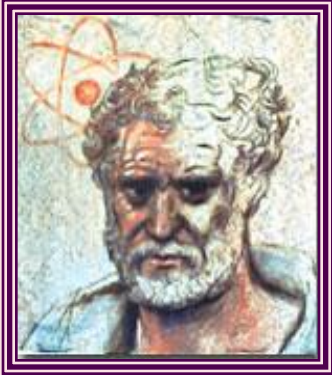


**АТОМ**

# АТОМ

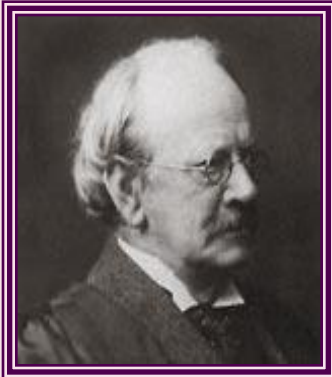
- **Понятие об атоме**
- **Виды радиоактивных излучений**
- **Модели атома**
- **Опыт Резерфорда**
- **Размер ядра**
- **Противоречия модели атома Резерфорда**
- **Постулаты Бора**
- **Серии излучения атома водорода**
- **Лазер**

# АТОМ



*Демокрит*

*Атом – «неделимый» (греч.)*

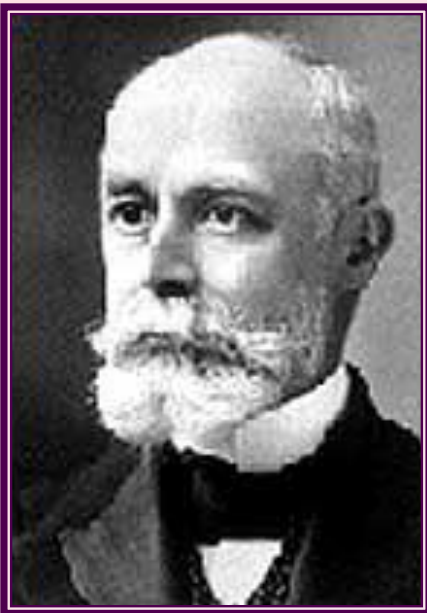


*1896 г. - Дж. Дж. Томсон – открытие электрона при исследовании «катодных лучей».*

*Атом имеет сложное строение.*



# Открытие радиоактивности



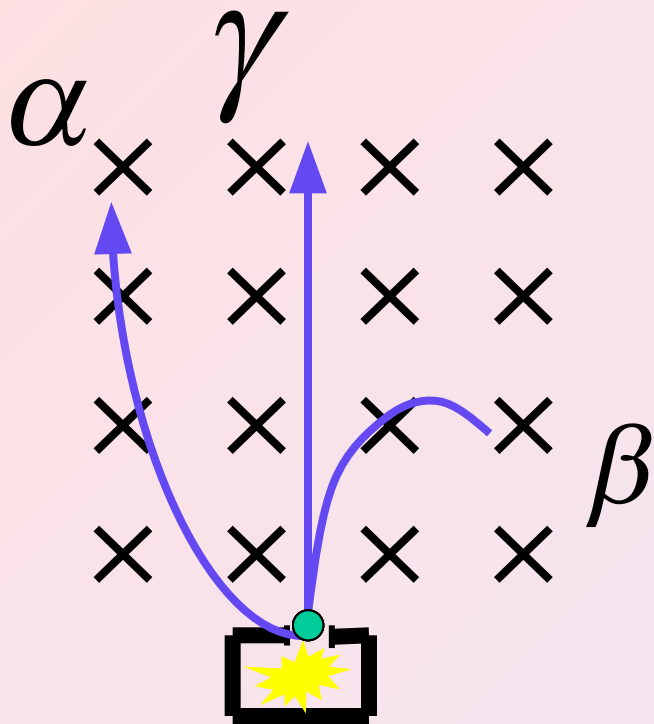
1896

Г.  
Анри Беккерель

**Радиоактивность – спонтанное  
излучение атомов.**

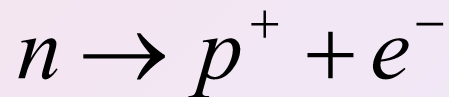


# Виды излучений



$\alpha$  - ядра атома гелия ( $2p+2n$ )

