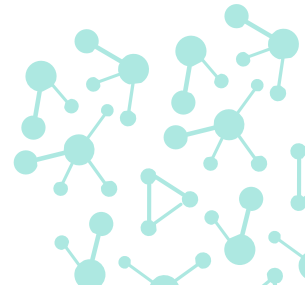
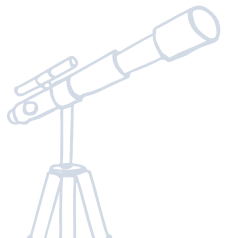


Квантовая природа излучения и поглощения света

Постулаты Бора



Нильс Бор, 1913г.

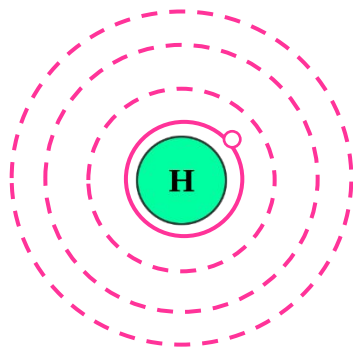


- Модель Резерфорда + идеи Планка
- *1 постулат: стационарные состояния*



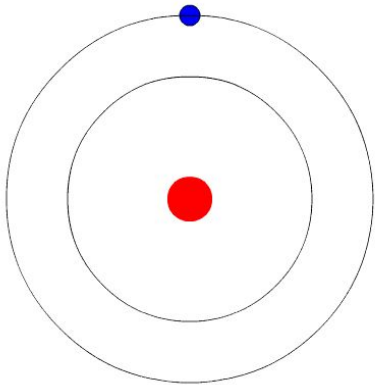
I постулат – постулат стационарных состояний

- существуют особые, стационарные состояния атома, находясь в которых атом, не излучает энергию, при этом электроны в атоме движутся с ускорением. Каждому стационарному состоянию соответствует определенная энергия E_n .



II постулат – правило частот

- излучение света происходит при переходе атома из стационарного состояния с большей энергией E_k в стационарное состояние с меньшей энергией E_n .
- Энергия излученного фотона равна разности энергий стационарных состояний:

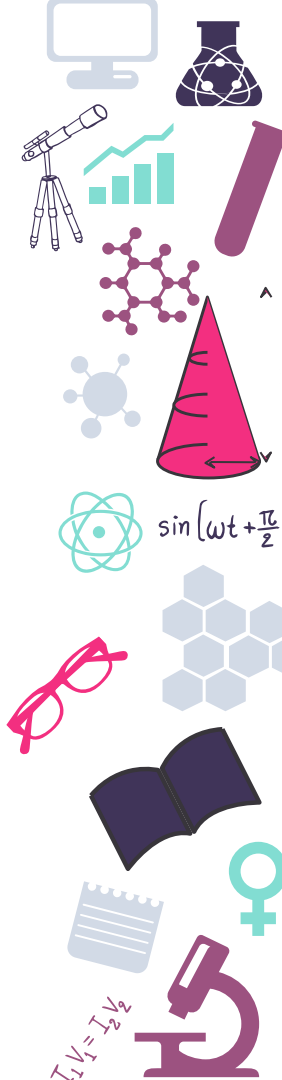
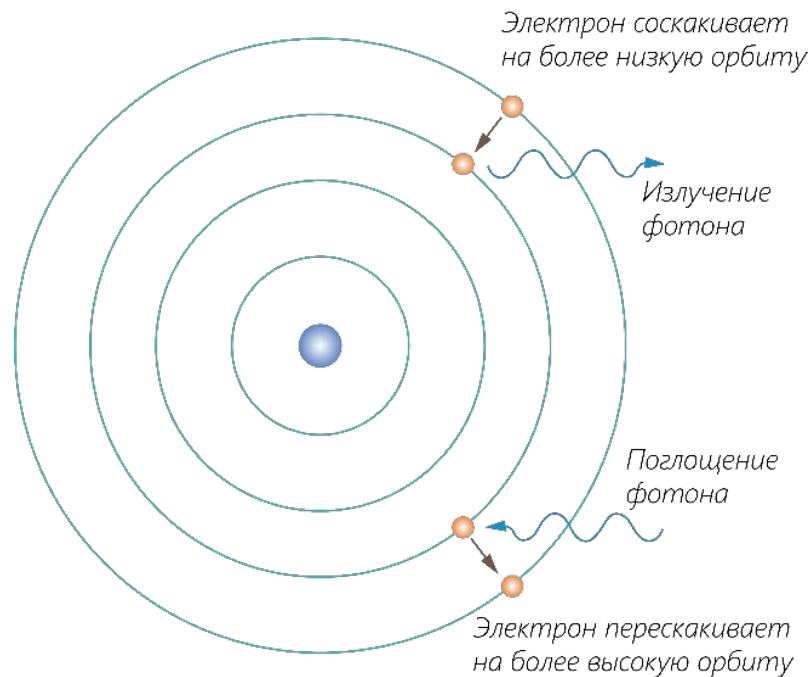


