

Министерство высшего образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»**

Выпускная квалификационная работа бакалавра / магистра

**Название работы**

Направление 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Образовательная программа «Название образовательной программы»

**Выпускник:** Яшин Артемий Валерьевич

*Подпись:* \_\_\_\_\_

**Научный руководитель:**

к.ф.-м.н., доцент кафедры физики конденсированных сред  
ИНТЭЛ НИЯУ МИФИ, Фамилия И.О.

*Подпись:* \_\_\_\_\_

**И.о. заместителя заведующего кафедрой:**

д.ф.-м.н., профессор кафедры физики конденсированных сред  
ИНТЭЛ НИЯУ МИФИ, Никитенко В.Р.

*Подпись:* \_\_\_\_\_

Москва

2025 г.

# Содержание

<b>Введение</b> . . . . .	2
<b>Цель и задачи</b> . . . . .	2
<b>Глава 1. Обзор литературы</b> . . . . .	4
1.1. Раздел 1 . . . . .	4
<b>Глава 2. Теория и основные уравнения</b> . . . . .	6
2.1. Раздел 1 . . . . .	6
2.2. Раздел 2 . . . . .	7
<b>Глава 3. Численные методы и алгоритмы</b> . . . . .	8
3.1. Раздел 1 . . . . .	8
3.2. Раздел 2 . . . . .	8
<b>Глава 4. Программная реализация</b> . . . . .	9
<b>Глава 5. Результаты и обсуждение</b> . . . . .	11
<b>Выводы</b> . . . . .	12
<b>Заключение</b> . . . . .	12

## Введение

Здесь необходимо рассказать, о чём работа. Объём 1-2 страницы. Нужно охарактеризовать область исследования, практическую значимость (для разработки каких приборов могут быть использованы ваши результаты), какую проблему решает ваша работа (кратко, подробнее будет в обзоре), какие методы использованы (тоже кратко, подробнее в главе Методы).

Здесь необходимо рассказать, о чём работа. Объём 1-2 страницы. Нужно охарактеризовать область исследования, практическую значимость (для разработки каких приборов могут быть использованы ваши результаты), какую проблему решает ваша работа (кратко, подробнее будет в обзоре), какие методы использованы (тоже кратко, подробнее в главе Методы).

Здесь необходимо рассказать, о чём работа. Объём 1-2 страницы. Нужно охарактеризовать область исследования, практическую значимость (для разработки каких приборов могут быть использованы ваши результаты), какую проблему решает ваша работа (кратко, подробнее будет в обзоре), какие методы использованы (тоже кратко, подробнее в главе Методы).

## Цель и задачи

**Цель:** Цель не должна совпадать с темой работы. Цель должна быть достижима (должен быть конечный результат) и проверяема. Исследование — это процесс, и целью быть не может.

### Задачи

1. Задача 1
2. Задача 2
3. Задача 3

#### 4. Задача 4

Достаточно задач. Обзор литературы наверное в задачи включать не будем. Лучше написать конкретно, что мы делаем (разработка алгоритма, программная реализация, расчёт конкретных параметров при определённых условиях и т.д.)

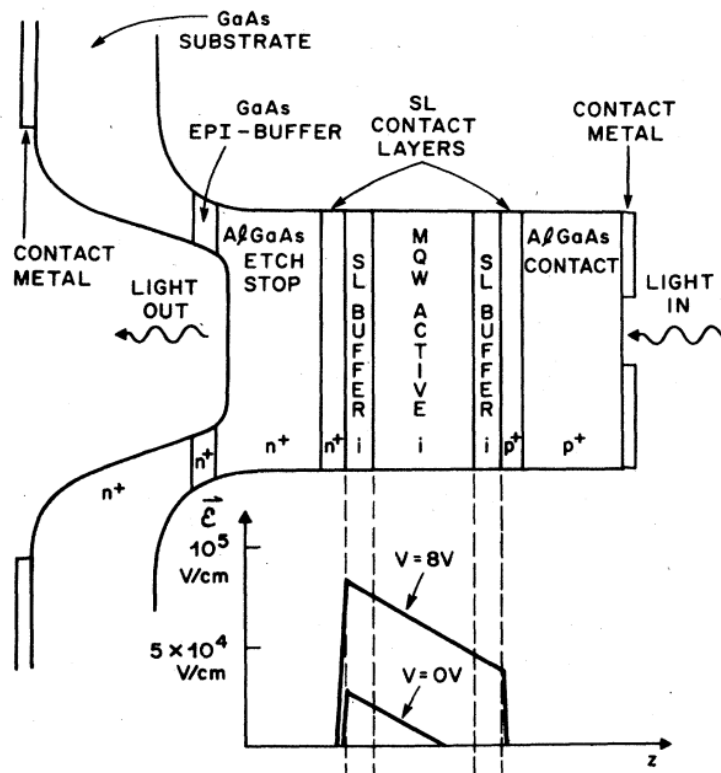


Рис. 1.1: Схема измерений спектров поглощения в поперечном поле из работы [3].

