

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Амурский государственный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной работе
А.В. Лейфа

05 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Физика поверхности

Направление подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия

Направленность (профиль) образовательной программы Физика конденсированного состояния

Год набора 2021

Год обучения 2

Форма обучения очная

Зачет 2 год обучения

Лекции 8 (акад. час.)

Практические занятия 8 (акад. час.)

Иная контактная работа 10 (акад. час.)

Самостоятельная работа 82 (акад. час.)

Общая трудоемкость дисциплины 108 (акад. час.), 3 (з.е.)

Составитель: Е.В. Стукова, профессор, док. физ.-мат. наук

Факультет инженерно-физический

Кафедра физики

2021 г.

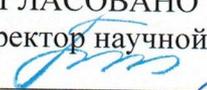
Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики
« 14 » 05 2021 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой  Е.В. Стукова

СОГЛАСОВАНО
Заведующий отделом докторантуры
и аспирантуры
 Е.С. Сизова
« 14 » 05 2021 г.

СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой, реализующей
образовательную программу
 Е.В. Стукова
« 14 » 05 2021 г.

СОГЛАСОВАНО
Директор научной библиотеки
 О.В. Петрович
« 11 » 05 2021 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Физика поверхности» являются: изучение взаимосвязи между энергетическим спектром электронов и фононов, а также атомной структурой чистых поверхностей, их физическими и механическими и электронными свойствами.

Задачи дисциплины заключаются в:

- формирование теоретических знаний в области физики поверхности твердого тела.
- освоение методов получения и исследования поверхностей.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Физика поверхности» входит в цикл дисциплин по выбору вариативной части Блока 1.

Для освоения дисциплины необходимо знать:

- 1) общую физику
- 2) математический анализ
- 3) физику конденсированного состояния
- 4) векторный и тензорный анализ
- 5) линейную алгебру.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе освоения данной дисциплины аспирант формирует и демонстрирует следующие компетенции:

- умением структурировать и интегрировать знания из различных областей профессиональной деятельности и способностью их творческого использования и развития в ходе решения профессиональных задач (ПК-3);

- способностью самостоятельно разрабатывать актуальную проблему, имеющую теоретическую и практическую значимость (ПК-4).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать: структуру и свойства поверхности твердого тела, взаимосвязь между ними и природу процессов, протекающих на поверхности твердого тела, а так же связь с электрическими магнитными и оптическими свойствами атомной структуры и эволюции при изменении температуры, давления, магнитного поля и др.

2) Уметь: термодинамически описывать поверхности на основе уравнения адсорбции Гиббса. Экспериментально определять электронную структуру поверхности металлов. Ориентироваться в экспериментах по изучению структуры и свойств поверхности твердого тела и извлекать физическую информацию путем анализа экспериментальных данных, интерпретировать экспериментальные данные на основе физических свойств в исследуемых объектах, применять компьютерную технику для моделирования физических свойств объектов, выявлять физические свойства объектов, перспективных для практического применения.

3) Владеть фундаментальными разделами физики поверхности, необходимыми для решения научно-исследовательских задач самостоятельно изучать и понимать специальную (отраслевую) научную и методическую литературу, связанную с проблемами физики поверхности.

4. МАТРИЦА КОМПЕТЕНЦИЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.

| Разделы | Компетенции | |
|--|-------------|------|
| | ПК-3 | ПК-4 |
| Введение | + | + |
| Атомная структура чистых поверхностей | + | + |
| Электронные свойства поверхности твердого тела | + | + |
| Адсорбция | + | + |
| Тонкие пленки на поверхности твердого тела | + | + |

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 академических часов.

| № п/п | Название раздела/ темы | Год обучения | Виды контактной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в акад. часах) | | | | Формы текущего контроля успеваемости |
|-------|--|--------------|--|----------|----|-----|---|
| | | | Лекции | Практич. | СР | ИКР | |
| 1 | Атомная структура чистых поверхностей | 2 | 2 | 2 | 20 | 2 | Контроль посещений лекций. Контроль подготовки конспектов тем на самостоятельное изучение. |
| 2 | Электронные свойства поверхности твердого тела | 2 | 2 | 2 | 20 | 4 | Контроль посещений лекций. Контроль подготовки конспектов тем на самостоятельное изучение. |
| 3 | Адсорбция | 2 | 2 | 2 | 20 | 2 | Контроль посещений лекций. |
| 4 | Тонкие пленки на поверхности твердого тела | 2 | 2 | 2 | 22 | 2 | Контроль подготовки конспектов тем на самостоятельное изучение |
| Итого | | | 8 | 8 | 82 | 10 | Зачет |

6. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекции

| № п/п | Наименование темы (раздела) | Содержание темы (раздела) |
|-------|---|---|
| 1 | Раздел 1 Атомная структура чистых поверхностей | Двумерная кристаллическая решетка, двумерные решетки Браве. Обозначения поверхностей монокристаллов и атомных структур: матричное описание, обозначение Вуда. Изменение межплоскостных расстояний у поверхности. Зависимость от шероховатости грани. Механизмы, ответственные за эти изменения. Релаксация поверхности ионных кристаллов. |

| № п/п | Наименование темы (раздела) | Содержание темы (раздела) |
|-------|--|---|
| | | Полярные и неполярные поверхности. "Взъерошивание" и его причины. Колебания поверхностных атомов. Среднеквадратичное смещение атомов на поверхности, температура Дебая, термическое расширение на поверхности. |
| 2 | Раздел 2 Электронные свойства поверхности твердого тела | Модельные представления потенциала на поверхности: приближение сильной связи, модель желе-металла, приближение самосогласованной решетки. Поверхностные состояния Тамма. Метод ЛКАО. Поверхностные состояния Шокли. Поверхностные состояния. Приближение почти свободных электронов. О возможности изменения ширины запрещенной зоны на поверхности. Поверхностная (проектированная) зона Бриллюэна. Связанные поверхностные состояния, резонансные и антирезонансные поверхностные состояния. Влияние реконструкции поверхности. Локальная плотность электронных состояний. Экспериментальные исследования электронной структуры поверхности металлов. Изменение потенциала и распределение электронной плотности у поверхности. Желе-модель металла. Метод функционала плотности: электронный газ с почти постоянной плотностью, плавно меняющаяся электронная плотность. |
| 3 | Раздел 3 Адсорбция | Кинетика адсорбции. Теория Ленгмюра. Изотерма Ленгмюра. Полимoleкулярная адсорбция, теория БЭТ. Физическая и химическая адсорбция. Силы, приводящие к физической адсорбции: ориентационные, поляризационные, дисперсионные, репульсивные. Потенциал Леннарда-Джонса. Модель попарных взаимодействий и ее критика. Химическая связь: метод молекулярных орбиталей, теория валентных связей. Заселенность перекрывания, локальная плотность состояний. Электронное состояние адатома. Модель Герни. Теория Ньюнса, роль корреляционной энергии. Пространственное распределение электронной плотности. Энергия связи адатомов с поверхностью. Особенности химической связи на поверхности. Полуэмпирический метод оценки энергии адсорбции, метод Хигучи. Электроотрицательность. Латеральное взаимодействие адатомов. Прямое и косвенное взаимодействие. |
| 4 | Раздел 4 Тонкие пленки на поверхности твердого тела | Эпитаксия. Ориентационные соотношения Нишиямы-Вассермана и Курдюмова-Сакса. Зародыши и их образование. Влияние условий роста на размеры кристаллитов. Электропроводность диспергированных пленок. Механизмы: термоэлектронная эмиссия, туннелирование, активированное туннелирование, туннелирование через подложку. |

6.2. Темы практических занятий

1. Атомная структура чистых поверхностей (Реконструкция поверхности металлов. Взъерошивание, спаривание, гофрировка, модель пропущенных рядов, фазовый переход. Возможность изменения валентности на поверхности. Реконструкция на поверхности полупроводников. Кремний (111). Фасетирование поверхности. Влияние дефектов (ступени, адчастицы) на структуру поверхности. Структура поверхности и ее