$\beta$  - электроны, образующиеся в ядре атома при распаде нейтронов

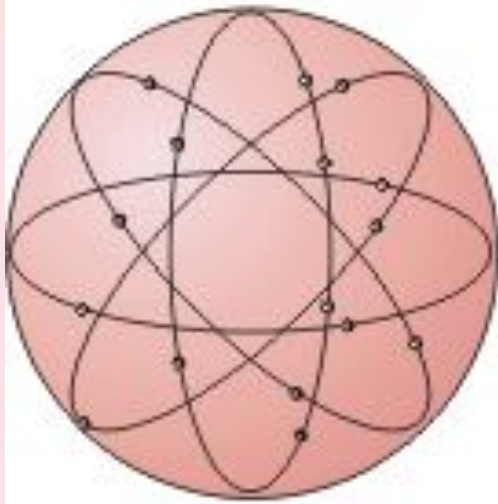


$\gamma$  - электромагнитное излучение большой энергии

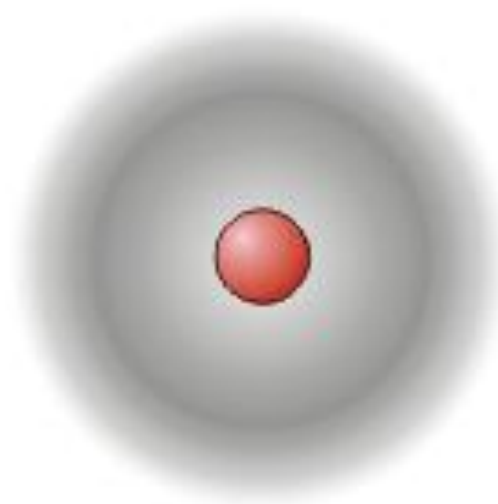


# Модели атомов

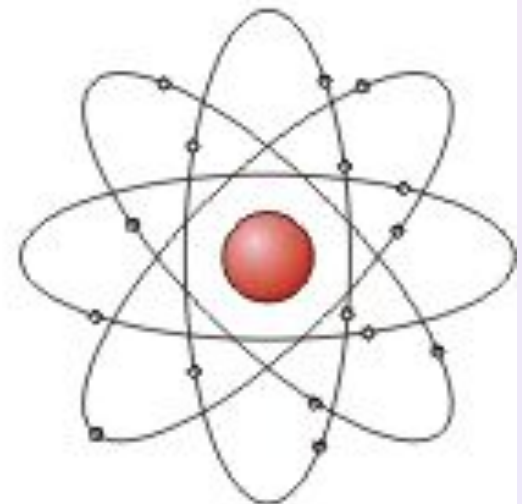
Устаревшие модели атома



Модель Томсона



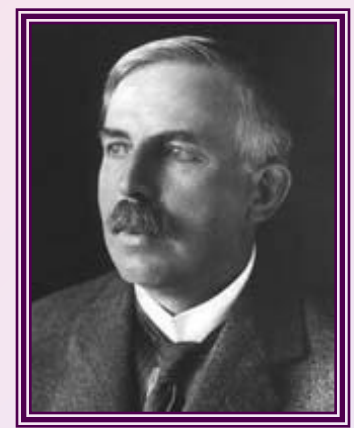
Модель Нагаоки



Модель Резерфорда

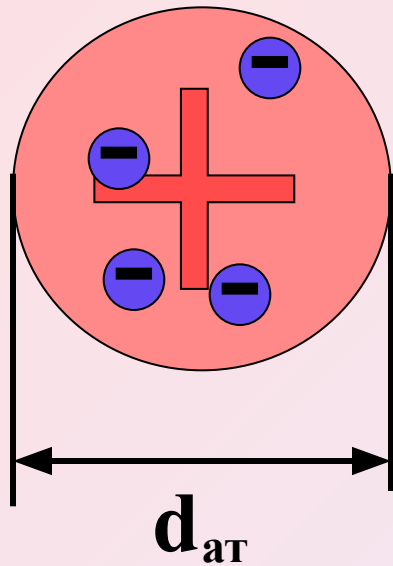


# Модели атомов



Дж. Дж. Томсон  
1896 г.

«сливовый пудинг»



$$\sum q_{эл} = q_+$$

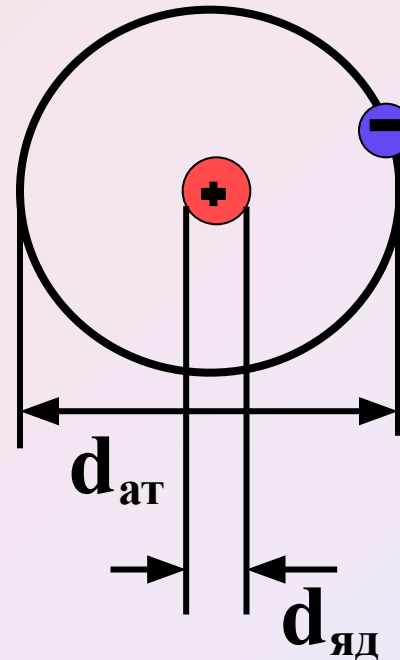
$$q_{ат} = 0$$

$$r_{ат} \sim 10^{-10} \text{ м}$$

$$r_{я} \sim 10^{-15} \text{ м}$$

Э. Резерфорд  
1906 г. (1911 г.)

