

**«Строение атомного  
ядра. Ядерные силы»  
«ИЗОТОПЫ»**

# Строение атомного ядра

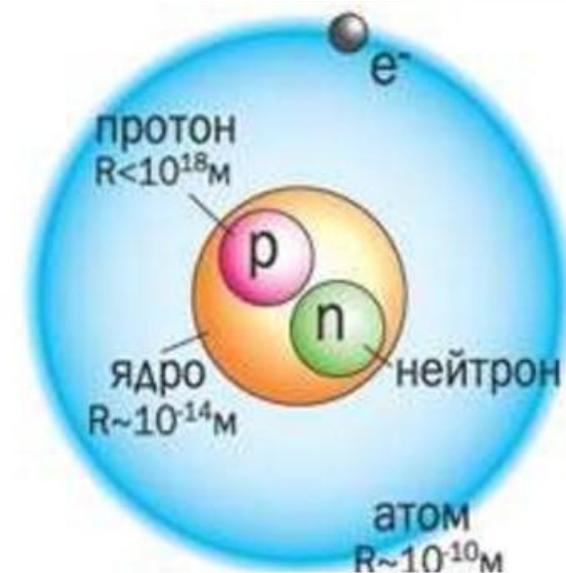


Дмитрий Дмитриевич  
Иваненко  
(1904-1994)

Советский физик Д. Д. Иваненко и  
немецкий физик В. Гейзенберг  
предложили  
**протонно-нейтронную  
модель ядра**



Вернер Карл  
Гейзенберг  
(1901-1976)



# Модель ядра

Иваненко и Гейзенберг (1932 г) предложили **протонно-нейтронную модель** атомного ядра



(1904-1994)



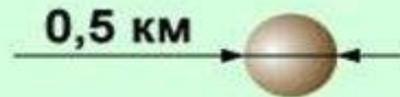
(1901-1976)

МАССА ПРОТОНА ИЛИ НЕЙТРОНА  
В 1840 РАЗ БОЛЬШЕ МАССЫ ЭЛЕКТРОНА



ПОЭТОМУ ПРАКТИЧЕСКИ ВСЯ МАССА  
АТОМА СОСРЕДОТОЧЕНА В ЕГО ЯДРЕ

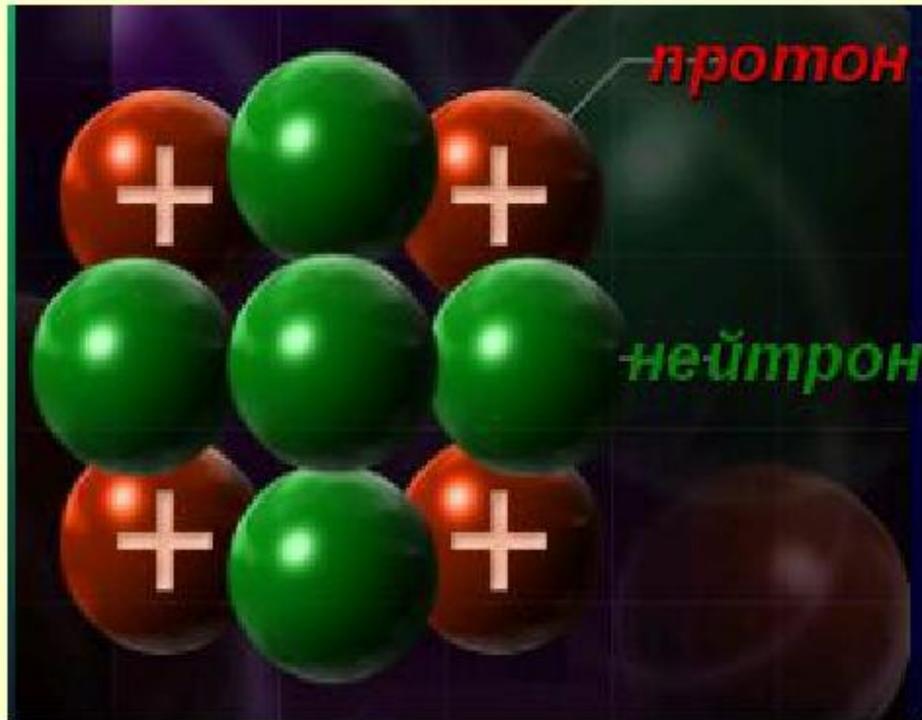
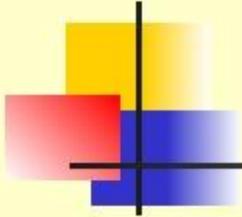
ПЛОТНОСТЬ ЯДЕРНОГО ВЕЩЕСТВА  
ОГРОМНА -  $100 \times 10^6$  ТОНН В  $1 \text{ см}^3$



