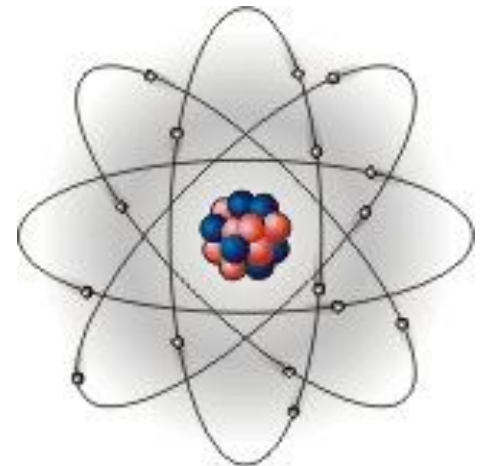
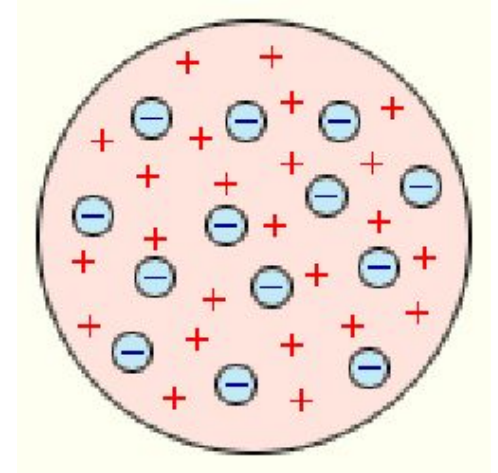


Атомная физика

- I. Модели атома
- II. Эксперимент Резерфорда
- III. Постулаты Бора
- IV. Энергия связи
- V. Опыт Франка и Герца
- VI. Корпускулярно волновой дуализм свойств вещества.
- VII. Формула де Бройля.

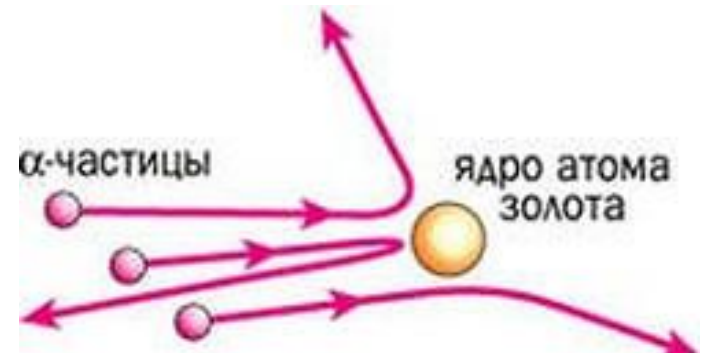
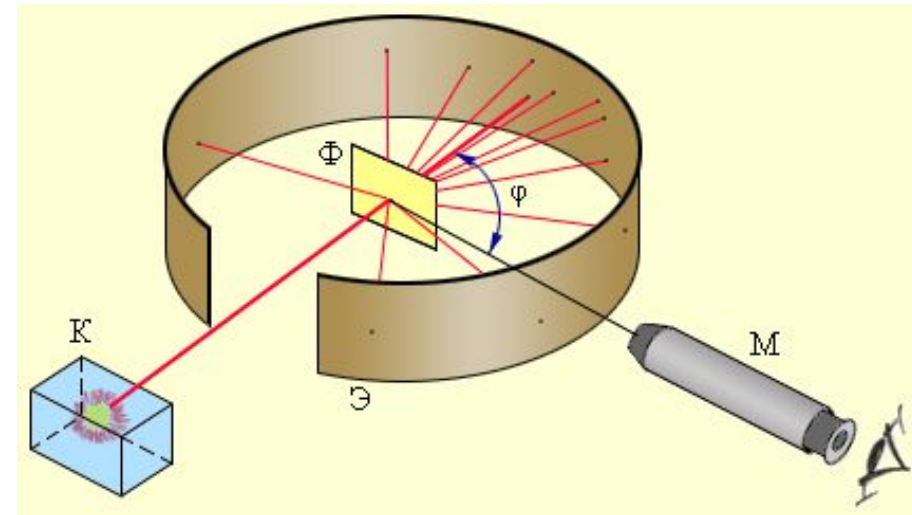
Модели атома

