

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Восточно-Сибирский государственный университет  
технологий и управления»  
ФГБОУ ВПО «ВСГУТУ»

Электротехнический факультет  
Кафедра «Тепловые электрические станции»

Кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий и сельского хозяйства»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

И.Г.Сизов

2015

ПРОГРАММА

Вступительных испытаний

по специальной дисциплине, соответствующей профилям направления по программе  
подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

13.06.01 Электро- и теплотехника

Программа обсуждена на заседании  
кафедры «Тепловые электрические  
станции»

« 19 » 03 2015г.,  
протокол № 10

Зав. кафедрой

 Дамбиев Ц.Ц.

Программа обсуждена на заседании  
кафедры «Электроснабжение  
промышленных предприятий и сельского  
хозяйства»

« dd » 04 2015г.,  
протокол № dd

Зав. кафедрой

 Данеев В.В.

Улан-Удэ, 2015

Программа утверждена на заседании ученого совета Электротехнического факультета  
Протокол № 9 от 15.04. 2015.

Декан Электротехнического факультета

« 15 » 04 2015г.



Могнонов П.Б.

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа вступительного экзамена по специальной дисциплине, соответствующей профилям направления по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 13.06.01 – Электро- и теплотехника составлена в соответствии с:

1) Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012г. №273-ФЗ;

2) Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре);

3) Приказом Минобрнауки РФ от 02.09.2014 г. № 1192 «Об установлении соответствия направлений подготовки высшего образования - подготовки кадров высшей квалификации по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, применяемых при реализации образовательных программ высшего образования, содержащих сведения, составляющие государственную тайну или служебную информацию ограниченного распространения, направлений подготовки высшего образования-подготовки кадров высшей квалификации по программам подготовки научно-педагогических кадров в адъюнктуре, применяемых при реализации образовательных программ высшего образования, содержащих сведения, составляющие государственную тайну или служебную информацию ограниченного распространения, перечни которых утверждены приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 сентября 2013 г. N 1060, и направлений подготовки высшего образования - подготовки кадров высшей квалификации по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, направлений подготовки высшего

образования-подготовки кадров высшей квалификации по программам подготовки научно-педагогических кадров в адъюнктуре, перечни которых утверждены приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 сентября 2013 г. N 1061, научным специальностям, предусмотренным номенклатурой научных специальностей, утвержденной приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 25 февраля 2009 г. N 59»;

3) Уставом Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления в действующей редакции;

4) Положением «Проектирование внутривузовской нормативной документации». Управление документацией» (рег. № П.473.1210.05.4.01-2005).

# **ПРОГРАММА**

## **вступительных испытаний по специальной дисциплине, соответствующей профилю– Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты**

### **Тема 1. Теоретические основы теплотехники**

Энергия, тепловая энергия, работа, энтропия, рабочие циклы, цикл паротурбинной установки, котельные установки, паровые и газовые турбины, конденсаторы, питательные насосы, циркуляционные насосы, подогреватели низкого давления, деаэраторы, подогреватели высокого давления, отборы низкого, среднего, высокого давления, водяные экономайзеры, экранные трубы, опускные трубы, пароперегреватели, воздухоподогреватели, дымососы, дутьевые вентиляторы, золоулавливающие установки, дымовые трубы.

### **Тема 2. Котельные установки**

Цикл паротурбинных установок, топливо и процессы горения, рабочая масса топлива, теплотворная способность топлива, основные характеристики органического топлива, зольность, влажность, выход летучих.

Схема П-образного парогенератора, с естественной циркуляцией, схема П-образного парогенератора прямоточного с искусственной циркуляцией, классификация парогенераторов по мощности, тепловой расчет топки, тепловой расчет парогенератора, тепловой расчет конвективных поверхностей нагрева, тепловой расчет экономайзера, тепловой расчет воздухоподогревателя, расчет температур уходящих газов, расчет тягодутьевых устройств, расчет дымовой трубы.

### **Тема 3. Паровые турбины**

Тепловой расчет паровой турбины, расчет конденсаторов, расчет деаэратора, расчет реактивной части турбины, расчет цилиндра высокого, среднего, низкого давления. Расчет отборов низкого, среднего и высокого давления. Газовые турбины. Парогазовые установки.

### **Тема 4. Тепловые электрические станции**

Тепловая схема ТЭС, расчет тепловой схемы ТЭС, режимы ТЭС, комбинированное производство тепловой и электрической энергии, преимущества производства тепловой и электрической энергии на ТЭЦ. Физический износ ТЭС. Моральный износ ТЭС.

Виды (формы) морального износа. Методы определения износа.

### **Тема 5. Системы централизованного теплоснабжения**

Энергетическая эффективность теплофикации, расчет теплового потребления, системы теплоснабжения, режимы регулирования централизованного теплоснабжения, гидравлический расчет тепловых сетей, теплофикационное оборудование ТЭЦ, оборудование тепловых сетей, эксплуатация тепловых сетей, технико-экономический расчет систем теплоснабжения.

## **ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА:**

### **Тема 1. Теоретические основы теплотехники.**

1. Первый, второй и третий законы термодинамики.
2. Анализ термодинамических процессов идеального газа.
3. Круговые термодинамические циклы. Прямые и обратные.

4. Цикл Карно.
5. Цикл паротурбинной установки.
6. Цикл газотурбинной установки.
7. Цикл парогазовой установки.
8. Теплопроводность через плоскую однослойную и многослойную стенки.
9. Теплопроводность через цилиндрическую однослойную и многослойную стенки.
10. Конвективный теплообмен при омывании плоской горизонтальной поверхности. Ламинарный и турбулентный режимы.
11. Конвективный теплообмен при свободной конвекции около вертикальной и горизонтальной стенок.
12. Теория подобия. Критерии подобия.
13. Конвективный теплообмен при омывании поверхности внутри цилиндрической трубы. Ламинарный и турбулентный режимы.
14. Конвективный теплообмен при поперечном омывании одиночной трубы и пучка труб. Ламинарный и турбулентный режимы.
15. Теплопередача через плоскую однослойную и многослойную стенки.
16. Теплопередача через цилиндрическую однослойную и многослойную стенки.
17. Теплообмен излучением. Законы лучистого теплообмена.
18. Сложный теплообмен.
19. Расчет теплообменных аппаратов.
20. Классификация теплообменных аппаратов.
21. Конструкции теплообменных аппаратов.

