

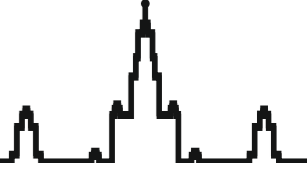
Радиация внутри и снаружи нас: стоит ли беспокоиться?



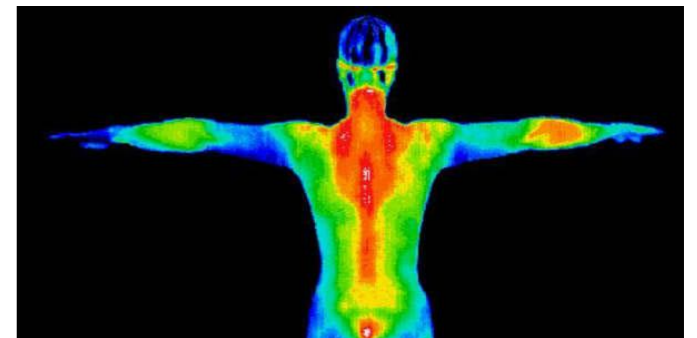
Петров Владимир Геннадиевич

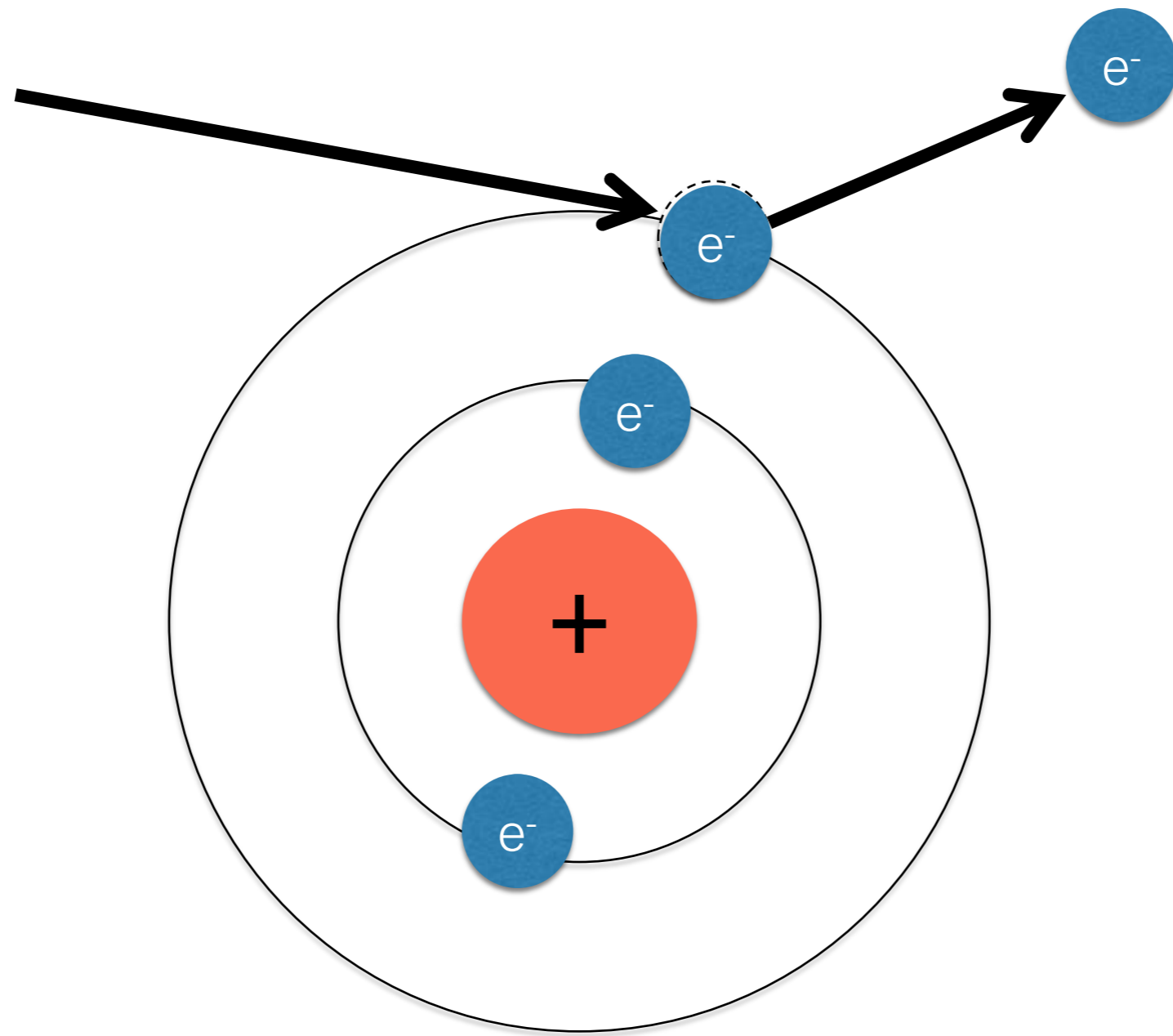
к.х.н., доцент кафедры радиохимии
химического факультета МГУ,
заведующий лабораторией дозиметрии и
радиоактивности окружающей среды

РАДИАЦИЯ?



РАДИАЦИЯ?





Ядерные взаимодействия

в ~ 100 000 раз сильнее химических

Масса не всегда постоянна, если мы говорим о ядерных взаимодействиях.

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

$$E = \Delta mc^2$$

Пример: атом ^{16}O .

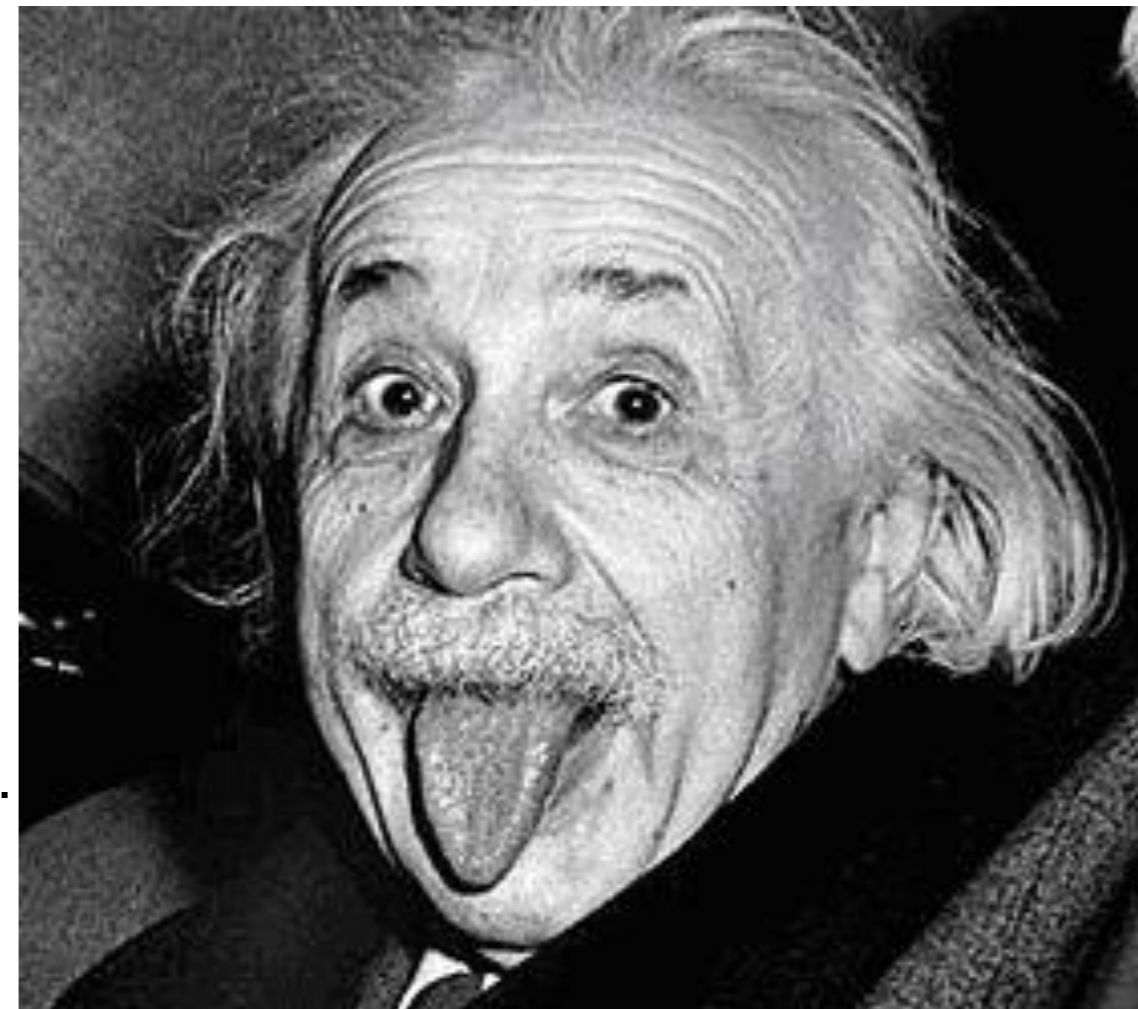
Масса 8 протонов: $8 \times 1,00727 \text{ а.е.м.} = 8,05816 \text{ а.е.м.}$
Масса 8 нейтронов $8 \times 1,00866 \text{ а.е.м.} = 8,06928 \text{ а.е.м.}$
Масса 8 электронов $8 \times 0,00055 \text{ а.е.м.} = 0,00440 \text{ а.е.м.}$
Итого – $16,13184 \text{ а.е.м.}$

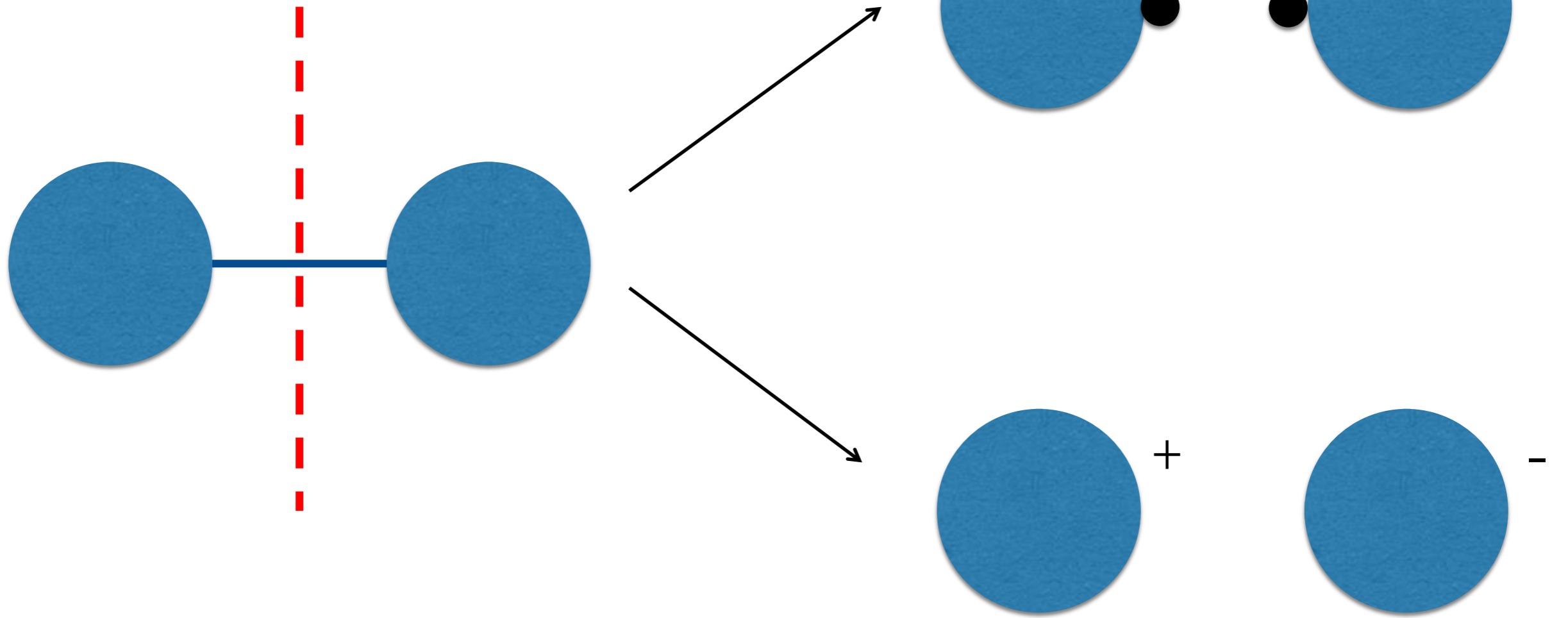
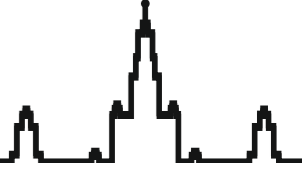
Масса атома ^{16}O (экспериментально определенная величина) – $15,99492 \text{ а.е.м.}$

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 $127,5 \text{ МэВ}/16 = \underline{7,97 \text{ МэВ.}}$



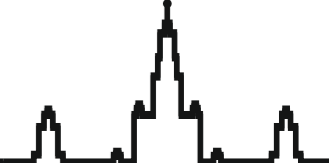


Ионизирующее излучение!