планетарная (ядерная) модель



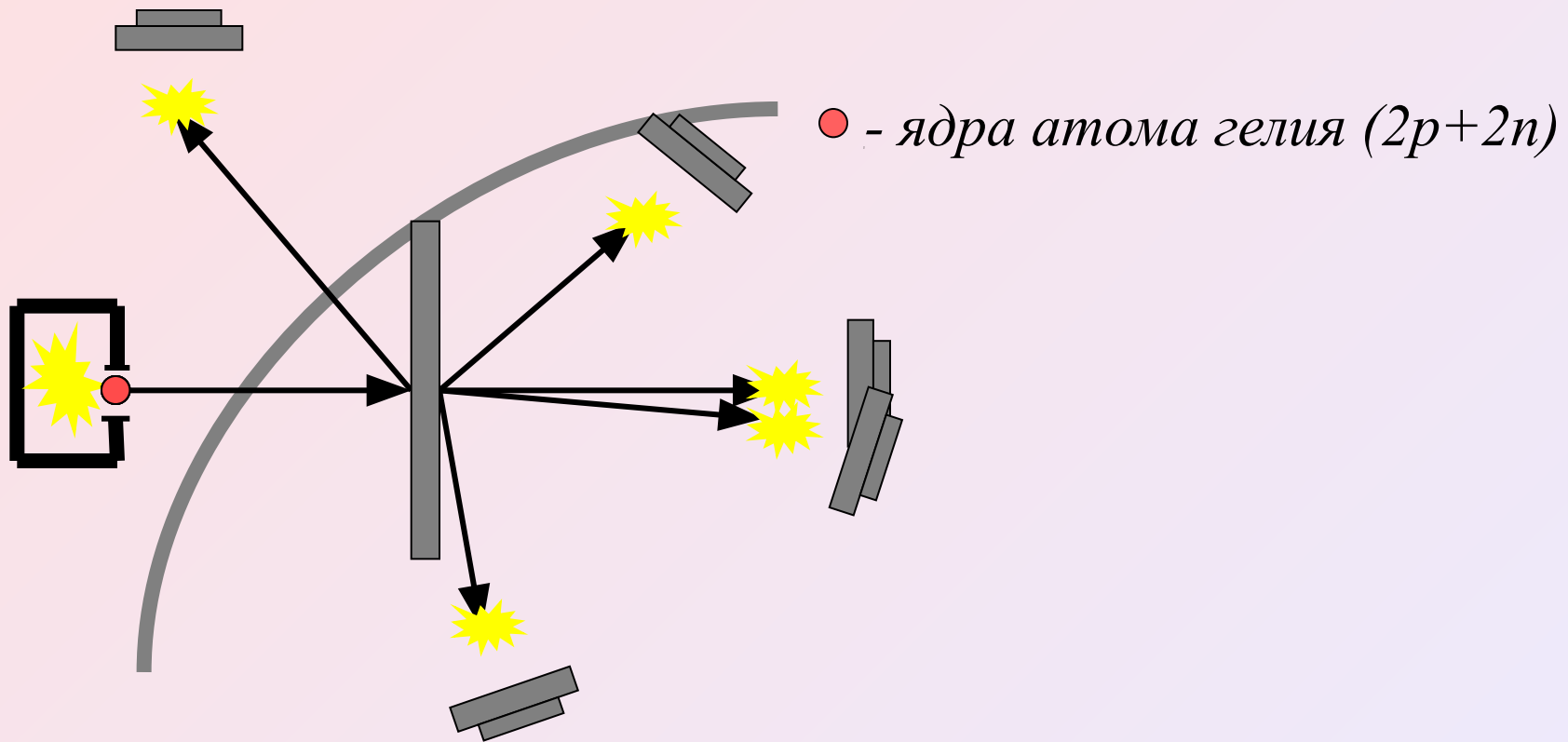
$$\sum q_{эл} = q_{я}$$

$$q_{ат} = 0$$

$$m_{я} = 99,9\% \cdot m_{ат}$$

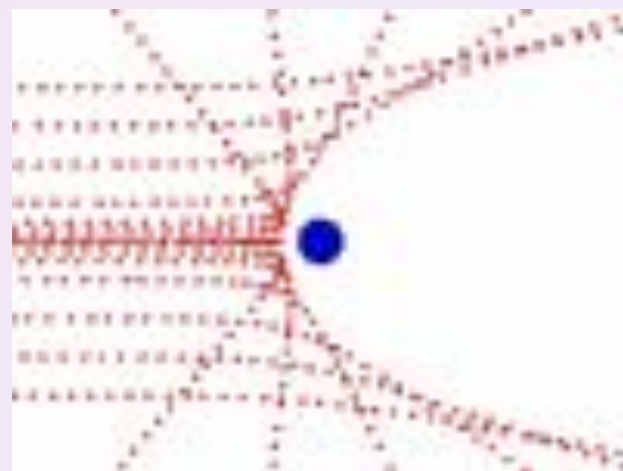
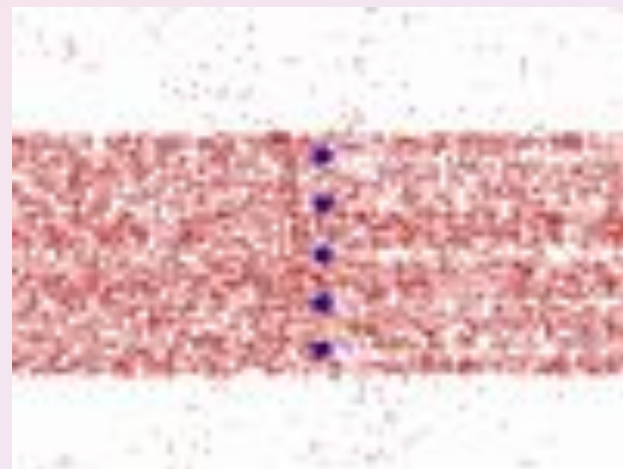
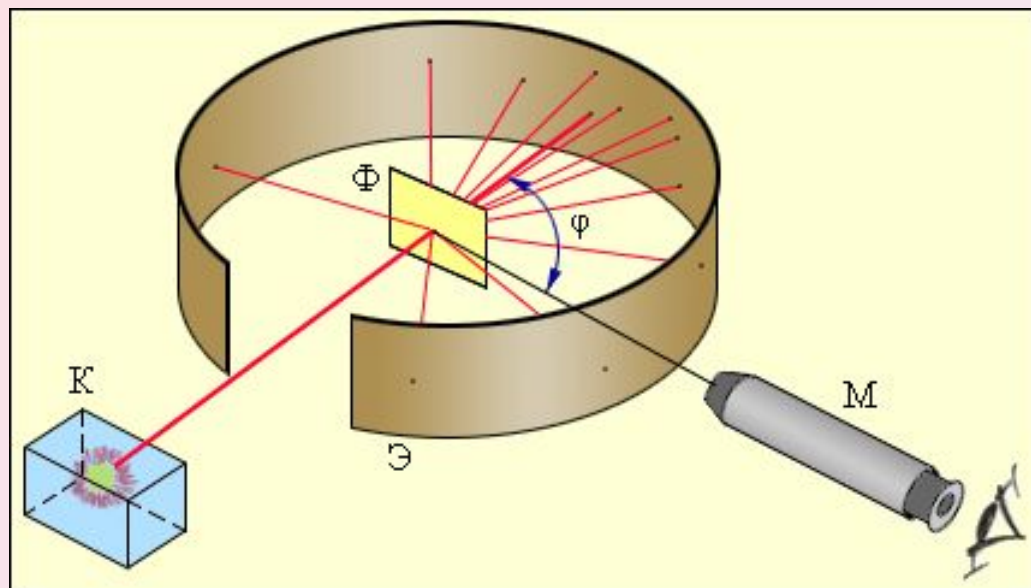


