

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА**

фізико-математичний факультет  
кафедра фізики

**ГИЖКО ВІТАЛІНА ІВАНІВНА**

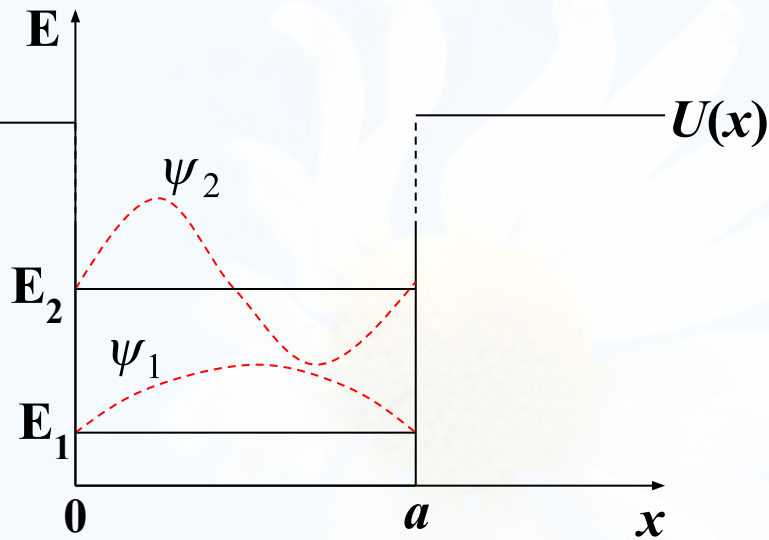
ДИПЛОМНА РОБОТА

**ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СПЕКТР ЕЛЕКТРОНІВ В КВАНТОВІЙ ЯМІ  
СКІНЧЕНОЇ ГЛИБИНИ ЗА НАЯВНОСТІ ЗОВНІШНЬОГО  
ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ**

Науковий керівник:  
кандидат фізико-математичних наук,  
доцент кафедри фізики  
Зіновчук Андрій Васильович

Житомир – 2013

# Нескінченно-глибока квантова яма



Рівняння Шредінгера

$$-\frac{\hbar^2}{2m_e} \psi''(x) + (U(x) - E) \psi(x) = 0$$

$$U(x) = \begin{cases} \infty, & x < 0 \\ 0, & 0 < x < a \\ \infty, & x > a \end{cases}$$

Граничні Умови:  $\psi(0) = \psi(a) = 0$

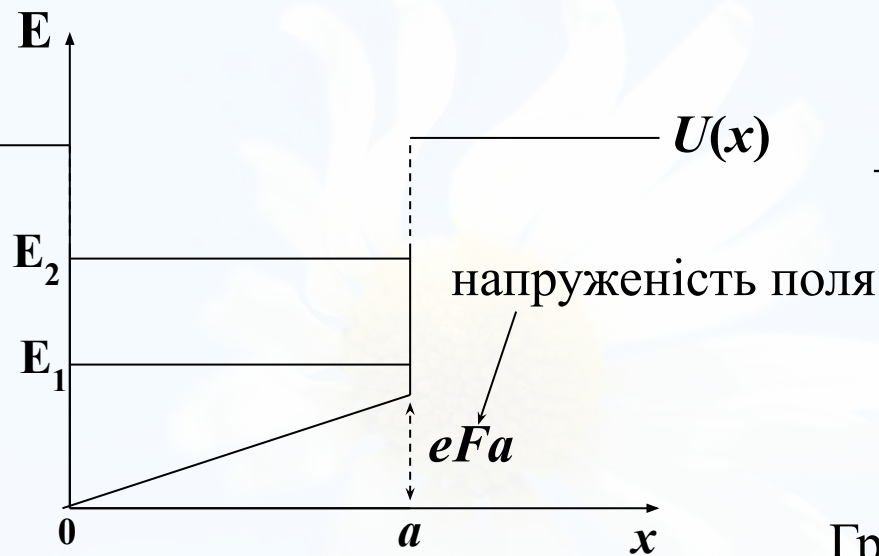
хвильові функції

$$\begin{cases} \psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{\pi n}{a} x\right) & 0 < x < a \\ \psi(x) = 0 & x < 0, x > a \end{cases}$$