- Атом наименьшая частица вещества, обладающая всеми химическими свойствами данного химического элемента.
- В 1903 г. Томсон предложил модель атома в виде «положительно заряженной булки с отрицательно заряженными изюминками».
- В 1911 г. Резерфорд предложил ядерную модель атома.



Эксперимент Резерфорда

- Альфа-частицы падали на золотую фольгу
- Некоторые альфа-частицы отклонялись на большие углы от первоначального направления и даже отбрасывались назад
- Часть альфа-частиц проходит сквозь золотую фольгу без заметного изменения направления их движения.
- Это говорит о том, что атом не является сплошным образованием.

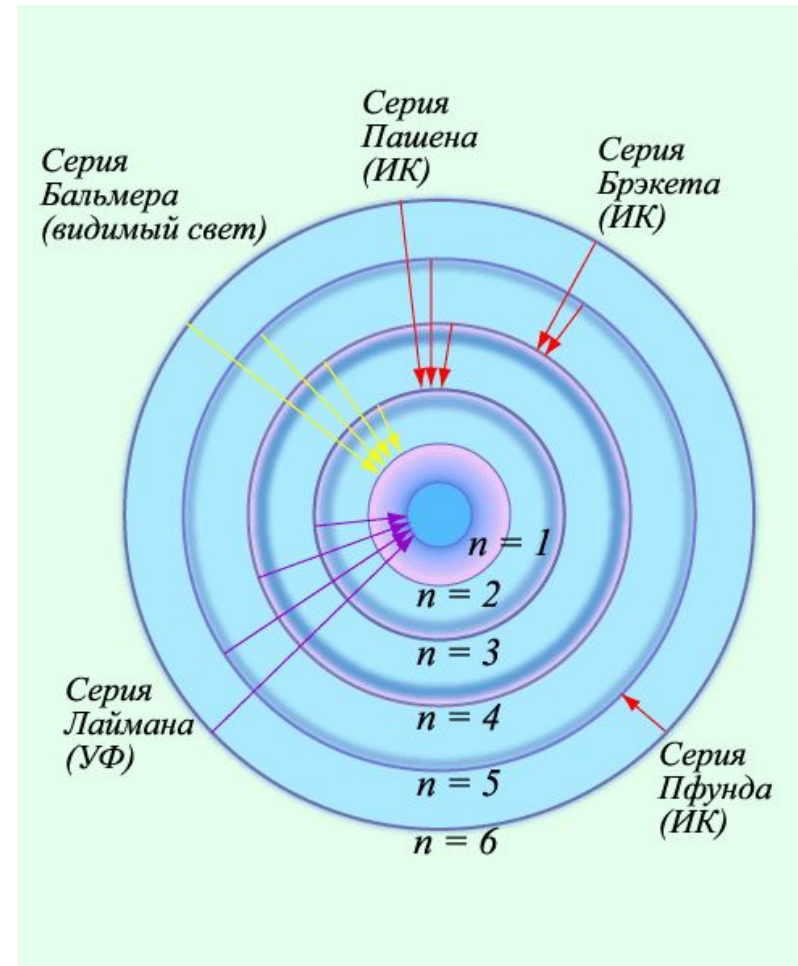


Спектры водородоподобных атомов

- Сериальная формула Бальмера-Ридберга, описывающая частоты линий излучения в спектре атома водорода