- физические свойства: изменение электронной структуры, работы выхода, поверхностной проводимости и т.п. при реконструкции).
2. Электронные свойства поверхности твердого тела (Способы реализации метода функционала плотности: расширенный метод Томаса-Ферми, усовершенствованный метод Хартри, вариационный метод. Электронная плотность и потенциал у поверхности. Работа выхода. Обменно-корреляционная дырка, поляризационная часть работы выхода. Двойной слой. Роль шероховатости поверхности. Поверхностная энергия. Учет атомной структуры поверхности. Взаимодействие заряда с поверхностью. Влияние внешнего электрического поля).
 3. Адсорбция (Структура адсорбированных слоев. Фазовая диаграмма. Согласованные и несогласованные решетки. Изменение работы выхода при адсорбции. Дипольная модель, модель Лэнга. Поверхностная диффузия. Уравнения Фика. Константы поверхностной диффузии. Анизотропия. Зависимость от концентрации, механизмы поверхностной диффузии: ловушечный, механизм "разворачивающегося ковра", солитонный. Компенсационный закон).
 4. Тонкие пленки на поверхности твердого тела (Электропроводность тонких сплошных пленок. Уравнение Больцмана, приближение времени релаксации. Диффузное и зеркальное отражение электронов от поверхности, параметр Фукса).

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

| № п/п | Название раздела/ темы | Форма (вид) самостоятельной работы | Трудоемкость в часах |
|-------|--|--|----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Атомная структура чистых поверхностей | Подготовка конспектов тем на самостоятельное изучение. | 28 |
| 3 | Электронные свойства поверхности твердого тела | Подготовка конспектов тем на самостоятельное изучение. | 28 |
| 4 | Адсорбция | Подготовка конспектов тем на самостоятельное изучение. | 28 |
| 5 | Тонкие пленки на поверхности твердого тела | Подготовка конспектов тем на самостоятельное изучение. | 28 |

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Физика поверхности [Электронный ресурс]: сб. учеб.-метод. материалов для направления подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» / АмГУ, ИФФ; сост. Е.В. Стукова http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/9938.pdf

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 – «Физика и астрономия» реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

При преподавании дисциплины «Физика металлов» используются как традиционные (лекция, лекция - беседа, проблемная лекция, лекция-семинар), так и инновационные технологии (применение мультимедийного проектора, использование ресурсов сети Internet и электронных учебников).

Лекционные занятия проводятся с использованием традиционной, активной и интерактивной форм обучения.

Распределение образовательных технологий соответствует проведению занятий в интерактивной форме в объеме 4 акад. час.

9. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а также методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств по дисциплине «Физика поверхности».

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Значение исследований поверхности.
2. Методы получения чистой поверхности: прогрев при высоких температурах; химические методы очистки; ионная бомбардировка; раскалывание в сверхвысоком вакууме; некоторые специфические методы.
3. Термодинамика поверхности, уравнение адсорбции Гиббса, поверхностное натяжение.
4. Анизотропия поверхностного натяжения, равновесная форма кристалла.
5. Двумерная кристаллическая решетка, двумерные решетки Браве.
6. Обозначения поверхностей монокристаллов и атомных структур: матричное описание, обозначение Вуда.
7. Изменение межплоскостных расстояний у поверхности. Зависимость от шероховатости грани. Механизмы, ответственные за эти изменения.
8. Релаксация поверхности ионных кристаллов. Полярные и неполярные поверхности. "Взъерошивание" и его причины.
9. Реконструкция поверхности металлов. Взъерошивание, спаривание, гофрировка, модель пропущенных рядов, фазовый переход.
10. Возможность изменения валентности на поверхности. Реконструкция на поверхности полупроводников. Кремний (111).
11. Фасетирование поверхности.
12. Влияние дефектов (ступени, адчастицы) на структуру поверхности.
13. Структура поверхности и ее физические свойства: изменение электронной структуры, работы выхода, поверхностной проводимости и т.п. при реконструкции.
14. Колебания поверхностных атомов. Среднеквадратичное смещение атомов на поверхности, температура Дебая, термическое расширение на поверхности.
15. Модельные представления потенциала на поверхности: приближение сильной связи, модель желе-металла, приближение самосогласованной решетки.
16. Поверхностные состояния Тамма.
17. Метод ЛКАО.
18. Поверхностные состояния Шокли .
19. Поверхностные состояния. Приближение почти свободных электронов. О возможности изменения ширины запрещенной зоны на поверхности.
20. Поверхностная (проектированная) зона Бриллюэна. Связанные поверхностные состояния, резонансные и антирезонансные поверхностные состояния.
21. Влияние реконструкции поверхности. Локальная плотность электронных состояний.
22. Экспериментальные исследования электронной структуры поверхности металлов. Изменение потенциала и распределение электронной плотности у поверхности.
23. Желе-модель металла.