стаціонарні значення енергії

$$E_n = \frac{\hbar^2 \pi^2 n^2}{2ma^2} \quad 0 < x < a$$

# Нескінченно-глибока квантова яма в зовнішньому електричному полі



Рівняння Шредінгера

$$-\frac{\hbar^2}{2m_e} \psi''(x) + (U(x) - E)\psi(x) = 0$$

$$U(x) = \begin{cases} \infty, & x < 0 \\ eFx, & 0 < x < a \\ \infty, & x > a \end{cases}$$

Граничні Умови:  $\psi(0) = \psi(a) = 0$

хвильові функції

$$\begin{cases} \psi(x) = C_1 Ai(Z) + C_2 Bi(Z) & Z = \left(x - \frac{E}{eF}\right) \left(\frac{2m_e eF}{\hbar^2}\right)^{1/3} \\ \psi(x) = 0 & x < 0, x > a \end{cases}$$

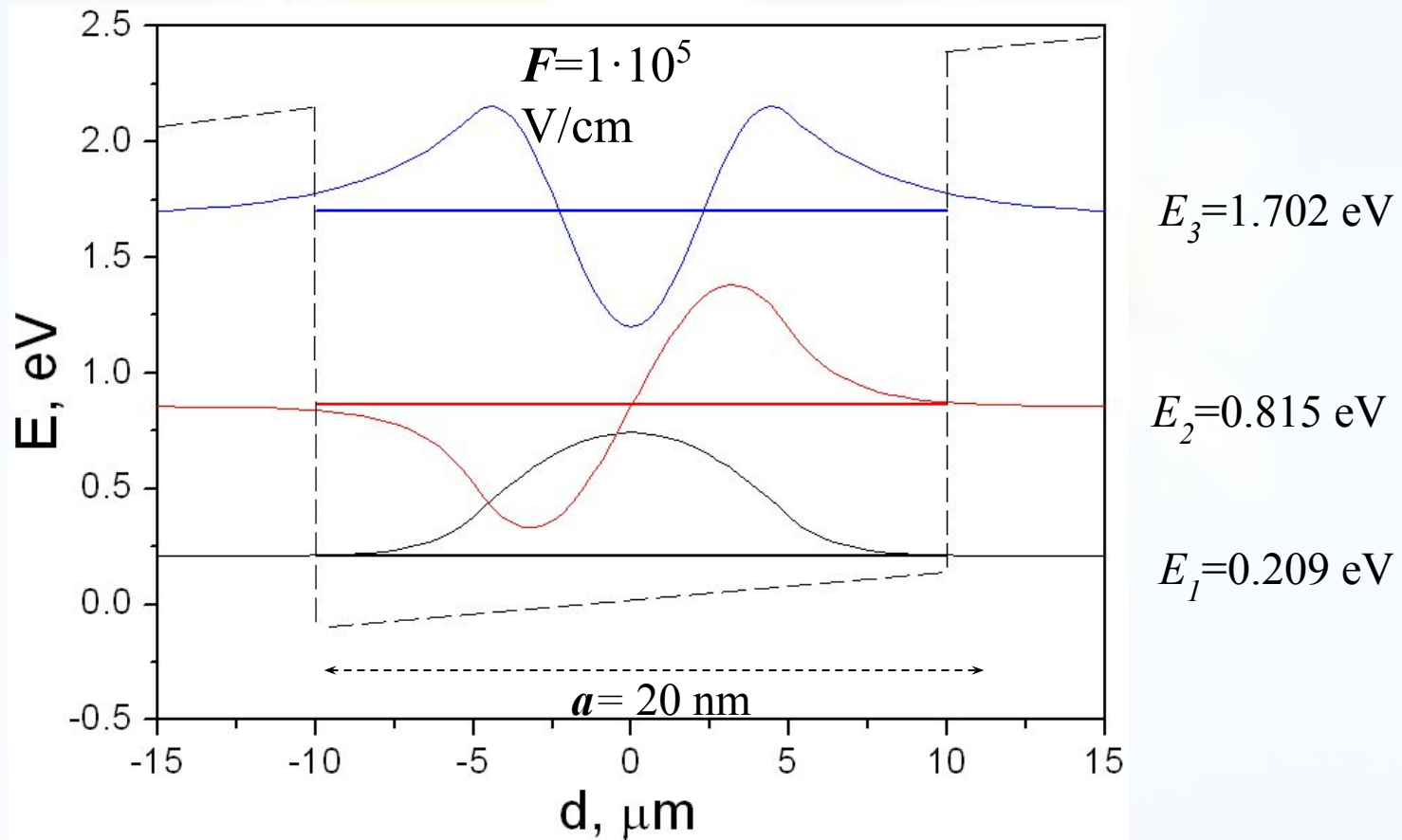
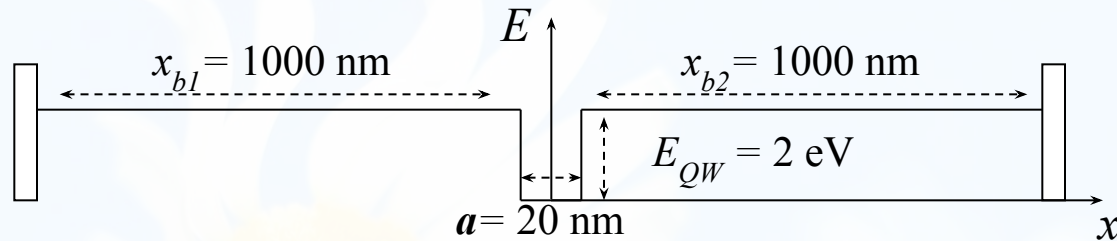
стаціонарні значення енергії  $E_n \approx \alpha_n \left(\frac{\hbar^2 e^2 F^2}{2m}\right)^{1/3} Ai(\alpha_n) = 0$