## Тема 2. Котельные установки

1. Топливо и процессы горения.
2. Рабочая масса топлива.
3. Теплотворная способность топлива
4. Основные характеристики органического топлива.
5. Зольность топлива.
6. Влажность топлива.
7. Выход летучих.
8. Схема П-образного парогенератора с естественной циркуляцией.
9. Схема П-образного парогенератора прямоточного с искусственной циркуляцией.
10. Классификация парогенераторов по мощности.
11. Тепловой расчет топки.
12. Тепловой расчет фестона.
13. Тепловой расчет конвективных поверхностей нагрева.
14. Тепловой расчет экономайзера.
15. Тепловой расчет воздухоподогревателя.
16. Расчет температуры уходящих газов.
17. Расчет тягодутьевых устройств.
18. Расчет дымовой трубы.
19. Аэродинамический расчёт котельной установки.
20. Вспомогательное оборудование котлоагрегатов.
21. Эксплуатация котельных установок.

## Тема 3. Паровые турбины

1. Тепловые циклы паротурбинной установки.
2. Принципиальное устройство паровой турбины.
3. Типы паровых турбин.

4. Конденсационные и теплофикационные турбины.
5. Особенности турбин с противодавлением.
6. Особенности ПТУ и турбин с регулируемым отбором пара.
7. Турбины с регулируемым отбором пара и противодавлением.
8. Турбины с двумя регулируемыми отборами пара.
9. Использование конденсационных турбин для теплофикации.
10. Классификация режимов работы турбинных установок.
11. Пуск турбины из холодного состояния.
12. Остановка турбины и ее пуск из горячего и неостывшего состояния.
13. Тепловой расчет паровой турбины.
14. Расчет конденсаторов.
15. Расчет деаэратора.
16. Расчет реактивной части турбины.
17. Расчет цилиндра высокого, среднего и низкого давления,
18. Расчет цилиндра среднего давления.
19. Расчет отборов низкого, среднего и высокого давления.
20. Газовые турбины.
21. Парогазовые установки.

#### **Тема 4. Тепловые электрические станции**

1. Типы тепловых электростанций.
2. Тепловая схема ТЭС.
3. Расчет тепловой схемы ТЭС.
4. Режимы ТЭС.
5. Параметры пара и промежуточный перегрев.
6. Регенеративный подогрев питательной воды
7. Регенеративный подогрев воды и использование использовавшего тепла на электростанции.
8. Потери пара и конденсата и их восполнение.
9. Отпуск тепла на отопление.
10. Выбор оборудования ТЭС.
11. Компоновка главного корпуса электростанции.
12. Топливное хозяйство ТЭС.
13. Техническое водоснабжение.
14. Техничко-экономические показатели электростанции.
15. Электростанции газотурбинные, парогазовые, атомные и с МГД-генераторами.
16. Комбинированное производство тепловой и электрической энергии.
17. Преимущества производства тепловой и электрической энергии на ТЭЦ.
18. Физический износ ТЭС.
19. Моральный износ ТЭС.
20. Виды (формы) морального износа.
21. Методы определения износа.

#### **Тема 5. Системы централизованного теплоснабжения**

1. Энергетическая эффективность теплофикации.
2. Определение удельной экономии
3. Классификация тепловой нагрузки
4. Расчет теплового потребления.
5. Системы теплоснабжения.
6. Выбор теплоносителя и системы теплоснабжения.

7. Режимы регулирования централизованного теплоснабжения.
8. Тепловые характеристики теплообменных аппаратов
9. Задача гидравлического расчета тепловых сетей.
10. Порядок гидравлического расчета тепловых сетей.
11. Пьезометрический график.
12. Гидравлическая характеристика системы
13. Гидравлический удар в тепловых сетях.
14. Теплофикационное оборудование ТЭЦ.
15. Оборудование тепловых сетей. Типы установок.
16. Методика теплового расчёта.
17. Основные расчётные зависимости при тепловом расчете.
18. Организация эксплуатации тепловых сетей.
19. Методы обнаружения и ликвидации аварий.
20. Методика технико-экономического расчета систем теплоснабжения.
21. Сравнение систем теплоснабжения.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Баскакова А.П. Теплотехника : Учеб. для инженерно-техн. спец. вузов - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Бастет, 2010. - 324 с. : ил.
2. Апальков А.Ф. Теплотехника : Учеб. пособие [для вузов по спец. "Машины и оборудование природообустройства и защиты окружающей среды"] / А.Ф. Апальков. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 187 с. : ил. - (Высшее образование)
3. Белинский С.Е. Энергетические установки электростанций. Учебник – М.: «Энергия», 1998 г.
4. Кирилин В.А., Шейндлин А.Э., Сычев А.Я. Техническая термодинамика. Учебник – М.: «Энергия», 2005 г.
5. Дамбиев Ц.Ц. Введение в локально-равновесную термодинамику. Учебник – Улан-Удэ: Бурятское книжное издательство, 1997 г.
6. Хазен М.М. Общая теплотехника. Учебник - М.: «Энергия», 2008 г.
7. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомол А.С. Теплопередача. Учебник - Изд. 2-е М.: Энергия, 1999
8. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. Учебник – М.: «Энергия» 1990 г.
9. Лебедев П.Д., Шукин А.А. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий. М.: «Энергия», 2005 г.
10. Трухний А.Д. Стационарные паровые турбины. Учебник – М.: Энергоатомиздат, 1990 г.
11. Гиршфельд В.Я., Князев А.М., Куликов В.Е. Режимы работы и эксплуатации ТЭС. Учебник – М.: Энергия, 1990 г.
12. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. Учебник – М.: «Энергия», 1991 г.
13. Гусев А.М. Проектирование котельных установок. Учебник – М.: «Энергия», 1992 г.

**ПРОГРАММА**  
**вступительных испытаний по специальной дисциплине,**  
**соответствующей профилю– Электрические станции и**  
**электроэнергетические системы**

**Тема 1. Электрическая часть электростанций**

1. Особенности технологического процесса функционирования электрических станций различного типа. Вопросы экологии при эксплуатации электростанций.