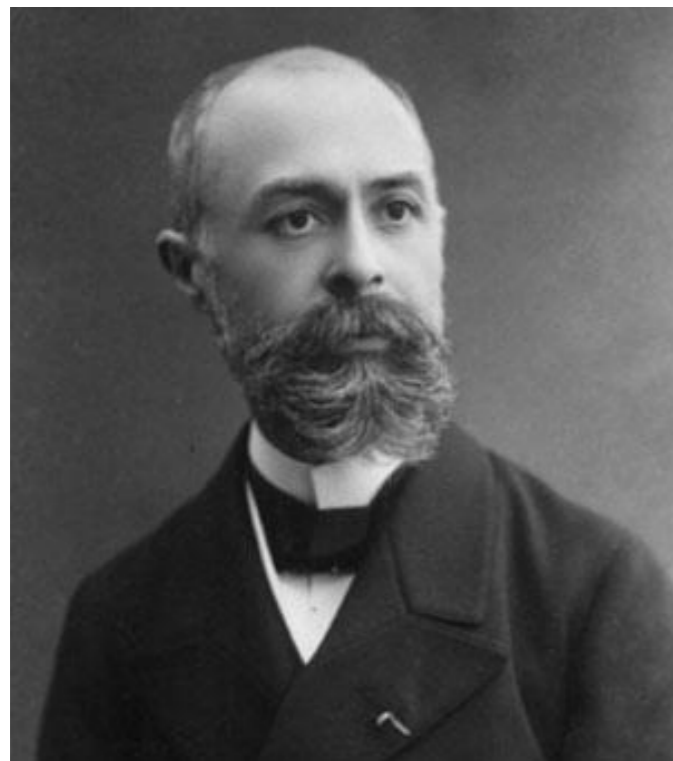


- Жесткий УФ
- Альфа-
- Бета-
- Гамма-
- Рентген
- Нейтроны
- Ионы...

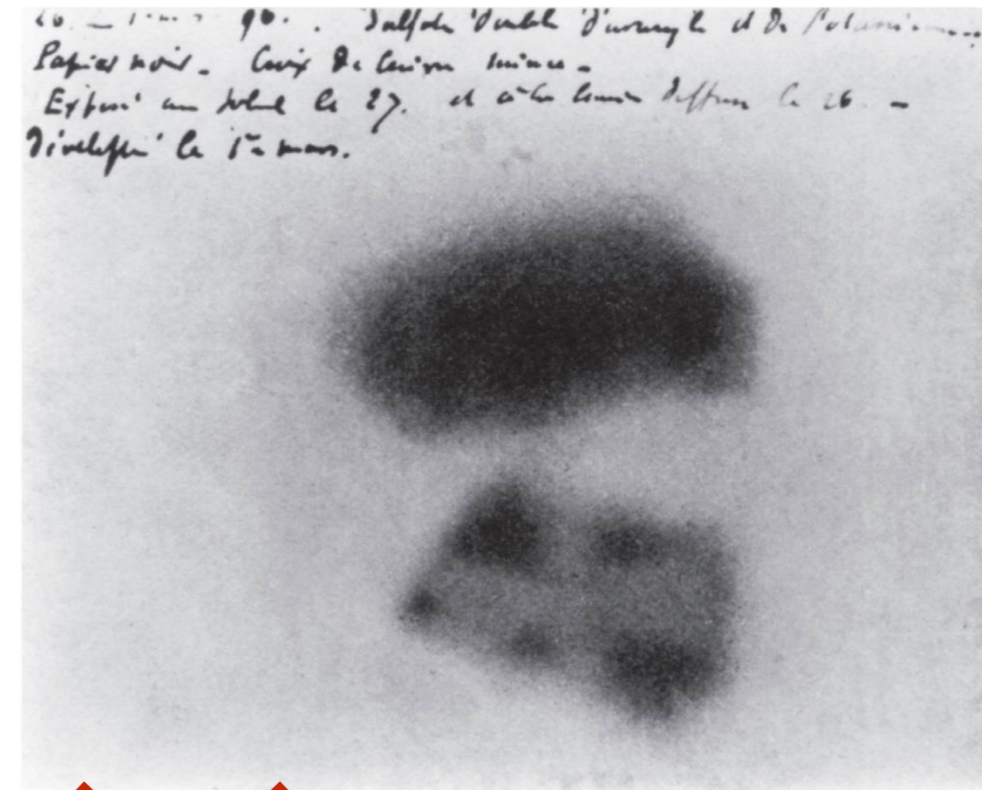




Анри Беккерель



Изображение фотопластинки



Фотопластинка



Фотопластинка



Результат один и тот же!



Мария Склодовская-Кюри



Пьер Кюри

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

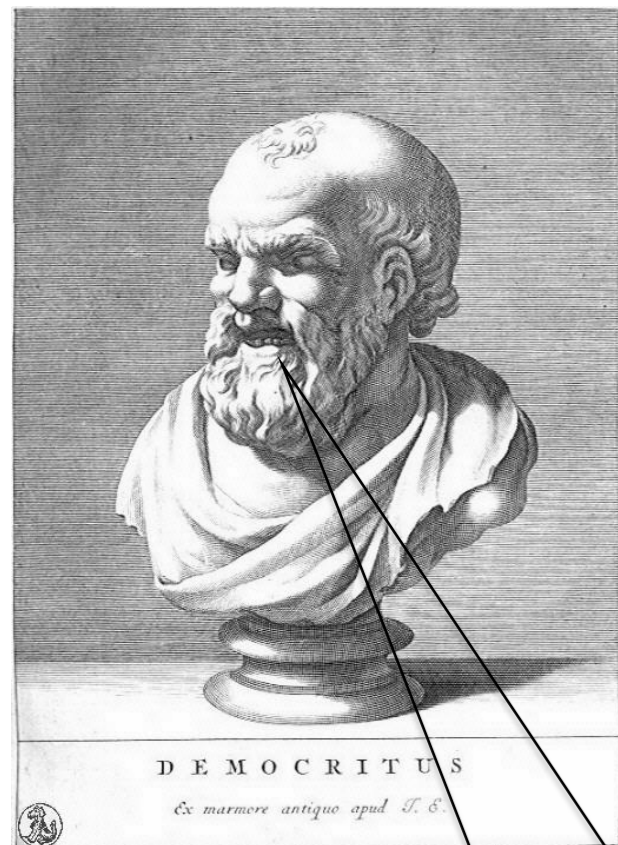
Мария Кюри назвала свойство определенных атомов испускать лучи радиоактивностью, а уран, торий и другие подобные элементы – радиоактивными

«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

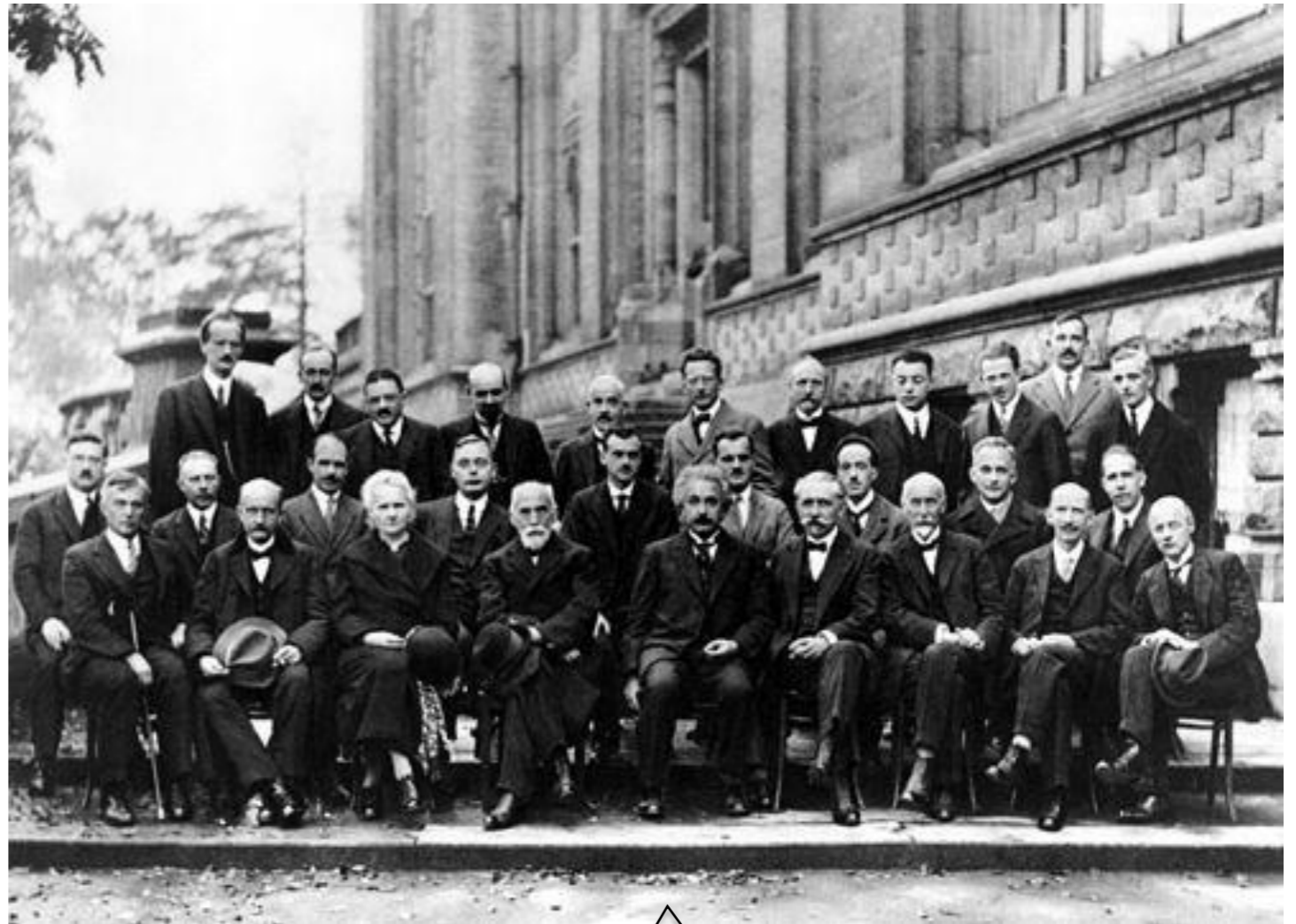
Атом. Неделимый?

4 век до н.э
Демокрит



Атом (ἄτομος)
неделимый,
неразрезаемый

конец 19 века-начало 20 века



Серьезно?

Рентген

Грей

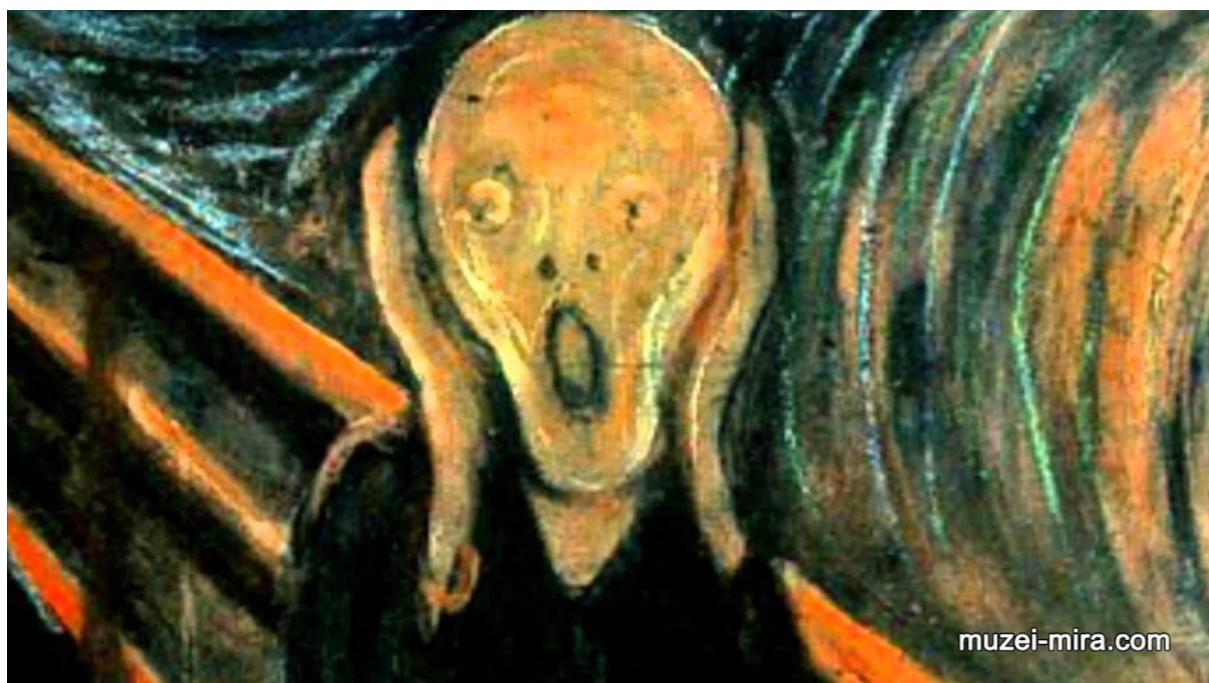
Беккерель

Зиверт

бэр

рад

Кюри



Радиобиологический парадокс



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

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

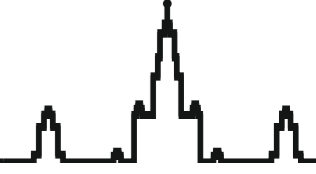
Единица измерения воздействия радиации на организм (эквивалентная доза)

[Зиверт] = Зв = [Дж/кг]

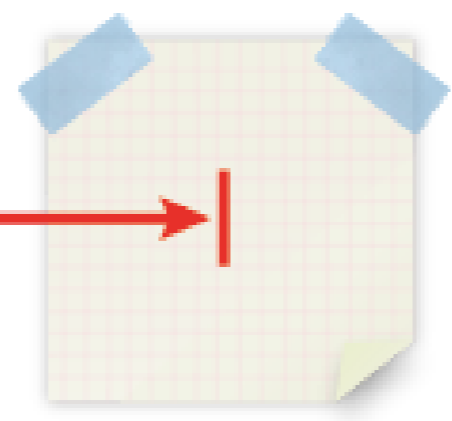
По сути – это **энергия**, переданная организму.

