

## Билет 28

### 1. Структура атомного ядра. Характеристика ядер: заряд, размеры, масса, энергия связи. Свойства и обменные характер ядерных сил.

Атомное ядро состоит из элементарных частиц – протонов и нейтронов. Протон имеет положительный заряд, равный заряду электрона. Нейтрон – нейтральная частица. Протоны и нейтроны называют нуклонами. Общее число нуклонов в атомном ядре называется **массовым числом  $A$** . Атомное ядро характеризуется **зарядом  $Ze$** , где  $Z$  – зарядное число ядра, равное числу протонов в ядре и совпадающее с номером в периодической системе Менделеева. Ядра с одинаковым  $Z$ , но с разным  $A$  называются изотопами, а ядра с одинаковыми  $A$ , но с разными  $Z$  – изобарами. **Радиус ядра** задается эмпирической формулой  $R=R_0A^{1/3}$ ,

**Радиус ядра** задается эмпирической формулой  $R=R_0A^{1/3}$ , где  $R_0=(1,3\div 1,7)10^{-15}$  м.

Энергия, которую необходимо затратить на расщепление ядра на отдельные нуклоны, называется **энергией связи нуклонов** в ядре:  $E_{св}=[Zm_p+(A-Z)m_n-m_я]c^2$ , где  $m_p, m_n, m_я$  — соответственно массы протона, нейтрона и ядра.

**Энергия связи ядра**  $E_{св}=[Zm_H+(A-Z)m_n-m]c^2$ , где  $m_H$  — масса атома водорода.  $\Delta m=[Zm_p+(A-Z)m_n-m_я]$  — **дефект массы ядра**. На эту величину уменьшается масса всех нуклонов при образовании из них атомного ядра.

Между составляющими ядро нуклонами действуют особые, специфические для ядра силы, значительно превышающие кулоновские силы отталкивания между протонами. Они называются ядерными силами.

протонами. Они называются ядерными силами.

Свойства:

**1.** ядерные силы являются силами притяжения

**2.** ядерные силы являются короткодействующими – их действие проявляется только на расстоянии  $10^{-15}$  м.

При увеличении расстояния между нуклонами ядерные силы быстро уменьшаются до нуля а при расстоянии, меньших их радиуса действия, оказываются примерно в 100 раз больше кулоновских

**3.** ядерным силам свойственна зарядовая независимость: ядерные силы, действующие между 2 протонами или 2 нейтронами, одинаковы по величине. Ядер. силы имеют неэлектрическую природу.

**4.** ядерным силам свойственно насыщение – каждый нуклон в ядре взаимодействует с ограниченным числом

нуклон в ядре взаимодействует 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 взаимодействия нуклонов.

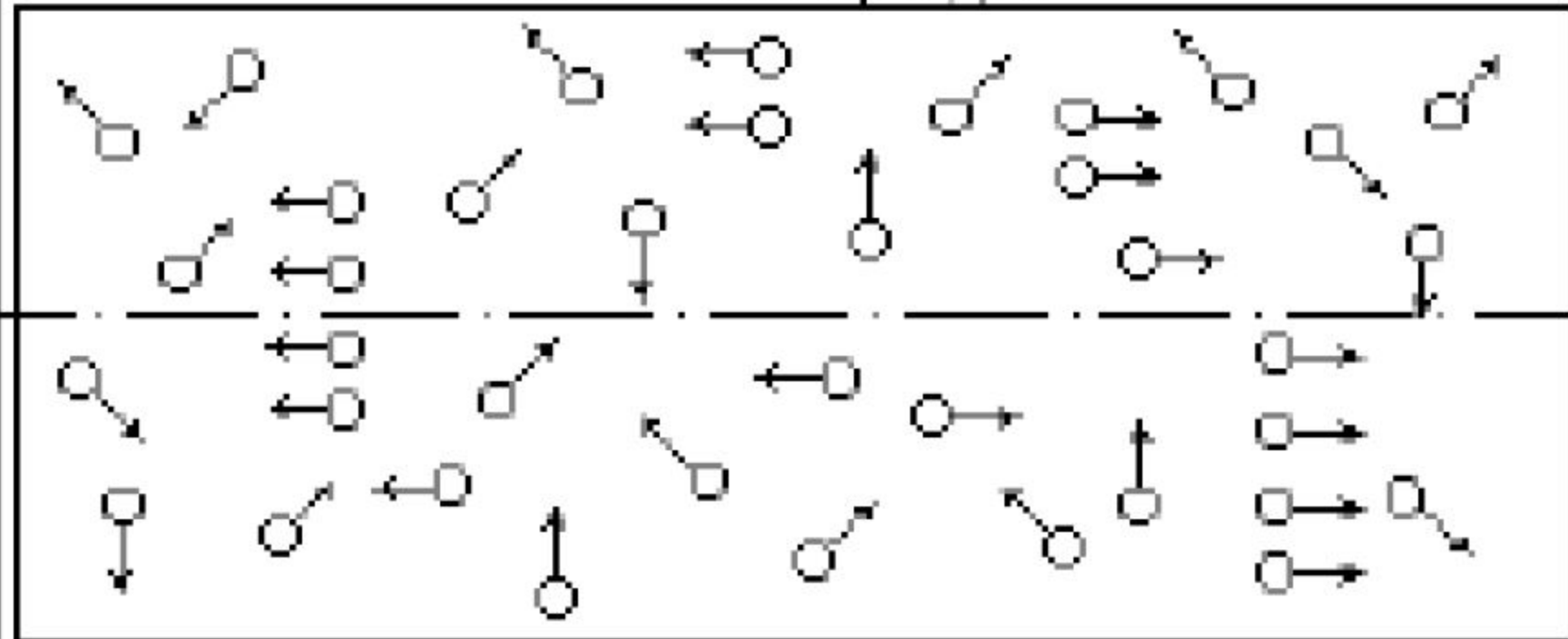
## **2. Принцип работы лазера. Особенности лазерного излучения. Основные типы лазеров, их применение.**

