

Тема: Атомное ядро. Элементарные частицы. Ядерные реакции.

ПЛАН:

1. Методы регистрации заряженных частиц.
2. Состав ядра атома.
3. Ядерные силы.
4. Энергия связи атомных ядер.
5. Элементарные частицы.

Методы регистрации элементарных частиц

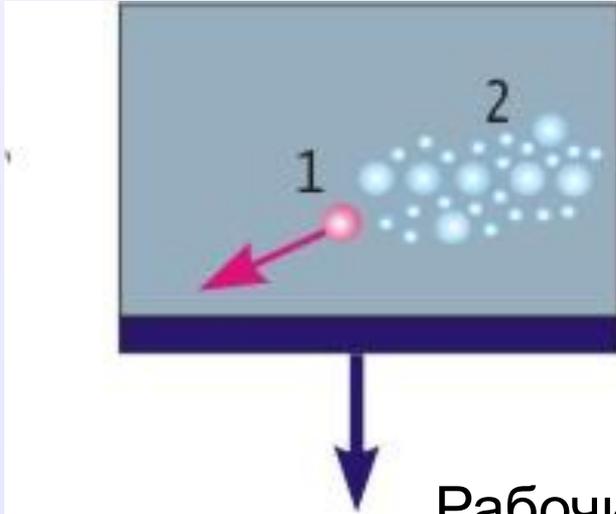
- [Камера Вильсона](#)
- [Счетчик Гейгера-Мюллера](#)
- [Пузырьковая камера](#)

Стр. 458

Треки протонов



Камера Вильсона

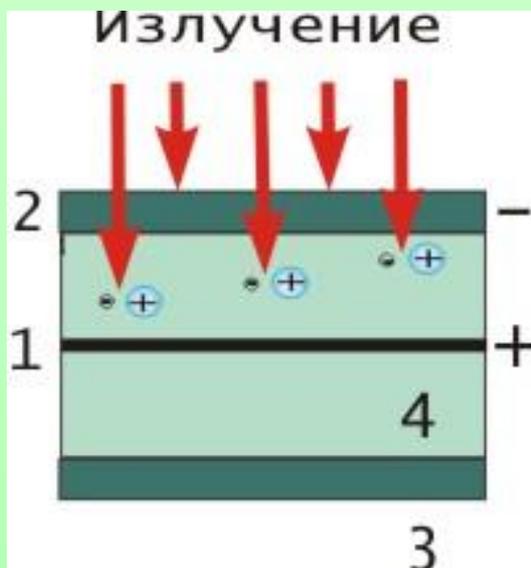


1-ионизирующая частица
2-трек частицы

Рабочий объем камеры заполнен газом, который содержит насыщенный пар. При быстром перемещении поршня вниз газ в объеме адиабатически расширяется и охлаждается, при этом становясь перенасыщенным. Когда в этом пространстве пролетает частица, создающая на своем пути ионы, то на этих ионах образуются капельки сконденсированного пара. В камере возникает след траектории частицы (трек) в виде полосы тумана.



Счетчик Гейгера-Мюллера

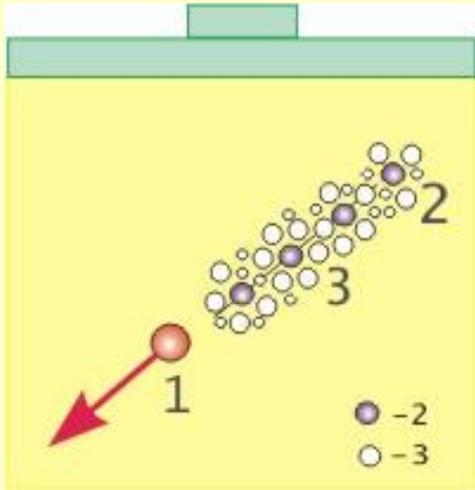


- 1-анод
- 2-катод
- 3-стеклянный цилиндр
- 4-рабочий объем счетчика

В счетчике разность потенциалов между катодом и анодом достаточно велика, чтобы разогнать первичные ионы и электроны, образованные ядерной частицей, до больших скоростей. В результате этого первичные ионы, сталкиваясь со встречными молекулами, образуют вторичные ионы и электроны. Число их по мере движения к соответствующему электроду увеличивается: образуется лавина. Возникает газовый разряд, который регистрируется специальным устройством.



Пузырьковая камера



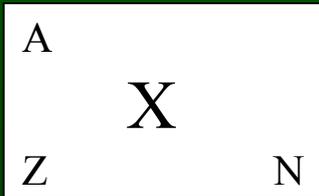
- 1-ионизирующая частица
- 2- ион-центр парообразования
- 3- пузырьки пара вскипающей жидкости

Пузырьковая камера обычно заполняется пропаном, но могут применяться и другие заполнители: водород, азот, эфир, ксенон, фреон и т.д. Рабочая жидкость находится в перегретом состоянии, и заряженная частица, двигаясь в ней, создает центры парообразования. Пузырьки пара образуют видимый след движения частицы в жидкости. Пузырьковые камеры широко применяются для работы на ускорителях.



