

# Тема: Общие свойства ионизирующих излучений ядерного взрыва

**Цель:** изучить процессы, протекающие в ядерном боеприпасе (ЯБ) и термоядерном боеприпасе (ТЯБ), источники и виды ионизирующих излучений (ИИ), особенности процессов взаимодействия ИИ с веществом; дозовые величины, а также параметры, определяющие ослабление характеристик ИИ при прохождении ими через слой вещества

## Учебные вопросы:

1. Введение в дисциплину
2. Физико-технические основы ядерного оружия
3. Источники и виды ионизирующих излучений (ИИ)
4. Взаимодействие излучений с веществом
5. Основные дозиметрические единицы
6. Коэффициент ослабления ИИ

## Литература:

- О:** Радиационная, химическая и биологическая защита: электронный учебник / под общ. ред. И. А.Кириллова. – Кострома: ВА РХБЗ имени Маршала Советского Союза С.К.Тимошенко, 2016. – п. 1.2.1, 1.4.1-1.4.6
- Д:** Радиационная, химическая и биологическая защита: учебник. – ВКА, 2010. – С. 41-48, 53-54, 104-105

# 1. Введение в дисциплину

## 1.1. Предпосылки возрастания роли РХБ защиты войск на современном этапе

## *Предпосылки возрастания роли РХБ защиты войск на современном этапе*

1

Совершенствование систем ядерного, химического и биологического оружия вероятного противника и систем высокоточного оружия (ВТО).  
Разработка новых стратегий нападения на РФ  
(Концепция МГУ)

2

Расширение сети ядерных, радиационно, химически и биологически опасных объектов (РХБ ОО) и увеличение их мощности

3

Итоги агрессивной военной деятельности США и стран НАТО в начале XXI века

## Некоторые итоги агрессивной военной деятельности США и НАТО в начале XXI века

США поддерживают в боевом режиме  $\approx 700$  военных баз в 140 странах мира ( $\approx 400$  баз по периметру РФ);

беспрецедентный рост военных расходов США:

1998 г. – 350 млрд \$, 2005 г. – 580 млрд \$, 2015 г. – 700 млрд \$, 2019 – 720 млрд \$

(для сравнения в 2018 г. РФ – 48 млрд \$, Китай – 150 млрд \$);

на тысячи километров приближена боевая инфраструктура НАТО к границам РФ. Разработка планов по размещению систем ПРО у границ РФ;

развязана агрессия и совершены государственные вооруженные перевороты в дружественных России странах;

финансируются и готовятся к действиям террористические организации, оснащенные ХО и БО.

***Полный спектр военных угроз  
для РФ***

**Стратегия национальной  
безопасности РФ до 2020 года  
(Указ Президента РФ № 537  
от 12.05.2009 года)**

**Военная Доктрина РФ  
(утверждена Президентом РФ  
26.12.2014 года № Пр-2976)**

## Источники РХБ опасности для военных систем

### Мирного времени

- аварии на РХБОО
- террористические акты с использованием РХБ опасных агентов
- сверхнормативное РХБ загрязнение окружающей среды
- эпидемии

### Военного времени

- применение ЯХБ оружия
- применение обычных средств поражения по ЯРХБОО
- диверсии на ЯРХБОО
- эпидемии

**ЯРХБОО** – объекты, на которых производят, хранят, используют, перерабатывают, транспортируют: радиоактивные вещества, химически опасные вещества, биологически опасные вещества в количествах, достаточных для массового поражения людей

# Характеристика распространения ОМП в мире

	<b>Ядерное оружие</b>	<b>Химическое оружие</b>	<b>Биологическое оружие</b>
<b>Страны – обладательницы</b>	<p><u>Официально:</u> РФ, США, КНР, Франция, Великобритания</p> <p><u>Не официально:</u> Израиль, КНДР, Пакистан, Индия</p>	Около 30 стран мира. Еще порядка 30 государств способны быстро приступить к производству ХО	Около 20 стран. Примерно у 100 государств создан высокий военно-биологический потенциал
<b>Количество в арсеналах стран</b>	Всего порядка 4500...5000 развернутых стратегических ЯБП; 10000 тактических ЯБП	Всего около 40...50 тыс. тонн БТХВ	Оценка затруднена

**Близки к созданию ЯО: Иран, Япония, Канада, Германия, Бразилия, Египет, Саудовская Аравия**

# Характеристика ядерных арсеналов РФ и США

Страна	Стратегические носители	Число боеголовок	Тактическое ЯО (европейский ТВД), число боезарядов (торпеды, авиабомбы, тактические и крылатые ракеты, артиллерия, фугасы)
РФ	528	1643 (сокращение к 2021 г. до 1550)	≈ 5000
США	794 (сокращение к 2021 г. до 700)	1652 (сокращение к 2021 г. до 1550)	≈ 200 авиабомб (суммарная мощность ≈ 18 Мт)

Источник: Доклад Госдепа от 01.09.2014 года «О состоянии стратегических ядерных вооружений США и РФ»

1.2. Предмет, цель, задачи, структура дисциплины «РХБ защита» и актуальные проблемы ее изучения

**Дисциплина**  
**«Радиационная, химическая и биологическая защита»**

Обеспечивает формирование **компетенции** выпускника ВВУЗа

Обязательная в цикле оперативно-тактических дисциплин в ВВУЗах России

Прямо связана с обеспечением безопасности войск и объектов

«Способность организовать всестороннее обеспечение боевых действий и **управление** подразделением в любых условиях обстановки»

«Военная безопасность – состояние **защищенности** жизненно важных интересов личности, общества, государства от внешних и внутренних угроз, связанных с применением военной силы или угрозой ее применения»

Военная доктрина РФ  
 Указ Президента РФ  
 № 146 от 05.02.2010 года  
 с изм. от 26.12.2014 года

**Военная безопасность обеспечивается Вооруженными Силами РФ.  
 Оборона – способ обеспечения военной безопасности в военное время.**

**Цель изучения дисциплины** – подготовка офицерских кадров для квалифицированного управления организацией и осуществлением РХБ защиты войск в мирное и военное время

**Задачи** – дать необходимые знания, сформировать требуемые умения и привить навыки, достаточные для гарантированного, точного, полного, своевременного выполнения мероприятий РХБ защиты в любых условиях обстановки

# Структура дисциплины по содержанию предметной области

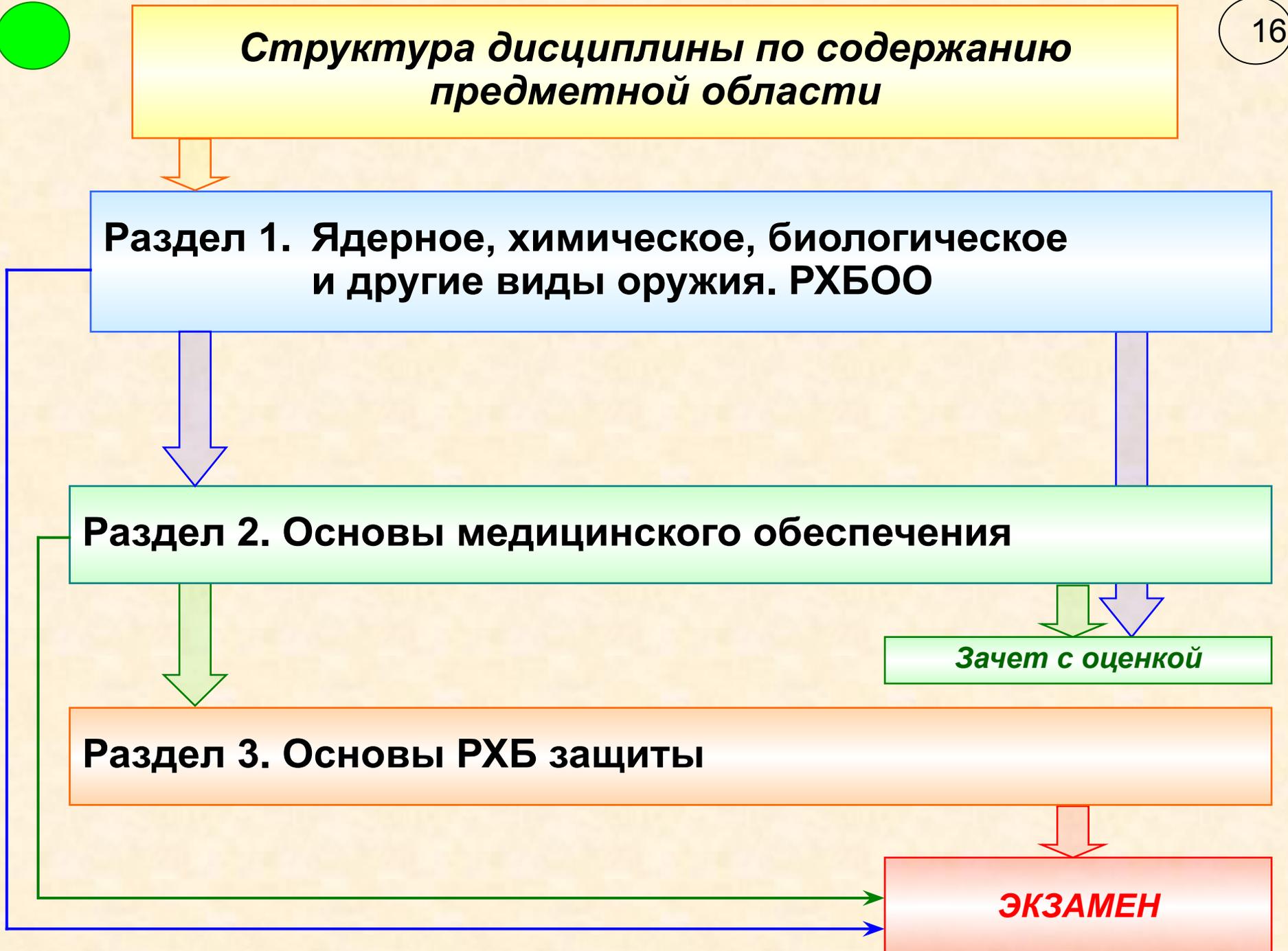
Раздел 1. Ядерное, химическое, биологическое и другие виды оружия. РХБОО

