

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(государственный университет)»**



«УТВЕРЖДАЮ

**Проректор по учебной работе
и экономическому развитию**

_____ **Д.А. Зубцов**

по дисциплине: Спецпрактикум по физике твердого тела
по направлению: Прикладные математика и физика (магистратура)
профиль подготовки: Химическая физика
Факультет молекулярной и химической физики
кафедра физики и химии наноструктур
курс: 1
квалификация: магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1(Осенний) - Дифференцированный зачет

2(Весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 120 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

практические и семинарские занятия: 0 час.

лабораторные занятия: 120 час.

Самостоятельная работа: 150 час.

Всего часов: 270, всего зач. ед.: 6

Программу составил: Т.П. Сорокина, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры

16 февраля 2016 г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

В.Д. Бланк

Начальник учебного управления

И.Р. Гарайшина

Декан факультета

В.М. Некипелов

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Цель курса - освоение экспериментальных методов объемных (упругих, тепловых, электрических, химических, магнитных и т.д.) и поверхностных свойств твердых тел; изучения твердых тел (металлов, диэлектриков, полупроводников, магнетиков, композитных материалов) с учетом структуры, симметрии и типов химических связей в них, а также базовые приложения различных эффектов и свойств твердых тел

Задачи дисциплины

- формирование практических навыков в экспериментальной области физики твердого тела и физического материаловедения;
- освоение работы на современных исследовательских установках для структурного анализа электронной и атомно-силовой микроскопии, нанотвердометрии, электрических измерений полупроводниковых структур, ВЧ акустических исследований твердых тел и др.
- приобретение практических умений и навыков в организации экспериментального и теоретического моделирования физических процессов в твердых телах.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина "Спецпрактикум по физике твердого тела" относится к вариативной части образовательной программы направления 03.04.01 - "прикладная математика и физика"

Дисциплина «Спецпрактикум по физике твердого тела» базируется на дисциплинах:

- Общая и неорганическая химия;
- Электронная микроскопия;
- Введение в физику конденсированных сред;
- Основы сканирующей зондовой микроскопии;
- Квантово-химическое моделирование структуры и свойств твердых тел;
- Введение в рентгеноструктурный анализ.

Дисциплина «Спецпрактикум по физике твердого тела» предшествует изучению дисциплин:

Научно-исследовательская работа.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

- способность осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, способностью к профессиональному росту (ОПК-6);
- способность самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств (ПК-1);
- способность применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способностью самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя малого коллектива (ПК-3);

способность профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области в соответствии с целями программы специализированной подготовки магистра (ПК-4);

способность применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий (ПК-6);

способность применять методы планирования и проведения исследований и экспериментов при выполнении проектов и заданий в избранной предметной области (ПК-9);

способность управлять программами освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию (ПК-11).

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- современные проблемы физики твердого тела и физического материаловедения;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике твердого тела и ее приложениях;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- постановку проблем физико-химического моделирования.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- работать на современном экспериментальном оборудовании;
- абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- оценивать физические параметры материалов (проводимость, диэлектрические и магнитные свойства, термодинамические функции, дефектообразование) по экспериментальным данным ;
- планировать оптимальное проведение эксперимента.

владеть:

- планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента;
- научной картиной мира;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании;
- оценивать физические параметры материалов (проводимость, диэлектрические и магнитные свойства, термодинамические функции) по экспериментальным данным;
- методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов электроники, способами расчетов проводимости, диэлектрических и магнитных свойств теплоемкости;
- математическим моделированием физических задач.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практические и семинарские занятия	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа

1	Исследование оптических свойств твердых тел			20		25
2	Электронно-микроскопические исследования на просвечивающем электронном микроскопе			20		25
3	Исследование акустических свойств материалов и пьезоэлектрических слоистых структур и их зависимости от давления и температуры			20		25
4	Исследование транспортных, калориметрических и механических свойств наноструктурных металлоуглеродных материалов			15		19
5	Методы спекания объемных образцов керамик и изучение фазовых переходов при высоких давлениях			15		19
6	Атомно-силовая микроскопия			15		19
7	Исследование свойств наноструктур на основе алмаза методами компьютерного моделирования.			15		18
Итого часов				120		150
Подготовка к экзамену		0 час.				
Общая трудоёмкость		270 час., 6 зач.ед.				