Состав ядра атома

Атомное ядро любого химического элемента состоит из положительно заряженных протонов и не имеющих электрического заряда нейтронов.



Заряд ядра
 $q = e \cdot Z$

X – символ данного химического элемента

Z – число протонов в ядре = число e^- на орбите = атомный номер элемента в таблице Д.И. Менделеева

N – число нейтронов в ядре

A – массовое число – общее число протонов и нейтронов (нуклонов) в ядре = округленная до целого числа относительная атомная масса элемента $A = Z + N$

Масса протона

$$m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

Масса нейтрона

$$m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

Задание 1.

Найдите число протонов и нейтронов в ядре атома магния.



$$Z = 12$$

$$A = 24$$

$$N = A - Z$$

$$N = 24 - 12 = 12$$

Ядро атома состоит из 24 нуклонов.

Для обозначения частиц используют символы:

${}_{-1}^0e$ – электрон (заряд равен -1 , масса принимается за 0)

${}_{1}^0e$ – позитрон (античастица электрона)

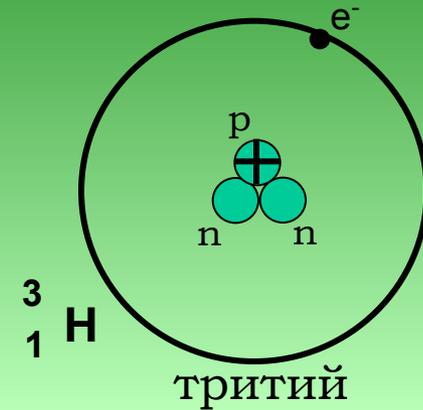
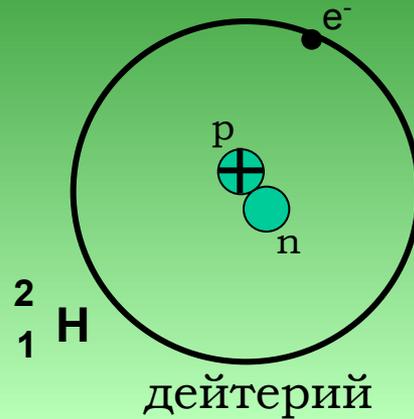
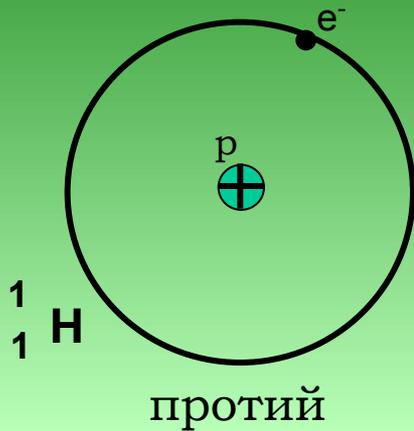
${}_{0}^1n$ – нейтрон

${}_{1}^1p$ – протон (ядро атома водорода ${}_{1}^1H$)

${}_{2}^4\alpha$ – α – частица (ядро атома гелия ${}_{2}^4He$)

${}_{-1}^0\beta$ – β – частица (электрон)

Изотопы



Ядра с одинаковым числом протонов,
но с различным числом нейтронов

называются **ИЗОТОПАМИ**
одного химического элемента

Изотопы отличаются физическими свойствами, например, способностью к радиоактивному распаду.

Ядерные силы

Стр. 471.

Силы, удерживающие нуклоны в ядре и обеспечивающие существование устойчивых ядер, называются **ядерными силами**.

Ядерные силы – проявление сильного взаимодействия – самого интенсивного из всех известных в физике взаимодействий.

Свойства ядерных сил:

1. Короткодействующие силы ($10^{-14} - 10^{-15}$ м)
2. Силы притяжения
3. Не электромагнитные (не зависят от заряда)

Фундаментальные взаимодействия

```
graph TD; A[Фундаментальные взаимодействия] --> B[Гравитационное]; A --> C[Слабое]; A --> D[Сильное]; A --> E[Электромагнитное];
```

Гравитационное

Слабое

Электромагнитное

Сильное

Энергия связи атомных ядер

Энергия связи – энергия необходимая для полного расщепления ядра на отдельные нуклоны.

Мерой энергии связи атомного ядра является **дефект масс** – разность между суммарной массой всех нуклонов ядра в свободном состоянии и массой ядра $M_{\text{я}}$.