Раздел 2. Основы медицинского обеспечения

Зачет с оценкой

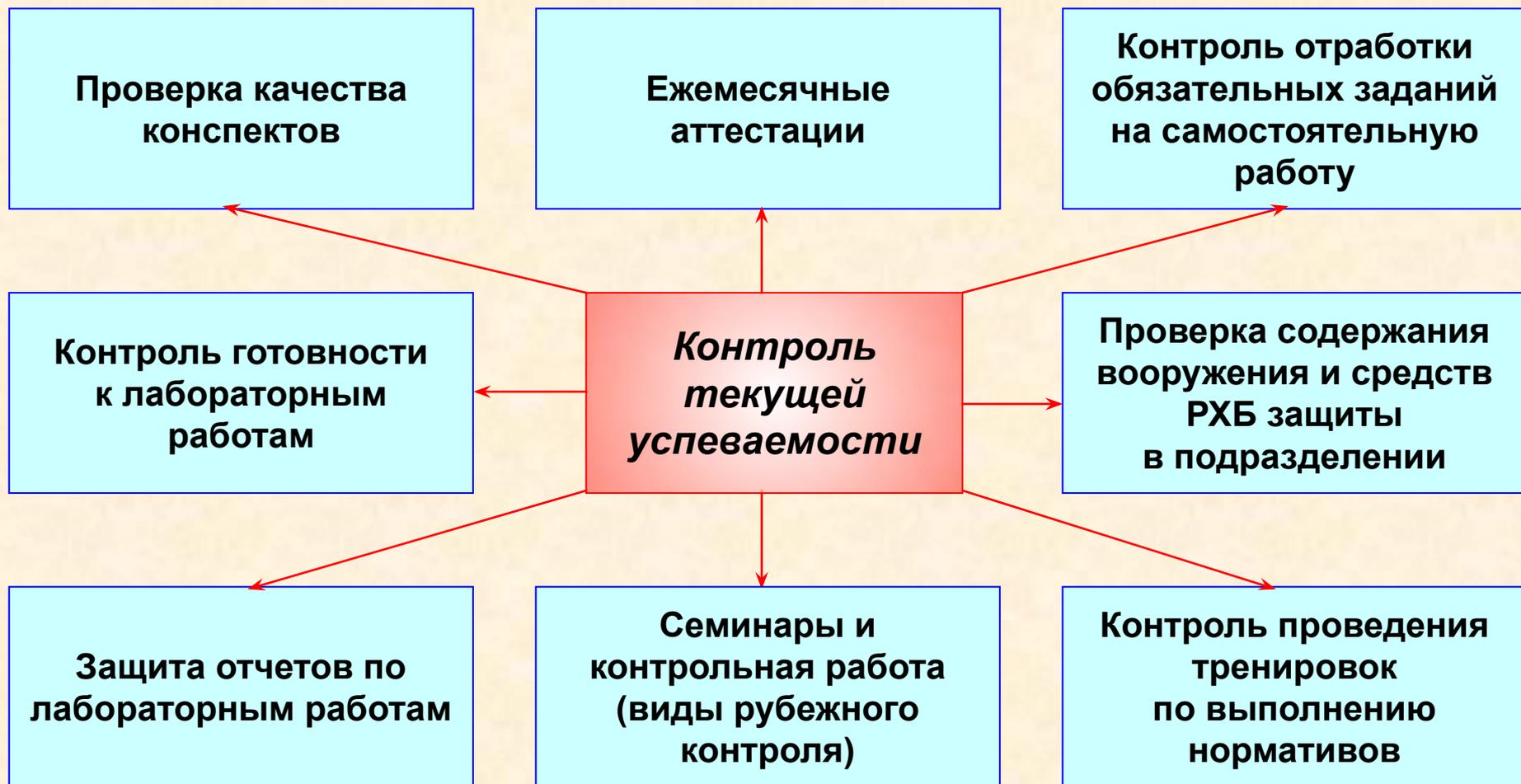
Раздел 3. Основы РХБ защиты

**ЭКЗАМЕН**



## Структура дисциплины по видам занятий





**Отработка  
саморазвивающих  
(необязательных)  
заданий на  
самостоятельную  
работу**

***Инициативная деятельность  
обучающихся по освоению курса***

**Участие  
в работе кружка  
ВНО**

**Участие в работе  
кинолектория**

**Подготовка  
к лекциям  
и лекционная  
активность**

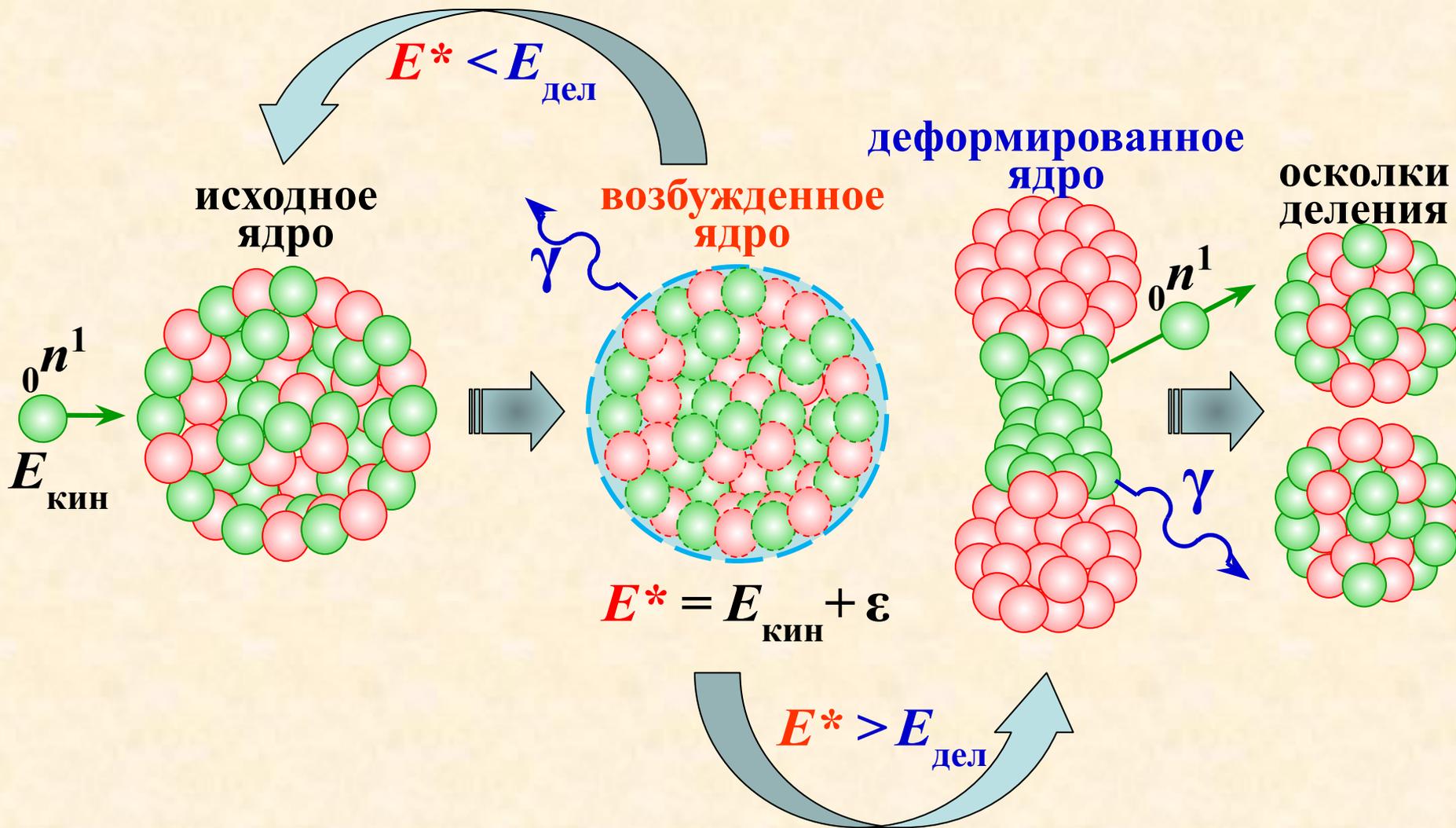
## 2. Физико-технические основы ядерного оружия

### 2.1. Пути выделения внутриядерной энергии



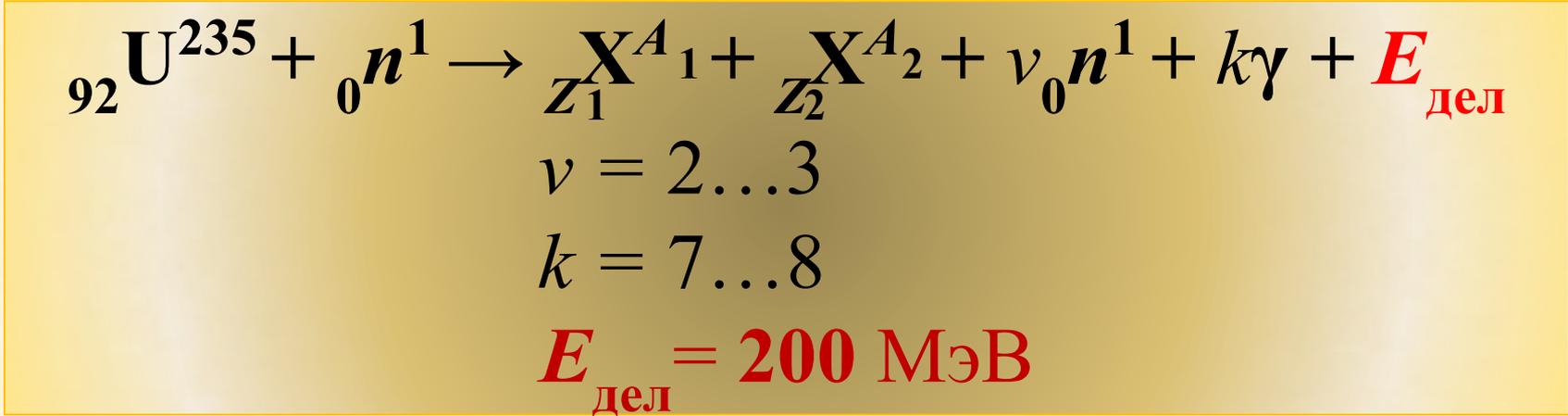
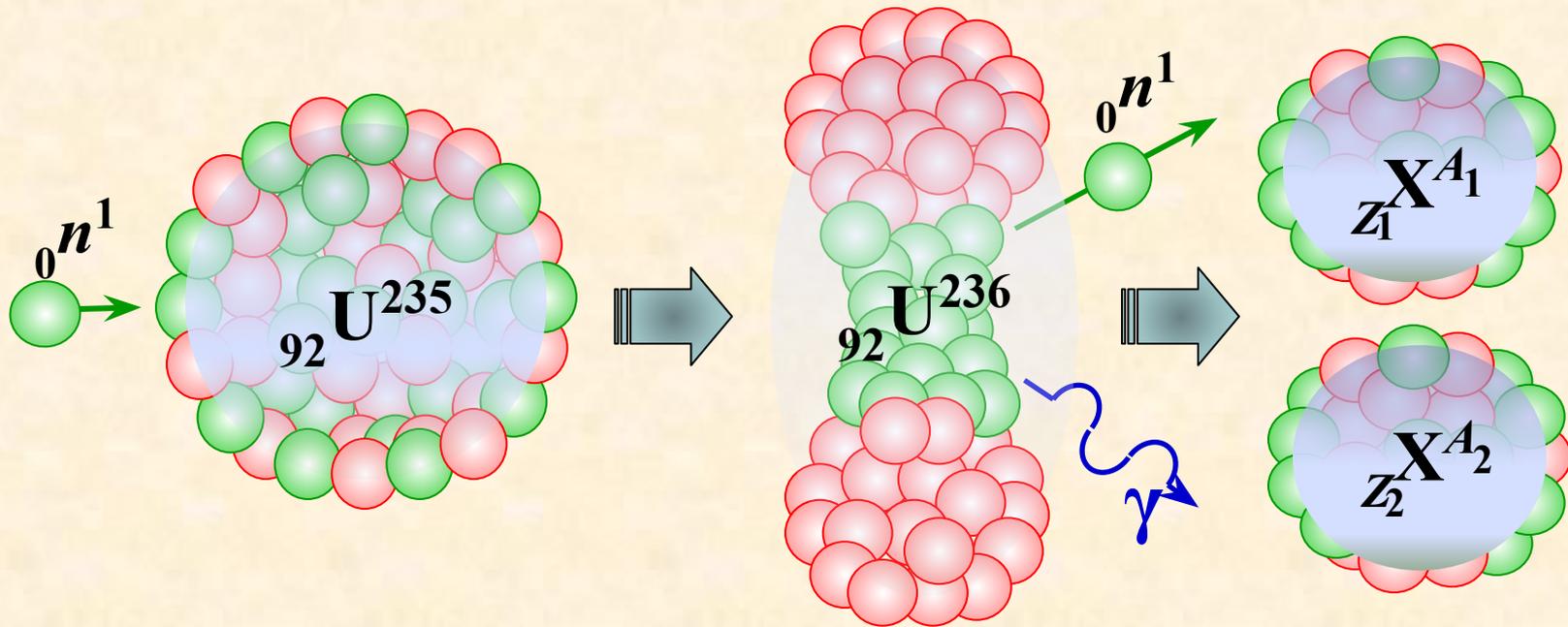
## 2.2. Взрывная ядерная реакция деления тяжелых ядер