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

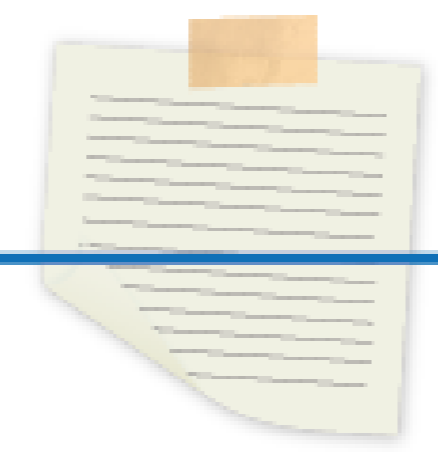
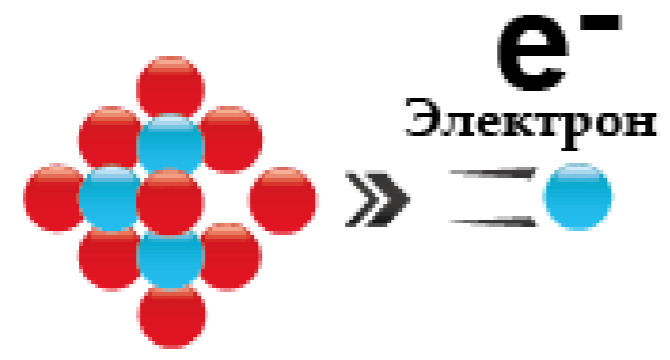




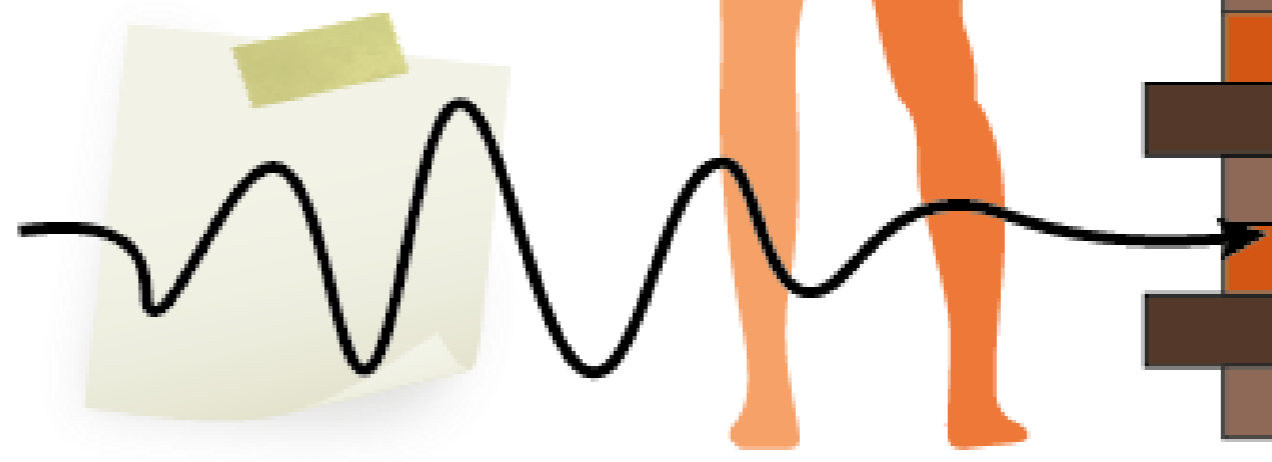
Альфа - излучение



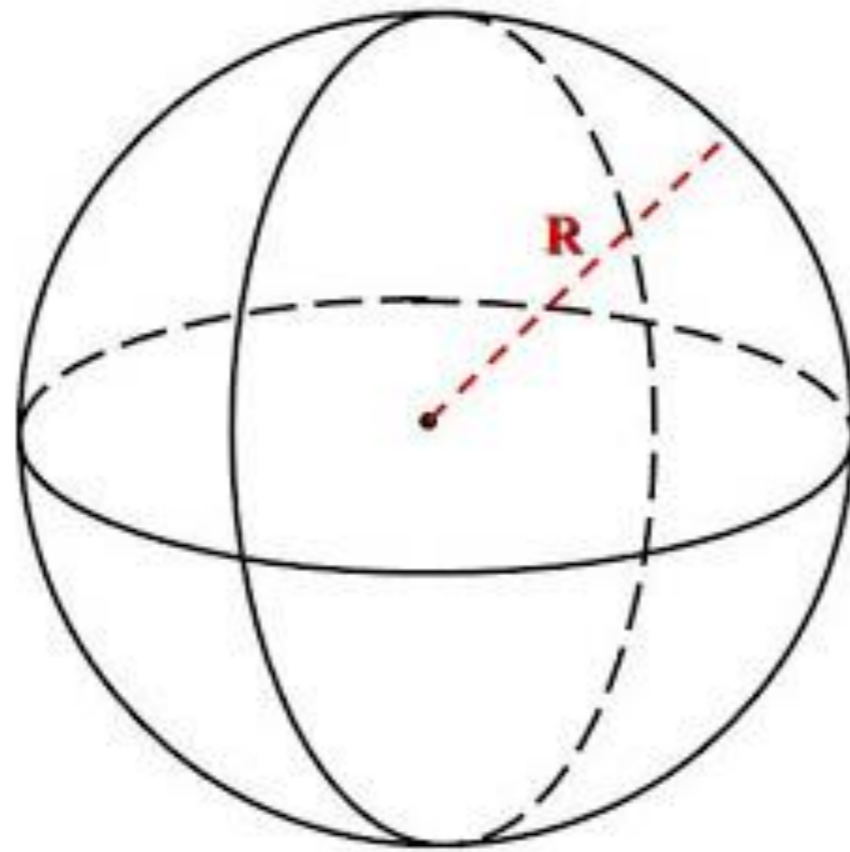
Бета - излучение



Гамма - излучение

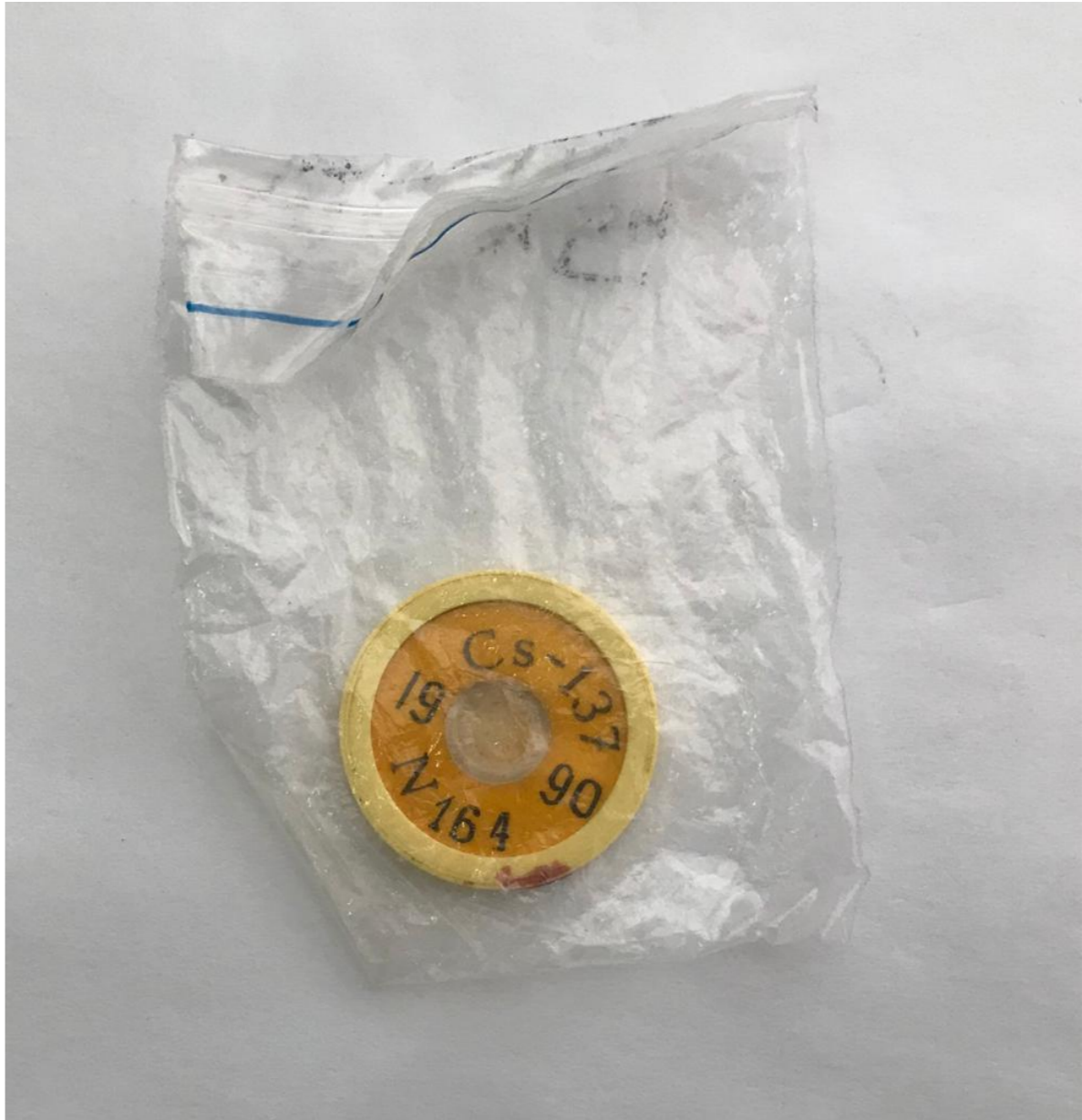
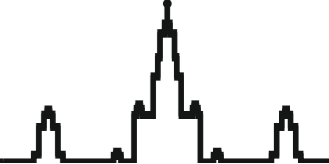


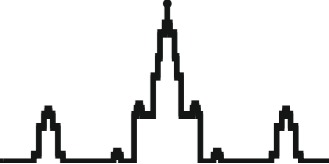
WWW.QUARTA-RAD.RU



$$S_{\text{сферы}} = 4\pi R^2$$

$$D \sim 1/R^2$$





VID-20201002-WA0003.mp4



VID-20201002-WA0004.mp4

Источники ионизирующего излучения

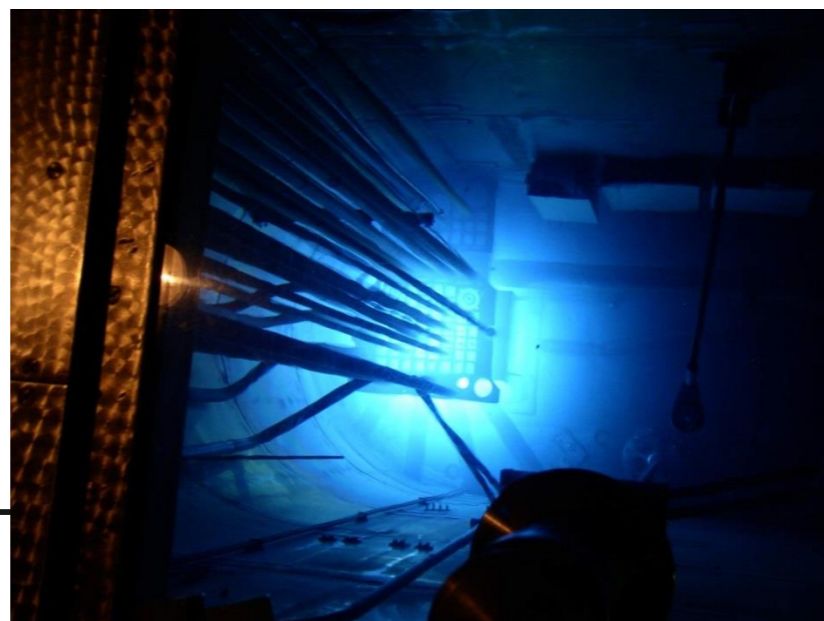
Радионуклиды

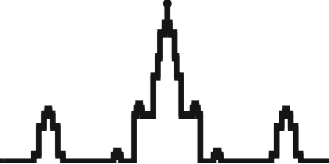


Ускорители заряженных частиц

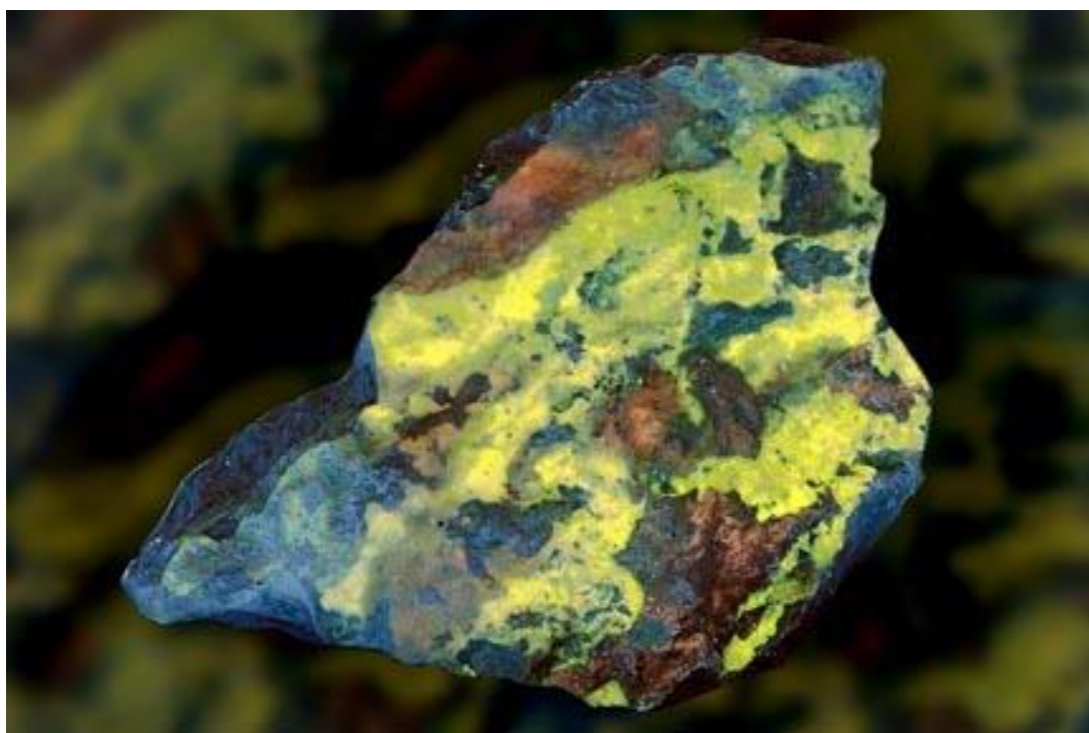


Реакторы



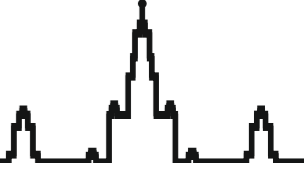


- Первичные – появились вместе с Землёй
- Космогенные – образовались за счёт космического излучения или попали на Землю с метеоритами
- Техногенные – созданы человеком

