

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
 ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

УТВЕРЖДАЮ
 Первый проректор, проректор по учебной
 работе

_____ А.Е. Рудин

«30» июня 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.18	Физические основы измерений и эталоны
(Индекс дисциплины)	(Наименование дисциплины)
Кафедра: 52	Физики
Код	Наименование кафедры
Направление подготовки:	27.03.01 Стандартизация и метрология
Профиль подготовки:	Стандартизация и сертификация
Уровень образования:	Бакалавриат

План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	144		
	Аудиторные занятия	68		
	Лекции	34		
	Лабораторные занятия			
	Практические занятия	34		
	Самостоятельная работа	40		
	Промежуточная аттестация	36		
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен	4		
	Зачет			
	Контрольная работа	4		
	Курсовой проект (работа)			
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		4		

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Очная				4								
Очно-заочная												
Заочная												

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению 27.03.01 Стандартизация и метрология

на основании учебных планов № 1/1/142-1

1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая Обязательная Дополнительно является факультативом
Вариативная По выбору

1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области применения физических методов измерений, анализа полученных результатов и корректной оценки их погрешностей

1.3. Задачи дисциплины

- Рассмотреть основные методы измерения физических величин.
- Раскрыть причины возникновения погрешностей измерения и способы их оценки.
- Показать особенности физических методов измерения на разных уровнях организации матери

1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ПК-3	Способностью выполнять работы по метрологическому обеспечению и техническому контролю, использовать современные методы измерений, контроля, испытаний и управления качеством	Первый
Планируемые результаты обучения Знать: 1) Основные законы и физические явления, лежащие в основе современной метрологии 2) Принципы создания современной эталонной базы на основе фундаментальных постоянных 3) Фундаментальные источники погрешностей измерений и фундаментальные пределы точности измерений Уметь: 1) Использовать современные методы измерений 2) Оптимизировать измерительный процесс с использованием методов моделирования Владеть: 1) Навыками анализа современных разработок в области квантовой метрологии		

1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

- Математика (ПК-3)
- Физика (ПК-3)

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Учебный модуль 1. Классические измерительные системы			
Тема 1. Теория подобия, преобразования подобия, критерии подобия, подобные системы	10		
Тема 2. Теория размерностей. Определение числа независимых критериев подобия для n размерных величин. П теорема – основная теорема теории подобия	10		
Тема 3. Теория флуктуаций. Флуктуации основных макропараметров	10		

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
состояния. Флуктуации и шумы в измерительных системах. Основные виды шумов: тепловой и дробовой шум.			
Текущий контроль 1. Контрольная работа	4		
Учебный модуль 2. Макроскопические квантовые эффекты			
Тема 4. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Спектроскопия. Причины уширения спектральных линий.	10		
Тема 5. Эффект Зеемана. Электронный парамагнитный резонанс, Ядерный магнитный резонанс.	10		
Тема 6. Сверхпроводимость. Сверхсильные магнитные поля.	10		
Тема 7. Квантовый эффект Холла. Эффект Джозефсона.	10		
Текущий контроль 2. Опрос	2		
Учебный модуль 3. Квантовая Метрология			
Тема 8. Эталон секунды. Квантовые часы. Измерение времени.	10		
Тема 9. Эталон метра. Измерение длины.	10		
Тема 10. Квантовые эталоны электрических величин.	10		
Текущий контроль 3. Опрос	2		
Промежуточная аттестация по дисциплине: экзамен	36		
ВСЕГО:	144		

3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

3.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	4	4				
2	4	4				
3	4	3				
4	4	2				
5	4	4				
6	4	3				
7	4	4				
8	4	3				
9	4	3				
10	4	4				
ВСЕГО:		34				

3.2. Практические и семинарские занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	Применение метода теории подобия к различным физическим системам. Числа Рейнольдса, Ньютона, Фруда	4	4				
2	Получение аналитических зависимостей с помощью анализа размерностей. Приведение зависимостей между размерными величинами к зависимостям между безразмерными критериями подобия	4	4				
3	Вычисление средне-квадратичных флуктуаций основных макропараметров	4	4				

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
	состояния: температуры, давления, объема, внутренней энергии, концентрации. Вычисление величин флуктуация в электрических цепях для напряжения, тока, сопротивления						
4	Вычисление ширины спектральных линий на основе соотношения неопределенностей. Вычисление величины теплового уширения спектральных линий.	4	3				
5	Вычисление величины расщепления спектральных линий в магнитном поле на основе эффекта Зеемана	4	3				
6	Оценка величины связи электронов в куперовской паре. Квантование магнитного потока. Вычисление величины кванта магнитного потока.	4	3				
7	Квантование сопротивления. Вычисление величины кванта сопротивления. Связь между напряжением на контакте Джозефсона и частотой излучения	4	3				
8	Эталон секунды. Оценка точности измерения времени квантовыми часами. Принцип действия системы ГЛОНАС	4	4				
9	Измерение расстояний и размеров тел интерференционным методом. Оценка точности измерения.	4	3				
10	Новая система электрических единиц. Выражение кванта сопротивления и через фундаментальные	4	3				
ВСЕГО:			34				