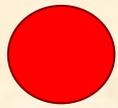
# Капельная модель ядра



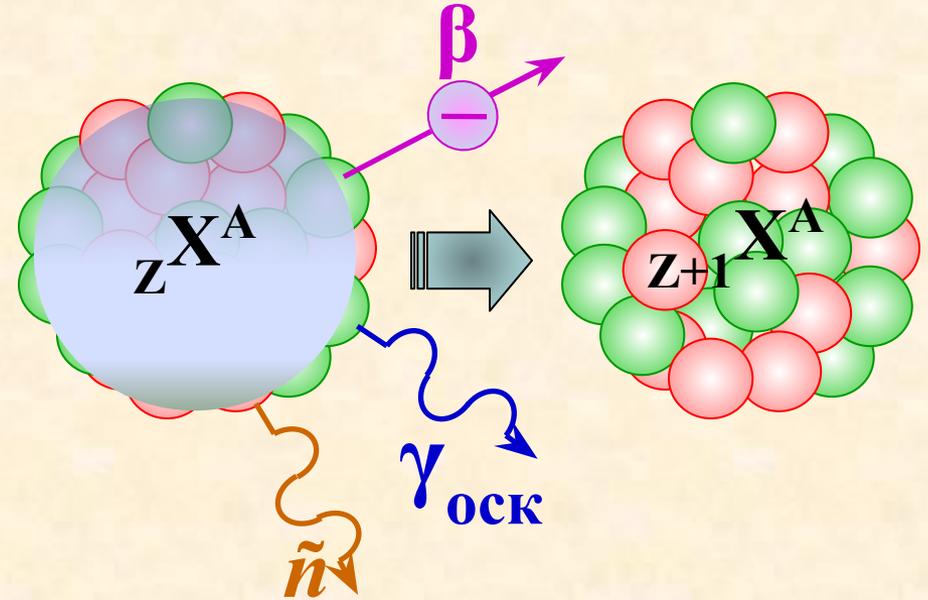
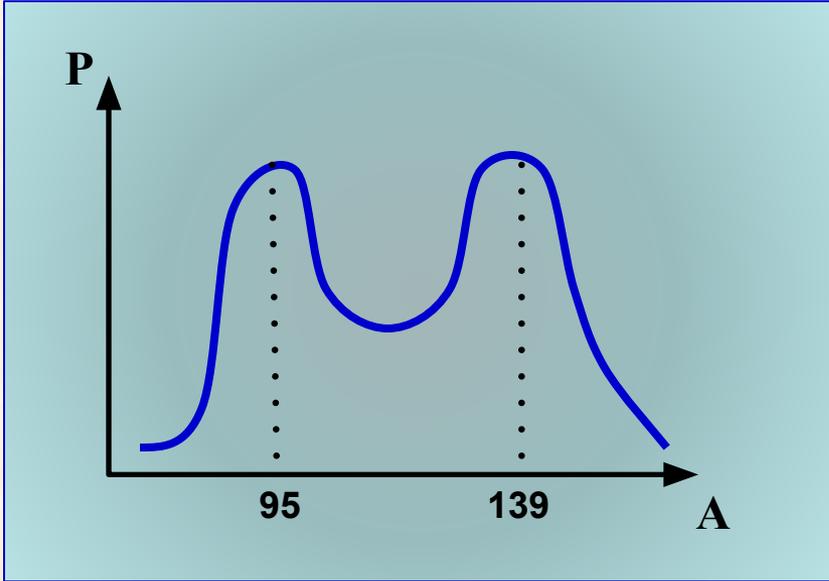


# Реакция деления $U^{235}$

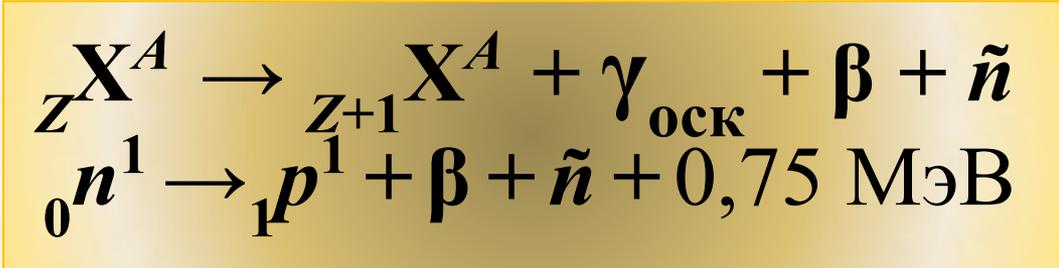




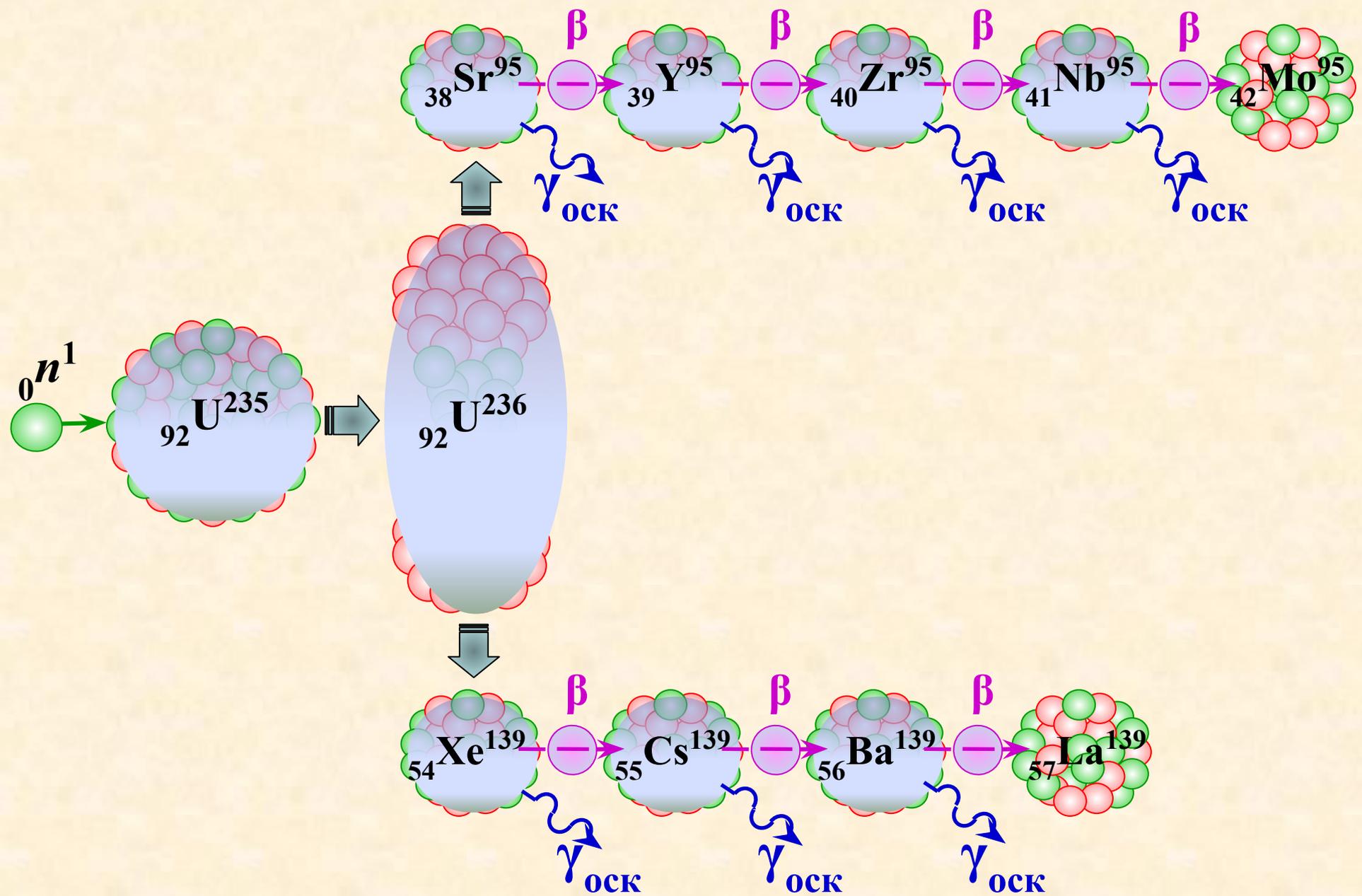
# Осколки реакции деления $U^{235}$



Эл-т	C	Fe	Sn	U
$N/Z$	1	1,2	1,4	1,6



# Изменение состава продуктов ядерной реакции



# Число нейтронов на один акт деления

 $\bar{\nu}$ 

${}_{92}\text{U}^{235}$	${}_{92}\text{U}^{233}$	${}_{94}\text{Pu}^{239}$	${}_{98}\text{Cf}^{249}$
2,46	2,59	2,9	4,5

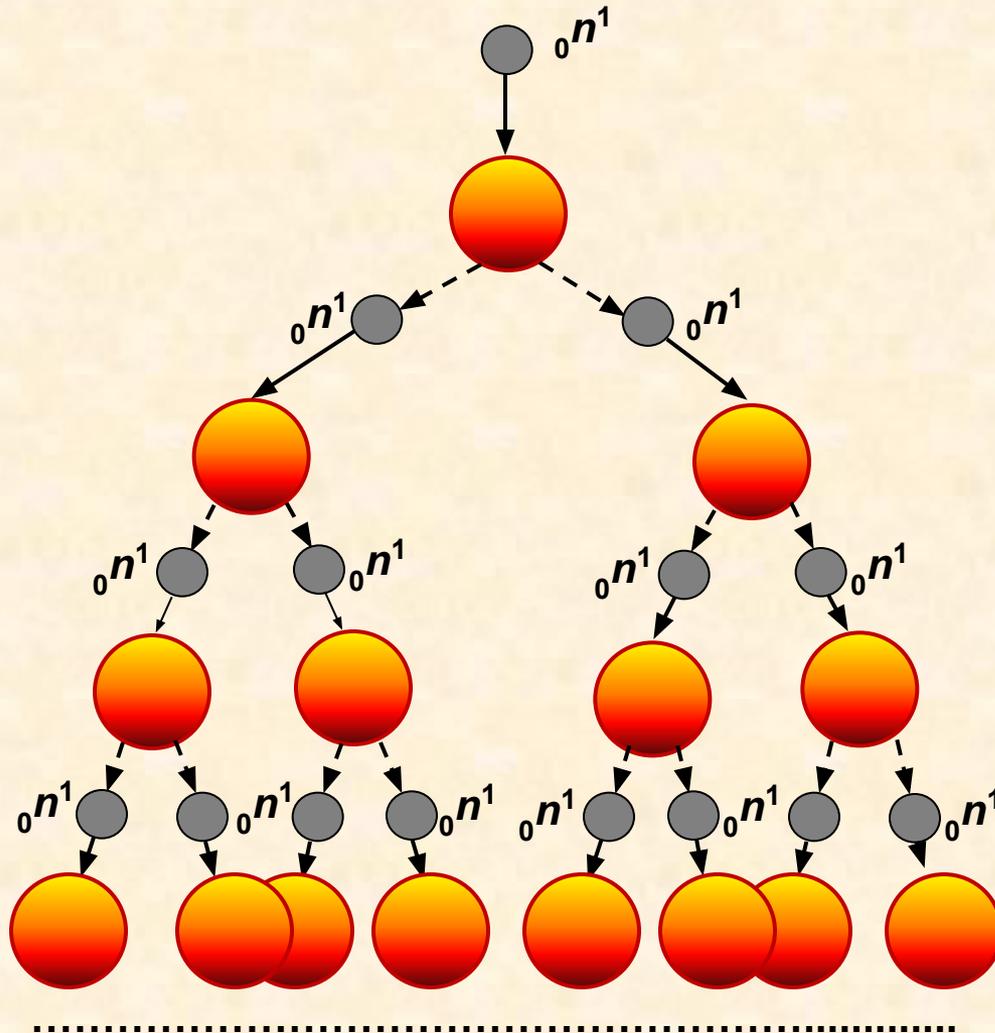


# Распределение энергии между продуктами деления

Продукты деления		E, МэВ	Доля энергии, %	ПФ ЯВ
<b>В</b> процессе деления	<u>Кинетическая энергия:</u>			
	- осколков деления	165	81	} 80% - УВ+СИ } 6% - ПР
	- нейтронов	4,9	2	
	- квантов мгновенного гамма-излучения	7,8	4	
<b>В</b> процессе распада осколков	<u>Кинетическая энергия:</u>			
	- бета-частиц	9	4	} 13% - РЗМ
	- нейтрино	10	5	
	- квантов осколочного гамма-излучения	7,2	4	
<b>Итого:</b>		<b>203,9</b>	<b>100</b>	



