

## ЕЛЕКТРОСТАТИЧНА ВЗАЄМОДІЯ В НАНООБ'ЄКТАХ. КЛАСИЧНИЙ ТА КВАНТОВІ ПІДХОДИ

**Лукіянець Б.А., д.ф.-м.н., проф., Ніконенко І. , магістр**  
*Національний університет «Львівська політехніка», Львів*

В роботі зроблені порівняння потенціальних енергій електростатичної взаємодії  $W$  двох однакових зарядів  $q$ , що містяться в нескінченно глибоких потенціальних ямах шириною  $2a$ , з їх центрами на фіксованій відстані  $d$ , в залежності від ширин ям. Проаналізовані три випадки: 1) заряди – точки, зосереджені посередині ям, тобто на відстані  $d$  один від одного; 2) заряди з лінійною густиною  $t = q/a$  заповнюють ями і 3) врахована квантово-механічна природа заряду з її ймовірнісним характером розподілу в ямі, а саме  $q|y_n(x)|^2$  [1]. При вибраній відстані  $d = 20$  у 1-му випадку потенціальна енергія  $W_1$  в одиницях  $q^2/4\pi\epsilon_0$  дорівнює 0.050 і її значення не залежить від розмірів ями. В 2-му і 3-му випадках потенціальна енергія є відповідно результатами таких інтегралів:

$$W_2 = \frac{1}{4a^2} \int_{-a}^a dx_1 \int_{d-a}^{d+a} \frac{dx_2}{x_2 - x_1} \quad (1)$$

$$W_2 = \frac{1}{a^2} \int_{-a}^a \sin^2 \frac{np}{2a} x_1 dx_1 \int_{d-a}^{d+a} \frac{\sin^2 \frac{mp}{2a} x_2 dx_2}{x_2 - x_1} \quad (2)$$

(тут  $n, m$  нумерують квантові стани зарядів в ямах).

Отримані числові результати дозволяють зробити такі висновки:

- Потенціальна енергія у другому випадку,  $W_2$ , тим більше відрізняється від аналогічної у випадку точкових зарядів,  $W_1$ , чим ширші ями;
- У випадку 3) появляється квантово-механічна залежність  $W_3$  від енергетичних станів взаємодіючих зарядів. Вона є різною для діагональних ( $n = m$ ) основного і збуджених станів та недіагональних станів ( $n \neq m$ ) з різними  $n$  і  $m$ . Різниця між  $W_2$  і  $W_3$  тим більш відчутна, чим ширші ями

1. Lukiyanets B., Matulka D. Quantum mechanical effects in the Coulomb interactions which are localized in opposite double electron layers// Mathematical Modelling and Computing. – Vol.3, No2 (2016)