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

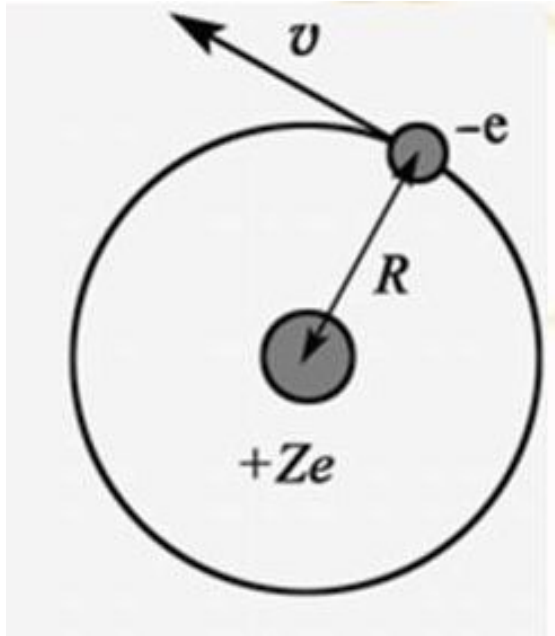
- где ν - частота спектральных линий в спектре атома водорода; m и n — главные квантовые числа, характеризующие **энергетические уровни** атома, между которыми осуществляется переход при излучении света.



Теория Бора

- Классическая физика не могла объяснить такие факты:
- 1. Атом является устойчивой системой;
- 2. Атом излучает энергию лишь в определенных условиях;
- 3. Излучение атома имеет линейчатый спектр.
- Первая попытка построения теории атома водорода была предпринята Бором.
- Теория Бора была полуклассической, полуквантовой, но она смогла объяснить спектральные закономерности атома водорода и **водородоподобным ионам**, состоящих из ядра Ze и одного электрона (He^+ , L^{++} и т.д.).

1 постулат Бора



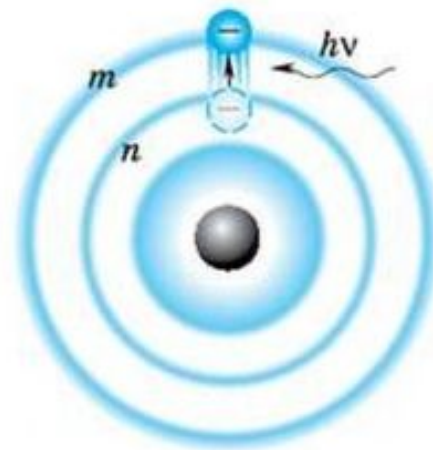
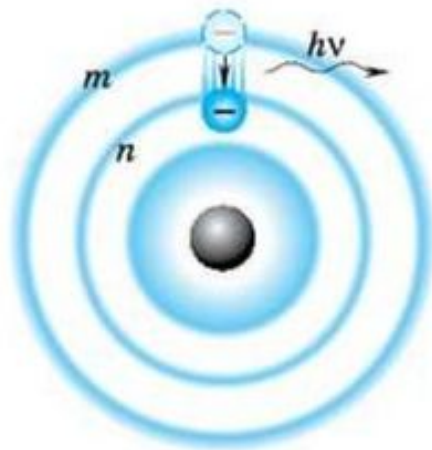
- *1 постулат Бора (постулат стационарных состояний).*
- В атоме существует набор стационарных состояний, находясь в которых атом не излучает энергию.
- Этим стационарным состояниям соответствуют стационарные круговые орбиты, по которым электроны движутся ускоренно, но, несмотря, на это, излучения э/м волн не происходит.

1 постулат Бора

- В стационарном состоянии атома, электрон, движущийся по круговой орбите, имеет квантованные значения момента импульса L_k , удовлетворяющие условию
- $L_k = m v r = k \hbar$
- где m – масса электрона; v – скорость электрона; r – радиус k – ой орбиты электрона; $\hbar = h/2\pi$ (h – постоянная Планка); k – любое натуральное число, $k = 1, 2, 3, \dots$

2 постулат Бора

- *2 постулат Бора (правило частот)*
- При переходе атома из одного стационарного состояния в другое испускается или поглощается один фотон. Излучение фотона происходит при переходе атома из состояния с большей энергией в состояние с меньшей энергией. При обратном переходе происходит поглощение фотона.



