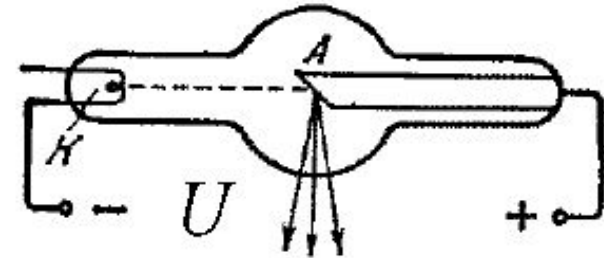


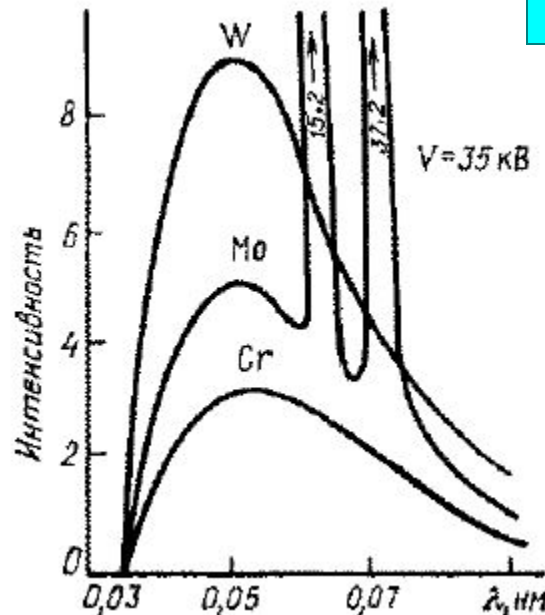
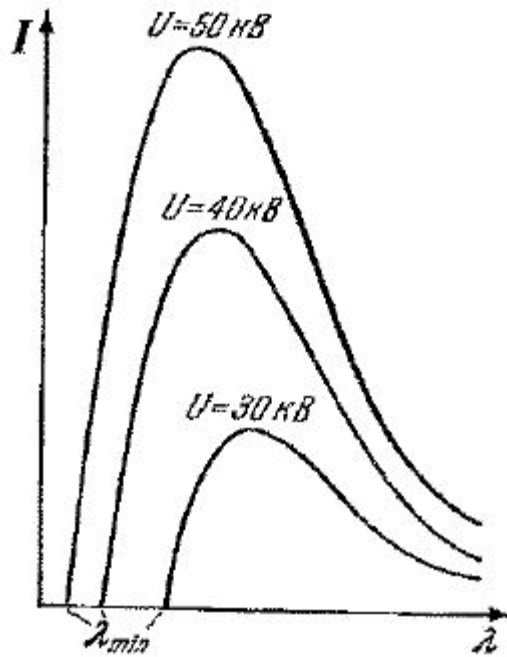
§ . Рентгеновское излучение.

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.

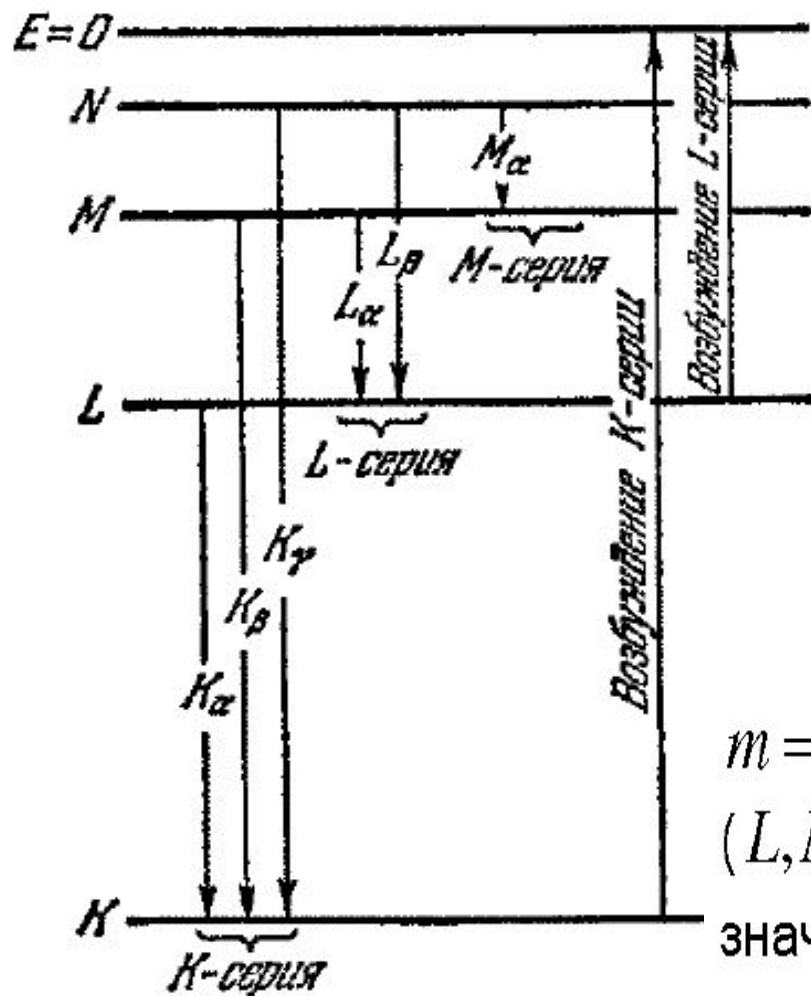
Граница сплошного спектра – λ_{\min} :



