

## «Основы производства радиоактивных изотопов»

# Лекция 4. Основы ядерных реакций.

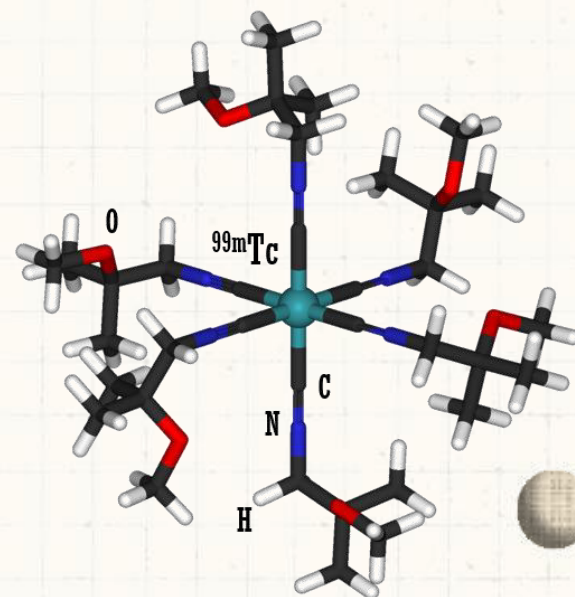
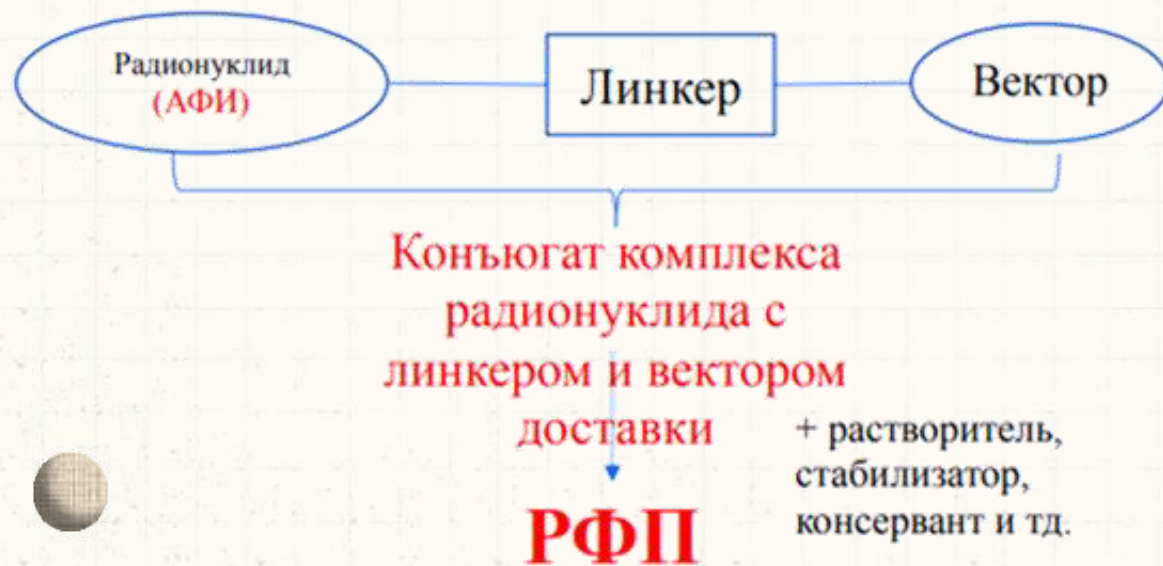
*и.о. доцента кафедры  
теоретической и ядерной физики  
PhD Зарипова Ю.А.*

**Ядерная медицина** – направление современной медицины, использующее радиоактивные вещества – радиофармпрепараты (РФП) и радионуклиды (РН) для диагностики и терапии в различных областях научной и практической медицины.



## Радиофармацевтический препарат (РФП) (Radiopharmaceutical)

– лекарственный препарат, который в готовой для использования лекарственной форме содержит один или несколько радионуклидов (радиоактивных изотопов), имеющих качественные характеристики, пригодные для диагностического и/или терапевтического применения. К РФП относят препараты, зарегистрированные в реестре ЛС и удовлетворяющие требованиям фармакопейной статьи или, в случае ее отсутствия, требованиям нормативной документации.