1. Графики нагрузки электрических станций и их регулирование. Влияние роста единичной мощности генераторов, силовых трансформаторов, электродвигателей и электростанций в целом на построение схем электрических соединений электростанций и требования к электрическим аппаратам и проводникам.

2. Особенности структуры главных схем и схем собственных нужд электростанций различного типа. Термическое и динамическое воздействие токов короткого замыкания. Методы и средства ограничения токов короткого замыкания. Координация уровней токов короткого замыкания. Эксплуатационные характеристики аппаратов, методика их выбора. Эксплуатационные характеристики и конструктивные особенности токоведущих элементов и контактных соединений, методика их выбора.

3. Заземляющие устройства электроустановок.

4. Системы управления, контроля и сигнализации на электростанциях и подстанциях. Установки оперативного тока. Принципы выполнения и основные характеристики автоматизированных систем управления (АСУ). Принципы создания автоматизированных диагностических систем.

**Тема 2. Режимы работы основного электрооборудования электростанций**

1. Режимы работы синхронных генераторов, синхронных компенсаторов, синхронных двигателей и их систем возбуждения. Методика анализа режимов работы синхронных машин.

2. Режимы работы асинхронных и синхронных электродвигателей собственных нужд электростанций в нормальных и аномальных условиях.

3. Режимы работы силовых трансформаторов и автотрансформаторов на электростанциях и подстанциях.

**Тема 3. Проектирование электростанций**

1. Основы проектирования электростанций. Состав и основные характеристики систем автоматизированного проектирования (САПР) электрических установок.

2. Проектирование главной электрической схемы. Проектирование электроустановок собственных нужд. Проектирование системы управления.

3. Конструкция распределительных устройств. Основные характеристики комплектных распределительных устройств (КРУ). Компоновка электрических станций и подстанций.

4. Методы оценки технико-экономических показателей и надежности схем электрических соединений электроустановок.

**Тема 4. Электроэнергетические системы и сети**



1. Основные сведения об истории развития энергетики. Особенности развития энергетики в условиях рыночной экономики. Энергетика как большая система.
2. Модели оптимального развития энергосистем.
3. Особенности оптимизации структуры энергосистемы при ее проектировании и развитии (структура и размещение электростанций, структура электрических сетей).
4. Методы оптимизации развития и функционирования энергосистем: линейное и нелинейное математическое программирование.
5. Электрические станции, электрические сети, потребители электроэнергии как элементы энергосистем.
6. Сведения об условиях работы и конструктивном исполнении линий электропередачи электрических сетей. Основные сведения о проектировании конструктивной части воздушных линий.
7. Режимы заземления нейтралей в сетях различного напряжения.
8. Характеристики и параметры элементов электрической сети.
9. Элементы теории передачи энергии по линиям электрической сети. Расчеты установившихся режимов электрических сетей, требования к режимам. Регулирование режимов электрических сетей.
10. Основы технико-экономических расчетов электрических сетей. Качество электрической энергии. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах, районных электрических сетях и системах электроснабжения.
11. Проектирования электрических сетей, выбор их основных параметров при проектировании.
12. Особенности расчетов электрических режимов протяженных электропередач переменного и постоянного тока. Электрические параметры протяженных линий электропередачи. Расчет режимов дальней электропередачи. Пути, методы и средства увеличения пропускной способности и экономичности работы дальних электропередач.
13. Требования к электрическим схемам распределительных сетей. Потери электроэнергии в распределительных сетях, структура потерь. Применение различных методов расчета потерь в зависимости от исходных данных. Методы и средства снижения потерь электроэнергии.
14. Качество электроэнергии в системах электроснабжения. Причины искажений токов и напряжений в распределительных сетях и влияние этих искажений на работу электроприемников. Методы расчета нормируемых ГОСТом показателей качества электроэнергии. Методы и средства введения показателей качества электроэнергии в допустимые ГОСТ пределы.

## **Тема 5. Переходные процессы в электроэнергетических системах**

1. Причины, вызывающие переходные процессы в электроэнергетических системах (ЭЭС). Физическая природа переходных процессов в ЭЭС. Основные характеристики элементов ЭЭС и их математические модели, используемые при исследовании переходных процессов.
2. Виды возмущений, вызывающих переходные процессы в ЭЭС. Их отражение в схемах замещения ЭЭС, в том числе короткие замыкания (КЗ).
3. Практические методы расчета токов КЗ. Особенности расчета токов КЗ в электроустановках переменного и постоянного тока напряжением до 1000В.
4. Общие уравнения, описывающие переходные процессы в электрических машинах. Преобразования координат.
5. Современная теория устойчивости. Понятие о первом и втором (прямом) методах Ляпунова. Практические критерии статической устойчивости. Упрощенные критерии

динамической и результирующей устойчивости в простейшей ЭЭС. Протекание процесса во времени при больших и малых возмущениях.

6. Исследование статической устойчивости простейшей нерегулируемой ЭЭС методом малых колебаний. Статическая устойчивость системы с регулируемым возбуждением.

7. Переходные процессы в узлах нагрузки при малых и больших возмущениях.

8. Характеристики многомашинной ЭЭС. Устойчивость нормальных режимов сложных систем. Изменение частоты и мощности в ЭЭС.

9. Динамическая устойчивость ЭЭС. Переходные процессы и устойчивость систем, объединенных слабыми связями. Асинхронные режимы, ресинхронизация и результирующая устойчивость.

10. Методические и нормативные указания по анализу переходных процессов и устойчивости ЭЭС. Мероприятия по улучшению устойчивости и качества переходных процессов в ЭЭС.

#### **Тема 6. Релейная защита и автоматическое управление электроэнергетических систем**

1. Повреждения и ненормальные режимы работы ЭЭС. Задачи и алгоритмы управления ЭЭС и ее элементами.

2. Комплексы сбора, передачи и отображения оперативной и аварийной информации.

3. Способы и средства определения электромагнитной обстановки и обеспечения электромагнитной совместимости средств управления на электроэнергетических объектах.

4. Релейная защита синхронных генераторов, трансформаторов, двигателей, шин, воздушных и кабельных линий электропередачи с различными способами заземления нейтрали. Принципы построения и взаимодействие комплектов защиты.