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1. Исследование оптических свойств твердых тел

- а) фотолюминисценция
- б) спектроскопия резонансного комбинационного рассеяния
- в) фурье-спектроскопия ИК-поглощения и отражения

2. Электронно-микроскопические исследования на просвечивающем электронном микроскопе

Электронно-микроскопические исследования с использованием просвечивающего электронного микроскопа

3. Исследование акустических свойств материалов и пьезоэлектрических слоистых структур и их зависимости от давления и температуры

- а) метод длинного импульса
- б) импульсный эхо-метод

Семестр: 2 (Весенний)

4. Исследование транспортных, калориметрических и механических свойств наноструктурных металлоуглеродных материалов

Исследование транспортных, калориметрических и механических свойств наноструктурных металлоуглеродных материалов

5. Методы спекания объемных образцов керамик и изучение фазовых переходов при высоких давлениях

Методы спекания объемных образцов керамик и изучение фазовых переходов при высоких давлениях

6. Атомно-силовая микроскопия

а) зондовая нанолаборатория

б) сканирующий нанотвердомер

7. Исследование свойств наноструктур на основе алмаза методами компьютерного моделирования.

Исследование свойств наноструктур на основе алмаза методами компьютерного моделирования.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимое оборудование для лабораторных занятий: компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система), лабораторное оборудование ФГБНУ ТИСНУМ.

6. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература

1. Василевский А.С. Физика твердого тела. Уч. пособие. 2010 год. 210 стр. DJVU. 26.8 Мб.
2. Брандт Н.Б., Кульбачинский В.А. Квазичастицы в физике конденсированного состояния. 2006 год. 632 с.
3. Зиненко В.И., Сорокин Б.П., Турчин П.П. Основы физики твердого тела. —М.: Физматлит, 2001.
4. Верещагин И.К., Кокин В.А. и др. Физика твердого тела. 2-е изд.испр. 2001 год. 240 стр. djvu. 7.6 Мб.
5. Воронов В.К., Подоплелов А.В. Современная физика. Конденсированные состояния. Уч. пособие. 2008 год. 327 с.
6. Гинзбург И.Ф. Введение в физику твердого тела. 2003 год. 218 с.
7. Г.Н. Елманов Г.Н., Залужный А.Г, Скрытный В.И., Смирнов Е.А., Яльцев В.Н. Физика твердого тела. Том 1. серии ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ (Учебник для вузов./Под общей ред. Б.А. Калина. МИФИ, 2007). 636 с.
8. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. 3-е изд.испр. 2000 год. 497 с.
9. Перлин, Варганян, Федоров. Физика твердого тела. Оптика полупроводников, диэлектриков, металлов. Учебное пособие. 2008 год, 215 с.
10. Charles Kittel, Introduction to Solid State Physics, 8-е издание, Издательство: John Wiley & Sons, Inc., NJ, USA, 2004, p.704.
11. Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века / Харрис П., М.: Техносфера, 2005, 336 с. ISBN 5-94836-013-X.
12. Фуллерены/. Сидоров Л.Н., Юровская М.А., Борщевский А.Я., Трушков И.В., Иоффе И.Н. Москва: Экзамен, 2005, 687 с. ISBN 5-472-00294-X
13. Electron microscopy of nanotubes / edited by Zhong Liu Wang, Chun Hui, Dordrecht: Kluwer Academic Press, 2003, 310 p., ISBN 1-40204-361-5
14. Tinder R.F. Tensor Properties of Solids. Morgan & Claypool, 2008
15. Работнов Ю.Н. Механика твердого деформируемого тела. —М.: Наука, 1988.
16. Gilman J. J. CHEMISTRY AND PHYSICS OF MECHANICAL HARDNESS. John Wiley & Sons, Inc. 2009.