ШАР, СОСТОЯЩИЙ ИЗ ЯДЕРНОГО ВЕЩЕСТВА,  
ДИАМЕТРОМ 0,5 км РАВЕН ПО ВЕСУ ЗЕМНОМУ ШАРУ



# Строение атомного ядра



Атомное ядро состоит из частиц двух типов: **протонов и нейтронов.**

Протоны и нейтроны называются **нуклонами.**

# Состав атомного ядра

- Общее число нуклонов в данном ядре называется **массовым числом**, обозначается **A**
- Число протонов в ядре называется **зарядовым числом**, обозначается (оно равно номеру химического элемента) **Z**
- Число нейтронов в ядре обозначается **N**
- Ядро атома обозначают так же, как и соответствующий химический элемент, ставя перед ним вверху – массовое число, а внизу - зарядовое число
- Например:  ${}_{92}^{235}\text{U}$        ${}_{82}^{207}\text{Pb}$


$$\begin{matrix} \mathbf{A} \\ \mathbf{Z} \end{matrix} \mathbf{X}$$

**A**- массовое число

$$\mathbf{A} = \mathbf{Z} + \mathbf{N}$$

**Z**- число протонов ( равно числу электронов, равно порядковому номеру элемента, равно заряду ядра)

**N**- число нейтронов

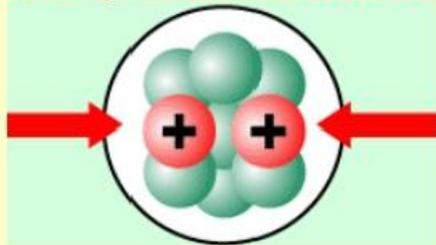
$$\mathbf{N} = \mathbf{A} - \mathbf{Z}$$

# Ядерные силы- это силы действующие внутри ядра.

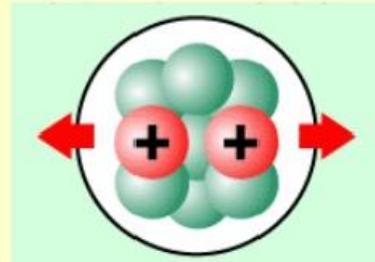
## Силы действующие в ядре

Между частицами, входящими в ядро, действуют особые силы взаимного притяжения –

**ядерные силы**



Между протонами ядра действуют силы взаимного отталкивания



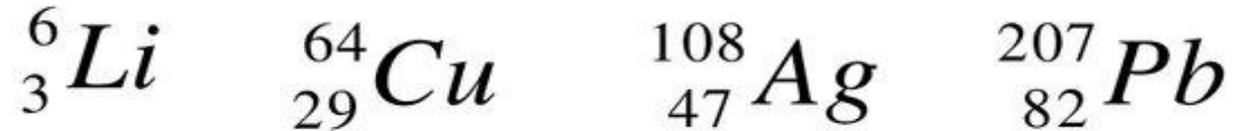
По величине ядерные силы огромны и намного больше сил взаимного отталкивания протонов

# Свойства ядерных сил

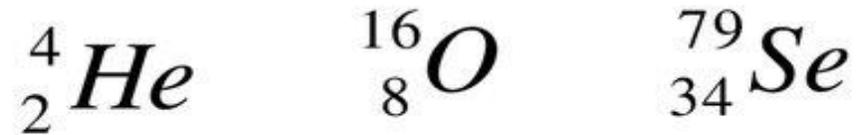
- ▶ **самые мощные силы в природе;**
- ▶ **В 100 раз превосходят электромагнитные силы;**
- ▶ **не зависят от наличия заряда;**
- ▶ **короткодействующие: заметны на расстоянии**  
 **$r \approx 0,0000000000000022$  м;**
- ▶ **плотность ядерного вещества очень велика**

# Решение задач

1. Сколько нуклонов содержат ядра:

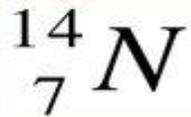


2. Определите нуклоновый состав ядер:

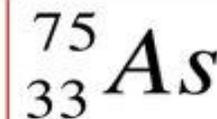


3. Назовите химический элемент, в атомном ядре которого содержатся нуклоны:

А). 7p + 7n



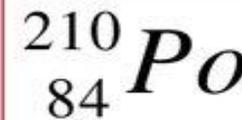
В). 33p + 42n



Б). 18p + 22n



Г). 84p + 126n



# Энергия связи ядра

**Энергия связи ядра** равна минимальной работе, которую надо совершить, чтобы ядро распалось на составляющие его нуклоны.

**Энергия связи** — это та энергия, которая выделяется при образовании ядра из отдельных частиц — нейтронов и протонов.

$$E_{\text{св}} = \Delta M c^2.$$

При образовании ядра уменьшается энергия системы.

Суммарная масса частиц, входящих в состав ядра, всегда больше массы ядра.

$$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}}$$

дефект массы

**Дефект массы** равен разности между общей массой свободных невзаимодействующих нуклонов и массой ядра.

# Удельная энергия связи

- это энергия связи, приходящаяся на один нуклон.

$$E_{уд} = \frac{E_{св}}{A}$$

где  $A$  – массовое число

Задача. Найти энергию связи для ядра атома гелия  ${}^4_2\text{He}$

Дано:

$$Z = 2$$

$$N = 4 - 2 = 2$$

$$m_p = 1,00728 \text{ а.е.м.}$$

$$m_n = 1,00867 \text{ а.е.м.}$$

$$m_e = 0,0005486 \text{ а.е.м.}$$

$$M_{\text{ат.}} = 4,00260 \text{ а.е.м.}$$

$$E_{\text{св.}} - ?$$

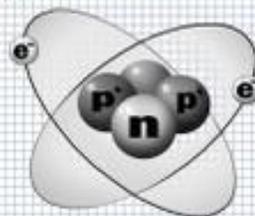
$$E_{\text{св.}} = \Delta m \cdot c^2$$

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - M_{\text{я.}}$$

$$M_{\text{я.}} = 4,00260 \text{ а.е.м.} - 2 \cdot 0,0005486 \text{ а.е.м.} = 4,00150 \text{ а.е.м.}$$

$$\Delta m = 2 \cdot 1,00728 \text{ а.е.м.} + 2 \cdot 1,00867 \text{ а.е.м.} - 4,00150 \text{ а.е.м.} = 0,0304 \text{ а.е.м.} =$$

$$= 0,0304 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 0,05048 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$



$$E_{\text{св.}} = 0,05048 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 = 0,45432 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

$$1 \text{ а.е.м} = 1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$1 \text{ Дж} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ эВ}$$

$$\text{Масса покоя электрона} = 9,1095 \cdot 10^{-31} \text{ кг} = 0,0005486 \text{ а.е.м.}$$

$$\text{Масса покоя протона} = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00728 \text{ а.е.м.}$$

$$\text{Масса покоя нейтрона} = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00867 \text{ а.е.м.}$$

$$E_{\text{св.}} = \Delta M c^2 = \Delta M \text{ а.е.м.} \cdot 1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ м/с})^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ эВ} = \Delta M \cdot 931,5 \text{ МэВ}$$

$$E_{\text{св.}} = \Delta M \cdot 931,5 \text{ МэВ}$$

# ИЗОТОПЫ

- У одного и того же химического элемента встречаются атомы с **различными по массе ядрами**.
- Ядра с одинаковым зарядом, но разными массами назвали **изотопами**.
- Изотопы (от греческих слов isos – одинаковый и topos – место) имеют одинаковый порядковый номер в таблице Менделеева
- У изотопов одинаковое число протонов, но разное число нейтронов.
- Изотопы имеют разные физические свойства.