5. Автоматические переключения в электроэнергетических системах (ввод резерва, повторное включение, частотная разгрузка, балансирующие отключения).

6. Автоматическое регулирование напряжения и распределение реактивной мощности. Регуляторы возбуждения и коэффициент трансформации.

7. Автоматическое регулирование частоты и распределение активной мощности. Регуляторы частоты вращения.

#### **Тема 7. Применение вычислительной техники к анализу режимов работы электростанций, сетей и систем**

1. Понятия интегральных характеристик режимов и методы их расчета в сложных электроэнергетических системах. Интегральные критерии качества электроэнергии, их применение в практике эксплуатации электроэнергетических систем.

2. Случайные процессы при моделировании режимов и состояний в электроэнергетике. Понятие о простейшем стационарном процессе.

3. Расчеты режимов работы электростанций, сетей и систем с применением ЭВМ. Области применения и возможности ЭВМ при анализе режимов работы ЭЭС.

4. Основные алгоритмы расчетов режимов работы и устойчивости ЭЭС с применением ЭВМ. Применение алгоритмических языков.

#### **ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА**

1. Генераторы. Системы охлаждения.

2. Трансформаторы и автотрансформаторы. Системы охлаждения, параметры. Нагрузочная способность. Условия выбора. Тепловой расчет.

3. Шины распределительных устройств. Назначение, конструкция, условия выбора.

4. Разъединители. Назначение, конструкция, условия выбора.
5. Короткозамыкатели и отделители. Назначение, конструкция, условия выбора.
6. Выключатели высокого напряжения. Назначение, виды, конструкции. Способы гашения эл. дуги. Условия выбора.
7. Приводы выключателей, их принцип работы, характеристики.
8. Измерительные трансформаторы тока (переменного и постоянного) и напряжения. Назначение, виды, погрешности, классы точности, конструкции. Условия выбора.
9. Системы измерений на электрических станциях и подстанциях.
10. Общие сведения о схемах эл. установок. Виды графических схем. Основные требования к главным схемам РУ. Структурные схемы эл. станций и подстанций.
11. Главные схемы ТЭЦ.
12. Главные схемы ГЭС и ГАЭС.
13. Главные схемы подстанций.
14. Распределительные щиты и щиты управления.
15. Методы ограничения токов КЗ.
16. Реакторы, БТУ и их конструкции. Выбор.
17. Основные сведения о ЛЭП. Конструкция параметры
18. Классификация электрических сетей.
19. Режим электрических сетей. Параметры режимов.
20. Задачи расчета режимов электрических сетей.
21. Режим нейтралей. Области применения.
22. Основные характеристики нагрузки. Представление нагрузки в расчетных схемах. Статические характеристики.
23. Схемы замещения ЛЭП.
24. Параметры трансформаторов. Схемы замещения.
25. Выбор сечения проводов по различным критериям. Проверка.
26. Расчетные схемы электрических сетей. Алгоритм расчета радиальных сетей.
27. Круговые диаграммы мощности ЛЭП.
28. Векторная диаграмма ЛЭП.
29. Регулирование напряжения. Методы. Устройства.
30. Баланс реактивных мощностей. Источники реактивной мощности.
31. Потери мощности и электрической энергии в электрических сетях. методы потерь активной мощности и энергии.
32. Основные понятия электромагнитных переходных процессов. Апериодическая и периодическая составляющие переходного тока. Мгновенное и действующее значение тока. Ударный ток.
33. Основные допущения, принимаемые в расчетах электромагнитных переходных процессов.
34. Схемы замещения параметров сети при расчетах переходных процессов.
35. Синхронные, переходные и сверхпереходные реактивности и ЭДС синхронных машин. Продольная и поперечная составляющие.
36. Расчет начального значения тока КЗ методом эквивалентных ЭДС и методом узловых напряжений.
37. Расчет тока КЗ в произвольный момент времени с помощью типовых кривых.
38. Несимметричные виды КЗ. Параметры элементов сети и схемы замещения для различных последовательностей.
39. Правило эквивалентности прямой последовательности. Комплексные схемы замещения и их использование для расчетов несимметричных видов КЗ.
40. Выбор и проверка коммутационных аппаратов по условиям тока КЗ.

41. Основные допущения принимаемые при расчетах электромеханических переходных процессов.
42. Статическая устойчивость. Понятие устойчивости линейной системы. Условия статической устойчивости. Максимум активной мощности СГ.
43. Запас статической устойчивости. Требования к статической устойчивости электрических систем для установившихся режимов.
44. Влияние АРВ генераторов на статическую устойчивость.
45. Устойчивость АД. Условия самозапуска электродвигателя.
46. Статические характеристики узловой нагрузки.
47. Устойчивость узлов нагрузки. Лавина напряжения.
48. Влияние компенсирующих устройств на устойчивость узлов нагрузки.
49. Динамическая устойчивость. Основные понятия. Правило площадей.
50. Практические мероприятия по обеспечению динамической устойчивости.
51. Виды повреждений и ненормальных режимов в электрических системах.
52. Основные требования, предъявляемые к релейной защите.
53. Способы включения реле и способы воздействия защиты на выключатель.
54. Источники оперативного тока. Постоянный оперативный ток.
55. Переменный оперативный ток.
56. Общие принципы выполнения реле.
57. Электромагнитные реле, принцип действия.
58. Индукционные реле тока, принцип действия.
59. Индукционные реле мощности, типы реле мощности, основные характеристики реле мощности.
60. Реле с использованием полупроводниковых приборов.
61. Трансформаторы тока в схемах релейной защиты.
62. Трансформаторы напряжения и схемы их соединения.
63. Ступенчатая токовая защита линий.
64. Токвая направленная защита линий.
65. Выбор уставок токовой направленной защиты, мертвая зона защиты.
66. Защита от замыканий на землю в сетях с большим током замыкания на землю. Уставки защиты.
67. Дифференциальная защита линий. Продольная дифференциальная защита. Поперечная дифференциальная защита линий.
68. Направленная поперечная дифференциальная защита линий.
69. Виды повреждений и ненормальные режимы работы трансформаторов. Виды защиты от них.
70. Защита трансформаторов от внешних КЗ.
71. Защита от повреждений в трансформаторе.
72. Защита высоковольтных электродвигателей.
73. Автоматика повторного включения.
74. Автоматическое включение резерва.
75. Автоматика регулирования напряжения в электрических системах.
76. Автоматическая частотная разгрузка
77. Расчет режима электрической сети по данным конца.
78. Расчет режима электрической сети по данным начала.
79. Совместный расчет электрических сетей.
80. Режим работы длинных линий.
81. Методы расчета сложных замкнутых сетей. Метод преобразования сетей.
82. Методы узловых напряжений.
83. Расчет электрической сети по программе RASTR.

