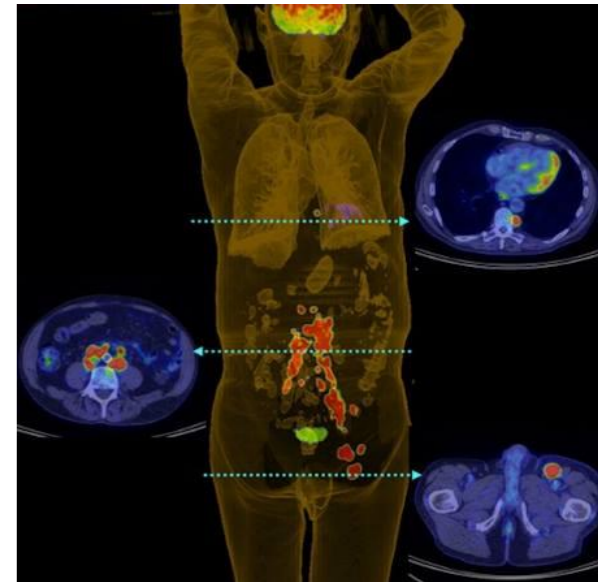
растворимости малорастворимых соединений  
давления паров нелетучих соединений  
коэффициентов диффузии (самодиффузии)  
поверхности (удельной поверхности)  
состава и констант образования комплексов  
констант скоростей химических реакций  
чисел переноса в электрохимии  
механизма органических реакций  
путей метаболизма и количественных характеристик  
биотрансформации веществ  
фармакокинетических параметров лекарственных  
средств...



Наука

Энергетика

Медицина



Радиация

Промышленность

Археология

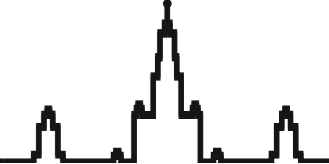


Транспорт

Сельское хозяйство







**Разбирайтесь в понятиях и  
ориентируйтесь в цифрах!**

# Мифы?

1. Радиацию придумал и создал человек. **Миф**
2. Радиация – это всегда плохо. **Не всегда**
3. Радиация – причина мутаций. **Далеко не всегда**
4. Можно переработать радиоактивные вещества так, чтобы они перестали быть радиоактивными. **Без реактора - нет**
5. Радиоактивные вещества светятся. **Нет**
6. От радиации можно защититься свинцом. **Сильно зависит**
7. Человек не может почувствовать радиацию. **Правда**
8. Алкоголь спасает от радиации. **Миф**



# Всё нужно применять с умом



Летальная доза = 200-250 г за раз



Летальная доза = 6-8 литров за раз



---

Спасибо за внимание!

---