# Опыт Резерфорда

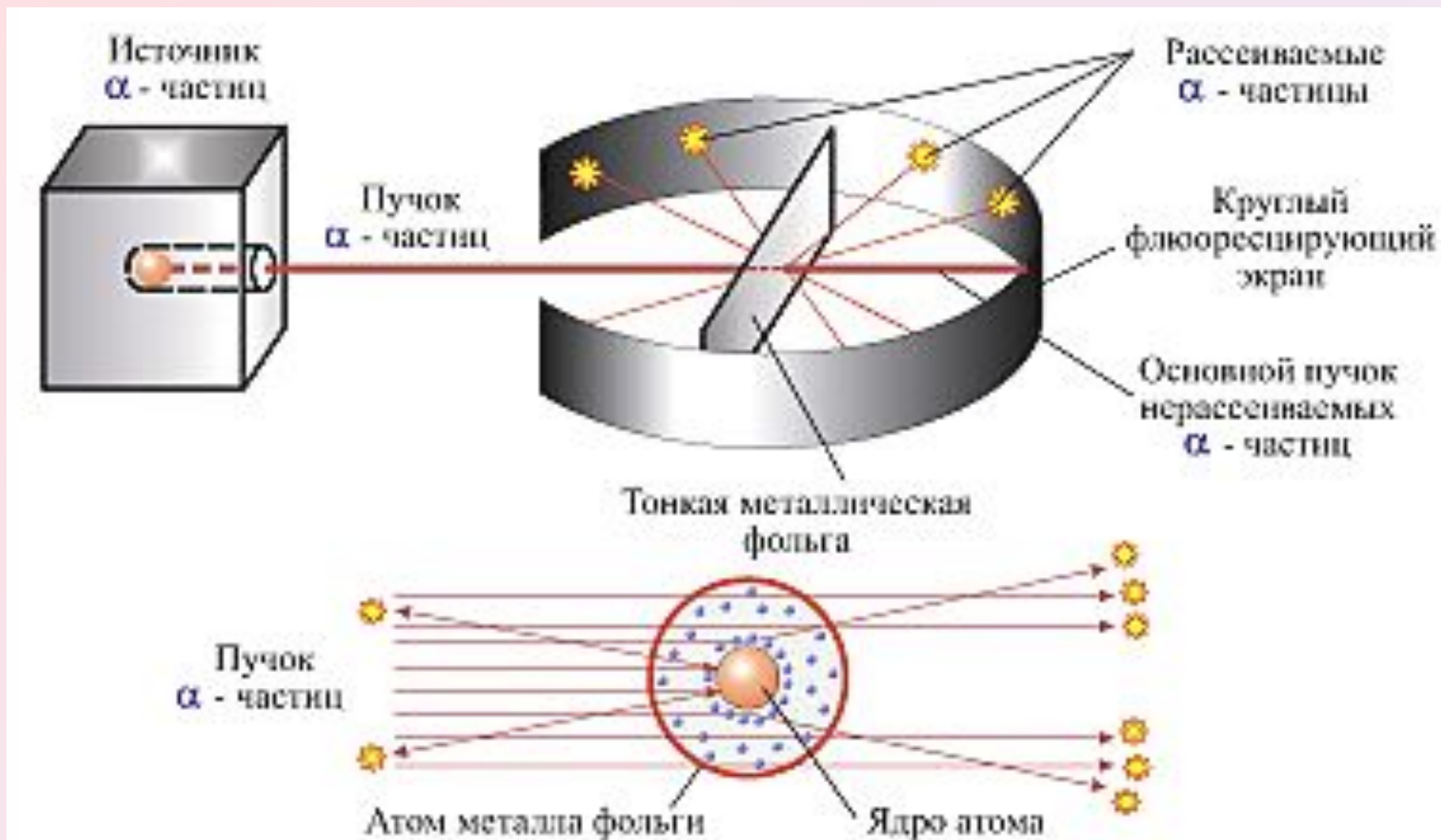




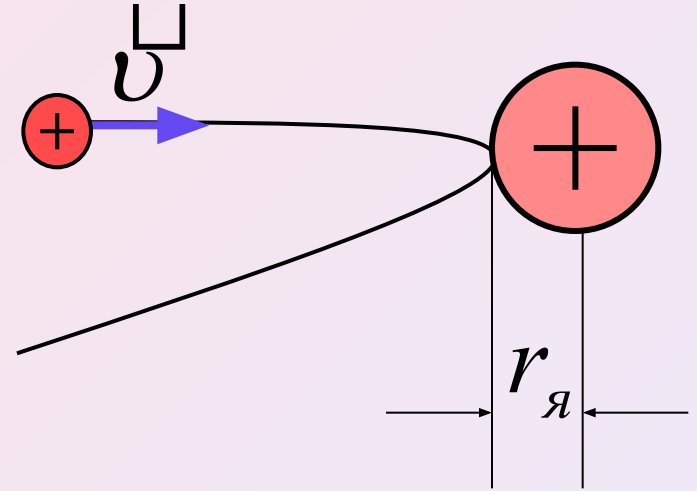
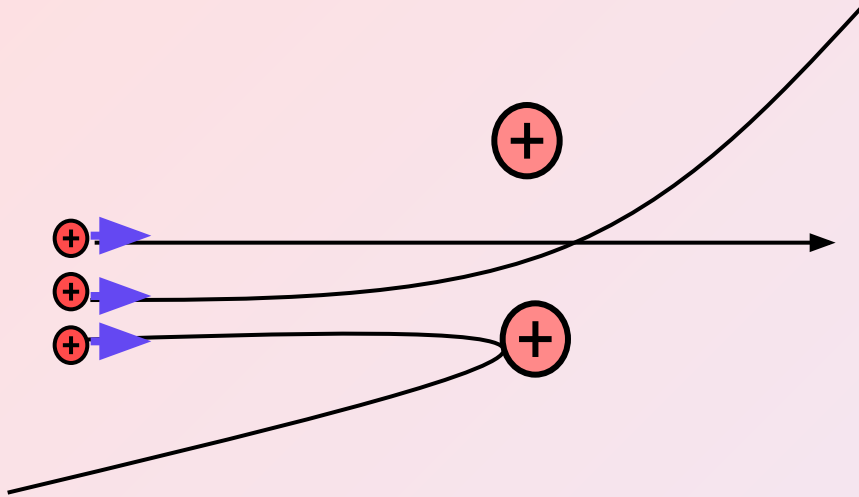
# Опыт Резерфорда



