**Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана**

Кафедра ИУ-4

«Проектирование и технология производства ЭА»

Журнал

**практических работ**

по курсу: «Физические основы микроэлектроники»

**Для студентов приборостроительных специальностей**

**20 / учебный год**

Студент Группа

(фамилия, и. о.)

Преподаватель\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Допуск к экзамену (зачету)\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Подпись\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(фамилия, и. о.) (число)

Москва

2019

# 

Программа

к учебному плану направления подготовки 551100 (654300)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ,

специальностям

220500 Проектирование и технология электронно-вычислительных средств и

200800 Проектирование и технология радиоэлектронных средств.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Виды учебных работ | Объем работ в часах | | |
|  |  | Всего | 6 сем. |  |
|  | На дисциплину | **144** | **144** |  |
| 1 | Аудиторная работа | **85** | **85** |  |
| 1.1 | - лекции | **51** | **51** |  |
| 1.2 | - семинары | **17** | **17** |  |
| 1.3 | - лабораторные занятия | **17** | **17** |  |
| 1.4 | Самостоятельная работа: | **59** | **59** |  |
|  | Домашние задания: | - | - |  |
|  | Курсовая работа | - | - |  |
|  | Самостоятельное изучение раздела |  |  |  |
| 1.5 | Виды отчетности по дисциплине |  |  |  |
|  | Контрольная работа |  |  |  |
|  | Рубежный контроль |  | РК3 (15) |  |
|  | Зачеты | - | - |  |
|  | Экзамены |  | **экзамен** |  |
|  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Отчет по практической работе № 1**  **«Нахождение волновых функций уравнения Шредингера с использованием MATLAB для частицы, находящейся в потенциальной яме»** | | | |
| дата | Оценка  (max 5) | Бонус за  сложность | подпись |

Цель работы:

\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Задачи работы:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Задание повышенной сложности (бонус за сложность – 5 баллов):**

-реализация в среде MATLAB методики расчета нахождения волновых функций с интерактивным вводом исходных данных с клавиатуры с автоматическим получением соответствующих графических зависимостей, сопровождаемых соответствующими подписями для каждой кривой на графике и указанием исходных данных рядом с графиком.

**Краткий конспект теоретической части** (ответы на контрольные вопросы см. файл Стационарное уравнение Шредингер1.docx)

|  |
| --- |
| Что определяет квадрат модуля волновой функции? \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Сколько собственных функций может иметь оператор Гамильтона? \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Какой спектр энергий имеет частица, находящаяся в потенциальной яме конечных размеров? \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Для каких уровней (значений) энергии получены кривые на первом графике? \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Для каких уровней (значений) энергии получены кривые на втором графике? \_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Как качественно будет выглядеть график квадрата модуля волновой функции для первого уровня собственного значения энергии частицы? \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Как качественно будет выглядеть график квадрата модуля волновой функции для второго уровня собственного значения энергии частицы? \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Как качественно будет выглядеть график квадрата модуля волновой функции для третьего уровня собственного значения энергии частицы?  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Ознакомление с необходимыми исходными данными:  **Xmin=** - левая граница координатной сетки  **Xmax= -** правая граница координатной сетки  **gamma-** коэффициент, входящий в безразмерное уравнение  Шредингера  **Ngreed -** число узлов координатной сетки  **dE=10-3;** - приращение энергии  **Emax=0;** - максимальное значение энергии  Этапы расчетов и представления результатов \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |

**Подготовка m.-файлов расчета в среде MATLAB**

1. Согласно руководству пользователя запустите программную среду MATLAB
2. Для реализации описанного (см. прилагаемый файл Стационарное уравнение Шредингер1.docx) вычислительного алгоритма в пакете MATLAB необходимо создать три m.-файла: 1) файл **Num.m**, содержащий описание функции, возвращающей для заданной энергии величину *f*, вычисляемую в соответствие с уравнением (18) файла Стационарное уравнение Шредингер1.docx, и значения волновой функции в узлах координатной сетки; 2) файл **U.m**, содержащий описание функции, возвращающей значение потенциала; 3) файл **Elevel.m**, содержащий описание функции, возвращающей собственные значения и собственные функции уравнения Шредингера.

2. Сохраните .m-файлы на жестком диске под соответствующими именами.

