

**Тема 1. Локализованные состояния квазичастицы в потенциальной яме**

Квазичастица с законом дисперсии  $E(p) = p^2/2m^*$  находится в одномерной потенциальной яме, изображенной на рисунке.

1) Вывести уравнение для дискретных уровней энергии квазичастицы в яме.

2) Получить условие того, что в яме имеется по крайней мере один уровень энергии.

3) Получить условие того, что в яме имеется только один уровень энергии.

4) Решив графически уравнение для уровней энергии, найти значения первого и второго уровней (в эВ) при следующих значениях параметров:

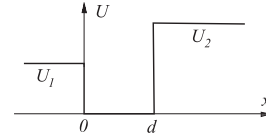
а)  $U_1 = 0,2 \text{ эВ}; U_2 = 0,4 \text{ эВ}; m^* = 0,6m_e; d = 10 \text{ нм}.$

б)  $U_1 = 0,5 \text{ эВ}; U_2 = 0,7 \text{ эВ}; m^* = 0,4m_e; d = 8 \text{ нм}.$

в)  $U_1 = 0,1 \text{ эВ}; U_2 = 0,15 \text{ эВ}; m^* = 2m_e; d = 5 \text{ нм}.$

5) Изобразить примерные графики волновой функции квазичастицы и плотности вероятности в основном состоянии.

6) Найти число уровней энергии в яме при заданных значениях параметров.



**Тема 2. Прохождение квазичастиц над потенциальной ямой (несимметричная яма)**

Квазичастица с законом дисперсии  $E(p) = p^2/2m^*$  проходит над одномерной потенциальной ямой (см. Рис.).

1) Вывести выражение для коэффициента прохождения  $T(E)$  (квазичастица движется слева направо).

2) Построить графики зависимости коэффициента прохождения  $T$  от энергии при следующих значениях параметров:

а)  $U_1 = 1,0 \text{ эВ}, d = 3 \text{ нм}, m^* = m_e; U_2/U_1 = 1,0, U_2/U_1 = 1,2, U_2/U_1 = 1,4, U_2/U_1 = 1,6.$

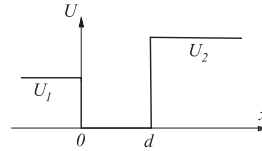
б)  $U_1 = 0,3 \text{ эВ}, d = 2 \text{ нм}, m^* = 2m_e; U_2/U_1 = 1,0, U_2/U_1 = 1,5, U_2/U_1 = 2,0, U_2/U_1 = 2,5.$

в)  $U_1 = 0,5 \text{ эВ}, d = 5 \text{ нм}, m^* = 0,5m_e; U_2/U_1 = 1,0, U_2/U_1 = 1,25, U_2/U_1 = 1,5, U_2/U_1 = 1,75.$

г)  $U_1 = 0,7 \text{ эВ}, d = 4 \text{ нм}, m^* = 0,3m_e; U_2/U_1 = 1,0, U_2/U_1 = 1,3, U_2/U_1 = 1,6, U_2/U_1 = 2,0.$

Указание: Следует строить график зависимости  $T$  от безразмерной энергии квазичастицы  $\varepsilon = E/U_2$ .

3) Обсудить влияние параметра асимметрии  $U_2/U_1$  на зависимость  $T(E)$ .



**Тема 3. Прохождение квазичастиц над потенциальной ямой (симметричная яма)**

Квазичастица с законом дисперсии  $E(p) = p^2/2m^*$  проходит над одномерной потенциальной ямой (см. рисунок).

1) Вывести выражение для коэффициента прохождения  $T(E)$  (квазичастица движется слева направо).

2) Вывести выражение для фазы волновой функции  $\varphi(E)$  прошедших квазичастиц.

3) Построить графики зависимости  $T(E)$  и  $\varphi(E)$  при следующих значениях параметров:

а)  $U_0 = 1,0 \text{ эВ}; m^* = 2m_e; d = 1 \text{ нм}.$

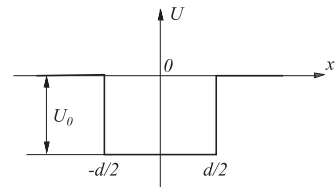
б)  $U_0 = 1,2 \text{ эВ}; m^* = m_e; d = 2 \text{ нм}.$

в)  $U_0 = 1,5 \text{ эВ}; m^* = 0,8m_e; d = 2,5 \text{ нм}.$

г)  $U_0 = 1,8 \text{ эВ}; m^* = 0,6m_e; d = 3,0 \text{ нм}.$

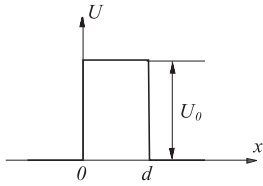
Указание: Следует строить графики зависимости всех величин от безразмерной энергии  $\varepsilon = E/U_0$ .

4) Обсудить полученные зависимости  $T(E)$  и  $\varphi(E)$ .



#### Тема 4. Прохождение квазичастиц через потенциальные барьеры

Квазичастица с законом дисперсии  $E(p) = p^2/2m^*$  проходит через потенциальный барьер, изображенный на рисунке.



1) Вывести выражение для коэффициента прохождения барьера  $T(E)$  при  $E < U_0$  и  $E > U_0$ .