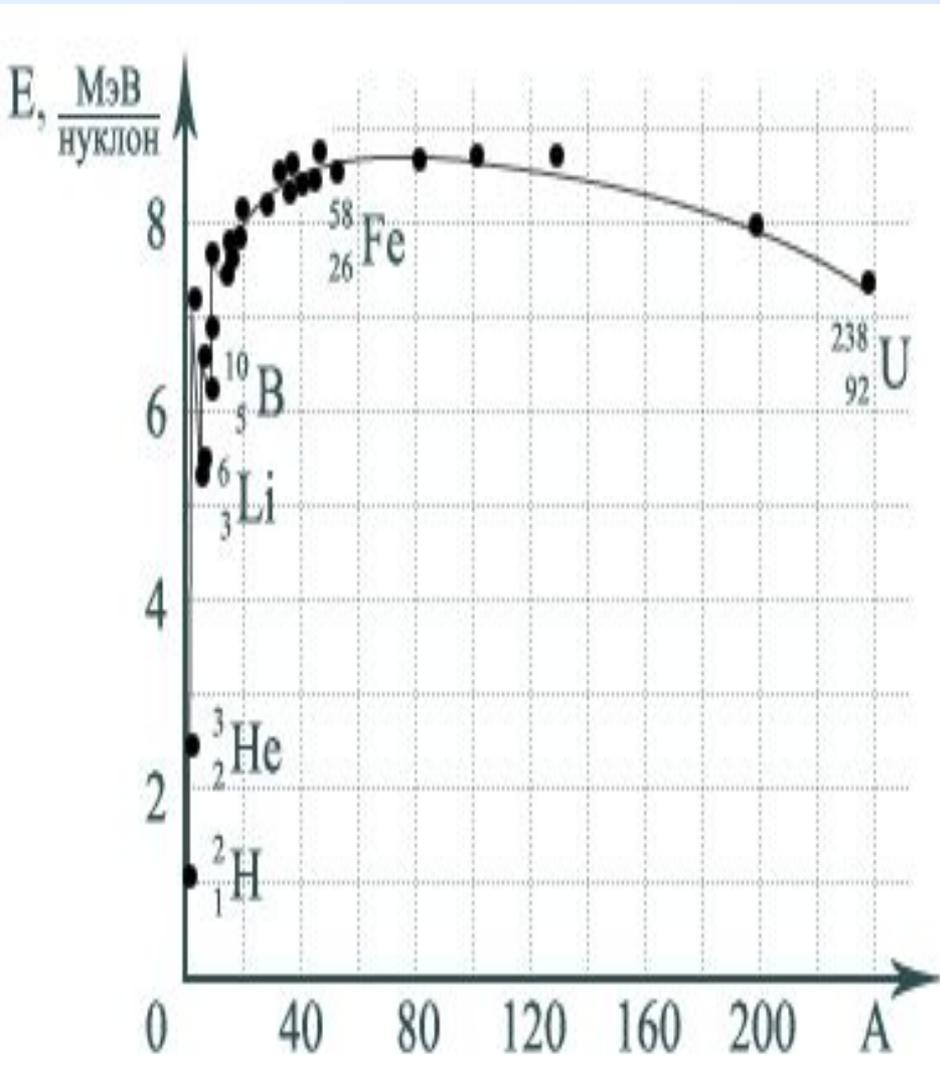
$$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}}$$

$$E = \Delta M \cdot c^2 \quad - \text{ энергия связи ядра}$$

Энергия связи ядра

$$E_{\text{св}} = \Delta M c^2,$$

где $\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}}$, $c^2 = 931,5 \text{ МэВ}$



Кривая удельной энергии связи нуклонов в атомных ядрах показывает, что увеличение удельной энергии связи возможно при соединении легких ядер в более тяжелые (ядерные реакции синтеза) или при делении самых тяжелых ядер на два или три более легких (реакции деления атомных ядер).

При увеличении удельной энергии связи ядер-продуктов их масса уменьшается, следовательно, такие ядерные реакции будут идти с выделением энергии.

Ядерные реакции под действием налетающих заряженных частиц возможны только при высоких значениях энергии частиц из-за того, что кулоновские силы отталкивания препятствуют проникновению заряженных частиц в атомное ядро.

Для осуществления ядерных реакций заряженные частицы в ускорителях разгоняют до высоких энергий.