2 постулат Бора

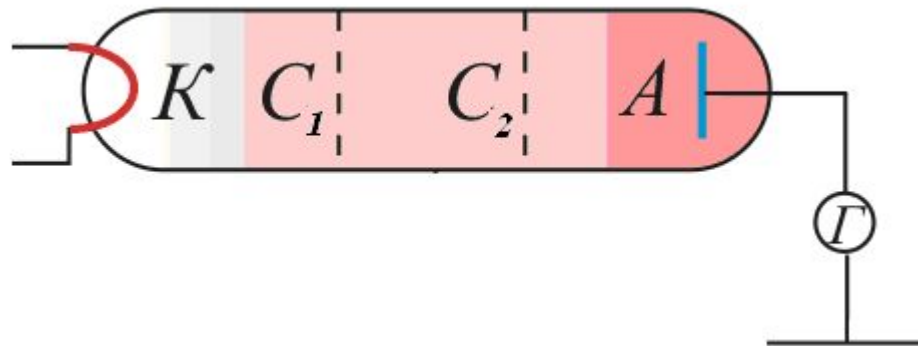
- Энергия фотона равна разности энергий в двух стационарных состояниях атома
- $h\nu = E_n - E_m$,
- где h – постоянная Планка,
 ν - частота излучения или поглощения,
 E_n и E_m – энергия стационарных состояний атома до и после перехода.
- При $E_n > E_m$ – происходит излучение фотона,
при $E_n < E_m$ – происходит поглощение фотона.

Энергия связи

- *Энергией связи* электрона в атоме называется абсолютная величина
- $$E_n = -\frac{z^2 Rh}{n^2}$$
- где z – порядковый номер элемента в таблице Менделеева.
- Наименьшее значение при $n = 1$ соответствует ***основному или нормальному состоянию*** атома.
- Все энергии при $n > 1$ характеризуют ***возбужденное состояние атома***.
- Важнейшим отличием возбужденных состояний является конечное время жизни τ в этих состояниях ($\tau \sim 10^{-8}$ с) .
- При $n \rightarrow \infty$ происходит отрыв электрона от атома или иона, т.е. ионизация.

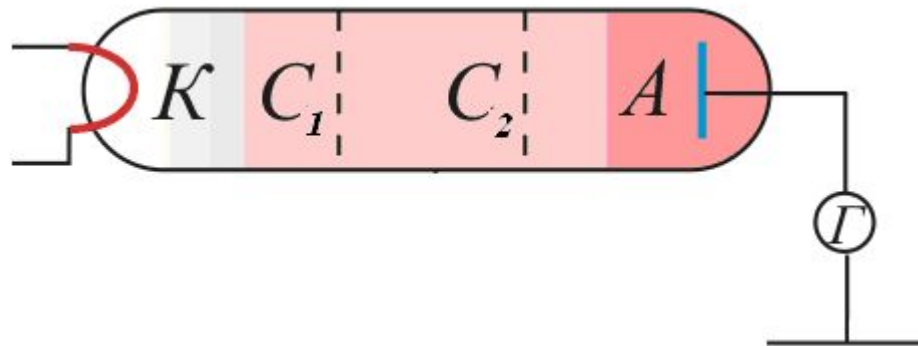
Опыт Франка и Герца

- В вакуумной трубке находились пары ртути
- Электроны, испускаемые катодом, ускорялись разностью потенциалов, приложенной между сеткой C_1 и катодом K
- Электроны, вырванные из катода, между сетками C_1 и C_2 сталкивались с молекулами ртути, отдавая им порциями энергию