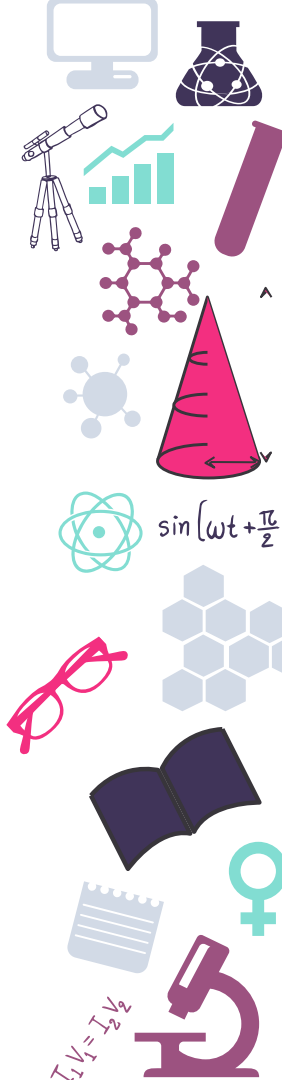
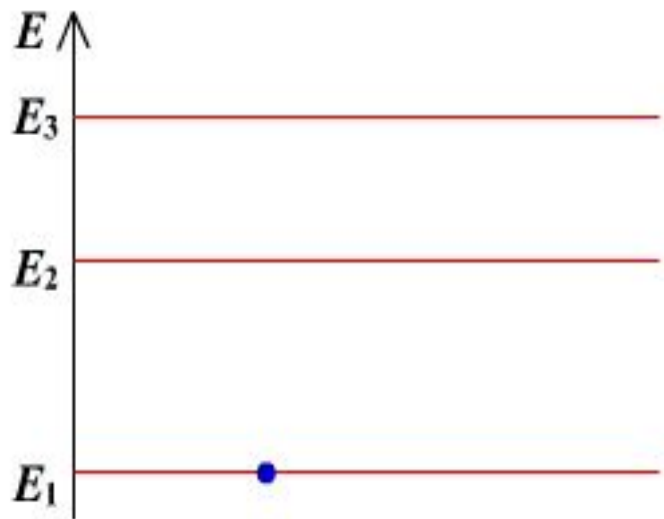
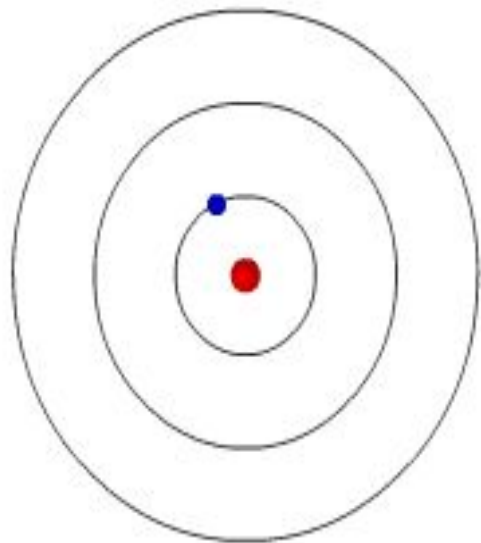
$$h\nu_{kn} = E_k - E_n$$

$$\nu_{kn} = \frac{E_k - E_n}{h} = \frac{E_k}{h} - \frac{E_n}{h}$$

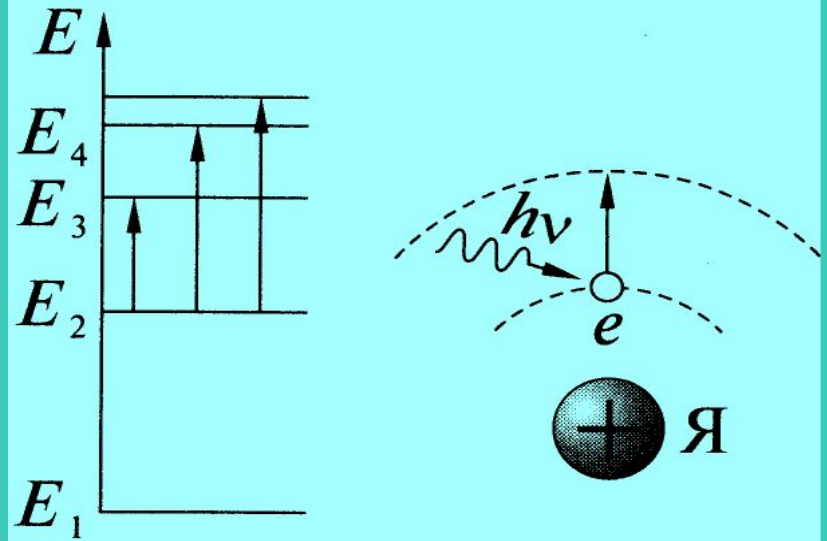


- **При поглощении** света атом переходит из стационарного состояния с меньшей энергией в стационарное состояние с большей энергией.

