

To model such a system we use Stochastic Series Expansion (SSE) [4] – one of quantum Monte-Carlo methods – in which the configuration space consists of the space of spin vectors and space of operator sequences. The algorithm we obtained calculates spin structure factors, which show what arrangements of spins are like for various parameters, and dynamic characteristics of  $\text{Sr}_2\text{IrO}_4$  for both models.

Comparison of qualitative results of these simulations shows which model suits best for describing propagation of an orbital excitation in  $\text{Sr}_2\text{IrO}_4$

1. Kim B.J., Jin H., Moon S. J. et al., Phys.Rev.Lett. 101 076402 (2008).
2. Kim J., Daghofer M., Said A.H. et al., Nature Communications 5 4453 (2014).
3. Kim J., Casa D., Upton M.H., Gog T. et al., Phys.Rev.Lett. 108 177003 (2012).
4. Sandvik A.W., Kurkijärvi J., Phys.Rev.B. 43 5950 (1991).

## **ПОЛЯРИЗАЦИОННАЯ ПОПРАВКА В КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ БЫСТРЫМИ ЗАРЯЖЕННЫМИ ЧАСТИЦАМИ**

Макарова К.А.\*

Северный(Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова,  
г. Архангельск, Россия

\*E-mail: [ksenya931408@yandex.ru](mailto:ksenya931408@yandex.ru)

## **THE POLARIZATION CORRECTION TO THE CLASSICAL THEORY OF ENERGY LOSSES OF FAST CHARGED PARTICLES**

Makarova K.A.\*

Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia

Using the apparatus of classical physics, the polarization of the received amendment by the collision of fast charged particles with atoms of matter

При прохождении заряженных частиц через вещество, в том числе и твёрдое, происходят потери энергии этой частицы на возбуждение и ионизацию атомов вещества. В настоящее время общепринятой теорией по потерям энергии является теория Бете-Блоха [1]. В этой теории существует несколько поправок к формуле Бете-Блоха, одна из которых – поправка Баркаса [2] (поляризационная поправка). В настоящее время единой теории по расчёту поправки Баркаса нет и существует множество приближённых выражений. В представленной работе найдена поляризационная поправка в рамках классической физики. Классическая теория потерь энергии – теория Бора [3], но в ней не присутствует поляризационная поправка, что говорит о грубых приближениях в теории Бора. Известно, что подход, предложенный Н. Бором по расчёту ионизационных потерь энергии [3], основан на выделении двух областей параметра удара. Первая об-

ласть - это область при малых параметрах удара, где электрон можно рассматривать как свободный и вторая область - область больших параметров удара, где применим дипольный подход. В итоге при выполнении условия  $\omega/v \ll 1$ ,  $Z/v^2 \ll 1$  ( $\omega$  - частота осциллятора,  $v$  - скорость иона,  $Z$  - эффективный заряд иона) эти две области "сшиваются" и получается известная формула Бора, не зависящая от параметра сшивки. В данной работе будет уточнён метод Бора и на основании таких уточнений получена поправка к теории Бора, для потерь энергии. Действительно в области малых параметров удара электрон может не рассеиваться свободно на ионе, т.к. он может находиться далеко от иона и в таком случае нужно применять дипольный подход, чего не было сделано в теории Бора. Квантово-механическое рассмотрение такого столкновения представлено в работе [4,5]. Поэтому, чтобы устранить эту неточность, нужно рассмотреть некоторую область с радиусом  $\alpha$ . Если рассмотреть рассеяние свободного электрона в такой области, а далее "сшить" этот результат с областью приме-

нения дипольного подхода, получим потери энергии в виде  $\kappa = 4\pi \left(\frac{Z}{v}\right)^2 (L_1 + L_2)$ ,

где  $L_1, L_2$  - тормозные числа полученные соответственно от первой и второй области, которые

$$L_1 = \frac{1}{2(1-2\lambda)^2} \left( 2\lambda - 1 + (\lambda - 1)^2 \ln \left( \frac{\lambda - 1}{\lambda} \right)^2 \right), \quad L_2 = qK_0(q)K_1(q) + 3/2 - \ln(4). \quad (1)$$

Тогда поправка Баркаса будет  $\Delta L_{\text{Barcas}} = \frac{L_1(Z) - L_1(-Z)}{2}$ . В (3)  $\lambda = \frac{Z}{v^2 \alpha}$ ,  $K(q)$ - функция

Макдональда, а  $q = \frac{\alpha \omega}{v}$ .

1. Ziegler J. F. // Appl. Phys. A: Mater. Sci. Process, 1999, V. 85, P.1249-1272.
2. Barkas W.H., Dyer J.W., Heckman H.H. // Phys. Rev. Letter, 1963, V. 11, P.26.
3. Бор Н. *Избранные труды. Москва. Наука. Т. 1, 1970.*
4. Матвеев В.И., Макаров Д.Н. // Письма в ЖЭТФ, 2011, Т. 94, С. 3.
5. Матвеев В.И., Макаров Д.Н., Гусаревич Е.С. // ЖЭТФ, 2011, Т.139, С.868-882.