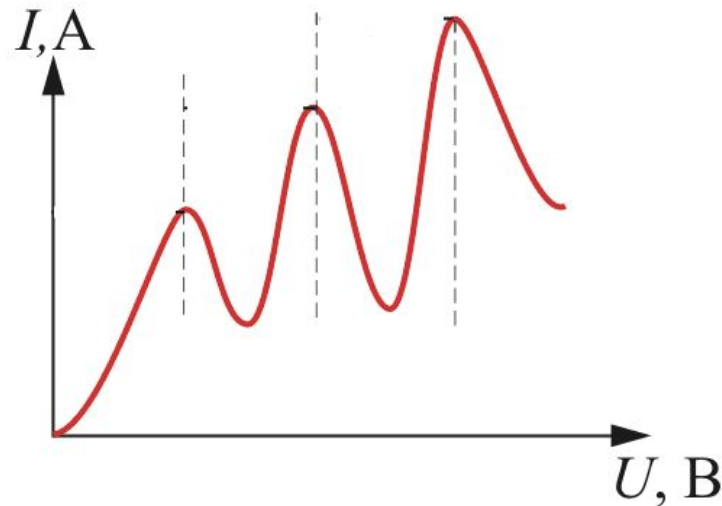
Опыт Франка и Герца

- Между электронами и атомами ртути происходят упругие и неупругие столкновения
- При неупругих столкновениях атомы ртути получают энергию от электронов и переходят на более высокий уровень
- Электроны, которые после соударения с молекулами ртути имеют достаточно энергии для преодоления задерживающего потенциала между сеткой C_2 и анодом A , достигают анода



Опыт Франка и Герца

- Из графика зависимости тока между катодом и анодом от ускоряющего потенциала следует, что энергия поглощалась порциями
- Данный эксперимент сопровождается ультрафиолетовым излучением.



Опыт Франка и Герца

- Опыты Франка и Герца экспериментально подтвердили первый и второй постулаты Бора.
- Франк и Герц экспериментально доказали дискретность значений энергии атома.
- Но теория Бора не могла объяснить правило квантования (поглощения и испускания энергии атомом порциями). Это было сделано десятилетием позже Луи де Бройлем.

Корпускулярно-волновой дуализм света

СВЕТ - ВОЛНА



- интерференция
- дифракция
- поляризация

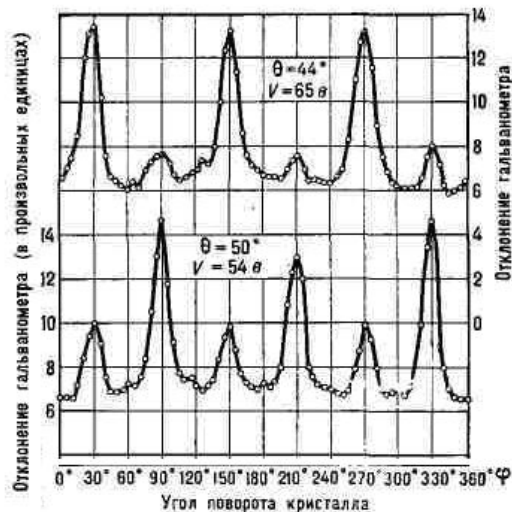
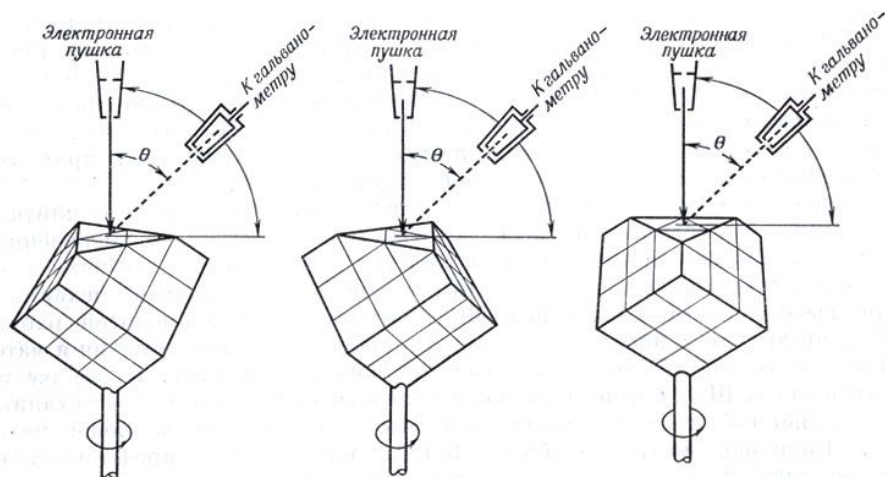
СВЕТ – ПОТОК ЧАСТИЦ



