

# ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

ТЕМА:

## РАДИОАКТИВНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

1. РАДИОАКТИВНОСТЬ .  
ОСНОВНОЙ ЗАКОН  
РАДИОАКТИВНОГО  
РАСПАДА.
2. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ  
РАДИОАКТИВНОСТИ.
3. ВИДЫ  
РАДИОАКТИВНОГО  
РАСПАДА.

# 1. РАДИОАКТИВНОСТЬ. ОСНОВНОЙ ЗАКОН РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА

РАДИОАКТИВНОСТЬ –

САМОПРОИЗВОЛЬНЫЙ  
РАСПАД АТОМНЫХ  
(МАТЕРИНСКИХ) ЯДЕР  
С ОБРАЗОВАНИЕМ НОВЫХ  
(ДОЧЕРНИХ) ЯДЕР  
И РАЗЛИЧНЫХ  
ИЗЛУЧЕНИЙ.

**ЕСТЕСТВЕННАЯ** –

свойственна  
неустойчивым ядрам,  
существующим в  
природе.

**ИСКУССТВЕННАЯ** –

присуща ядрам,  
возникающим в  
ядерных реакциях.

# Основной закон радиоактивного распада

ПРОТЕКАНИЕ  
ПРОЦЕССА  
РАДИОАКТИВНОГО  
РАСПАДА  
ВО ВРЕМЕНИ  
ОПИСЫВАЕТ  
ОСНОВНОЙ ЗАКОН  
РАДИОАКТИВНОГО  
РАСПАДА.

ИСХОДНОЕ ДЛЯ ВЫВОДА  
ЗАКОНА УРАВНЕНИЕ:

$$dN = - \lambda N dt,$$

где  $N$  - число целых ядер,  
 $dN$  - его изменение за  
промежуток времени  $dt$ ,  
 $\lambda$  - постоянная распада,

знак "-" показывает, что со  
временем число ядер  
уменьшается, т.е.  $dN < 0$ .

## 2. КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ОКОНЧАТЕЛЬНЫЙ ВИД  
ЗАКОНА:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

*В процессе радиоактивного распада число материнских ядер уменьшается со временем по экспоненциальному закону.*

Количественные  
характеристики  
р/а распада:

$\lambda$  – постоянная распада,  
 $T_{1/2}$  – период полураспада,  
 $A$  – активность.

# ПОСТОЯННАЯ РАСПАДА

## ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ ПОСТОЯННОЙ РАСПАДА

**ПОСТОЯННАЯ РАСПАДА  
ОБРАТНА  
ВРЕМЕНИ РЕЛАКСАЦИИ  
(СРЕДНЕМУ ВРЕМЕНИ  
ЖИЗНИ ИЗОТОПА).**

ПУСТЬ  $\tau$  - ВРЕМЯ  
РЕЛАКСАЦИИ.

ЗНАЧИТ, ЗА ВРЕМЯ  $\tau$   
ЧИСЛО ЯДЕР УМЕНЬШИТСЯ

в "e" раз:

$$N = N_0 / e.$$

ТОГДА

$$N_0 e^{-1} = N_0 e^{-\lambda\tau}$$

$$e^{-1} = e^{-\lambda\tau}$$

$$1 = \lambda\tau$$

$$\lambda = 1 / \tau.$$

# $\lambda$ - характеристика способности ядер вещества к распаду

ЧЕМ БОЛЬШЕ  
ПОСТОЯННАЯ  
РАСПАДА,  
ТЕМ МЕНЬШЕ ВРЕМЯ  
РЕЛАКСАЦИИ

И ТЕМ БЫСТРЕЕ ИДЕТ  
РАСПАД,

НЕЗАВИСИМО ОТ  
ИСХОДНОГО  
КОЛИЧЕСТВА ЯДЕР.

ПОЭТОМУ  $\lambda$  -  
ХАРАКТЕРИСТИКА  
СПОСОБНОСТИ ДАННОГО  
ЯДРА К РАСПАДУ,  
или  
*ВЕРОЯТНОСТИ* РАСПАДА  
ЯДРА.

Р/а распад –  
*СТАТИСТИЧЕСКОЕ*  
*ЯВЛЕНИЕ.*

ДЛЯ РАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ  $\lambda$   
РАЗЛИЧНА.

