Интерпретация волн де Бройля.

Энергия есть изменение количества движения как во времени, так и в пространстве. В периодическом процессе энергию можно рассматривать только внутри периодического процесса, так как движение точно повторяется и при $\Delta t = T$ энергия, как изменение количества движения, $\Delta E = \Delta P(\Delta t, \Delta x) = 0$. Энергетическое изменение колеблющейся системы происходит только внутри периода (как и внутри пространственного объема) этой системы.

Так вот, **круговое движение тем и отличается от периодического, что в круговом движении энергия постоянна.**

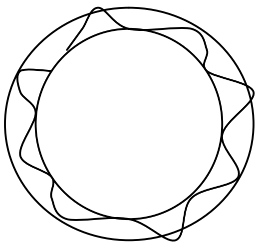
Если в круговом движении возникает какое-либо периодическое изменение энергии, то движение происходит не по кругу, а, например, по эллипсу.

По этому, когда говорят, что электрон, двигаясь по круговой орбите, имеет длину волны $2\pi R$ или πR, то ошибочно смешивают два различных движения.

Кроме того, когда говорят об орбитальном движении электрона, как о движении в потенциальной яме (периодическом движении), то надо предполагать какие-либо стенки (кирпичные или электромагнитные). Т.е. должно быть что-то внешнее, что действует на электрон изменяя его импульс.

По этим соображениям вывод формул для движения электрона по Бору (постоянной Ридберга, в том числе) если и может быть принят из-за правильной конечной формулы, оставляет желать лучшего.

Представим себе оптический резонатор, состоящий из гибкого световода и двух зеркал на торцах. Если мы согнем этот световод в окружность, то два торцевых зеркала соединятся в одно двухстороннее зеркало. Пусть в таком резонаторе существуют колебания с длиной волны, кратной длине световода. В таком случае надобность в зеркалах отпадает. А если взять плоский световод, то получим сферу, т.е. замкнутый резонатор в виде двух вложенных сфер, между которыми пульсирует некая стоячая волна.



Вся эта фантазия может быть и имеет какие-либо основания, то только для электромагнитных волн.

Нет смысла предполагать какие то резонаторы для волн де Бройля, т.к. эти волны самостоятельно не перемещаются.

Однако Бор рассматривает модель какого то резонатора, в котором длина волны

$$n \cdot \lambda = 2 \cdot \pi \cdot R \quad \text{где } n = 1,\ 2,\ 3,\ \dots$$

Надо заметить, что моды в резонаторе начинаются с $\lambda/2$. Однако Бор предпочел целую длину волны. Наверное имелась в виду модель сферической поверхности, где на длине окружности $2\pi R$ не может быть уложено пол волны, т.к. она не будет замкнута.

И еще одно замечание: n – есть коэффициент, отношение между длиной окружности и длиной волны - число длин волн на длине окружности.

Бор предположил, что электрон в атоме есть некая стоячая волна де Бройля

$$P = \frac{h}{\lambda} = \frac{h \cdot n}{2 \cdot \pi \cdot R} = m_e \cdot \upsilon$$, а длина этой волны зависит от скорости электрона:

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot \upsilon} \qquad \upsilon = \frac{h \cdot n}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot m_e}$$

Далее Бор выводит кинетическую энергию электрона (как частицы, а не волны) через его волновые свойства, т.е. фактически приписывает кинетической энергии волновые свойства

$$E_K = \frac{m_e \cdot \upsilon^2}{2} \qquad \upsilon^2 = \frac{h^2 \cdot n^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot R^2 \cdot m_e^2} \qquad E_K = \frac{h^2 \cdot n^2}{2 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot R^2 \cdot m_e}$$

Как видим, пока нет ни каких условий орбитального движения и эти формулы для любого вида движения.

Далее Бор рассматривает электрон исключительно как частицу, которая движется в центральном силовом поле без всяких волновых свойств. Электрон на расстоянии R от ядра притягивается к ядру силой кулона. При этом электрон как частица, на которую действует сила, приобретает ускорение. С другой стороны можно получить точно такое же ускорение электрона под действием "внешней" силы, т.е. механически, толкая электрон другим телом с силой $F = m_e \cdot a$. Таким образом приравниваются две силы: механическая и электрическая

$$F_M = F_e \qquad \frac{m_e \cdot \upsilon^2}{R} = \frac{e^2}{R^2}$$

Это равенство записано на основании закона Ньютона, который утверждает, что одна и та же масса приобретает одинаковые ускорения под действием одинаковых сил. Вот только скорость в данном случае не орбитальная, а радиальная. Хотя для волн де Бройля это не имеет значения.