Лазеры – устройства, при прохождении через ктр. э/м волны, усиливаются за счет открытого Эйнштейном вынужденного излучения.

Излучение



Активная среда



Полупрозрачное зеркало  
 $\rho = 50\%$

Непрозрачное  
зеркало  $\rho = 100\%$

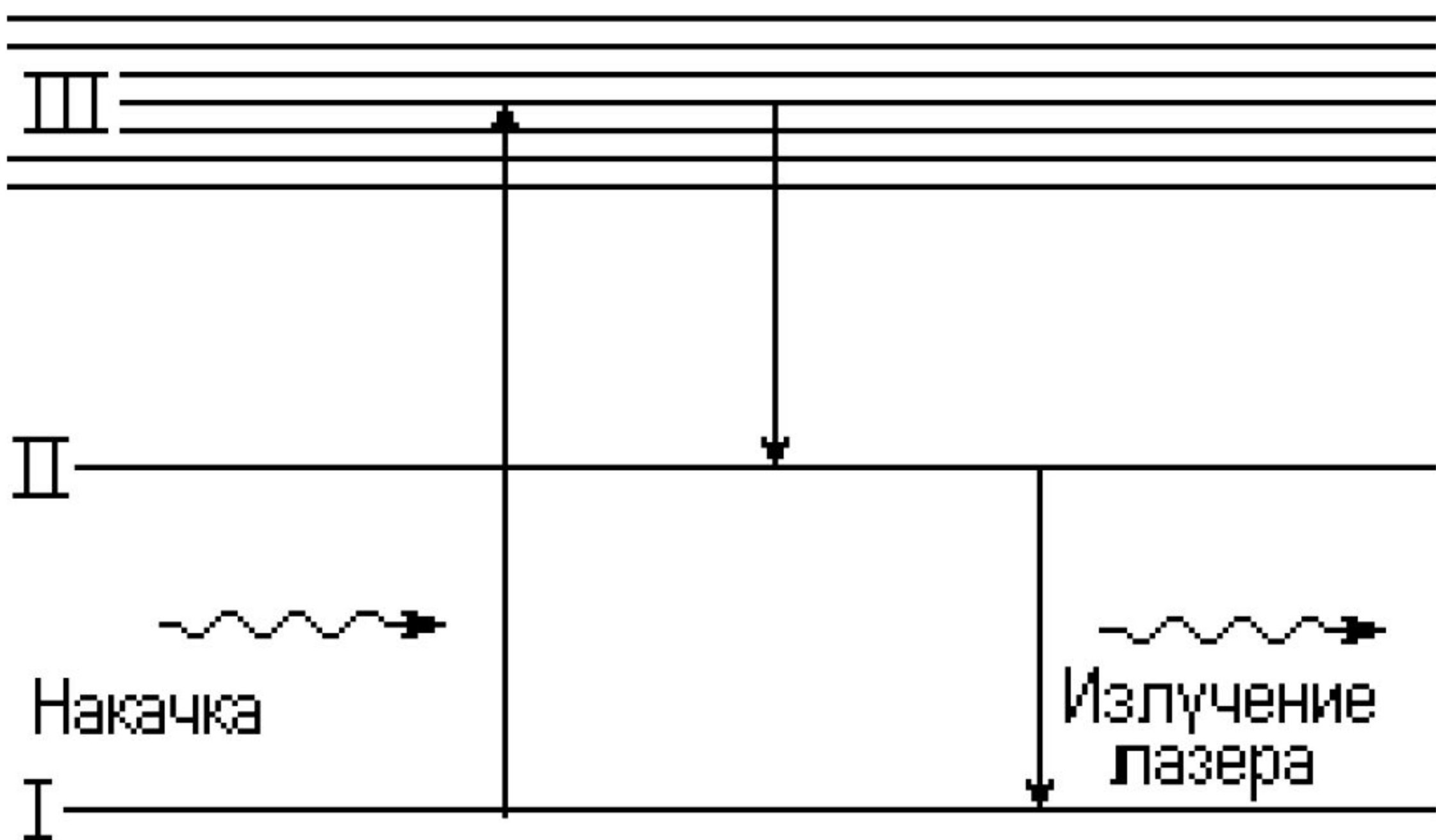
Принцип работы: Когда среда поглощает энергию (доставленную любым способом, например, фотонами), то ее часть запасается (поглощается) в виде энергии возбужденных атомов или молекул (рис. 1а).

