

ГИПОТЕЗЫ

УДК 537

Бельцов Р.И., Федоткин И.М.

К ФИЗИКЕ КВАНТОВАНИЯ ОРБИТ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ

Экспериментальная длина когерентности виртуальных электрон-позитронных пар  $\xi_0$  больше классического размера электрона, и при его движении на атомных орбитах образуется эффект Джозефсона, сверхтекучий ток в зависимости от разности волновых функций на переходе. Квантование орбит электрона — это периодическое возбуждение частиц-античастиц на джозефсоновском переходе электрона с последующей минимизацией потенциала связи ( $\pm\delta U$ ).

Ключевые слова: атом, электрон, позитрон, сверхтекучесть.

1. Введение. Квантование орбит атомных электронов в современной физике

Правило квантования Бора-Зоммерфельда [5].

Электрон, двигаясь по круговой атомной орбите, имеет квантованные значения момента импульса, удовлетворяющие условию:  $m_0 v_n r_n = nh / (2\pi)$ , где  $r_n$  — радиус  $n$ -й орбиты,  $m_0 v_n r_n$  — момент импульса.

Квантование определяется импульсом  $P$  как функцией  $q$ -фазовой траектории:  $\oint pdq = 2\pi\hbar n$  [2].

Исходя из требования, чтобы момент количества движения электрона был равен целому кратному от  $\frac{h}{2\pi} = \hbar$ , Бор нашел:  $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ , эВ,  $n = 1, 2, 3, \dots$ , где  $n$  — главное квантовое число.

Добавим, от энергии связи электрон-позитронных ( $e^-e^+$ ) пар, энергия атомных орбит электрона,  $E_n = 1,3 \cdot 10^{-5} (-2m_0c^2) \cdot \frac{1}{n^2}$ .

Для различных «г» значение внутренней энергии атома:  $E_n = -\frac{m_0e_0^4}{2\hbar^2} \cdot \frac{Z^2}{n^2}$ , и частота излучения  $\omega_{nm} = RZ^2 \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$ , где  $R = \frac{2\pi^2e_0^4m_0}{\hbar^3}$  — постоянная Ридберга.

Решая уравнение Шредингера, получаем тот же спектр водородоподобного атома [4].

Условие квантования:  $I(E) = \omega\hbar \left( n + \frac{1}{2} \right)$ , где  $\omega$  — частота;  $n$  — главное квантовое число.

2. О физическом вакууме, его энергии, и волновых функциях виртуальных частиц-античастиц

Согласно [4], и при отсутствии реальных фотонов в физическом вакууме происходят флуктуации электромагнитного поля. Энергия нулевых колебаний равна сумме бесконечного числа осцилляторов, образующих поле виртуальных фотонов:  $H_0 = \sum_k 2\hbar k \frac{1}{2}$ , где коэффициент 2 соответствует двум возможным поляризациям;  $k$  — вектор импульса фотона;  $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-27}$  эрг/сек — постоянная Планка.

А функция распространения реального фотона [1]:

$$P(\xi) = \frac{4\pi i e^2}{3} \cdot \sum_n \langle 0 | j_M(0) n \rangle \langle n | j^M(0) | 0 \rangle e^{\mp i P_n \xi},$$

где  $\xi = (x - x', \tau)$ .

Операторы тока содержат одинаковые числа электронов и позитронов. Суммирование по электронным парам и фотонам, которые могут быть рождены виртуальным фотоном с 4-импульсом  $k = (\omega, \vec{k}) (\omega > 0)$ .

Волновые функции конденсатных частиц-античастиц:  $\Psi(\vec{r}) = \sqrt{n_s} \cdot e^{i\Theta(\vec{r})}$ , где  $\Theta$  — фаза волновой функции;  $n_s$  — плотность электрон-позитронных ( $e^-e^+$ ) пар.

Рождение электрон-позитронных пар электрическим полем становится заметно отличной от нуля [7] при напряженности:

$$E_n = \frac{\omega_0^2 c^3}{e_0 \hbar} = 1,32 \cdot 10^{16} \text{ В/см},$$

где  $e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл;  $c = 2,997 \cdot 10^8$  м/с — скорость света, при которой электрическое поле на комптоновской длине волны:  $l_c = \frac{\hbar}{m_0 c} = 3,86 \cdot 10^{-11}$  см, где  $m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг, совершает над электрон-позитронной парой работу  $2m_0 c^2$ .

Как видно, длина когерентности для ( $e^-e^+$ ) конденсированных пар, на которой происходит изменение параметра порядка ( $\Psi\Psi^*$ )  $\rightarrow 1$ , определяется по комптоновской длине волны:  $\xi_0 = l_c = 3,86 \cdot 10^{-11}$  см.

Электрон-позитронные пары в физическом вакууме представляют связанные состояния с противоположными импульсами и спинами и потенциалом спаривания:  $U = -2m_0 c^2$ .

