

Задачи к курсу «Физика твердотельных наноструктур»

Задачи I. Метод матрицы переноса для уравнения Шредингера

1. Рассчитать зависимость коэффициентов пропускания и отражения электрона $t(E)$ и $r(E)$ от энергии электрона для гетероструктуры, состоящей из барьерного слоя толщины l порядка 5–10 нм и с разрывом зон (высотой барьера) U порядка 100 мэВ. Исследовать диапазон энергий $0 < E < U$. Эффективные массы материалов гетероструктуры могут быть различными. (Характерная эффективная масса электронов порядка $0.07m_0$, m_0 — масса свободного электрона).
2. Надбарьерное отражение. То же, что в задаче 1, но для диапазона энергий $E > U > 0$.
3. Резонансное туннелирование через структуру с двумя барьерами. Рассчитать зависимость коэффициентов пропускания и отражения электрона $t(E)$ и $r(E)$ от энергии электрона для гетероструктуры, состоящей из двух барьерных слоев толщины l порядка 5–10 нм и с разрывом зон (высотой барьера) U порядка 100 мэВ, разделенных квантовой ямой ширины L (порядка l). Пусть для простоты материалы квантовой ямы и входного и выходного полубесконечных слоев одинаковы. Исследовать особенно внимательно диапазон энергий $0 < E < U$, где возможно резонансное туннелирование. Эффективные массы материалов гетероструктуры могут быть различными. (Метод матрицы переноса).
4. Резонансное туннелирование через структуру с тремя барьерами. То же, что в задаче 3, но с тремя барьерами.

Задачи II. Метод матрицы рассеяния для уравнения Шредингера, дискретные и резонансные уровни

5. Дискретные уровни в квантовой яме (КЯ). Рассчитать энергии уровней и соответствующие волновые функции электронов в гетероструктуре, состоящей из ямного слоя ширины L (порядка 5–10 нм), окруженной полубесконечными барьерными слоями с разрывом зон (высотой барьера) U порядка 100 мэВ. Эффективные массы материалов гетероструктуры могут быть различными.
6. Дискретные уровни в двойной квантовой яме (ДКЯ). То же, что в задаче 5, но с двумя одинаковыми ямными слоями, разделенными барьерным слоем конечной толщины l (порядка 5 нм).
7. Резонансные уровни в КЯ, окруженной симметричными барьерами конечной ширины. Рассчитать энергии уровней и соответствующие волновые функции электронов в гетероструктуре, состоящей из ямного слоя ширины L (порядка 5–10 нм), окруженной одинаковыми барьерными слоями с разрывом зон (высотой барьера) U (порядка 100 мэВ) толщины l (порядка 5 нм) и полубесконечными слоями ямного материала. Эффективные массы материалов гетероструктуры могут быть различными.
8. Резонансные уровни в ДКЯ, окруженной симметричными барьерами конечной ширины. То же, что в задаче 7, но для структуры с двойной квантовой ямой.