


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Физики твердого тела и наноструктур
 (П.В.Середин)
31.08.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.03

Метрология, стандартизация и технические измерения

Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

1. Шифр и наименование направления подготовки / специальности:

11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

2. Профиль подготовки / специализация/магистерская программа:

"Интегральная электроника и нанoeлектроника"

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: Очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра физики твердого тела и наноструктур

6. Составители программы: Середин Павел Владимирович, д.ф.-м.н., доцент

7. Рекомендована: НМС физического факультета протокол №6 от 26.06.2024

8. Учебный год: 2025/26 Семестр(ы): 4

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью освоения дисциплины “Метрология, стандартизация и технические измерения” является общенаучная подготовка бакалавров-физиков при изучении математических основ метрологии и метрологического обеспечения, теории погрешностей измерений, методов измерения электрических и неэлектрических величин, оценки качества измерений и средств измерений, метрологических процедур и алгоритмов их идентификации.

Сформировать прикладные навыки получения количественной информации об оценке состояния объектов исследования в результате измерительного эксперимента на базе как утвержденных традиционных методов с применением естественных эталонов, так и с помощью новых расчетных методов на аналитической основе и имитационного моделирования.

Приобрести опыт работы с современными методами и средствами измерений, включающих принципы метрологического синтеза измерительного процесса с алгоритмической адаптацией для математического расчета, анализа и статистического контроля качества программной продукции.

Ознакомить с нормативно-технической документацией, методами и правилами в области обработки экспериментальных данных, оценки точности измерений и нормирования точности параметров прикладного математического и наукоемкого информационного обеспечения производственно-технической деятельности, направленной на моделирование процессов и объектов предприятия.

Применять технологии и средства сопряжения метрологического оборудования с персональными компьютерами и со стандартными пакетами автоматизированного проектирования.

После освоения дисциплины обучающийся должен уметь:

- применять информационно-измерительные комплексы и системы, контрольно-измерительную и испытательную технику с целью регистрации и обработки статистических материалов, необходимых для расчетов и прикладных выводов в предметных областях;
- осуществлять нормализационный контроль технической документации и синтез результатов работ по метрологической аттестации, экспертизе и аудиту программного обеспечения средств измерения;
- реализовывать применяемые на предприятии документы по метрологическому обеспечению, стандартизации и сертификации при проведении экспериментов с составлением описания проводимых исследований и разработок в виде установленной на предприятии отчетности и утвержденным формам;
- анализировать прикладное математическое и информационное содержание процесса измерений с целью выбора правил принятия решения о его алгоритме в регламентированных документами условиях и интеграции с набором имеющихся априорных знаний для установления наиболее рациональной схемы их проведения;
- применять аттестованные методики выполнения измерений и контроля с использованием компьютерных технологий для планирования и проведения работ в системах математического обеспечения при исследовании и моделировании процессов и объектов предприятий на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Курс базируется на курсах общей и теоретической физики университетской программы для физического факультета, а также на дисциплинах раздела «Высшая математика» (математический анализ, дифференциальные уравнения и методы математической физики).

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

| Код | Название компетенции | Код(ы) | Индикатор(ы) | Планируемые результаты обучения |
|-------|--------------------------------------|---------|------------------------------------|--|
| ПКВ-4 | Готов организовывать метрологическое | ПКВ-4.1 | Осуществляет контроль правильности | Знать основные параметры технологических процессов. Уметь выявлять основные технологические |

| | | | | | |
|-------|---|---------|--|--|---|
| | обеспечение производства материалов и изделий электронной техники | | эксплуатации технологического оборудования и оснастки на производстве изделий микроэлектроник и; | задачи, решаемые при разработке технологического процесса производства изделий микроэлектроники Умеет проводить измерения основных параметров полупроводников и приборов на их основе; | |
| | | | ПКВ-4.2 | Выявляет причины брака и приближения параметров к предельно допустимым при изготовлении изделий микроэлектроники | Умеет анализировать основные параметры реализуемых технологических процессов производства изделий микроэлектроники. |
| | | | ПКВ-4.3 | Готовит предложения по повышению точности технологических операций, предупреждению и устранению брака при изготовлении изделий микроэлектроники | Знает технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления изделий микроэлектроники; |
| ПКВ-7 | Способен проводить технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники | ПКВ-7.1 | Выбирает необходимые параметры технологических процессов производства изделий микроэлектроник и | Умеет анализировать режимы работы технологического оборудования на производстве изделий микроэлектроники. Умеет выявлять причины потери точности технологического оборудования. Знает документацию, методы и правила в области обработки экспериментальных данных, оценки точности измерений и нормирования точности параметров прикладного математического и наукоемкого информационного обеспечения производственно-технической деятельности, направленной на моделирование процессов и объектов предприятия микроэлектроники. | |

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — 6/216.