Дополнительная литература

1. Епифанов Г.И., Мома Ю.А. Твёрдотельная электроника. Учебник. 1986 год. 304 с.
2. Павлов П.В., Хохлов А.Г. Физика твердого тела – М: Высшая школа, 2000.
3. Каганов М.И. Электроны, фононы, магноны. Изд.2, 2008. 192 с.
4. Сирота Д.И. Физика твердого тела: Сборник задач с подробными решениями. Изд.2, испр. 2010. 184 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Информационные ресурсы: Журналы по физике твердого тела (Физика твердого тела, Кристаллография, ЖТФ, Письма в ЖТФ, Physica Status Solidi b, Physical Review B и др.), доступные через Internet научные и научно-технические журналы, электронные конспекты лекций, учебные пособия и сборники задач, разработанные для данного курса.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

- 1) Vienna Ab initio Simulation Package (VASP)
- 2) Spanish Initiative for Electronic Simulations with Thousands of Atoms (SIESTA)
- 3) opEn-Source Package for Research in Electronic Structure, Simulation, and Optimization (Quantum ESPRESSO) opEn-Source Package for Research in Electronic Structure, Simulation, and Optimization (Quantum ESPRESSO)

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам обучения

Приложение

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

по направлению: Прикладные математика и физика (магистратура)
профиль подготовки: Химическая физика
Факультет молекулярной и химической физики
кафедра физики и химии наноструктур
курс: 1
квалификация: магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1(Осенний) - Дифференцированный зачет
2(Весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: Т.П. Сорокина, канд. физ.-мат. наук, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

способность осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, способностью к профессиональному росту (ОПК-6);

способность самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств (ПК-1);

способность применять на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, способностью самостоятельно организовывать и проводить научные исследования и внедрять их результаты в качестве члена или руководителя малого коллектива (ПК-3);

способность профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области в соответствии с целями программы специализированной подготовки магистра (ПК-4);

способность применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий (ПК-6);

способность применять методы планирования и проведения исследований и экспериментов при выполнении проектов и заданий в избранной предметной области (ПК-9);

способность управлять программами освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию (ПК-11).

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Спецпрактикум по физике твердого тела» обучающийся должен:

знать:

- современные проблемы физики твердого тела и физического материаловедения;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике твердого тела и ее приложениях;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- постановку проблем физико-химического моделирования.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- работать на современном экспериментальном оборудовании;
- абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- оценивать физические параметры материалов (проводимость, диэлектрические и магнитные свойства, термодинамические функции, дефектообразование) по экспериментальным данным ;
- планировать оптимальное проведение эксперимента.

владеть:

- планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента;
- научной картиной мира;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании;
- оценивать физические параметры материалов (проводимость, диэлектрические и магнитные свойства, термодинамические функции) по экспериментальным данным;
- методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов электроники, способами расчетов проводимости, диэлектрических и магнитных свойств теплоемкости;
- математическим моделированием физических задач.

3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета в 1-ом семестре:

1. Методы микроструктурных исследований: электронная микроскопия, туннельный и атомно-силовой микроскопы, дифракционные методы
2. Экспериментальные дифракционные методы рентгеноструктурного анализа
3. Условие дифракции и обратная решетка. Построение Эвальда
4. Уравнения дифракции Лауэ
5. Представление о силах связи электростатической и квантово-механической природы. Основные условия образования кристаллов
6. Энергия химической связи. Кристаллы инертных газов. Происхождение сил Ван-дер-Ваальса – Лондона
7. Природа сил отталкивания. Принцип Паули. Потенциал Ленарда-Джонса
8. Ионные кристаллы. Энергия Маделунга. Объемный модуль упругости кубических кристаллов
9. Энергия ковалентного кристалла. Степень ионности связи в кристаллах бинарных соединений
10. Металлические кристаллы. Металлическая связь и ее особенности. Энергия связи металлического кристалла
11. Кристаллы с водородными связями. Природа водородной связи и ее особенности
12. Квантование энергии колебаний атомов решетки
13. Неупругое рассеяние фотонов и нейтронов на акустических фононах. Квазиимпульс. Законы сохранения энергии и импульса
14. Неупругое рассеяние нейтронов на фононах как метод изучения фононного спектра в твердых телах
15. Температурная зависимость теплоемкости твердых тел. Закон Дюлонга-Пти
16. Функция распределения Планка для фононов. Модель Эйнштейна теплоемкости твердых тел
17. Приближение Дебая для акустических типов колебаний твердого тела
18. Плотность фононных мод. Циклические граничные условия Борна-Кармана
19. Теория теплоемкости твердых тел Дебая. Температура Дебая
20. Ангармонизм колебаний решетки. Тепловое расширение
21. Теплопроводность твердых тел
22. Определение тензора деформаций. Бесконечно малые и конечные деформации. Однородные и неоднородные деформации
23. Тензор механических напряжений, его внутренняя симметрия
24. Закон Гука для анизотропной сплошной среды
25. Постоянные упругой податливости и упругой жесткости
26. Энергия упругой деформации

