

удовлетворяет условиям (3) и не удовлетворяет (2) и, следовательно, принадлежит заявленному в теореме классу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усс, А. Т. Краевая задача Римана – Гильберта для трехмерных аналогов системы Коши – Римана / А. Т. Усс // Докл. НАН Беларуси. – 2003. – Т. 47, № 6. – С. 10–15.

Е. В. ГОЛЕНКО

Беларусь, Брест, УО «БрГУ имени А. С. Пушкина»

РАСЧЕТ ПОПРАВКИ МОТТА ДЛЯ $Z = 80$ С ПОМОЩЬЮ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА LQZ

Для расчета потерь энергии релятивистских ионов в веществе необходим учет поправки Мотта [1]:

$$\Delta L_M = 2\pi \frac{\tilde{N}_e E_m}{\zeta} \int_{\theta_0}^{\pi} \left[\left(\frac{d\sigma(\theta)}{d\Omega} \right)_M - \left(\frac{d\sigma(\theta)}{d\Omega} \right)_B \right] \sin^2 \left(\frac{\theta}{2} \right) \sin \theta d\theta, \quad (1)$$

где $\left(\frac{d\sigma(\theta)}{d\Omega} \right)_M$ и $\left(\frac{d\sigma(\theta)}{d\Omega} \right)_B$ – соответственно моттовское и борновское выражения

для сечения рассеяния электрона на ядре. Здесь θ_0 – угол рассеяния, соответствующий энергии, выше которой можно пренебречь энергией связи электрона.

Ранее было получено аналитическое выражение для поправки Мотта при $\theta_0 \rightarrow 0$ с использованием аппроксимации LQZ [2] для вычисления нормированного моттовского сечения:

$$R(\theta) = \sigma_M / \tilde{\sigma}_R, \quad \tilde{\sigma}_R = \sigma_R (1 - \beta^2), \quad (2)$$

$$\sigma_R \equiv \left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_R = \left(\frac{Ze^2}{2mv^2} \right)^2 \frac{1}{\sin^4(\theta/2)}. \quad (3)$$

$$R_{LQZ}(\theta; Z, E) = \sum_{j=0}^4 a_j(Z, E) (1 - \cos \theta)^{j/2}, \quad a_j(Z, E) = \sum_{k=1}^6 d_Z(j, k) (\beta - \bar{\beta})^{k-1}, \quad \bar{\beta} = 0.7181287. \quad (4)$$

При $\theta \rightarrow 0, R_M(\theta) \rightarrow 1$ [4]

$$\Delta L_{MLQZ}(Z, \beta) = \frac{\beta^2}{2} + \sqrt{2} a_1(Z, \beta) + a_2(Z, \beta) + \frac{2\sqrt{2} a_3(Z, \beta)}{3} + a_4(Z, \beta) \quad (5)$$

Также был предложен модифицированный метод LQZ. Показано на примере $Z = 90$ и $Z = 100$, что в тех случаях, когда исходный метод дает большую погрешность в вычислении поправки Мотта, модифицированный метод приводит к уменьшению погрешности.

В данной работе проведено вычисление поправки Мотта ΔL_{MLQZm} для $Z = 80$. Найдено 24 соответствующих коэффициента $d_z(j,k)$. Для проверки точности полученного приближения вычислялась величина относительной ошибки ER [2]:

$$ER = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{36} [R_{MLQZ}(\theta; Z, \beta) - R_M(\theta; Z, \beta)]^2}{\sum_{i=0}^{36} R_M(\theta; Z, \beta)^2}} \cdot 100\% .$$

Здесь R_M – точное нормированное моттовское сечение, оно вычислялось по методу, предложенному в [3].

Из таблицы 1 видно, что точность расчета нормированного моттовского сечения с помощью модифицированного метода LQZ сравнима с точностью расчета с помощью обычного метода LQZ.