Форма промежуточной аттестации(зачет/экзамен) зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

| Вид учебной работы | Трудоемкость | | | |
|------------------------------|--------------|--------------|------------|-----|
| | Всего | По семестрам | | |
| | | № семестра 4 | № семестра | ... |
| Аудиторные занятия | 103 | 103 | | |
| в том числе: | 34 | 34 | 34 | |
| | | | 32 | |
| | 68 | 68 | 68 | |
| Самостоятельная работа | 114 | 114 | | |
| в том числе: курсовая работа | | | | |

| | | | | |
|---|-----|-----|--|--|
| (проект) | | | | |
| Форма промежуточной аттестации (зачет – __ час.) | | | | |
| Итого: | 216 | 216 | | |

13.1. Содержание дисциплины

| п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела дисциплины | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК * |
|------------------|--|--|--|
| 1. Лекции | | | |
| 1.1 | Метрология и ее место среди других наук | Структура метрологии. Основные метрологические понятия и термины. Определения понятий: свойство, величина, количество, качество. Меры свойств окружающего мира. Алгебра размерностей. Экспериментальные и аналитические отношения эквивалентности и предпочтения. Виды шкал и их математические модели. | |
| 1.2 | Физические величины (ФВ) как объект метрологии | Значение, размер, размерность и символы ФВ. Классификация ФВ на размерные и безразмерные, аддитивные и неаддитивные, экстенсивные и интенсивные, скалярные, векторные, тензорные. Системы единиц ФВ. Международная система единиц (SI). Математические модели величин. Принципы разделения величин на основные и производные. Уравнения единиц производных величин. Конвекционный характер выбора единиц измерений. Квантовые эталоны. | |
| 1.3 | Качество измерений и способы его достижения | Виды измерений. Принципы измерения: применение эффектов Джозефсона, Пельтье, Доплера. Схемы и процедуры взаимодействия среды измерения и объекта измерения. Понятие о точности измерения. Основное уравнение измерения. Методы измерений и их классификация. Методики выполнения измерений. Математические модели формирования результата измерения количественной величины. Алгоритм определения характеристик результата измерения. Математические модели прямого и косвенного измерения. Методы обработки однократных и многократных измерений постоянной величины. Эффект квантования. | |
| 1.4 | Средства измерения (СИ): классы и модели | Классы СИ. Математическая модель СИ в форме статической характеристики. Динамические математические модели СИ. Метрологические характеристики СИ и их нормирование. Единство СИ и единство измерений Понятие о метрологической надежности. Принципы метрологического синтеза. Алгоритмы построения средств измерительного контроля. Выбор точности. Принципы: инверсии, единства баз, Тейлора, Аббе. Возможности и методы сопряжения средств измерительного контроля и управления технологическими процессами. Электроизмерительные установки, преобразователи. Информационно-измерительные комплексы и системы. Поверка СИ. Оптимизация межповерочных интервалов. | |
| 1.5 | Погрешности измерений | Классификация погрешностей по: форме представления, причине возникновения, характеру проявления, способу измерения. Основные понятия теории случайных погрешностей. Алгоритмы определения погрешности результата измерения. Обработка и формы | |