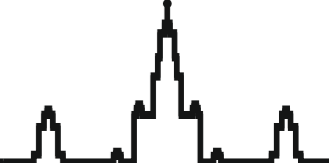


0.05 мкЗв/час





- **Значительное снижение выбросов CO₂**
(1 ГВт от угля = 5.6 млн тонн CO₂)
- **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)



Аварии, жертвы...



Фукусима

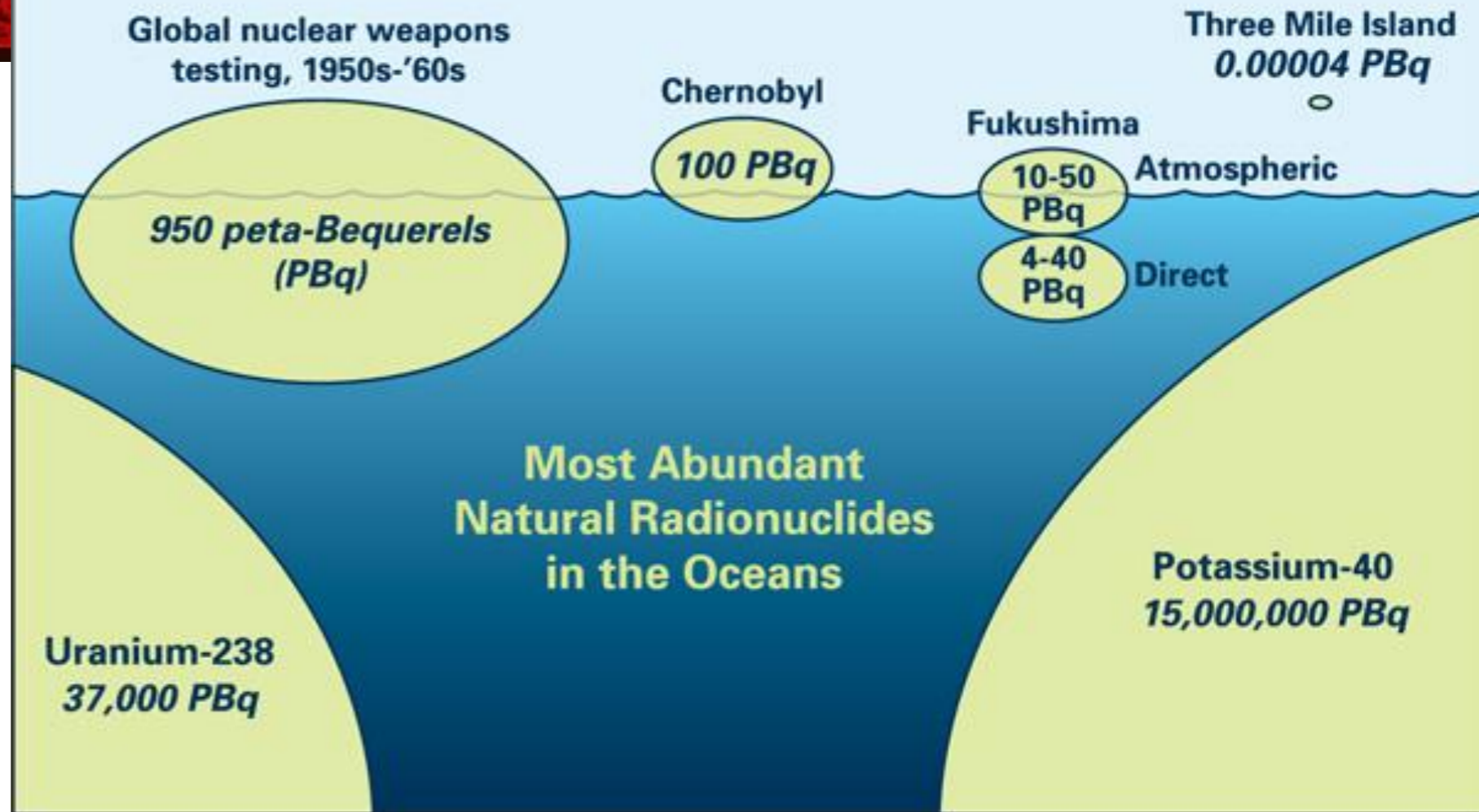


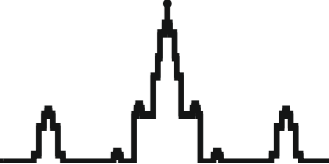
Чернобыль

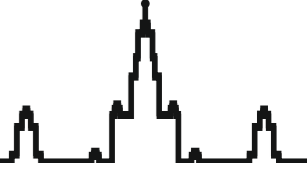
ТриМайл Айленд,
ВУРС,..



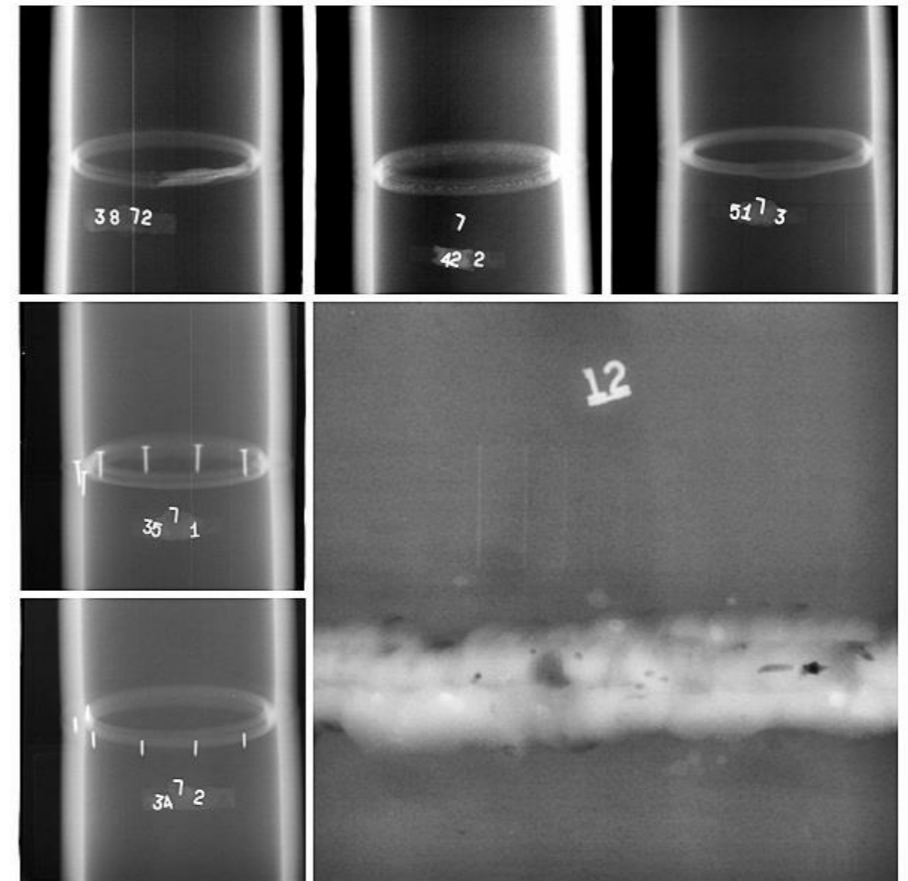
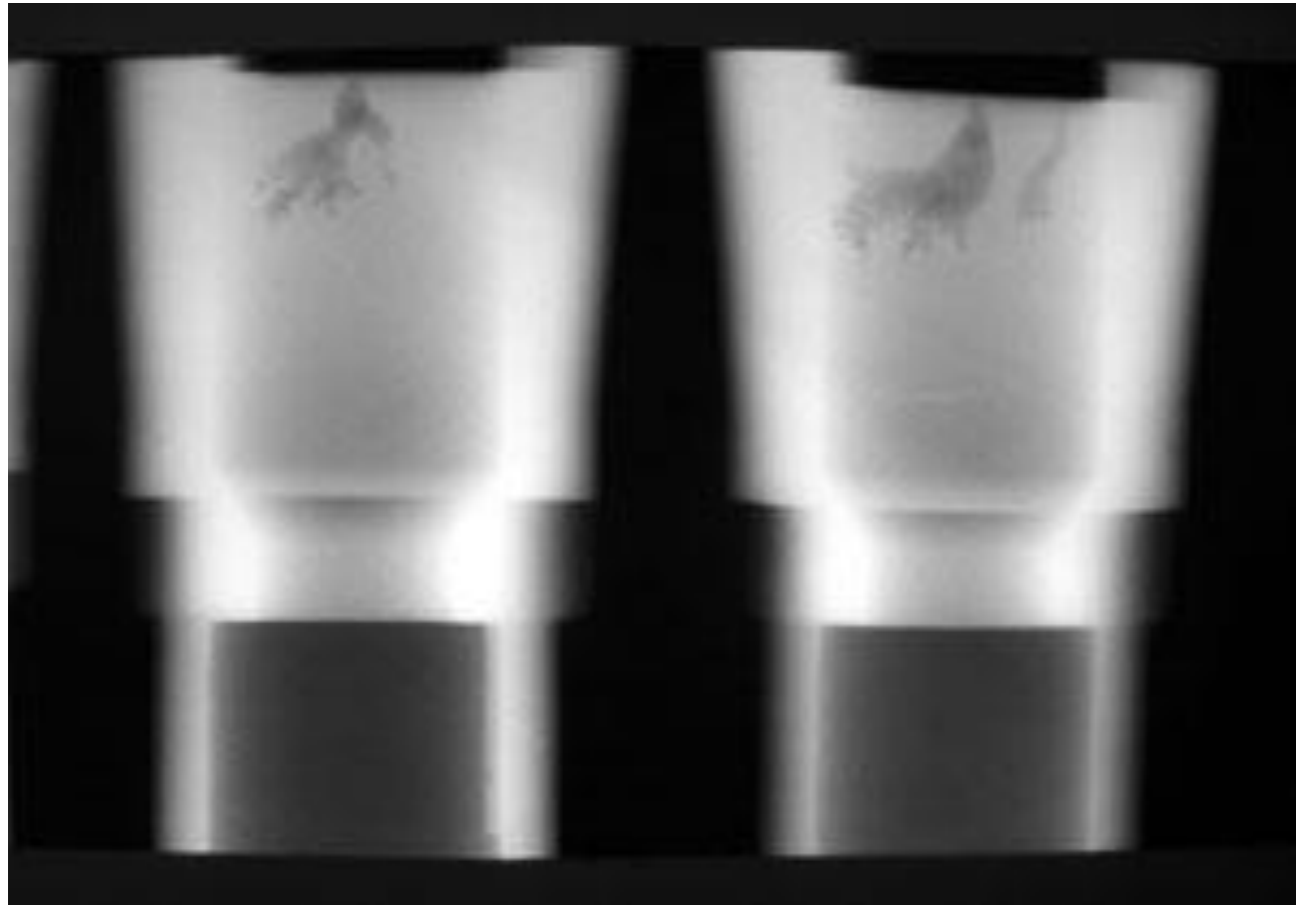
Human Sources of Cesium-137 Compared to Natural Radionuclides in the Ocean

