

# ОТКРЫТИЕ НЕЙТРОНА

К уроку 11 класса

- ▣ В 1919 году Резерфорд впервые осуществил искусственное расщепление ядра азота. Вслед за этим началось интенсивное изучение искусственных ядерных превращений.
- ▣ в 1930 году Боте и Беккер заметили, что эти элементы, а также и некоторые другие под влиянием бомбардировки испускают очень слабо поглощаемое свинцом излучение, которое действует на счетчик Гейгера-Мюллера.

- Ирен и Фредерик Кюри-Жолио при помощи ионизационной камеры установили, что обнаруженное излучение выбивает из парафина протоны, пробег которых в воздухе достигает 26 см, что соответствует энергии 4.3 МэВ. Образование протонов отдачи было доказано непосредственно путем их треков в камере Вильсона. Кюри и Жолио заключили, что если наблюдаемые ими протоны отдачи образуются благодаря рассеянию на протонах  $\gamma$ -квантов, то энергия этих квантов должна быть приблизительно равна 50 МэВ.

# Открытие нейтрона.

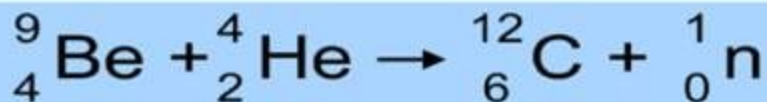
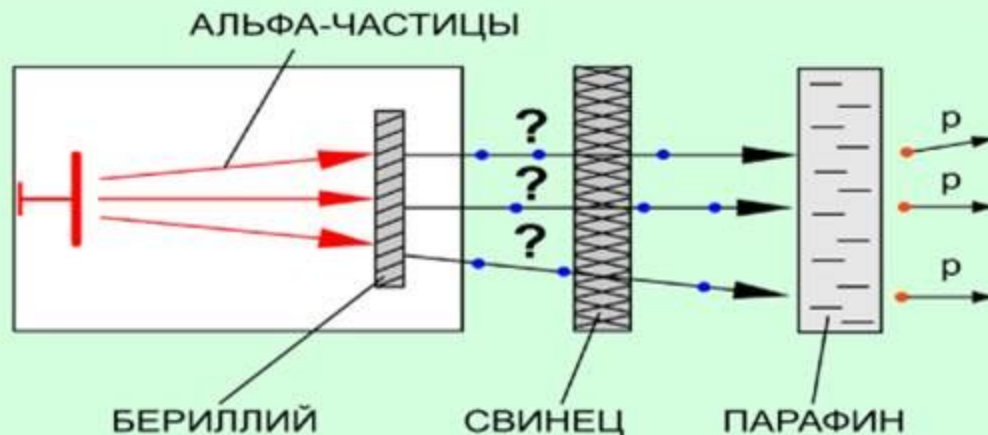
- При бомбардировке бериллия  $\alpha$ -частицами обнаруживалось какое-то сильно проникающее излучение, способное преодолеть такую преграду, как свинцовая пластина в 10-20 см толщиной.
- Ирен Жолио-Кюри и Фредерик Жолио-Кюри предложили, что излучение бериллия выбивает из парафиновой пластины протоны.



Ирен  
Жолио-Кюри  
(1897-1956)



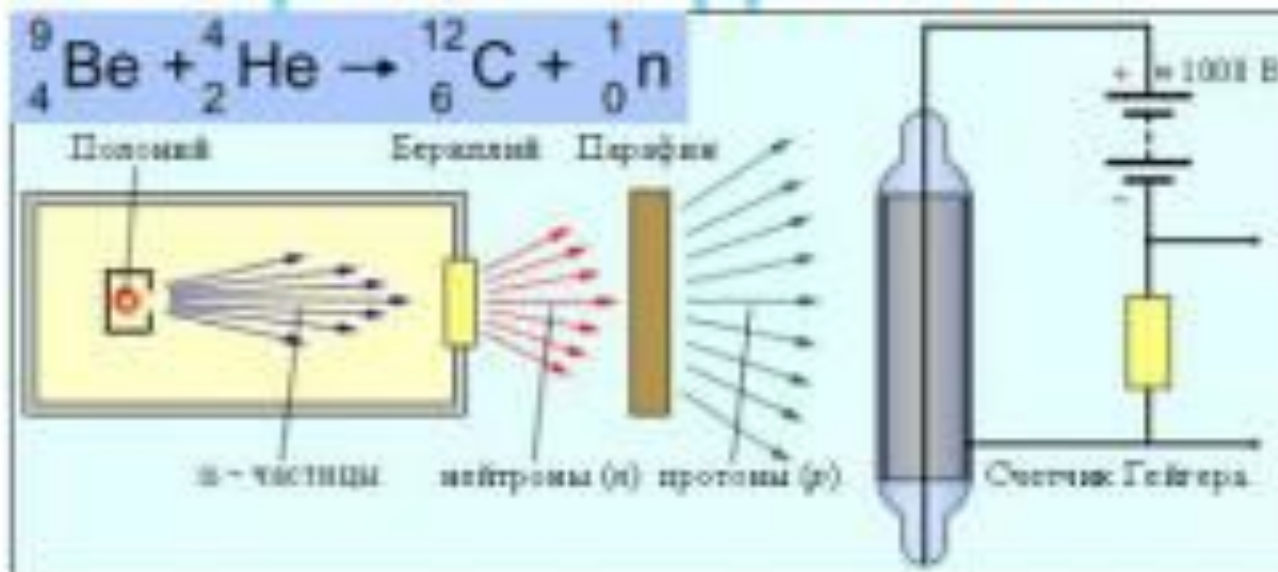
Фредерик  
Жолио-Кюри  
(1900-1958)