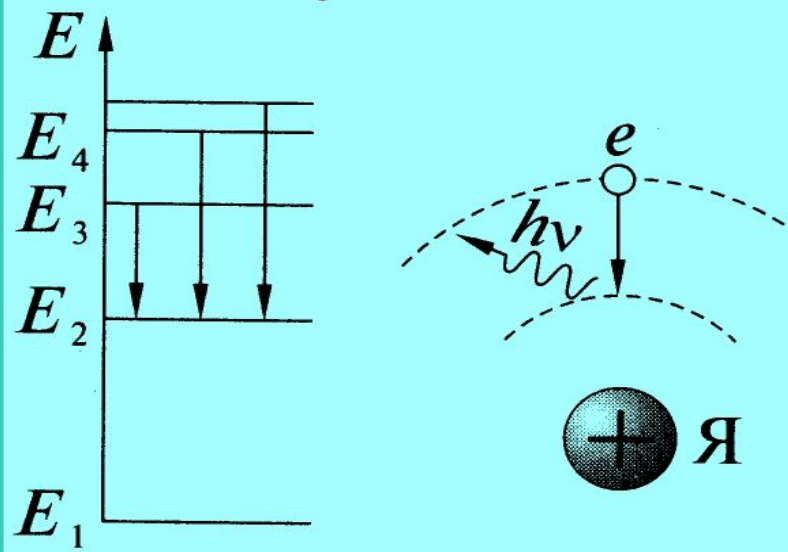




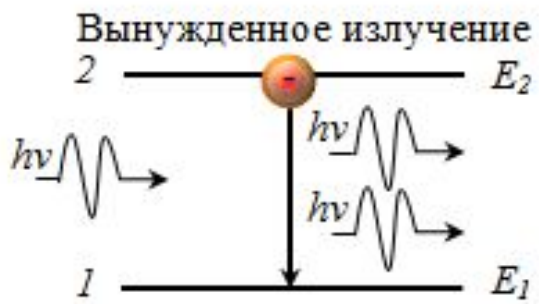
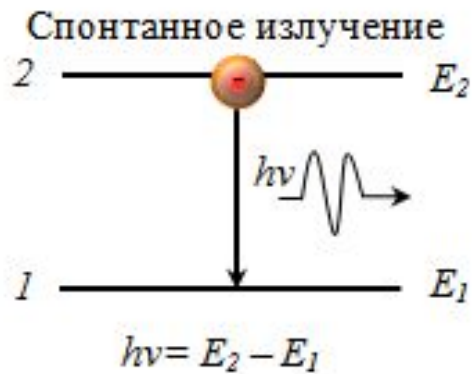
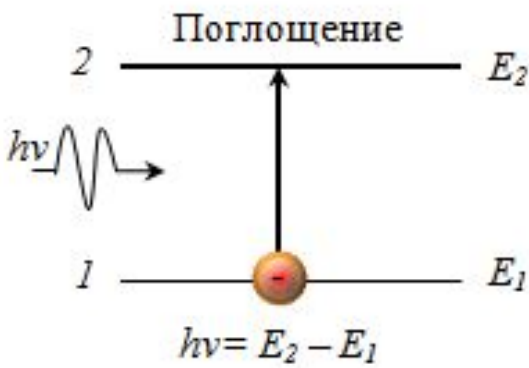
Поглощение



Излучение



$$I \sim I_0 \sqrt{2}$$

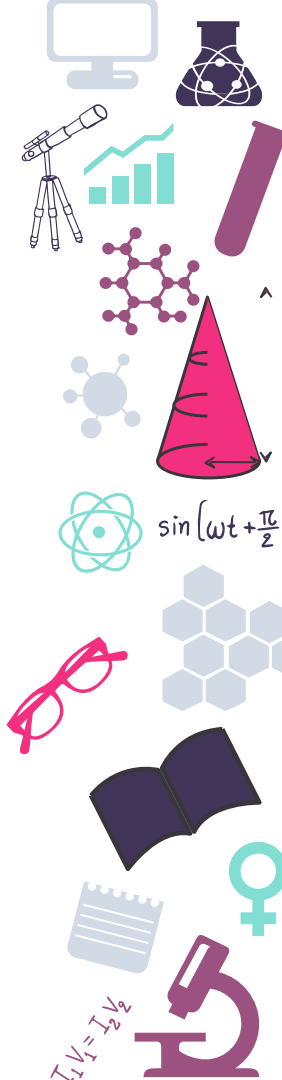


$I_1 V = I_2 V_2$

$\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$

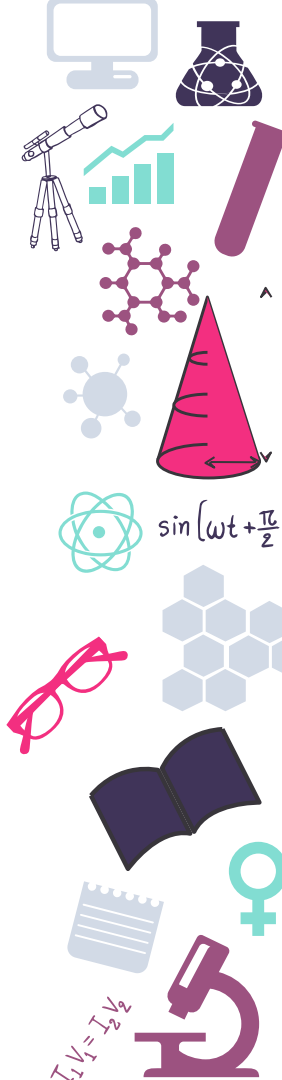
Если на атом, находящийся в возбужденном состоянии 2, действует внешнее излучение с частотой, удовлетворяющей условию $h\nu = E_2 - E_1$, то возникает **вынужденный (индуцированный) переход в основное состояние 1** с излучением фотона той же энергии $h\nu = E_2 - E_1$

Вторичные фотоны неотличимы от первичных, являясь точной их копией.