84. Показатели качества электроэнергии
85. Влияние ПКЭ на работу электроприемников. Нормы и отклонение напряжения.

#### ЛИТЕРАТУРА:

##### Основная литература

1. Васильев А.А., Крючков И.П., Наяшкова Е.Ф. Электрическая часть станций и подстанций / Под ред. А.А. Васильева. М.: Энергоатомиздат, 1990.
2. Околович Н.М. Проектирование электрических станций. М.: Энергоатомиздат, 1982.
3. Электрические системы. Электрические сети /Под ред. В.А. Веникова и В.А. Строева. М.: Высш. шк., 1998.
4. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. М.: Энергоатомиздат, 1984.
5. Веников В.А., Рыжов Ю.П. Дальние электропередачи переменного и постоянного тока. М.: Энергоатомиздат, 1985.
6. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. М.: Энергия, 1970.
7. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. М.: Высш. шк., 1985.
8. Федосеев А.М. Релейная защита электроэнергетических систем. М.: Энергоатомиздат, 1984.
9. Овчаренко Н.И. Элементы автоматических устройств энергосистем. М.: Энергоатомиздат, 1995.
10. Алексеев О.П., Казанский В.Е., Козис В. Л. / Автоматика электроэнергетических систем. М.: Энергоиздат, 1981.
11. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем /Под ред. А.Ф. Дьякова. М.: Изд-во МЭИ, 2000.
12. Веников А.В. Теория подобия и моделирования. М.: Высш. шк., 2005.
13. Электрические сети и системы. Математические задачи электроэнергетики. /Под ред. В.А. Веникова. М.: Высш. шк., 1981.
14. Фокин Ю.А. Вероятностно-статистические методы в расчетах надежности систем электроснабжения. М.: Энергоатомиздат, 1985.
15. Тарасов В.И. Теоретические основы анализа установившихся режимов электроэнергетических систем. Новосибирск: Наука, 2002.
16. Герасименко А.А., Федин В.Т. Передача и распределение электрической энергии. Ростов-на Дону, Изд-во «Феникс», Красноярск. Изд-во «Издательские проекты», 2006, 720 с.

##### Дополнительная литература:

1. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. М.: Энергоатомиздат, 1986.
2. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей / Под ред. Л.Г.Мамиконянца. М.: Энергоатомиздат, 1984.
3. Эксплуатация турбогенераторов с непосредственным охлаждением. Под ред. Л.С. Линдорфа, Л.Г. Мамиконянца. М.: Энергия, 1972.
4. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях. /Под ред. В.А. Веникова. М.: Энергоатомиздат, 1983.
5. Веников В.А., Идельчик В.И., Лисеев М.С. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах. М.: Энергоатомиздат, 1985.
6. Дальние электропередачи в примерах / Г.К. Зарудский, Е.В. Путятин и др. М.: Изд-во МЭИ, 1994.

7. Баринов В.А., Совалов С.А. Режимы энергосистем: методы анализа и управления. М.: Энергоатомиздат, 1990.
8. Крючков И.П. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах. М.: Изд-во МЭИ, 2000.
9. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем. М.: Энергия, 1979.
10. Экспериментальные исследования режимов энергосистем / Под ред. С.А. Совалова. М.: Энергоатомиздат, 1985.
11. Портной М.Г., Рабинович Р.С. Управление энергосистемами для обеспечения устойчивости. М.: Энергия, 1975.
12. Дьяков А.Ф., Платонов В.В. Основы проектирования релейной защиты электроэнергетических систем. М.: Изд-во МЭИ, 2000.
13. Алексеев О.П., Козис В.Л., Кривенков В.В. Автоматизация электроэнергетических систем. М.: Энергоатомиздат, 1994.
14. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем. М.: Энергоатомиздат, 1998.
15. Щербачев О.В., Зейлигер А.Н., Кадомская К.П. Применение цифровых вычислительных машин в электроэнергетике / Под ред. О.В. Щербачева. Л.: Энергия, 1980.
16. Контроль и учет электроэнергии в современных системах электроснабжения. Учебное пособие. Авт.: В.И. Васильченко, А.А. Виноградов, О.Г. Гриб и др., Белгород, изд-во Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2009, 204 с.
17. Современные приборы учета электрической энергии. Учебное пособие. Авт.: В.И. Васильченко, А.А. Виноградов, О.Г. Гриб и др., Белгород, изд-во Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2008, 139 с.

## **ПРОГРАММА**

### **вступительных испытаний по специальной дисциплине, соответствующей профилю – «Теплофизика и теоретическая теплотехника»**

Экзамен состоит из двух частей: общая часть и специальная часть.

Общая часть содержит основной материал курсов общей и теоретической физики в объеме университетского курса физических и физико-технических специальностей на темы - по строению, физико-химическим свойствам, методам исследования объектов в твердом, жидком, газообразном и нанокристаллическом состоянии. Специальная часть включает вопросы, внесенные в курсы и спецкурсы по физике конденсированного состояния, физике нанокристаллических углеродных структур, по методам оптической спектроскопии и теории ошибок.

#### **Общая часть**

Термодинамика. Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ). Строение твердых, жидких, газообразных тел в МКТ. Масса, размеры, скорости движения, силы взаимодействия молекул. Распределения Больцмана, Максвелла-Больцмана молекул газов. Опыт Штерна.

Температура и давление газа в МКТ. Уравнения МКТ. Методы и приборы измерения температуры и давления. Температурные шкалы Цельсия, Кельвина, Реомюра, Фаренгейта.

Закон равномерного распределения энергии молекул газа по степеням свободы. Классическая теория теплоемкости газов и твердых тел. Основные положения и уравнения квантовой теории теплоемкости твердых тел.