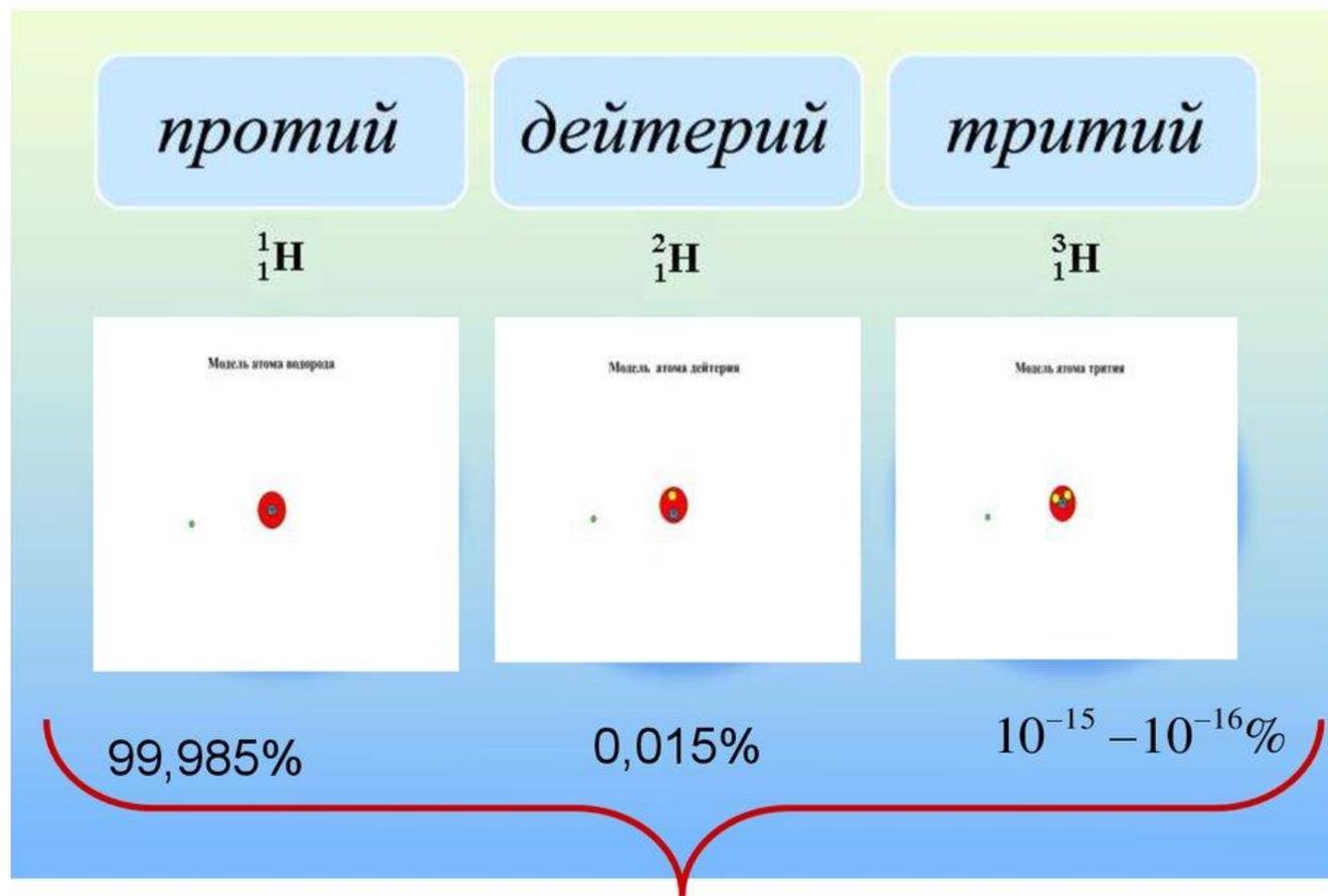
**Изотопы - элементы с одинаковым порядковым номером, но с разной атомной массой и радиоактивностью.**



# История открытия изотопов.

- В 1906—07 выяснилось, что продукт радиоактивного распада урана – ионий и продукт радиоактивного распада тория — радиоторий, имеют те же химические свойства, что и торий, но отличаются от него атомной массой и характеристиками радиоактивного распада
- Содди в 1911 г. предположил возможность существования элементов с одинаковыми хим. свойствами, но различающихся своей радиоактивностью (изотопы)
- Томсон в 1912 г. измерил массы ионов неона методом отклонения их в электрических и магнитных полях. Неон – смесь двух видов атомов. Относительная атомная масса смеси равна 20,2