- фотоэффект (красная граница)
- тепловое излучение

- Не только фотоны, но и электроны и другие частицы обладают не только корпускулярными, но и волновыми свойствами.

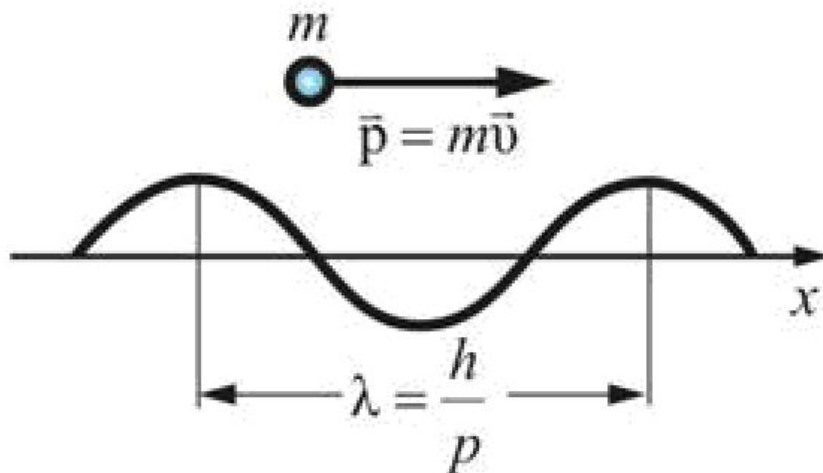
Эксперимент Дэвиссона Джермера



- Гипотезу Луи де Бройля подтвердил следующий эксперимент.
- Дэвиссон и Джермер обнаружили дифракцию электронов, отраженных от кристалла никеля.
- При этом возникали картины, подобные тем, которые наблюдаются при дифракции световых волн.

Корпускулярно волновой дуализм свойств вещества

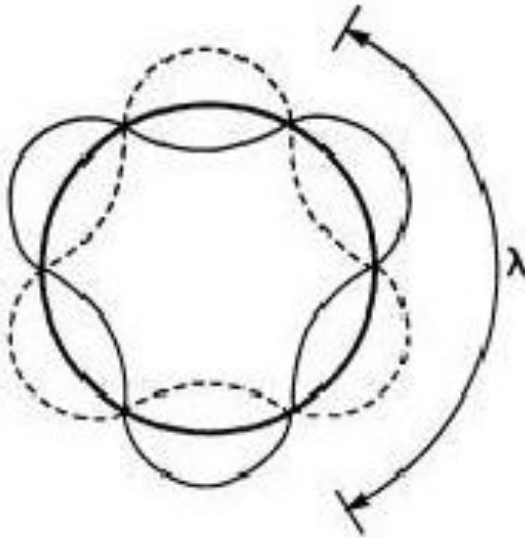
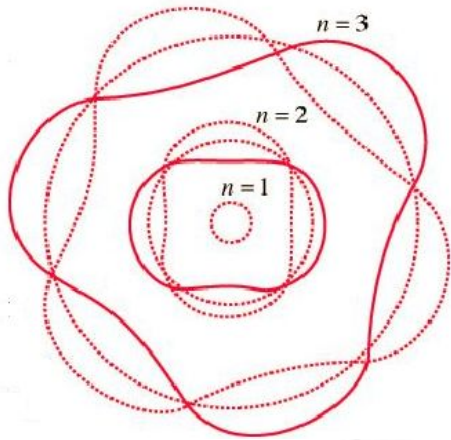
- Всякой микрочастице массой m движущейся со скоростью v может быть сопоставлена волна с длиной волны $\lambda = h/mv$.
- Такие волны называются *волнами де Бройля*.