## Глава 1. Обзор литературы

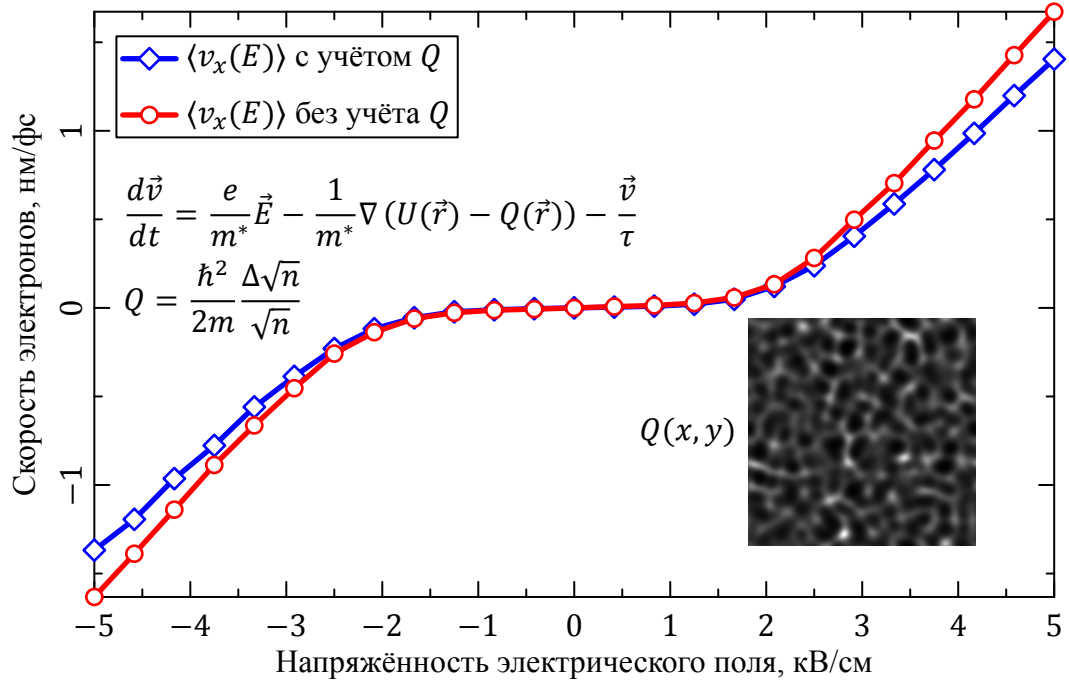
### 1.1 Раздел 1

В обзоре не нужно рассказывать теорию и методы, нужно просто провести обобщение и анализ исследований, которые были проведены до вас по данной теме.

Если вы будете пользоваться какими-то терминами и понятиями, которые требуют разъяснения, их нужно объяснить в следующих двух главах, а отсюда можно сослаться на эти определения.

Ссылка на книгу: [1]. Ссылка на книгу на русском: [2].

Если рисунок взят из какой-то статьи, книги или из интернета (из интернета нежелательно), то нужно обязательно в подписи сделать ссылку на соответствующий пункт в списке литературы.



