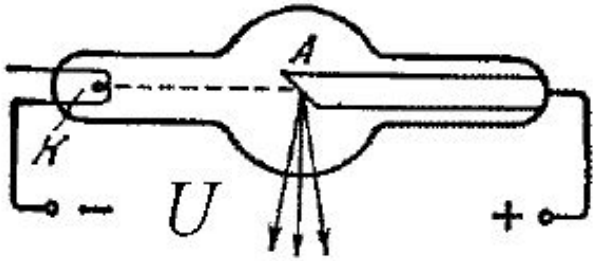
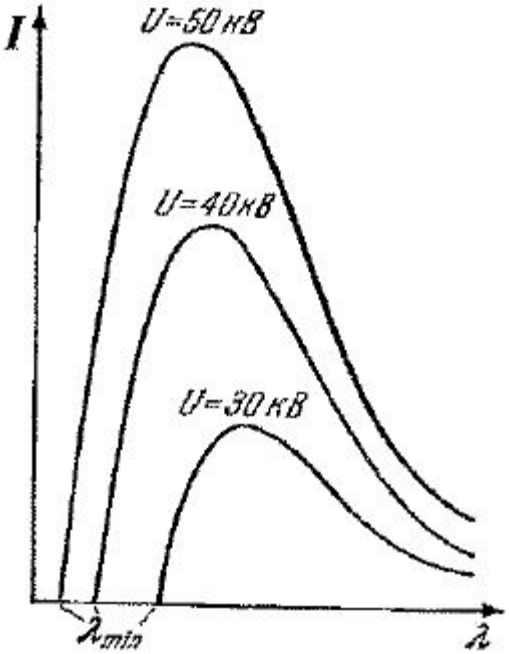
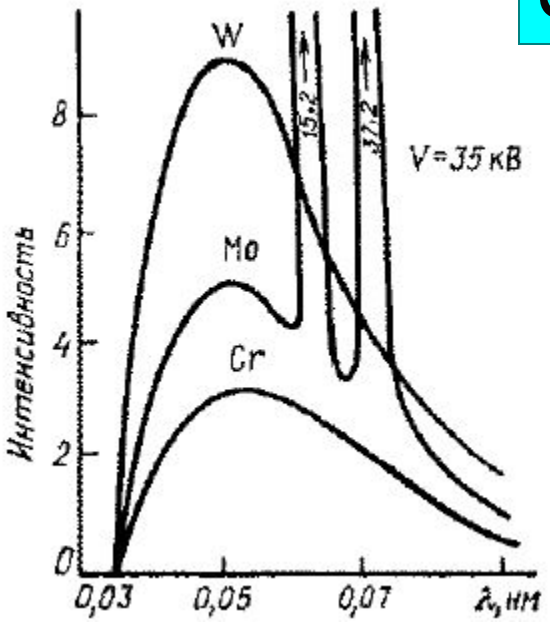
§ . Рентгеновское излучение.

рентгеновская трубка, в которой вылетающие с катода K электроны бомбардируют анод A (антикатод), изготовленный из тяжелых металлов (W, Cu, Pt и т.д.).



состоит из *сплошного спектра* ***тормозного излучения***, возникающего при торможении электронов в аноде, и *линейчатого спектра* ***характеристического излучения***, определяемого материалом анода.