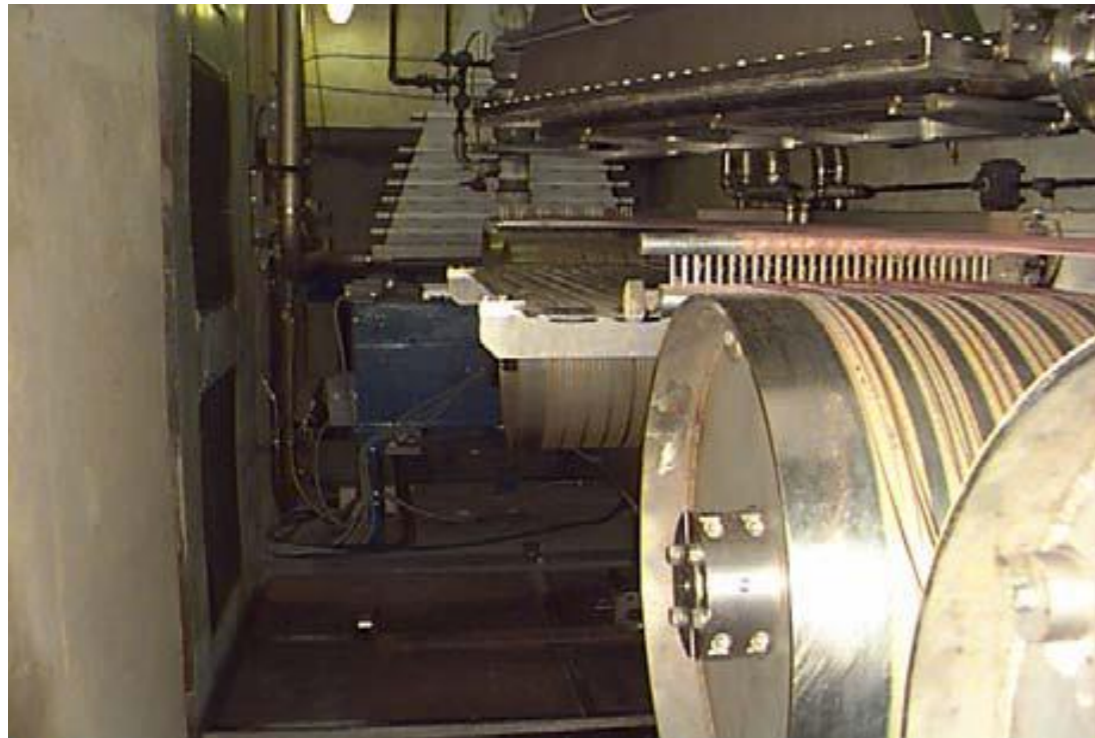
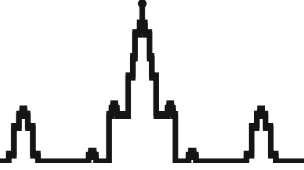






Дефектоскопия



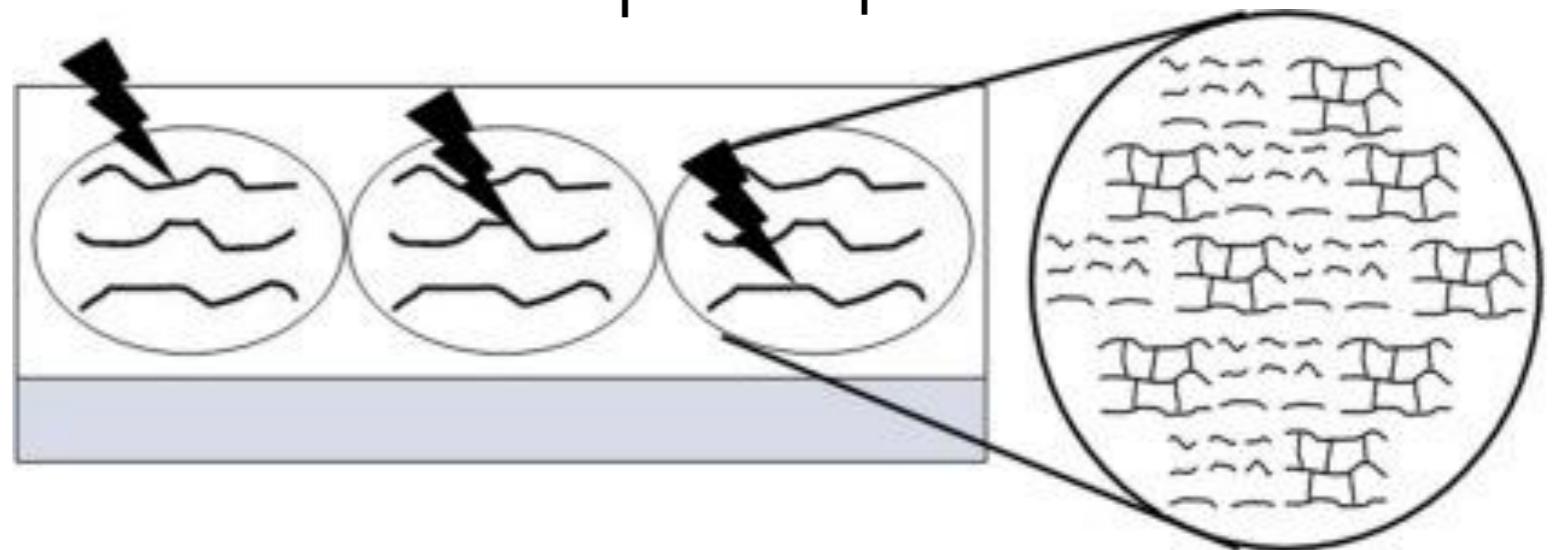


Кабельная
промышленность



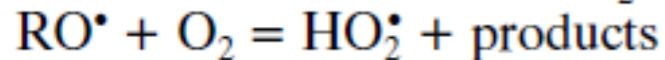
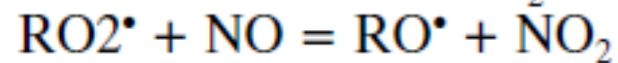
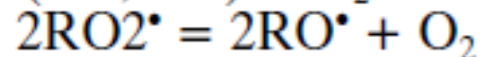
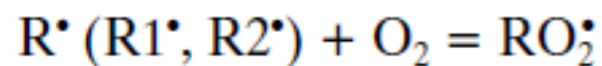
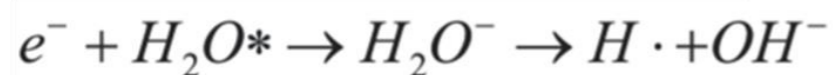
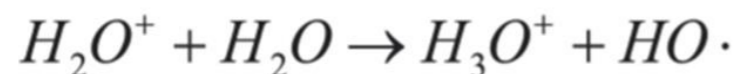
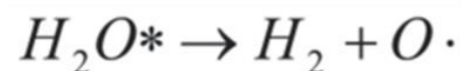
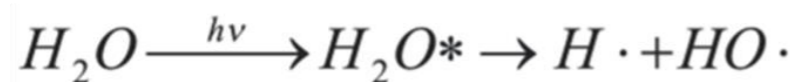
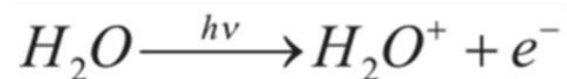
Производство
полупроводников

Полимеризация

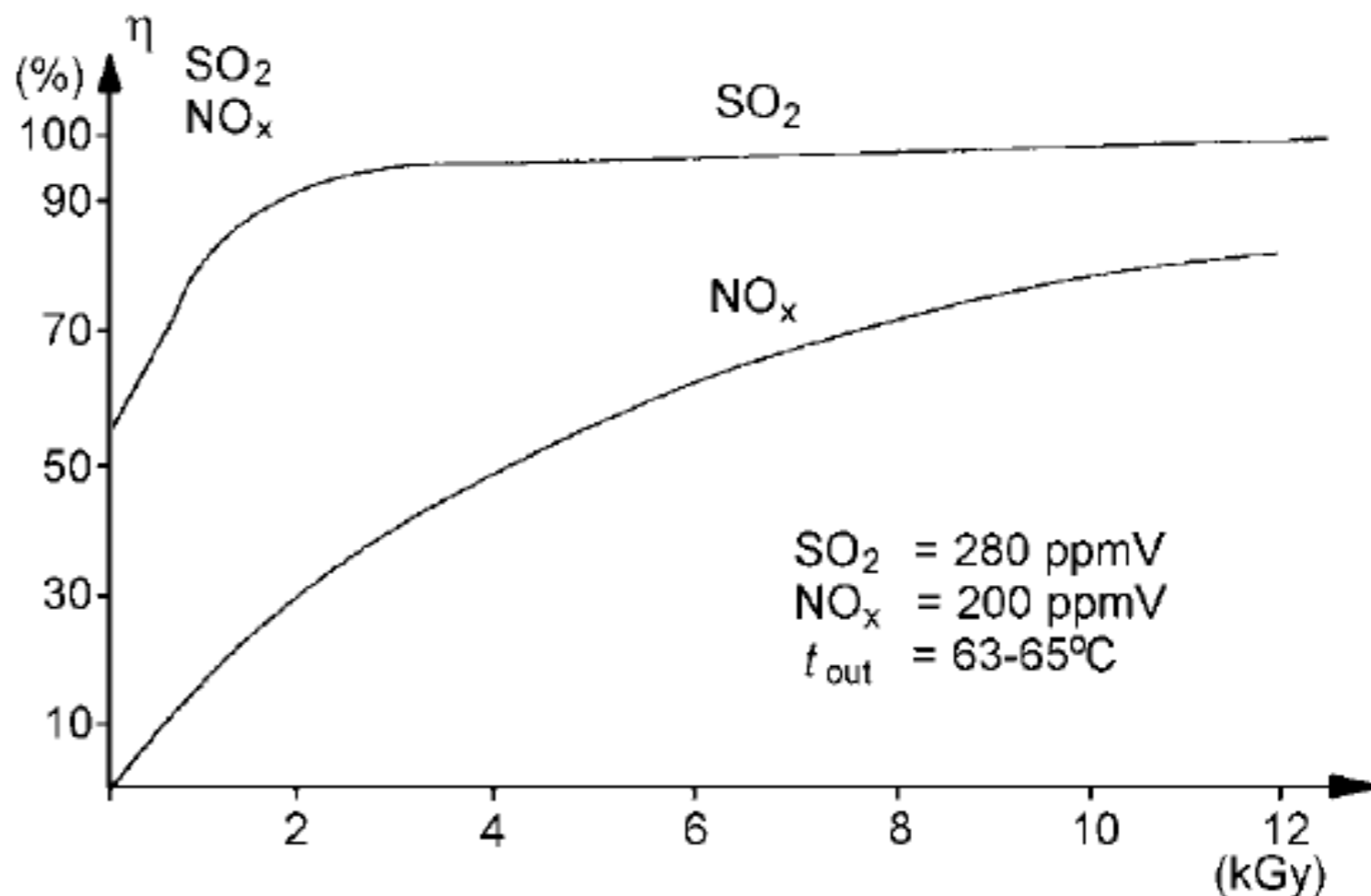
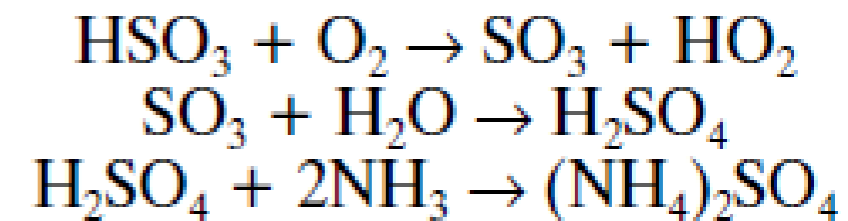
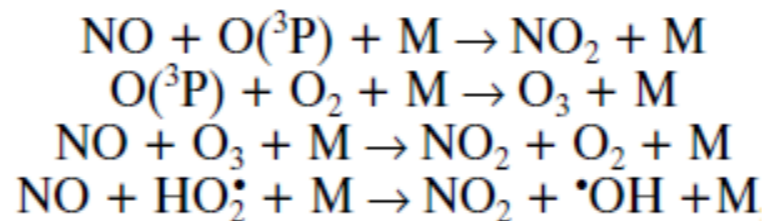
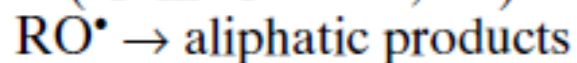