Теплота, внутренняя энергия, работа в термодинамике. Начала термодинамики (первое, второе, третье) - термодинамические и статистические формулировки, анализ. Тепловая машина, цикл Карно, КПД.

Агрегатные состояния вещества и переходы между ними. Теплоты и условия переходов. Диаграммы состояния. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Тройная точка. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ.

Критическое состояние вещества. Методы получения низких температур.

Влажность: абсолютная, относительная, точка росы, методы измерения и расчета.

Электродинамика. Электризация тел. Электрический заряд и его свойства. Взаимодействие точечных и протяженных зарядов. Напряженность и потенциал электростатического поля, напряжение. Принцип суперпозиции.

Электростатическая теорема Остроградского-Гаусса и ее применение. Диэлектрики и их классификация. Теория поляризации диэлектриков, вектор поляризации, диэлектрическая проницаемость и восприимчивость.

Емкость, конденсаторы и их соединения в цепи, заряд, напряжение, энергия конденсаторов и электростатического поля.

Проводники, полупроводники, диэлектрики. Классическая теория электропроводности проводников. Законы Ома, Джоуля-Ленца, Видемана-Франца в дифференциальной форме. Сверхпроводимость, высокотемпературная сверхпроводимость. Электролиз, законы Фарадея.

Электрический ток в газах, самостоятельный и несамоустойчивый разряд. Ионизационные камеры, счетчики, электрические фильтры. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Электронный «р-п» переход, диод и транзистор. Термо- и фотосопротивления. Магнитное поле, индукция и напряженность. Магнетики и их классификация. Теория Кюри-Ланжевена намагничивания и температурной зависимости магнитной проницаемости диа- и парамагнетиков.

Электромагнитная индукция и самоиндукция. Закон Фарадея в интегральной и дифференциальной формах, правило Ленца.

Индуктивность соленоида. Энергия магнитного, электромагнитного поля.

Плотность потока энергии электромагнитного поля, вектор Умова-Пойнтинга.

Колебательный контур, дифференциальное и интегральное уравнение свободных и вынужденных электромагнитных колебаний. Резонанс, добротность колебательного контура. Открытый колебательный контур, излучение и прием электромагнитных волн. Интегральное уравнение плоской электромагнитной волны. Параметры волны (период, частота, длина волны, фаза, волновое число). Спектр электромагнитных волн, общая характеристика диапазонов.

Полная система уравнений Максвелла, как обобщение основных законов электромагнетизма, анализ уравнений. Ток смещения, векторный потенциал. Уравнение Пуассона для векторного потенциала.

Оптика и атомная физика. Геометрическая оптика. Принцип Ферма, его применение для вывода законов отражения и преломления света. Формула тонкой линзы для неоднородной среды и ее анализ. Формула сферического зеркала и ее следствия. Увеличение линзы и зеркала. Построение изображения в линзах, зеркалах и их системах. Формула Ньютона для толстых линз.

Поляризация света и ее виды. Поляризаторы для плоскополяризованного и циркулярно-поляризованного света. Закон Малюса. Степень поляризации. Вращение плоскости поляризации оптически активными средами.

Интерференция света, условия наблюдения интерференции для оптической разности хода и разности фаз. Получение когерентных волн (бизеркала, бипризма Френеля, метод Юнга, метод Ллойда). Интерференция в тонких пленках: виды, теория и применение.

Дифракция света и ее виды. Принцип Гюйгенса-Френеля и теория зон Френеля. Зонные пластинки. Дифракционная решетка и ее параметры.

Дифракционная природа изображений. Нормальная и аномальная дисперсия света. Электронная теория дисперсии, следствия. Связь диэлектрической проницаемости и показателя преломления среды.

Основные положения квантовой теории света. Фотоэффект и его виды. Законы Столетова и уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта, их анализ. Объяснение давления света в волновой и квантовой теории света, анализ формулы давления. Измерение давления света, опыты Столетова.

АЧТ. Формула Планка для спектральной излучательной способности АЧТ и ее анализ. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина.

Модели атома. Опыт и формула Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Постулаты Бора и его теория водородоподобных атомов. Опыты Франка-Герца. Обобщенная формула Бальмера и ее анализ. Строение сложных атомов, электронные группы и подгруппы, периодическая система Менделеева.

Модели и основные характеристики атомных ядер (ядерные силы, заряд, масса, спин, магнитный момент). Дефект масс, энергия связи, удельная энергия связи. Ядерные реакции и их классификация. Альфа-, бета-, гамма-, нейтронный и протонный распады. Методы регистрации элементарных частиц. Элементарные частицы, их свойства и классификация. Реакции с элементарными частицами. Частицы и античастицы. Кварк-глюонное строение барионов. Физический вакуум. Уравнение Шредингера, волновая функция и ее свойства. Частица в потенциальной яме, туннельный эффект.

Стандартные условия и Квантование. Операторы в квантовой механике. Корпускулярно-волновой дуализм микрочастиц. Формула Де Бройля. Законы сохранения в квантовой механике и их связь со свойствами пространства и времени. Солнечная система, общая характеристика планет земной группы и планет-гигантов. Законы Кеплера движения планет. Пояс Койпера, облако Оорта. Гипотезы о происхождении и эволюции Вселенной. Реликтовое излучение, красное смещение в спектрах звезд. Методы определения расстояний в астрофизике, единицы расстояний. Определение возраста, физических характеристик звезд (возраст, размеры, температура, состав).

Гипотеза Лапласа о звездообразовании. Большой адронный коллайдер (ЦЕРН, Швейцария): принцип работы, назначение, анализ основных результатов и их значения для развития современной физики.

### **Специальная часть**

Строение и основные физические свойства аллотропных соединений конденсированного углерода (КУ) - алмаз, графит, карбин. Строение и основные свойства нанокристаллических углеродных структур: нанотрубки, фуллерены, наноалмазы. Нанокристаллические формы углерода со смешанными электронными конфигурациями. Структурные превращения в углероде при воздействии температуры и давления. Основные представления о дисперсии электронов в зоне Бриллюэна КУ. Теоретико-групповой анализ структуры и симметрия аллотропных и нанокристаллических форм углерода.