| | | | |
|-------------------------------|---|---|--|
| | | представления результатов измерений, оценка их погрешностей на основе эксперимента. Условия единства измерений относительно случайной погрешности. Погрешность измерения и принцип неопределенности Гейзенберга. | |
| 1.6 | Обеспечение единства измерений | Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическая служба Российской Федерации, ее структура и задачи. Понятие метрологического обеспечения. Разделение средств измерения по метрологическому обеспечению. Организационные, научные и методические основы метрологического обеспечения. Нормативно-правовые документы, регламентирующие метрологическую деятельность. Виды метрологической деятельности. | |
| 1.7 | Электромеханические измерительные приборы | Магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, электростатические, индукционные измерительные приборы. Электромагнитный логометр | |
| 1.8 | Преобразователи измеряемых величин | Назначение преобразователей. Виды преобразователей. Шунты. Делители напряжения. Трансформаторы тока, трансформаторы напряжения. Выпрямители. Электронно-лучевой осциллограф. | |
| 1.9 | Измерение электрических величин | Дифференциальное измерение. Измерение тока и напряжения. Измерение сдвига фаз. Измерение мощности активной. Измерение мощности реактивной. Измерение частоты | |
| 1.10 | Регистрирующие приборы | Преобразователи информации. Регистрирующие органы. Преобразовательные устройства сравнения. Приборы для регистрации (РП) | |
| 1.11 | Цифровые измерительные приборы (ЦИП) | Технология цифровых измерений. Понятие «компьютерное измерение. Преобразование величины в число. Погрешности. Устройства цифрового измерения. Аналого-цифровое преобразование. Погрешности АЦП. Цифровой регистратор электрических событий "РЭС" | |
| 1.12 | Измерение магнитных величин. Преобразователи перемещений (ПП) | Измерение магнитного потока, магнитной индукции, характеристик магнитных материалов. Измерение характеристик магнитных материалов. Преобразователи перемещений (ПП): резистивные, индуктивные трансформаторные, индукционные, струнный | |
| 1.13 | Измерения механических величин (сил и параметров движения). Измерение температуры и света | Измерение силы, момента, ускорения, скорости, перемещения, измерение момента сил. Термопара. Термосопротивление. Пирометр. Фотодиод. Электромагнитное измерение механического напряжения и температуры | |
| 3. Лабораторные работы | | | |
| 3.1 | Классификация погрешностей по: форме представления, причине возникновения, характеру проявления, способу измерения. | Виды шкал и их математические модели. Алгоритмы определения погрешности результата измерения. обработка и формы представления результатов измерений, оценка их погрешностей на основе эксперимента. | |
| 3.2 | Обработка и формы представления результатов измерений, оценка их погрешностей на основе эксперимента. | Методы измерений и их классификация. методики выполнения измерений. | |
| 3.3 | Измерение электрических величин | Прямые измерения напряжения и тока аналоговыми и цифровыми приборами | |
| | | Определение полярности напряжения и направления тока по показаниям приборов | |
| | | Косвенные измерения напряжения и тока | |
| | | Расширение пределов измерения амперметров и | |

| | | |
|--|--|--|
| | вольтметров с помощью шунтов и добавочных сопротивлений | |
| | Калибровка аналоговых амперметра и вольтметра | |
| | Определение методической погрешности измерений, обусловленной влиянием приборов | |
| | Оценка величины сопротивления аналоговых и цифровых приборов | |
| | Измерение э.д.с. источника с высоким внутренним сопротивлением компенсационным методом | |
| | Определение методической погрешности измерения электрического сопротивления, обусловленной влиянием приборов | |

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Виды занятий (количество часов) | | | | Всего |
|-------|---|---------------------------------|--------------|--------------|------------------------|-------|
| | | Лекции | Практические | Лабораторные | Самостоятельная работа | |
| 1 | Метрология и ее место среди других наук | 2 | | | 4 | 6 |
| 2 | Физические величины (ФВ) как объект метрологии | 2 | | | 4 | 6 |
| 3 | Качество измерений и способы его достижения | 2 | | | 4 | 6 |
| 4 | Средства измерения (СИ): классы и модели | 2 | | | 4 | 6 |
| 5 | Погрешности измерений | 3 | | 3 | 2 | 8 |
| 6 | Обеспечение единства измерений | 2 | | 2 | 2 | 6 |
| 7 | Электромеханические измерительные приборы | 3 | | | 4 | 7 |
| 8 | Преобразователи измеряемых величин | 3 | | | 4 | 7 |
| 9 | Измерение электрических величин | 3 | | 63 | 70 | 136 |
| 10 | Регистрирующие приборы | 3 | | | 4 | 7 |
| 11 | Цифровые измерительные приборы (ЦИП) | 3 | | | 4 | 7 |
| 12 | Измерение магнитных величин. Преобразователи перемещений (ПП) | 3 | | | 4 | 7 |
| 13 | Измерения механических величин (сил и параметров движения). Измерение температуры и света | 3 | | | 4 | 7 |
| | Итого: | 34 | | 68 | 114 | 216 |