Волны де Бройля в макромире

- Волновые свойства не наблюдаются у макроскопических тел.
- Длины волн де Бройля для таких тел настолько малы, что обнаружение волновых свойств оказывается невозможным.
- Например, для ружейной пули, массой $m = 9$ г, летящей со скоростью $v = 400$ м/с, то длина волны де Бройля $\lambda = h/mv = 2 \cdot 10^{-34}$ м.
- В связи с этим можно считать, как это и делается в классической механике, что макроскопические тела не обладают волновыми свойствами.

Волны Луи де Бройля



- Де Бройль предположил, что каждая волна в атоме водорода соответствует волне, распространяющейся по окружности около ядра атома. Стационарная орбита возникает в том случае, когда волна непрерывно повторяет себя после каждого оборота вокруг ядра.
- В стационарном состоянии атома водорода по длине орбиты должно укладываться целое число волн де Бройля.

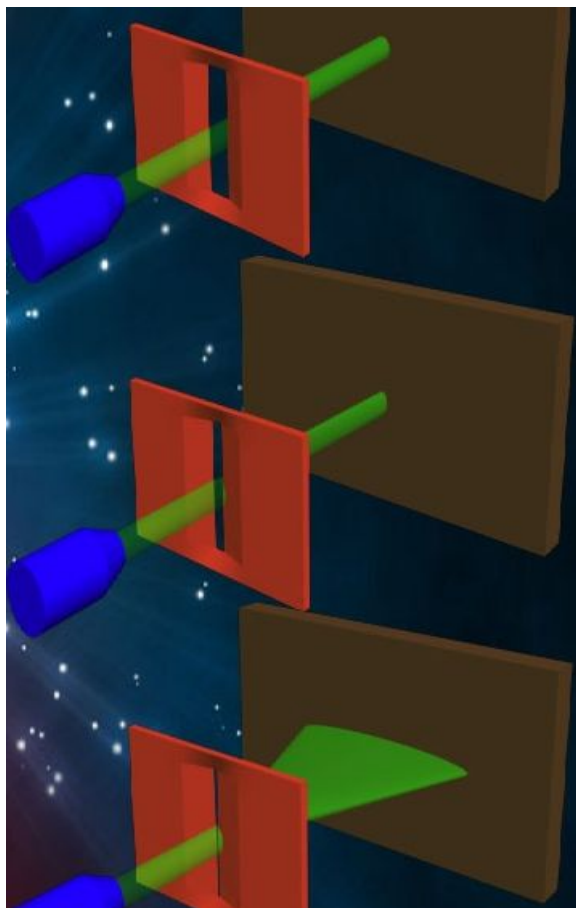
Ограниченность волновой теории в микромире

- Согласно двойственной корпускулярно-волновой природе частиц вещества для описания свойств микрочастиц используются либо волновые, либо корпускулярные представления.
- Возникает необходимость введения некоторых ограничений в применении к объектам микромира понятий классической механики.
- В классической механике всякая частица движется по определенной траектории, так что в любой момент времени точно фиксированы ее координата и импульс.

Ограниченность волновой теории в микромире

- В квантовой физике нельзя говорить о движении микрочастицы по определенной траектории и об одновременных точных значениях ее координаты и импульса.
- Так как понятие "длина волны в данной точке" лишено физического смысла, а поскольку импульс $p = h / \lambda$, то микрочастица с определенным импульсом имеет полностью неопределенную координату.
- Т.е. для описания поведения микрочастиц есть ограничения, связанные с волновыми свойствами.