# Цепная реакция деления



*i-1* ПЕРВОЕ поколение нейтронов

*i*

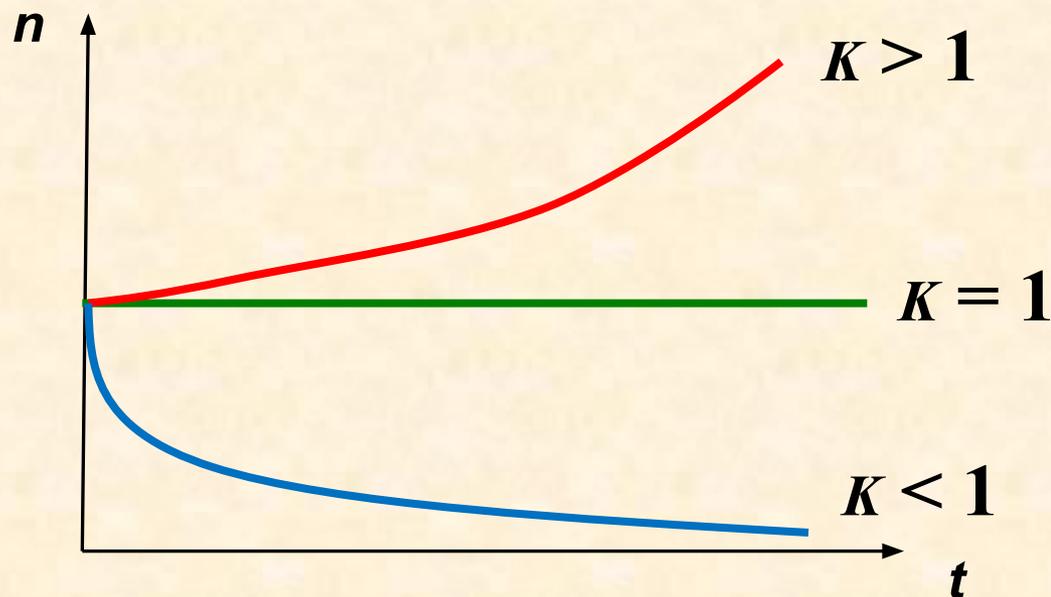
*i+1*

$$K = n_i / n_{i-1}$$

## Цепная реакция деления (ЦРД) –

самоподдерживающаяся ядерная реакция деления, идущая без внешнего воздействия

Изменение количества свободных нейтронов (коэффициента развития реакции) в зависимости от текущего времени

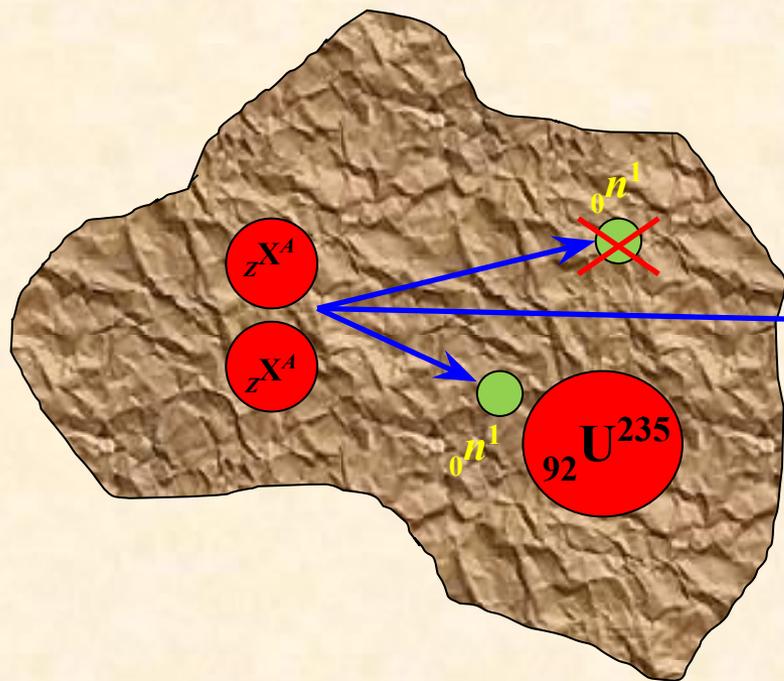


$$K = n_i / n_{i-1}$$

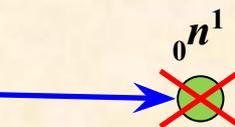
## Взрывная ЦРД –

неуправляемая цепная реакция, для которой  $K > 1$

# Потери нейтронов



Поглощение без деления  
примесями в делящемся веществе



Утечка за пределы  
делящегося вещества

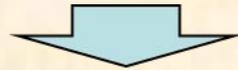
$$S_{\text{нов}} / V \rightarrow \min$$

ШАР

# Состояние критичности делящегося материала

$$S_{\text{нов}} \sim R^2$$

$$V \sim R^3$$



размножение нейтронов

=

потерям нейтронов

радиус шара, при котором реализуется критическое состояние делящегося вещества ( $K = 1$ ), называется **критическим радиусом**

масса вещества, заключенного в таком шаре, называется

**критической массой** –  $M_{\text{кр}}$

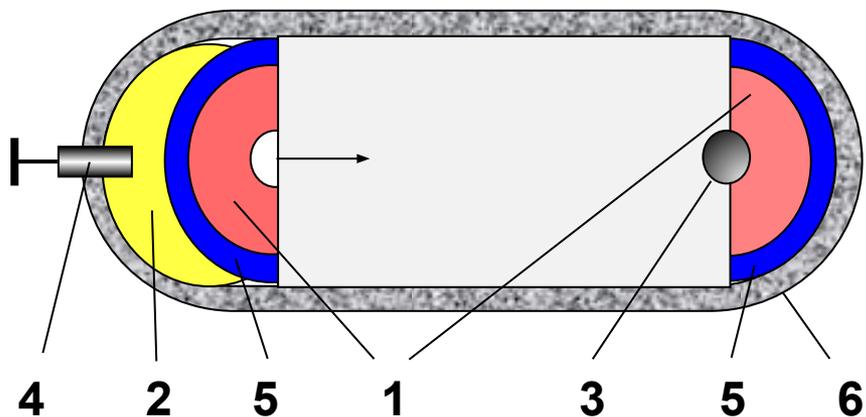
( $M_{\text{кр}}$  – это та наименьшая масса делящегося вещества, в которой возможно протекание незатухающей ЦРД)

## Критические параметры ЯВВ ( $K = 1$ )

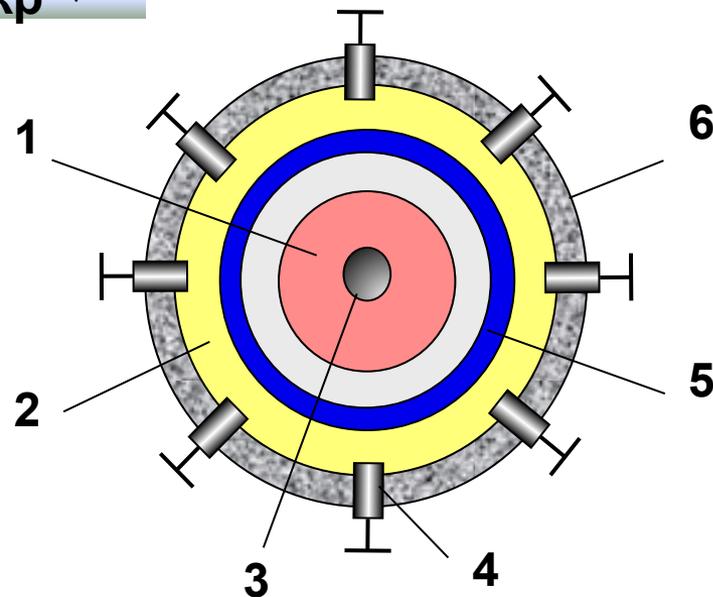
	$R_{кр}, \text{ см}$	$M_{кр}, \text{ кг}$
$\text{U}^{235}$	8,5	52
$\text{Pu}^{239}$	5,4	17
$\text{Cf}^{249}$	3,0	2,0

# Типы ядерных боеприпасов (на самостоятельную работу)

$$\uparrow M > M_{кр} \downarrow$$



*пушечного типа*

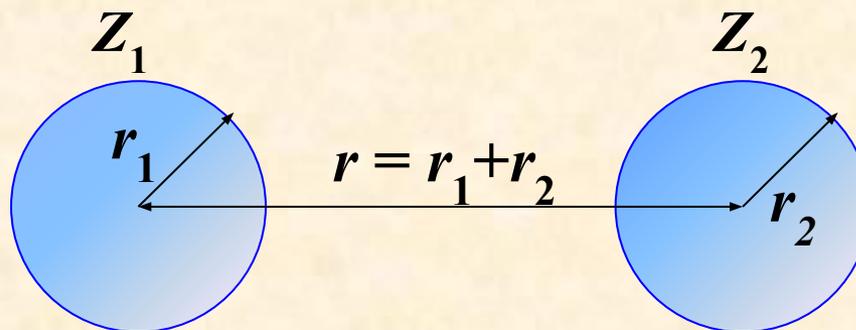


*имплозивного типа*

- 1 – ЯВВ в подкритическом состоянии;
- 2 – заряд ВВ;
- 3 – нейтронный источник;
- 4 – электродетонатор;
- 5 – отражатель нейтронов;
- 6 – корпус ЯБП

## 2.3. Реакция ядерного синтеза, условия ее протекания

# Условия протекания ТЯР



**Условие преодоления барьера:**

$$E_{\text{кин}}^* \geq U_{\text{Б}}$$

где  $U_{\text{Б}}$  – высота кулоновского барьера, МэВ;

кинетическая энергия, достаточная для совершения работы против сил электростатического отталкивания, **минимальна у легких ядер:**

*для ядер водорода*

$$E_{\text{кин}}^* = 0,5 \dots 1 \text{ МэВ}$$

*для ядер урана*

$$E_{\text{кин}}^* = 25 \text{ МэВ}$$

# Условия протекания ТЯР

$$t_{\text{ЦРД}} = 1 \text{ мкс}$$

$$t_{\text{ТЯР}} \leq t_{\text{ЦРД}} \leq 1 \text{ мкс}$$

только одна реакция может быть непосредственно инициирована атомным взрывом – это **реакция между дейтерием и тритием**:



энергетический выход реакции:

$$E_{\text{син}} = 17,6 \text{ МэВ}$$

$$E({}_0n^1) = 14 \text{ МэВ}$$

$$E({}_2\text{He}^4) = 3,6 \text{ МэВ}$$

удельное энергосодержание:

$$\delta = \frac{E}{\sum A}$$

реакция деления  $\delta = \frac{200}{(235+1)} = 0,8 \text{ МэВ/1а.м.}$

реакция синтеза  $\delta = \frac{17}{(2+3)} = 3,5 \text{ МэВ/1а.м.}$

↑  $\delta$   
в  
4,38  
раза



**данная реакция затруднительна по следующим причинам:**

1. Дейтерий и тритий газообразны
2. Тритий радиоактивен, испытывает бета-распад с периодом полураспада порядка 12 лет → невозможность создания запасов ТЯБ для длительного хранения
3. Трития в природе практически нет, его получают в ядерных реакторах (для 2 г трития необходимо 10 кг урана-235 и большое количество энергии → дороговизна)

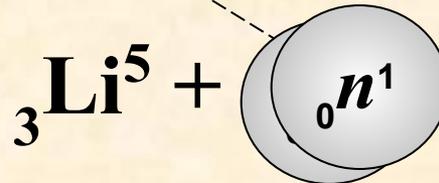
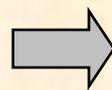
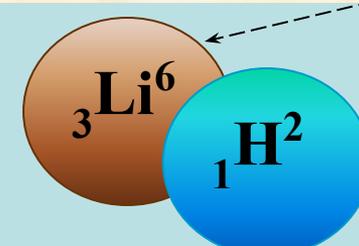
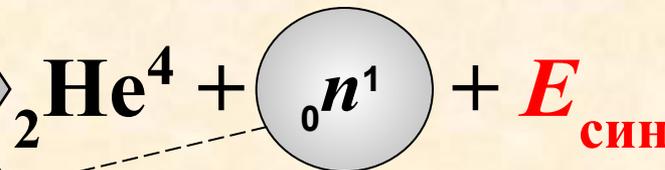
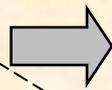
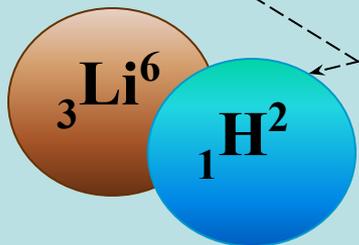
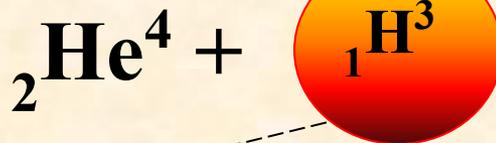
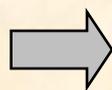
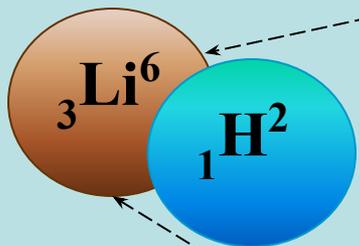
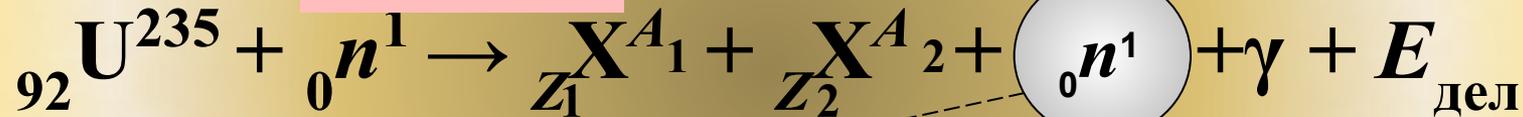
в качестве исходной смеси для реакции синтеза в ТЯБ используют заряд дейтерида лития  ${}_3\text{Li}^6{}_1\text{H}^2$