# Опыт Резерфорда



# Размеры ядра



$$E_k = E_n$$

$$\frac{m_\alpha v_\alpha^2}{2} = F_k r_\text{я}$$

$$F_k = k \frac{q_\text{я} \cdot q_\alpha}{r_\text{я}^2}$$

$$q_\text{я} = Ze$$

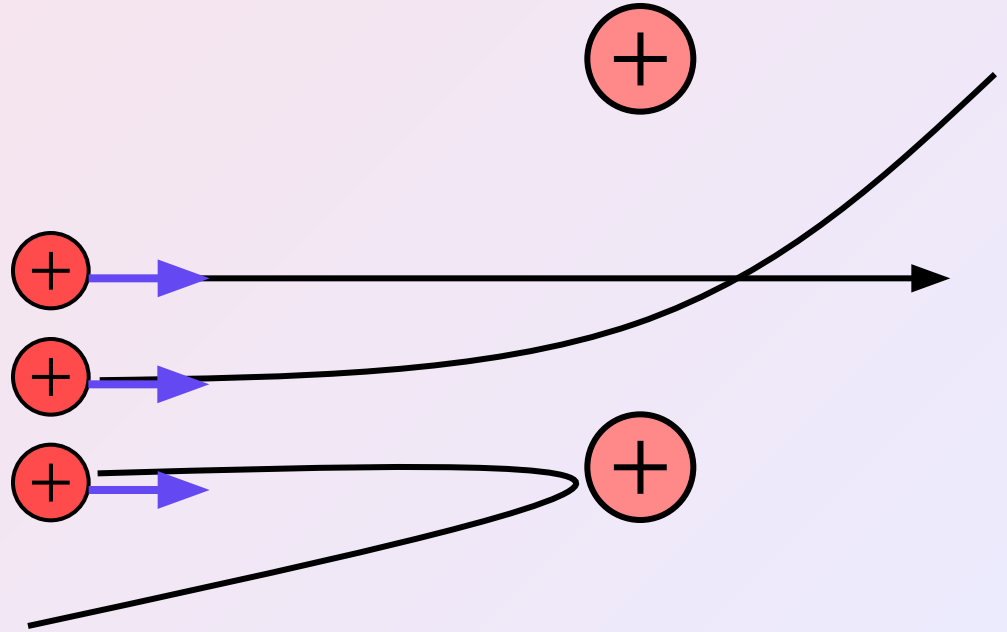
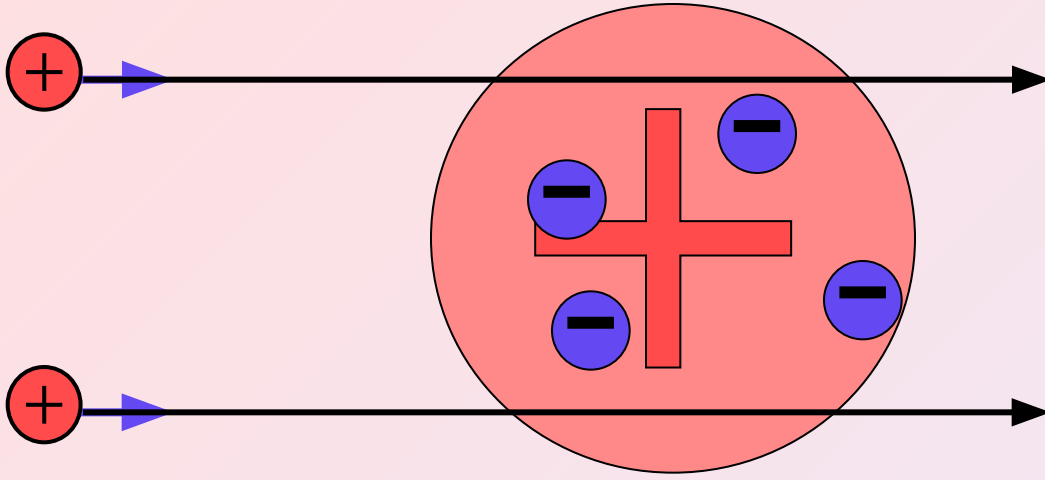
$$q_\alpha = 2e$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0}$$

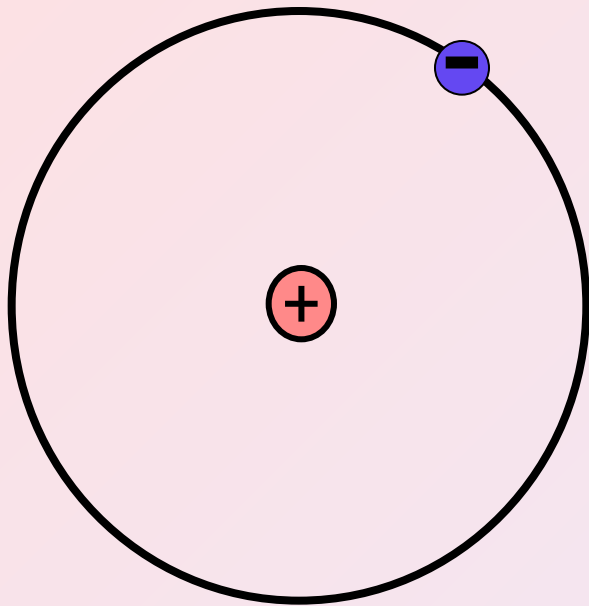
$$\frac{m_\alpha v_\alpha^2}{2} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{Ze \cdot 2e}{r_\text{я}^2} \cdot r_\text{я}$$

$$r_\text{я} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{4Ze^2}{m_\alpha v_\alpha^2}$$