**Рис. 1.2:** Результаты моделирования траекторий электронов с помощью квантовых гидродинамических уравнений.

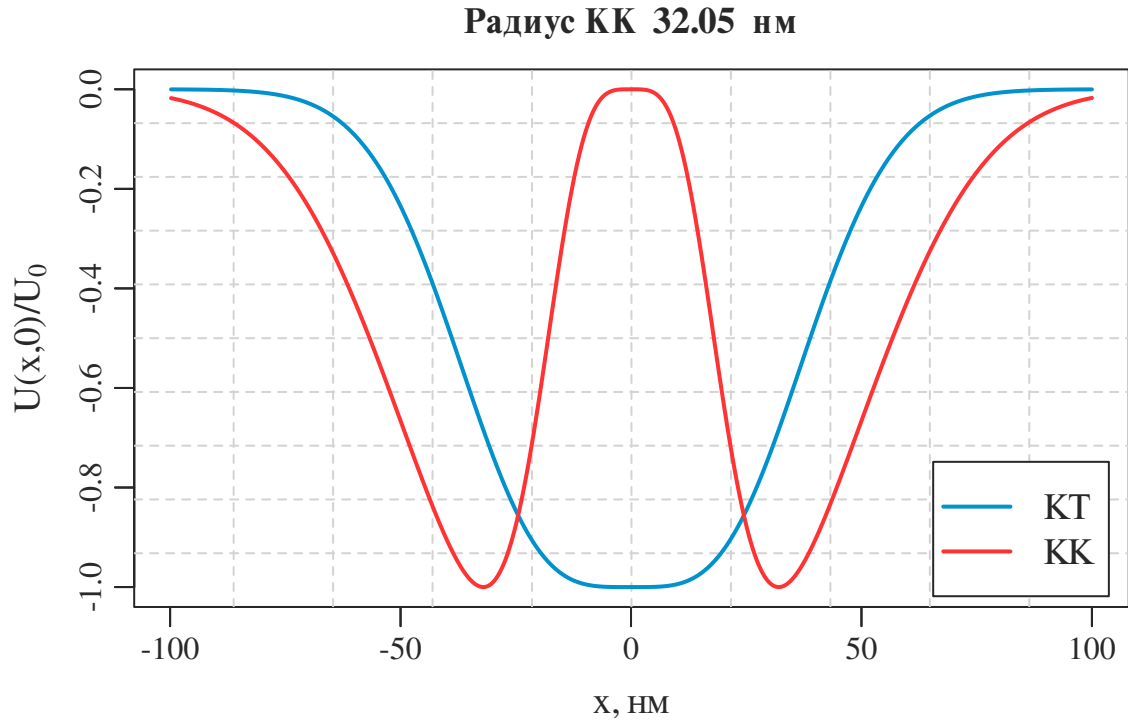
Ссылаемся на рисунок 1.1.

Рисунки в формате pdf:

Ссылки на статьи: [3], [4], [5].

Ссылка на российскую статью: [6].

Ссылка на диссертацию: [7]



**Рис. 1.3:** Потенциалы для моделирования КТ и КК.

## Глава 2. Теория и основные уравнения

### 2.1 Раздел 1

Ненумерованная формула:

$$\begin{pmatrix} \dot{\varphi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta) \cos(\psi) & -\sin(\psi) & 0 \\ \cos(\theta) \sin(\psi) & \cos(\psi) & 0 \\ -\sin(\theta) & 0 & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{pmatrix}.$$

$$E_y(z \geq L) = A_{12} e^{i\beta z} \cdot \begin{cases} e^{sw} \cos(kw) e^{s(x-a)}, & x < a - w \\ \cos(k(x-a)), & a - w \leq x \leq a + w \\ e^{sw} \cos(kw) e^{-s(x-a)}, & x > a + w \end{cases} \quad (2.1)$$

## 2.2 Раздел 2

Нумерованные формулы:

$$\dot{\theta} = \frac{P - p_1 \cos(\varphi_1 - \theta) - p_2 \cos(\varphi_2 - \theta)}{\mu + \sin^2(\varphi_1 - \theta) + \sin^2(\varphi_2 - \theta)} \quad (2.2)$$

$$\dot{\varphi}_1 = p_1 - \dot{\theta} \cos(\phi_1 - \theta) \quad (2.3)$$

$$\dot{\varphi}_2 = p_2 - \dot{\theta} \cos(\phi_2 - \theta) \quad (2.4)$$

Тест ссылки на формулу (2.2).



## Глава 3. Численные методы и алгоритмы

### 3.1 Раздел 1

### 3.2 Раздел 2

## Глава 4. Программная реализация

**Листинг 1:** Программная реализация метода Рунге-Кутты

```
// From the pendulum program
fn runge_kutta(
    vars: &MyVec,
    pars: &Vec<f64>,
    rhs: &dyn Fn(&MyVec, &Vec<f64>) -> MyVec,
    dt: f64,
) -> MyVec {
    let rk_1 = rhs(vars, pars);
    let rk_2 = rhs(&vars.add(&rk_1.scale(dt / 2.0)), pars);
    let rk_3 = rhs(&vars.add(&rk_2.scale(dt / 2.0)), pars);
    let rk_4 = rhs(&vars.add(&rk_3.scale(dt)), pars);

    let vars_new = vars
        .add(&rk_1.scale(dt / 6.0))
        .add(&rk_2.scale(dt / 3.0))
        .add(&rk_3.scale(dt / 3.0))
        .add(&rk_4.scale(dt / 6.0));
    vars_new
}
```