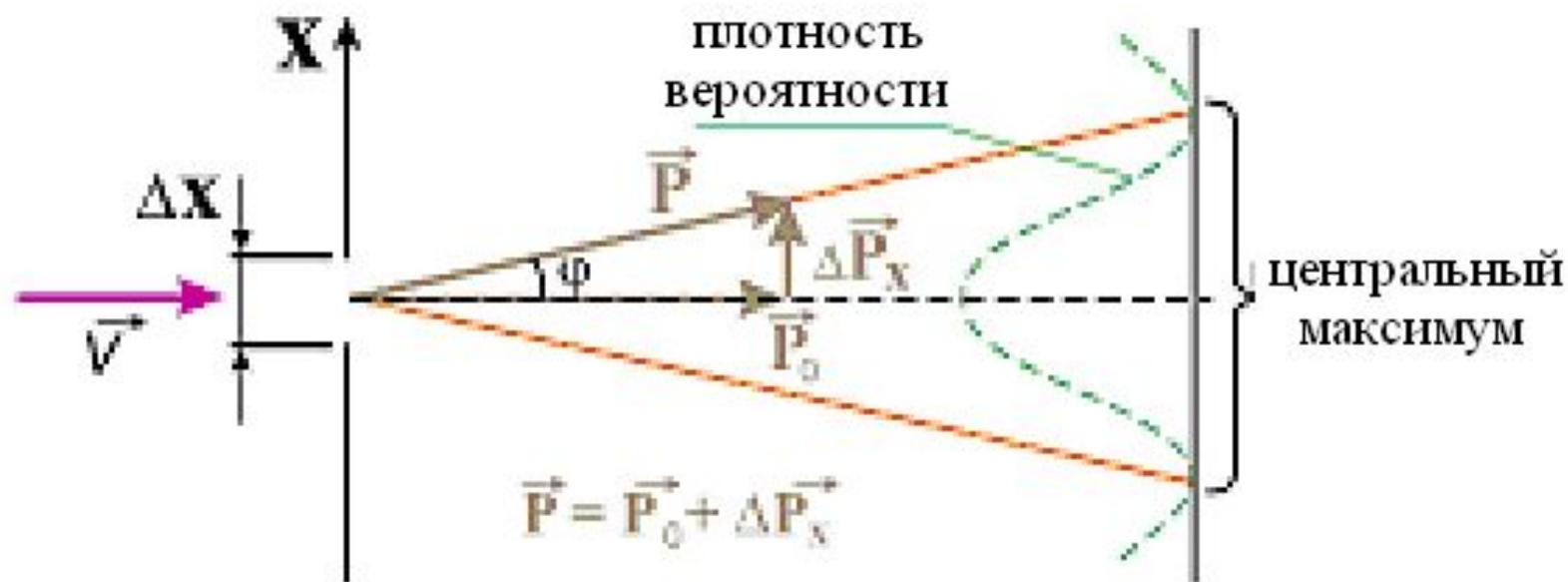
Ограниченность волновой теории в микромире



- Пропуская лазерный луч через сужающуюся щель, можно наблюдать, что на экране след от лазера становится все уже.
- В определенный момент, когда щель становится достаточно узкой, пятно от лазера становится все шире и шире.
- Т.е. чем точнее мы определяем одну из характеристик квантовой системы, тем неопределенней становится вторая характеристика.

Соотношение неопределенностей Гейзенберга

- Чем уже щель, тем неопределеннее становится импульс p_x .
- Чем шире щель $\Delta x \rightarrow \infty$, тем определеннее импульс $\Delta p_x \rightarrow 0$.



Соотношение неопределенностей Гейзенберга

$$\begin{aligned}\Delta x \cdot \Delta p_x &\geq \hbar \\ \Delta y \cdot \Delta p_y &\geq \hbar \\ \Delta z \cdot \Delta p_z &\geq \hbar\end{aligned}$$

в природе в принципе не существует состояний частиц с точно определенными значениями обеих переменных x и p .

$$\Delta t \cdot \Delta E \geq 2 \pi \hbar = h$$

*соотношение неопределенностей
Гейзенберга для времени и энергии*