Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
к.т.н., доцент С.А. Стрельцов
“___”_____ _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ДИСЦИПЛИНЫ

Физика конденсированного состояния

Образовательная программа: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, профиль: Микроэлектроника и наноэлектроника

Новосибирск 2025

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по **дисциплине** Физика конденсированного состояния представлена в Таблице. Совокупность результатов обучения по дисциплине соотнесена с уровнями сформированности компетенций и соотнесенными с ними индикаторами. Индикаторы достижения компетенций измеряемы с помощью средств текущей и промежуточной аттестации по **дисциплине** Физика конденсированного состояния.

Таблица

Формируемые компетенции	**Индикаторы компетенций**	**Темы**	**Этапы оценки результатов обучения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций**	
			Мероприятия текущего контроля (контрольная работа, курсовой проект, РГЗ(Р), реферат и др.)	**Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)**
ПК-5/НА Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	2. Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков	Классическая теория парамагнетизма Ланжевена. Ферромагнетизм и молекулярное поле Вейса. Колебания одноатомной одномерной цепочки. Колебания двухатомной линейной цепочки. оптические фононы. Теплоемкость Магнетизм атомов и кристаллов. Намагниченность и восприимчивость. Классификация магнетиков. Природа диамагнетизма. Диамагнетизм Ландау. Природа парамагнетизма. Спиновый парамагнетизм Паули. Классическая теория парамагнетизма Ланжевена. Законы Кюри и Кюри - Вейсса. Ферромагнетизм и молекулярное поле Вейса. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Обменная природа ферромагнетизма. Антиферромагнетики и ферримагнетики, Температуры Кюри и Нееля. Магнитная анизотропия. Домены. Гистерезис. Спиновые волны и магноны. Нормальные колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Нулевые колебания и фононы. Квантовые кристаллы. Классическая теория теплоемкости. Закон Дюлонга и	Контрольная работа	Экзамен, вопросы.1-52..

		Пти. Границы справедливости классической теории. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая. Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана - Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности Основные свойства сверхпроводников. Эффект Мейсснера. Квантование магнитного потока в сверхпроводниках. Критическая температура. Критическое поле и критический ток. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец. Теплоемкость. Изотопический эффект. Эффекты Джозефсона.Микроскопическая теория сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера. Куперовские пары, длина когерентности и энергетическая щель в спектре. Высокотемпературная сверхпроводимость. Применение сверхпроводимости. Основные типы связей в твердых телах. Структура кристаллических тел. Обратная решетка. Индексы Миллера. Дифракция в кристаллах Поляризация вещества и дисперсия диэлектрической проницаемости Поляризация. Диэлектрическая проницаемость и восприимчивость вещества. Локальное поле и поле Лоренца. Поляризуемость молекул и уравнение Клаузиуса-Мосотти. Основные виды поляризуемости: электронная, ориентационная и ионная. Дисперсия поляризуемости и диэлектрической проницаемости. Оптические свойства ионных кристаллов в ИК области спектра. Аномальная дисперсия. Сегнетоэлектрики. Фазовый переход в сегнетоэлектрическое состояние. Пироэлектрики и		

		пьезоэлектрики Приближение слабой и сильной связи. Основы зонной теории твердого тела Сверхпроводимость . Критическая температура и критическое поле Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь и водородная связь. Зависимость свойств вещества от типа связи. Структура кристаллических тел. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера - Зейтца. Решетка Браве Обратная решетка и ее свойства. Зона Бриллюэна Положение и ориентация плоскостей в кристаллах Индексы Миллера и кристаллографические направления. Дальний порядок и беспорядок в конденсированных системах. Беспорядок замещения и топологический структурный беспорядок. Квазикристаллы. Дифракция в кристаллах. Брэгговскон отражение и уравнения Лауэ. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки. Радиационные дефекты. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Фазовые переходы 2 рода. Теория Ландау фазовых переходов второго рода Фазы и фазовые переходы. Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы первого рода. Фазовые переходы второго рода. Теория Ландау фазовых переходов второго рода. Роль флуктуаций. Электрон в периодическом поле кристаллической решётки. Граничные условия Борна - Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны. Основные приближения зонной теории. Приближение сильносвязанных электронов. Туннелирование. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Приближение почти		