# Противоречия модели Резерфорда

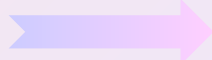


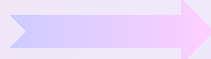
- *электрон движется по окружности*
- *движение по окружности является ускоренным*
- *электрон должен излучать*
- *электрон должен терять энергию*
- *электрон должен упасть на ядро за  $10^{-8}$  с.*



# Постулаты Бора

*Нильс Бор 1913 г.*

**-Электроны движутся вокруг ядер по круговым орбитам, среди которых разрешенными являются только определенные орбиты. Находясь на них электрон не излучает.** 

**-При переходе электрона с орбиты с более высокой энергией на орбиту с более низкой энергией атом излучает квант энергии; при переходе электрона с орбиты с более низкой энергией на орбиту с более высокой энергией атом поглощает квант энергии.** 



# Первый постулат Бора



*-Электроны движутся вокруг ядер по круговым орбитам, среди которых разрешенными являются только определенные орбиты. Находясь на них электрон не излучает.*

$L = m v \cdot r$  - момент импульса

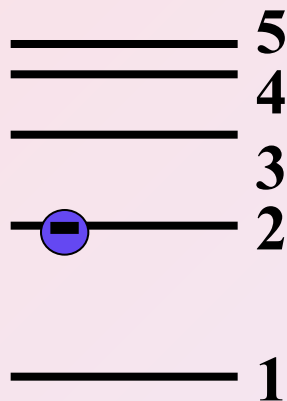
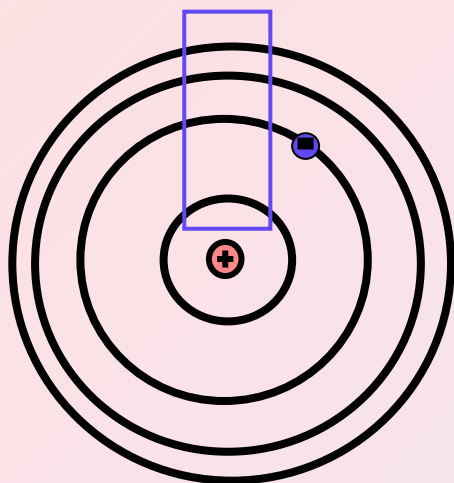
$$m v \cdot r = n \frac{h}{2\pi}$$

$$\frac{h}{2\pi} = \square$$

$n = 1, 2, 3, \dots$      $n$  – главное квантовое число



# Стационарные орбиты



возбужденные  
состояния

основное  
(невозбужденное)  
состояние

$r_0 = 0,529 \cdot 10^{-10} \text{ м}$  - боровский радиус (радиус орбиты электрона в основном энергетическом состоянии)

$$r_n = r_0 \cdot n^2$$

$E_0 = -13,6 \text{ эВ}$  - энергия электрона в основном энергетическом состоянии

$$E_n = \frac{E_0}{n^2}$$

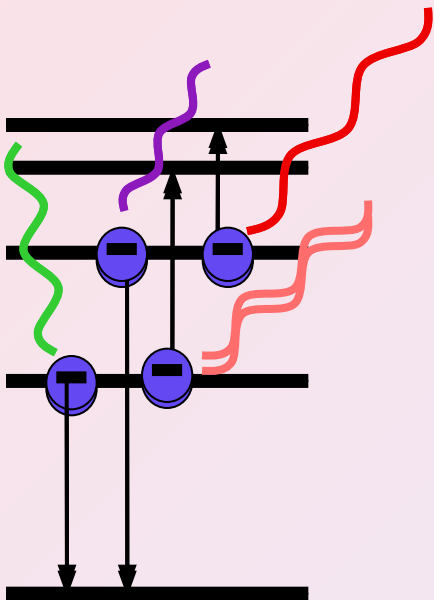
$$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$





# Второй постулат Бора

*-При переходе электрона с орбиты с более высокой энергией на орбиту с более низкой энергией атом излучает квант энергии; при переходе электрона с орбиты с более низкой энергией на орбиту с более высокой энергией атом поглощает квант энергии.*







$$h\nu = E_k - E_m = E_0 \left( \frac{1}{k^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{c}{\frac{E_0}{h} \left( \frac{1}{k^2} - \frac{1}{m^2} \right)}$$



# Серии излучения атома водорода

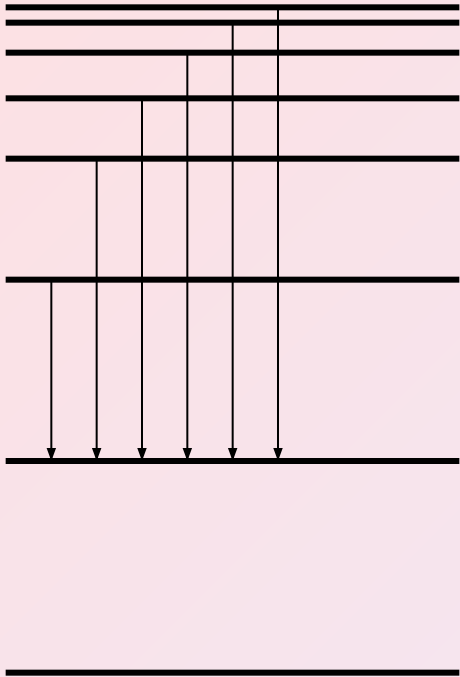
- Серия Бальмера 
- Серия Лаймана 
- Серия Пашена 
- Энергия, необходимая для ионизации атома 