27. Тензор упругих модулей для кубического кристалла. Объемный модуль упругости и упругие постоянные кубического кристалла
28. Уравнение движения упругой анизотропной сплошной среды
29. Уравнения Кристоффеля. Скорости упругих волн и константы упругости кубического кристалла
30. Диэлектрическая восприимчивость. Диэлектрическая проницаемость
31. Поле Лорентца. Связь макро- и микроскопических свойств диэлектриков
32. Диэлектрическая релаксация. Уравнение Дебая
33. Комплексная диэлектрическая проницаемость
34. Тангенс диэлектрических потерь
35. Диэлектрические потери при различных типах поляризации
36. Сканирующие зондовые микроскопы (СЗМ): метрологические ограничения и технологические возможности. Зонд, как средство измерения. Поиски эффектов чувствительных к изменению расстояния.
37. Что такое пьезосканер, кантилевер и какие бывают иглы у СЗМ. Почему СТМ плохо работает на воздухе. Возможно ли атомарное разрешение в АСМ. Почему СЗМ помещают в вакуум.
38. Основные принципы и потенциальные возможности сканирующей зондовой микроскопии.
39. Туннельный эффект и возможности Сканирующего Туннельного Микроскопа. Силы взаимодействия между твердыми телами и Атомно Силовой Микроскоп.
40. Пьезокерамические сканеры и манипуляторы, используемые в СЗМ. Специфика конструктивных решений, используемых в СЗМ NanoScan.
41. Что такое пьезорезонансный датчик и почему частоту мерить легче, чем амплитуду. Зачем в пьезосканеры встраивают емкостные датчики перемещения.
42. Изучение типичных конструктивных решений, используемых в СЗМ. Особенности систем управления сканирующими зондовыми микроскопами.
43. Что такое обратная связь по перемещению и почему быстроедействие всех узлов СЗМ пытаются сделать как можно выше.
44. Многофункциональные СЗМ, технологического назначения. Знакомство с семейством микроскопов NTEGRA российской фирмы НТ-МДТ. Обзор основных зарубежных производителей СЗМ и их специализации.
45. Лоренцева микроскопия магнитных доменов
46. Особенности современных просвечивающих электронных микроскопов. Дополнительные приставки к электронному микроскопу.
47. Идеальные или гауссовы изображения. Сила Лоренца. Линзы. Формула линзы. Ход лучей в микроскопе.
48. Аберрации.
49. Дифференциальное эффективное сечение. Эффективная толщина.
50. Темнопольная микроскопия. Стереомикроскопия и анализ следов
51. Эффекты двойной дифракции.