Очистка газовых потоков и воды

Под действием ИИ в воде и газах образуются радикалы

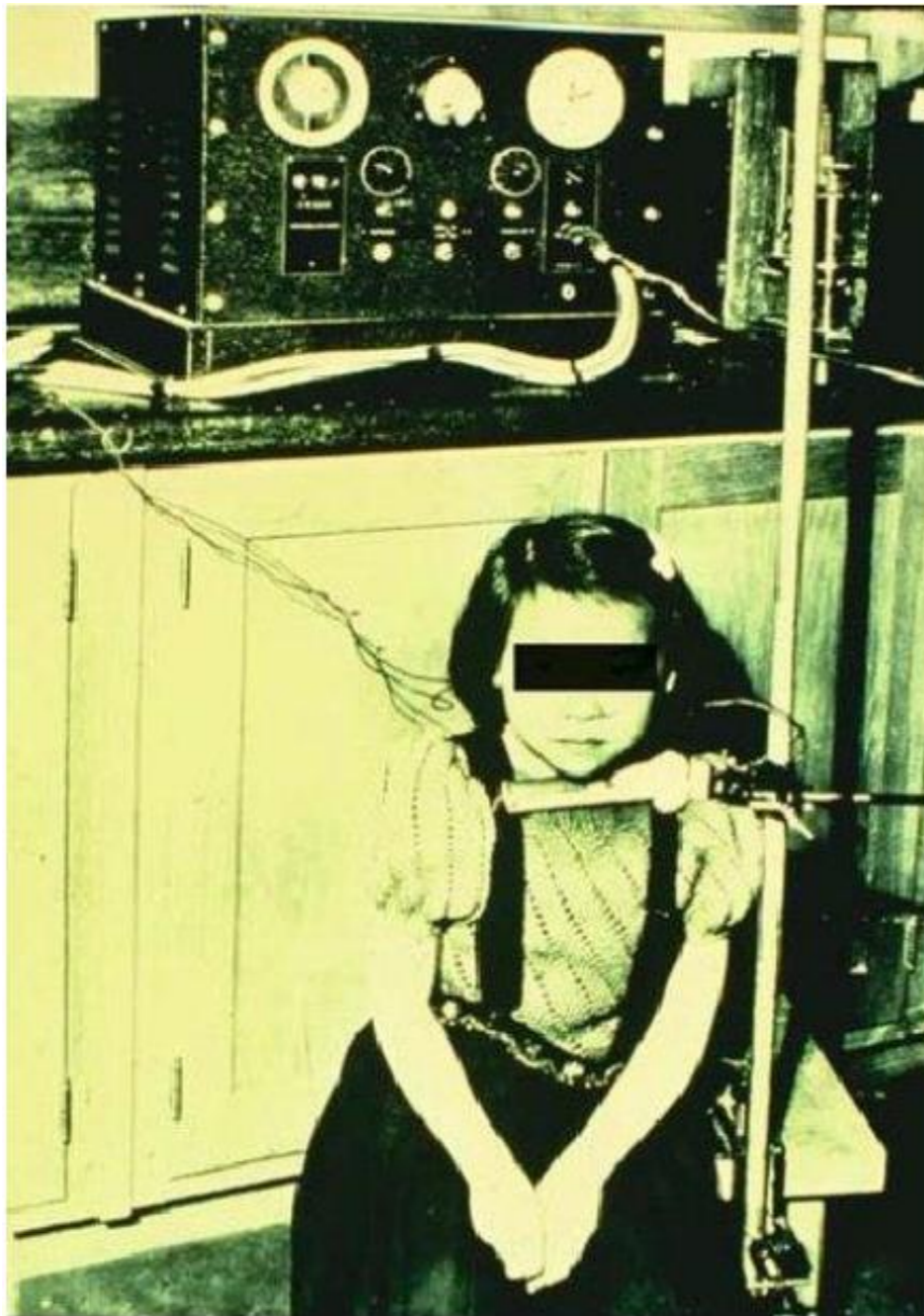
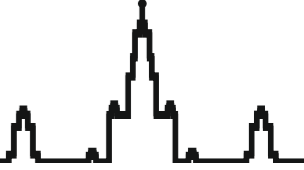


(aromatic-CHO, -O)

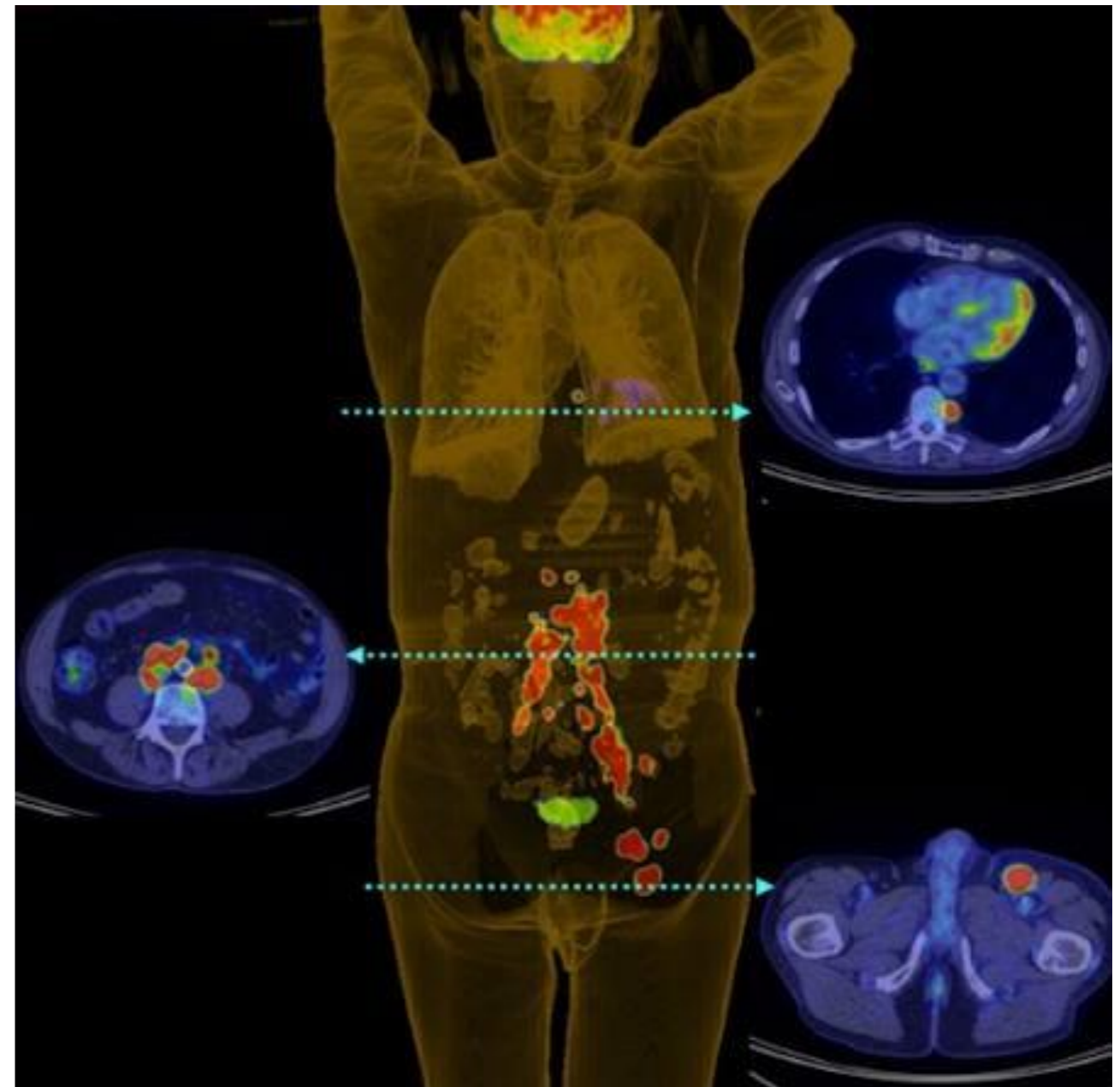


Эффективность удаления SO₂ and NO_x в зависимости от дозы излучения.



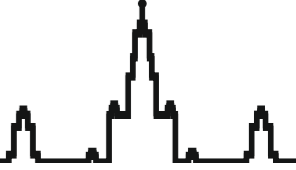


Одно из первых исследований щитовидной железы с использованием ^{131}I

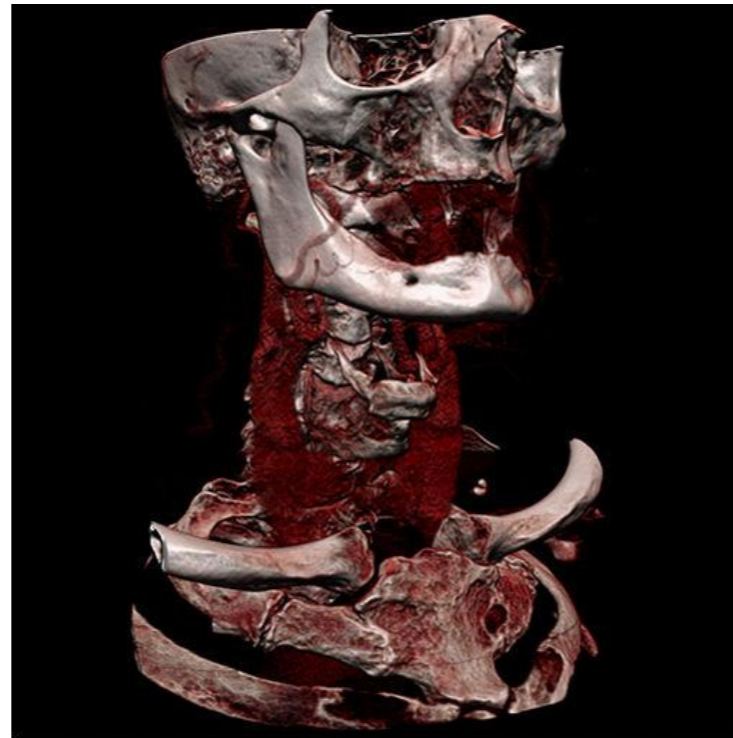
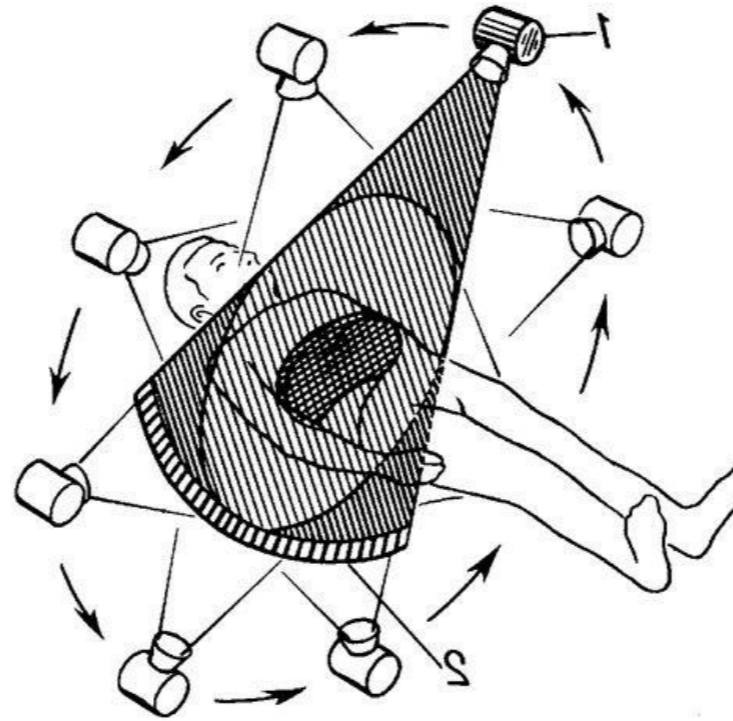


FDG-PET/CT scan in patient with merkel cell carcinoma (^{18}F -дезоксиглюкоза)

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



Рентген



Нобелевская премия (1979)



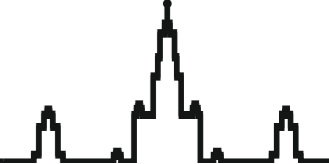
Godfrey N.
Hounsfield
(1919 – 2004)



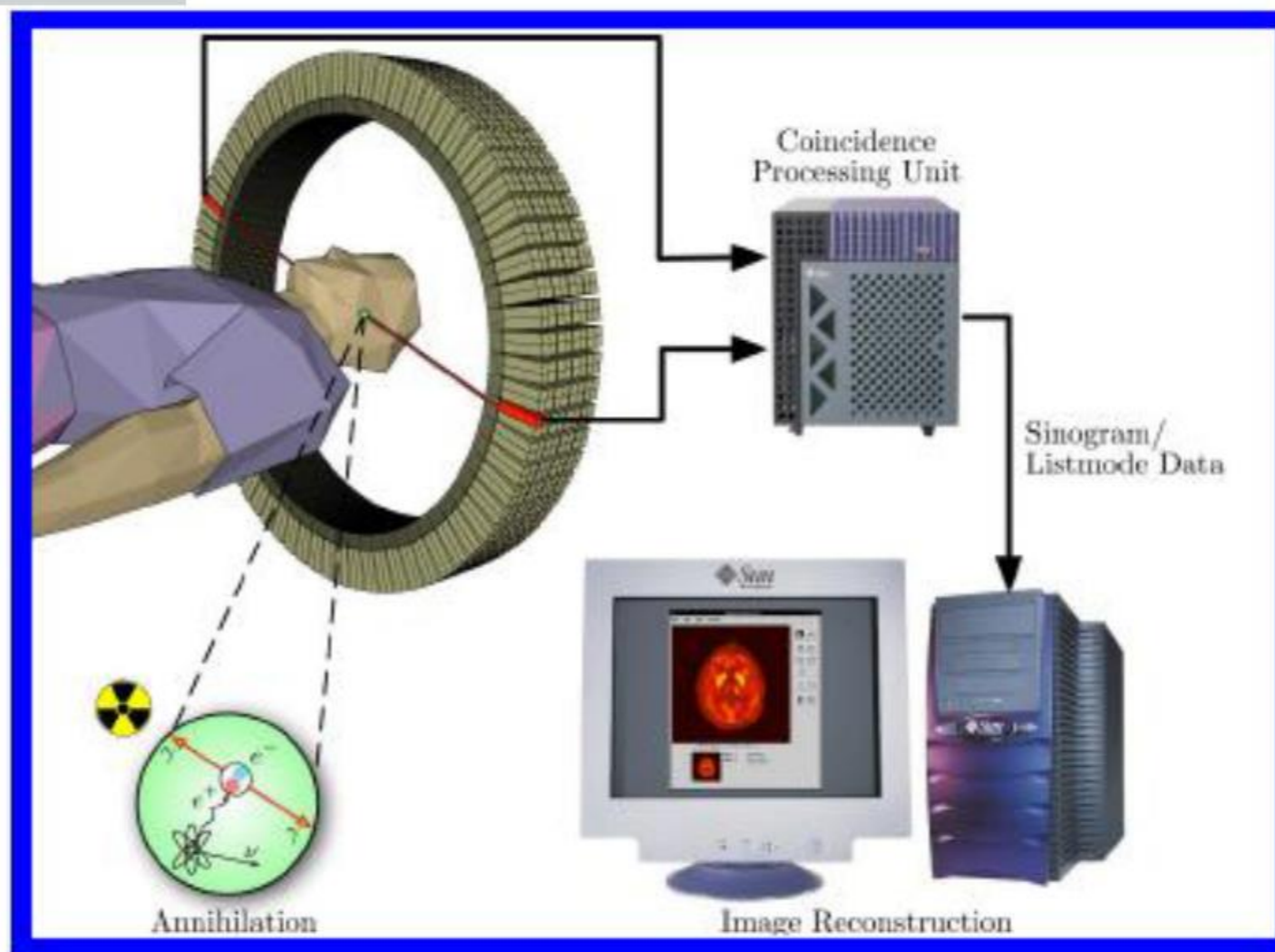
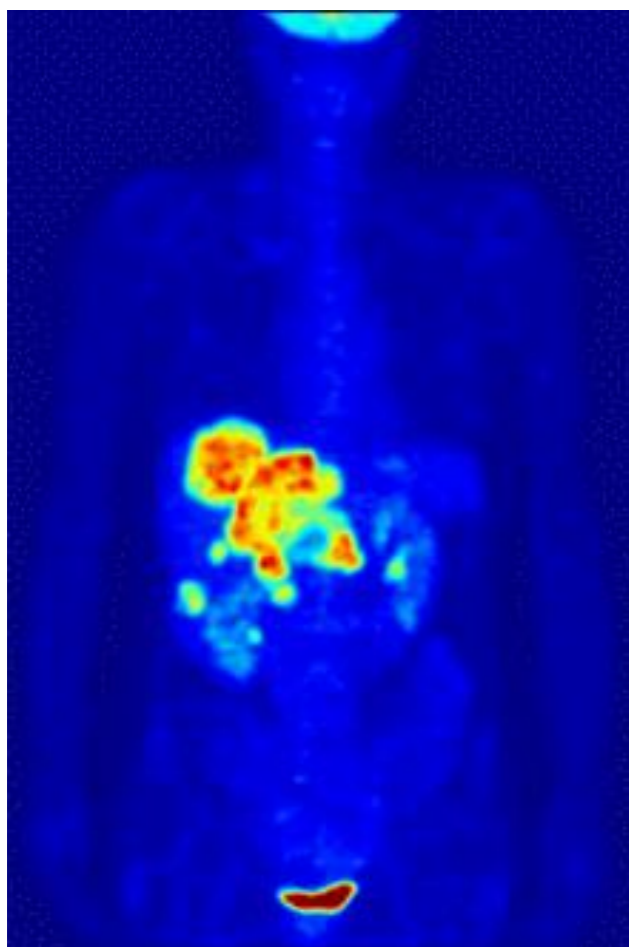
Allan M.
Cormack
(1924 – 1998)