### 3. Джозефсоновский переход электрон-позитронных виртуальных пар физического вакуума на атомном электроде

Так как длина когерентности ( $e^-e^+$ ) частиц  $\xi_0 > d_e \approx 5,63 \cdot 10^{-13}$  см, размера электрона, это приводит к сверхтекучему току и эффекту Джозефсона на движущемся атомном электроде.

Длина когерентности  $\xi_0 = \frac{\hbar}{m_0 c}$ , где  $m_0$  — масса электрона, и фаза  $\Phi$  мало меняются на расстоянии большем  $\xi_0$ .

Бозе-эйнштейновский конденсат электрон-позитронных ( $e^-e^+$ ) пар физического вакуума является когерентной и комплексной волновой функцией:  $(\Psi\Psi^*) = n_s$ ,  $\Psi = \sqrt{n_s} \cdot e^{i\Theta(\vec{r}, t)}$ . Волновые функции виртуальных пар скоррелированы и перекрыты, в результате скорости их движения и фазы становятся равными друг другу.

Минимальная для перехода на атомном электроде энергия возбуждения сверхтекучих ( $e^-e^+$ ) частиц относительно энергии связи:  $E_n = (\alpha^3 | -2m_0 c^2 |)$ , где  $\alpha = \frac{1}{137,04}$  — постоянная тонкой структуры.

Зависимость энергии возбуждения частиц-античастиц от импульса линейная, что характеризует сверхтекучесть пар, т.е.  $\frac{dE}{dP} = v < c$ .

Потенциал скорости сверхтекучего движения частиц-античастиц на электроде  $U_{(v_s)}$  совпадает с фазой конденсатной волновой функции:  $\Phi = \frac{\hbar}{2m_0} \nabla \Phi$ . И сверхтекучий ток:

$$j_{\text{конд}} = \frac{i\hbar}{2m_0} \Psi \nabla \Psi^* - \Psi^* \nabla \Psi = \frac{\hbar}{2m_0} n_s \nabla \Phi, \text{ где } 2m_0 \text{ — масса спаренных частиц.}$$

Сверхток на электроне  $m_0$  при  $v \ll c$  является бездиссипативным и функцией от разности фаз:  $I_s = I_c \sin \Phi$ , где  $\Phi = \Psi_1 - \Psi_2$  — фазы волновых функций бозе-ейнштейновского конденсата электрон-позитронных частиц перед и за электроном. При этом изменение фаз  $\Psi_1, \Psi_2$  на  $(2\pi + \pi)$  приводит к тому же состоянию системы.

И основные уровни энергии атомного электрона с джозефсоновским переходом при минимизации энергии:  $E_n = -\frac{\alpha^2}{2n^2} m_0 c^2$ , где  $\alpha = \frac{1}{137,04}$  — постоянная тонкой структуры;  $n^2$  ( $n = 1, 2, \dots$ );  $m_0 c^2$  — энергия покоя электрона.

Радиус первой боровской орбиты представим:  $a_0 = \frac{\Phi_0^2}{4\pi^3 m_0 c^2}$ , где  $\Phi_0 = \frac{\pi \hbar c}{e_0}$  — квант магнитного потока, т.е. является квантованной функцией магнитного потока на джозефсоновском переходе атомного электрона. И радиусы  $a_n = \frac{n^2 \Phi_0^2}{4\pi^3 m_0 c^2} \cdot \frac{1}{Z}$ .

При движении атомного электрона на орбите с джозефсоновским переходом сверхтекучих частиц-античастиц ( $e^-e^+$ ), токовое состояние описывается потенциалом спаривания  $2\Delta = 2|\Delta|e^{4i\vec{q}\vec{r}}$ , где  $\vec{q}$  — вектор в направлении тока (импульс  $4\hbar\vec{q}$ ).

При  $4\hbar\vec{q} \ll m_0 c$  в линейном приближении энергия электрон-позитронных квазичастиц:

$$\varepsilon_k = \sum_n \left( 4\sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4} + \frac{\hbar}{4m} \vec{k}\vec{q} \right), \text{ где } \frac{\hbar\vec{q}}{4m} = \vec{v}_s \text{ — сверхтекучая скорость.}$$

#### 4. Квантование орбит атомных электронов с джозефсоновскими переходами

При циркуляции  $v_s$  по контуру:  $\oint v_s dl = \frac{\hbar}{2m} \Delta\Phi$ , где  $\Delta\Phi$  — изменение фазы при обходе контура. При возвращении в исходную точку изменение фазы является целым кратным от  $(2\pi + \pi)$ . Квантование сверхтекучих частиц-античастиц на атомном электроном:

$$\oint v_s dl = \frac{\pi n \hbar}{2m_0}, \quad \oint P_\phi dq = \pi n \hbar,$$

где  $P_\phi$  — момент импульса;  $n$  — целые числа.