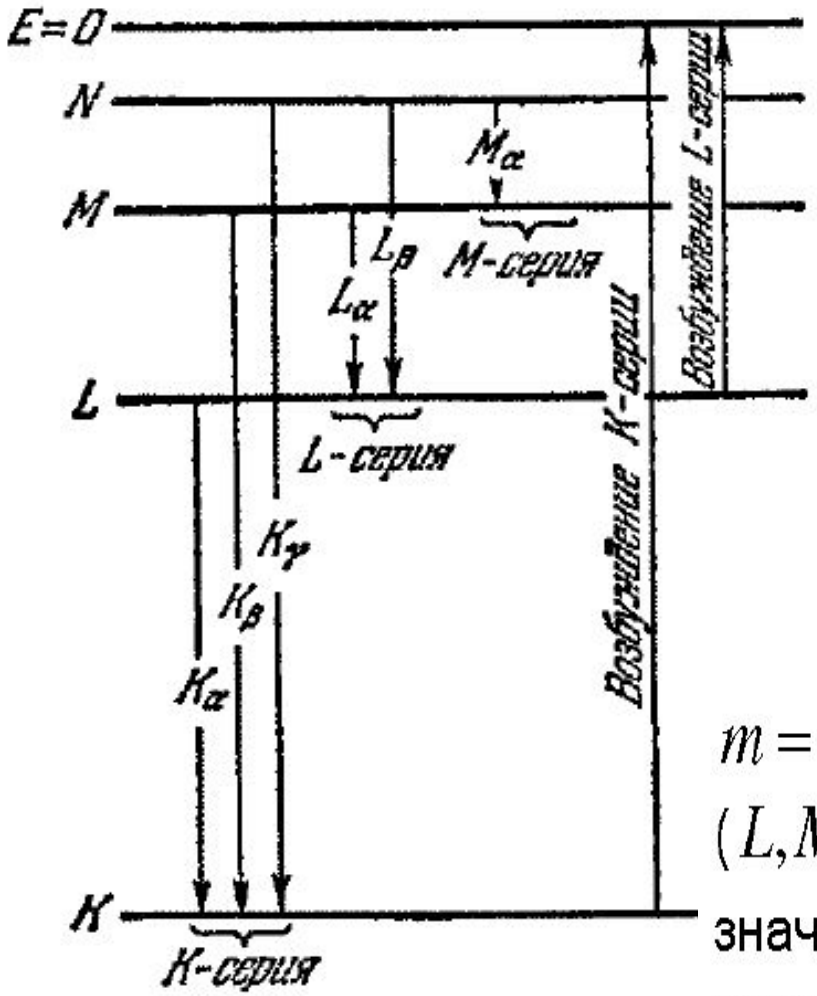


Граница сплошного спектра – λ_{min} :

$$E_{max} = h\nu_{max} = eU$$

$$\lambda_{min} = \frac{c}{\nu_{max}}$$

$$\boxed{\lambda_{min} = \frac{ch}{eU} = \frac{ch}{E_{max}}}$$



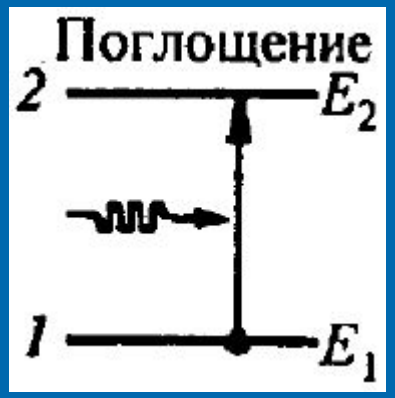
Закон МОЗЛИ :

$$\nu = R(Z-\sigma)^2\left(\frac{1}{m^2}-\frac{1}{n^2}\right)$$

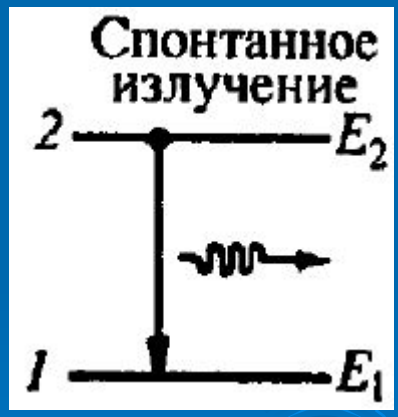
где R — постоянная Ридберга, $m = 1,2,3,\ldots$ определяет рентгеновскую серию $(L, M, N, \ldots)$, n принимает целочисленные значения начиная с $m+1$ (определяет отдельную линию $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ соответствующей серии), σ — постоянная экранирования, учитывающая экранирование данного электрона от атомного ядра другими электронами атома.

§ Поглощение. Спонтанное и вынужденное излучение.