# Изотопы водорода

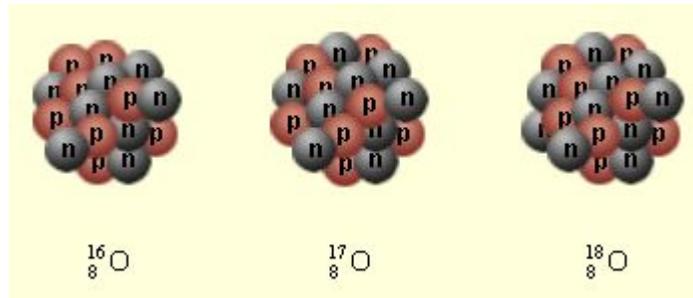


Природный изотопный состав H

- Изотоп с относительной атомной массой 2 называется дейтерием. Этот изотоп стабилен (т.е. нерадиоактивен) и входит в качестве небольшой примеси в обычный водород. При соединении дейтерия с кислородом образуется тяжелая вода. Её физические свойства отличаются от свойств обычной воды. Её  $t$  кипения равна  $101,2^\circ\text{C}$  и замерзает при  $t$   $3,8^\circ\text{C}$ .

- Изотоп с относительной атомной массой 3 называется тритий. Этот изотоп  $\beta$  – радиоактивен с периодом распада около 12 лет.

# Изотопы кислорода



# ИЗОТОПЫ

## *Различия:*

- масса
- радиоактивные свойства

## Ядра

радиоактивные

стабильные

## *Сходство:*

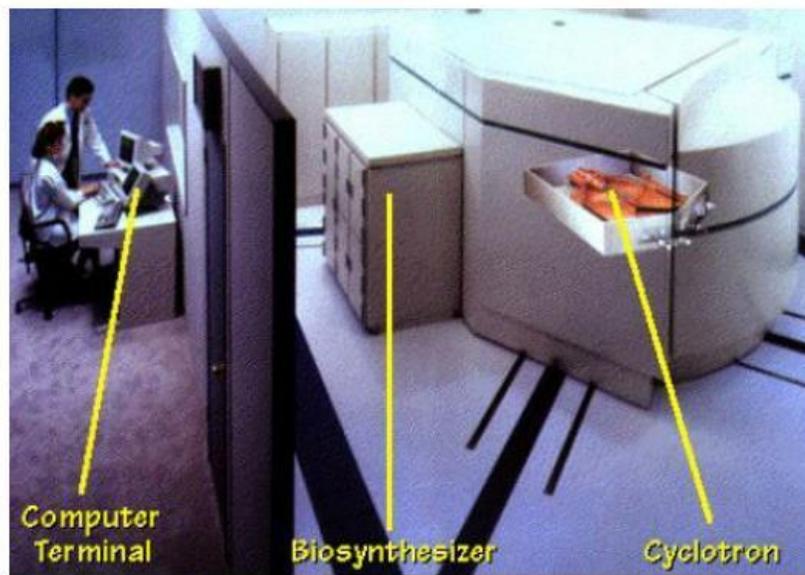
- заряды атомных ядер
- число электронов в оболочках атомов
- число протонов

Изотопы существуют у всех химических элементов. Изотопы есть как и у самого тяжелого элемента – урана ( относительные атомные массы 238, 235 и др.), так и у самого легкого – водорода (относительные атомные массы 1, 2, 3).

# Получение радиоактивных изотопов

- ▶ Радиоактивные изотопы получают
- ▶ в атомных реакторах и на
- ▶ ускорителях элементарных частиц