Частота излучения при переходе радиусов орбит  $\omega_{mm'} = \frac{2\pi^4 e_0^2}{\xi_0 \Phi_0^2} \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ , где  $\Phi_0 = \frac{\pi \hbar c}{e}$  — квант магнитного потока;  $\frac{e_0^2}{\Phi_0^2}$  — электромагнитная индукция на переходе;  $\xi_0 = \frac{\hbar}{m_0 c}$  — джозефсоновский переход на электроном.

Таким образом, из требования однозначности потенциала связи  $\Delta(\vec{r})$  электрон-позитронных частиц физического вакуума:

$$\Delta(\vec{r}) = \Delta(\vec{r}) \cdot e^{i\Phi\vec{r}},$$

где интеграл от волновой функции по замкнутой траектории:

$$\oint_c \nabla\Phi dl = \Phi,$$

$\Phi$  в потенциале спаривания  $\Phi = (2\pi + \pi)n$ , где  $n$  — целые числа.

При джозефсоновском переходе на электроном при сверхтекучем токе  $|I_s| < I_c$ , где  $I_c$  — критический ток, зависимость квантования энергии с минимумами в точках:

$\varphi = \varphi_n = \arcsin \frac{I_s}{I_c} + 2\pi n$ , где  $n$  — целые числа.

В отличие от теории Бора, нулевая энергия (при  $n = 0$ ) на атомном электроном при джозефсоновском переходе не обращается в нуль и равна:  $E_0 = \frac{1}{2} \hbar \omega$ .

Полагаем, для атомных орбит электронов необходимо дополнить уравнение Шредингера потенциальной волновой функцией частиц-античастиц при джозефсоновском переходе на атомных электронах:  $\nabla U = \frac{\hbar}{2e} I_c (1 - \cos \varphi) = \frac{\hbar \partial \varphi}{\partial t}$ , где  $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$  — волновые функции перед и за электроном, которые стабилизируют его движение.

**Примечание.** Квантование джозефсоновских переходов на атомном электроном с частотой  $\omega_0$  воздействует на джозефсоновские переходы с частотами ( $\omega_1, \omega_2, \dots$ ) других атомных электронов, что приводит к их интерференции.

### Выводы

1. Физически в статье определили длину когерентности частиц-античастиц физического вакуума  $\xi_0 > d_e$ , размера электрона, вследствие чего при движении электрона образуется джозефсоновский переход и сверхтекучий ток частиц-античастиц:  $I_s = I_c \cdot \sin \varphi$ , где  $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ , разность волновых функций ( $e^-e^+$ ) пар до и после электрона.

2. Впервые физически обосновываем квантование орбит атомных электронов определяют волновые функции электрон-позитронных пар физического вакуума при их периодическом возбуждении на джозефсоновском переходе с последующей симметризацией спина и импульса и минимизацией потенциала связи.

Из требования однозначности потенциала спаривания виртуальных частиц  $\Delta(\vec{r}) = \Delta(\vec{r}) \cdot e^{i\varphi}$  следует, что в потенциале связи  $\varphi = (2\pi + \pi)n$ , где  $n$  — целые числа.

### Л и т е р а т у р а :

1. Л.Д.Ландау и Е.М.Лифшиц. Теоретическая физика. Т. IV. Квантовая электродинамика/В.Б.Берестецкий, Е.М.Лифшиц, Л.П.Питаевский/- М., Наука, 1980.
2. М.Борн. Атомная физика/Пер. с англ. под ред. Б.В.Медведева/- М., Мир, 1967.
3. Р.Спроул. Современная физика. Квантовая физика атомов, твердого тела и ядер/Пер. с англ./, М., Наука, 1974.
4. Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский В.И. Квантовая механика. М., Наука, 1979.
5. Ахиезер А.И. Атомная физика. Киев, Наукова думка, 1988.
6. Ландау Л.Д. и Лифшиц Е.М. Теория поля. ОГИЗ. М.-Л., 1948.
7. Буланов С.С., Нарожный Н.Б., Мур В.Д., Попов В.С. О рождении электрон-позитронных пар электромагнитными импульсами. ЖЭТФ, 2006, т. 129, вып. 1, с. 14-29.
8. Лихарев К.К. Введение в динамику джозефсоновских переходов. М., Наука, 1985.

*Статья поступила в редакцию 28.03.2011 г.*

*Beltzov R.I., Fedotkin I.M.*

### On the physics of the atomic electrons orbit quantization

Experimental coherence length of virtual electron-positron pairs  $\xi_0$  more than classical size of the electron, and when it moves on the atomic orbits is formed Josephson effect, the superfluid current depending on the difference of the wave functions at the transition. Quantization of electron orbits is the periodic excitation particle-antiparticle of an electron on the Josephson junction with subsequent minimizing potential connection ( $\pm \delta U$ ).

*Keywords:* atom, electron, positron, superfluidity.