Принцип детального равновесия

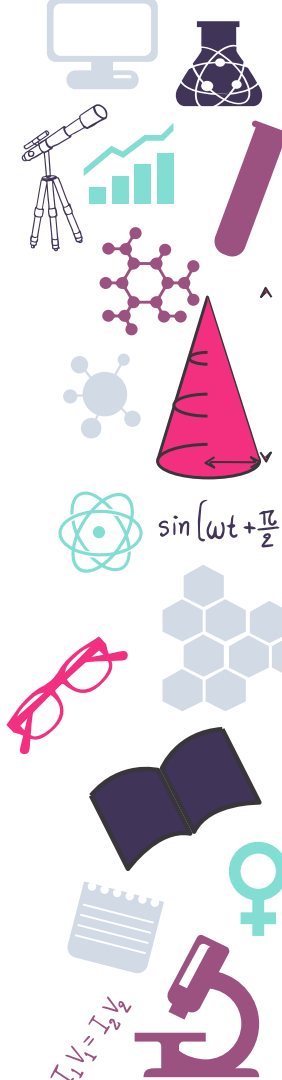
при термодинамическом равновесии
каждому процессу можно сопоставить
обратный процесс, причем скорости их
протекания одинаковы.



Вынужденное излучение (вторичные фотоны) *тождественно вынуждающему* излучению (первичным фотонам):

оно имеет такие же **частоту, фазу, поляризацию и направление распространения**, как и вынуждающее излучение.

Вынужденное излучение *строго когерентно с вынуждающим* излучением, т.е. испущенный фотон неотличим от фотона, падающего на атом.



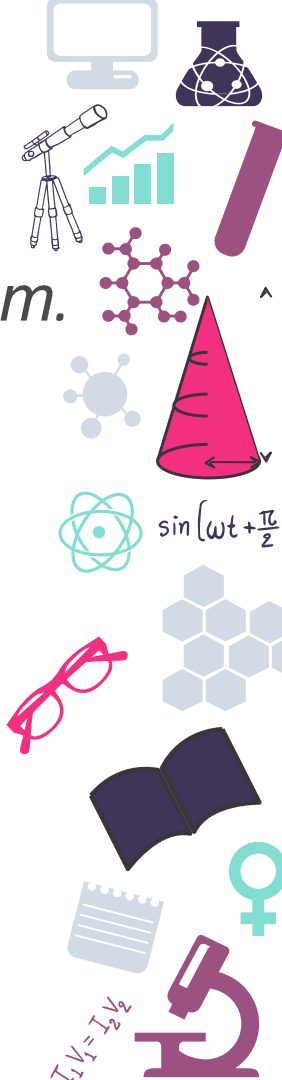
Радиусы орбит

- Радиусы стационарных орбит квантованы, т. е. имеют дискретные значения, пропорциональные квадрату главного квантового числа.

$$r_n = 4\pi\epsilon_0 \frac{\hbar^2 n^2}{me^2}$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

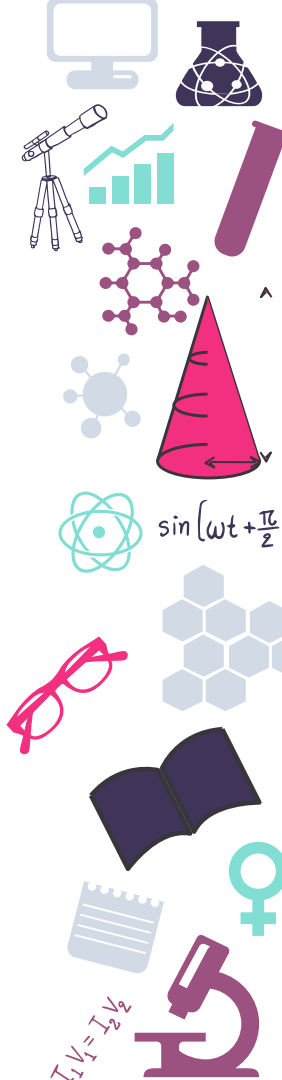
$$r_1 = 5 \cdot 10^{-11} \quad - \text{наименьший радиус орбиты}$$



Энергия стационарного состояния

$$E_n = -\frac{k^2 m_e e^4}{2\hbar^2} \frac{1}{n^2}$$

- где $n = 1, 2, 3, \dots$.
- Энергия электрона в атоме принимает не любые, а дискретные значения, т. е. квантуется.