24. Метод функционала плотности: электронный газ с почти постоянной плотностью, плавно меняющаяся электронная плотность.
25. Способы реализации метода функционала плотности: расширенный метод Томаса-Ферми, усовершенствованный метод Хартри, вариационный метод.
26. Электронная плотность и потенциал у поверхности. Работа выхода.
27. Обменно-корреляционная дырка, поляризационная часть работы выхода. Двойной слой. Роль шероховатости поверхности.
28. Поверхностная энергия. Учет атомной структуры поверхности. Взаимодействие заряда с поверхностью. Влияние внешнего электрического поля.
29. Кинетика адсорбции. Теория Ленгмюра. Изотерма Ленгмюра.
30. Полимолекулярная адсорбция, теория БЭТ.
31. Физическая и химическая адсорбция. Силы, приводящие к физической адсорбции: ориентационные, поляризационные, дисперсионные, репульсивные.
32. Потенциал Леннарда-Джонса. Модель попарных взаимодействий и ее критика.
33. Химическая связь: метод молекулярных орбиталей, теория валентных связей. Заселенность перекрывания, локальная плотность состояний.
34. Электронное состояние адатома. Модель Герни. Теория Ньюнса, роль корреляционной энергии.
35. Пространственное распределение электронной плотности. Энергия связи адатомов с поверхностью. Особенности химической связи на поверхности.
36. Полуэмпирический метод оценки энергии адсорбции, метод Хигучи. Электроотрицательность. Латеральное взаимодействие адатомов. Прямое и косвенное взаимодействие.
37. Структура адсорбированных слоев. Фазовая диаграмма. Согласованные и несогласованные решетки. Изменение работы выхода при адсорбции.
38. Дипольная модель, модель Лэнга. Поверхностная диффузия. Уравнения Фика. Константы поверхностной диффузии.
39. Анизотропия. Зависимость от концентрации, механизмы поверхностной диффузии: ловушечный, механизм "разворачивающегося ковра", солитонный. Компенсационный закон.
40. Эпитаксия. Ориентационные соотношения Нишиямы-Вассермана и Курдюмова-Сакса.
41. Зародыши и их образование. Влияние условий роста на размеры кристаллитов.
42. Электропроводность диспергированных пленок.
43. Механизмы: термоэлектронная эмиссия, туннелирование, активированное туннелирование, туннелирование через подложку.
44. Электропроводность тонких сплошных пленок.
45. Уравнение Больцмана, приближение времени релаксации. Диффузное и зеркальное отражение электронов от поверхности, параметр Фукса.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ а) основная литература:

1. **Евстифеев, Е. Н.** Процессы на поверхности раздела фаз : учебное пособие / Е. Н. Евстифеев, А. А. Кужаров, А. С. Кужаров. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 287 с. — ISBN 978-5-4486-0208-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/71581.html> (дата обращения: 08.06.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/71581>

б) дополнительная литература:

2. **Владимиров, Г. Г.** Физика поверхности твердых тел : учебное пособие / Г. Г. Владимиров. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1997-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:

<https://e.lanbook.com/book/168884> (дата обращения: 08.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. **Павлов, П. В.** Физика твердого тела [Текст] : учебник: Рек. Мин. обр. РФ / Павлов П.В., Хохлов А.Ф. - 3-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2000. - 495 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурс

| № | Наименование ресурса | Краткая характеристика |
|---|---|---|
| 1 | Операционная система MS Windows 10 Education, Pro | Dream Spark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору – Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 года |
| 2 | Google Chrome | Бесплатное распространение по лицензии google chromium http://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html На условиях https://www.google.com/chrome/browser/privacy/eula_text.html |

интернет-ресурсы:

| № | Наименование ресурса | Краткая характеристика |
|---|--|--|
| 1 | Электронно-библиотечная система IPRbooks http://www.iprbookshop.ru/ | Электронно-библиотечная система IPRbooks — научно-образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования |
| 2 | http://e.lanbook.com | Электронная библиотечная система «Издательства «Лань», тематические пакеты: математика, физика, инженерно-технические науки. |

г) профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

| № | Адрес | Название, краткая характеристика |
|----|---|---|
| 1. | http://window.edu.ru | Единое окно доступа к образовательным ресурсам |
| 2. | https://scholar.google.ru/ | Google Scholar —поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин. |
| 3. | https://elibrary.ru/ | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования |
| 4. | http://grotrian.nsu.ru/ru/ | Электронная структура атомов Российская информационно-справочная система по спектральным данным атомов и ионов с одной из самых полных баз спектральных данных среди мировых систем. |
| 5. | http://www.mavicanet.ru/ | MavicaNET - Многоязычный Поисковый Каталог. Теоретическая физика. Институты, лаборатории и др. организации, занимающиеся исследованиями в области теоретической физики. Может содержать все |

| № | Адрес | Название, краткая характеристика |
|----|---|---|
| | | существующие подкатегории раздела физика, если источник связан с теоретическими исследованиями. |
| 6. | http://dxdy.ru/fizika-f2.html | Научный форум. Физика, Математика, Химия, Механика и Техника. Обсуждение теоретических вопросов, входящих в стандартные учебные курсы. Дискуссионные темы физики: попытки опровержения классических теорий и т.п. Обсуждение нетривиальных и нестандартных учебных задач. Полезные ресурсы сети, содержащие материалы по физике |

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Рекомендации при подготовке и изучению лекционного материала.

В процессе изучения лекционного материала рекомендуется использовать опорные конспекты, учебники и учебные пособия.

Умение слушать, творчески воспринимать излагаемый материал – это необходимое условие для его понимания. В процессе лекционного занятия необходимо выделять важные моменты, выводы, анализировать основные положения. Если при изложении материала преподавателем создана проблемная ситуация, пытаться предугадать дальнейший ход рассуждений. Это способствует лучшему усвоению материала лекции и облегчает запоминание отдельных выводов.

Из сказанного следует, что для более прочного усвоения знаний лекцию необходимо конспектировать. Конспект лекций должен быть в отдельной тетради. Не надо стремиться подробно слово в слово записывать всю лекцию. Конспектируйте только самое важное в рассматриваемом параграфе. Старайтесь отфильтровывать и сжимать подаваемый материал. По возможности записи ведите своими словами, своими формулировками. Лекция не должна превращаться в урок-диктант.

Тетрадь для конспекта лекций также требует особого внимания. Ее нужно сделать удобной, практичной и полезной, ведь именно она является основным информативным источником при подготовке к различным отчетным занятиям, зачетам, экзаменам. Целесообразно отделить поля, где можно бы изложить свои мысли, вопросы, появившиеся в ходе лекции. Полезно одну из страниц оставлять свободной. Она потребуется потом, при самостоятельной подготовке. Сюда можно будет занести дополнительную информацию по данной теме, полученную из других источников.

Таким образом, на лекции аспирант должен совместить два момента: внимательно слушать лектора, прикладывая максимум усилий для понимания излагаемого материала и одновременно вести его осмысленную запись. После прослушивания лекции необходимо проработать и осмыслить полученный материал. Перед каждой последующей лекцией рекомендуется просмотреть материал по предыдущей лекции.

Рекомендации при подготовке к зачету.

При обучении в аспирантуре необходимо поддерживать навыки самостоятельной работы для непрерывного самосовершенствования, развития профессиональных и интеллектуальных способностей.

Самостоятельная работа аспирантов – это процесс активного, целенаправленного приобретения аспирантом новых для него знаний и умений без непосредственного участия преподавателей. Самостоятельная работа сопровождается эффективным контролем и оценкой ее результатов.

Для успешной самостоятельной работы аспирант должен планировать свое время и за основу рекомендуется брать рабочую программу учебной дисциплины.

Зачет – форма итоговой проверки и оценки полноты и прочности знаний аспирантов, а также сформированности умений и навыков; проводится в виде собеседования по важнейшим вопросам каждого раздела изученного курса или по курсу в целом в индивидуальном порядке. Может проводиться с применением тестирования.

В процессе подготовки к зачету при изучении того или иного закона, кроме формулировки и математической записи закона, следует обратить внимание на опыты, которые обнаруживают этот закон и подтверждают его справедливость, границы и условия его применимости. Также полезно отметить, как этот закон используется на практике. То же самое можно сказать и об изучаемой теории в целом. Помимо основных понятий, положений, законов и принципов теории следует обратить внимание на опыты, благодаря которым была создана эта теория, эксперименты, подтверждающие ее справедливость. Вспомните, как используется данная теория на практике.

Основная цель подготовки к зачету – достичь понимания законов и явлений, а не только механически заучить материал. Но все же довольно много вещей придется просто выучить.

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.