## **ВОЗМОЖНОСТЬ:**

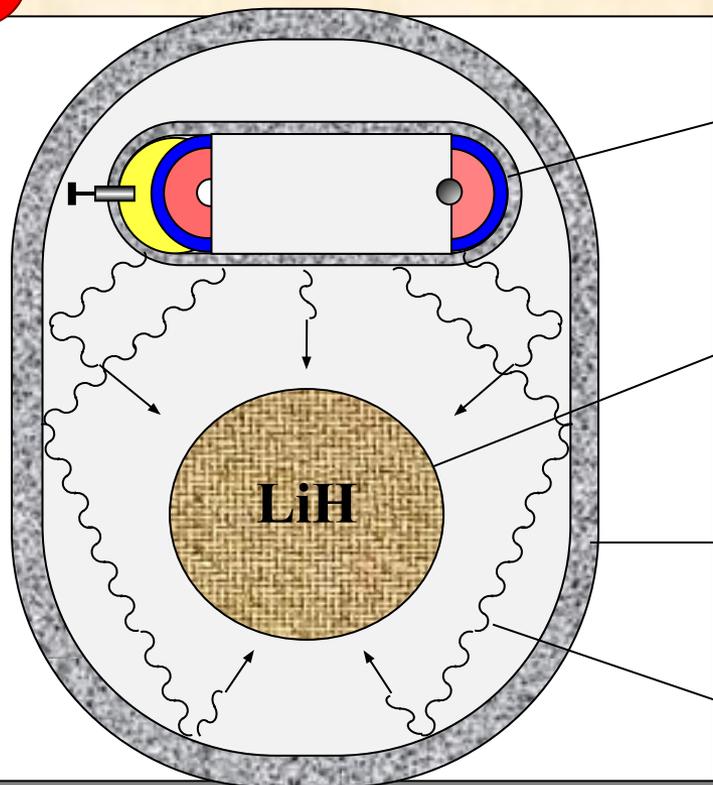
1. Производить необходимое количество трития из лития непосредственно в процессе взрыва
2. Образовать замкнутый цикл реакции

# Замкнутый цикл термоядерных зарядов

$$T = 2 \cdot 10^7 \text{K}$$



циклическое протекание реакции обеспечивает необходимое энерговыделение для самоподдержания ТЯР во всем объеме термоядерной смеси



1

1 – атомный детонатор

2

2 – термоядерный компонент

3

3 – корпус боеприпаса

4

4 – кванты рентгеновского излучения

коэффициент термоядерности:

$$\beta = (1 - q_{\text{дел}}/q)$$

Атомные боеприпасы (типа Д):  $q_{\text{дел}} = q \rightarrow \beta = 0$

Термоядерные боеприпасы (типа Д-С):  $q_{\text{син}} = q \rightarrow \beta = 0,95$

Комбинированные боеприпасы (типа Д-С-Д):  $\beta = 0,2 \dots 0,5$

### 3. Источники и виды ионизирующих излучений (ИИ)

**Ионизирующие излучения** – излучения, обладающие способностью ионизации среды, в которой они распространяются

$\alpha$  – излучение

$\beta$  – излучение

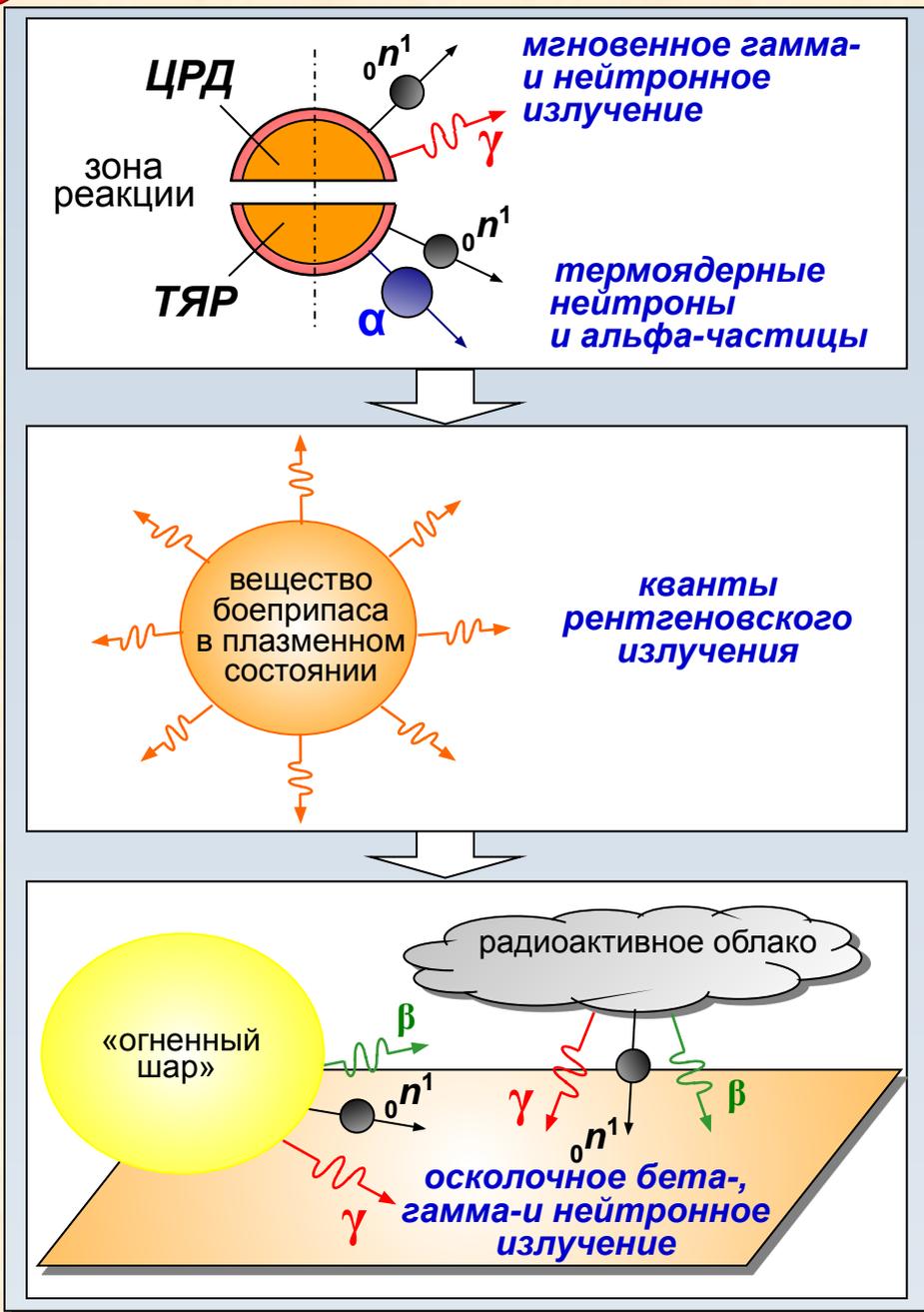
$P_1^1$  – поток протонов

$\gamma$  – излучение

$PI$  – рентгеновское излучение

$n_0^1$  – нейтронный поток

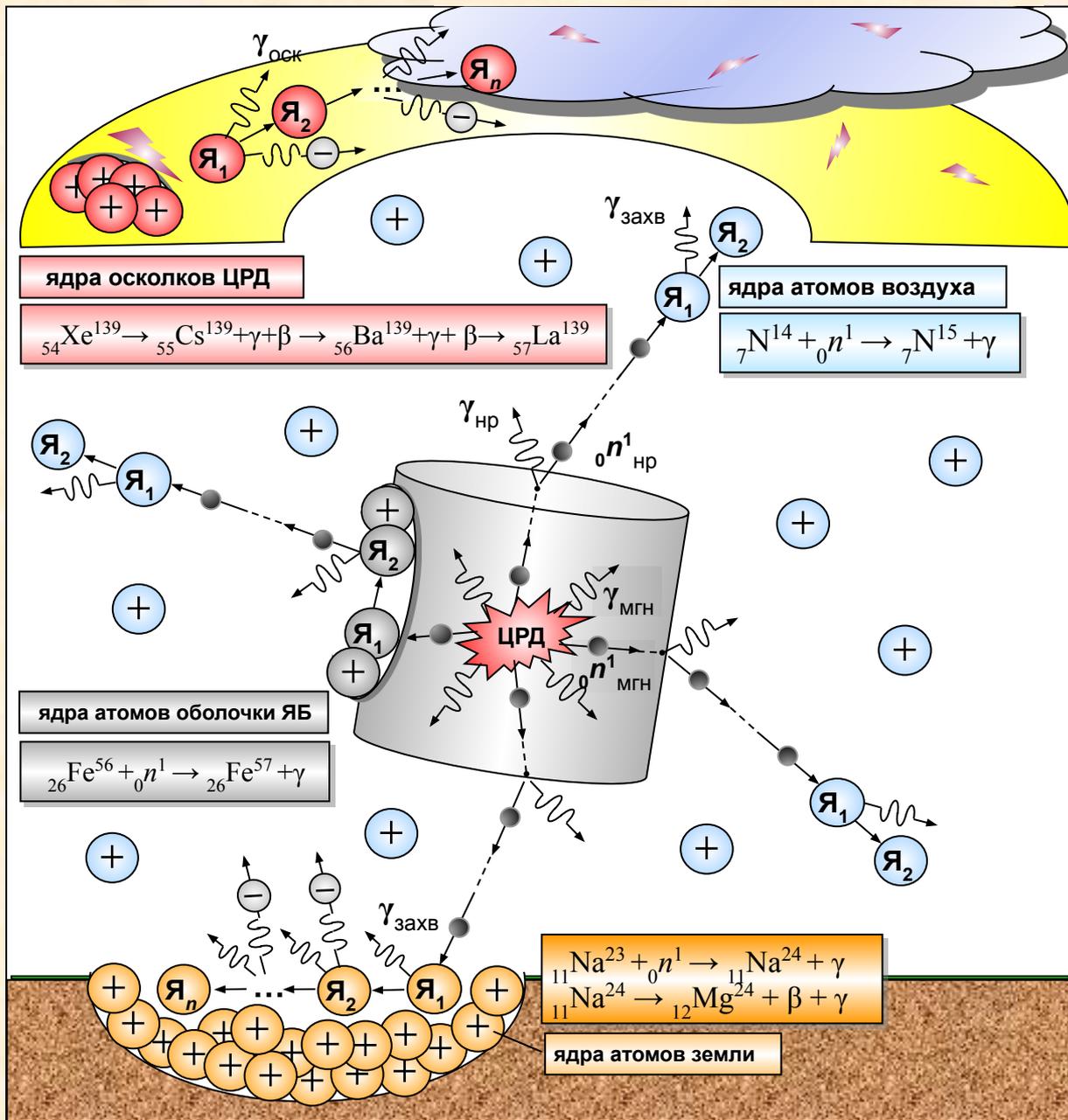
– ядра тяжелых элементов (ядра отдачи)