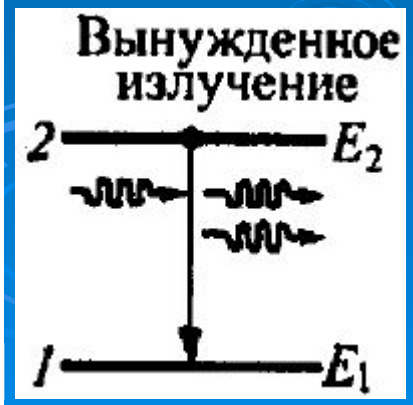
1. **Поглощение.** Если атом находится в основном состоянии 1, то под действием внешнего излучения может осуществиться вынужденный переход в возбужденное состояние 2, приводящий к поглощению излучения.



2. **Спонтанное излучение.** Атом, находясь в возбужденном состоянии 2, может спонтанно (без внешних воздействий) перейти в основное состояние, испуская при этом фотон с энергией $h\nu = E_2 - E_1$. Процесс испускания фотона возбужденным атомом *без внешних воздействий* называется ***спонтанным излучением.***

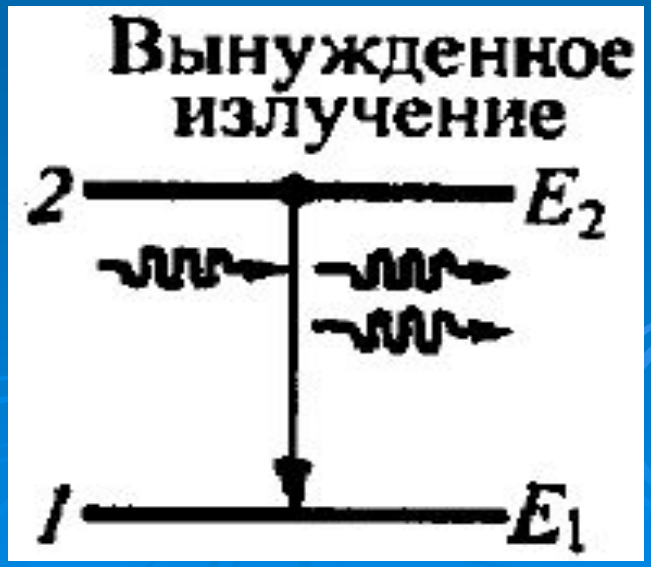


3. **Вынужденное излучение.** атом, находящийся в возбужденном состоянии 2, действует внешнее излучение с частотой, удовлетворяющей условию $h\nu = E_2 - E_1$, то возникает ***вынужденный (индуцированный) переход*** в основное состояние 1 с излучением фотона той же энергии $h\nu = E_2 - E_1$ ***дополнительно*** к тому фотону, под действием которого произошел переход.



§ ЛАЗЕРЫ.

3. **Вынужденное излучение.** Если атом, находящийся в возбужденном состоянии 2, действует внешнее излучение с частотой, удовлетворяющей условию $h\nu = E_2 - E_1$, то возникает ***вынужденный (индуцированный) переход*** в основное состояние 1 с излучением фотона той же энергии $h\nu = E_2 - E_1$ ***дополнительно*** к тому фотону, под действием которого произошел переход.