Структура колебательного спектра алмаза, графита, карбина, нанокристаллического углерода, интерпретация колебательных мод в спектрах. Влияние дефектов и примесей на колебательный спектр КУ.

Уравнения классического дисперсионного анализа при изучении колебательного спектра КУ. Особенности расчета оптических характеристик КУ с помощью уравнений Френеля. Дисперсионные соотношения Крамерса-Кронига в исследовании оптических характеристик КУ.



Общая характеристика приборов и методов спектроскопии: режимы пропускания, отражения (зеркального, диффузного, полного внутреннего отражения), комбинационного рассеяния. Основы теории и методы проведения качественного и количественного спектрофотометрического анализа. Формула Бугера-Бера. Источники оптического излучения, лазеры - физические свойства, диапазоны излучения, применение.

Основы теории ошибок в обработке экспериментальных данных. Абсолютная и относительная погрешность эксперимента. Погрешность прямого и косвенного измерения. Принципы работы основных механических, тепловых, электромагнитных и оптических приборов. Цена деления, класс точности приборов. Статистическая ошибка и способы ее расчета. Распределение случайных событий (распределение Пуассона, Гаусса, Лоренца). Распределение Стюдента, метод малых выборок.

## ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА

Общая часть

1. Кинематика материальной точки и поступательного движения твердого тела. Параметры движения, законы, графики и система отсчета.
2. Кинематика вращательного движения твердого тела. Параметры, законы движения, графики.
3. Основные понятия динамики материальной точки. Законы Ньютона. Закон сохранения импульса. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея. Границы применимости законов классической механики.
4. Основные понятия динамики вращательного движения твердого тела. Закон динамики вращательного движения твердого тела. Закон сохранения момента импульса. Кинетическая энергия вращательного движения твердого тела.
5. Работа силы. Мощность. Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальная и кинетическая энергии. Закон сохранения энергии в консервативной и неконсервативной системах.
6. Понятие о колебательном движении. Свободные и вынужденные колебания, уравнение колебаний. Коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания. Резонанс.
7. Сложение колебаний одного направления и взаимно перпендикулярных колебаний. Биения и фигуры Лиссажу.
8. Основы молекулярно-кинетической теории газов. Распределения Больцмана, Максвелла. Статистика Максвелла-Больцмана. Опыт Штерна.
9. Акустические волны и их классификация. Уравнение плоской акустической волны, скорость и длина волны. Ультразвуковая Дефектоскопия, томография.
10. Основные понятия термодинамики. Первое начало термодинамики, его применение к изопроцессам в идеальном газе. График процессов. Вечный двигатель первого рода.
11. Тепловые машины. Цикл Карно. КПД цикла Карно. КПД реальных тепловых машин.
12. Внутренняя энергия термодинамической системы. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Классическая теория теплоемкости газов и твердых тел, границы применимости теории.
13. Первое, второе и третье начала термодинамики. Понятие об энтропии и ее изменении в термодинамических процессах. Статистические и термодинамические формулировки II начала.
14. Явления переноса в молекулярной физике. Законы диффузии, теплопроводности и вязкости и их анализ.
15. Закон Кулона. Напряженность и потенциал электростатического поля точечного заряда. Графическое изображение электростатических полей. Связь напряженности и потенциала.

Принцип суперпозиции полей. Электростатическая теорема Остроградского-Гаусса, ее применение к расчету полей.

16. Магнитное поле. Индукция и напряженность магнитного поля. Графическое изображение магнитных полей. Силы магнитного взаимодействия (Ампера и Лоренца). Принцип суперпозиции магнитных полей.

17. Полярные и неполярные диэлектрики. Поляризация диэлектриков, вектор поляризации. Диэлектрическая проницаемость и восприимчивость. Сегнетоэлектрики, гистерезис.

18. Магнитные свойства вещества. Основы теории диа-, пара- и ферромагнетизма. Магнитная проницаемость и восприимчивость. Магнитный гистерезис. Применение ферромагнетиков.

19. Магнитное поле токов. Закон Био-Савара-Лапласа. Закон полного тока. Энергия электрического и магнитного полей.

20. Классическая теория электропроводности металлов. Законы Ома и Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной форме. Понятие о сверхпроводимости, высокотемпературная сверхпроводимость.

21. Электромагнитная индукция. Интегральная и дифференциальная формы закона электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца. Самоиндукция. Индуктивность. Применение закона электромагнитной индукции.

22. Полная система уравнений Максвелла как обобщение основных законов электромагнетизма. Свободное электромагнитное поле.

23. Электромагнитные волны их классификация, изучение и регистрация. Уравнение плоской электромагнитной волны и ее параметры. Энергия волны. Вектор Умова.

24. Интерференция света и условия ее наблюдения. Методы наблюдения интерференции в оптике (бизеркала и бипризма Френеля, метод Юнга). Условия макс и мин картины интерференции.

25. Дифракция света и её виды. Принцип Гюйгенса-Френеля, зоны Френеля. Объяснение дифракции сферической и плоской волны на основе зон Френеля. Дифракционная решетка.

26. Естественный и поляризованный свет. Виды поляризации. Закон Брюстера. Поляризаторы и анализаторы. Степень поляризации Излучения. Закон Малюса.

27. Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия. Формула Коши. Основы электронной теории дисперсии.

28. Излучательная и поглощательная способность тел. Абсолютно черное тело. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина, формула Планка и её анализ.

29. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Релятивистский закон сложения скоростей. Основные кинематические и динамические следствия из теории относительности.

30. Квантовые свойства света. Фотоэффект и его виды. Опыты и законы Столетова. Уравнение Эйнштейна. Красная граница фотоэффекта.

31. Гипотеза де Бройля о волновых свойствах микрочастиц. Соотношения неопределенностей Гейзенберга и их анализ.

32. Постулаты Бора. Теория водородоподобного атома по Бору. Закономерности в атомных спектрах. Формула Бальмера. Опыты Франка и Герца.

33. Уравнение Шредингера. Волновая функция и ее свойства. Стандартные условия и квантование. Операторы в квантовой механике.

34. Понятие о полном наборе квантовых чисел. Строение сложных атомов. Электронные группы и подгруппы. Принцип Паули. Периодическая система химических элементов Менделеева.