3. Загрузите файл **Elevel.m** и перейдите в окно Command Window

4. Введите в окне Command Window исходные данные и расчетные формулы, приведенные ниже, соблюдая последовательность (после ввода строки не забывать нажимать на Enter): (ниже приведен образец с числовыми данными в качестве контрольного примера. Студенту необходимо ввести свои данные согласно таблице приложения 1, представленной на последней странице данного файла).

**>> Xmin=-0.5;** % левая граница координатной сетки

**>> Xmax=0.5;** % правая граница координатной сетки

**>> gamma=20;**

**>> Ngreed=500;** % число узлов координатной сетки

% вычисление координат узлов сетки

**>> i=1:Ngreed;**

**>> x(i)=Xmin+(Xmax-Xmin)/(Ngreed-1)\*(i-1);**

**>> dE=10^-3;** % приращение энергии

**>> Emax=0;** % максимальное значение энергии

**>> V(i)=U(x(i),Xmin,Xmax);** % вычисление значения потенциала в узлах

% координатной сетки

% вычисление собственных значений и собственных функций уравнения

% Шредингера

**>> [EL,Psi]=Elevel(gamma,dE,V,Emax,Xmin,Xmax,Ngreed);**

**>> EL**

5. В окне Command Window должны появится расчетные значения как показано на примере ниже (эти значения справедливы только для контрольного примера. Для варианта студента будут другие значения). В случае затруднения необходимо обратиться к преподавателю.

**EL =**

**1.0000 -0.9751**

**2.0000 -0.9005**

**3.0000 -0.7761**

**4.0000 -0.6020**

**5.0000 -0.3782**

**6.0000 -0.1046**

5. Построение графика волновых функций, соответствующих первому, второму и третьему собственным значениям энергии частицы, находящейся в потенциальной яме.

В окне Command Window введите следующее выражение и нажмите Enter:

**>> plot(x(i),Psi(:,1),'k',x(i),Psi(:,2),'--k',x(i),Psi(:,3),'-.k');**

На экране появится график волновых функций, соответствующих первому, второму и третьему собственным значениям энергии частицы. Следует распечатать график или сделать принтскрин графика или сфотографировать для последующей распечатки и вклеивания в журнал.

6. Построение графика волновых функций, соответствующих четвертому, пятому и шестому собственным значениям энергии частицы, находящейся в потенциальной яме.

В окне Command Window введите следующее выражение и нажмите Enter:

**>> plot(x(i),Psi(:,4),'k',x(i),Psi(:,5),'--k',x(i),Psi(:,6),'-.k');**

На экране появится график волновых функций, соответствующих четвертому, пятому и шестому собственным значениям энергии частицы. Следует распечатать или сделать принтскрин графика или сфотографировать для последующей распечатки и вклеивания в журнал.

7. Вклеить полученные графики. Желательно все графические зависимости разместить на одном листе. Под каждым графиком должна быть подпись (что это за зависимость)

Место для вклеивания графика

8. Вклеить или вставить листы с листингом программного кода

Место для вклеивания листинга

|  |
| --- |
| 9. Сформулируйте выводы по работе |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

#### Контрольные вопросы

1. Физический смысл квадрата модуля волновой функции?

2. Какой спектр энергий имеет частица, находящаяся в потенциальной яме конечных

3. Как качественно выглядит на графике волновая функция для первого уровня энергии частицы?

4. Как качественно будет выглядеть график квадрата модуля волновой функции для

первого уровня собственного значения энергии частицы?

5. Как качественно выглядит на графике волновая функция для второго уровня энергии частицы?

6.Как качественно будет выглядеть график квадрата модуля волновой функции для второго уровня собственного значения энергии частицы?

7.Как качественно выглядит на графике волновая функция для третьего уровня энергии частицы?

8. Как качественно будет выглядеть график квадрата модуля волновой функции для третьего уровня собственного значения энергии частицы?

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Андреев В.В., Столяров А.А. Физические основы наноинженерии. - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2011.
2. Гуртов В.А. Твердотельная электроника.-М.: Техносфера. 2005.
3. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы наноэлектроники.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000.

4. Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А. Физика низкоразмерных систем,

СПб, Наука, 2001.

5. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники, СПб, 2003.

6. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: учебное пособие для вузов. − 2-е изд. –

М.: Лаборатория базовых знаний, 2001.

7. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учебное пособие. – М.: Юрайт, 2011.

8. Зиненко, В.И. Основы физики твердого тела [Текст]: учеб. пособие для вузов / В.И.

Зиненко, Б.И. Сорокин, Р.И. Турчин. – М.: Издательство физико-

математическойлитературы, 2001. 336с.

9. Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника: Учебное пособие для вузов / Под ред. Н.Д. Федорова. М.: Радио и связь, 2002.

10. Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников. М.: Физматлит, 2009.

Н.А. Афанасьева, Л.П. Булат. Физические основы электроники. Учебное пособие. СПб.:

СПБ ГУНиПТ, 2010. -181с.

11. Андреев В.В., Балмашнов А.А., Корольков В.И., Лоза О.Т., Милантьев В.П. Физическая

электроника и ее современные приложения. Учеб. пособие. М.: РУДН, 2008. – 383 с.

Приложение 1

Варианты задания.

Номер варианта задания соответствует порядковому номеру ФИО студента в списке группы

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | **Xmin** - левая граница координатной сетки | **Xmax-** правая граница координатной сетки | **gamma -** коэффициент, входящий в обезразмеренное уравнение  Шредингера | **Ngreed -** число узлов координатной сетки | **dE -** приращение энергии | **Emax** - максимальное значение энергии |
| 1 | - 1 | 1 | 10 | 500 | 2\*10-3 | 0.1 |
| 2 | - 0.9 | 0.9 | 15 | 600 | 3\*10-3 | 0.2 |
| 3 | - 0.8 | 0.8 | 20 | 700 | 4\*10-3 | 0.3 |
| 4 | - 0.7 | 0.7 | 10 | 800 | 0.5\*10-3 | 0.4 |
| 5 | - 0.6 | 0.6 | 15 | 900 | 5\*10-3 | 0.5 |
| 6 | - 0.5 | 0.5 | 20 | 1000 | 1\*10-3 | 0 |
| 7 | - 1 | 1 | 12 | 700 | 3\*10-3 | 0.2 |
| 8 | - 0.9 | 0.9 | 11 | 500 | 0.5\*10-3 | 0.3 |
| 9 | - 0.8 | 0.8 | 12 | 600 | 1\*10-3 | 0.1 |
| 10 | - 0.7 | 0.7 | 10 | 700 | 4\*10-3 | 0.4 |
| 11 | - 0.6 | 0.6 | 20 | 800 | 3\*10-3 | 0.2 |
| 12 | - 0.5 | 0.5 | 18 | 900 | 0.5\*10-3 | 0 |
| 13 | - 1 | 1 | 17 | 1000 | 1\*10-3 | 0.2 |
| 14 | - 0.9 | 0.9 | 15 | 500 | 0.5\*10-3 | 0.4 |
| 15 | - 0.8 | 0.8 | 20 | 800 | 4\*10-3 | 0.1 |
| 16 | - 0.7 | 0.7 | 10 | 900 | 3\*10-3 | 0.2 |
| 17 | - 0.6 | 0.6 | 20 | 1000 | 1\*10-3 | 0.3 |
| 18 | - 0.5 | 0.5 | 15 | 500 | 0.5\*10-3 | 0.4 |
| 19 | - 1 | 1 | 20 | 700 | 4\*10-3 | 0.1 |
| 20 | - 0.9 | 0.9 | 15 | 600 | 0.5\*10-3 | 0.2 |
| 21 | - 0.8 | 0.8 | 16 | 900 | 3\*10-3 | 0 |
| 22 | - 0.7 | 0.7 | 17 | 700 | 1\*10-3 | 0.1 |
| 23 | - 0.6 | 0.6 | 13 | 600 | 0.5\*10-3 | 0.4 |
| 24 | - 0.5 | 0.5 | 14 | 500 | 4\*10-3 | 0.3 |
| 25 | - 0.8 | 0.8 | 12 | 700 | 0.5\*10-3 | 0.1 |
| 26 | - 0.7 | 0.7 | 11 | 800 | 1\*10-3 | 0.2 |
| 27 | - 0.6 | 0.6 | 10 | 900 | 3\*10-3 | 0.3 |
| 28 | - 0.5 | 0.5 | 19 | 1000 | 4\*10-3 | 0.4 |