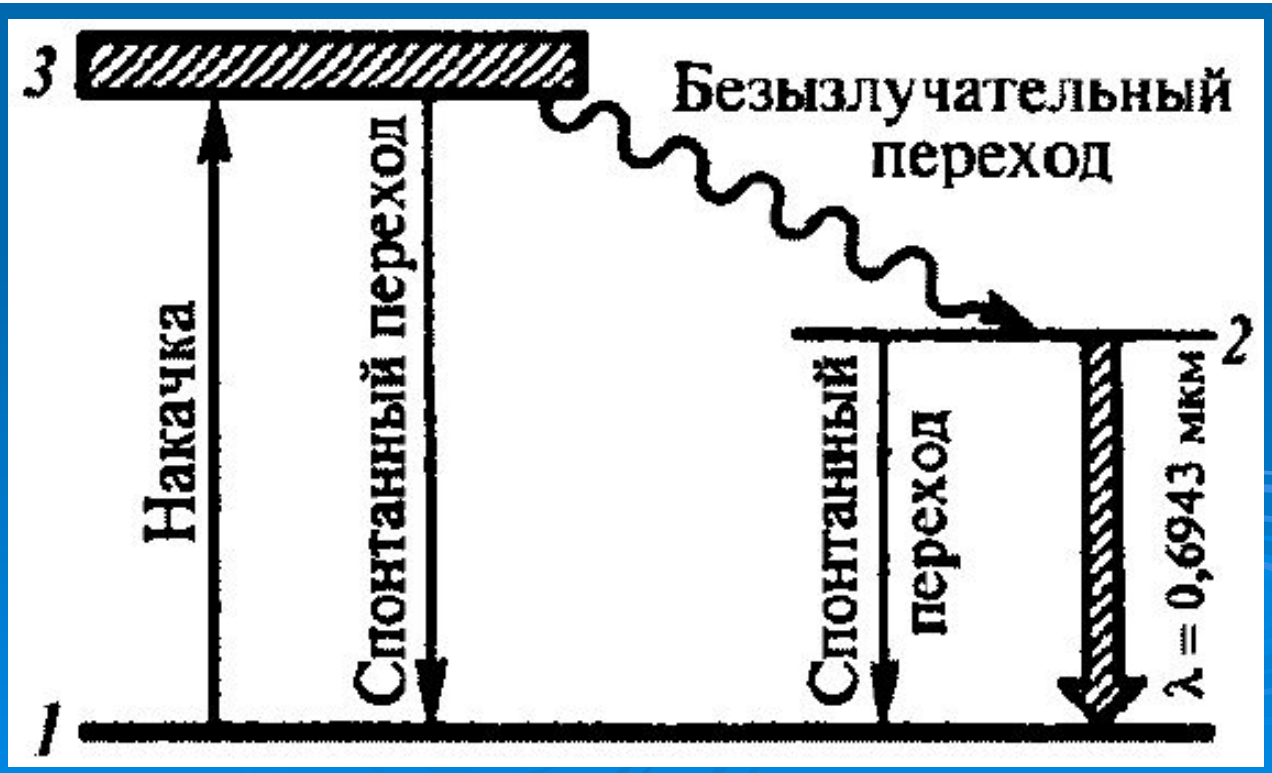
Эффект усиления излучения в активных средах используется в **оптических квантовых генераторах**, или **лазерах** (Light Amplification of Stimulated Emission of Radiation).