Энергия основного состояния электрона в атоме водорода:

$$n=1$$

$$E_1 = -\frac{k^2 m_e e^4}{2\hbar^2} = -13,6 \text{ эВ}$$

- Состояния с $n=2,3,4,\dots$ соответствуют возбужденным состояниям

Излучения света

- Формула Ридберга, 1890г.

$$\nu_{kn} = \frac{k^2 m_e e^4}{4\pi \hbar^3} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right) \quad k > n$$

$$R = \frac{m k^2 e^4}{4\pi \hbar^3}$$

– постоянная Ридберга

$$R = 3,2 \cdot 10^{15} \text{ c}^{-1}$$

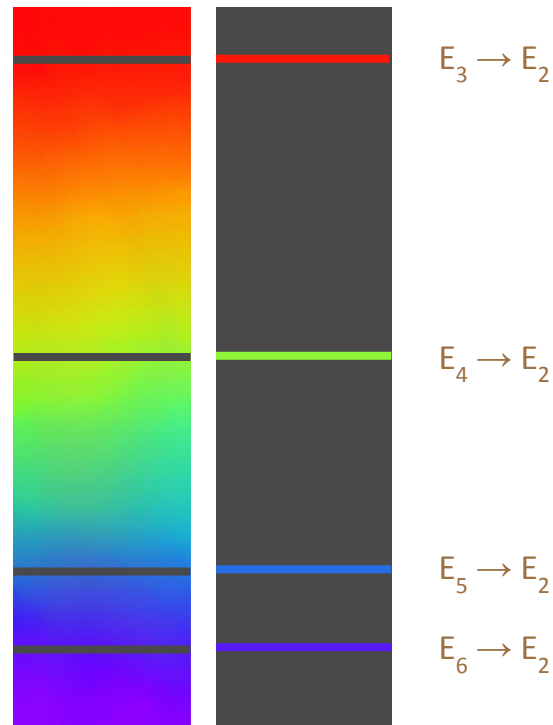
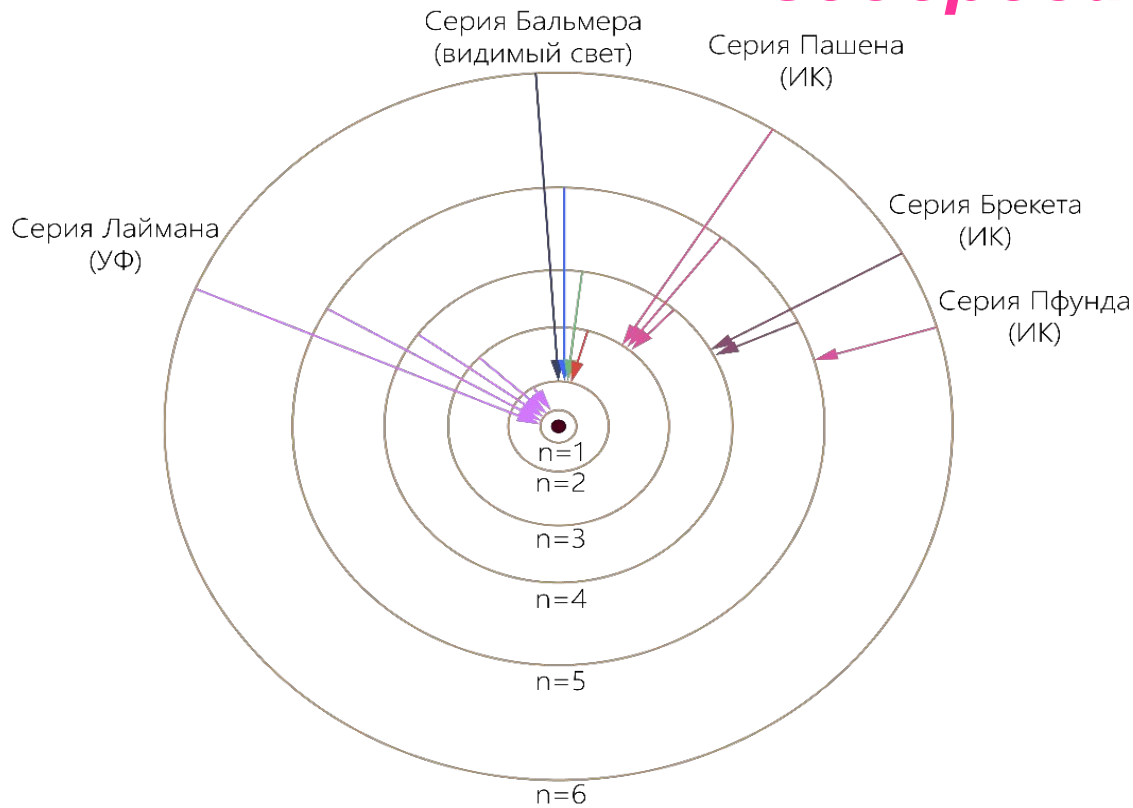




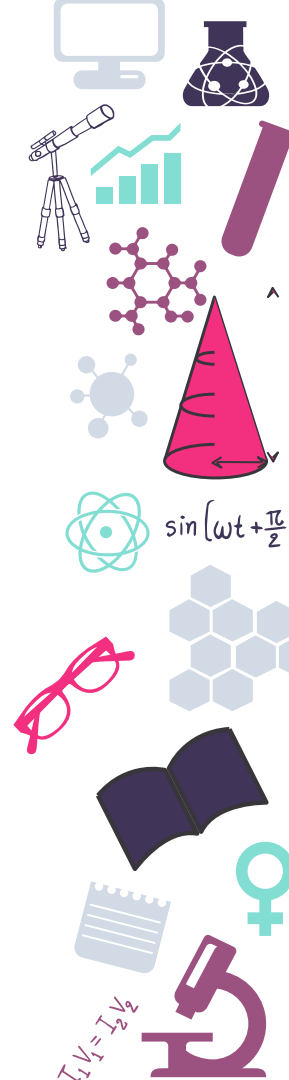
- Все частоты излучений атома водорода. Они составляют ряд серий, каждая из которых образуется при переходах атома в одно из энергетических состояний со всех верхних энергетических состояний (состояний с большей энергией).