Таблица 1 – ER, %

β	0,2	0,5	0,9
ER _{LQZ}	0,74	0,81	0,39
ER _{LQZm}	0,48	0,84	0,43

Для сравнения точности расчета поправки Мотта используем относительное отклонение:

$$\delta = \frac{|\Delta L_M - \Delta L_{MVSTT}|}{\Delta L_{MVSTT}} \cdot 100\% ,$$

где ΔL_{MVSTT} вычислялось по методу [3].

Таблица 2 – δ , %. Жирным выделены относительные отклонения, превышающие 10 %

β	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,99	0,999
δ_{LQZ}	5,54	6,32	10,34	11,46	9,66	6,29	3,21	2,48	2,58
δ_{LQZm}	1,39	3,81	6,84	6,70	5,13	3,57	2,61	1,97	1,88

Из таблицы 2 видно, что при вычислении с помощью модифицированного метода LQZ погрешность поправки Мотта оказывается для всего рассмотренного диапазона скоростей меньше 10 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Morgan, S. H. Corrections to the Bethe-Bloch Formula for Average Ionization Energy Loss of Relativistic Heavy Nucley / S. H. Morgan, Jr. and P. B. Eby // Nucl. Instrum. Methods. – 1973. – Vol. 106. – P. 429–435.
2. Lijian, T. Analitic Fitting to the Mott Cross Section of Electrons / T. Lijian, H. Qing, L. Zhengming // Radiat. Phys. Chem. – 1995. – Vol. 45, № 2. – P. 235–245.
3. Kats, P. B. Normalized Mott Cross Section in Different Approaches / P. B. Kats, K. V. Halenka, O. O. Voskresenskaya // Physics of Particles and Nuclei Letters. – 2021. – Vol. 18, № 3. – P. 277–283.

Е. В. ГОЛЕНКО, И. Д. ГОЛЕНКО, П. Б. КАЦ
Беларусь, Брест, УО «БрГУ имени А. С. Пушкина»

**РАСЧЕТ СЕЧЕНИЯ СМЕЩЕНИЯ АТОМА ФОТОНОМ ЗА СЧЕТ
ФОТОЭФФЕКТА ДЛЯ ТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ
МЕТОДА LQZ И ЕГО МОДИФИЦИРОВАННЫХ ВАРИАНТОВ**

Для элементов с большими зарядовыми числами для расчета сечения смещения атома фотоном может использоваться интерполяция данных численного интегрирования моттовского сечения рассеяния, приведенных в [1]. В [2] табулированы значения сечения смещения атома фотоном, рассчитанные таким способом, для ряда элементов. Ранее мы представили результат расчета с использованием метода LQZ [3]. На рисунке 1 приведено сравнение наших результатов с результатами [2].

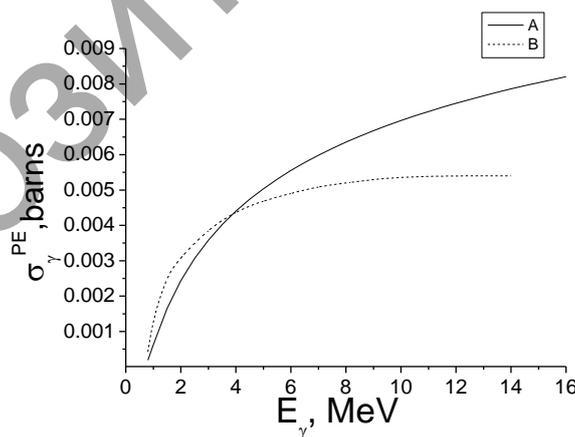


Рисунок 1 – Сечение смещения атома фотоном за счет фотоэффекта.
Для железа: А – расчет с помощью метода LQZ; В – по данным [2]

Результаты [2] значительно отличаются от полученных нами, хотя наши результаты совпали с результатами [4] для железа, полученными с помощью приближения Маккинли – Фешбаха.

Для больших Z неприменимо приближение Маккинли – Фешбаха, поэтому основные способы расчета сечения смещения атома фотоном включают либо