Доза от 2 до 25 мЗв!
В год – 2 мЗв

Позитронная эмиссионная томография (ПЭТ)

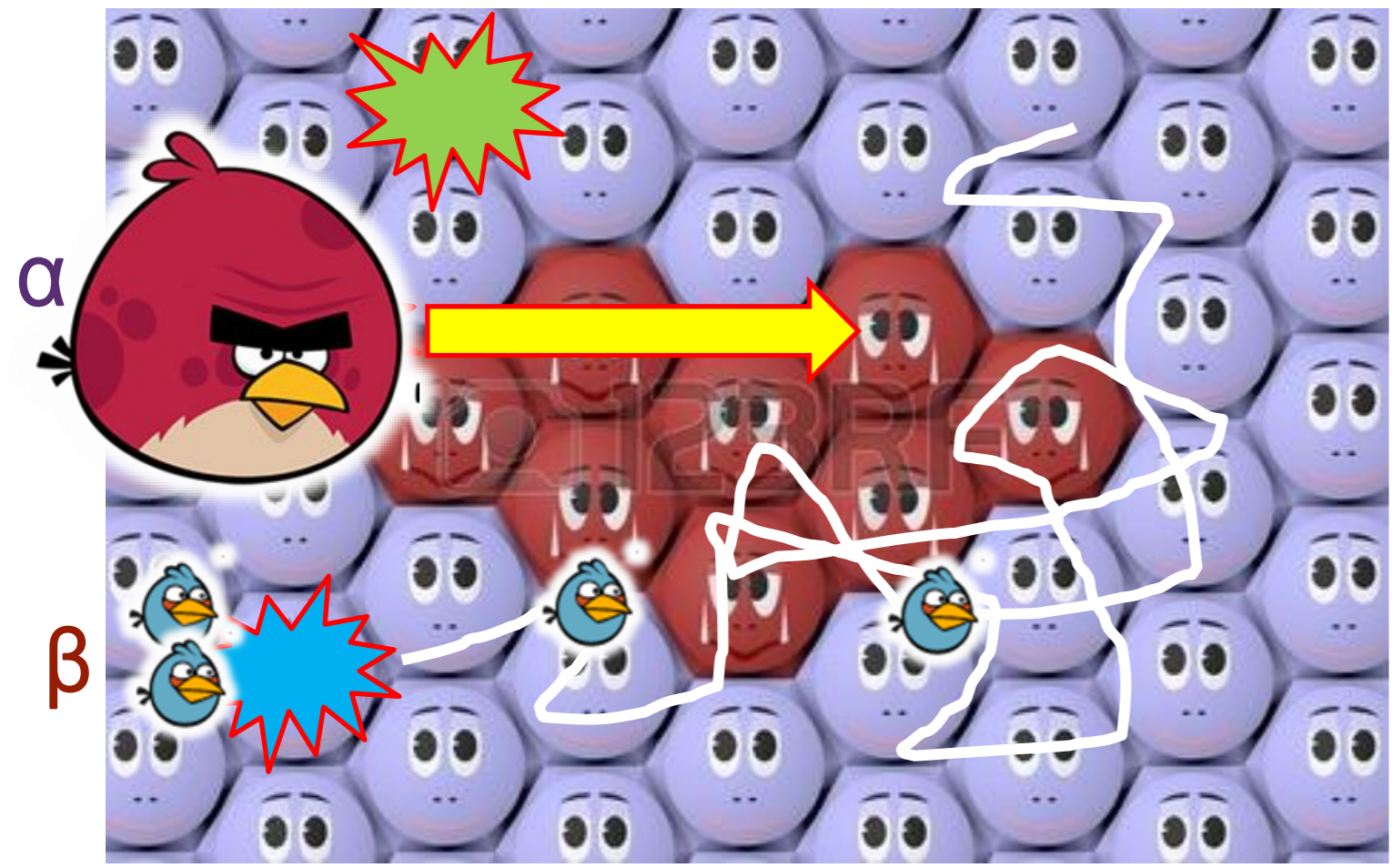
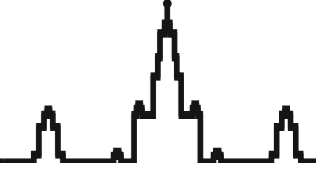


Максимальный пробег в мышце:
4,1 мм (углерод-11)
2,39 мм (фтор-18)
9,3 мм (галлий-68)

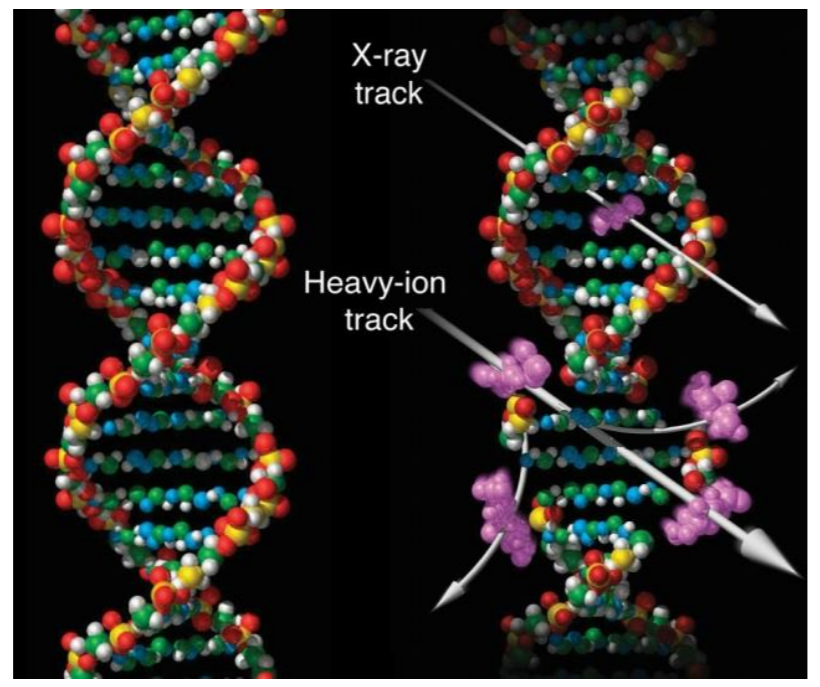
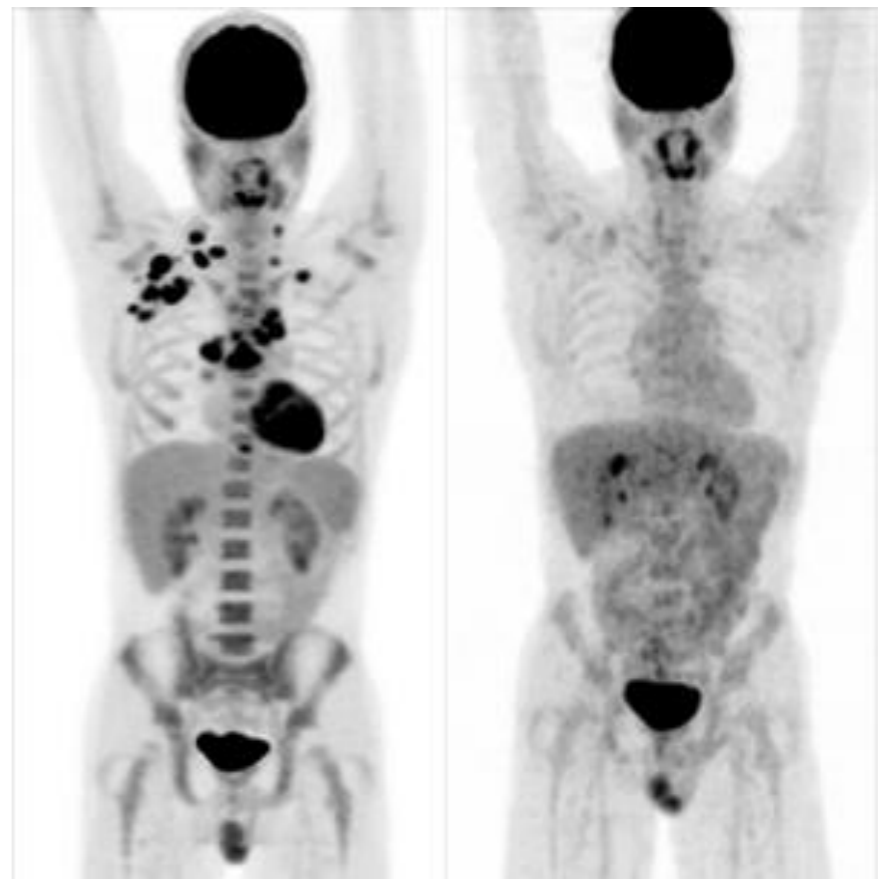


Радиотерапия





Оже ~ 10 нм
α ~ 50-80 мкм
β ~ 1-10 мм



Малярия

STERILE INSECT TECHNIQUE (SIT)

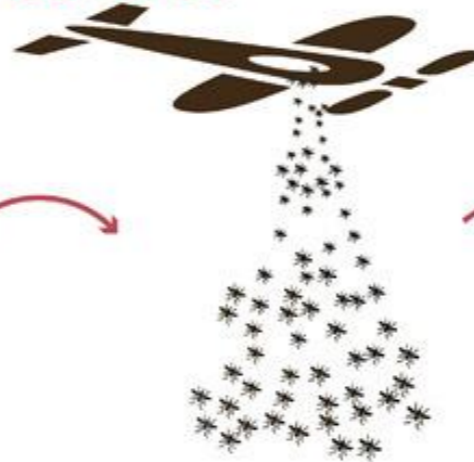
A method of biological mosquito control



Mass-rearing of mosquitoes takes place in special facilities.



Male and female mosquitoes are separated. Ionizing radiation is used to sterilize the male mosquitoes.



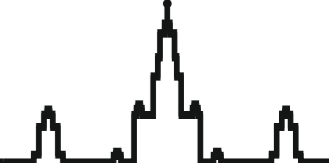
The sterile male mosquitoes are released over towns or cities...



...where they compete with wild males to mate with females.



These females lay eggs that are infertile and bear no offspring, reducing the mosquito population and disease transmission.



