

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Оценочные материалы по дисциплине

Физика низкоразмерных структур

по направлению подготовки

03.04.02 – Физика

Направленность (профиль) подготовки:
«Фундаментальная и прикладная физика»

Форма обучения
Очная

Квалификация
Магистр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
О.Н. Чайковская

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск–2025

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1 Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-1.1. Знает основные стратегии исследований в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости

ИПК-1.2. Умеет выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики, извлекать информацию из различных источников, включая периодическую печать и электронные коммуникации, представлять её в понятном виде и эффективно использовать.

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

- проверка посещаемости;
- ответы на контрольные вопросы.

Примеры контрольных вопросов: (ПК-1):

1. Условия наблюдения квантово-размерных эффектов.
2. Типы сверхрешеток.
3. Причина квантования сопротивления в сильных магнитных полях.
4. Условия возникновения резонансных пиков.
5. Факторы, влияющие на время жизни резонансов.
6. Сравните плотности электронных состояний в квантовых ямах, проволоках, точках.
7. Какую информацию дает комплексная зонная структура?
8. Как влияет магнитное поле на электронный спектр наноструктур?
9. Причина возникновения ОДП в сверхрешетках.
10. Роль беспорядка в квантовом эффекте Холла.

Критерии оценивания:

Положительный результат текущего контроля по дисциплине (контрольная точка) предполагает посещаемость более половины лекций и правильные ответы на контрольные вопросы.

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Примеры билетов по теоретическому зачету:

Билет №1. 1. Потенциал Кроннига-Пенни. 2. Методы матрицы перехода и рассеяния, их свойства.

Билет №2. 1. Энергетический спектр электронов в низкоразмерных структурах в присутствии постоянного магнитного поля. 2. Эффекты междолинного смешивания электронных состояний на гетерогранице.

Билет №3. 1. Комплексная зонная структура. 2. Примесные состояния мелких центров в квантовых ямах.

Билет №4. 1. Электронные состояния в квантовых ямах, проволоках, точках. 2. ОДП в сверхрешетках.

Билет №5. 1. Классификация сверхрешеток. 2. Влияние колебаний решетки, примесей и несовершенств гетерограницы на свойства гетероструктур.

Билет №6. 1. Роль многоэлектронных корреляций в нецелочисленном эффекте Холла. 2. Времена жизни резонансов, полуширина пика, формула Брейта-Вигнера.

Критерии оценивания:

Результаты зачета определяются оценками «зачтено» и «не зачтено».

Оценка «зачтено» ставится, если студент уверенно ответил на вопросы по билету и на дополнительные вопросы по курсу. Оценка «не зачтено», если студент не знает большей части основного содержания дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины.

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Примеры контрольных вопросов

Вопрос 1 (ИПК-1.1, ИПК-1.2)

Условия наблюдения квантового эффекта Холла.

Ответ. Гетероструктуру с двумерным электронным газом помещают в однородное магнитное поле, перпендикулярное к плоскости гетерограниц. Измеряют ток и напряжение вдоль и поперёк образца.

Вопрос 2 (ИПК-1.2)

При каком напряжении возникает пик в туннельном токе?

Ответ. При напряжении $\Delta\varphi = E_1/|e|$, при котором уровень в квантовой яме E_1 сравняется с дном зоны инжектора.

Вопрос 3 (ИПК-2.2).

Какой смысл числа k в холловском сопротивлении $R_H = h/(ke^2)$?

Ответ. Количество заполненных электронами уровней Ландау.

Вопрос 4 (ИПК-1.1)

Какое расщепление больше в GaAs: зеемановское или орбитальное в магнитном поле 1 Тл?

Ответ. $\Delta E_{\text{орб}} = \hbar\omega_c = \hbar eB/m^*$; $\Delta E_z = \mu_B gB$; $m^*(\text{GaAs}) = 0.07 m_0$, $g(\text{GaAs}) = -0.44$, $\mu_B = 58 \cdot 10^{-6}$ эВ/Тл. $\Delta E_{\text{орб}} = 0.0016$ эВ, $\Delta E_z = -0.00002$ эВ. $\Delta E_{\text{орб}} \gg \Delta E_z$.

т.т.

Вопрос 5 (ИПК-1.1, ИОПК-2.2)

Почему ход кривых удельных проводимостей σ_{xx} и σ_{xy} повторяет зависимости соответствующих удельных сопротивлений ρ_{xx} и ρ_{xy} ?

Ответ. Потому что элементы тензоров удельного сопротивления и проводимости связаны соотношениями $\rho_{xx} = \sigma_{xx}/(\sigma_{xx} \cdot \sigma_{xx} + \sigma_{xy} \cdot \sigma_{xy})$; $\rho_{xy} = \sigma_{xy}/(\sigma_{xx} \cdot \sigma_{xx} + \sigma_{xy} \cdot \sigma_{xy})$.

Информация о разработчиках

Гриняев Сергей Николаевич, доктор физ.-мат. наук, ТГУ, кафедра физики полупроводников, доцент.