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Метрология, стандартизация и технические измерения» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные занятия; индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме

подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов-магистров. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план;
- уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций;
- связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;
- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;
- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;
- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;
- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;
- записывать надо сжато;
- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием рефератов, участием в лабораторных занятиях, подготовкой и сдачей экзамена по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа обучающихся наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки бакалавров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или практической работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа обучающегося позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развивают творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа - это планируемая работа обучающихся, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу обучающихся и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность обучающихся должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности обучающегося по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались обучающиеся способам решения задач в аудитории, сформировать средства практической деятельности не удастся, так как каждый случай практики особый и для его решения следует выработать особый профессиональный стиль мышления.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных обучающимся знаний. Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда.

Результат обучения и самостоятельной работы обучающегося предполагает наличие следующих составляющих:

- понимание методологических основ построения изучаемых знаний;
- выделение главных структур учебного курса;
- формирование средств выражения в данной области;
- построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Метрология, стандартизация и технические измерения» включает в себя:

- изучение теоретической части курса – 12 часов
- подготовку к лабораторным занятиям – 20 часов
- написание отчетов по лабораторным работам – 52 часа
- написание реферата – 10 часа
- Подготовка к зачету – 10 часов
- Итого - 114

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

| № п/п | Источник |
|-------|--|
| 1 | Степанова, Елена Александровна. Метрология и измерительная техника: основы обработки результатов измерений : учебное пособие для вузов : [для студ., обучающихся по программе бакалавриата по направлениям подготовки "Стандартизация и метрология", "Нанотехнологии и микросистемная техника", "Физика"] / Е.А. Степанова, Н.А. Скулкина, А.С. Волегов ; Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б.Н. Ельцина ; под общ. ред. Е.А. Степановой .— Москва ; Екатеринбург : Юрайт : Изд-во Уральского университета, 2018 .— 93, [1] с. : ил., табл. — (Университеты России) .— Библиогр.: с. 69, 91 .— ISBN 978-5-534-00686-5 .— ISBN 978-5-7996-1878-0. |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник |
|-------|---|
| 1 | Лифиц, Иосиф Моисеевич. Стандартизация, метрология и сертификация : Учебник для студ. вузов / И.М. Лифиц .— 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Юрайт, 2004 .— 330 с. : ил. — Библиогр.: с. 328-330 .— ISBN 5-94879-125-4. |
| 2 | Мурашкина, Татьяна Ивановна. Техника физического эксперимента и метрология : [учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлениям подготовки "Лазерная техника и лазерные технологии", "Приборостроение"] / Т.И. Мурашкина .— Санкт-Петербург : Политехника, 2015 .— 137, [1] с. : ил., табл. — (Учебное пособие для вузов) .— Библиогр.: с.137-[138] .— ISBN 978-5-7325-1051-5. [Детальная информация] |

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

| № п/п | Ресурс |
|-------|--|
| 1. | www.lib.vsu.ru - ЗНБ ВГУ |
| 2. | |
| 3. | |