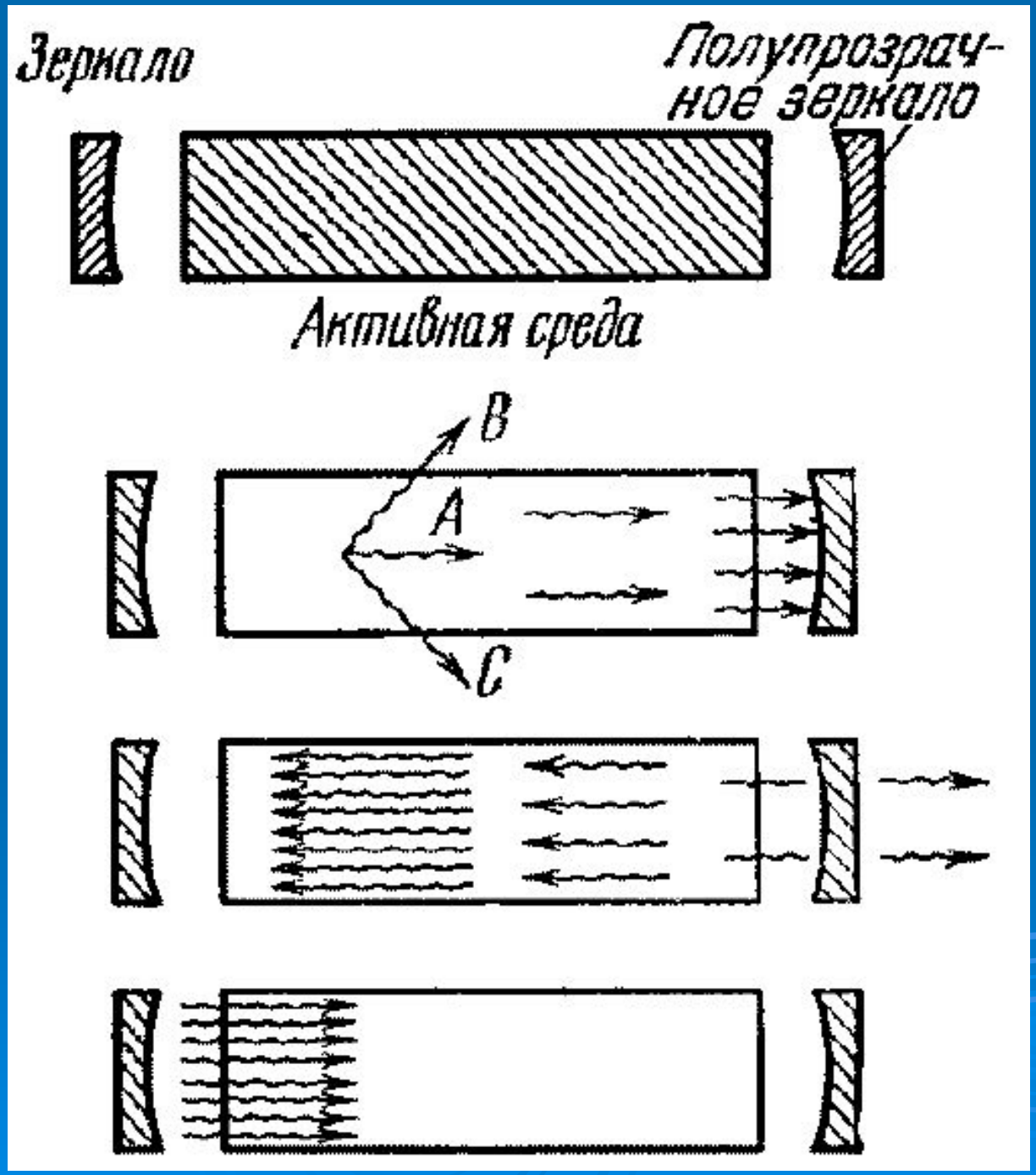
Лазеры подразделяются:

— *по типу активной среды* (твердотельные, газовые, полупроводниковые и жидкостные);

— *по методам накачки* (оптические, тепловые, химические, электроионизационные и др.);

— *по режиму генерации* (непрерывного или импульсного действия).




Зеркало
Полупрозрачное зеркало
Активная среда
B
A
C

Свойства лазерного излучения:

1. временная и пространственная когерентность

$$\tau \sim 10^{-3}\ \text{с}, \quad l = c \cdot \tau \sim 10^{5}\ \text{м}.$$

2. строгая монохроматичность

$$\Delta\lambda < 10^{-11}\ \text{м}$$

3. большая плотность энергии

$$\sim 10^{10}\ \text{Вт/м}^2$$

4. малое угловое расхождение пучка

(в 10^4 раз меньше у прожектора)

Глава 10. ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА.

§ 10.1. Состав и характеристики атомного ядра.

- **Ядром** называется центральная часть атома, в которой сосредоточена практически вся масса атома и его положительный электрический заряд.
- В экспериментах Резерфорда по прохождению α-частиц через металлическую фольгу было обнаружено, что атомные ядра имеют размеры порядка $10^{-14} \div 10^{-15}$ м, в то время как линейные размеры атомов примерно 10^{-10} м.

Атомное ядро состоит из элементарных частиц — протонов (p) и нейтронов (n), которые называются нуклонами (от лат. nucleus — ядро).