# ПЕРИОД ПОЛУРАСПАДА

## **ПЕРИОД ПОЛУРАСПАДА –**

**время, за которое  
распадается  
ПОЛОВИНА** исходного  
количества ядер.

**ЧЕМ БОЛЬШЕ  
ПОСТОЯННАЯ РАСПАДА,  
ТЕМ МЕНЬШЕ  
ПЕРИОД ПОЛУРАСПАДА  
ЯДЕР ДАННОГО  
ВЕЩЕСТВА.**

**СВЯЗЬ между  $\lambda$  И  $T_{1/2}$  :**

$$N_0 / 2 = N_0 / e^{\lambda T}$$

$$2 = e^{\lambda T}$$

$$\ln 2 = \lambda T$$

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda \approx 0,69 / \lambda.$$

# АКТИВНОСТЬ

**АКТИВНОСТЬ -  
СКОРОСТЬ РАСПАДА,**  
т.е. ЧИСЛО ЯДЕР,  
РАСПАДАЮЩИХСЯ В  
ЕДИНИЦУ ВРЕМЕНИ:

$$A = - dN / dt.$$

Размерность A (в СИ):

РАСПАД ЯДРА / СЕК =  
БЕККЕРЕЛЬ, Бк.

**ВНЕСИСТЕМНЫЕ  
ЕДИНИЦЫ:**

- КЮРИ, Ки  
1 Ки =  $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк
- РЕЗЕРФОРД, Рд  
1 Рд =  $10^6$  Бк

## Связь между активностью и другими характеристиками

$$A = - dN / dt$$

$$dN = - \lambda N dt$$

$$A = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t},$$

где  $A_0 = \lambda N_0$  -  
исходная (начальная)  
активность.

**АКТИВНОСТЬ**  
(как и число ядер)  
СО ВРЕМЕНЕМ  
УМЕНЬШАЕТСЯ ПО  
ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОМУ  
ЗАКОНУ.

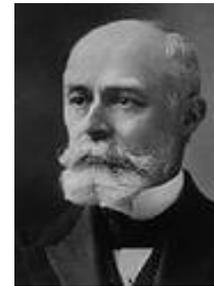
$$\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$$

$$A = \ln 2 \frac{N}{T_{1/2}}$$

**АКТИВНОСТЬ**  
ТЕМ БОЛЬШЕ,  
ЧЕМ БОЛЬШЕ ЧИСЛО  
РАДИОАКТИВНЫХ ЯДЕР  
И ЧЕМ МЕНЬШЕ ПЕРИОД  
ПОЛУРАСПАДА.

# Удельная активность

- **УДЕЛЬНАЯ  
МАССОВАЯ  
АКТИВНОСТЬ** -  
активность единицы  
массы вещества,  
 $A / m$  [Бк / кг].
- **УДЕЛЬНАЯ  
ОБЪЕМНАЯ  
АКТИВНОСТЬ**  
активность единицы  
объема вещества,  
 $A / V$  [Бк / м<sup>3</sup>].



Антуан Анри  
Беккерель



Эрнест  
Резерфорд



Пьер Кюри



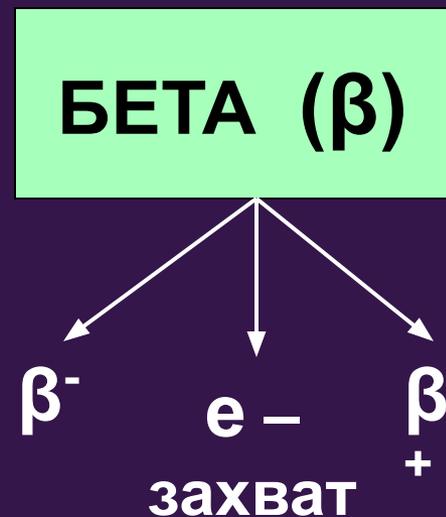
Мария  
Склодовская-  
Кюри

# 3. ВИДЫ РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА

## ДВА ОСНОВНЫХ ТИПА РАСПАДА:

**АЛЬФА  
( $\alpha$ )**

**БЕТА-РАСПАД – 3-Х ВИДОВ:  
ЭЛЕКТРОННЫЙ ( $\beta^-$ )  
ПОЗИТРОННЫЙ ( $\beta^+$ ) и  
ЭЛЕКТРОННЫЙ ЗАХВАТ  
( e - захват )**