# Радионуклиды для ядерной медицины

## Тип излучения:

Альфа-частицы  
Бета-частицы  
Гамма-кванты  
Рентген  
Нейтроны

## Химический тип:

Синтез, реакции,  
встраиваемость в  
молекулу,  
токсичность

## Биологические свойства:

Участие в обменных процессах  
органов и тканей

## Производство:

Ядерно-физические методы  
Радиохимия  
Химия

## Стоимость

Радионуклидов > 50



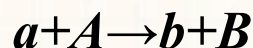
В медицинской физике ядерные реакции лежат в основе:

- производства радионуклидов для ПЭТ и ОФЭКТ-диагностики;
- создания терапевтических изотопов (например,  $^{177}\text{Lu}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{90}\text{Y}$ );
- контроля дозы и радиационной безопасности в ядерной медицине.

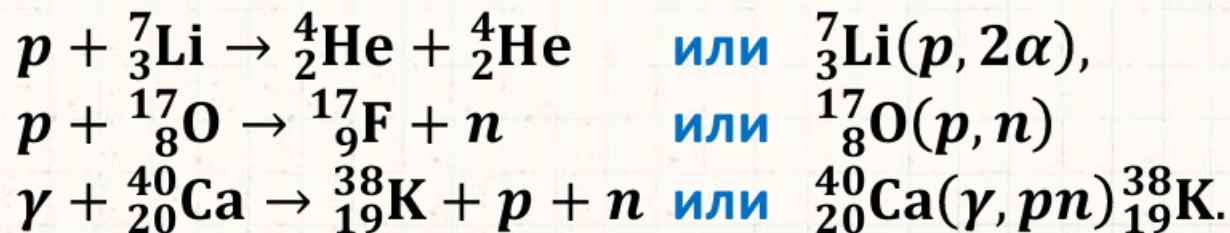
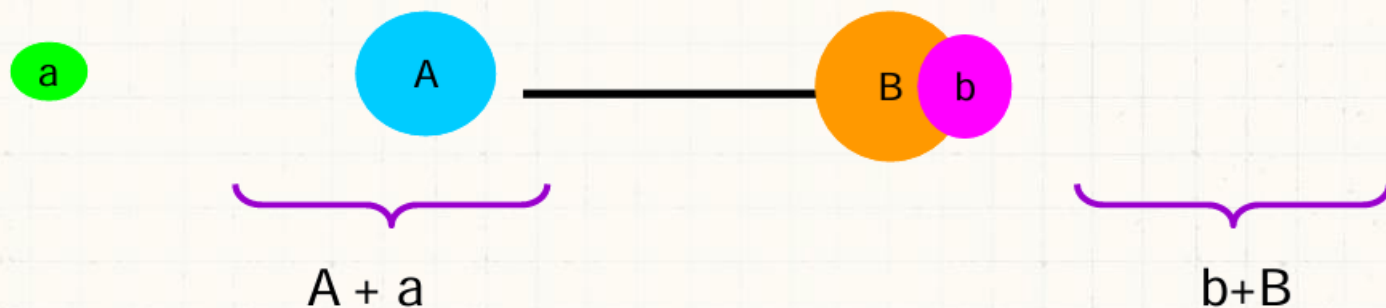
Понимание механизмов ядерных реакций позволяет медицинскому физику:

- выбирать оптимальный способ получения нужного изотопа;
- рассчитывать активность и время облучения мишени;
- оценивать изотопные примеси и радиационные потоки;
- обеспечивать качество и безопасность радиофармпрепаратов.