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

| № п/п | Источник |
|-------|----------|
| | |
| | |

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины используются активные и интерактивные методы и технологии профессионального обучения.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Оборудование лаборатория электро-физических измерений свойств полупроводниковых материалов.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Компетенция(и) | Индикатор(ы) достижения компетенции | Оценочные средства |
|-------|---|----------------|--|---------------------------|
| 1. | Метрология и ее место среди других наук Физические величины (ФВ) как объект метрологии Качество измерений и способы его достижения Средства измерения (СИ): классы и модели Погрешности измерений Обеспечение единства измерений | ПКВ-4 ПКВ-7 | ПКВ-4.1 ПКВ-4.2 ПКВ-4.3 ПКВ-7.1 | Опрос |
| 2. | Электромеханические измерительные приборы Преобразователи измеряемых величин Измерение электрических величин Регистрирующие приборы Цифровые измерительные приборы (ЦИП) Измерение магнитных величин. Преобразователи перемещений (ПП) Измерения механических величин (сил и параметров движения). Измерение температуры и света | ПКВ-4 ПКВ-7 | ПКВ-4.1 ПКВ-4.2 ПКВ-4.3 ПКВ-7.1 | Опрос |
| 3. | Классификация погрешностей по: форме представления, причине возникновения, характеру проявления, способу измерения. Обработка и формы представления результатов измерений, оценка их погрешностей на основе эксперимента. | ПКВ-4 ПКВ-7 | ПКВ-4.1 ПКВ-4.2 ПКВ-4.3 ПКВ-7.1 | Опрос |
| 4 | Электромеханические измерительные приборы Преобразователи измеряемых величин Измерение электрических величин Регистрирующие приборы Цифровые измерительные приборы (ЦИП) Измерение магнитных | ПКВ-4 ПКВ-7 | ПКВ-4.1 ПКВ-4.2 ПКВ-4.3 ПКВ-7.1 | Реферат по выбранной теме |

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Компетенция(и) | Индикатор(ы) достижения компетенции | Оценочные средства |
|--|---|----------------|--|-------------------------------|
| | величин. Преобразователи перемещений (ПП) Измерения механических величин (сил и параметров движения). Измерение температуры и света | | | |
| 5 | Измерение электрических величин | ПКВ-4 ПКВ-7 | ПКВ-4.1 ПКВ-4.2 ПКВ-4.3 ПКВ-7.1 | Лабораторные работы |
| Промежуточная аттестация форма контроля - зачет | | | | Комплект КИМ Собеседование |

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Устный опрос по пройденному материалу.

Реферат

Перечень тем рефератов

1. Эталоны основных единиц физических величин
2. Тепловизоры. Назначение и область применения
3. Штрихкод
4. Государственный реестр средств измерений
5. Сертификация услуг и систем качества.
6. Виртуальные приборы
7. Международная организация по стандартизации ISO
8. Сертификация продукции
9. Хроматографы
10. Методы и средства измерений напряжения в высоковольтных электрических сетях
11. Средства измерений тепловой мощности и энергии
12. Средства измерений твердости металлов
13. Электрические средства измерений длины
14. Термоэлектрические термометры
15. Средства измерений водородного показателя (рН – метры)
16. Электромагнитные расходомеры
17. Меры электрических величин
18. Анемометры
19. Оптико-механические средства измерений длины, кроме измерительных микроскопов
20. Плотномеры жидкостей
21. Фотоэлектродориметры

| Критерии оценивания компетенций | Уровень сформированности компетенций | Шкала оценок |
|---|--------------------------------------|--------------|
| Реферат написан, в беседе со студентом прослеживается понимание им тематики дисциплины. | Повышенный уровень | Зачтено |
| Во всех остальных случаях. | – | Незачтено |

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование

Перечень контрольных вопросов

1. Основные метрологические понятия и термины. Определения понятий: свойство, величина, количество, качество. Меры свойств окружающего мира. Алгебра размерностей. Экспериментальные и аналитические отношения эквивалентности и предпочтения. Виды шкал и их математические модели.
2. Магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, электростатические, индукционные измерительные приборы. Электромагнитный логометр
3. Значение, размер, размерность и символы Физических величин (ФВ). Классификация ФВ на размерные и безразмерные, аддитивные и неаддитивные, экстенсивные и интенсивные, скалярные, векторные. тензорные. Системы единиц ФВ. Международная система единиц (SI). Математические модели величин.
4. Назначение преобразователей. Виды преобразователей. Шунты. Делители напряжения. Трансформаторы тока, трансформаторы напряжения. Выпрямители. Электронно-лучевой осциллограф .
5. Виды измерений. Принципы измерения: применение эффектов Джозефсона, Пельтье, Доплера. Схемы и процедуры взаимодействия среды измерения и объекта измерения. Понятие о точности измерения. Основное уравнение измерения. Методы измерений и их классификация. Методики выполнения измерений.
6. Измерение мощности активной. Измерение мощности реактивной. Измерение частоты
7. Математические модели формирования результата измерения количественной величины. Алгоритм определения характеристик результата измерения. Математические модели прямого и косвенного измерения. Методы обработки однократных и многократных измерений постоянной величины. Эффект квантования.
8. Дифференциальное измерение. Измерение тока и напряжения. Измерение сдвига фаз.
9. Классификация погрешностей по: форме представления, причине возникновения, характеру проявления, способу измерения. Основные понятия теории случайных погрешностей. Алгоритмы определения погрешности результата измерения.
10. Преобразователи информации. Регистрирующие органы. Преобразовательные устройства сравнения. Приборы для регистрации (РП)