Из этого равенства находится радиус орбиты для того, чтобы подставить его в уравнение для энергии.

Из волновых свойств мы нашли скорость частицы без учета центрального поля сил

$$\upsilon^2 = \frac{h^2 \cdot n^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot R^2 \cdot m_e^2}$$

Подставим это выражение в равенство сил

$$\frac{m_e \cdot \upsilon^2}{R} = \frac{h^2 \cdot n^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot R^3 \cdot m_e} = \frac{e^2}{R^2}$$

Отсюда выразим R^2

$$R = \frac{h^2 \cdot n^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot m_e \cdot e^2} \qquad R^2 = \frac{h^4 \cdot n^4}{4 \cdot 4 \cdot \pi^4 \cdot m_e^2 \cdot e^4}$$

Как видим, число длин волн де Бройля n зависит от радиуса орбиты квадратично.

Подставим выражение для R^2 в формулу кинетической энергии

$$E_K = \frac{h^2 \cdot n^2}{2 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot m_e} \cdot \frac{4 \cdot 4 \cdot \pi^4 \cdot m_e^2 \cdot e^4}{h^4 \cdot n^4}$$

$$E_K = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot m_e \cdot e^4}{h^2 \cdot n^2}$$

Далее находим "основную" частоту при n = 1, т.е. при том, что на длине орбиты укладывается одна длина волы:

$$f = \frac{E_K}{h} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot m_e \cdot e^4}{h^3} = 3{,}29 \cdot 10^{15} \ \text{1/c}$$

Описанное здесь логическое построение можно для наглядности представить в виде блок-схемы. На рисунке хорошо видно, как беспардонно смешиваются между собой механические законы и электромагнитные или квантовые и механические.

Условие 1

Гипотеза де Бройля

$$n \cdot \lambda = 2 \cdot \pi \cdot R$$

$$P = \frac{h}{\lambda}$$

Квантованность пространства

$$\upsilon = \frac{L}{t} = \frac{h \cdot n}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot m}$$

Условие 2

Электромеханическое равенство

$$F_M = F_e$$

$$\frac{m \cdot \upsilon^2}{R} = \frac{e^2}{R^2}$$

Орбитальный радиус электрона

$$R = \frac{e^2}{m \cdot \upsilon^2}$$

Условие 3

Инерционное движение

$$E = \frac{m \cdot \upsilon^2}{2}$$

Квантованность орбиты электрона

$$\upsilon = \frac{L}{t} = \frac{2 \cdot \pi \cdot e^2}{h \cdot n}$$

Скачкообразное движение

$$E = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot e^4}{h^2 \cdot n^2}$$

Частота скачкообразного движения

$$f = \frac{E}{h}$$

Электромагнитное излучение

$$\Delta f = f_1 - f_2 = \frac{E_1 - E_2}{h}$$

Хотя в современной физике ни чего не известно о скорости распространения волн де Бройля и даже не ясно, распространяются ли они вообще, однако, вяжем условно скорость движения электрона со скоростью "перемещения" волн де Бройля, т.е. предположим, что эти волны привязаны к телу.

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot \upsilon} \qquad \frac{\lambda}{\upsilon} = t = \frac{h}{m \cdot \upsilon^2} \qquad f = \frac{1}{t} = \frac{m \cdot \upsilon^2}{h} = \frac{E_K}{h}$$

Пользуясь довольно смелым предположением, мы получили ту же запись для частот излучения (не раскрывая E_K), что и ранее.

Иначе говоря, чтобы получить эту зависимость, Бор обязан был приравнять "скорость" волн де Бройля и скорость движения тела.

Отсюда следует предположить, что в невозбужденных условиях атомной системы мы имеем волны де Бройля, а при электронных переходах возникают уже электромагнитные волны. Волны де Бройля есть некая не излучаемая частота, которая как будто бы присутствует на каждой электронной орбите. При переходе излучается частота, равная разности этих частот.