# АЛЬФА-РАСПАД

ПРЕВРАЩЕНИЕ ЯДРА  
ОДНОГО ЭЛЕМЕНТА  
В ЯДРО ДРУГОГО  
ЭЛЕМЕНТА

С ИСПУСКАНИЕМ  
АЛЬФА-ЧАСТИЦЫ:



ДОЧЕРНЕЕ ЯДРО  
МОЖЕТ ОБРАЗОВАТЬСЯ  
В ВОЗБУЖДЕННОМ  
СОСТОЯНИИ.

ЗАТЕМ ЭНЕРГИЯ  
ВОЗБУЖДЕНИЯ  
ВЫСВЕЧИВАЕТСЯ В ВИДЕ  
ГАММА-ФОТОНОВ.

# БЕТА-РАСПАД

**В ОСНОВЕ ВСЕХ ТРЕХ  
ВИДОВ –  
ВНУТРИЯДЕРНОЕ  
ВЗАИМНОЕ  
ПРЕВРАЩЕНИЕ  
НЕЙТРОНА И ПРОТОНА.**

**ВОЗМОЖНО  
ВОЗНИКНОВЕНИЕ  
ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ.**

# 1. ЭЛЕКТРОННЫЙ (БЕТА-МИНУС) РАСПАД

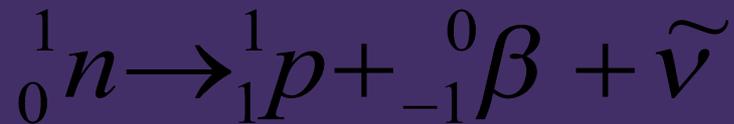
В ЯДРЕ –

ПРЕВРАЩЕНИЕ  
НЕЙТРОНА В ПРОТОН

С ИСПУСКАНИЕМ  
ЭЛЕКТРОНА

(БЕТА-МИНУС  
ЧАСТИЦЫ)

И АНТИНЕЙТРИНО:



ДОЧЕРНЕЕ ЯДРО

ИМЕЕТ ТУ ЖЕ МАССУ,  
ЧТО МАТЕРИНСКОЕ,

НО НА 1 Э.Е. БОЛЬШИЙ  
ЗАРЯД:



## 2. ПОЗИТРОННЫЙ (БЕТА-ПЛЮС) РАСПАД

В ЯДРЕ –  
ПРЕВРАЩЕНИЕ  
ПРОТОНА В НЕЙТРОН  
С ИСПУСКАНИЕМ  
ПОЗИТРОНА  
(БЕТА-ПЛЮС ЧАСТИЦЫ)  
и НЕЙТРИНО:



МАССА ЯДРА  
НЕ МЕНЯЕТСЯ,  
ЗАРЯД  
УМЕНЬШАЕТСЯ  
НА 1 Э.Е.:



### 3. ЭЛЕКТРОННЫЙ ЗАХВАТ (e - ЗАХВАТ)

**ЭЛЕКТРОН  
ЗАХВАТЫВАЕТСЯ ЯДРОМ  
С ОДНОЙ ИЗ ВНУТРЕННИХ  
ОРБИТ АТОМА.**



**МАССА ЯДРА  
НЕ МЕНЯЕТСЯ,  
ЗАРЯД УМЕНЬШАЕТСЯ НА  
ЕДИНИЦУ**

**(КАК ПРИ БЕТА-ПЛЮС  
РАСПАДЕ):**



**ВАКАНСИЯ  
ВО ВНУТРЕННЕМ СЛОЕ  
СРАЗУ ЗАПОЛНЯЕТСЯ  
ЭЛЕКТРОНОМ ИЗ СЛОЯ,  
РАСПОЛОЖЕННОГО  
ДАЛЬШЕ ОТ ЯДРА.**



**ВОЗНИКАЕТ  
ХАРАКТЕРИСТИЧЕС-  
КОЕ РЕНТГЕНОВСКОЕ  
ИЗЛУЧЕНИЕ.**