11. Обработка и формы представления результатов измерений, оценка их погрешностей на основе эксперимента. Условия единства измерений относительно случайной погрешности. Погрешность измерения и принцип неопределенности Гейзенберга.
12. Технология цифровых измерений. Понятие «компьютерное измерение». Преобразование величины в число. Погрешности. Устройства цифрового измерения. Аналого-цифровое преобразование. Погрешности АЦП. Цифровой регистратор электрических событий "РЭС"
13. Понятие метрологического обеспечения. Разделение средств измерения по метрологическому обеспечению. Организационные, научные и методические основы метрологического обеспечения. Нормативно-правовые документы, регламентирующие метрологическую деятельность. Виды метрологической деятельности.
14. Измерение магнитного потока, магнитной индукции, характеристик магнитных материалов. Измерение характеристик магнитных материалов. Преобразователи перемещений (ПП): резистивные, индуктивные трансформаторные, индукционные, струнный
15. Принципы метрологического синтеза. Алгоритмы построения средств измерительного контроля. Выбор точности. Принципы: инверсии, единства баз, Тейлора, Аббе. Возможности и методы сопряжения средств измерительного контроля и управления технологическими процессами.
16. Измерение силы, момента, ускорения, скорости, перемещения, измерение момента сил. Термопара. Термосопротивление. Пирометр. Фотодиод. Электромагнитное измерение механического напряжения и температуры

Шкала и критерии оценивания

| Критерии оценивания компетенций | Уровень сформированности компетенций | Шкала оценок |
|--|--------------------------------------|--------------|
| Основной материал усвоен, в ответе прослеживается логическая последовательность между отдельными частями усвоенного материала, однако возможно наличие пробелов в отдельных разделах, неточности некоторых формулировок и определений. | Повышенный уровень | Зачтено |
| Во всех остальных случаях. | – | Незачтено |

20.3 Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ:

ПКВ-4.1 Осуществляет контроль правильности эксплуатации технологического оборудования и оснастки на производстве изделий микроэлектроники

ПКВ-4.2 Выявляет причины брака и приближения параметров к предельно допустимым при изготовлении изделий микроэлектроники

ПКВ-4.3 Готовит предложения по повышению точности технологических операций, предупреждению и устранению брака при изготовлении изделий микроэлектроники

ПКВ-7.1 Выбирает необходимые параметры технологических процессов производства изделий микроэлектроники

Умеет анализировать режимы работы технологического оборудования на производстве изделий микроэлектроники.

Умеет выявлять причины потери точности технологического оборудования.

Знает документацию, методы и правила в области обработки экспериментальных данных, оценки точности измерений и нормирования точности параметров прикладного математического и наукоемкого информационного обеспечения производственно-технической деятельности, направленной на моделирование процессов и объектов предприятия микроэлектроники.

Перечень заданий для оценки сформированности компетенций

1. Закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности)

1. Укажите виды измерений, при которых определяются фактические значения нескольких одноименных величин, а значение искомой величины находят решением системы уравнений:

- а) **совокупные;**
- б) сравнительные
- в) дифференциальные;
- г) прямые;

2. Как называется совокупность операций, выполняемых для определения количественного значения величины:

- а) калибровка;
- б) величина;
- в) значение величин;
- г) **измерение;**

3. Обнаружение — это:

- а) свойство измеряемого объекта, общее в количественном отношении для всех одноименных объектов, но индивидуальное в количественном;
- б) **установление качественных характеристик искомой физической величины;**
- в) сравнение неизвестной величины с известной и выражение первой через вторую в кратном или дольном отношении;

4. Укажите виды измерений по количеству измерительной информации (может быть несколько ответов):