**реакции  
деления и синтеза**

**высокотемпературная  
плазма**

**осколки  
деления**

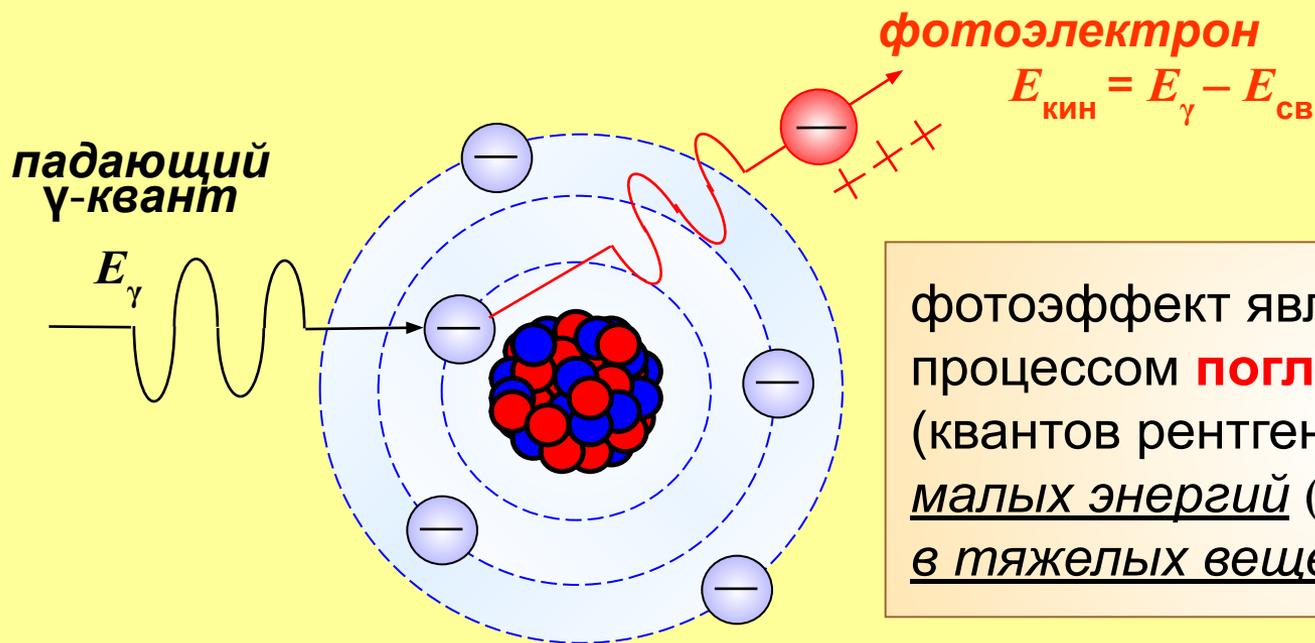


## 4. Взаимодействие излучений с веществом

### 4.1. Взаимодействие рентгеновского и гамма- излучения с веществом

## 1. Фотоэлектрическое поглощение (фотоэффект)

при фотоэффекте  $\gamma$ -квант (квант рентгеновского излучения) передает всю энергию наиболее связанному с ядром электрону атома  $\Rightarrow$   $\gamma$ -квант исчезает, а электрон выбивается из атома и ионизирует последующие атомы

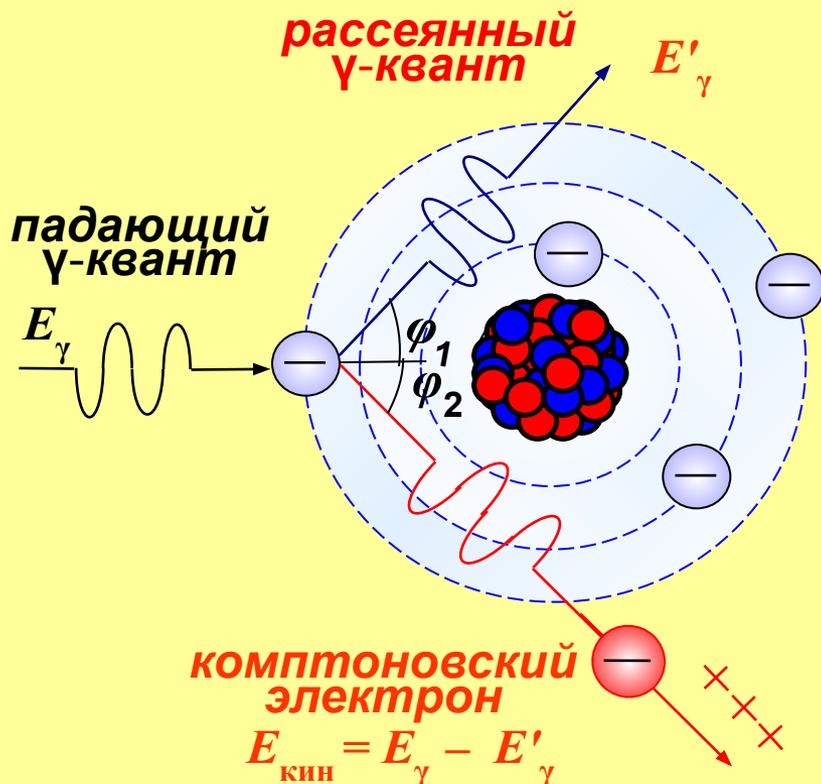


фотоэффект является основным процессом **поглощения**  $\gamma$ -квантов (квантов рентгеновского излучения) малых энергий ( $E_\gamma = 0,01 \dots 0,5$  МэВ) в тяжелых веществах ( $Z \geq 40$ )

# Взаимодействие $\gamma$ -излучения с веществом

## 2. Комptonовское рассеяние

при комptonовском рассеянии  $\gamma$ -квант (квант рентгеновского излучения) в результате упругого взаимодействия с электроном внешней оболочки атома передает ему часть своей энергии  $\Rightarrow$  электрон выбивается из атома и ионизирует последующие атомы, а  $\gamma$ -квант, потеряв часть энергии, изменяет направление своего распространения (рассеивается под углом  $\varphi_1$ )



$$\varphi_1 = 0 \dots 180^\circ$$

$$\varphi_2 = 0 \dots \pi/2$$

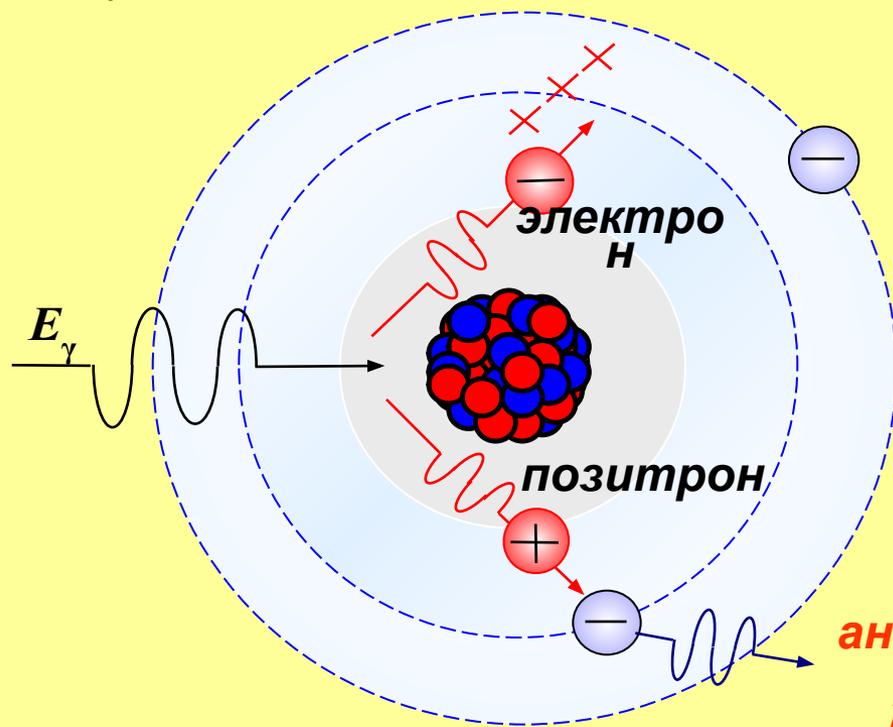
комptonовское рассеяние является основным процессом **ослабления**  $\gamma$ -квантов (квантов рентгеновского излучения) с энергиями  $E_\gamma \leq 3 \dots 5$  МэВ в тяжелых веществах ( $Z \geq 40$ )

# Взаимодействие $\gamma$ -излучения с веществом

## 3. Образование электронно-позитронных пар

образование электронно-позитронных пар происходит при взаимодействии  $\gamma$ -кванта (кванта рентгеновского излучения) с кулоновским полем ядра  $\Rightarrow$  поглощение  $\gamma$ -кванта с последующим образованием двух частиц (пары): электрона и позитрона

$$E_{\gamma} \geq 2m_0c^2 = 1,022 \text{ МэВ}$$



образование электронно-позитронных пар преобладает при энергии  $\gamma$ -квантов (квантов рентгеновского излучения)  $E_{\gamma} \geq 1 \text{ МэВ}$  в тяжелых веществах ( $Z \geq 40$ )

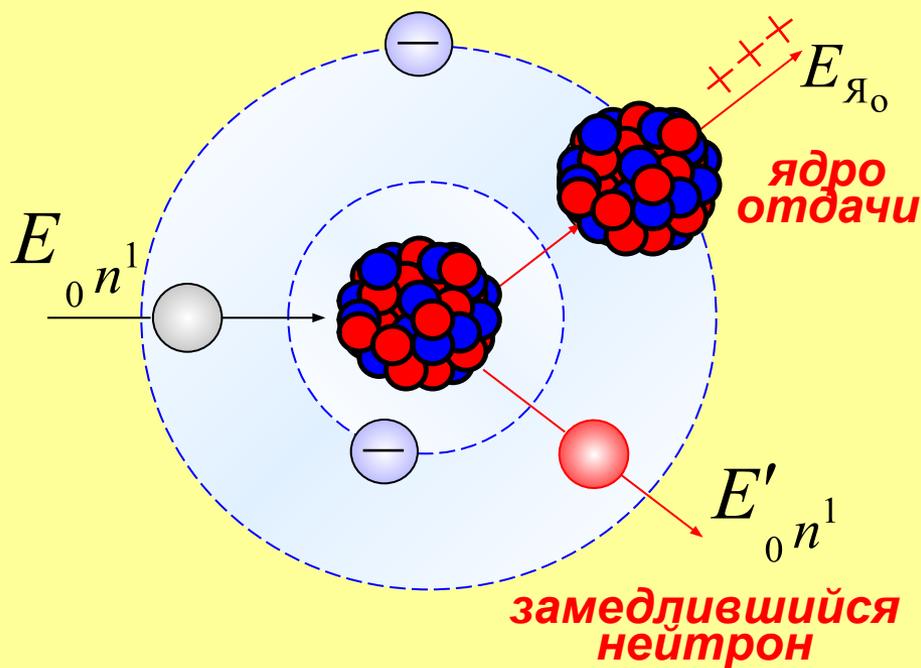
**аннигиляционный  $\gamma$ -квант**

$$E_{\gamma} = 0,511 \text{ МэВ}$$

## 4.2. Взаимодействие нейтронов с веществом

## 1. Упругое рассеяние

при упругом рассеянии нейтрон и ядро атома взаимодействуют как упругие шары, в результате чего нейтрон замедляется



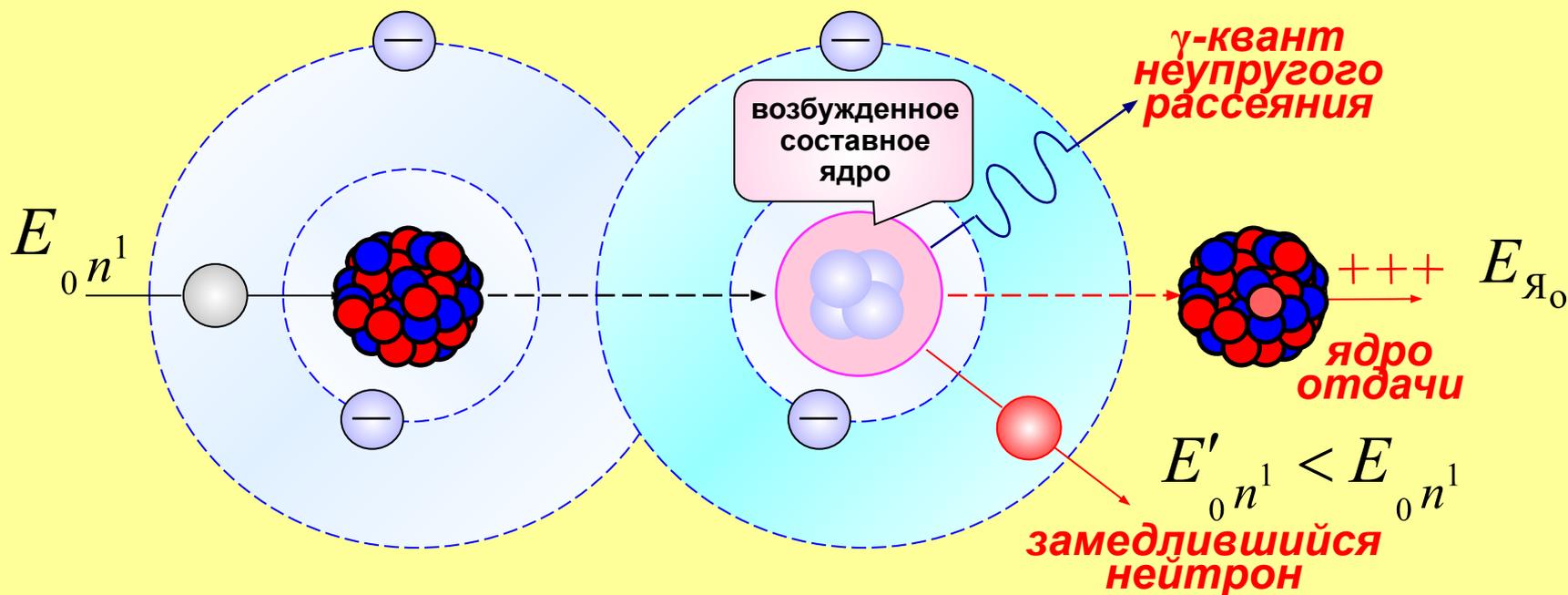
$$Z \downarrow \Rightarrow E_{Я_0} \uparrow$$