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета во 2-ом семестре:

1. Электронная проводимость, теплоемкость, теплопроводность металлов
2. Несостоятельность классических моделей
3. Теплопроводность металлов. Закон Видемана-Франца
4. Отражение электромагнитных волн от металла. Плазменные колебания электронного газа
5. Металлы, полуметаллы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения заполнения зон
6. Примеры зонных структур (алмаз, графит)
7. Строение поверхности Ферми и методы ее исследования (циклотронный резонанс, затухание ультразвука)
8. Эффект де Газа- ван Альфена

9. Динамика движения электронов. Электроны и дырки
10. Физическая интерпретация эффективной массы
11. Эффект Холла в металлах
12. Собственные полупроводники. Некристаллические полупроводники
13. Запрещенная зона
14. Фотопроводимость
15. Прямые и не прямые процессы поглощения фотонов
16. Экситоны
17. Уравнения Максвелла для магнетиков
18. Напряженность и индукция магнитного поля
19. Магнитная восприимчивость. Намагниченность
20. Диа-, пара- и ферромагнетики
21. Диамагнетизм атомов. Прецессия Лармора
22. Модель ферромагнетизма Гейзенберга. Обменное взаимодействие
23. Спиновые волны (магноны)
24. Ядерный магнитный резонанс. Уравнения движения для ядерной намагниченности. Спин-решеточная релаксация
25. Уравнения Блоха. Ширина резонансной линии
26. Ферромагнитный резонанс
27. Электронный парамагнитный резонанс
28. Инфракрасная спектроскопия твердых тел
29. Поглощение ИК излучения на колебательных переходах
30. ИК спектры и микроскопические параметры полосы поглощения
31. Комбинационное рассеяние света (классическое описание)
32. Результаты квантовой теории КРС. Тензор КРС. Параметры колебаний из спектров КРС
33. Правила отбора для симметрии колебаний, активных в ИК и КРС
34. Методы классификации колебаний. Общий метод Багавантама. Метод позиционной симметрии
35. Зависимость спектра от механических напряжений. Гидростатическое давление
36. Определение структуры кристаллов по колебательным спектрам. Характеристические частоты колебаний в спектрах
37. Локальные колебания. Резонансное КРС
38. Гигантское (усиленное поверхностью) КРС (SERS)
39. Гиперкомбинационное рассеяние света (ГКР)
40. Особенности оптической спектроскопии наноструктур
41. Фононы в наноструктурах. Конфайнмент фононов. Поверхностные фононы
42. Сверхрешетки
43. Сложение зон
44. Фонон-фононное взаимодействие. Кубическая аангармоничность
45. Бифононы. Ферми-резонанс
46. Нанолитография. Электронно-лучевая литография. Перьевая нанолитография.
47. Основные характеристики двумерных полупроводниковых наноструктур.
48. Прямоугольная потенциальная яма конечной глубины. Параболическая и треугольная квантовые ямы. Параболическая потенциальная яма.
49. Напряженные слои. Влияние напряжений на валентную зону. Зонная структура в квантовых ямах.
50. Способы гибридизации атомов углерода.
51. Многостенные и одностенные углеродные нанотрубки, фуллерены и фуллереновые полимеры, нанографит, наноалмаз и аморфные алмазоподобные пленки, углеродные и азот-углеродные нановолокна.
52. Графеновые наноэлектронные устройства.

Основы экспериментальных методов исследования механических свойств сверхтвердых материалов

53. Твердость

54. Прочность и упругие модули

55. Износостойкость

56. Трещиностойкость

57. Коэффициент и тензор Грюнайзена - определение понятия

58. Различие динамического и статического нагружений

59. Зависимость упругих модулей от давления

пьезоспектроскопия - основные понятия и соотношения

60. Что такое метод моделирования из первых принципов (ab initio)?

61. Объясните модель Томаса — Ферми.

62. Что такое теория функционала электронной плотности?

63. Какие существуют ограничения в применении теории функционала электронной плотности?

64. Докажите теорему Хоэнберга — Кона.

65. Что такое уравнения Кона-Шэма? Выведите эти уравнения.

66. Объясните приближение локальной электронной плотности в теории функционала электронной плотности.

4. Критерии оценивания

Оценка отлично (10 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7 баллов) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6 баллов) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5 баллов) - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4 балла) - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3 балла) - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2 балла) - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1 балл) - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Студент обязан выполнить все предусмотренные программой лабораторные работы и сдать выполненные работы на оценки не ниже "удовлетворительно". Итоговая оценка за семестр складывается как среднее арифметическое оценки, полученной на зачете и оценки за лабораторные работы. Опрос студента на устном зачете не должен превышать одного астрономического часа.