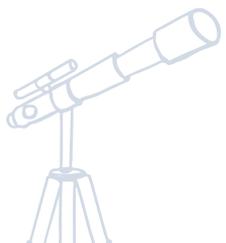


# Квантовая природа излучения и поглощения света

## Постулаты Бора



# Нильс Бор, 1913г.

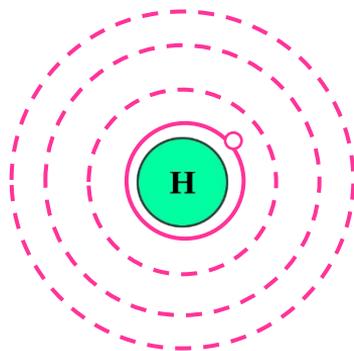


- Модель Резерфорда + идеи Планка
- *1 постулат: стационарные состояния*



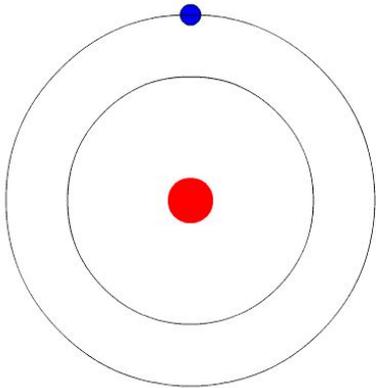
# *I постулат* – постулат стационарных состояний

- 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:

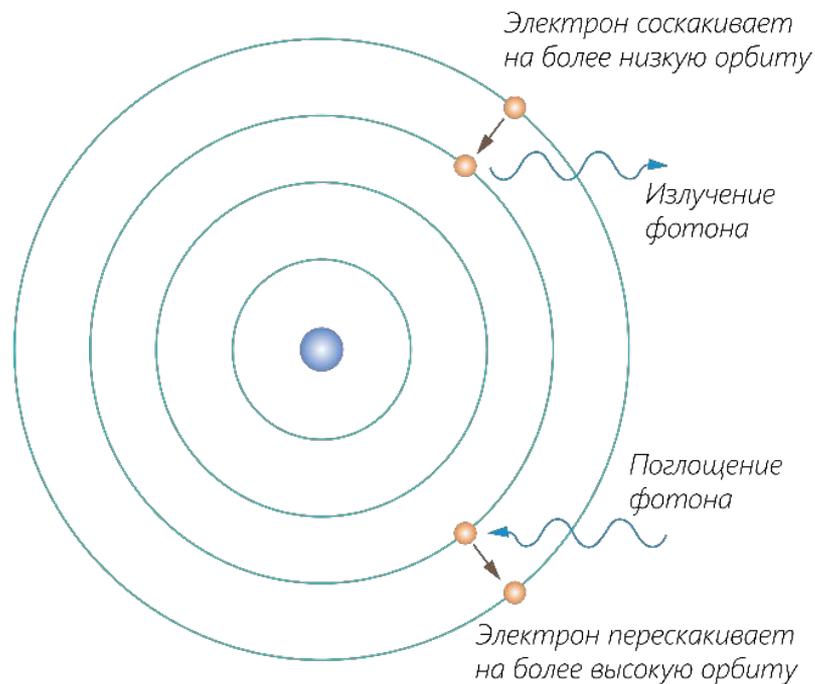


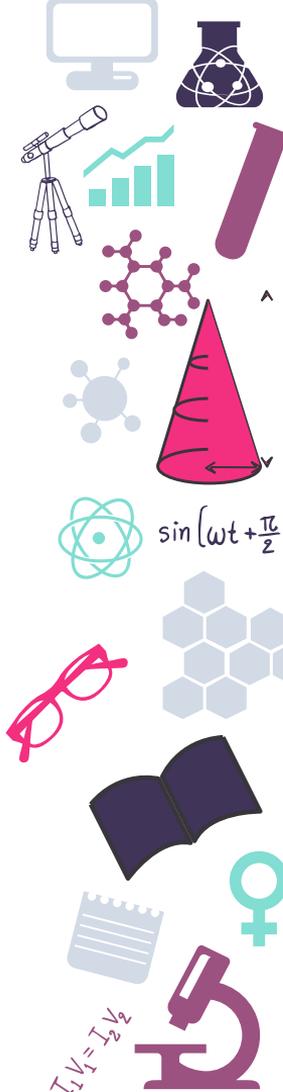
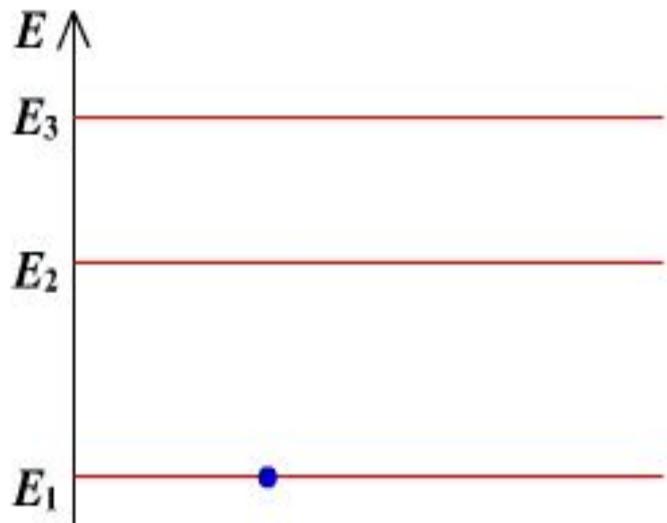
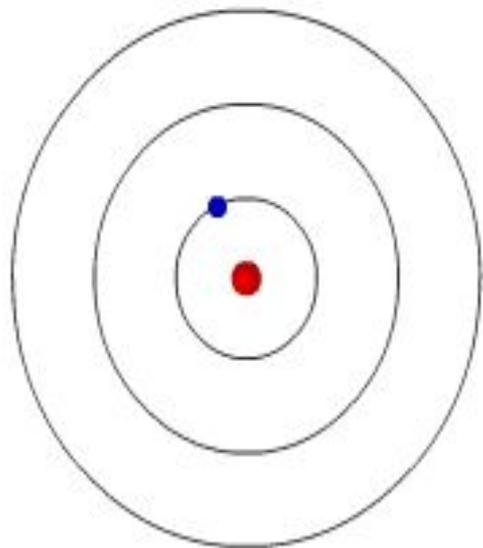
$$h\nu_{kn} = E_k - E_n$$

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

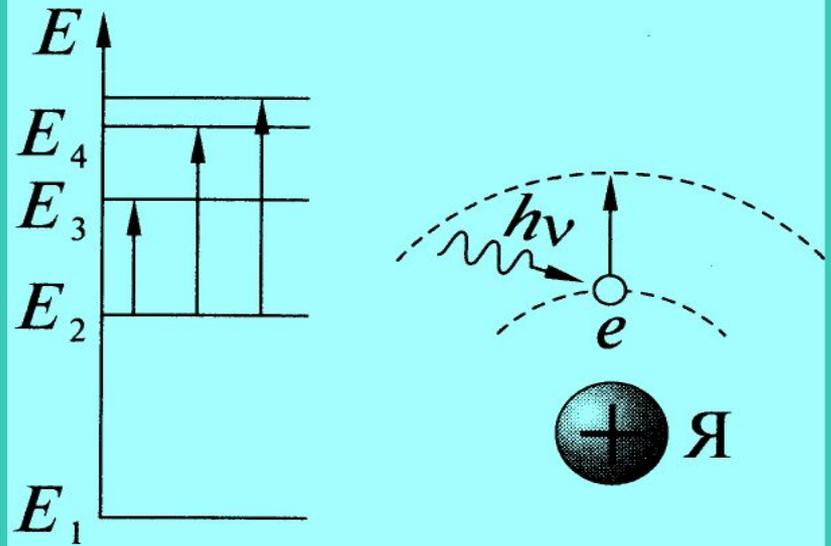


- **При поглощении** света атом переходит из стационарного состояния с меньшей энергией в стационарное состояние с большей энергией.