$$\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Спектральные серии водорода

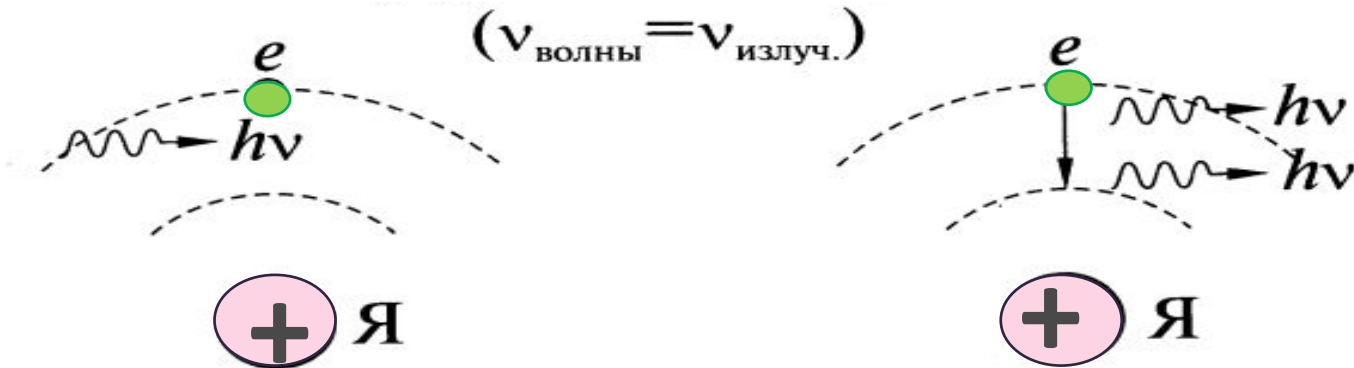


Лазер



Лазеры

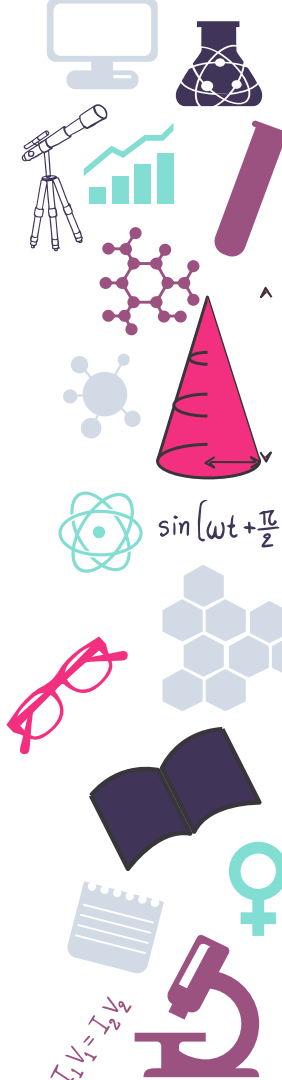
- - генератор индуцированного когерентного излучения
- **Индукцированное излучение** (вынужденное) – излучение под действием света