- Протон имеет положительный электрический заряд, равный по абсолютной величине заряду электрона.
- Нейтрон не имеет электрического заряда.
- **Массы нуклонов:**

$$m_p = 1{,}6726 \cdot 10^{-27}\ \text{кг} \approx 1836\ m_e$$

$$m_n = 1{,}6749 \cdot 10^{-27}\ \text{кг} \approx 1839\ m_e$$

Общее число нуклонов в атомном ядре A называется массовым числом : A=Z+N

Z – число электронов, N – число нейтронов

- Заряд ядра равен величине Ze,

  где e — заряд протона, Z — зарядовое число ядра (или порядковый номер химического элемента в периодической системе элементов) равное числу протонов в ядре.
- Известны 107 элементов.

Ядро химического элемента X с атомным номером Z и массовым числом A обозначается:

$$^{A}_{Z}X$$

Поскольку атом нейтрален, то заряд ядра определяет число электронов в атоме, от которого зависит их распределение по состояниям в атоме, а следовательно, зависят химические свойства атома.

Изотопами называются ядра с одинаковым атомным номером Z (зарядом или числом протонов), но разными A (т.е. разным числом нейтронов). Химические свойства изотопов одинаковы.

Изобарами называются ядра с одинаковым массовым числом A, но разными Z.

- Для измерения массы в атомной физике вводится единица – атомная единица массы (а.е.м.)

1 а.е.м. = 1 гр / N_A=1,66·10^{-27} кг

- **1 а.е.м. = 931,5 МэВ.**
- m_p=1,6726 • 10^{-27} кг =1,00814 а.е.м.

Размер ядра характеризуется ***радиусом ядра,*** имеющим условный смысл ввиду размытости границ ядра.

Эмпирическая формула для радиуса ядра

$$R = R_0 \sqrt[3]{A}$$

где $R_0 = (1{,}3 \div 1{,}7)10^{-15}$ м, может быть истолкована как *пропорциональность объема ядра числу нуклонов в нем*. Следовательно, плотность ядерного вещества примерно одинакова для всех ядер ($\approx 10^{17}$ кг/м^3).

§ 10.2. Дефект массы и энергия связи ядра.

- **Энергия связи ядра $E_{св}$** – физическая величина, равная работе, которую надо совершить, чтобы расщепить ядро на отдельные нуклоны из которых оно состоит.

$$E_{св} = [Zm_p + (A-Z)m_n - m_я]\, c^2$$

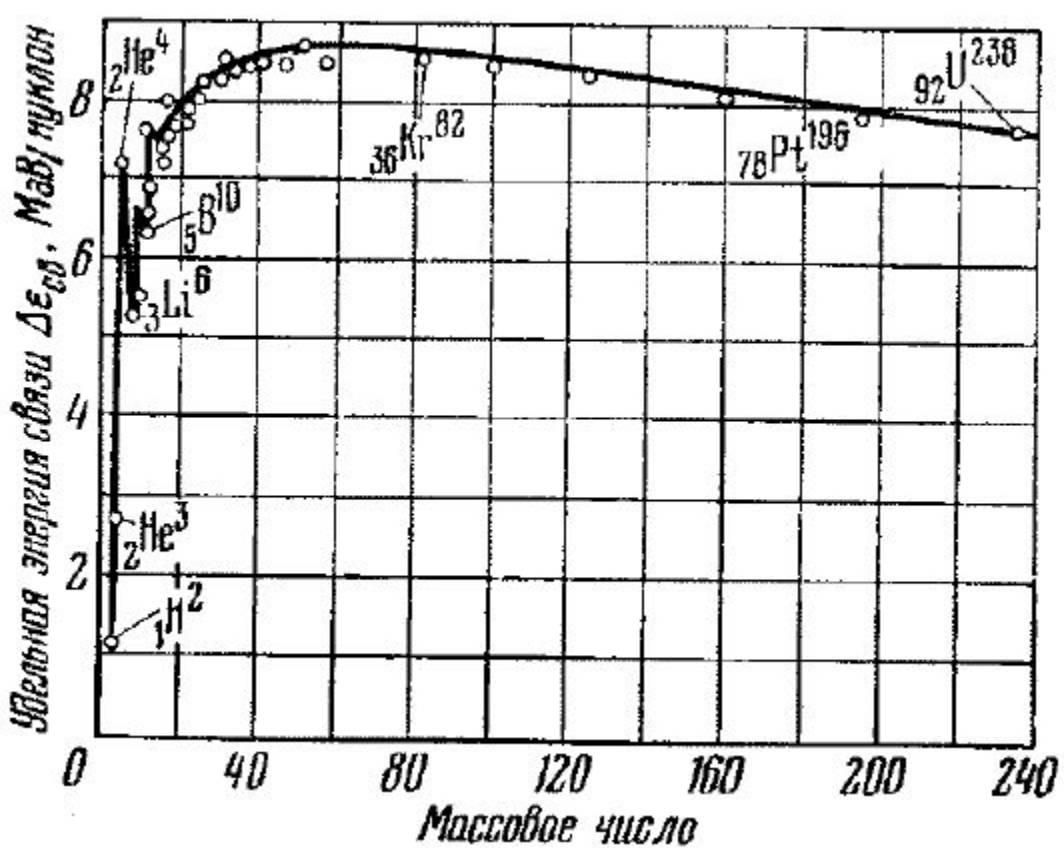
$$E_{св} = [Zm_H + (A-Z)m_n - m_{ат}]\, c^2$$