4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

НЕ ПРЕДУСМОТРЕНО

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1	Контрольная работа	4	1				
2, 3	Опрос	4	2				

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	4	30				

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Подготовка к практическим занятиям	4	5				
Подготовка к контрольной работе	4	5				
Подготовка к экзамену	4	36				
ВСЕГО:		76				

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Наименование видов учебных занятий	Используемые инновационные формы	Объем занятий в инновационных формах (часы)		
		очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Лекции	Лекция – диалог, разбор конкретных ситуаций	3		
Практические и семинарские занятия	Поиск вариантов решений задач, опрос, соревнование малых групп обучающихся, обсуждение домашнего задания, взаимное обучение	9		
ВСЕГО:		12		

7.2. Балльно-рейтинговая система оценивания успеваемости и достижений обучающихся

Перечень и параметры оценивания видов деятельности обучающегося

№ п/п	Вид деятельности обучающегося	Весовой коэффициент значимости, %	Критерии (условия) начисления баллов
1	Аудиторная активность: посещение лекций, и практических занятий. Проведение опроса	20	2 балла за посещение каждого занятия (всего 34 занятия в семестре), максимум 68 баллов; 4 балла за каждый правильный ответ при опросе (не менее 4 вопросов, 2 опроса в семестр), максимум 32 балла
2	Подготовка и представление домашнего задания и контрольной работы	30	10 баллов за домашнее задание (всего 5 домашних заданий в семестре), максимум 50 баллов; 50 баллов за качество выполнения и защиту контрольной работы (рисунок, применение нужного закона в задаче, верные расчеты, выводы). 1 контрольная в семестр, максимум 50 баллов.
3	Сдача экзамена	50	Ответ на теоретический вопрос (полнота владения терминологией, затраченное время) – до 30 баллов за вопрос (всего 2 вопроса) – максимум 60 баллов; Решение практического задания – до 40 баллов за каждое задание (всего 1 задание), максимум 40 баллов.
Итого (%):		100	

Перевод балльной шкалы в традиционную систему оценивания

Баллы	Оценка по нормативной шкале	
86 - 100	5 (отлично)	Зачтено
75 – 85	4 (хорошо)	
61 – 74		

51 - 60	3 (удовлетворительно)	
40 – 50		
17 – 39	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено
1 – 16		
0		

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том I. Механика [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Сивухин Д.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014.— 560 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/25013>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том II. Термодинамика и молекулярная физика [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Сивухин Д.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014.— 544 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/25014>.— ЭБС «IPRbooks»,
3. Буркова Л.А. Квантовая механика [Учебное пособие] / СПб.: СПГУТД, 2011. — Режим доступа: <http://www.publish.sutd.ru>
4. Буркова Л. А. Физические основы измерений и эталоны [Учебное пособие] /СПб.: СПГУТД, 2015. — Режим доступа: <http://www.publish.sutd.ru>

б) дополнительная учебная литература

1. Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике [Электронный ресурс]/ Иродов И.Е.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.— 215 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6550>.— ЭБС «IPRbooks»

8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Жигальский Г.П. Флуктуации и шумы в электронных твердотельных приборах [Электронный ресурс]/ Жигальский Г.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012.— 512 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24494>.— ЭБС «IPRbooks»

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. URL:<http://window.edu.ru/>.
2. Учебно-образовательная физико-математическая библиотека [Электронный ресурс]. URL:<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm/>
3. Физический информационный портал. [Электронный ресурс]. URL:<http://phys-portal.ru/>
4. Электронно-библиотечная система IPRbooks. URL:<http://iprbookshop.ru/>.
5. Электронная библиотека учебных изданий СПбГУПТД. URL:<http://publish.sutd.ru/>.