$$\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

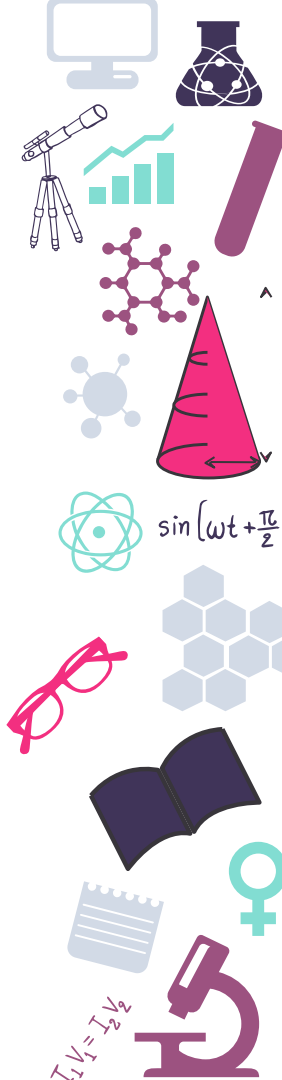
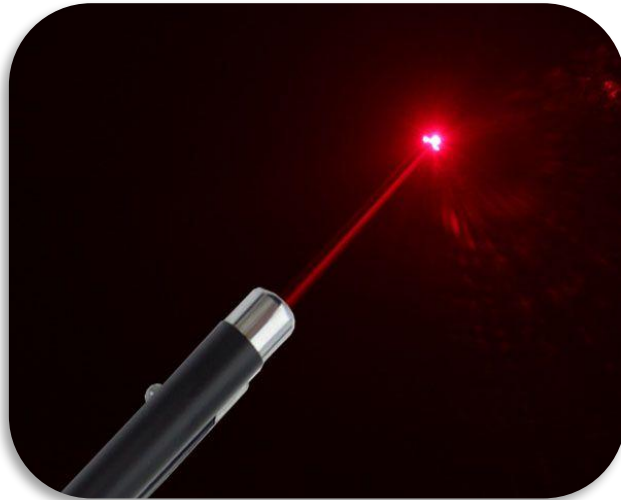
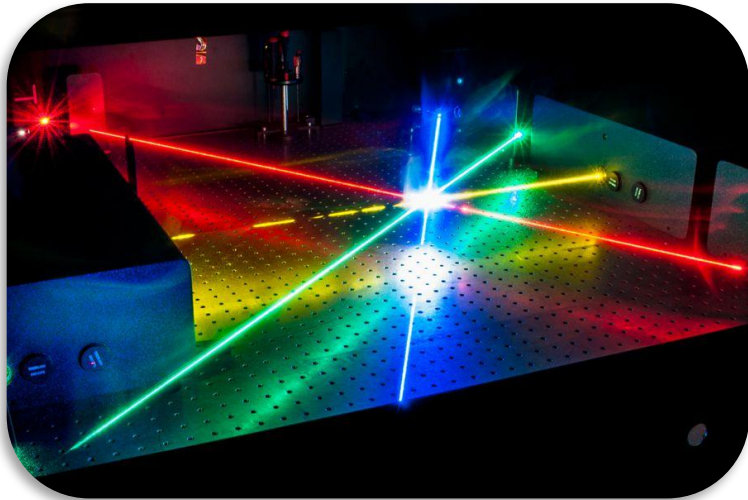
Слово «лазер» образовано из начальных букв английской фразы:

- **Light Amplification by Stimulated of Radiation,**
- «усиление света посредством вынужденного излучения».
- Другое название – квантовый генератор оптического излучения.



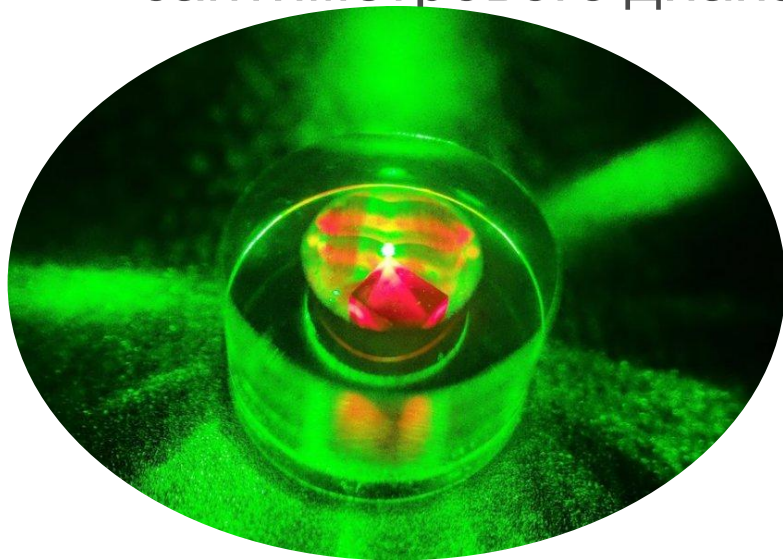
Лазеры генерируют

в видимой, инфракрасной и ближней ультрафиолетовой областях (в оптическом диапазоне).

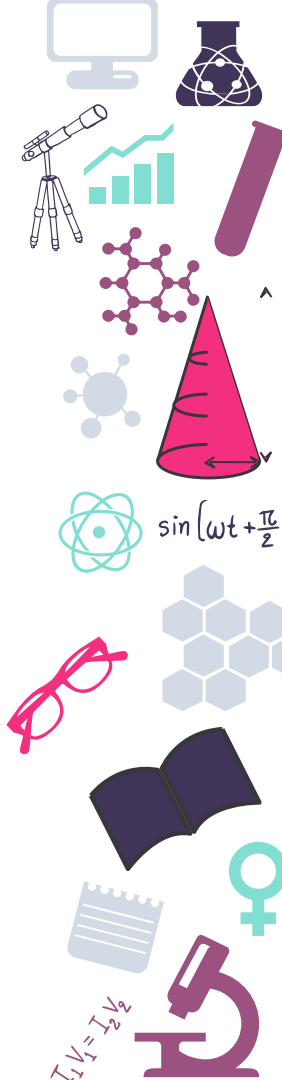


Мазер

— квантовый генератор, излучающий когерентные электромагнитные волны сантиметрового диапазона (микроволны).