Медицинский циклотрон



Компьютерный

Биосинтезатор

Циклотрон

Промышленный  
циклотрон

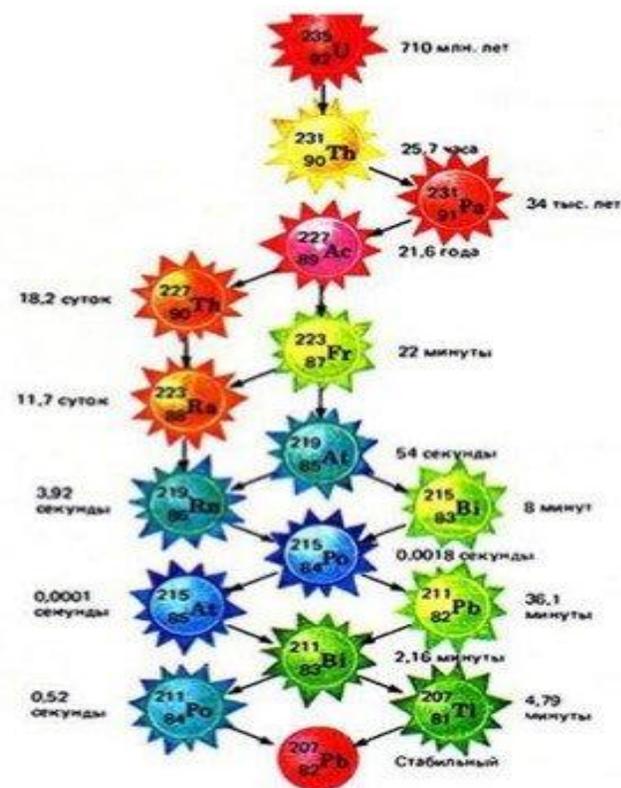


# Применение радиоактивных ИЗОТОПОВ



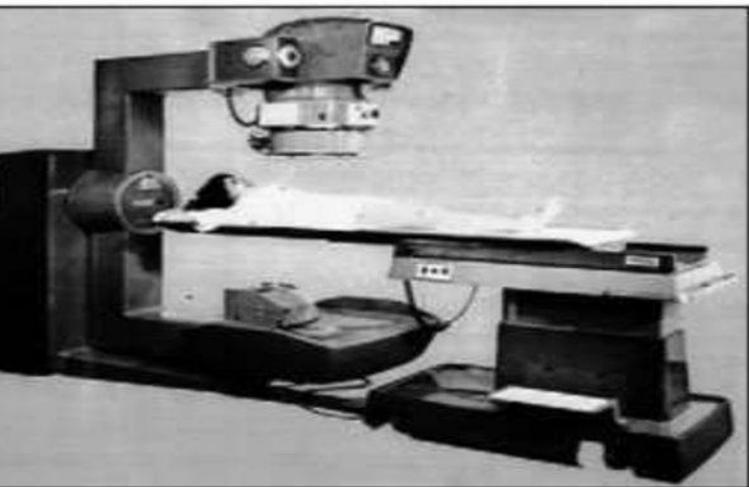
# РАДИОАКТИВНЫЕ ИЗОТОПЫ В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ.

- Одним из наиболее выдающихся исследований, проведенных с помощью меченых атомов, явилось исследование обмена веществ в организмах. Было доказано, что за сравнительно небольшое время организм подвергается почти полному обновлению. Слагающие его атомы заменяются новыми.
- Лишь железо, как показали опыты по изотопному исследованию крови, является исключением из этого правила. Железо входит в состав гемоглобина красных кровяных шариков. При введении в пищу радиоактивных атомов железа было обнаружено, что они почти не поступают в кровь. Только в том случае, когда запасы железа в организме иссякают, железо начинает усваиваться организмом.
- Если не существует достаточно долго живущих радиоактивных изотопов, как, например, у кислорода и азота, меняют изотопный состав стабильных элементов. Так, добавлением к кислороду избытка изотопа было установлено, что свободный кислород, выделяющийся при фотосинтезе, первоначально входил в состав воды, а не углекислого газа.

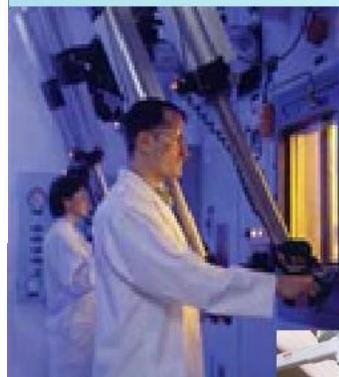


# Применение изотопов в медицине

Для постановки диагноза, так и для терапевтических целей. Радиоактивный натрий используется для исследования кровообращения. Йод интенсивно отлагается в щитовидной железе, особенно при базедовой болезни.



Радиоактивные изотопы применяются в **медицине**, как для постановки диагноза, так и для терапевтических целей.