дефект массы ядра $\Delta m = [Zm_p + (A-Z)\, m_n] - m_я$

- Энергия связи, приходящаяся на один нуклон, называется удельной энергией :

$$E_{уд} = E_{св}/A$$

Наиболее устойчивы ядра средней части периодической таблицы (28<A<138). В этих ядрах $E_{уд}$ ~8,7 Мэв/нуклон.



Из графика следует, что энергетически выгодны следующие процессы:

1. Деление тяжелых ядер на более легкие.
2. Слияние легких ядер (термоядерный синтез).

В ходе этих процессов выделяется огромное количество энергии.

§ 10.3. Ядерные силы. Модели ядра.

Ядерные силы - это сильное взаимодействие. Оно намного превышают гравитационные, электрические и магнитные взаимодействия.

Свойства ядерных сил:

- 1) ядерные силы являются силами притяжения;
- 2) ядерные силы являются короткодействующими — их действие проявляется на расстояниях < 10^{-15} м;

- 3) ядерным силам свойственна зарядовая независимость: притяжение между любыми двумя нуклонами одинаково; силы имеют неэлектрическую природу;
- 4) ядерным силам свойственно насыщение: каждый нуклон в ядре взаимодействует только с ограниченным числом ближайших к нему нуклонов;
- 5) ядерные силы зависят от взаимной ориентации спинов взаимодействующих нуклонов;
- 6) ядерные силы не являются центральными, т.е. действующими по линии, соединяющей центры взаимодействующих нуклонов.

Модели ядра

1. Капельная модель.

Эта модель основана на аналогии между поведением молекул в капле жидкости и нуклонов в ядре — короткодействие ядерных взаимодействий, одинаковая плотность ядерного вещества в разных ядрах (несжимаемость), свойство насыщения ядерных сил.

Модели ядра

2. Оболочечная модель.

В этой модели нуклоны считаются движущимися независимо друг от друга в усредненном центрально-симметричном поле, В соответствии с этим имеются дискретные энергетические уровни, заполняемые нуклонами с учетом принципа Паули.

Эти уровни группируются в оболочки, в каждой из которых может находиться определенное число нуклонов.

Ядра с полностью заполненными оболочками являются наиболее устойчивыми:

- ***магические ядра***, у которых число протонов Z или нейтронов N равно одному из *магических* чисел: 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126.
- Дважды ***магические ядра***, у которых *магическими* являются и Z и N. Дважды *магических ядер* известно всего пять:

$^{4}_{2}He$ $^{16}_{8}O$ $^{40}_{20}Ca$ $^{48}_{20}Ca$ $^{208}_{82}Pb$