Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____/Д.С. Гуц/
«30» сентября 2020 г.

ПРОГРАММА
вступительного испытания для поступающих в аспирантуру по направлению 12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии

Красноярск 2020

1. Основы метрологии

Предмет и задачи метрологии. Важнейшие термины и определения. Физические величины. Единицы физических величин. Системы единиц физических величин. Принципы создания естественной системы единиц. Размерность величин и единиц. Практические приложения теории размерностей. Международная система единиц (СИ).

Средства измерений. Виды средств измерений. Меры и наборы мер. Измерительные аналоговые и цифровые преобразователи. Измерительные установки и принадлежности. Параметры и свойства средств измерений. Исходные (эталонные) средства измерений. Рабочие средства измерений. Отсчетные устройства: шкальные, цифровые, регистрирующие. Нормирование метрологических характеристик и классы точности. Способы выражения пределов допускаемой погрешности.

Эталоны. Общие понятия. Государственные эталоны - первичные и специальные. Вторичные эталоны (эталоны-копии, сравнения и рабочие). Одиночный и групповой эталоны. Эталонный набор. Хранение эталонов. Перспективы развития эталонов.

Методы и принципы измерений. Виды методов измерений. Преобразование измеряемой величины в процессе измерений. Метод непосредственной оценки. Дифференциальный метод. Нулевой метод. Метод совпадений. Принципы измерений.

Общие требования к измерениям. Анализ постановки измерительной задачи. Выбор средств и методов измерений. Выбор числа измерений. Методика выполнения измерений. Способы обнаружения и исключения систематических погрешностей.

Методы замещения, компенсации погрешности по знаку, противопоставления, симметричных наблюдений.

Прямые и косвенные измерения. Совокупные и совместные измерения.

Однократные и многократные измерения. Равноточные и неравноточные измерения.

Погрешности измерений. Погрешность и достоверность результата измерения. Виды погрешности измерений. Точность, правильность, сходимость результатов измерений. Округление результатов измерений. Погрешности измерительных устройств в статическом и динамическом режиме. Расчет доверительных границ поля допусков погрешности измерительных устройств. Суммирование погрешностей измерительного канала для зависимых и независимых составляющих. Расчет динамических погрешностей линейных и нелинейных измерительных устройств. Концепция неопределенности результатов измерений.

Обработка результатов измерений. Требования к методам обработки результатов измерений. Группирование экспериментальных данных. Проверка гипотезы о виде распределения экспериментальных данных. Исключение грубых погрешностей. Обработка нормального распределения данных и отличного от нормального. Обработка результатов прямых однократных измерений. Обработка результатов косвенных, совместных,

совокупных измерений. Проверка однородности и равноточности групп измерений при нормальном и отличном от нормального распределениях. Обработка результатов нескольких однородных равноточных и неравноточных групп измерений.

Обеспечение единства измерений. Система воспроизведения единиц и передачи их размеров рабочим средствам измерении. Эталоны. Поверочные установки. Стандартные образцы. Поверочные схемы и их обоснование. Обоснование межповерочных интервалов. Калибровка средств измерений.

Измерения при контроле. Измерение зондирующего сигнала. Измерение параметров системы. Измерение показателей качества. Точность измерений показателей качества. Контрольные допуски. Гарантированные допуски. Принципы назначения допусков. Алгоритм определения допусков. Ошибки при контроле по допускам. Вероятности ошибок контроля.

2. Методы и средства измерений

Измерения механических величин. Каноническое уравнение механики. Законы Ньютона и Гука. Принцип Д. Аламбера. Измерительные преобразователи. Методы и средства измерений плотности веществ. Измерение параметров движения. Измерители линейных скоростей. Измерители скоростей вращения. Акселерометры. Виброметры. Методы измерения сил, моментов. Динамометры. Принципы действия динамометров. Моментомеры. Преобразование крутящего момента. Метрологические характеристики и классификация весоизмерительных приборов. Измерения линейно-угловых величин. Классификация средств линейно-угловых измерений. Поверочное оборудование и поверка средств измерений механических величин. Контроль размеров. Испытания на внешнее воздействие.

Теплофизические измерения. Закон Бойля–Мариотта. Закон Гей-Люссака. Уравнение Стокса и Бернулли. Основные законы термодинамики.

Цикл Карно. Процесс Джоуля–Томпсона. Теплоемкость. Теорема Нернста. Уравнение Клайперона–Клаузиуса. Правило фаз Гиббса. Поверхностные яв-ления. Основные понятия статистической физики. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Сверхтекучесть. Строение твердого тела. Эффект Джозефсона. Эффект Холла. Методы измерения температуры. Общие сведения об измерении температуры и температурных шкалах. Метрологические характеристики. Классификация средств измерении температуры. Термометры сопротивления и методы измерения сопротивления. Пирометры. Методы измерения давления и разрежения, расхода и уровня. Средства измерений давления и разности давлений. Вакуумметры. Измерение расхода жидкостей, газа и пара по перепаду давления в сужающем устройстве. Расходомеры постоянного перепада: электрические, тахометрические и ультразвуковые. Тепломеры. Измерение уровня. Методы и средства поверки средств измерений теплотехнических величин.