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

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

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



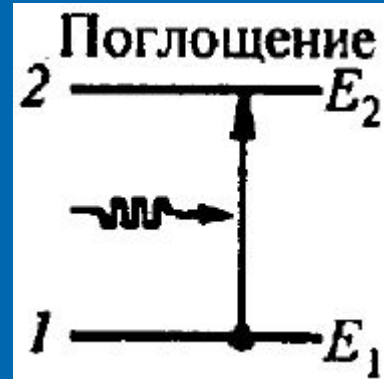
Закон МОЗЛИ :

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

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

§ Поглощение. Спонтанное и вынужденное излучение.

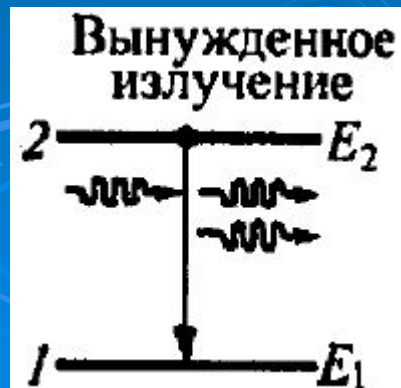
1. **Поглощение.** Если атом находится в основном состоянии 1, то под действием внешнего излучения может осуществиться вынужденный переход в возбужденное состояние 2, приводящий к поглощению излучения.



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**.

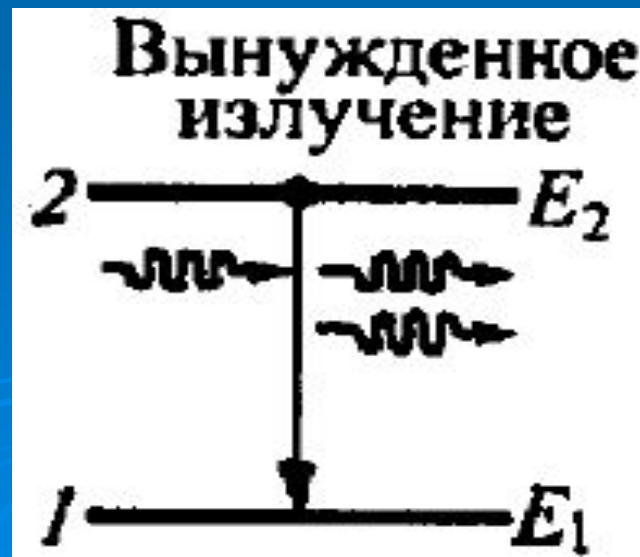


3. **Вынужденное излучение.** Атом, находящийся в возбужденном состоянии 2, действует внешнее излучение с частотой, удовлетворяющей условию $h\nu = E_2 - E_1$, то возникает **вынужденный (индуцированный) переход** в основное состояние 1 с излучением фотона той же энергии $h\nu = E_2 - E_1$ **дополнительно**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



§ ЛАЗЕРЫ.