Таким образом частота излучения возбужденного атома по Бору

$$f_n - f_m = f_{изл} = \frac{\Delta E_K}{h} = \frac{E_{Kn} - E_{Km}}{h} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot m_e \cdot e^4}{h^3} \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

где f_n и f_m – частоты волн де Бройля, а $f_{изл}$ – частота электромагнитного излучения.

В стационарных условиях движения электрона по орбите нет причин для возникновения электромагнитных волн, т.к. происходит механическое движение материального тела, а не заряда в электромагнитном поле. А появляются волны только при переходе с орбиты на орбиту. При этом частота электромагнитного излучения равна разности частот волн де Бройля на стационарных орбитах. Кроме того, частота волн де Бройля зависит от радиуса орбиты.

$$f = \frac{h}{8 \cdot \pi^2 \cdot R^2 \cdot m_e}$$

Напомним, что n – есть коэффициент, число длин волн на длине орбиты. Развернем этот коэффициент и подставим в формулу для частоты де Бройля:

$$n = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{\lambda} \qquad \lambda = \frac{h}{m \cdot \upsilon} \qquad n = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot m \cdot \upsilon}{h}$$

$$f = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot R^2 \cdot m^2 \cdot \upsilon^2 \cdot h}{2 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot R^2 \cdot m \cdot h^2} = \frac{m \cdot \upsilon^2}{2 \cdot h} = \frac{E_K}{h}$$

Т.е. волны де Бройля это квантованность кинетической энергии или разрывное (скачкообразное) движение.

С другой стороны

$$f = \frac{E_K}{h} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot m_e \cdot e^4}{h^3}$$

Приравнивая эти два определения частоты, выразим скорость при n = 1

$$\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot e^4}{h^3} = \frac{m \cdot \upsilon^2}{2 \cdot h} \qquad \upsilon = \frac{2 \cdot \pi \cdot e^2}{h} = 2{,}188 \cdot 10^6 \, м/с$$

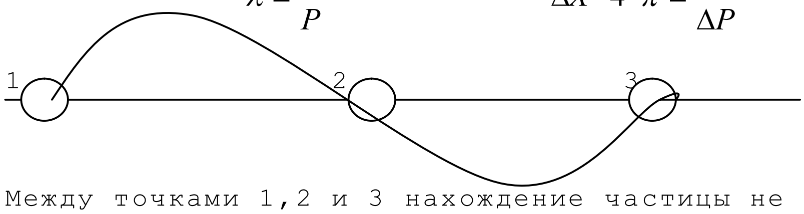
Целое число длин волн де Бройля на орбите, а также не способность волн де Бройля к самостоятельному движению (излучению), - все это подсказывает, что не существует ни каких волн де Бройля. Есть прерывистое, скачкообразное движение - прыжки электрона.

Фактически гипотеза де Бройля является естественным развитием идей Лейбница: для движущегося тела пространство – это только соединение точек, а время – соединение моментов, и в них попадает тело при своем движении.

Отсюда возникает неопределенность Гейзенберга в микромире – неопределенность между пространственно-временными состояниями тела.

Волна де Бройля – волна вероятностного нахождения частицы в данной точке.

$$\lambda = \frac{h}{P} \qquad \Delta X \cdot 4 \cdot \pi = \frac{h}{\Delta P}$$



Между точками 1,2 и 3 нахождение частицы не определено, но ее скорость в этом месте можно определить, т.к. известен интервал времени между этими точками

$$\upsilon = \frac{\lambda}{t} = \frac{h}{m \cdot \lambda} \qquad t = \frac{m \cdot \lambda^2}{h} = 7{,}6 \cdot 10^{-17} c$$

В течении этого времени место нахождения частицы не известно.

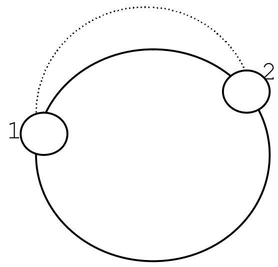
Напротив, в точках 1, 2 и 3 место нахождения частицы известно:

$$\frac{\lambda}{2} = \pi \cdot R = 1{,}662 \cdot 10^{-10}$$

При этом скорость частицы не известна, т. е. частица практически стоит на месте.

Таким образом в точках 1, 2 и 3 вероятность нахождения частицы максимальна, а между этими точками максимальна неопределенность.