при  $m_{0n^1} = m_{Я} \Rightarrow E_{0n^1} = E_{Я_0}$

в легких веществах упругое рассеяние является основным процессом **замедления** нейтрона до **тепловых энергий** ( $E \leq 0,5$  кэВ)  $\Rightarrow$  **водородосодержащие вещества** – лучшие замедлители быстрых нейтронов

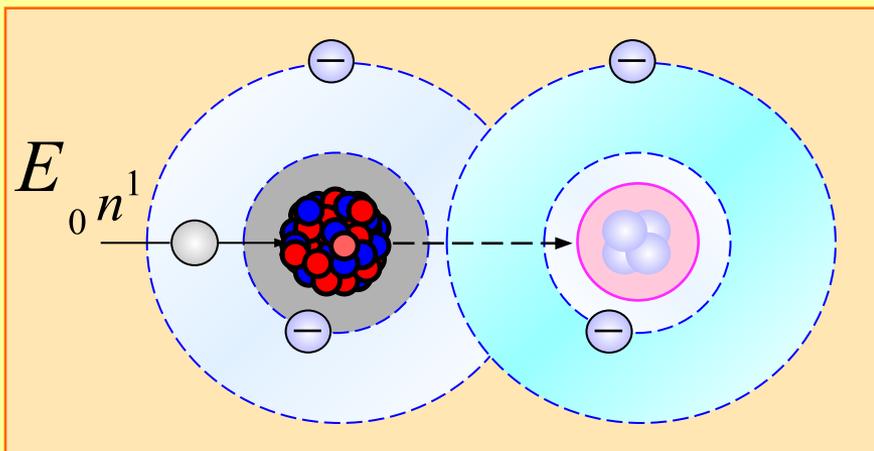
## 2. Неупругое рассеяние

в каждом акте неупругого рассеяния нейтрон проникает внутрь ядра и переводит его в возбужденное состояние. Переход ядра в основное состояние сопровождается испусканием нейтрона с меньшей, чем у первоначального, энергией и  $\gamma$ -кванта, уносящего энергию возбуждения

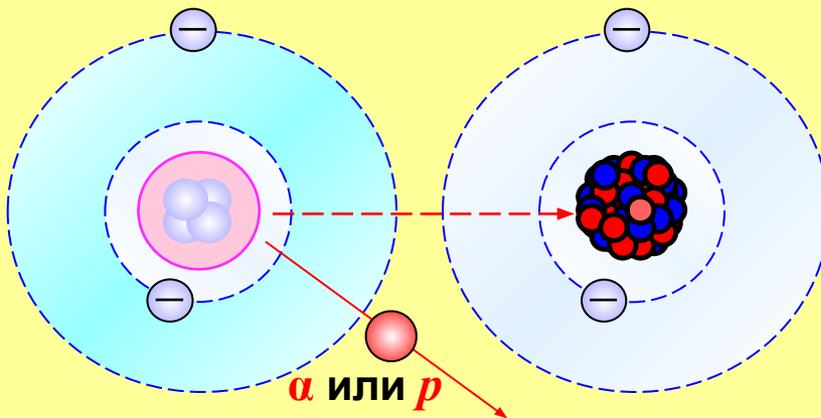


в средних и тяжелых веществах неупругое рассеяние является основным процессом **замедления** нейтрона до промежуточных энергий ( **$0,5 \text{ кэВ} \leq E \leq 0,5 \text{ МэВ}$** )

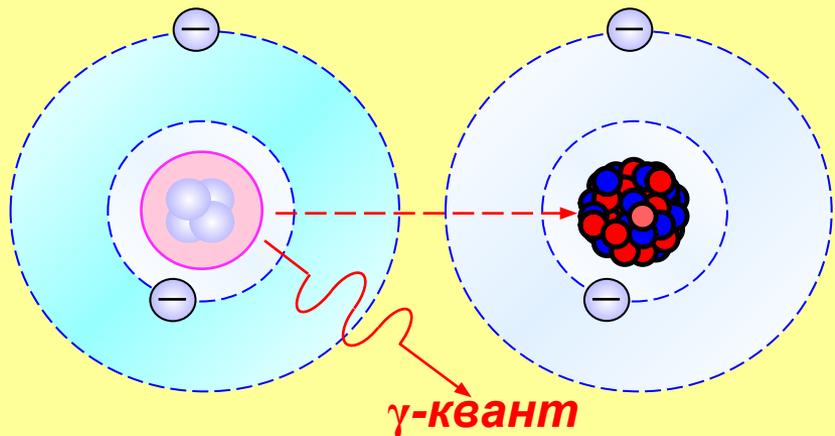
## 3. Поглощение нейтронов



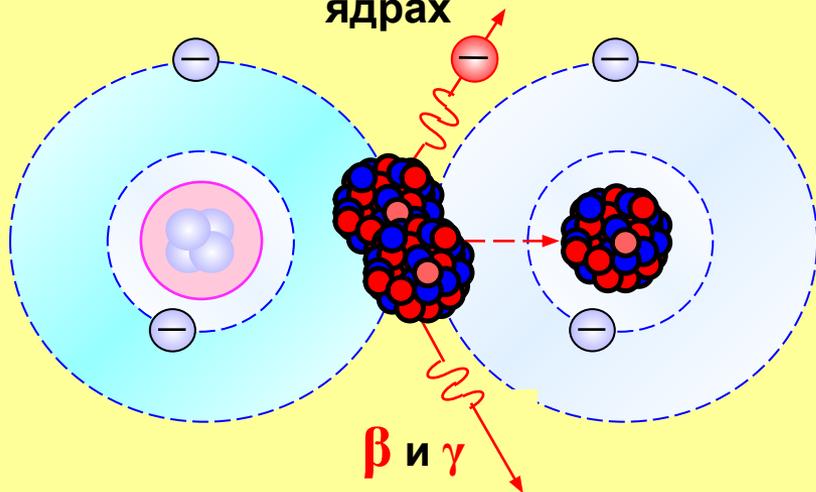
На легких ядрах



На средних и тяжелых ядрах  
(реакция радиационного захвата)



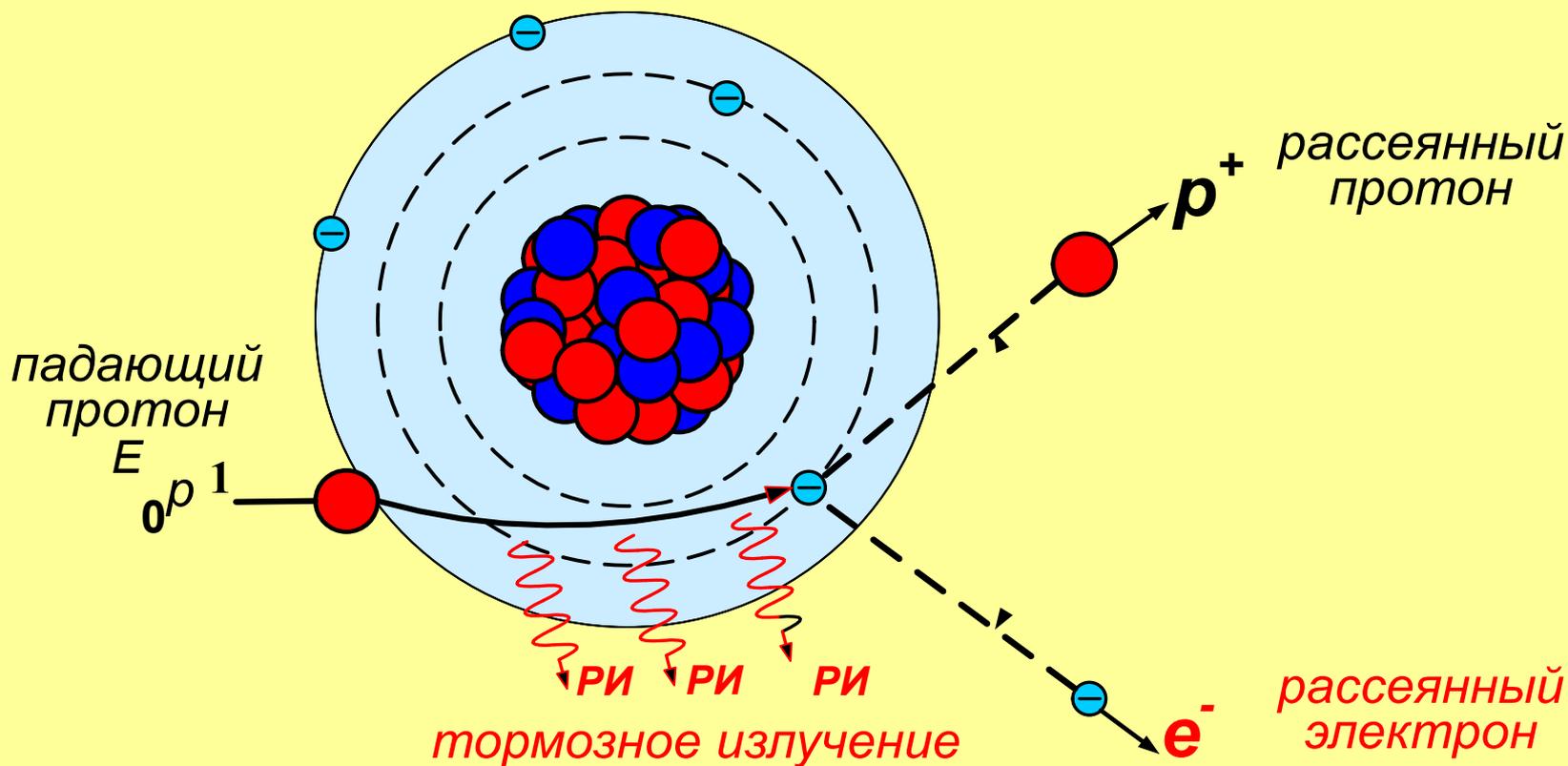
На тяжелых (реакция активации)  
и сверхтяжелых (реакция деления)  
ядрах



## 4.3. Взаимодействие заряженных частиц с веществом

# Взаимодействие заряженных частиц с веществом

основными механизмами взаимодействия заряженных частиц с веществом являются взаимодействие с электронами, приводящее к **ионизации среды**, и взаимодействие с кулоновским полем ядра, вызывающее образование **тормозного (рентгеновского) излучения**



# Взаимодействие заряженных частиц с веществом

Потери энергии происходят за счет постепенной передачи энергии путем многократных столкновений с электронами



Потеря всей энергии определяет пробег частицы в веществе:

$$R = \int_{E_{\max}} \frac{dE}{(-dE/dx)_{\Sigma}}$$



**Пробег ( $R$ )** есть толщина слоя вещества, за пределы которого не вылетает ни одна частица с энергией  $E$

Пробеги  $\alpha$ -частиц в различных веществах в зависимости от энергии  $E_\alpha$

$E_\alpha$ , МэВ	$R_\alpha$ , см		
	воздух	биоткань	алюминий
4,0	2,5	$31 \cdot 10^{-4}$	$16 \cdot 10^{-4}$
5,0	3,5	$43 \cdot 10^{-4}$	$23 \cdot 10^{-4}$
6,0	4,6	$56 \cdot 10^{-4}$	$30 \cdot 10^{-4}$
7,0	5,9	$72 \cdot 10^{-4}$	$38 \cdot 10^{-4}$
8,0	7,4	$91 \cdot 10^{-4}$	$48 \cdot 10^{-4}$
9,0	8,9	$110 \cdot 10^{-4}$	$58 \cdot 10^{-4}$
10,0	10,6	$130 \cdot 10^{-4}$	$69 \cdot 10^{-4}$