		свободных электронов. Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.Тензор обратных эффективных масс. Электроны и дырки. Классификация кристаллов по типу проводимости. Электронная теория металлов Электронный газ в металле. Теория Друде. Квантовая теория металлов Зоммерфельда. Квантовое вырождение и понятие о ферми-жидкости. Энергия и поверхность Ферми Теплоемкость электронного газа. Электропроводность в модели фермиевских электронов. Закон Ома. Механизмы релаксации электронов и температурная зависимость проводимости. Теплопроводность металлов. Закон Видемана-Франца		
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	2. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности.	Классическая теория парамагнетизма Ланжевена. Ферромагнетизм и молекулярное поле Вейса. Колебания одноатомной одномерной цепочки. Колебания двухатомной линейной цепочки. оптические фононы. Теплоемкость Магнетизм атомов и кристаллов. Намагниченность и восприимчивость. Классификация магнетиков. Природа диамагнетизма. Диамагнетизм Ландау. Природа парамагнетизма. Спиновый парамагнетизм Паули. Классическая теория парамагнетизма Ланжевена. Законы Кюри и Кюри - Вейсса. Ферромагнетизм и молекулярное поле Вейса. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Обменная природа ферромагнетизма. Антиферромагнетики и ферримагнетики, Температуры Кюри и Нееля. Магнитная анизотропия. Домены. Гистерезис. Спиновые волны и магноны. Нормальные колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Нулевые колебания	Контрольная работа,	Экзамен, вопросы.1-52..

		и фононы. Квантовые кристаллы. Классическая теория теплоемкости. Закон Дюлонга и Пти. Границы справедливости классической теории. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая. Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана - Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности Основные свойства сверхпроводников. Эффект Мейсснера. Квантование магнитного потока в сверхпроводниках. Критическая температура. Критическое поле и критический ток. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец. Теплоемкость. Изотопический эффект. Эффекты Джозефсона.Микроскопическая теория сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера. Куперовские пары, длина когерентности и энергетическая щель в спектре. Высокотемпературная сверхпроводимость. Применение сверхпроводимости. Основные типы связей в твердых телах. Структура кристаллических тел. Обратная решетка. Индексы Миллера. Дифракция в кристаллах Поляризация вещества и дисперсия диэлектрической проницаемости Поляризация. Диэлектрическая проницаемость и восприимчивость вещества. Локальное поле и поле Лоренца. Поляризуемость молекул и уравнение Клаузиуса-Мосотти. Основные виды поляризуемости: электронная, ориентационная и ионная. Дисперсия поляризуемости и диэлектрической проницаемости. Оптические свойства ионных кристаллов в ИК области спектра. Аномальная дисперсия.		

		Сегнетоэлектрики. Фазовый переход в сегнетоэлектрическое состояние. Пироэлектрики и пьезоэлектрики Приближение слабой и сильной связи. Основы зонной теории твердого тела Сверхпроводимость . Критическая температура и критическое поле Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь и водородная связь. Зависимость свойств вещества от типа связи. Структура кристаллических тел. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера - Зейтца. Решетка Браве Обратная решетка и ее свойства. Зона Бриллюэна Положение и ориентация плоскостей в кристаллах Индексы Миллера и кристаллографические направления. Дальний порядок и беспорядок в конденсированных системах. Беспорядок замещения и топологический структурный беспорядок. Квазикристаллы. Дифракция в кристаллах. Брэгговскон отражение и уравнения Лауэ. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки. Радиационные дефекты. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Фазовые переходы 2 рода. Теория Ландау фазовых переходов второго рода Фазы и фазовые переходы. Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы первого рода. Фазовые переходы второго рода. Теория Ландау фазовых переходов второго рода. Роль флуктуаций. Электрон в периодическом поле кристаллической решётки. Граничные условия Борна - Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны. Основные приближения зонной теории. Приближение сильносвязанных электронов. Туннелирование. Связь ширины разрешенной зоны с		

		перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Приближение почти свободных электронов. Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.Тензор обратных эффективных масс. Электроны и дырки. Классификация кристаллов по типу проводимости. Электронная теория металлов Электронный газ в металле. Теория Друде. Квантовая теория металлов Зоммерфельда. Квантовое вырождение и понятие о ферми-жидкости. Энергия и поверхность Ферми Теплоемкость электронного газа. Электропроводность в модели фермиевских электронов. Закон Ома. Механизмы релаксации электронов и температурная зависимость проводимости. Теплопроводность металлов. Закон Видемана-Франца		
УК-1	3. Имеет практический опыт работы с информационными источниками, информационными технологиями, опыт научного поиска, создания научных текстов	Классическая теория парамагнетизма Ланжевена. Ферромагнетизм и молекулярное поле Вейса. Колебания одноатомной одномерной цепочки. Колебания двухатомной линейной цепочки. оптические фононы. Теплоемкость Магнетизм атомов и кристаллов. Намагниченность и восприимчивость. Классификация магнетиков. Природа диамагнетизма. Диамагнетизм Ландау. Природа парамагнетизма. Спиновый парамагнетизм Паули. Классическая теория парамагнетизма Ланжевена. Законы Кюри и Кюри - Вейсса. Ферромагнетизм и молекулярное поле Вейса. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Обменная природа ферромагнетизма. Антиферромагнетики и ферримагнетики, Температуры Кюри и Нееля. Магнитная анизотропия. Домены. Гистерезис. Спиновые волны и магноны. Нормальные колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн.	Контрольные работа	Экзамен, вопросы..1-52.

		Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Нулевые колебания и фононы. Квантовые кристаллы. Классическая теория теплоемкости. Закон Дюлонга и Пти. Границы справедливости классической теории. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая. Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана - Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности Основные свойства сверхпроводников. Эффект Мейсснера. Квантование магнитного потока в сверхпроводниках. Критическая температура. Критическое поле и критический ток. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец. Теплоемкость. Изотопический эффект. Эффекты Джозефсона.Микроскопическая теория сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера. Куперовские пары, длина когерентности и энергетическая щель в спектре. Высокотемпературная сверхпроводимость. Применение сверхпроводимости. Основные типы связей в твердых телах. Структура кристаллических тел. Обратная решетка. Индексы Миллера. Дифракция в кристаллах Поляризация вещества и дисперсия диэлектрической проницаемости Поляризация. Диэлектрическая проницаемость и восприимчивость вещества. Локальное поле и поле Лоренца. Поляризуемость молекул и уравнение Клаузиуса-Мосотти. Основные виды поляризуемости: электронная, ориентационная и ионная. Дисперсия поляризуемости и диэлектрической проницаемости. Оптические		

		свойства ионных кристаллов в ИК области спектра. Аномальная дисперсия. Сегнетоэлектрики. Фазовый переход в сегнетоэлектрическое состояние. Пироэлектрики и пьезоэлектрики Приближение слабой и сильной связи. Основы зонной теории твердого тела Сверхпроводимость . Критическая температура и критическое поле Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь и водородная связь. Зависимость свойств вещества от типа связи. Структура кристаллических тел. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера - Зейтца. Решетка Браве Обратная решетка и ее свойства. Зона Бриллюэна Положение и ориентация плоскостей в кристаллах Индексы Миллера и кристаллографические направления. Дальний порядок и беспорядок в конденсированных системах. Беспорядок замещения и топологический структурный беспорядок. Квазикристаллы. Дифракция в кристаллах. Брэгговскон отражение и уравнения Лауэ. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки. Радиационные дефекты. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Фазовые переходы 2 рода. Теория Ландау фазовых переходов второго рода Фазы и фазовые переходы. Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы первого рода. Фазовые переходы второго рода. Теория Ландау фазовых переходов второго рода. Роль флуктуаций. Электрон в периодическом поле кристаллической решётки. Граничные условия Борна - Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны. Основные приближения зонной теории. Приближение		

		сильносвязанных электронов. Туннелирование. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Приближение почти свободных электронов. Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.Тензор обратных эффективных масс. Электроны и дырки. Классификация кристаллов по типу проводимости. Электронная теория металлов Электронный газ в металле. Теория Друде. Квантовая теория металлов Зоммерфельда. Квантовое вырождение и понятие о ферми-жидкости. Энергия и поверхность Ферми Теплоемкость электронного газа. Электропроводность в модели фермиевских электронов. Закон Ома. Механизмы релаксации электронов и температурная зависимость проводимости. Теплопроводность металлов. Закон Видемана-Франца		

2. Методика оценки этапов формирования компетенций по дисциплине

Результаты обучения по дисциплине , соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций проверяются при проведении мероприятий текущей аттестации (контроля) в процессе изучения дисциплины , указанных в таблице раздела 1.

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации является контрольная работа. Требования к выполнению контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы.

Промежуточная аттестация по **дисциплине** проводится в 6 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций ПК-5/НА, УК-1 и соотнесенных с ними индикаторов. (см. таблицу раздела 1).

Экзамен проводится в устной форме по билетам, содержащим два вопроса, каждый из которых требует развернутого ответа с пояснениями и обоснованием излагаемого материала. Билет формируется из приведенного в Паспорте экзамена списка вопросов, позволяющих оценить результаты обучения по дисциплине (модулю) оставить нужное, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций.

Общие правила выставления оценок текущей и промежуточной аттестации по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании критериев, приведенных в п. 3, осуществляется оценка уровней достигнутых результатов обучения по дисциплине , соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций ПК-5/НА, УК-1, закрепленных за дисциплиной

3. Общая характеристика уровней результатов обучения, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Продвинутый. Теоретическое содержание курса освоено полностью. Студент демонстрирует систематическое и глубокое понимание учебного материала и способность к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. Сформированы необходимые навыки практической работы. Все учебные задания, предусмотренные программой обучения, выполнены качественно, без замечаний. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов, входящим в диапазон продвинутого уровня.

Базовый. Теоретическое содержание курса освоено в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности. Навыки практической работы сформированы на базовом уровне. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены с небольшими погрешностями. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов в пределах базового уровня.

Пороговый. Теоретическое содержание курса освоено в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности. Некоторые практические навыки работы с сформированы с пробелами. Учебные задания, предусмотренные программой обучения, выполнялись с ошибками, исправленными под руководством преподавателя. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов в пределах порогового уровня.

Ниже порогового. Теоретическое содержание курса освоено фрагментарно. Необходимые навыки практической работы сформированы минимально. Большинство учебных заданий, предусмотренных программой обучения, не выполнены. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов, входящих в диапазон ниже порогового уровня.