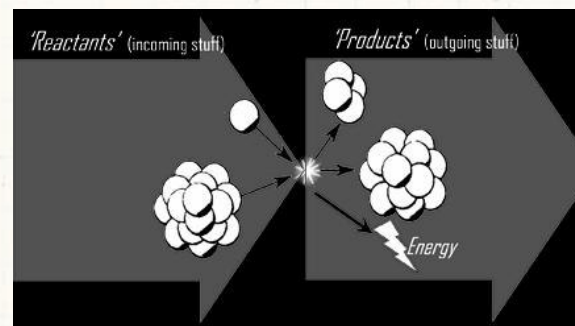
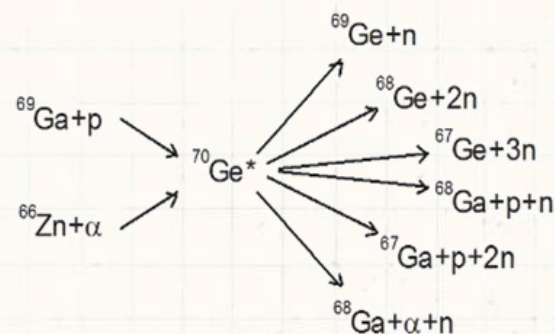
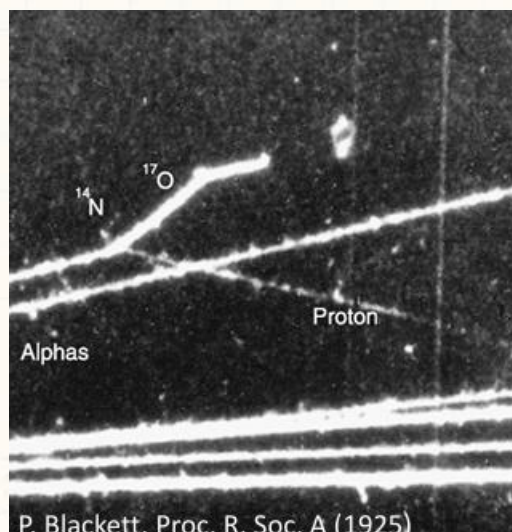
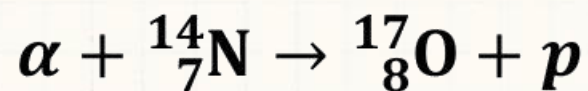
Ядерная реакция – это процесс, при котором атомное ядро взаимодействует с другим ядром или элементарной частицей, приводя к изменению состава, энергии или состояния исходного ядра.



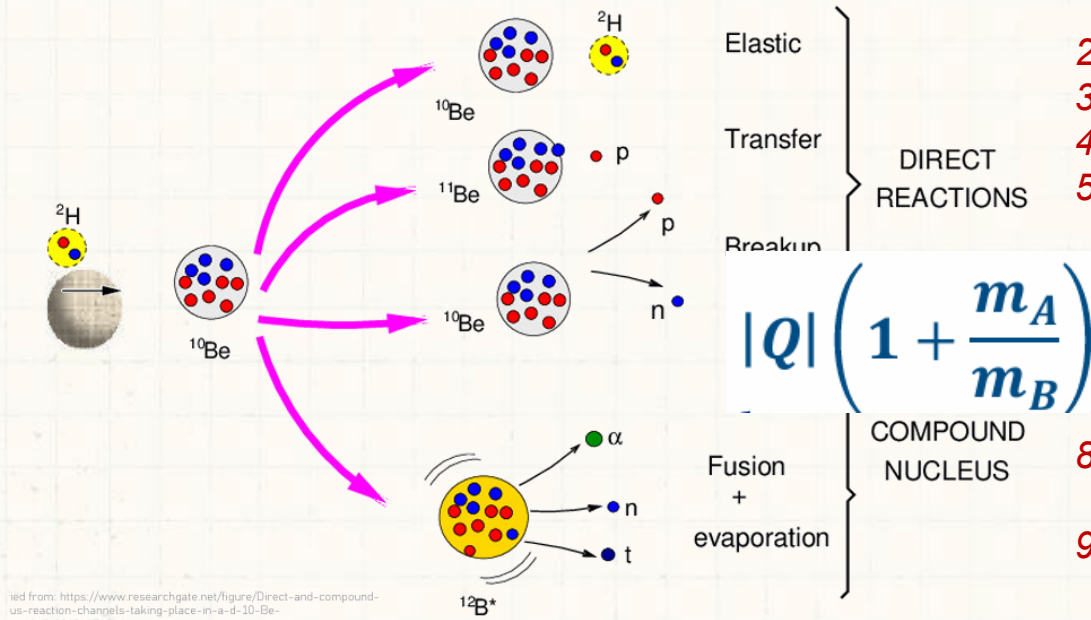
где  $a$  – налетающая частица (нейтрон, протон,  $\alpha$ -частица,  $\gamma$ -квант и др.);  $A$  – исходное (мишенное) ядро;  $B$  – продукт реакции (новое ядро);  $b$  – вылетающая частица.