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"

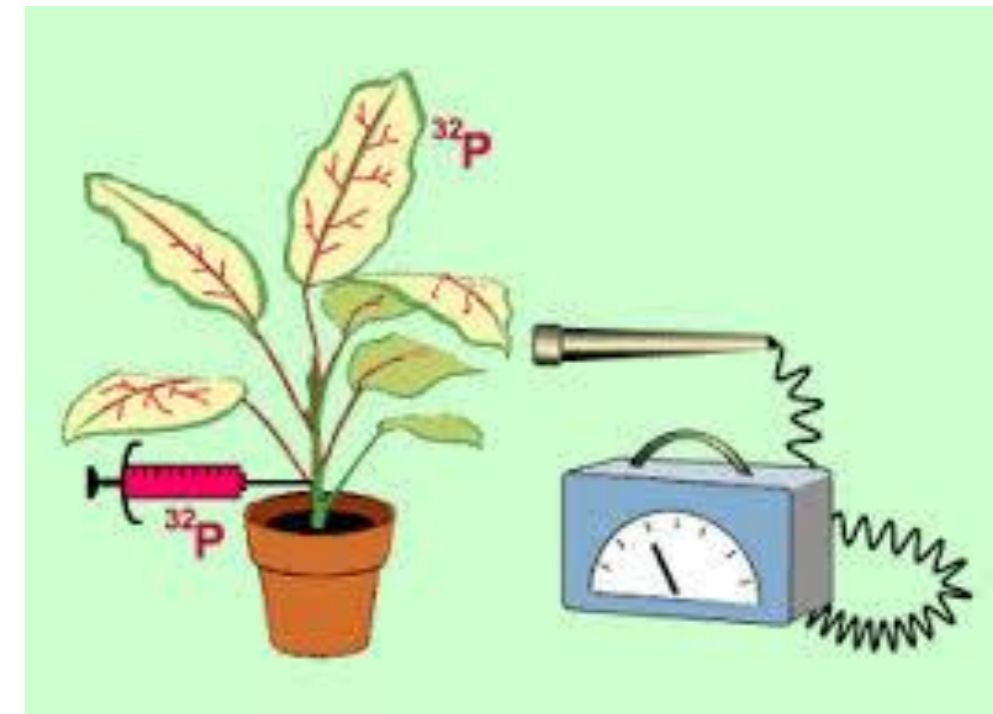
Стерилизация семян, мутации

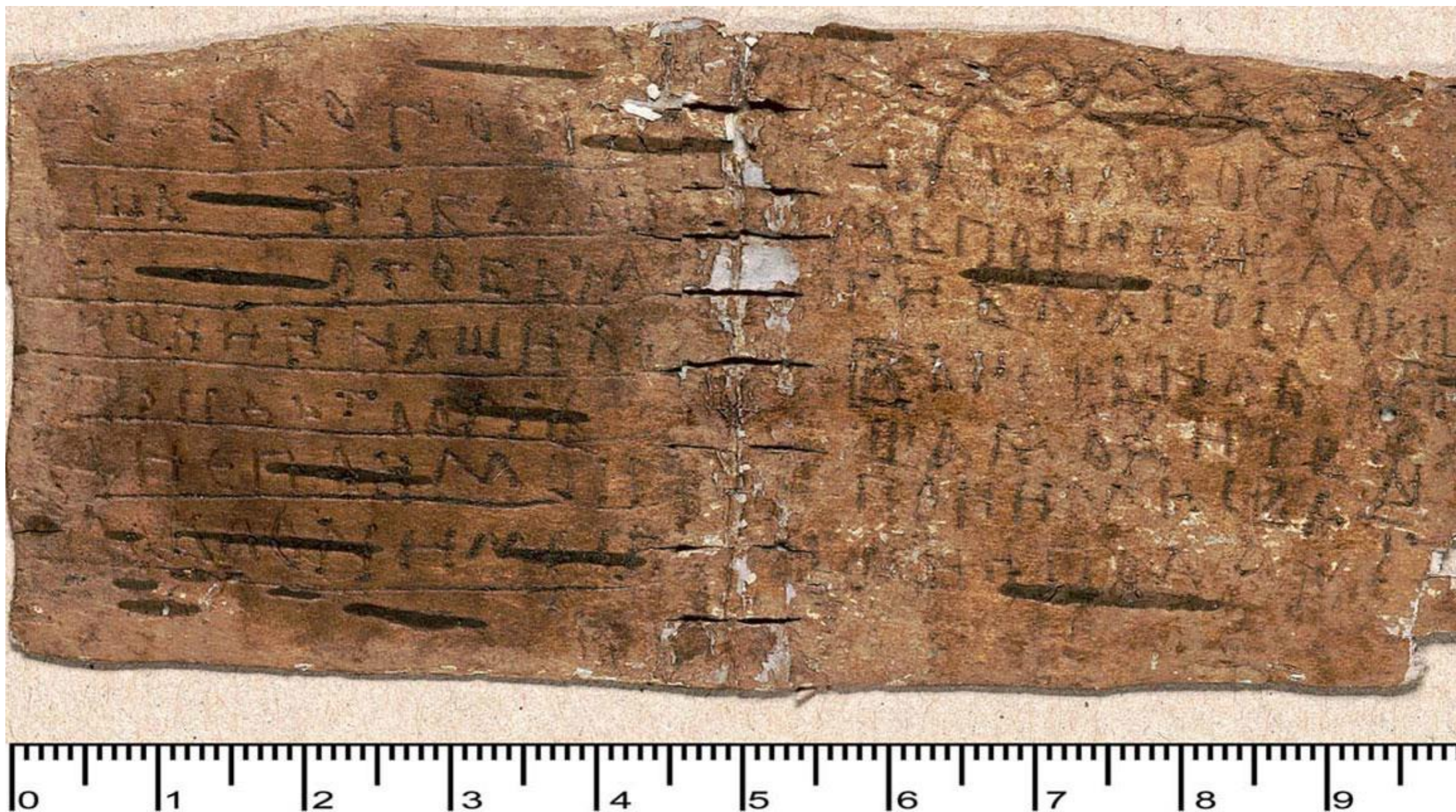
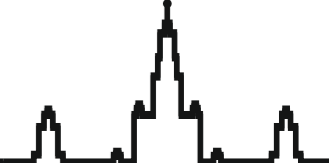


НЕ ОБЛУЧЕННАЯ

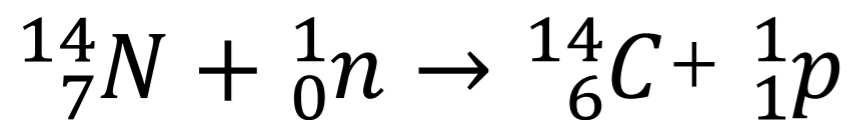
ОБЛУЧЕННАЯ

Проверка эффективности удобрений



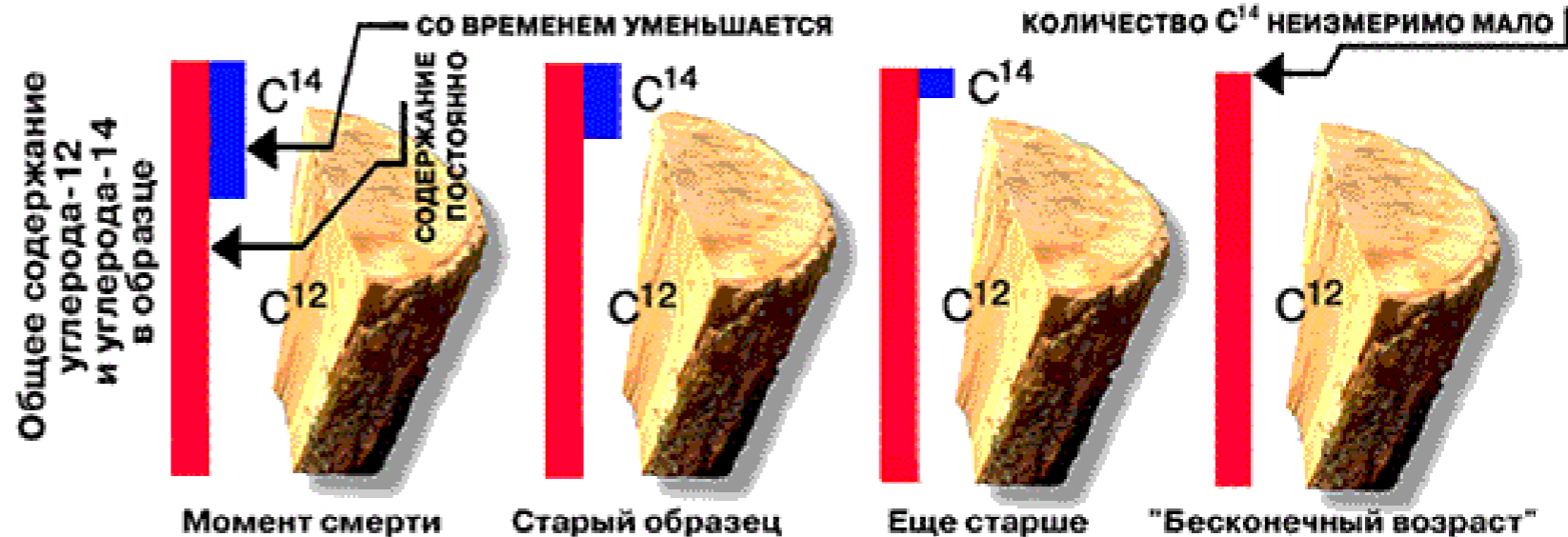


Углерод – 14. Датирование

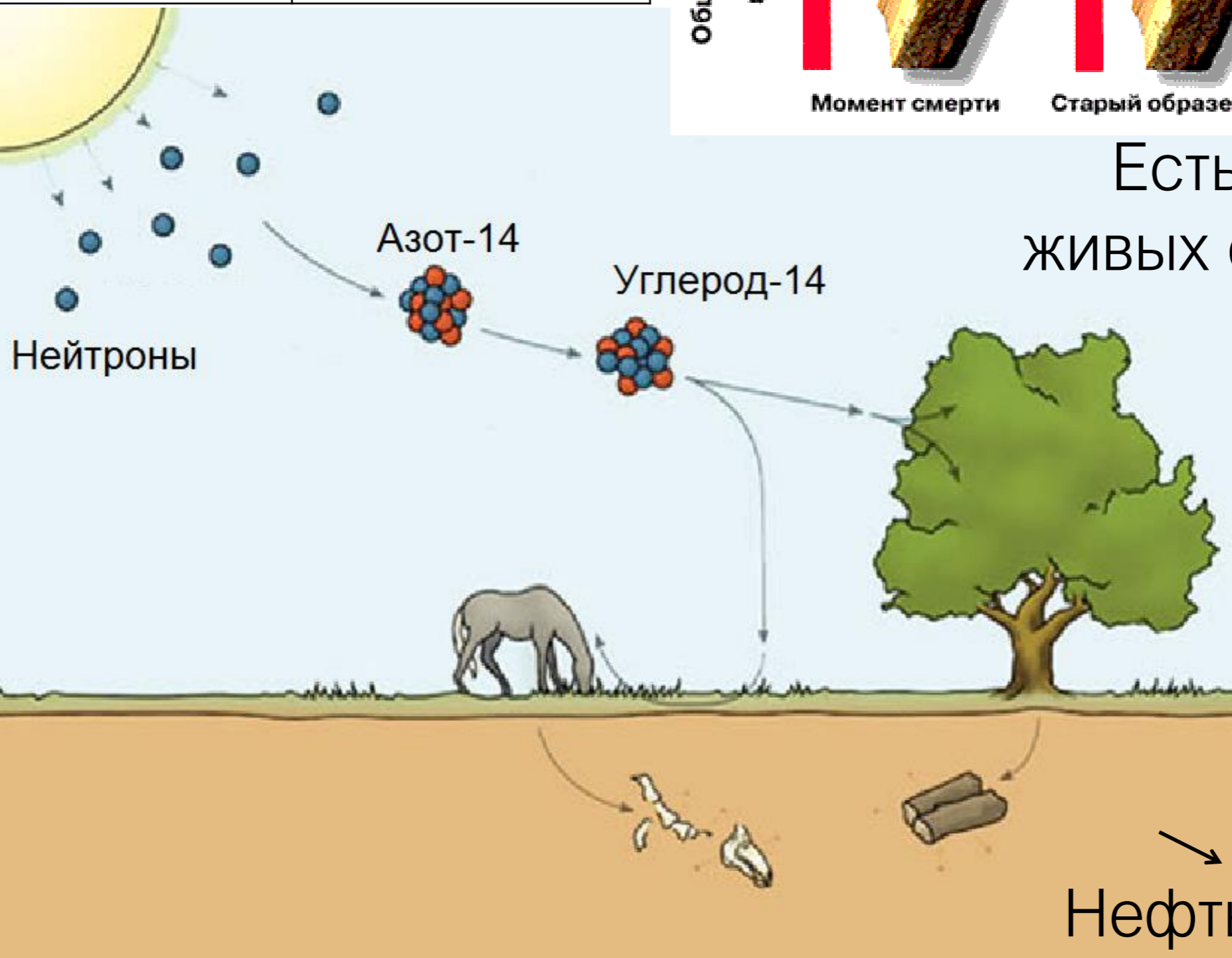


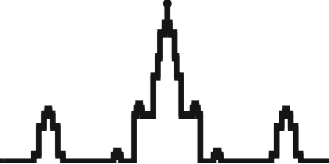
${}^{14}\text{C}$

5730 лет



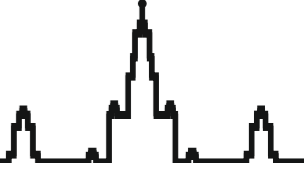
ЕСТЬ ВО ВСЕХ
ЖИВЫХ ОРГАНИЗМАХ





Радиоизотопное датирование





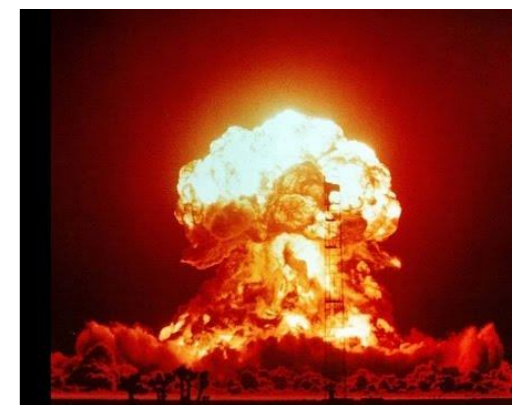
Защищаемся:

- Экран (свинец)
- Расстояние
- Время

Но!



опасность



ответственность

Ядерные технологии



Открытость
обществу

Развитие ЗНАНИЙ!

Всё нужно применять с умом



Летальная доза = 200-250 г за раз



Летальная доза = 6-8 литров за раз

Спасибо за внимание!