Измерение времени частоты. Принцип неопределенности при измерении временных и частотных параметров. Эталонное время. Шкалы времени. Государственная служба времени, частоты и определения параметров вращения Земли. Квантовые стандарты частоты и времени. Кварцевые меры частоты. Частотомеры резонансные, гетеродинные, емкостные, мостовые. Электронно-счетные частотомеры. Синтезаторы частоты, делители и умножители частоты. Фазовые и частотные компараторы. Измерители интервалов времени. Приемники сигналов эталонных частот и сигналов времени. Методы определения действительного значения частоты электромагнитных колебаний. Методы определения кратковременной нестабильной частоты. Электронные методы измерения интервалов времени. Поверочное оборудование и поверка средств измерений времени и частоты.

Измерения электрических и магнитных величин. Законы Кирхгофа и Ома. Закон магнитной индукции Ампера. Теорема Ампера. Методы измерений электрических и магнитных величин. Классификация средств измерений электрических и магнитных величин. Электрические измерительные преобразователи. Основные узлы электроизмерительных приборов. Измерения силы токов и напряжений. Измерения частоты, энергии и количества электричества. Измерения частоты и фазы, анализ спектра электрических сигналов. Измерения параметров цепей постоянного и переменного тока. Измерения параметров магнитного поля, определение характеристик и параметров магнитных материалов. Методы и средства поверки средств измерений электрических и магнитных величин.

Измерения аналитических и структурно-аналитических величин. Периодическая система элементов Менделеева. Закон Буггера–Ламберта–Бэра. Закон Фарадея. Уравнение Нернста. Закон Стокса–Ломмеля. Методы измерений аналитических и структурно-аналитических величин. Колориметрический метод. Измерение интенсивности окраски. Типы фотоэлектрических колориметров Нефелометрический и турбидиметрический методы. Аппаратура и методика измерений. Фототурбидиметрическое титрование. Рефрактометрический метод.

Анализ двух- и трехкомпонентных систем. Виды рефрактометров. Поляриметрический метод. Принципиальная схема поляриметра. Люминесцентный метод. Области применения люминесцентного метода. Кондуктометрический метод. Кондуктометрическое титрование. Установка для кондуктометрического высокоточного титрования. Потенциометрический метод. Виды потенциометров. Полярографический метод. Концентрационная поляризация. Получение полярограммы. Аппаратура для полярографического анализа. Электроанализ. Теоретические основы метода. Аппаратура для электровесового и кулонометрического анализа. Хроматографический метод. Ионообменная, молекулярно-абсорбционная, осадочная и распределительная хроматография. Дозаторы, хроматографические колонки, детекторы. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Выражение неопределенности результатов

измерений. Методы и средства обеспечения единства измерений аналитических величин.

3. Основы математической статистики

Оценки математического ожидания и дисперсии. Доверительный интервал для математического ожидания. Парная линейная регрессии. Метод наименьших квадратов. Характеристики выборочного контроля. Статистические методы контроля. Классификация методов контроля по признаку контролируемых свойств объекта.

4. Приборы и методы контроля природной среды

Основные загрязнители природной среды и их источники. Дистанционные методы контроля природной среды. Пассивные и активные дистанционные методы. Методы спектрозональной съемки и инфракрасной радиометрии. Технические средства дистанционного зондирования атмосферы. Озонометрия. Общая характеристика природной среды как объекта экологического контроля. Природные и антропогенные экологические факторы. Антропогенные химическое и физическое (тепловое, электромагнитное, радиационное, вибрационное, акустическое и др.) загрязнения природной среды. Основные источники загрязнения. Классификация методов контроля параметров природной среды. Физико-химические основы методов контроля приоритетных загрязнений природной среды.

5. Приборы и методы электрического контроля веществ и изделий

Измерение электрического сопротивления. Приборы и методы магнитного контроля. Магнитная дефектоскопия. Выбор средств контроля. Источники погрешностей контроля.

6. Приборы и методы оптического контроля

Принципы построения оптических приборов контроля. Физическая природа оптических явлений, используемых для контроля: дифракция, интерференция, поляризация, рассеяние света, фотоэффект. Основные виды источников излучения.

7. Приборы и методы радиоволнового контроля

Распространение радиоволн, взаимодействие с веществом. Отражение, преломление, поглощение, рассеяние, интерференция, дифракция. Диэлектрические свойства материалов.

8. Приборы и методы акустического контроля

Упругие свойства твердых тел. Отражение, преломление и трансформация волн на границе раздела двух сред. Прохождение волн через слоистые структуры. Диаграмма деформация - напряжение. Приборы для контроля физико-механических свойств материалов. Физические основы

методов обнаружения дефектов работающего оборудования по результатам измерения параметров вибрации.

9. Приборы и методы теплового контроля

Законы теплового излучения: Планка, Вина, Стефана-Больцмана. Принципы построения пирометров. Особенности измерения состава газов. Особенности измерения состава газов.