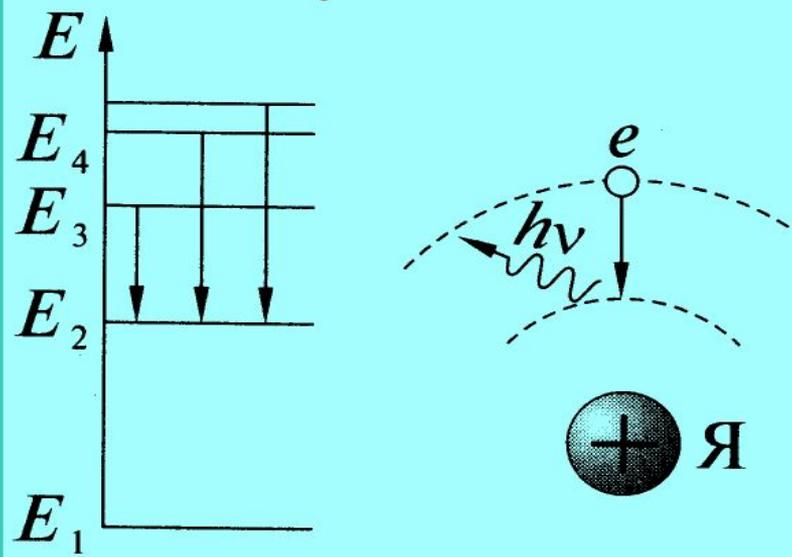




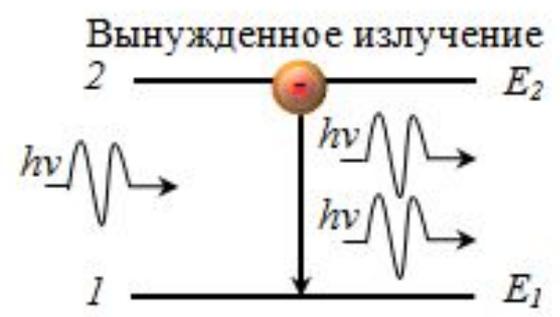
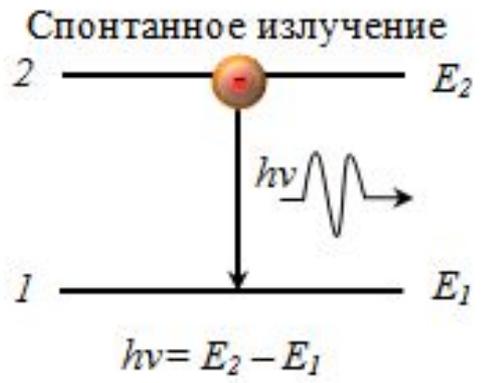
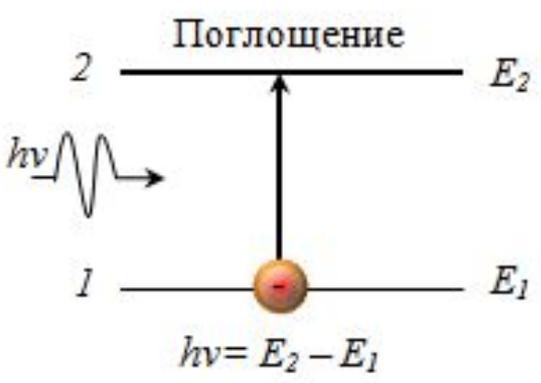
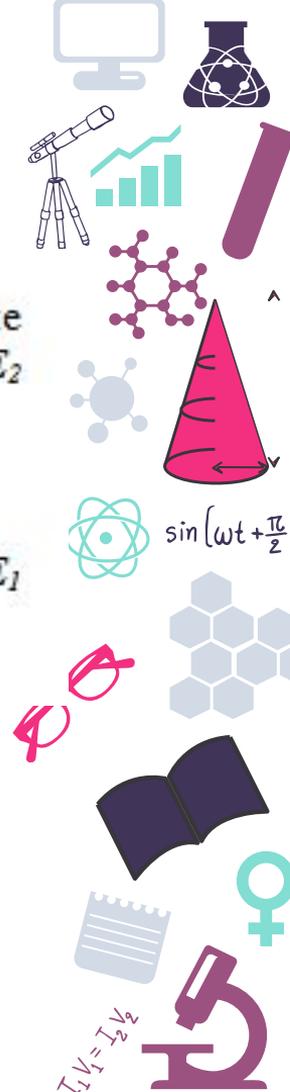
# Поглощение