**Метою роботи є** чисельний розрахунок хвильових функцій та енергетичних рівнів в квантовій ямі скінченої глибини за наявності електричного поля.

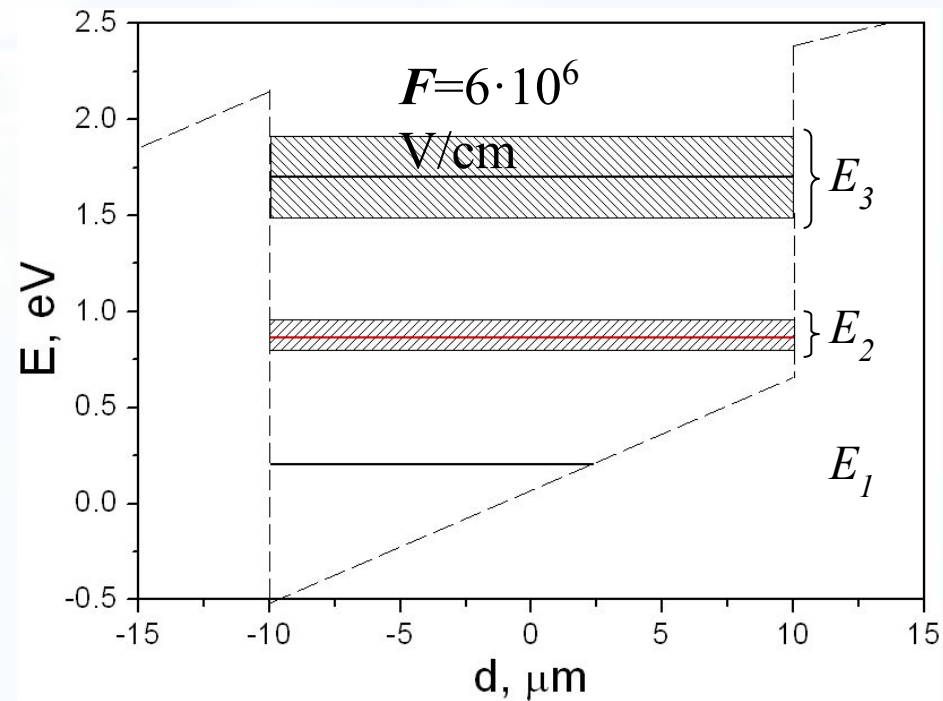
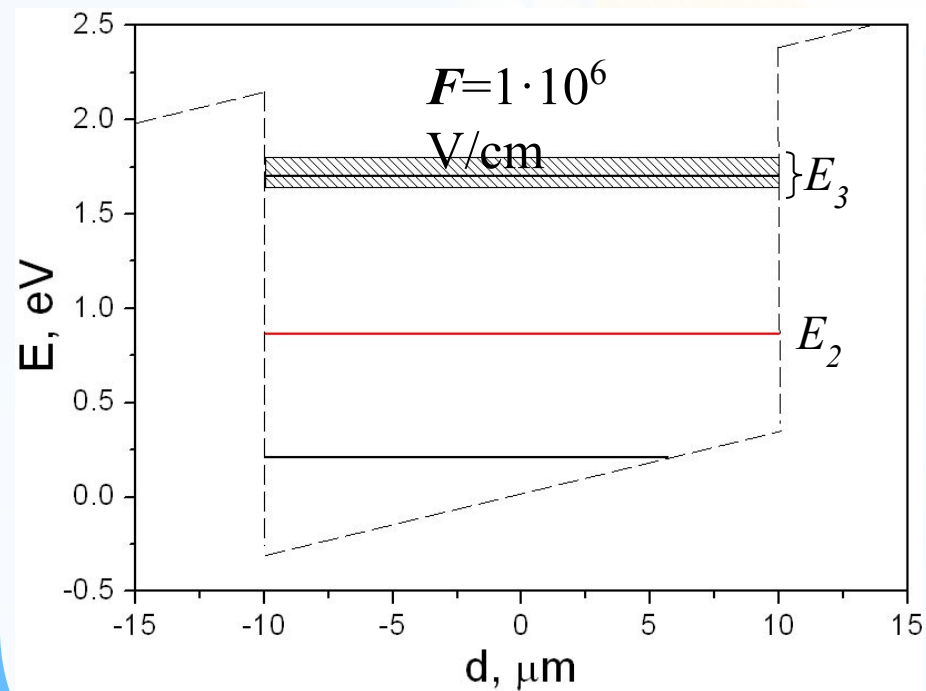
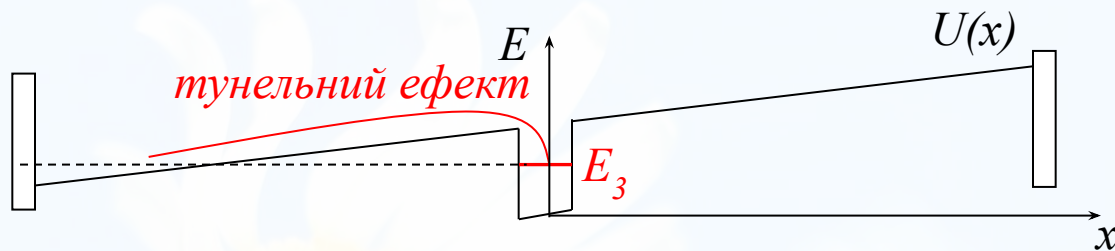
Для досягнення цієї мети були поставлені такі **завдання**:

- 1) Розробити математичну модель для чисельного розв'язку рівняння Шредінгера в квантовій ямі при наявності електричного поля.
- 2) На основі розробленої моделі, дослідити можливість існування квазістаціонарних станів в ямі.
- 3) Дослідити вплив напруженості поля на квазістаціонарні енергетичні рівні та хвильові функції носіїв заряду в квантовій ямі.

# Квантова яма скінченої глибини в зовнішньому електричному полі



# Утворення квазістаціонарних рівнів в квантовій ямі



## ВИСНОВКИ

- Показано, що в квантових ямах при наявності зовнішнього електричного поля, стаціонарні рівні енергії перетворюються в квазістаціонарні енергетичні зони з скінченим часом життя електронів.
- Із збільшенням напруженості поля ширина зон зростає, що, можливо, зумовлюється зростанням ймовірності тунелювання із квантової ями.
- При досить великих напруженостях полів ( $>1 \cdot 10^7$  V/cm) найвищі енергетичні зони перестають бути квазістаціонарними.





ДЯКУЮ ЗА  
УВАГУ!