# РАДИОАКТИВНЫЕ ИЗОТОПЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

- Все более широкое применение получают радиоактивные изотопы в сельском хозяйстве. Облучение семян растений (хлопчатника, капусты, редиса и др.) небольшими дозами гамма-лучей от радиоактивных препаратов приводит к заметному повышению урожайности.
- Большие дозы радиации вызывают мутации у растений и микроорганизмов, что в отдельных случаях приводит к появлению мутантов с новыми ценными свойствами (радиоселекция). Так выведены ценные сорта пшеницы, фасоли и других культур, а также получены высокопродуктивные микроорганизмы, применяемые в производстве антибиотиков. Гамма-излучение радиоактивных изотопов используется также для борьбы с вредными насекомыми и для консервации пищевых продуктов.
- Широкое применение получили меченые атомы в агротехнике. Например, чтобы выяснить, какое из фосфорных удобрений лучше усваивается растением, помечают различные удобрения радиоактивным фосфором  $^{32}\text{P}$ . Исследуя за тем растения на радиоактивность, можно определить количество усвоенного ими фосфора из разных сортов удобрения.

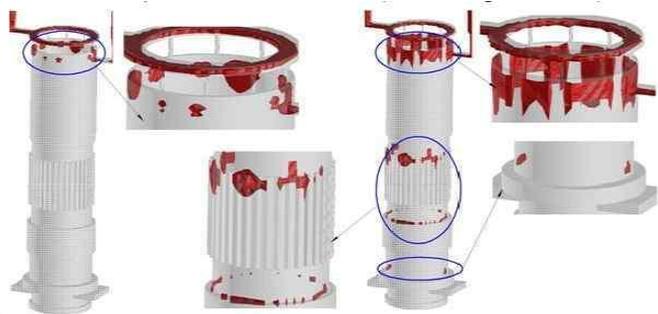


# Радиоактивные изотопы в промышленности:



Контроль износа поршневых колец в двигателях внутреннего сгорания. Облучая поршневое кольцо нейтронами, вызывают в нем ядерные реакции и делают его радиоактивным. При работе двигателя частички материала кольца попадают в смазочное масло.

Радиоактивные изотопы позволяют судить о диффузии металлов, процессах в доменных печах. Мощное  $\gamma$ -излучение радиоактивных препаратов используют для исследования внутренней структуры металлических отливок с целью обнаружения в них дефектов.



Мощное  $\gamma$ -излучение препаратов используют для исследования внутренней структуры металлических отливок с целью обнаружения в них дефектов.

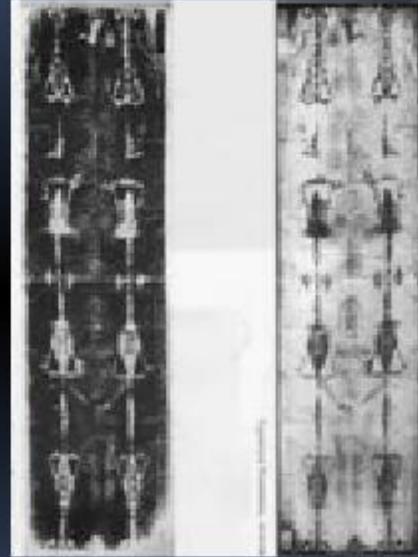
*В строительной промышленности:*

применение радиоактивных изотопов для исследования строительных материалов и строительных механизмов, контроля металлических конструкций, вентиляции и отопительных систем, а также некоторым другим вопросам, связанным с задачами строительной промышленности



# Радиоактивные изотопы в археологии.

- Интересное применение для определения возраста древних предметов органического происхождения получил метод радиоактивного углерода.
- Определяя процентное содержание радиоактивного углерода в органических остатках, можно определить их возраст, если он лежит в пределах от 1000 до 50 000 и даже до 100 000 лет. Таким методом узнают возраст египетских мумий, остатков доисторических костров и т. д.



Интересное применение для определения возраста древних предметов органического происхождения (дерева, древесного угля). Таким методом узнают возраст египетских мумий, остатков доисторических костров



- После гибели организма пополнение его радиоактивным углеродом прекращается. Имеющееся же количество этого изотопа убывает за счет радиоактивности. Определяя процентное содержание радиоактивного углерода в органических остатках, можно определить их возраст, если он лежит в пределах от 1000 до 50000 и даже до 100000 лет. Таким образом, узнают возраст египетских мумий, остатков доисторических костров и т. д.

# Применение радиоактивных изотопов

Медицина и биология	Промышленность	Сельское хозяйство	Археология
1. 2. 3.			