- а) **однократные;**
- б) динамические;
- в) косвенные;
- г) **многократные;**

5. Укажите вид измерений, при которых число измерений равняется числу измеряемых величин:

- а) **однократные;**
- б) относительные
- в) прямые
- г) абсолютные;

6. Укажите виды измерений по отношению к основным единицам (может быть несколько вариантов ответа):

- а) динамические
- б) **абсолютные**
- в) косвенные
- г) **относительные**

7. При каких видах измерений искомое значение величины получают непосредственно от средства измерений:

- а) при динамических;
- б) при косвенных;
- в) при прямых;**
- г) при многократных;

8. Статические измерения – это измерения:

- а) проводимые в условиях стационара
- б) искомое значение физической величины определяют непосредственно путем сравнения с мерой этой величины
- в) проводимые при постоянстве измеряемой величины**
- г) "1"+"2"

9. Динамические измерения – это измерения:

- а) проводимые в условиях передвижных лабораторий
- б) изменяющейся во времени физической величины, которые представляется совокупностью ее значений с указанием моментов времени, которым соответствуют эти значения
- в) значение измеряемой величины определяется непосредственно по массе гирь последовательно устанавливаемых на весы**
- г) связанные с определением сил, действующих на пробу или внутри пробы

10. Косвенные измерения - это такие измерения, при которых:

- а) применяется метод наиболее быстрого определения измеряемой величины
- б) искомое значение величины определяют на основании результатов прямых измерений других физических величин, связанных с искомой известной функциональной зависимостью**
- в) искомое значение величины определяют по результатам измерений нескольких физических величин

11. Прямые измерения это такие измерения, при которых:

- а) искомое значение величины определяют на основании результатов прямых измерений других физических величин, связанных с искомой известной функциональной зависимостью
- б) искомое значение физической величины определяют непосредственно путем сравнения с мерой этой величины**
- в) применяется метод наиболее точного определения измеряемой величины

12. Как называется количественная характеристика физической величины:

- а) размер;**
- б) величина;
- в) единица физической величины;
- г) значение физической величины;

13. Укажите средства поверки технических устройств:

- а) измерительные системы;
- б) калибры;
- в) эталоны**
- г) измерительные установки;

2. Открытые задания (повышенный уровень сложности)

1. Что такое нормирование погрешностей?

Ответ: Нормированием погрешностей средств измерений называют процедуру назначения допустимых границ основной и дополнительных погрешностей, а также выбор формы указания этих границ в нормативно-технической документации.

2. Дайте определение классу точности средства измерений

Ответ: Класс точности средства измерений — это его характеристика, отражающая точностные возможности средств измерений данного типа.

3. **Что такое доверительный интервал?**

Ответ: Доверительным интервалом $\pm \Delta_{\Gamma}$ называют интервал, который с заданной вероятностью, называемой доверительной вероятностью $P_{\text{д}}$ покрывает истинное значение измеряемой величины.

4. **Какие погрешности измерений называются методическими.**

Ответ: Методическими называются погрешности, которые возникают из-за неудачного выбора экспериментатором средства измерения для решения поставленной задачи. Они не могут быть приписаны средству измерения и приведены в его паспорте.

5. Что означает надпись на шкале прибора - 2,5

Ответ: 2,5 означает, что для этого прибора основная погрешность задана в виде приведенной погрешности γ , и она равна $\pm 2,5\%$ в любой точке шкалы прибора.

6. Что означает надпись на шкале прибора $\textcircled{1,5}$

Ответ: $\textcircled{1,5}$ - означает, что для этого прибора основная погрешность задана в виде относительной погрешности

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{x_{\text{д}}} 100\%,$$

3. Открытые задания (мини-кейсы, средний уровень сложности)

Комментарий: поскольку мини-кейсы предполагают свободные ответы обучающихся, допускаются в ответах поясняющие графики.

⋮

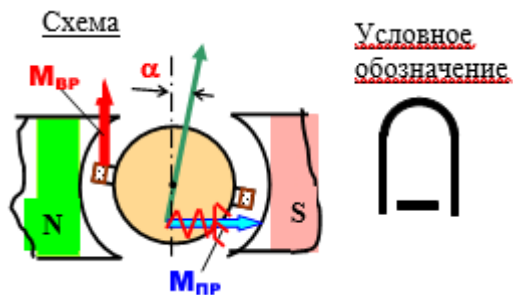
1. Опишите принцип действия измерительного преобразователя.