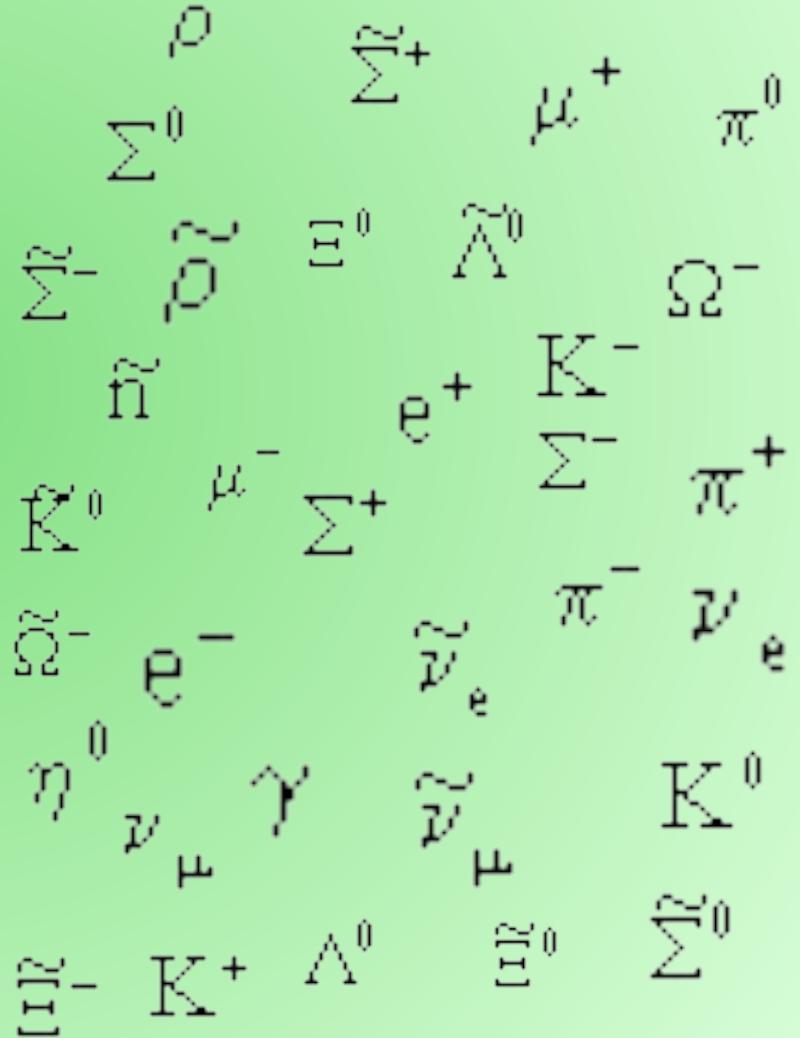
В природе ядерные реакции осуществляются в недрах звезд и являются основным источником их энергии

Элементарные частицы

- **Элементарные частицы**, в точном значении этого термина, - это первичные, далее неразложимые частицы, из которых, по предположению, состоит вся материя.

По современным представлениям большинство элементарных частиц являются составными системами.

- Частицы, претендующие на роль первичных элементов материи, иногда называют "**истинно элементарные частицы**".



Классификация элементарных частиц



Лептоны

элементарные частицы, не участвующие
в сильном взаимодействии.

К лептонам относятся **12** частиц
(6 частиц и 6 античастиц): электрон,
мюон, τ -лептон (таон), нейтрино...

Важнейшие характеристики лептонов

Название	Год открытия	Масса, МэВ	Время жизни
электрон	1898	0,51	стабилен
электронное нейтрино	1956	0	стабильно
мюон	1936	105,7	$2,2 \cdot 10^{-6}$
мюонное нейтрино	1962	0	стабильно
таон	1975	1778	$3,4 \cdot 10^{-13}$
таонное нейтрино	1975	24	стабильно

Адроны

(от греч. hadros - большой, сильный; термин предложен Л. Б. Окунем в 1967)

частицы, участвующие в сильном взаимодействии.

К адронам относятся все барионы (в т. ч. нуклоны - протон и нейтрон) и мезоны.

К классу адронов в настоящее время относят около 300 элементарных частиц

В свободном состоянии все адроны (за исключением, возможно, протона) нестабильны.

Те из них, которые распадаются благодаря **сильному** взаимодействию, имеют характерное время жизни порядка 10^{-22} - 10^{-23} с и называются **резонансами**.

Адроны, распадающиеся за счет **слабого** или **электромагнитного** взаимодействия, **условно называются стабильными**, поскольку их время жизни на много порядков больше характерного времени сильного взаимодействия. К "стабильным" (в этом смысле) адронам, кроме нуклонов, относятся гипероны, мезоны и др.



Адроны представляют собой
составные системы.

Большинство известных
барионов состоит из трех кварков,
а мезоны - из кварка и антикварка

Экспериментально (косвенно) обнаружены

6 типов кварков:

u, d, s, c, b, t.

В свободном состоянии не наблюдались.

кварк	кварк	кварк	заряд
u	c	t	+2/3
d	s	b	-1/3