# Серия Бальмера

1885

**Г**  
*видимый диапазон*



$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$n = 3, 4, 5, \dots$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

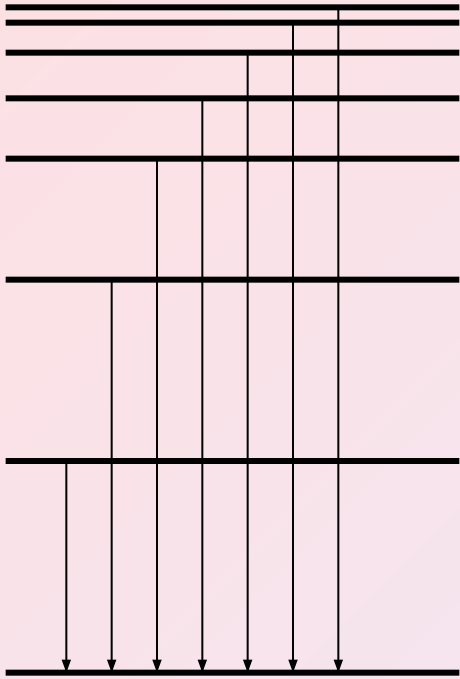
$$R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$$

$$\nu = cR \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$



# Серия Лаймана

*ультрафиолетовый диапазон*



$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$n = 2, 3, 4, 5 \dots$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

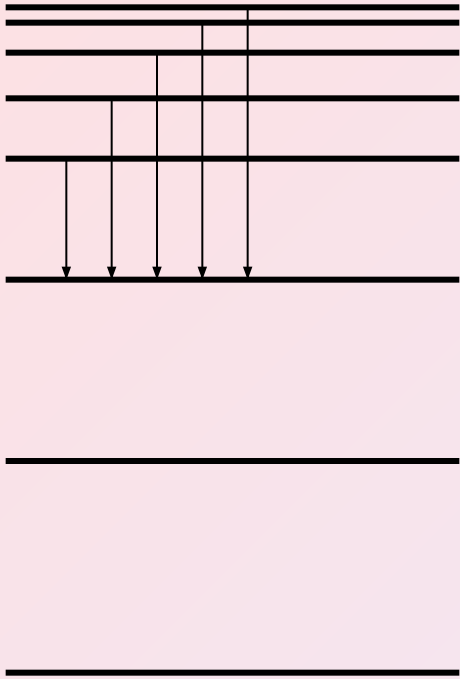
$$\nu = cR \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$$



# Серия Пашена

*инфракрасный диапазон*



$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$n = 4, 5, 6 \dots$$

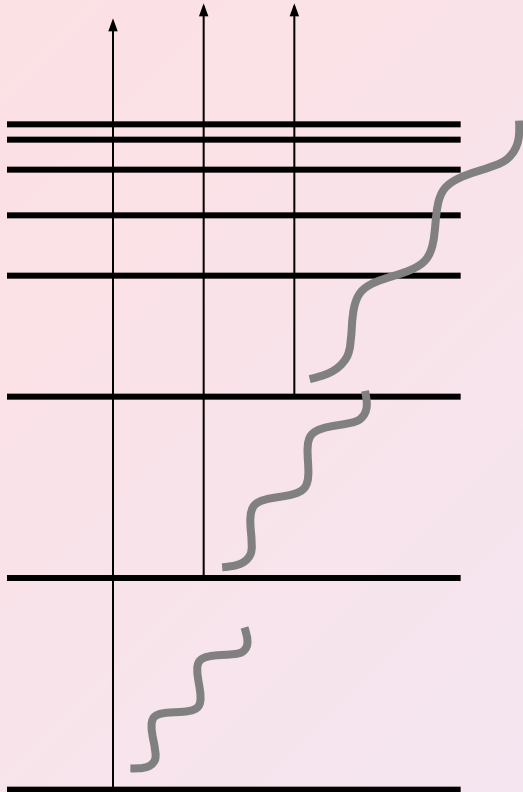
$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\nu = cR \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$$



# Энергия, необходимая для ионизации атома



$$h\nu_u = 0 - E_n = E_0 \left( 0 - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$\nu_u = \frac{c}{\lambda_u}$$

$$\lambda_u = \frac{c}{\frac{E_0}{h} \left( 0 - \frac{1}{n^2} \right)}$$




# Лазер

- Мазеры →
- Лазеры →
- Основные детали рубинового лазера
- Принцип действия рубинового лазера



# Мазер

**1953г. – советские ученые Николай Геннадьевич Басов и Александр Михайлович Прохоров, а так же, независимо от них, американский физик Чарльз Хард Таунс создают прибор под названием **МАЗЕР**. (Это начальные буквы словосочетания **Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation** – усиление микроволн с помощью вынужденного излучения). Этот прибор давал очень мощное излучение в инфракрасном диапазоне. За его создание Прохоров и Таунс в 1960 году получили Нобелевскую премию.**





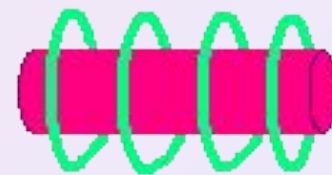
# Лазер

**Спустя семь лет (в 1960г.) на смену мазерам пришли ЛАЗЕРЫ. (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* – усиление света с помощью вынужденного излучения). Их создателем является Теодор Гарольд Мейман. Все отличие лазеров от мазеров состоит в том, что мазеры излучают в инфракрасном диапазоне, а лазеры – в видимом диапазоне.**