10. Основы метрологического обеспечения

Особенности метрологического обеспечения при разработке, производстве и эксплуатации технических устройств. Средства измерений как основа метрологического обеспечения. Влияние средств измерений на точность и надежность технических устройств. Выбор средств измерений по точности. Автоматические измерительные системы как средства диагностики, контроля и поверки. Сигнатурные и логические анализаторы. Метрологическое обеспечение автоматических измерительных систем.

Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений». Общие положения, единицы величин. Средства и методики выполнения измерений. Метрологические службы. Государственный метрологический контроль и надзор. Калибровка и сертификация средств измерений.

Сущность методологии проведения метрологического сопровождения и метрологической экспертизы технических объектов. Основные направления их совершенствования.

Список рекомендованных источников

Основная литература

1. Сергеев А.Г. Метрология. – М.: Высшее образование, 2008. - 575 с.

2. Ушаков И.Е., Шишкин И.Ф. Прикладная метрология: Учебник для вузов. Изд. 4-е, перераб. и доп. – СПб.: СЗТУ, 2002. - 116 с.

3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшее образование, 2007. - 479 с.

4. Королев В.Ю. Теория вероятностей и математическая статистика. – М: Проспект, 2005. - 160 с.

5. Голицын А.Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды. – М.: Оникс, 2007. - 336 с.

6. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. – М.: Логос, 2001.-263 с.

7. Рис У. Основы дистанционного зондирования. – М.: Техносфера, 2006. - 336 с.

8. Атамалян Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин. Учеб. пособие для втузов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2005. - 415 с.

9. Шайдуров Г.Я. Импульсные электромагнитные системы поиска. – Красноярск: КГТУ, 1999. - 320 с.

10. Заказнов Н.П. Прикладная оптика. – М.: Лань, 2007. - 320 с.

11. Нагибина И.М. Прикладная физическая оптика. – М.: Высшая школа, 2003. - 565 с.

12. В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин, А.В. Ковалев. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник. Под общ. ред. В.В. Клюева. Издание: 3-е. – М.: Спектр, 2005. - 656 с.

13. Кузнецов В.А. Ялунина Г.В. Общая метрология. – М.: Изд-во стандартов. 2001. - 272 с.

14. Дворяшин, Б. В. Метрология и радиоизмерения: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Б. В. Дворяшин. – М.: Издательский центр «Академия». 2005. - 526 с.

15. Клаасен К.Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. – М: Постмаркет. 2009 г. - 352 с.

16. Шишмарев В.Ю. Технические измерения и приборы: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования /В.Ю. Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2010.- 384 с.

17. Чистяков, В. С. Краткий справочник по теплотехническим измерениям / Чистяков В.С. – М.: Энергоатомиздат, 1990. - 320с.

18. Пронкин Н. С. Основы метрологии динамических измерений. Учебное пособие. Изд.: Логос. 2011 г.- 256.

19. Яблонский О.П. Основы стандартизации, метрологии, сертификации. – М: Феникс. 2010. -475 с.

20. Тартаковский Д.Ф. Ястребов А.Л. Метрология, стандартизация и технические средства измерений. М.: Высшая школа. 2008. - 213 с.

Дополнительная литература

1. Лифиц, И.М. Стандартизация, метрология и сертификация: Учебник. - 4-е изд., перераб. и доп. / И.М. Лифиц. – М.: Юрайт-Изд., 2010. - 335 с.

2. Крылова, Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: Учебное пособие / Г.Д. Крылова – М.: ЮНИТИ, 2006.- 711с.

3. Шаракшанэ А.С, Халецкий А.К., Морозов И.А. Оценка характеристик сложных автоматизированных систем. – М.: Машиностроение, 1993. - 270 с.

4. Юинг Г.В. Инструментальные методы химического анализа. – М.: Мир, 1989. - 608 с.

5. Хансуваров К.И., Цейтлин В.Г. Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара. – М.: Изд-во стандартов, 1990.- 287 с., ил.

6. Орлова М.П. Низкотемпературная калориметрия. – М.: Энергоатомиздат, 1987. - 280 с.

7. Исаев Л.К., Малинский В.Д. Обеспечение качества: стандартизация, единство измерений, оценка соответствия. – М.: Изд-во стандартов, 2001. - 212 с.

8. Дворяшин, Б. В. Метрология и радиоизмерения: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Б. В. Дворяшин. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. - 526 с.

9. Раниев, Г. Г. Методы и средства измерений / Г. Г. Ратнев, А. П. Тарасенко. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.- 332 с.

10. Мейзда, Ф. Электронные измерительные приборы и методы измерений / Ф. Мейзда. – М.: Мир, 1990.- 535 с.

11. Поликарпов, В.М. Современные методы компьютерной обработки экспериментальных данных: учебное пособие / В.М. Поликарпов, И.В. Ушаков, Ю.М. Головин. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. - 84 с.

Программа соответствует паспорту номенклатуры специальностей научных работников.

Директор ИИФиРЭ Г.С. Патрин

Составители программы:
д-р техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой ТОиГСМ Ю.Н. Безбородов

канд. техн. наук, доцент,
заведующий кафедрой РЭС ИИФиРЭ Ф.В. Зандер