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

1. Windows 10,
2. OfficeStd.

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Лекционные демонстрации
2. Мультимедийный проектор
3. Компьютеры

8.6. Иные сведения и (или) материалы

Не предусмотрены

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	Лекции обеспечивают теоретическое изучение дисциплины. На лекции излагается основное содержание курса, иллюстрируемое конкретными примерами, создаются физические модели процессов, изучаются квантовые эффекты, лежащие в основе современной метрологии
Практические занятия	На практических занятиях обсуждаются возможности применения физических теорий и экспериментов при создании современных средств измерений и новой эталонной базы. Студенты решают типовые задачи, обучаются использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности
Самостоятельная работа	Данный вид работы предполагает расширение и закрепление знаний, умений и навыков, полученных на аудиторных занятиях, путем самостоятельной проработке учебно-методического материала

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции / этап освоения	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ПК-3	1. Формулировать и интерпретировать основные физические законы, лежащие в основе современных измерительных методов, объяснять фундаментальные причины возникновения погрешностей измерения 2. Решать типовые физические задачи с применением методов моделирования, оценивать величины шумовых сигналов в измерительных системах 3. Может объяснить взаимосвязь макроскопических квантовых эффектов с эталонами основных физических величин	1. Устное собеседование 2. Практическое типовое задание	1. Перечень вопросов к экзамену (30 вопросов) 2. Практические типовые задания (15 задач)

10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

Критерии оценивания сформированности компетенций

Баллы	Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций	
		Устное собеседование	Письменная работа
86 - 100	5 (отлично)	Обучающийся показывает всестороннее и глубокое знание физических принципов, лежащих в основе измерений различных физических величин; свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях; усвоил основную и знаком с дополнительной литературой; показывает навыки творческого применения полученных знаний к решению конкретных задач, связанных с последующей профессиональной деятельностью.	Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Умеет применять математический аппарат для реализации плана решения задачи и, если это необходимо, может представить его графически. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.

75 – 85	4 (хорошо)	Обучающийся показывает знания учебного материала в минимальном объеме; может сформулировать физические законы, понятия и определения, лежащие в основе измерений, но при этом, допуская большое количество непринципиальных ошибок; знаком с основной литературой; допускает существенные ошибки в ответе на экзамене, но может устранить их под руководством преподавателя	Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Допускает незначительные погрешности при применении математического аппарата для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.
61 – 74		То же самое, но для исправления допущенных ошибок обучающемуся требуется больше времени	То же самое, но для выполнения работы обучающемуся требуется больше времени
51 - 60	3 (удовлетворительно)	Обучающийся показывает знания учебного материала в минимальном объеме; может сформулировать законы, лежащие в основе физических измерений, но при этом, допуская большое количество непринципиальных ошибок; знаком с основной литературой; допускает существенные ошибки в ответе на экзамене, но может устранить их под руководством преподавателя.	Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере с помощью математического аппарата реализовать ее решение. Знает размерности физических величин, может сделать рисунок или схему, поясняющую решение задачи
40 – 50		То же самое, но для исправления допущенных ошибок обучающемуся требуется больше времени	То же самое, но для выполнения работы обучающемуся требуется больше времени
17 – 39		Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; не может установить связь между методом измерения и физическим законом, лежащим в его основе, плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой, допускает существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя	Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать физические законы и плохо ориентируется в физических величинах, не владеет математическим аппаратом.
1 – 16	2 (неудовлетворительно)	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; не может описать основные методы измерений, сформулировать физические законы, на которых эти методы основаны, не понимает поставленные вопросы, не ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на экзамене существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя.	Обучающийся демонстрирует непонимание условия задачи, не может выбрать физические законы в соответствие с ее темой, плохо ориентируется в физических величинах, не владеет математическим аппаратом.
0		Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользование подсказкой другого человека.	Представление чужой работы, отказ от выполнения задания

10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

10.2.1. Перечень вопросов (тестовых заданий), разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Подобные преобразования. Критерии подобия. Индикаторы подобия.	1
2	Основные кинематические и динамические подобия	1
3	Центробежное моделирование. Изменение масштаба времени	1
4.	Моделирование движения в вязкой среде. Число Рейнольдса	1
5	Теория размерностей. Единицы измерения физических величин в системе СИ	2

6	Применение теории размерностей для получения аналитических закономерностей	2
7	Число независимых критериев подобия для N размерных величин	2
8	Основная теорема теории подобия. П теорема	2
9	Использование П теоремы для получения критериев подобия	2
10	Флуктуации. Среднеквадратичная флуктуация. Распределение Гаусса для величин флуктуаций	3
11	Флуктуации основных параметров состояния системы	3
12	Тепловой шум в механических системах	3
13	Тепловой шум в электрических цепях	3
14	Дробовой шум. Усиление и измерение слабых электрических сигналов	3
15	Дробовой шум. Усиление и измерение слабых световых сигналов. Фотоумножитель	3
16	Ионизационные камеры и счетчики	3
17	Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Фундаментальный предел точности измерений	4
18	Принцип суперпозиции. Измерения в квантовой механике	4
19	Классификация электронных состояний. Магнитный момент атома.	5
20	Эффект Зеемана	5
21	Спектроскопия. Ширина спектральных линий	6
22	Виды спектроскопии. ИК-, УФ-, ЭПР, ЯМР спектроскопия	6
23	Сверхпроводимость	7
24	Квантование магнитного потока	7
25	Сверхсильные магнитные поля	7
26	Квантовый эффект Холла	8
27	Эффект Джозефсона	9
28	Измерение времени Квантовые часы. Эталон секунды	10
29	Измерение длины. Эталон метра	10
30	Эталоны электрических единиц. Измерение напряжения и сопротивления ¹	10