2) Вывести выражения для фазы волновой функции  $\varphi(E)$  прошедших квазичастиц при  $E < U_0$  (квазичастицы движутся слева направо).

3) Построить графики зависимости  $T(E)$  и  $\varphi(E)$  при следующих значениях параметров:

а)  $U_0 = 40 \text{ мэВ}$ ;  $m^* = 0,5 m_e$ ;  $d = 2 \text{ нм}$ .

б)  $U_0 = 30 \text{ мэВ}$ ;  $m^* = m_e$ ;  $d = 4 \text{ нм}$ .

в)  $U_0 = 20 \text{ мэВ}$ ;  $m^* = 2 m_e$ ;  $d = 1 \text{ нм}$ .

г)  $U_0 = 10 \text{ мэВ}$ ;  $m^* = 0,2 m_e$ ;  $d = 3 \text{ нм}$ .

Указание: Следует строить графики зависимости  $T$  и  $\varphi$  от безразмерной энергии квазичастицы  $\varepsilon = E/U_0$ .

4) Обсудить зависимости  $T(E)$  и  $\varphi(E)$ .

---

# Методические указания по выполнению курсовой работы

## 1. Содержание и оформление курсовой работы

### 1.1. Расчетно-пояснительная записка должна включать:

- Титульный лист (печатается в виде бланка; см. Приложение 1);
- Задание на выполнение курсовой работы (печатается в виде бланка; см. Приложение 2);
- Мониторинг процесса выполнения курсовой работы (печатается в виде бланка; см. Приложение 3);
- Основной раздел, включающий изложение выполнения задания и анализ полученных результатов;
- Список использованной литературы;
- Приложения (при необходимости).

1.2. Решения задач задания должны быть изложены ясно и подробно, с проведением всех промежуточных выкладок и преобразований. Основные формулы должны быть занумерованы. В приложения включается вспомогательный материал, который, по мнению автора, необходим для понимания хода решения задач, но загромождает основной текст работы. Каждое приложение должно иметь номер и заголовок.

1.3. Следует иметь в виду, что оформление курсовой работы влияет на оценку.

**Неряшливо оформленная работа оценивается неудовлетворительно независимо от содержания.**

### 2. Требования к оформлению работы:

- Расчетно-пояснительная записка к курсовой работе оформляется на стандартной белой бумаге формата А4 (210x297 мм); текст размещается на одной стороне каждого листа. Все страницы должны быть пронумерованы.
- Расчетно-пояснительная записка к курсовой работе обязательно должна быть сброшюрована или скреплена степлером. (Допускается также использовать специальные папки для курсовых работ).
- Текст курсовой работы представляется в печатном виде. Кроме распечатки студент обязан представить pdf-файл с текстом курсовой работы. Название файла: Фамилия-группа-вариант.pdf. Объем курсовой работы (без учета приложений) не должен превышать 15 страниц.
- Использование сканированного, ксерокопированного и т.п. текста, формул не разрешается. При нарушении этого требования курсовая работа аннулируется.
- Рисунки и графики к курсовой работе должны быть выполнены лично студентом с использованием стандартных пакетов компьютерной графики (Mathematica, Mathcad, Corel Draw, Origin, и т.д.). При защите курсовой работы необходимо представить рабочие распечатки программы, использованной при построении графиков (напр. Mathematica, Mathcad).
- Рисунки и графики в тексте курсовой работы должны быть выполнены с учетом требований ГОСТ. Все рисунки и графики должны иметь номера и пояснения (см. ниже пример оформления графика).

### 3. Ссылки

- Ссылки в тексте на литературные источники даются в виде указания порядкового номера по списку литературы, заключенного в квадратные скобки. Например: [4], [5-9] или [1, 4, 18].
- Ссылки на формулы указываются порядковым номером формулы в скобках. Например, в формуле (3) ...
- Список литературы должен содержать перечень источников, использованных при выполнении работы. Он должен быть оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ.

Пример оформления графика.

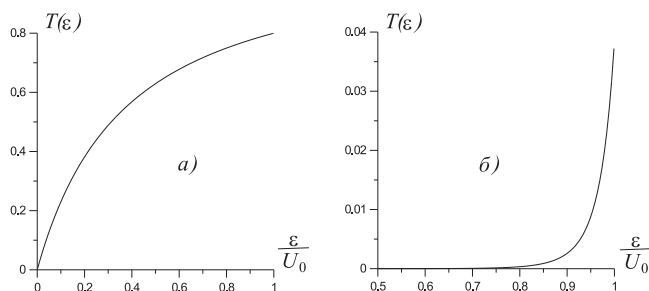


Рис. 3. Зависимость коэффициента прохождения потенциального барьера от энергии квазичастицы для двух значений параметра  $u_0 = \sqrt{2md^2U_0/\hbar^2}$ : а)  $u_0 = 1$  — “прозрачный” барьер; б)  $u_0 = 10$  — “квазиклассический” барьер.

**Замечание:** Если в тексте работы (при ссылке на рисунок) не указан смысл величин, которые встречаются на рисунке (например,  $d$ ,  $m$ ,  $U_0$ ), то это должно быть сделано в подписи к рисунку.