**Листинг 2:** Подпрограмма случайного блуждания на плоскости

```
std::random_device rd;
std::mt19937 mt(rd());
std::uniform_int_distribution<long> dist(1, 4);
std::vector<long> xn(n0, 0);
std::vector<long> yn(n0, 0);
for (long jt = 0; jt < M; jt++)
{
```

```
for (long jn = 0; jn < n0; jn++)
{
    switch (dist(mt))
    {
        case 1:
            xn[jn] ++;
            break;
        case 2:
            xn[jn] --;
            break;
        case 3:
            yn[jn] ++;
            break;
        case 4:
            yn[jn] --;
            break;
    }
}
```

## Глава 5. Результаты и обсуждение

Таблицы в  $\text{\LaTeX}$  делать очень неудобно. Лучше воспользоваться сторонним редактором таблиц, которые умеет их экспортировать в  $\text{\LaTeX}$ , сделать там всю структуру, а потом вставить готовый код, и в нём уже добавлять содержимое ячеек.

Тем не менее, простые таблицы делать можно, наподобие 5.1. Но лучше таблицами вообще не злоупотреблять, а где можно заменять их графиками и диаграммами.

**Таблица 5.1:** Условия роста образцов с квантовыми кольцами

№	$X_{\text{In}}$ , %	$T_1$ , °C	$T_2$ , °C	$P_{\text{As}_4}$ , $10^{-5}$ Торр	Тип КК	Диаметры, нм	
<b>A1</b>	0	220	220	1,3	Одиночное	51	
<b>A2</b>	0	280	280	0,55	Двойное	120	42
<b>B1</b>	5	250	250	5,0	Одиночное	75	
<b>B2</b>	10	250	250	5,0	Одиночное	76	
<b>B3</b>	20	250	250	5,0	Одиночное	78	
<b>B4</b>	20	200	200	5,0	Одиночное	63	
<b>B1</b>	0	325	325	0,2	Одиночное	22	
<b>B2</b>	0	325	220	0,2	Двойное	79	31
<b>B3</b>	0	325	325	1,0	Двойное	69	27

Ссылаемся на Листинг 1 здесь.

## Выводы

Структура файлов, которые можно редактировать:

- `diploma.tex` — содержит основной текст;
- `titlepage.tex` — содержит титульный лист;
- `literature.bib` — содержит источники для списка литературы;
- `code_highlight.tex` — форматирование листингов (фрагментов кода).

Файл `style.tex` очень важный, его трогать и особенно удалять не надо, там задаются различные стили документа. Редактировать в случае, если знаете, что делать.

## Заключение

Нужны ли отдельно и выводы, и заключение — я не знаю. Разберёмся.

Список литературы ниже оформлен не совсем по ГОСТу, но это легко исправить. Главное, что он организован, и можно ссылаться на каждый пункт по фамилии первого автора.

### Внимание!

Список литературы находится в отдельном файле `literature.bib`, в который можно добавлять новые источники в любом порядке. Они будут сами располагаться как нужно, в порядке упоминания в тексте.

Если какой-то источник не процитирован в тексте, он в список литературы добавлен не будет.

Поэтому один и тот же файл с источниками можно использовать для нескольких документов.

## Список литературы

- [1] S. Datta. *Quantum Transport: Atom to Transistor*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005, с. 404 (цит. на с. 4).
- [2] И.М. Федоткин. *Математическое моделирование технологических процессов: Учебное пособие*. Москва: Книжный дом «Либроком», 2015, с. 416 (цит. на с. 4).
- [3] D. Miller, J. Weiner и D. Chemla. «Electric-field dependence of linear optical properties in quantum well structures: Waveguide electroabsorption and sum rules». *IEEE Journal of Quantum Electronics* том 2, номер 9, (1986), с. 1816—1830 (цит. на с. 4, 5).
- [4] D.A.B. Miller, D. S. Chemla и T. C. Damen. «Band-Edge Electroabsorption in Quantum Well Structures: The Quantum-Confined Stark Effect». *Physical Review Letters* том 53 (1984), с. 2173 (цит. на с. 5).
- [5] Н. Mohseni и др. «Enhanced Electro-Optic Effect in GaInAsP-InP Three-Step Quantum Wells». *Applied Physics Letters* том 84, номер 11, (2004), с. 1823—25 (цит. на с. 5).
- [6] А. Л. Скубачевский. «Уравнения Власова–Пуассона для двухкомпонентной плазмы в однородном магнитном поле». *Успехи математических наук* том 69, номер 2, (2014), с. 107—148 (цит. на с. 5).
- [7] И.А. Павличенко. «Поверхностные и объемные плазмоны, возбуждаемые в наноразмерных структурах лазерными импульсами и потоками заряженных частиц». Диссертация. Нижний Новгород: НГУ им. Лобачевского, 2015 (цит. на с. 5).