10.2.2. Вариант тестовых заданий, разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка задания	Ответ
1	Моделирование центральной силы тяжести. Установить с помощью теории подобия третий закон Кеплера, то есть определить, как соотносятся радиусы орбит двух планет и периоды их обращения вокруг звезды. Применить полученное соотношение к вычислению радиуса круговой орбиты стационарного спутника Земли, который остается неподвижным относительно ее поверхности	11000 км
2	Центробежное моделирование. Пусть к натурному объекту должна быть приложена сила 2000 кН. Какую силу нужно приложить к модели, проходящей испытание в центрифуге с ускорением 100 g, для получения того же эффекта при испытании изделия на прочность.	200 Н
3	Моделирование при движении зарядов в магнитном поле. Используя методы теории подобия найти, как относятся радиусы траекторий двух ионов в зависимости от их удельных зарядов.	$(R_1/R_2)^2 = (q_1/m_1)/(q_2/m_2)$
4	Моделирование силы лобового сопротивления. Используя методы теории подобия, определить, как зависит сила лобового сопротивления от скорости движения тела и его линейных размеров	$F = CV^2L^2$
5	Используя метод анализа размерностей найти скорость распространения волн на свободной поверхности жидкости, считая, что скорость зависит от плотности жидкости, длина волны и ускорения свободного падения	$V = \sqrt{\lambda g}$
6	Используя метод анализа размерностей найти силу вязкого трения, которая зависит от динамической вязкости жидкости, скорости движения тела и его линейных размеров	$F = C\eta VL$
7	С какой скоростью нужно вращать центрифугу с ускорением 100 g для того, чтобы вес космонавта увеличился в 10 раз.	2 об/с
8	Используя П теорему найти выражение для силы вязкого трения, действующую на тело с линейным размером L, движущимся со скоростью V в жидкости с кинематической вязкостью μ , составленное из безразмерных комплексов	$F/\rho L^2 V^2 = f(VL/\mu, V^2/Lg)$
9	Выразить Планковские единицы длины, массы и времени через фундаментальные постоянные: постоянную Планка, универсальную гравитационную постоянную и скорость света	$L = 10^{-35} \text{ м}$ $m = 10^{-6} \text{ г}$ $t = 10^{-44} \text{ с}$
10	Используя П теорему получить выражение, составленное из безразмерных комплексов, для падения давления вдоль горизонтальной цилиндрической трубы, считая что оно зависит от плотности жидкости, скорости движения, ее динамической вязкости, длины трубы и ее диаметра.	$\Delta p/\rho V^2 = f(\eta/\rho VD, L/D)$
11	Найти безразмерную форму решения для подъемной силы вертолета, если она зависит от плотности жидкости, диаметра пропеллера, угловой скорости его вращения и скорости движения вертолета	$F/\rho \omega^2 d^4 = f(V/\omega d)$
12	Упругие свойства шара можно характеризовать величиной отпечатка, который он оставляет на стенке при падении на нее. Выразить величину отпечатка через	$d/D = f(E/V^2 \rho, gD/V^2)$

	безразмерные комплексы, считая что она зависит от скорости падения шара, его диаметра, плотности материала и его модуля Юнга	
13	Используя теорему Найквиста, вычислить мощность шумового генератора, находящегося в тепловом равновесии с окружающей средой при температуре 300 К, если ширина полосы пропускания составляет 10 МГц	$1.5 \cdot 10^{-10}$ Вт
14	Найти отношение полезного сигнала к шуму при измерении напряжения 100 мкВ, если при измерении используется конденсатор емкостью 30 пФ. Измерение проводится при комнатной температуре	10
15	Сравнить величины дробового шума при измерении тока в 1 А за 1 с и измерении тока в 16 нА за время 1 пс	10^{-10} А $1.6 \cdot 10^{-9}$ А

10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций

10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче (экзамена, зачета и / или защите курсовой работы) и порядок ликвидации академической задолженности

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся (принято на заседании Ученого совета)

10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

устная письменная компьютерное тестирование иная*

*В случае указания формы «Иная» требуется дать подробное пояснение

10.3.3. Особенности проведения (экзамена, зачета и / или защиты курсовой работы)

- Возможность пользоваться справочными таблицами, калькулятором;
- Время на подготовку ответа по билету 45 минут.