Ответ: Измерительная цепь преобразует измеряемую величину (например, напряжение) в величину, создающую вращающий момент (например, ток). При этом измерительный механизм преобразует этот ток в момент вращающийся, зависящий от измеряемой величины, поворачивающий указатель (стрелку, луч света).

2. Дайте определение и опишите принцип работы магнитоэлектрического измерительного механизма.

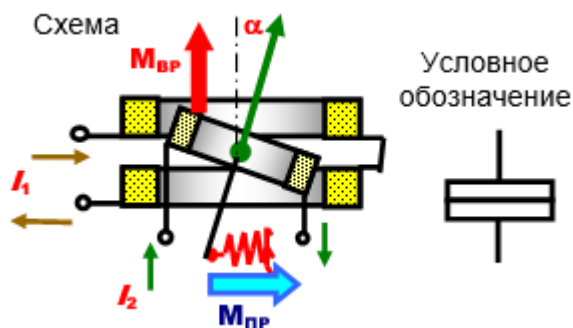
Ответ: Назначение магнитоэлектрического измерительного механизма – точное измерение постоянных величин. Принцип действия – рамка с током отклоняется моментом сил

взаимодействия измеряемого тока и магнитного потока. Момент противодействующий создается пружиной.



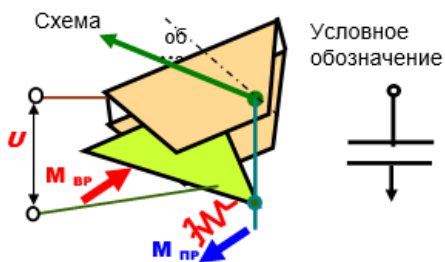
3. Дайте определение и опишите принцип работы электродинамического измерительного механизма.

Ответ: Назначение электродинамического измерительного механизма – измерение постоянных и переменных величин. Принцип действия – вращающий момент обусловлен силами взаимодействия тока подвижной катушки с током неподвижной. Момент противодействия создает пружина.



4. Дайте определение и опишите принцип работы электростатического измерительного механизма.

Ответ: Назначение электростатического измерительного механизма – измерение напряжения постоянного и переменного. Принцип действия вращающий момент обусловлен электрическим полем, созданным между электродами измеряемым напряжением. Момент противодействия – пружины. Равномерную шкалу получают выбором формы электродов.



ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника
шифр и наименование направления/специальности

Дисциплина: Б1.В.03 Метрология, стандартизация и технические измерения
код и наименование дисциплины

Профиль подготовки: Интегральная электроника и нанoeлектроника
в соответствии с Учебным планом

Форма обучения: очная

Учебный год: 2021-2022

Ответственный исполнитель -

| | | | |
|----------------------------|---------|----------------------|------------|
| <u>Зав.кафедрой ФТТиНС</u> | _____ | <u>(П.В.Середин)</u> | 01.09.2022 |
| должность, подразделение | подпись | расшифровка подписи | |

Исполнители:

| | | | |
|---------------------------|---------|-----------------------|-------------|
| <u>Доцент каф. ФТТиНС</u> | _____ | <u>(П.В. Середин)</u> | 01.09.2022 |
| должность, подразделение | подпись | расшифровка подписи | |
| _____ | _____ | _____ | ___.__ 20__ |
| должность, подразделение | подпись | расшифровка подписи | |

СОГЛАСОВАНО:

| | | | |
|--|---------|--------------------------|------------|
| Куратор ООП ВО направления 11.03.04 | _____ | <u>(Г.В. Быкадорова)</u> | 01.09.2022 |
| | подпись | расшифровка подписи | |

| | | | |
|---------------------------------|---------|--------------------------|-------------|
| Зав.отделом обслуживания ЗНБ | _____ | <u>(Н.В. Белодедова)</u> | 201.09.2022 |
| | подпись | расшифровка подписи | |

Рекомендована НМС физического факультета, протокол № 5 от 01.09.2020
(наименование факультета, структурного подразделения)