Первая ядерная реакция  
осуществлена  
Э. Резерфордом  
в 1919 г.:



# Законы сохранения в ядерных реакциях



1. Закон сохранения электрического заряда.
2. Закон сохранения числа барионов.
3. Закон сохранения энергии.
4. Закон сохранения импульса.
5. Закон сохранения лептонного заряда.
6. Закон сохранения полного момента количества движения.
7. Закон сохранения четности в сильных взаимодействиях.
8. Закон сохранения изотопического спина.
9. Закон сохранения квантовых чисел.
10. Закон сохранения зарядового сопряжения (C-инвариантность).

Энергия реакции:

$$Q = (m_A + m_B)c^2 - (m_C + m_D + \dots)c^2$$

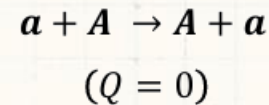
Порог реакции – минимальная величина, при которой эндотермическая реакция

возможна

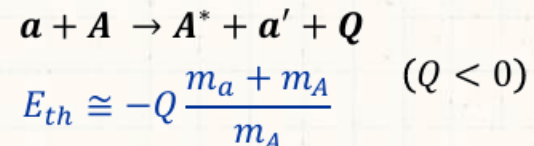
$$E_{tr} = -Q \frac{M_1 + M_2}{M_2} \approx |Q| \left( 1 + \frac{m_A}{m_B} \right)$$

# Виды ядерных реакций

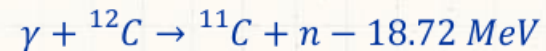
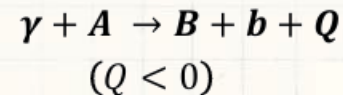
## 1. Реакция упругого рассеяния



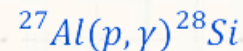
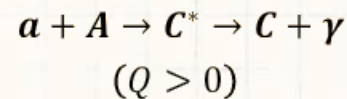
## 2. Неупругое рассеяния