35. Микрочастица в потенциальной яме. Туннельный эффект. Примеры проявления туннельного Эфффекта.

36. Законы сохранения в физике и их связь с симметрией пространства и времени.

37. Основные характеристики атомных ядер (заряд, масса, механический момент, магнитный момент, размер ядра). Характеристика ядерных сил. Энергия связи. Дефект массы.
38. Естественная и искусственная радиоактивность. Радиоактивные ряды. Закон радиоактивного распада.
39. Ядерные реакции. Реакция деления и синтеза атомных ядер. Энергия ядерных реакций. Деление ядер урана.
40. Фундаментальные взаимодействия. Элементарные частицы и их классификация. Реакции взаимного превращения элементарных частиц. Кварки и глюоны. Методы регистрации элементарных частиц.
41. Солнечная система, общая характеристика планет земной группы и планет-гигантов. Законы Кеплера движения планет. Пояс Койпера, облако Оорта.
42. Гипотезы о происхождении и эволюции Вселенной. Реликтовое излучение, красное смещение в спектрах звезд. Методы определения расстояний в астрофизике, единицы расстояния.
43. Определение возраста, физических характеристик звезд (возраст, размеры, температура, состав). Гипотеза Лапласа о звездообразовании.
44. Большой адронный коллайдер (ЦЕРН, Швейцария): принцип работы, назначение, анализ основных результатов и их значения для развития современной физики.

#### Специальная часть

1. Строение и основные физические свойства аллотропных соединений конденсированного углерода (КУ) - алмаз, графит, карбин.
2. Строение и основные свойства нанокристаллических углеродных структур: нанотрубки, фуллерены, наноалмазы.
3. Нанокристаллические формы углерода со смешанными электронными конфигурациями.
4. Структурные превращения в углероде при воздействии температуры и давления.
5. Основные представления о дисперсии электронов в зоне Бриллюэна КУ.
6. Теоретико-групповой анализ структуры и симметрия аллотропных и нанокристаллических форм углерода.
7. Структура колебательного спектра алмаза, графита, карбина, нанокристаллического углерода, интерпретация колебательных мод в спектрах.
8. Влияние дефектов и примесей на колебательный спектр КУ. Уравнения классического дисперсионного анализа при изучении колебательного спектра КУ.
9. Особенности расчета оптических характеристик КУ с помощью уравнений Френеля.
10. Дисперсионные соотношения Крамерса-Кронига в исследовании оптических характеристик КУ.
11. Общая характеристика приборов и методов спектроскопии: режимы пропускания, отражения (зеркального, диффузного, полного внутреннего отражения).
12. Основы качественного и количественного спектрофотометрического анализа. Формула Бугера-Бера. Комбинационное рассеяние света, как метод исследования.
13. Источники оптического излучения, лазеры. Технический вакуум (низкий, средний, высокий): определение, методы получения, характеристика насосов и приборов контроля уровня вакуума (манометров).
14. Основы теории ошибок в обработке экспериментальных данных. Абсолютная и относительная погрешность эксперимента. Погрешность прямого и косвенного измерения.
15. Цена деления, класс точности приборов. Статистическая ошибка и способы ее расчета. Распределение случайных событий (распределения Гаусса, Пуассона, Лоренца), общая характеристика, сравнение.
16. Распределение Стюдента, метод малых выборок, примеры и особенности применения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Иродов Курс общей физики. М.: Высшая школа.- 2004
2. Савельев И.С. Курс общей физики.- Ч. 2-3.- М.: Высшая школа.-1965.
3. Гаджаев Оптика.- М.: Высшая школа.- 2008
4. Дичберн Р. Физическая оптика.- М.: Наука,- 1965.
5. Воробьев Л.Е. и др. Оптические свойства наноструктур.- СПб: Наука.- 2001.
6. Банкер Ф., Иенсен П. Симметрия молекул и спектроскопия.- М.: Мир.- 2004.
7. Бехтерев А. Н. Колебательные состояния в конденсированном углероде и наноуглероде.- Магнитогорск: МаГУ.- 2007.
8. Шулепов С.В. Физика углеродных материалов.- Челябинск: Metallургия.- 1990.
9. Вяткин Г.П., Байтингер Е.М., Песин Л.А. Определение характера гибридизации валентных состояний углерода спектроскопическими методами.- Челябинск: ЧГТУ.- 1996.
10. Альперович Л.И. Метод дисперсионных соотношений и его применение для определения оптических характеристик.- Душанбе: Ирфон.- 1974.
11. Беленков Е.А. Ивановская В.В., Ивановский А.Л. Наноалмазы и родственные углеродные наноматериалы.- Екатеринбург: УРО РАН.- 2008.
12. Харрик Н. Спектроскопия внутреннего отражения.- М.: Мир.- 1970.
13. Свердлова О. В., Сайдов Г. В. Практическое руководство по молекулярной спектроскопии.- Л.: ЛГУ.- 1980.
14. Агемян Т.А. Основы теории ошибок для астрономов и физиков.- М.: Наука.- 1978.
15. Климишин И.А. - Астрономия наших дней- М.: Высшая школа.- 2006.

## Критерии оценки знаний по специальной дисциплине поступающих в аспирантуру

Оценка ответов производится по пятибальной шкале и выставляется согласно критериям, приведенным в таблице.

Оценка	Критерии
Отлично	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений.</li><li>2. Демонстрируются глубокие знания дисциплин специальности.</li><li>3. Делаются обоснованные выводы.</li><li>4. Ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее.</li><li>5. Сформированы навыки исследовательской деятельности.</li></ol>
Хорошо	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются систематизировано и последовательно.</li><li>2. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.</li><li>3. Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия.</li><li>4. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.</li><li>5. Продемонстрированы навыки исследовательской деятельности.</li></ol>
Удовлетворительно	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе.</li><li>2. Демонстрируются поверхностные знания дисциплин специальности.</li><li>3. Имеются затруднения с выводами. Определения и понятия даны нечётко.</li><li>4. Навыки исследовательской деятельности представлены слабо.</li></ol>
Неудовлетворительно	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по дисциплине.</li><li>2. Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии.</li><li>3. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.</li><li>4. Отсутствуют навыки исследовательской деятельности.</li></ol>