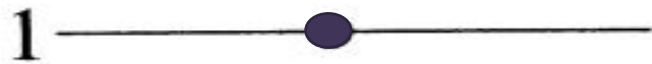
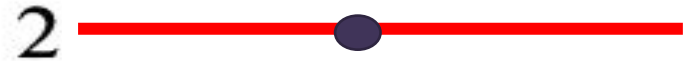


Его название — сокращение фразы «Усиление микроволн с помощью вынужденного излучения»



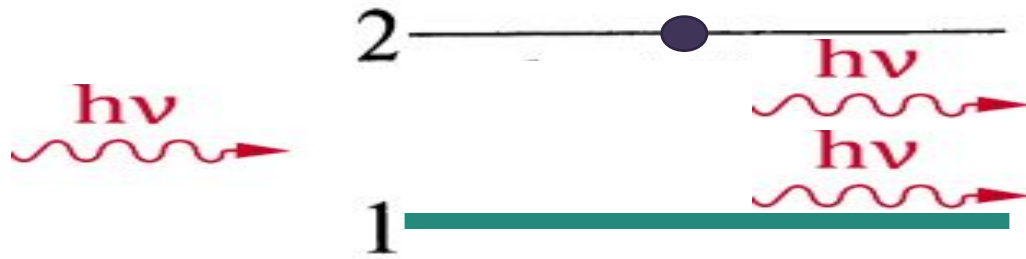
Принцип действия лазеров

Поглощение $E = h\nu$

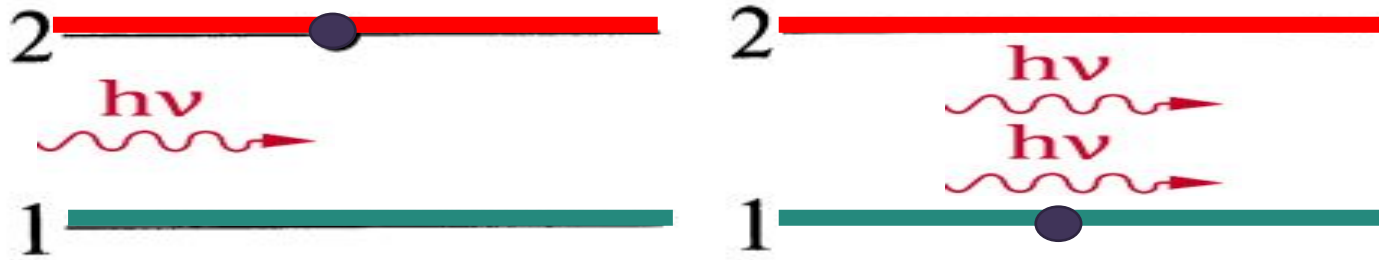


Невозбужденный
атом

Индукцированное излучение



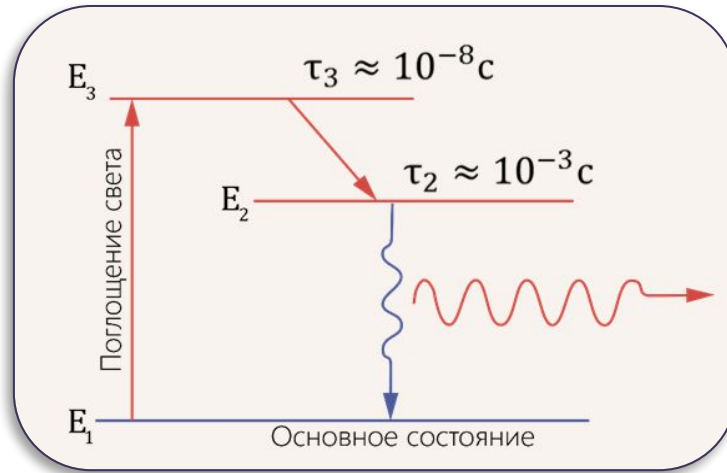
Индукцированное излучение



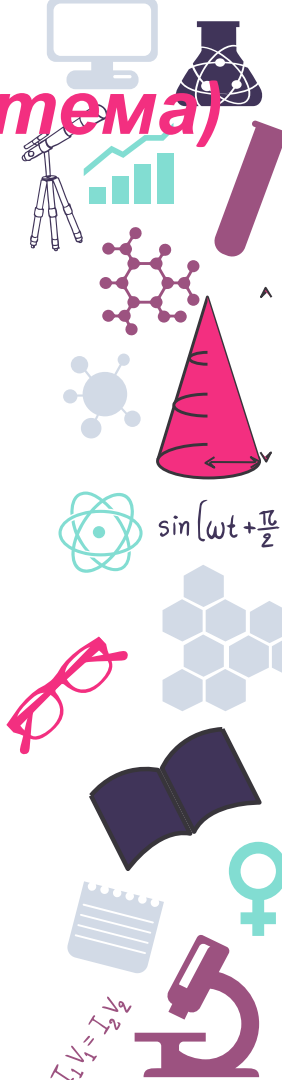
АТОМЫ ИЗ ВОЗБУЖДЕННОГО СОСТОЯНИЯ

↓
НЕВОЗБУЖДЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
(ЭМ волна усилилась)

Усиление света (трехуровневая система)



- На уровне 3 система «живет» мало, после самопроизвольно переходит в состояние 2 без излучения света. ($E_3 \rightarrow E_2$ передается крист. решетке.)
- Переход $E_2 \rightarrow E_1$ под действием внешней электромагнитной волны сопровождается излучением. После вспышки мощной лампы система переходит в состояние 3 и спустя промежуток времени оказывается в состоянии 2, в котором «живет» сравнительно долго.
- «Перенаселенность» возбужденного уровня 2.





<https://studfiles.net/preview/3897978/page:8/>