Пробеги  $\beta$ -частиц в различных веществах в зависимости от энергии  $E_\beta$

$E_\beta$ , МэВ	$R_\beta$ , см		
	воздух	биоткань	алюминий
0,5	160	0,15	0,084
1,0	292	0,335	0,2
2,0	659	0,776	0,56
5,0	1690	2,11	1,19



## 5. Основные дозиметрические единицы

Дозовые величины – энергетические величины, количественно описывающие энергию, передаваемую излучениями веществу (энергию, вызывающую те или иные поражающие радиационные эффекты)

1. Поглощенная доза –  $D$

2. Экспозиционная доза –  $X$

3. Эквивалентная доза –  $H$

Мощность дозы:

$$\dot{D}, \dot{X}, \dot{H}$$

$$\dot{D} = dD/dt$$

$$D = \int_0^{t_{\text{обл}}} \dot{D}(t) dt$$

доза

определяет конечный эффект облучения за заданное время

МОЩНОСТЬ ДОЗЫ

определяет скорость нарастания эффекта облучения

## Поглощенная доза

**Поглощенная доза** – энергия, поглощенная единицей массы облучаемого вещества:

$$D = \frac{\Delta E}{\Delta m}$$

**системная единица:**

$$1 \text{ Гр} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ кг}}$$

$$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$$

**внесистемная единица:**

$$\begin{aligned} 1 \text{ рад} &= 100 \frac{\text{эрг}}{\text{г}} = \\ &= \frac{100 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}}{10^{-3} \text{ кг}} = 10^{-2} \text{ Гр} \end{aligned}$$

## Поглощенная доза

Характеризует воздействие **любого** вида ИИ в **любой** среде  
(**кроме биоткани**)

1. Неравномерность поглощения энергии различными органами
2. При использовании калориметрических методов ничтожно малые наблюдаемые эффекты

Определение действия ИИ на **модельную среду** с последующим пересчетом на биоткань

**Требования к модельной среде:**

1. Тканеэквивалентность:

$$Z_{\text{эф}_i} = Z_{\text{эф}}^{\text{БТ}} \Rightarrow D_i = D^{\text{БТ}}$$

2. Простота измерений

$$Z_{\text{эф}}^{\text{БТ}} = Z_{\text{эф}}^{\text{H}_2\text{O}} = 7,42 \Rightarrow Z_{\text{эф}}^{\text{ВОЗД}} = 7,64 \Rightarrow \text{ионизация } \underline{\text{воздуха}} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$  **ЭКСПОЗИЦИОННАЯ ДОЗА**

## Экспозиционная доза

**Экспозиционная доза** – отношение суммарного заряда всех ионов одного знака, образованных в единице объема воздуха, к массе воздуха, заключенного в этом объеме:

$$X = \frac{\Delta Q}{\Delta m}$$

**системная единица:**

$$1 \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$$

**внесистемная единица:**

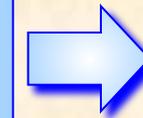
$$1 \text{ Р} = \frac{1}{3 \cdot 10^9} \frac{\text{Кл}}{1,293 \cdot 10^{-6} \text{ кг}}$$

$$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$$

для воздуха:

$$\left. \begin{aligned} D = 1 \text{ рад} &= 100 \text{ эрг/г} \\ X = 1 \text{ Р} &= 87,7 \text{ эрг/г} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow X = 0,877 D \Rightarrow 1 \text{ Р} = 0,877 \text{ рад}$$



Поглощенная и экспозиционная дозы в воздухе для гамма- и рентгеновского излучения примерно равны

для биоткани:

$$X = 0,95 D$$



Измеряя в воздухе экспозиционную дозу, можно утверждать, что такая же по величине поглощенная доза будет в биоткани

**Эквивалентная доза** – произведение поглощенной дозы в биоткани на коэффициент относительной биологической эффективности (ОБЭ):

$$H = D \cdot \text{ОБЭ}$$

$$\text{ОБЭ} = \frac{D^{\text{э}}}{D^i}$$

$$D^{\text{э}} = D^{\gamma} \Rightarrow \text{ОБЭ}_{\gamma} = 1$$

$$H = \sum_i D_i \cdot \text{ОБЭ}_i$$

Вид излучения	ОБЭ
Рентгеновское и гамма-излучение	1
Бета-излучение	2
Альфа-излучение	10
Тепловые нейтроны	3
Промежуточные нейтроны	6
Быстрые нейтроны	10

**системная единица:**

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Дж} / 1 \text{ кг}$$

**внесистемная единица:**

$$1 \text{ бэр} = 10^{-2} \text{ Зв}$$

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$$

1. **Поглощенная доза  $D$**  – есть мера воздействия (радиационный эффект) от любого вида ИИ на все физические и химические тела, кроме живых организмов

2. **Экспозиционная доза  $X$**  – есть мера воздействия на биоткань гамма- и рентгеновского излучения, определяемая через измерения в воздухе, при этом

$$D = D_{\Pi}^{\gamma}$$

3. **Эквивалентная доза  $H$**  – есть мера воздействия на биоткань потока ИИ произвольного состава. Для гамма- и рентгеновского излучения  $H = D = X$

## 6. Коэффициент ослабления ИИ

Наиболее распространенным видом защиты от ИИ является **экранирование**

**Экранирование** – использование **экранов**, изготовленных из материалов, хорошо поглощающих излучение

Эффективность экранов характеризуется **коэффициентом (кратностью) ослабления**

Качество материала экрана характеризуется **толщиной слоя половинного ослабления**

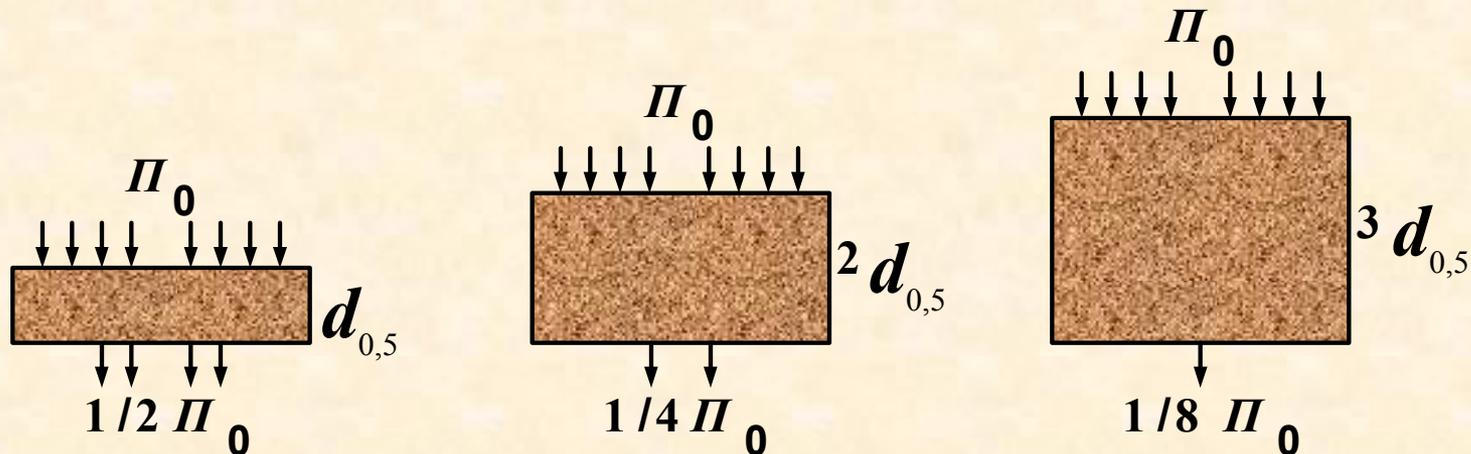
**Кратность ослабления** ( $K_{\text{осл}}$ ) – показывает во сколько раз данный вид защиты ослабляет воздействие ИИ:

$$K_{\text{осл}} = \Pi_0 / \Pi_{\text{защ}},$$

где  $\Pi_0$  – параметр воздействия ИИ до защиты

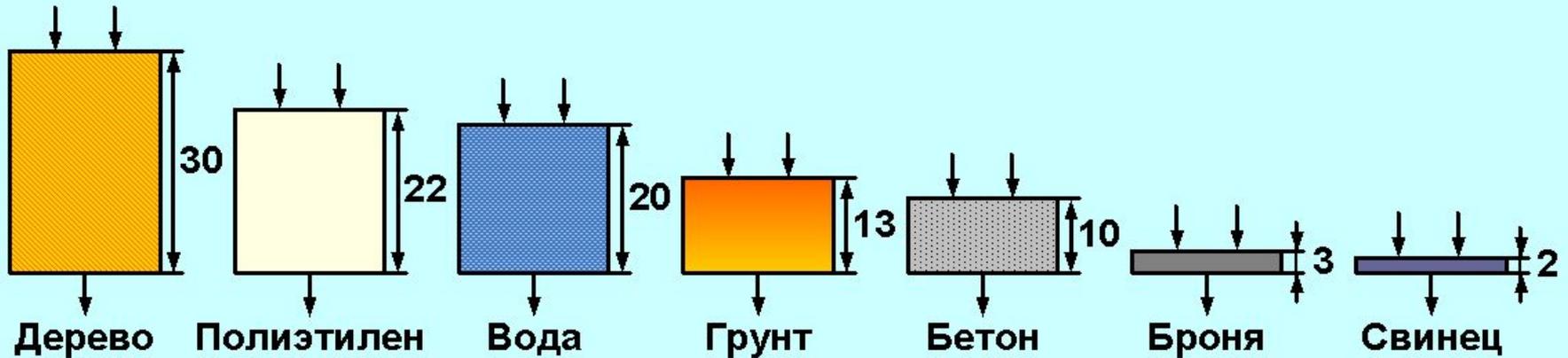
$\Pi_{\text{защ}}$  – то же при наличии экрана

**Слой половинного ослабления** ( $d_{0,5}$ ) – толщина слоя экрана, ослабляющая параметры воздействующего излучения в два раза

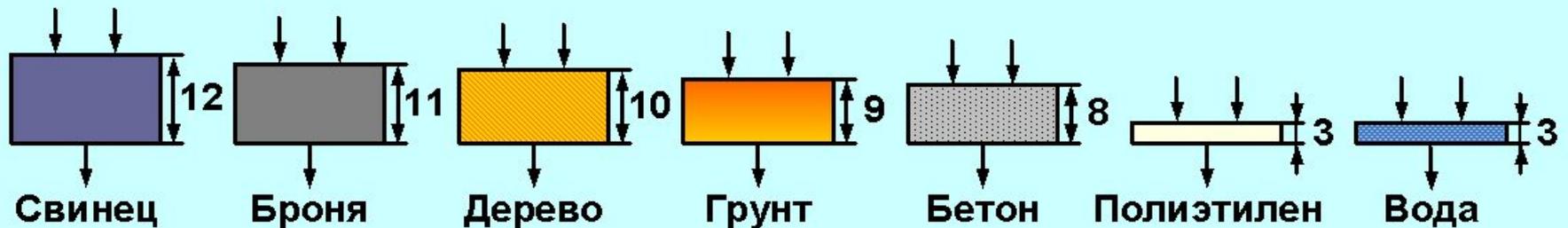


# Толщина слоев половинного ослабления

по гамма-излучению



по нейтронному излучению



# Тема: Общие свойства ионизирующих излучений ядерного взрыва

**Цель:** изучить процессы, протекающие в ЯБ и ТЯБ, источники и виды ИИ, особенности процессов взаимодействия ИИ с веществом; дозовые величины, а также параметры, определяющие ослабление характеристик ИИ при прохождении ими через слой вещества

## Учебные вопросы:

1. Введение в дисциплину
2. Физико-технические основы ядерного оружия
3. Источники и виды ионизирующих излучений (ИИ)
4. Взаимодействие излучений с веществом
  - 4.1. Взаимодействие рентгеновского и гамма-излучения с веществом
  - 4.2. Взаимодействие нейтронов с веществом
  - 4.3. Взаимодействие заряженных частиц с веществом
5. Основные дозиметрические единицы
6. Коэффициент ослабления ИИ

## Литература:

- О:** Радиационная, химическая и биологическая защита: электронный учебник / под общ. ред. И. А.Кириллова. – Кострома: ВА РХБЗ имени Маршала Советского Союза С.К.Тимошенко, 2016. – п. 1.2.1, 1.4.1-1.4.6
- Д:** Радиационная, химическая и биологическая защита: учебник. – ВКА, 2010. – С. 41-48, 53-54, 104-105