Отсюда следует заключить: Бор предполагал, что $\lambda = 2 \cdot \pi \cdot R$ есть длина "волны" вероятности (или неопределенности) электрона на орбите.



В точках 1 и 2 электрон останавливается; он как бы совершает прыжки между этими точками.

Волны де Бройля на самом деле не волны, а прыжки по пространственно-временным точкам, которые являются местом взаимодействия тела с частицей эфира. Очевидно, характер этих прыжков определяется плотностью эфирных частиц и их движением относительно тела.

Таким образом длина волны де Бройля есть расстояние между соседними пространственно-временными состояниями движущегося тела.

При этом импульс прыжка, умноженный на длину прыжка – величина постоянная

$$h = P \cdot \lambda$$

Парадокс в том, что при увеличении импульса уменьшается длина прыжка

$$h = P \cdot \lambda = m \cdot \upsilon \cdot \lambda$$

при m = const, $\frac{h}{m} = \upsilon \cdot \lambda = const$

Кажется, что при уменьшении расстояния скорость увеличивается!

Такое возможно только в случае радиального движения в поле центральных сил. Однако мы можем записать

$$\upsilon \cdot \lambda = \frac{L}{t} \cdot \lambda \text{ и при } L = \lambda \qquad \upsilon \cdot \lambda = \frac{\lambda}{t} \cdot \lambda$$

В этом случае при уменьшении расстояния пропорционально уменьшается и время, **так что скорость остается неизменной.**

Вывод постоянной Ридберга можно представить нагляднее, если ввести коэффициент К:

$$k = \frac{h^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot m_e} = \frac{\hbar^2}{m_e}$$

Тогда получаем

$$P = \frac{h}{\lambda} = \frac{h \cdot n}{2 \cdot \pi \cdot R} = m_e \cdot \upsilon \qquad \upsilon = \frac{h \cdot n}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot m_e}$$

$$\upsilon^2 = \frac{h^2 \cdot n^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot R^2 \cdot m_e^2} = \frac{K \cdot n^2}{R^2 \cdot m_e}$$

$$E_K = \frac{K \cdot n^2}{2 \cdot R^2}$$

$$\frac{m_e \cdot \upsilon^2}{R} = \frac{e^2}{R^2} \qquad R^2 = \frac{h^4 \cdot n^4}{4 \cdot 4 \cdot \pi^4 \cdot m_e^2 \cdot e^4} \qquad R^2 = \frac{K^2 \cdot n^4}{e^4}$$

$$E_K = \frac{e^4}{2 \cdot K \cdot n^2}$$

В такой записи явно выделяется соотношение между E_K и e^2

С одной стороны $K \cdot n^2 = 2 \cdot R^2 \cdot E_K$ с другой $K \cdot n^2 = R \cdot e^2$. Отсюда

$$e^2 = 2 \cdot R \cdot E_K$$

Введенный нами коэффициент имеет размерность

$$K = \frac{h^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot m} = \left[\frac{кг \cdot м^4}{c^2}\right]$$

Исходя из размерности $\left[кг \cdot \frac{м}{c^2} \cdot м^3\right]$ этот коэффициент можно представить, как

$$K = m \cdot a \cdot R^3 = F \cdot V$$

Посмотрим, что может означать произведение силы на объем.

Кинетическая энергия есть произведение силы на расстояние $E_K = F \cdot R$. Эта энергия затрачена на перемещение точечного тела с определенной массой на расстояние R. Назовем такую энергию линейной. Продолжая эту мысль, можно допустить существование плоской энергии $E_K = F \cdot S$. Предположим, что расположенные в плоскости частицы движутся под действием силы F от периферии к центру по радиальным линиям. Пройдя этот путь, энергия каждой частицы изменится на $E_K = F \cdot R$. Тогда энергия всех частиц

$$\int_{2\pi R}^{0} F \cdot R \cdot dR = F \cdot \pi \cdot R^2 \qquad \text{т.е.} \qquad E_K(S) = F \cdot \pi \cdot R^2 = F \cdot S$$

Как раз так выглядит запись $e^2 = 2 \cdot R \cdot E_K = F \cdot S$, которую мы получили ранее. **Следовательно заряд (электростатическое поле) в атоме можно представить в виде активной среды (энергия) в плоскости орбиты электрона.**