

## Задачи к курсу «Квантовая механика 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.