Молекула, атом или ион из возбужденного состояния может перейти на более низкий энергетический уровень (рис. 1б) самопроизвольно (спонтанно) или под действием внешнего электромагнитного излучения (вынужденно) с частотой, равной частоте кванта, испущенного спонтанно (рис. 1в). Эти переходы могут сопровождаться излучением, называемым соответственно спонтанным или вынужденным, причем частота излучения определяется соотношением:

частота излучения определяется соотношением:

$$h\nu = E_j - E_i .$$

где  $E_j$  и  $E_i$  — энергетические уровни, между которыми осуществляется переход, сопровождающийся излучением кванта энергии, дополнительного к кванту внешнего





электромагнитного излучения, его вызвавшему. Если кванты спонтанного излучения испускаются в случайных направлениях, то квант вынужденного излучения испускается в том же направлении, что и квант внешнего электромагнитного поля. Причем частота, фаза и поляризация вынужденного и внешнего излучений совпадают, то есть оба кванта полностью тождественны (рис. 1в). Под действием электромагнитного излучения могут происходить переходы не только с более высокого энергетического уровня на более низкий, но и в обратном направлении, что соответствует акту поглощения. Для того чтобы преобладали переходы, при которых происходит излучение энергии, необходимо создать инверсную населенность возбужденного уровня  $E_j$ , то

направлении, что соответствует акту поглощения. Для того чтобы преобладали переходы, при которых происходит излучение энергии, необходимо создать инверсную населенность возбужденного уровня  $E_j$ , то есть создать повышенную концентрацию атомов или молекул на этом уровне. Процесс создания инверсной

населенности = *накачка*. Для создания инверсной населенности прим. 3-х уровневая схема: 1) молекулы привнесённой извне энергией переводятся из основного I в возб. III сост. Уровень III – такой, что время жизни молекул очень мало  $10^{-8}$ , если на ур-не II вр. жизни мол-л  $10^{-3}$ , то молекулы спонтанно без излучения переходя с ур-ня III будут накапливаться на ур-не II (*метастабильном*). Созданная т.о. инверсная населенность обеспечит усл-я для усиления излучения. среда в ктр. создана инверсная населенность – *активная*. Однако генерация оптич. колебаний может возникнуть только в том случае, если вынужденное излучение, раз возникнет будет вызывать новые акты. Для создания такого пр-

случае, если вынужденное излучение, раз возникнет будет вызывать новые акты. Для создания такого пр-са активную среду помещают в оптич. резонатор. Опт. резонатор - сист. из 2 зеркал между ктр. располагается активная среда. Важнейшее св-во зеркал - высокий коэф. отражения. С ур-ня II на I могут происходить и спонтанные и вынужденные переходы. При спонт. переходе одного из атомов испускается фотон, ктр. вызывает вынужденные переходы др. атомов, тоже сопровождающиеся излучением фотонов. Развивается лавинообразный процесс. Оптический

Развивается лавинообразный процесс. Оптический резонатор ориентирует направление движ фотонов вдоль оси кристалла. При достижении опр. мощности излучение выходит через зеркала (особенно через полупрозрачное).

*Особенности:* 1) выс. монохроматичность; 2) малая расходимость пучка; 3) больш. интенсивность; 4) выс. когерентность.

*Типы лазеров:* 1) твердотельные; 2) полупроводниковые; 3) жидкостные; 4) газовые.

*Применение:* 1) высокоточная мех. обработка; 2) в медицине (скальпель); 3) оружие.

Задание 28

Волновая функция атомного состояния  
в атоме водорода имеет вид

$$\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a^3}} \exp(-r/a), \text{ где } r - \text{расстояние}$$

электрона до ядра,  $a$  - радиус первой боровской  
орбиты. Найдите вероятность того, что  
электрон находится в области  $r \leq a$

Дано:

Решение:

Дано:

$$\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a^3}} \exp\left(-\frac{r}{a}\right)$$

$P(r \leq a) = ?$

Решение:

$$P = \int_V |\psi|^2 dV \quad \text{①}$$

$$dV = 4\pi r^2 dr$$

$$\text{②} \int_0^a \frac{1}{\pi a^3} e^{-\frac{2r}{a}} \cdot 4\pi r^2 dr$$