- Они с помощью камеры Вильсона обнаружили эти протоны и по длине пробега оценили их энергию.
- Если протоны ускорились в результате столкновения с  $\gamma$ -квантами, то их энергия должна быть около 55 МэВ.

- Чадвик при помощи импульсной ионизационной камеры с линейным усилителем и осциллографом установил, что излучение возникающее при бомбардировке бериллия , создает не только протоны, но и другие ядра отдачи, ядра лития, бериллия, бора, углерода и азота. Энергию этих ядер отдачи можно будет определить или по величине импульса в ионизационной камере, или по пробегу. Сделав и те, и другие измерения, Чадвик установил, что ядра отдачи азота имеют энергию 1.2 МэВ. Чадвик установил, что излучение состоит не из  $\gamma$ -квантов, а из частиц с конечной массой покоя. Эта гипотеза прекрасно согласовывалась со всеми результатами опытов, так как обнаруженные частицы обладали сильной проникающей способностью и не создавали непосредственной ионизации в камере Вильсона, их заряд должен быть очень мал или равен нулю, поэтому они были названы нейтронами.

# Схема открытия нейтрона Чедвиком.



- Дж. Чедвик наблюдал в камере Вильсона треки ядер азота, испытавших столкновение с бериллиевым излучением.
- По его оценке, энергия  $\gamma$ -квантов должна была составлять 90 МэВ. Наблюдение ядер отдачи аргона привели к цифре – 150 МэВ.



- 1) Предположение об излучении бериллием  $\gamma$ -квантов, т. е. частиц, лишенных массы покоя, несостоятельно. Из бериллия под действием  $\alpha$ -частиц вылетают какие-то достаточно тяжелые частицы, так как только при столкновениях с тяжелыми частицами протоны или ядра азота и аргона могли получить ту энергию, которая наблюдалась.
- 2) Так как частицы обладали большой проникающей способностью и непосредственно не ионизовали газ, то они были **электрически нейтральными.**

**Новая частица была названа нейтроном.**



Джон Чедвик  
(1920-1998)

- ▣ Прямые измерения заряда нейтрона по отклонению пучка тепловых нейтронов в электростатическом поле были проведены Шапиро и Эстулиным в 1955 году. Оказалось, что заряд нейтрона:  $q < 6 \cdot 10^{-12}e$  ( $e$  - заряд электрона). Повторение таких измерений в лучших условиях коллимации пучка путем отражения от зеркал дало результат :  $q = (-1,9 \pm 3,7) \cdot 10^{-18}e$ , т.е. заряд у нейтрона не обнаружен.
- ▣ Из результатов измерений Чадвика можно было определить и массу нейтрона. Чадвик получил:  $m = 1.15$  а.е.м. и сделал вывод, что масса нейтрона практически совпадает с массой протона



- ▣ В 1967 году Христенсен и другие провели новые измерения периода полураспада нейтрона, и он был таким:

$$T^{1/2} = 650 \pm 10 \text{ (сек)}$$

- ▣ Среднее время жизни  $\tau$  связано с периодом полураспада соотношением:

$$T^{1/2} = \tau \ln 2 = 0.69 \tau$$

И таким образом  
(сек)

$$\tau = 940 \pm 15$$

Для приближенных оценок  $\tau \approx 10^3$

- ▣ Для измерения магнитного момента нейтрона достаточно сравнить частоты и магнитные поля. Значение магнитного момента оказалось равным

$$M = -1.935 \pm 0.030$$

ядерного магнетона.

Из закона сохранения энергии и импульса к соударениям нейтронов с атомными ядрами:

$$v_{я} = \frac{2m_n}{m_n + M_{я}} v_n;$$

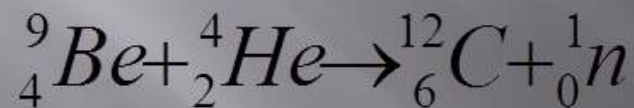
где  $m_n$  - масса нейтрона;  
 $v_n$  - скорость нейтрона до соударения;  
 $M_{я}$  - масса ядра отдачи.

Отношение скоростей ядер отдачи азота и водорода:

$$\frac{v_N}{v_H} = \frac{m_n + M_H}{m_n + M_N}$$

где  $M_H$  и  $M_N$  - массы ядер водорода и азота.

При попадании  $\alpha$ -частиц в ядра бериллия происходит следующая реакция:



${}^1_0\text{n}$  - символ нейтрона.