# Излучение



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

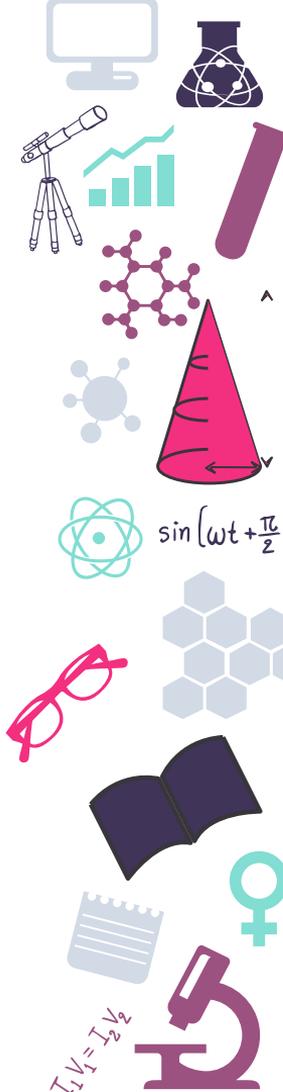


$I_1 V = I_2 V_2$

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

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.



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

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.

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

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

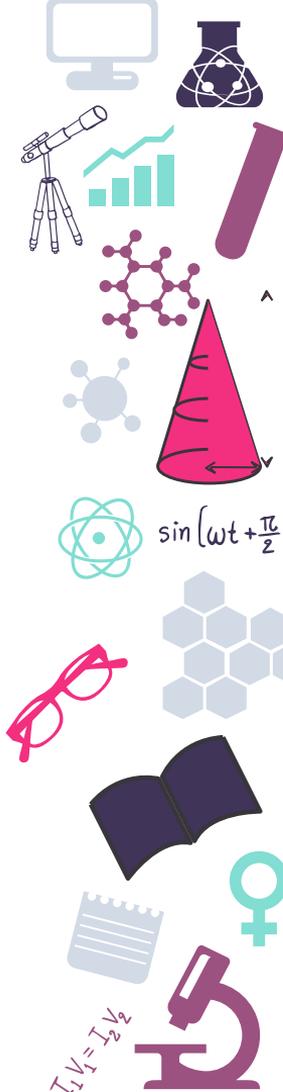
$$r_1 = 5 \cdot 10^{-11} \quad - \text{наименьший радиус орбиты}$$



# 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.

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

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

– постоянная Ридберга

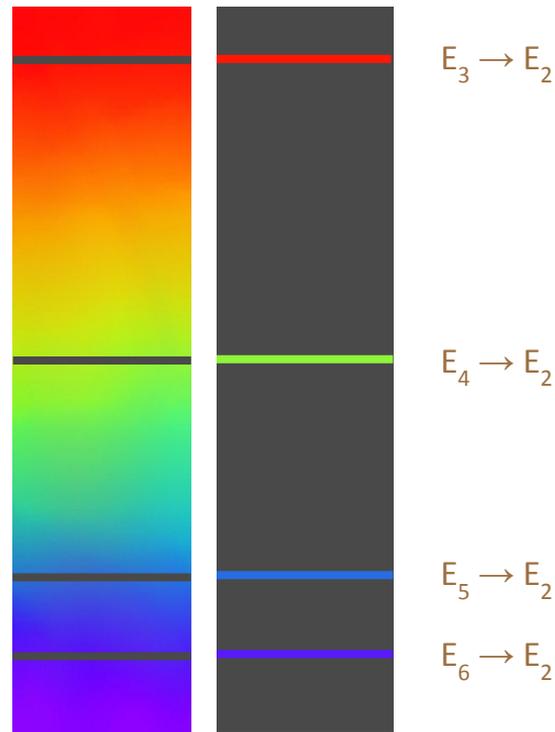
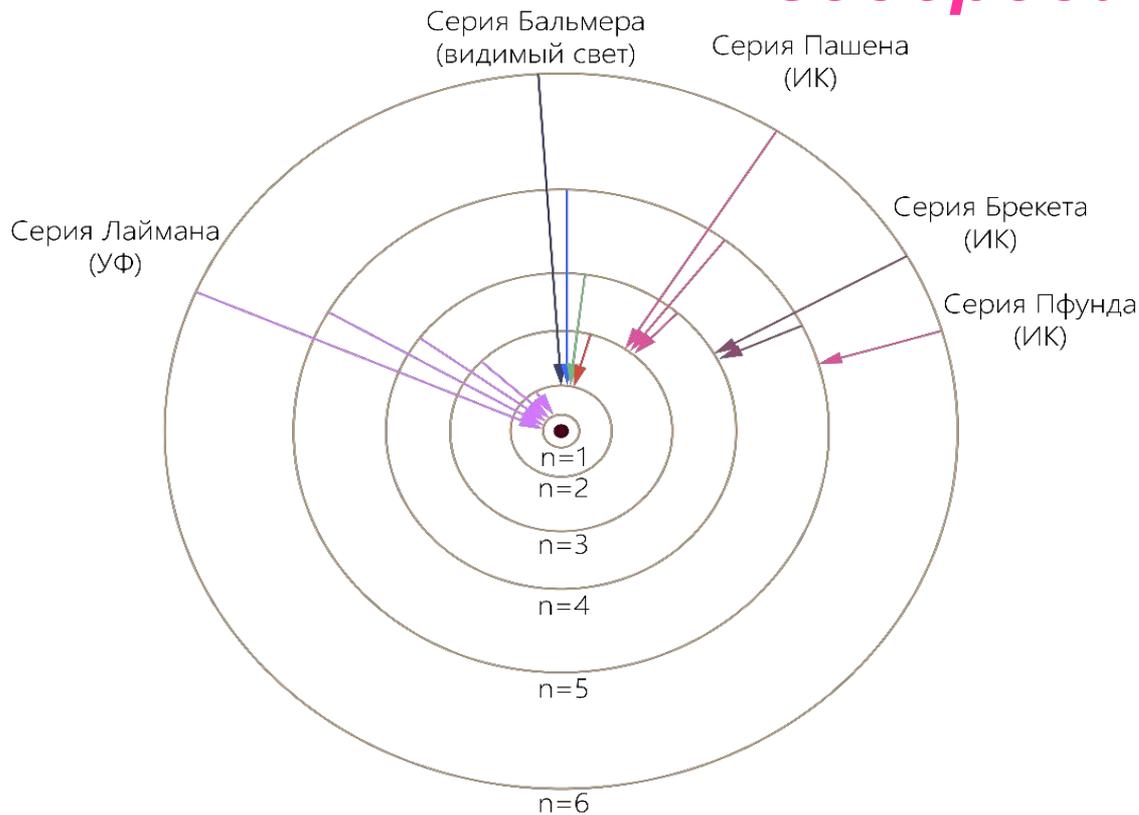
$$R = 3,2 \cdot 10^{15} \text{ c}^{-1}$$



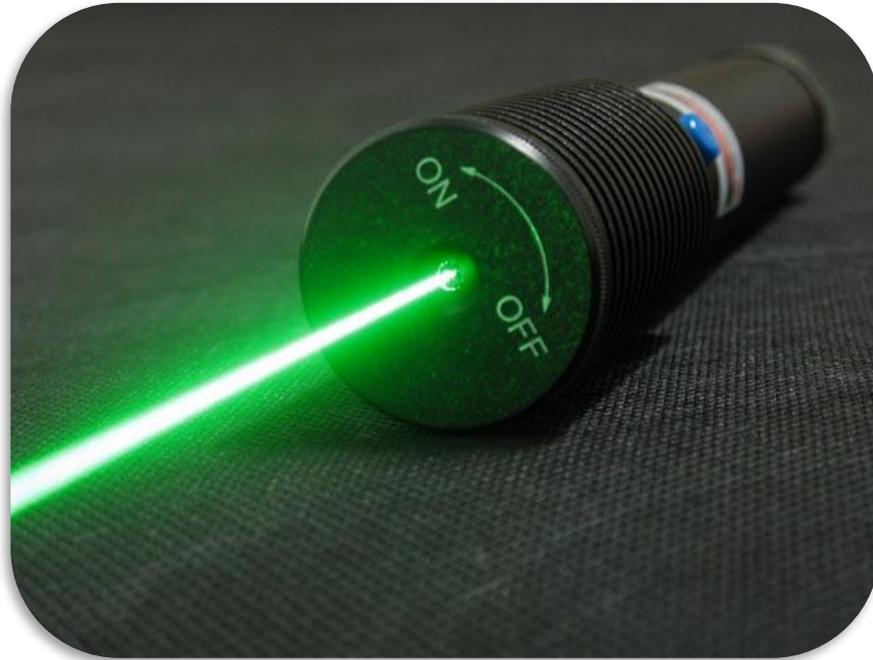


- Все частоты излучений атома водорода. Они составляют ряд серий, каждая из которых образуется при переходах атома в одно из энергетических состояний со всех верхних энергетических состояний (состояний с большей энергией).

# Спектральные серии водорода

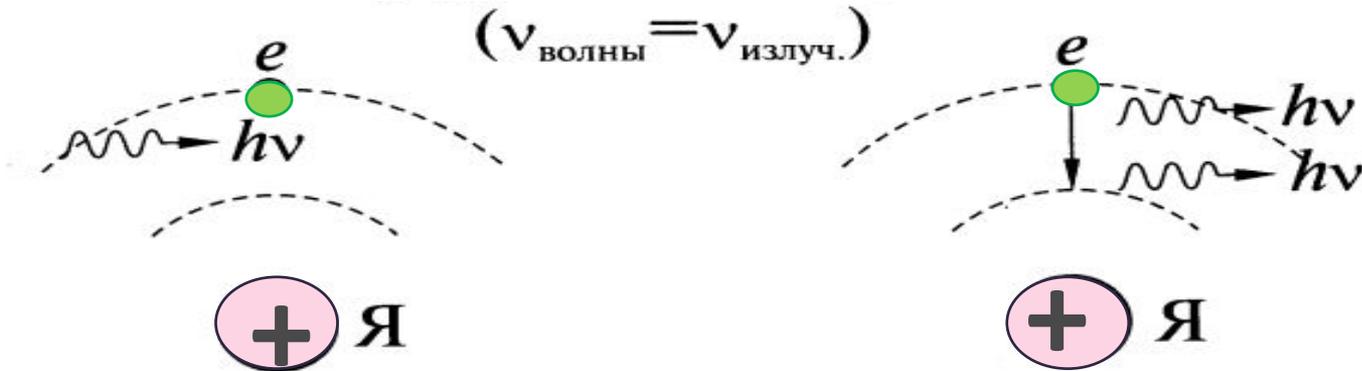


# Лазер



# Лазеры

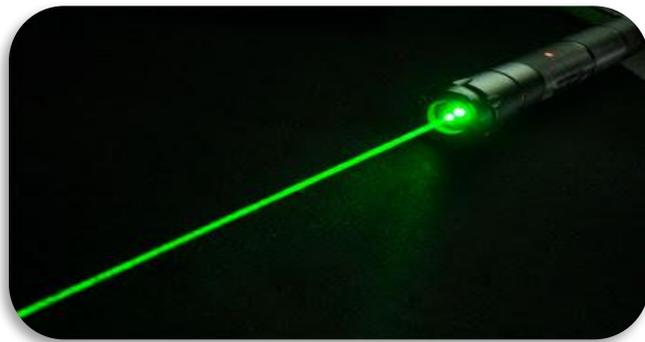
- - генератор индуцированного когерентного излучения
- **Индукцированное излучение** (вынужденное) – излучение под действием света



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

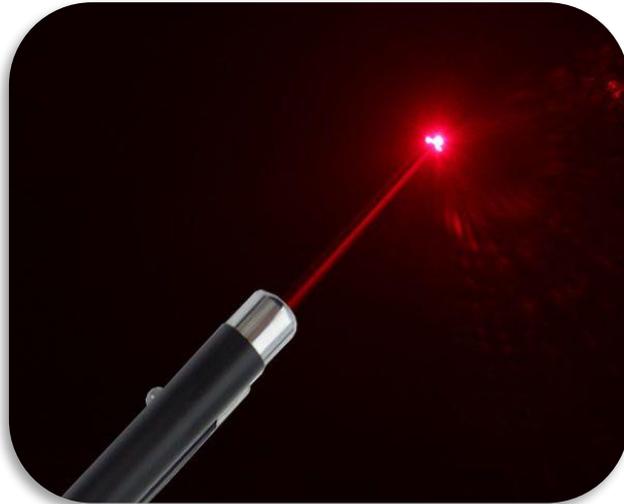
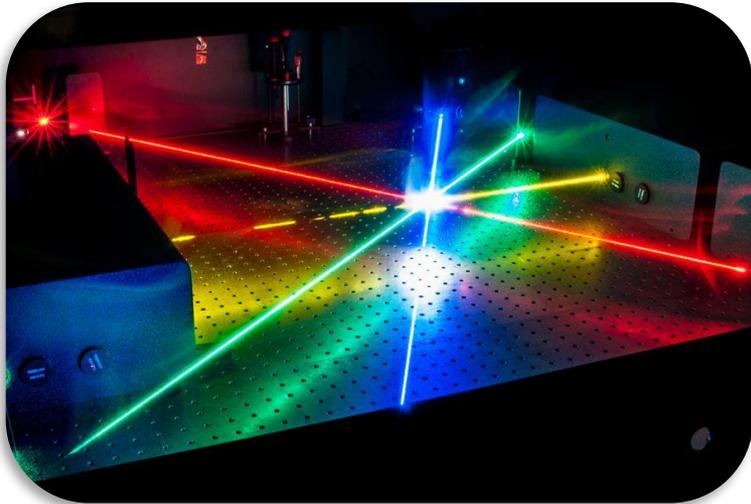
# Слово «лазер» образовано из начальных букв английской фразы:

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



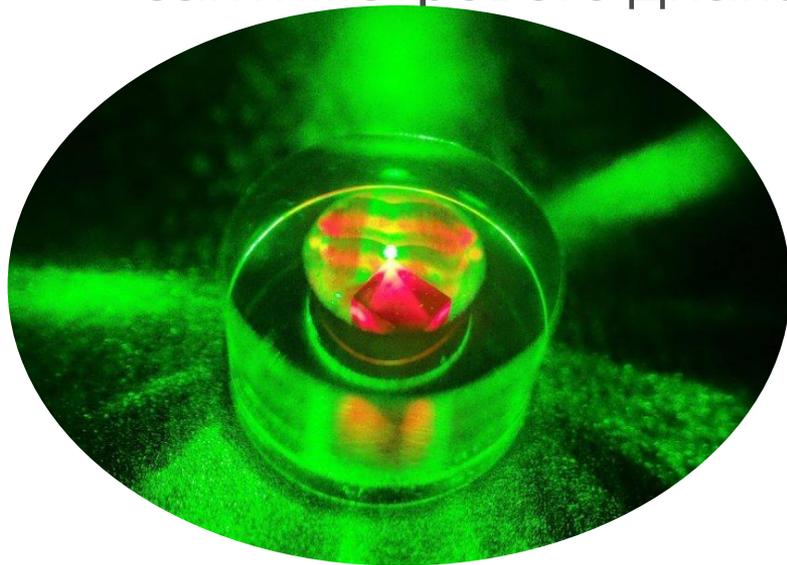
# Лазеры генерируют

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



# Мазер

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

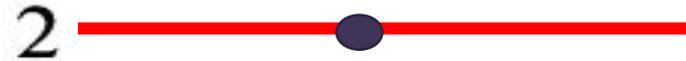


*Его название — сокращение фразы «Усиление микроволн с помощью вынужденного излучения»*



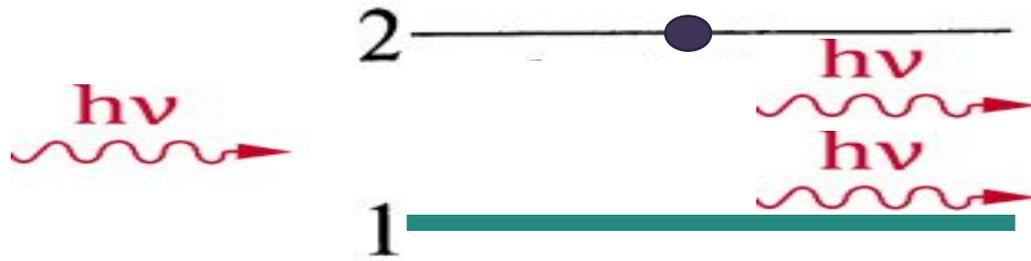
# Принцип действия лазеров

Поглощение  $E = h\nu$

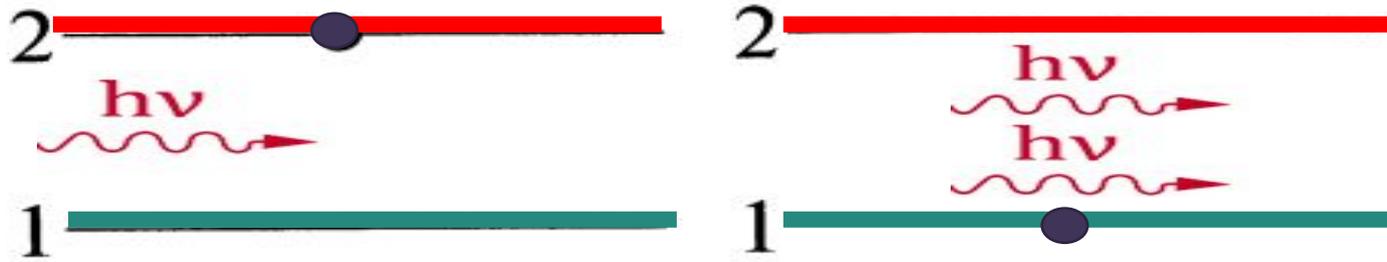


Невозбужденный  
атом

# Индукцированное излучение



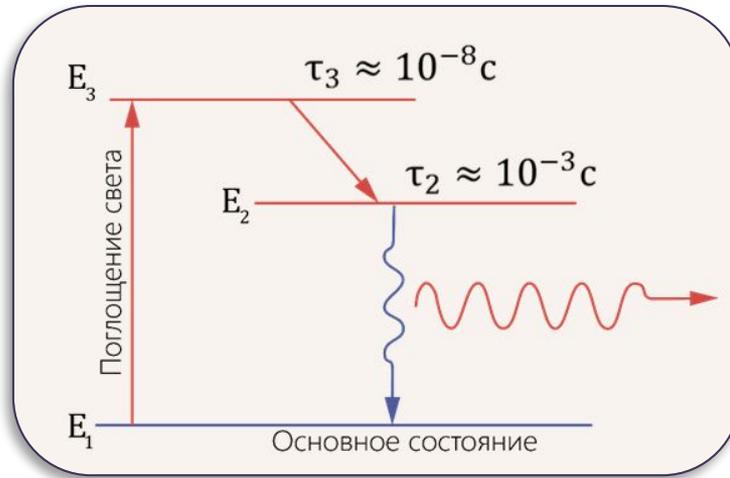
# Индукцированное излучение



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/>