## 3. Фотоядерная реакция

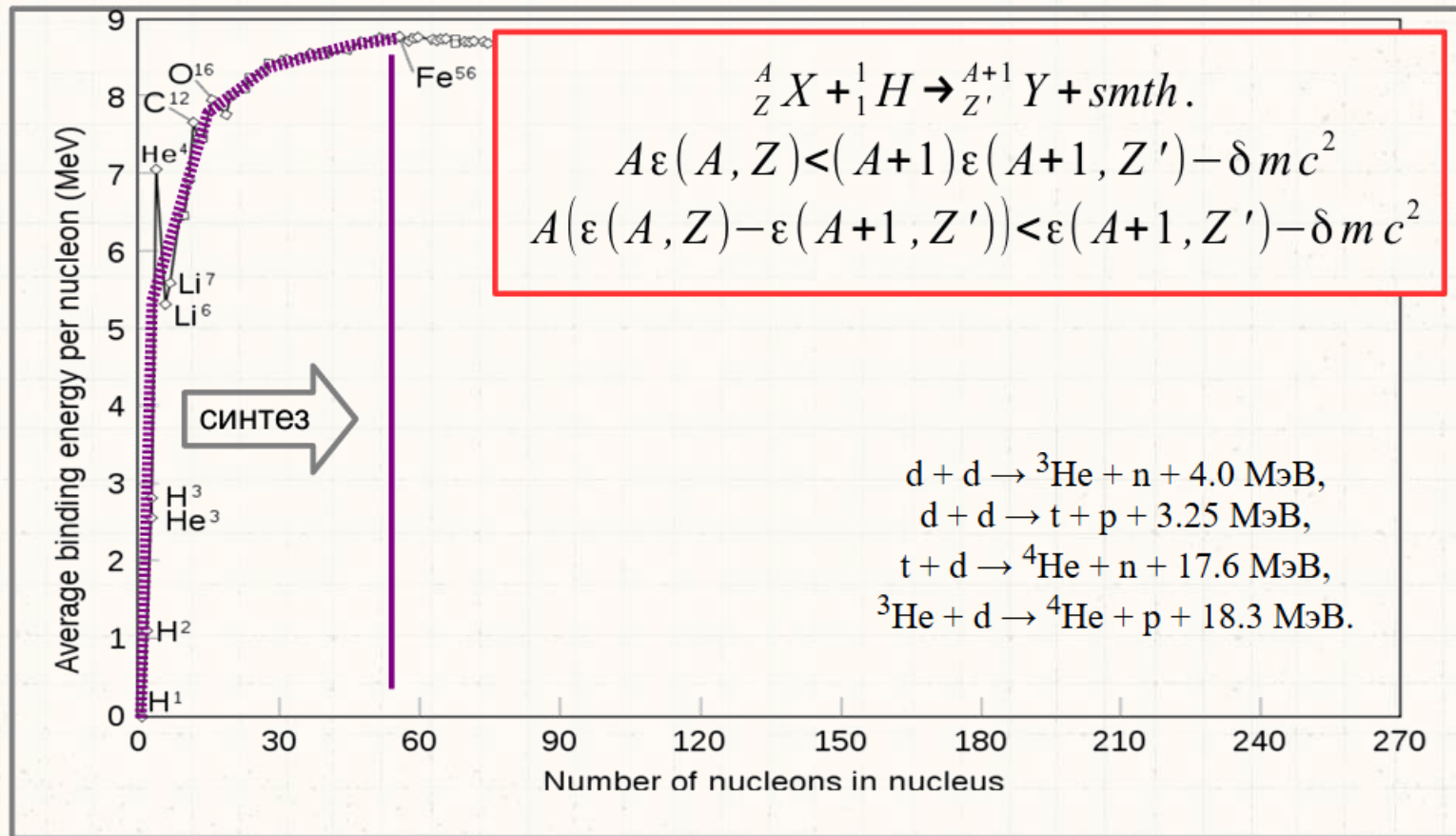


## 4. Реакция радиационного захвата



# Реакция синтеза

Реакции синтеза – реакции слияния лёгких ядер.



## Ядерная реакция деления

Делением атомных ядер называют их распад на два осколка сравнимой массы. Деление может быть самопроизвольным (спонтанным) или вынужденным, вызванным взаимодействием с налетающей частицей.

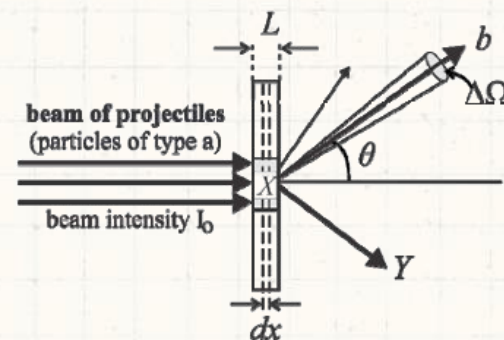


При делении **1-го** тяжёлого ядра выделяется энергия  
 $\approx 200 \cdot 1 \text{ МэВ} = 200 \text{ МэВ}$

**1 г** ядерного топлива  $\approx 20$  тонн тринитротолуола



# Сечение ядерной реакции



реакций в  
секунду,  
 $dN/dt$

ПОТОК ЧАСТИЦ  $j$ ,  
 $1/(\text{см}^2 \text{ с})$

$$\sigma = \frac{A N_b}{N_a N_A \rho L} = \frac{A N_b}{N_A N_a \xi}$$

$A$  := target's atomic weight (g/mol)

$N_A$  := Avogadro's number (at/mol)

$\xi$  := target radial density (g/cm<sup>2</sup>)

$N_a$  := number of projectiles  $a$

$N_b$  := number of ejectiles  $b$

$$\frac{dN}{dt} = j(nS dx) \sigma$$

$$N_{\text{реакций}} = \frac{N_A \times N_B}{S_{\text{пучка}}} \sigma$$

$$1 \text{ barn} = 1 b = 10^{-24} \text{ cm}^2 = 100 \text{ fm}^2$$

**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ!**