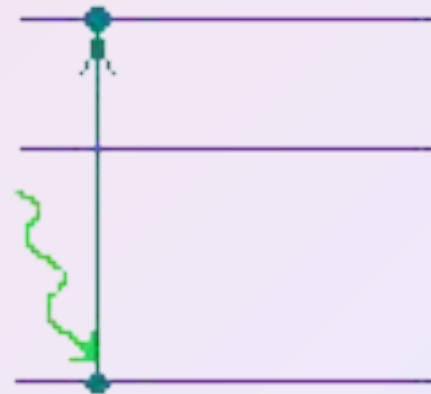
# Основные рубинового детали лазера

Основными деталями лазера служат **рубиновый стержень** диаметром 1 см и длиной 5 см и **лампа накачки**. Рубиновый стержень представляет собой узкий цилиндр, одно основание которого зеркальное, а другое – полупрозрачное зеркало. (Рубин представляет собой кристалл в узлах кристаллической решетки которого стоят ионы *алюминия* и *кислорода*, но некоторые ионы алюминия заменены ионами *хрома* –  $Al^{3+}O_2 + Cr^{3+}O_2$ .) Лампа накачки – это люминисцентная лампа<sup>2</sup> <sup>3</sup> заполненная инертным газом *ксеноном*, которая работает в импульсном режиме – она вспыхивает и гаснет миллионы раз за секунду.



# Лазер

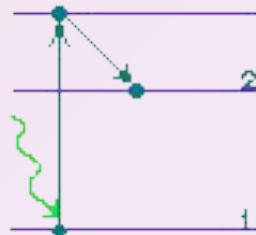
Лампа накачки вспыхивает – излучает электромагнитные волны с длиной волны около **500 нм** – зеленый свет. Кванты этого излучения поглощаются атомами хрома входящего в состав кристалла рубина и электроны в атомах **поднимаются с первого уровня (он называется невозбужденным) на более высокие – возбужденные – уровни.**



# Лазер

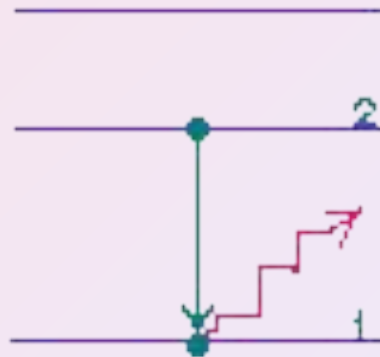
Дело в том что в возбужденном состоянии электроны не могут находится дольше, чем  $10^{-8}$  исключение составляют так называемые *метастабильные* уровни («мета» – много). Для атомов хрома метастабильным уровнем является 2-й энергетический уровень. На этом уровне электроны могут находится до  $10^{-3}$  с – это достаточно долго по меркам атомной физики.

Таким образом электроны начинают «падать» с более высоких уровней на 2-й и там накапливаться. Возникает ситуация, когда во всех атомах хрома во всем кристалле рубина электроны находятся на одном и том же уровне.



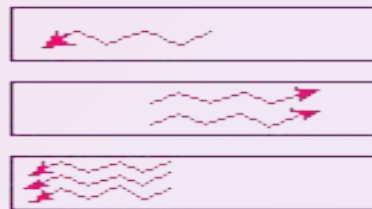
# Лазер

Рано или поздно в одном из атомов хрома произойдет падение электрона на первый энергетический уровень. Оно будет сопровождаться излучением кванта энергии, который вызовет падение на основной (невозбужденный) уровень электрона из другого атома. Это падение так же вызовет появление кванта света, послужащего причиной перехода в основное состояние еще одного атома хрома – таким образом **зародится фотонная лавина**.

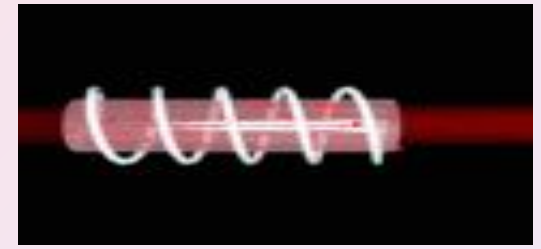


# Лазер

Фотоны (кванты излучения), которые будут образовываться при падении электронов на основной энергетический уровень могут быть направлены во все стороны, но так как длина рубинового стержня много больше его толщины большая часть их будет направлена вдоль оси рубинового стержня. Только они смогут послужить причиной падения следующего электрона, – остальные фотоны просто покинут рубиновый стержень. Так как основания рубинового стержня - зеркальные, фотоны будут отражаться от них и перемещаться внутри стержня туда – обратно. Таким образом **фотонная лавина будет усиливаться** – будет накапливаться все больше и больше фотонов.



# Лазер



В некоторый момент времени число фотонов будет настолько велико (мощность фотонного пучка будет очень большая), что поток фотонов не отразится от того основания рубинового стержня, которое представляет собой полупрозрачное зеркало, а пройдет сквозь него. Это и есть **лазерный импульс** – поток фотонов имеющих одну и ту же длину волны (так как все эти фотоны образовались при переходе электрона со 2-го на 1-й энергетический уровень в атоме хрома). Благодаря тому, что число фотонов с одинаковой длиной волны (она равна **694,3 нм** – красный свет), а, следовательно, с одинаковой энергией, велико – мощность лазерного импульса очень большая.





# Лазер

Все описанное в приведенных выше пяти пунктах происходит за секунды – время одной вспышки лампы накачки.

Таким образом **лазерное излучение – импульсное излучение**, но мы не замечаем «мигания» лазерного луча, так как глаз человека не реагирует на столь быстрое мерцание.

Мощность таких лазеров равна **10 кВт**. Если повысить число вспышек лампы накачки до **10<sup>6</sup>** в секунду, то мощность повышается до **10<sup>12</sup> кВт**.

Описанный выше лазер носит название «**рубиновый**», так как его основная деталь – **рубиновый кристалл**.





# Лазер

*В 1961 году был изобретен газовый лазер – вместо рубинового стержня в нем использовалась трубка заполненная смесью гелия и неона)*

*В 1963 году были изобретены полупроводниковые лазеры.*

*В настоящее время созданы жидкостные, химические (с использованием химических реакций), газодинамические (реактивная струя газа) лазеры.*