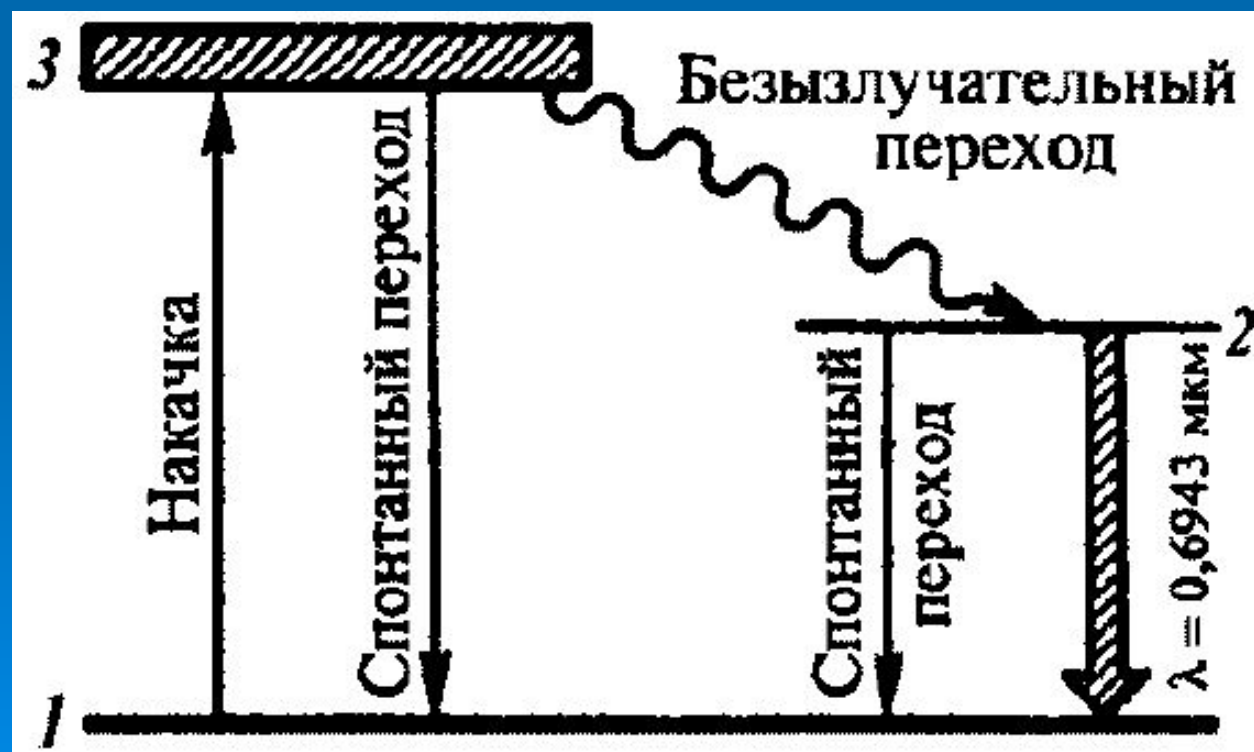
3. **Вынужденное излучение.** атом, находящийся в возбужденном состоянии 2, действует внешнее излучение с частотой, удовлетворяющей условию $h\nu = E_2 - E_1$, то возникает **вынужденный (индуцированный) переход** в основное состояние 1 с излучением фотона той же энергии $h\nu = E_2 - E_1$ **дополнительно**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

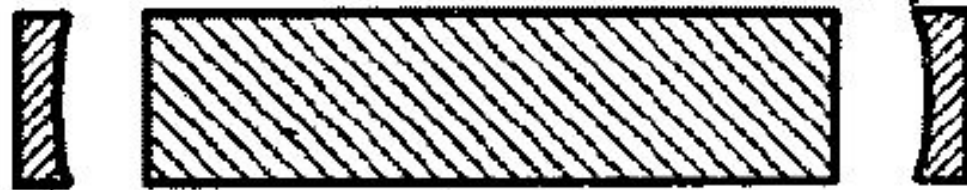
Лазеры подразделяются:

- 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).

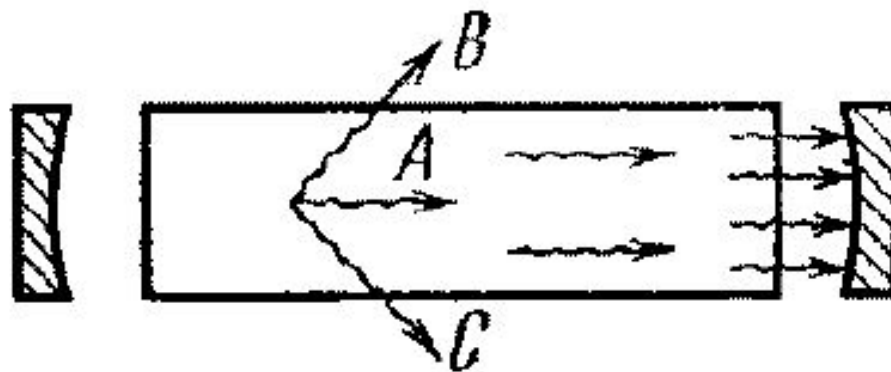


Зеркало

*Полупрозрач-
ное зеркало*



Активная среда



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:



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.)

$$1 \text{ а.е.м.} = 1 \text{ гр} / N_A = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

- $1 \text{ а.е.м.} = 931,5 \text{ МэВ.}$

- $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00814 \text{ а.е.м.}$

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

Эмпирическая формула для радиуса ядра

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

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

§ 10.2. Дефект массы и энергия связи ядра.

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

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

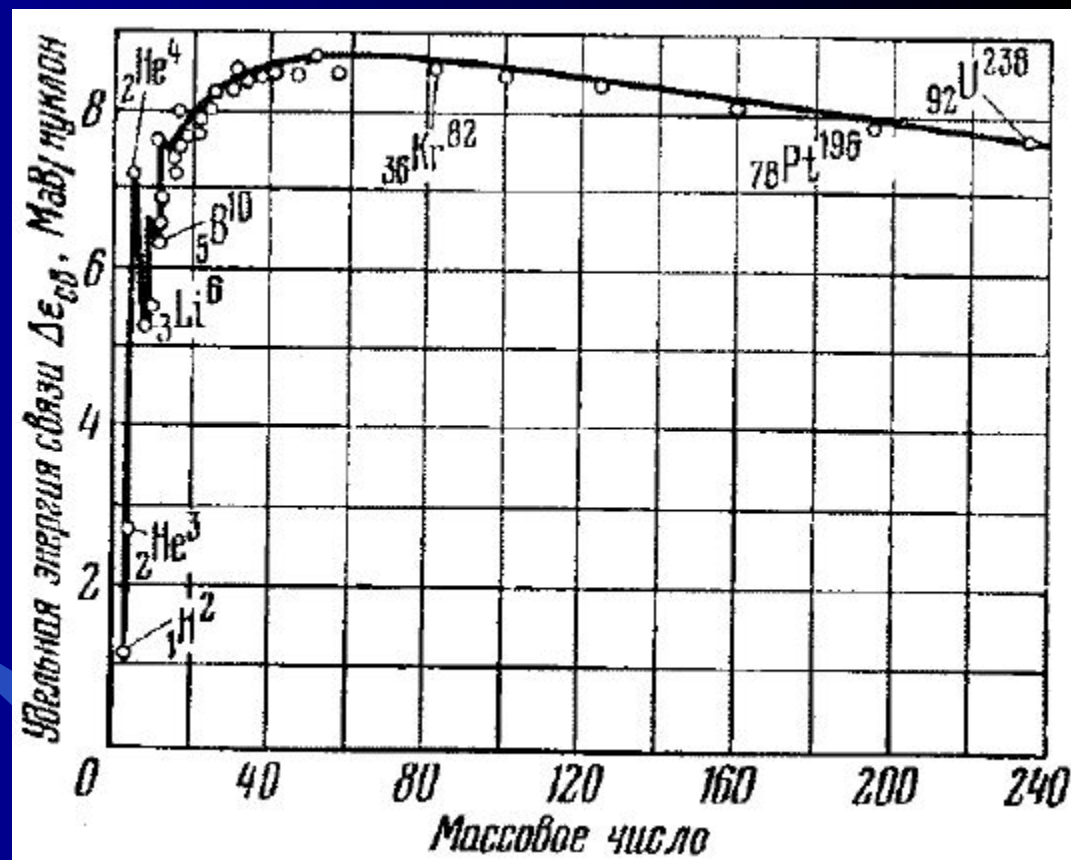
$$E_{\text{св}} = [Zm_H + (A-Z)m_n - m_{\text{ат}}] c^2$$

дефект массы ядра $\Delta m = [Zm_p + (A-Z)m_n] - m_{\text{я}}$

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

$$E_{\text{уд}} = E_{\text{св}} / A$$

Наиболее устойчивы ядра средней части периодической таблицы ($28 < A < 138$). В этих ядрах $E_{уд} \sim 8,7$ 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 превышает 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:

