Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Кубанский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе, качеству образования – первый проректор
_____ Иванов А.Г.
подпись
«01» 02 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.17 «ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ЭТАЛОНЫ»

Направление подготовки - 27.03.01 Стандартизация и метрология

Направленность – Метрология, стандартизация и сертификация

Форма обучения - очная

Краснодар 2016

Рабочая программа дисциплины «Физические основы измерений и эталоны» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 27.03.01 Стандартизация и метрология (утвержден приказом Минобрнауки РФ от 06.03.2015 №168)

Программу составил:
Н.Н. Буков, заведующий кафедрой общей, неорганической химии и информационно-вычислительных технологий в химии,
доктор химических наук, профессор

Рабочая программа дисциплины «Физические основы измерений и эталоны» утверждена на заседании кафедры общей, неорганической химии и информационно-вычислительных технологий в химии
протокол № 8 от 22 апреля 2016 г.
Заведующий кафедрой Буков Н.Н.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры аналитической химии
Протокол №7 от 26 апреля 2016 г.
Заведующий кафедрой Темердашев З.А.

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий
протокол № 1 от 26 апреля 2016 г.
Председатель УМК факультета Стороженко Т.П.

Рецензенты:
Н.Н. Петров, генеральный директор ООО «Интеллектуальные композиционные решения», канд. хим. наук.

В.А. Исаев, профессор кафедры физики и информационных систем КубГУ, д-р физ.-мат. наук, доцент

1 Цели и задачи изучения дисциплины «Физические основы измерений и эталоны»

.

1.1 Цель дисциплины

Целью изучения дисциплины «Физические основы измерений и эталоны» является ознакомление студентов с физическими основами процесса измерения и системой воспроизведения единиц физических величин и передачи размера средствам измерений, способам оценки точности (неопределенности) измерений

1.2 Задачи дисциплины «Физические основы измерений и эталоны»:

- изучение закономерностей измерений;
- методов теории подобия и размерностей;
- типовых измерительных систем;
- элементов современной физической картины мира;
- проблем физико-технического обеспечения инженерных решений проблем измерений;
- физических принципов создания современной эталонной базы с использованием различных физических явлений.
- подготовка к выполнению и защите экспериментальных квалификационных работ.

Изучение отдельных разделов курса основано на материале, излагаемом в курсе физики, высшей математики, химии.

В результате изучения данной дисциплины студенты должны

1) **иметь представление:**
- о принципах построения современной эталонной базы;
- о принципах и методах измерений;
- о современной физической картине мира.

2) знать и уметь использовать:
- классификацию измерений;
- физические явления, положенные в основу создания эталонной базы;
- методы теории подобия и анализа размерностей;

3) иметь опыт:
- проведения измерения основных физических величин.

1.3 Место дисциплины «Физические основы измерений и эталоны» в структуре образовательной программы

Данная дисциплина является обязательной дисциплиной базовой части блока 1 учебного плана направления обучения 27.03.01 – Стандартизация и метрология, направленность – Метрология, стандартизация и сертификация. Знания, приобретенные при освоении курса, могут быть использованы при решении различных измерительных и экспериментальных задач общеобразовательных и специальных курсов.

Навыки и знания, приобретенные студентами при изучении дисциплины «Физические основы измерений и эталоны», способствуют успешному

усвоению материала при изучении последующих дисциплин "Автоматизация измерений", "Методы и средства измерений и контроля".

Для освоения данной дисциплины необходимы знания по дисциплинам «Физика», «Математика».

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Физические основы измерений и эталоны», соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся профессиональной компетенции ОК-1, ПК-20:

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	**уметь**	**владеть**
1	ОК-1	способность использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции	Философские основы современной физической картины мира	Использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции	Основами философских знаний для формирования мировоззренческой позиции
2	ПК-20	способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов, составлять описания проводимых исследований и подготавливать данные для составления научных обзоров и публикаций	Научные основы общей теории измерений	Проводить измерительный эксперимент, использовать методики оценки погрешностей измерений и статистической обработки полученных данных	Методологией измерительного эксперимента, оценкой его погрешности и способностью использования результатов измерения

2. Структура и содержание дисциплины «Физические основы измерений и эталоны»

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины «Физические основы измерений и эталоны» по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач.ед. (180 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры			
			1			
Контактная работа, в том числе		**78,3**	**78,3**			
Аудиторные занятия (всего)		72	72			
Занятия лекционного типа		36	36			
Лабораторные занятия		36	36			
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		-	-			
Иная контактная работа:		**6,3**	**6,3**			
Контроль самостоятельной работы (КСР)		6	6			
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,3	0,3			
Самостоятельная работа, в том числе:		66	66			
Курсовая работа		-	-			
Проработка учебного материала		66	66			
Выполнение индивидуальных заданий		-	-			
Реферат		-	-			
Контроль		**35,7**	**35,7**			
Подготовка к экзамену		35,7	35,7			
Общая трудоемкость	**час**	**180**	**180**			
	в том числе контактная работа	**78,3**	**78,3**			
	зач. ед.	**5**	**5**			

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины. Семестр 1

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Введение.	4	2	-	-	2
2.	Физические величины и единицы измерений	24	2	-	12	8
3.	Элементы теории подобия и анализа размерностей	10	2	-	-	8
4.	Классические измерительные системы.	20	4	-	8	8
5.	Элементы современной физической картины мира	12	4	-	-	8
6.	Принципиальная невозможность полного устранения неопределенности результатов измерений	12	4	-	-	8
7.	Фундаментальные пределы точности измерений	20	4	-	8	8
8.	Эталоны физических величин и поверочные схемы	20	4	-	8	8
9.	Адиабатические инварианты. Физические принципы создания современной эталонной базы с использованием физических эффектов и явлений.	18	10	-	-	8
	Всего:		36	-	36	66

2.3 Содержание разделов дисциплины: «Физические основы измерений и эталоны»

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Введение.	Основные понятия и определения. Измерение как процесс познания окружающего мира. Сущность измерений. Классификация измерений.	Коллоквиум
2.	Физические величины и единицы измерений	Физическая величина. Размерность физических величин и их классификация. Системы единиц измерения.	УО, ПР
3.	Элементы теории подобия и анализа размерностей	Анализ размерностей физических величин. Подобные системы. Критерии подобия.	УО, ПР
4.	Классические измерительные системы.	Принципы построения измерительных систем. Основные функции измерительной системы. Идеализированная блок-схема измерительной системы. Важнейшие функциональные блоки измерительной системы. Измерительные преобразователи. Преобразование неэлектрических сигналов в электрические. Классификация измерительных преобразователей. Методы измерений, область их применения, их достоинства и недостатки	УО, ПР
5.	Элементы современной физической картины мира	Физическая картина мира. Механическая и электромагнитная картины мира. Кризис физики и "новейшая революция в естествознании". Постоянные необратимые изменения Вселенной и стабильность фундаментальных физических постоянных: Принципы организации современного научного знания. Пространство и время, поле и вещество, взаимодействие, взаимопревращения частиц, физический вакуум, вероятность в современной картине мира.	УО, ПР
6.	Принципи-	Элементы квантовой теории. Дискретность	4

	альная невозможность полного устранения неопределенности результатов измерений	(квантование). Корпускулярно-волновой дуализм. Соотношение неопределенности и принцип дополнительности как причины невозможности полного устранения неопределенности результатов измерений. Взаимовлияние объектов микро- и макромира. Шумы: влияние броуновского движения, тепловой шум, дробовой эффект, фликкер-эффект, генерационно-рекомбинационный шум, квантовый шум. Самодвижение материи как фундаментальный источник погрешностей измерений.	
7.	Фундаментальные пределы точности измерений	Современные представления о микро- и макромире. Неразрывная связь микромира и макромира. Виды взаимодействий. Элементарные частицы. Потенциальные ресурсы стабильности параметров физических объектов микромира. Физико-техническое обеспечение инженерных решений, проблемы передачи стабильности объектов микромира микроскопическим объектам измерительных приборов и систем.	УО, ПР
8.	Эталоны физических величин и поверочные схемы	Классификация эталонов. Эталон единицы длины. Эталон единицы времени и частоты. Эталон единицы массы. Эталон единицы силы тока. Эталон единицы температуры. Эталон единицы силы света. Эталон телесного угла. Поверочные схемы. Методы передачи размера единицы физической величины. Межповерочные интервалы.	УО, ПР
9.	Адиабатические инварианты. Физические принципы создания современной эталонной базы с использованием физических эффектов и явлений.	Термоэлектрические явления: Зеебека эффект, явления Пельтье, Томсона. Термопреобразователь сопротивления. Гальваномагнитные эффекты: эффект Холла, Эттингсаузена, Нернста, магниторезистивный. Квантованное сопротивление Холла и фундаментальные постоянные. Создание эталонов с помощью квантованного эффекта Холла. Явление сверхпроводимости. Эффекты Джозефсона. Применение эффектов Джозефсона для создания эталонов. Эффект Аронова-Бома. Единая теория поля Вейля. Связь эффектов Комптона, Мейснера, Зеемана, Вавилова-Черенкова, Мессбауэра фотоэффекта, с положениями Единой теории поля и эффек-	

		том Аронова-Бома на квантовом уровне. Применение квантовых эффектов для создания эталонов.	

2.3.2 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия - не предусмотрены

2.3.3 Лабораторные занятия

№	Тема	Час.
1.	Прямые, косвенные и совместные измерения.	4
2.	Антропометрические измерения	4
3.	Математический и физический маятники.	4
4.	Статистическая обработка результатов измерений	4
5.	Измерение электрических величин методами непосредственной оценки и сравнения с мерой.	4
6.	Изучение терморезисторов.	4
7.	Изучение принципов действия гальванического элемента.	4
8.	Изучение термоэлектрических эффектов.	4
9.	Ознакомление с магнито-электрическими приборами	4
	ИТОГО:	36

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Физические основы измерений и эталоны»

№	Наименование раздела	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
6.	Введение.	Раннев, Г. Г. Методы и средства измерений: учебник для студентов вузов / 2-е изд., стер. - М. : Академия, 2004. - 331 с.
7.	Физические величины и единицы измерений	Основы измерений. Датчики и электронные приборы : [учебное пособие] / Клаассен, Клаас Б. ; Клаас Б. Клаассен ; пер. с англ. Е. В. Воронова, А. Л. Ларина. -

		3-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 350 с.
8.	Элементы теории подобия и анализа размерностей	Раннев, Г. Г. Методы и средства измерений: учебник для студентов вузов / 2-е изд., стер. - М. : Академия, 2004. - 331 с.
9.	Классические измерительные системы.	Основы измерений. Датчики и электронные приборы : [учебное пособие] / Клаассен, Клаас Б. ; Клаас Б. Клаассен ; пер. с англ. Е. В. Воронова, А. Л. Ларина. - 3-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 350 с.
10.	Элементы современной физической картины мира	Полях А. А.. Основные понятия метрологии. Методы измерений. Погрешности измерений: Метод. пособие / Госстандарт России, Академия стандартизации, метрологии и сертификации (учебная), Краснодар. фил., Каф. метрологии. - Краснодар, 2002. - 34с
11.	Принципиальная невозможность полного устранения неопределенности результатов измерений	Основы измерений. Датчики и электронные приборы : [учебное пособие] / Клаассен, Клаас Б. ; Клаас Б. Клаассен ; пер. с англ. Е. В. Воронова, А. Л. Ларина. - 3-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 350 с.
12.	Фундаментальные пределы точности измерений	Основы измерений. Датчики и электронные приборы : [учебное пособие] / Клаассен, Клаас Б. ; Клаас Б. Клаассен ; пер. с англ. Е. В. Воронова, А. Л. Ларина. - 3-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 350 с.
13.	Эталоны физических величин и поверочные схемы	Основы измерений. Датчики и электронные приборы : [учебное пособие] / Клаассен, Клаас Б. ; Клаас Б. Клаассен ; пер. с англ. Е. В. Воронова, А. Л. Ларина. - 3-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 350 с.
14.	Адиабатические инварианты. Физические принципы создания современной эталонной базы с использованием физических эффектов и явлений.	Раннев, Г. Г. Методы и средства измерений: учебник для студентов вузов / 2-е изд., стер. - М. : Академия, 2004. - 331 с. Основы измерений. Датчики и электронные приборы : [учебное пособие] / Клаассен, Клаас Б. ; Клаас Б. Клаассен ; пер. с англ. Е. В. Воронова, А. Л. Ларина. - 3-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 350 с.

3. Образовательные технологии

Семестр	Вид занятия (Л, ПР, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
А	*Л*	электронные презентации	*10*
	ПР		

	ЛР	решение проблемных ситуаций в составе малых групп.	*6*
Итого:			*16*

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

Контрольная работа №1

1. Приведите указанные физические величины в единицах системы СИ, в правильной экспоненциальной форме:
   число Авогадро, 2 а.е.м.; молярная масса газа H_2, Не, вещества графит; 5 дециметров; 0,254 мм^3, 622 дм^3.

2. Укажите единицы измерения следующих величин в единицах системы СИ:
   силы переменного тока; объема; длины; разности потенциалов; ширины; плотности; высоты; электрического потенциала; потенциальной энергии; кинетической энергии; температуры реакции; напряженности магнитного поля; индуктивности; количества вещества.
   Если вы знаете внесистемные единицы измерения или единицы измерения, используемые для вышеуказанных величин в других системах, приведите и их.

3. Дайте определение понятию «физическая величина». Установите общепринятое обозначение физической величины и отсутствующее обозначение единицы измерения в ее составе:
   Давление - Н/?;
   Удельная теплоемкость – Дж/(?·К);
   Скорость некоторой химической реакции Моль/(?·с);
   Удельное сопротивление материала Ом·м/?
   Коэффициент поверхностного натяжения жидкостей Дж/?, ?/м.

4. Расставьте математические знаки, устанавливающие отношения в следующих физ. величинах:
   мольная теплоемкость: К, моль, Дж.
   ускорение свободного падения м, Н, 2, с,

5. Укажите реакции какого порядка характеризуют следующие выражения единиц измерения их скорости: Моль^2·л$^{-2}$·с$^{-1}$; Моль·л$^{-1}$·с$^{-1}$.

6. Приведите скорость химической реакции в единицах СИ:
   V = 111 моль· л$^{-1}$ ·с$^{-1}$; V = 0,5 моль^2 ·л$^{-2}$ ·с$^{-1}$.

7. Исходя из представленных обозначений, составьте максимальное число комбинаций, соответствующих физическим величинам СИ:
$м^2$, $мм^2$, $см^2$, $дм^2$, $м^3$, Дж, Н, Ом, К, м.

8. Установите связь между величинами системы СГС, в системе СИ:
ккал - ?, эВ - ?, эрг -?, г- ?, см-?, с-?.

Контрольная работа №2

9. Приведите к правильному виду следующие результаты измерений:
а) измеренная высота = 5,03 ± 0,04329 м;
б) измеренное время = 19,5432 ± 1 с;
в) измеренный заряд = $-3{,}21\cdot10^{-19} \pm 2{,}67\cdot10^{-20}$ Кл;
г) измеренная длина волны = 0,000000567 ± 0,00000007 м;
д) измеренный импульс = $3{,}267\cdot10^{3} \pm 42$ г·см/с.
Последний результат представьте в единицах системы СИ. Для всех результатов рассчитайте относительную погрешность.

10. Рассчитайте погрешности округления следующих чисел: π, e, $2^{-0,5}$.

11. Для величин a=10,5±0,1 и $в$=34,4±0,3 найти значения $a+в$, $a\cdot в$, $(a^2-в^2)/ав$, $a^2/в^3$.

12. В эксперименте с математическим маятником получены следующие результаты для периода колебаний (Т) и амплитуды (А), как угла отклонения маятника:

Амплитуда А, град	Период Т, с	Амплитуда А, град	Период Т, с
5±2	1,932±0,005	40±4	2,01±0,01
17±2	1,94±0,01	53±4	2,04±0,01
25±2	1,96±0,01	67±6	2,12±0,02

Проанализируйте результаты измерений. Постройте график зависимости Т от А. Сделайте вывод о зависимости Т от А.

13. Угол α измерен как 125±2 град, рассчитайте значения и погрешности тригонометрических функций угла.

14. Для величины a=3,0±0,1 рассчитайте e^a и её погрешность.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Экзаменационные вопросы по дисциплине
«Физические основы измерений и эталоны»

Измерения, классификация измерений.
Основные понятия и определения процесса измерений.
Планирование эксперимента.
Модельный и аналоговый метод.
Измерение как процесс познания окружающего мира.
Сущность и классификация измерений.
Методы измерений, область их применения, их достоинства и недостатки.
Методы измерений. Разновидности и характеристики измерений.
Прямые, косвенные, совокупные и совместные измерения.
Виды измерений по условиям, определяющим точность результата.

Физические величины и единицы измерений.
Определение понятий: свойство, величина, количество, качество.
Определение физической величины.
Физическая величина, род, размерность, численное значение.
Размерность физических величин и их классификация.
Системы единиц измерения.
Системы базисных физических величин.
Системы единиц физических величин.
Система СИ.

Элементы теории подобия и анализа размерностей.
Шкалы измерений.
Отношения эквивалентности и предпочтения.
Принцип формирования количественного значения величины.
Законы и критерии подобия.
Анализ размерностей физических величин.
Подобные системы.
Критерии подобия.

Обработка результатов измерений.
Математические модели физических величин.
Результат измерения как случайное значение измеряемой величины.
Погрешности измерений и их классификация.
Причины возникновения и способы исключения погрешностей.
Точность и предел измерений.
Оценка случайных погрешностей.
Нормальный закон распределения вероятности.
Математическое ожидание и дисперсия случайной величины.

Доверительная вероятность и доверительный интервал.
Выборочные распределения при статистических измерениях.
Статистическая обработка результатов количественных измерений.

Классические измерительные системы.
Понятие и характеристики средств измерений.
Принципы построения измерительных систем.
Основные функции измерительной системы.
Идеализированная блок-схема измерительной системы.
Важнейшие функциональные блоки измерительной системы.
Измерительные преобразователи.
Принципы преобразования при прямых и косвенных измерениях.
Преобразование неэлектрических сигналов в электрические.
Классификация измерительных преобразователей.

Фундаментальные пределы точности измерений.
Естественные пределы измерений.
Элементы квантовой теории.
Корпускулярно-волновой дуализм.
Соотношение неопределенности и принцип дополнительности как причины невозможности полного устранения неопределенности результатов измерений.
Шумы: влияние броуновского движения, тепловой шум, дробовой эффект, фликкер-эффект, генерационно-рекомбинационный шум, квантовый шум.

Эталоны физических величин и поверочные схемы.
Эталоны единиц физических величин.
Классификация эталонов.
Эталон единицы длины. Эталон единицы времени и частоты.
Эталон единицы массы. Эталон единицы силы тока.
Эталон единицы температуры. Эталон единицы силы света.
Эталон телесного угла.
Поверочные схемы.
Методы передачи размера единицы физической величины.
Межповерочные интервалы.

Физические принципы создания современной эталонной базы с использованием физических эффектов и явлений.
Термоэлектрические явления.
Гальваномагнитные эффекты.
Применение квантовых эффектов для создания эталонов.

Экзаменационные задачи по дисциплине «Физические основы измерений и эталоны»

Задача № 1.

Перепишите следующие ответы в наиболее наглядном виде с нужным числом значащих цифр и рассчитайте относительную погрешность:

а) измеренная высота = 5,03 ± 0, 04329 м;

б) измеренное время = 19,5432 ± 1 с;

в) измеренный заряд = $-3{,}21 \cdot 10^{-19} \pm 2{,}67 \cdot 10^{-20}$ Кл;

г) измеренная длина волны = 0,000000563 ± 0,00000007 м;

д) измеренный импульс = $3{,}267 \cdot 10^{3} \pm 42$ г·см/с

Задача № 2.

Результаты пяти измерений плотности жидкости равны (в г/см^3): 1,8; 2,0; 2,0; 1,9; 1,8. Принятое значение для плотности равно 1,85 г/см^3. Рассчитать: - наилучшее измеренное значение плотности,

- погрешность проведенных измерений,

- погрешность полученного значения наилучшей оценки и оценить его значимость.

Задача № 3.

Время десяти оборотов диска проигрывателя измеряют путем фиксирования моментов времени начала ($t_н$) и конца ($t_к$) вращений при помощи часов с погрешностью ±1 с. Какова будет погрешность измерений десяти оборотов диска и расчетного значения одного оборота диска?

Задача №. 4.

В эксперименте по проверке закона сохранения момента импульса (L) для начального ($L_н$) и конечного ($L_к$) значения моментов импульса получены следующие попарные значения (в кг·м^2/с): 3,0±0,3 и 2,7±0,6; 7,4±0,5 и 8,0±1; 14,3±1 и 16,5±1; 25±2 и 24±2; 32±2 и 31±2; 37±2. Рассчитать разности $L_н - L_к$, их погрешности и сделать вывод о соответствии результатов эксперимента закону сохранения импульса.

Задача №. 5.

Для начального ($L_н$) и конечного ($L_к$) значений моментов импульса равных попарно (в кг·м^2/с): 3,0±0,3 и 2,7±0,6; 7,4±0,5 и 8,0±1; 14,3±1 и 16,5±1; 25±2 и 24±2; 32±2 и 31±2; 37±2 постройте график зависимости $L_к$ от $L_н$. Отобразите вертикальные и горизонтальные диапазоны ошибок. Сделайте вывод о соответствии эксперимента теоретической зависимости.

Задача №. 6.

Если камень бросить вертикально вверх со скоростью v, он должен подняться до высоты h, определяемой уравнением $v^2 = 2gh$. Для семи экспериментальных определений получены следующие значения h (м ± 0,05) и v^2 (м^2/с^2): 0,4 и 7±3; 0,8 и 17±3; 1,4 и 25±3; 2,0 и 38±4; 2,6 и 45±5; 3,4 и 62±5; 3,8 и 72±6. По-

стройте график зависимости v^2 от h, отобразите вертикальные и горизонтальные диапазоны погрешностей и определите: - зависимость v^2 от h;
- графически полученное значение g;
- его диапазон погрешности.

Задача №. 7.
В эксперименте с математическим маятником получены следующие значения периода колебаний (*T, с*) от амплитуды (*A, град*), определенной как наибольший угол отклонения маятника от вертикали: 1,932±0,005 и 5±2; 1,94±0,01 и 17±2; 1,96±0,01 и 25±2; 2,01±0,01 и 40±4; 2,04±0,01 и 53±4; 2,12±0,02 и 67±6. Постройте график зависимости *T* от *A* и сделайте вывод о зависимости периода колебаний математического маятника от амплитуды колебаний.

Задача №. 8.
В эксперименте с математическим маятником для амплитуды (*A, град*) колебаний, определенной как наибольший угол отклонения маятника от вертикали, найдены следующие значения периода колебаний (*T, с*), определенного с погрешностью ±0,3 с: для 5±2 – 1,93; для 17±2 – 1,94; для 25±2 – 1,96; для 40±4 – 2,01; для 53±4 – 2,04; для 67±6 – 2,12. Постройте график зависимости *T* от *A* и сделайте вывод о зависимости периода колебаний математического маятника от амплитуды колебаний.

Задача №. 9.
Для расчета ускорения движущегося тела измеряют его начальную ($v_н$) и конечную ($v_к$) скорость (в см/с). Для двух независимых испытаний получены следующие значения: 14,0 и 18,0; 19,0 и 19,6, определенные с погрешностью 1%. Вычислите абсолютные погрешности всех четырех измерений, найдите разность ($v_н$ - $v_к$) и её абсолютную и относительную погрешность для каждого испытания. Поясните причины расхождения полученных результатов для данных независимых испытаний, проведенных с одинаковой относительной погрешностью.

Задача №. 10.
Калькулятор показывает результат 123,123. Если предположить, что число имеет только три значащих цифры, оцените его абсолютную и относительную погрешность.
Проделать это же для числа 0,123123.
Проделать это же для числа 321,321

Задача №. 11.
Для двух величин *a* и *b* вычислить произведение *q=ab*. Привести результат вычислений и значения его абсолютной и относительной погрешности для *a* и *b*, равных: 11,5±0,2 и 25,4±0,2 см; 10±1 см и 27,2±0,1 с; 0,8 м ± 8% и 1,5 кг ± 2%.

Задача №. 12.
Для двух чисел x=10±1 и y=20±1 найти произведение и оценить его абсолютную и относительную погрешности. Сравнить результат вычисления относительной погрешности с *правилом сложения относительных погрешностей*. Результат сравнения пояснить. Выполнить то же самое для чисел x=10±8 и y=20±15.

Задача №. 13.
При измерении распада радиоактивного вещества за 2 минуты насчитано 32 α-частицы, а за час – 786 α-частиц. Используя формулу для абсолютной погрешности:

(среднее время событий за время T) = $\nu \pm \sqrt{\nu}$,

рассчитать абсолютную и относительную погрешности обеих измерений и определить скорость распада и его погрешности.

Задача №. 14.
Для величин a=5±1 см, b=18±2 см, c=12±1 см, t=3,0±0,5 с и m=18±1 г, учитывая *правила сложения абсолютных и относительных ошибок*, вычислить следующие величины и их абсолютные и относительные погрешности: $a + b + c$; $a + b - c$; ct; $4a$; $b/2$ и mb/t.

Задача №. 15.
Учитывая *правила сложения абсолютных и относительных ошибок*, вычислить следующие выражения: ***а)*** (5±1) + (8±2) – (10±4); ***б)*** (5±1) × (8±2); ***в)*** (10±1)/(20±2) и ***г)*** 2π(10±1).

Задача №. 16.
Для величины t = 8,0 ± 0,5 с найти значения и погрешности t^2, $1/t$ и t^3.

Задача №. 17.
Какова глубина колодца, если время падения камня в него равна 3,0±0,5 с? Используйте известное уравнение $h=(1/2)gt^2$.

Задача №. 18.
Для величин a=50±5, b=30±3, c=40±1, d=7,8±0,3 вычислить три суммы $a+b$, $a+c$, $a+d$ и найти погрешности для этих сумм в случае, когда исходные погрешности зависимы и, когда они не зависимы.

Задача №. 19.
Угол θ измерен как 125±2 град, и это значение используется для вычисления $\sin\theta$. Рассчитайте $\sin\theta$ и его погрешность, учитывая, что $\delta q = |\partial q/\partial x| \cdot \delta x$.

Задача №. 20.
Угол θ измерен как 65±2 град, и это значение используется для вычисления $\cos\theta$. Рассчитайте $\cos\theta$ и его погрешность, учитывая, что $\delta q = |\partial q/\partial x|\cdot\delta x$.

Задача №. 21.
Величина a измерена как 3,0±0,1. Рассчитать значения e^a и $\ln a$ и их погрешности, учитывая, что $\delta q = |\partial q/\partial x|\cdot\delta x$, а для степенной функции $\delta q/|q| = |n|\cdot\delta x/|x|$.

Задача №. 22.
Величина a измерена как -4,3±0,1. Рассчитать значения e^a и $\ln a$ и их погрешности, учитывая, что $\delta q = |\partial q/\partial x|\cdot\delta x$, а для степенной функции $\delta q/|q| = |n|\cdot\delta x/|x|$.

Задача №. 23.
Величина a измерена как -4,5±0,1. Рассчитать значения 10^a и $\lg a$ и их погрешности, учитывая, что $\delta q = |\partial q/\partial x|\cdot\delta x$, а для степенной функции $\delta q/|q| = |n|\cdot\delta x/|x|$.

Задача №. 24.
Величина a измерена как 3,5±0,1. Рассчитать значения 10^a и $\lg a$ и их погрешности, учитывая, что $\delta q = |\partial q/\partial x|\cdot\delta x$, а для степенной функции $\delta q/|q| = |n|\cdot\delta x/|x|$.

Задача №. 25.
Результаты пяти измерений показателя преломления жидкости равны: 1,8; 2,0; 2,0; 1,9; 1,8. Принятое значение для показателя преломления равно 1,85. Рассчитать: - наилучшее измеренное значение показателя преломления,
- погрешность проведенных измерений,
- погрешность полученного значения наилучшей оценки и оценить его значимость.

Задача №. 26.
Калькулятор показывает результат 100,789. Если предположить, что число имеет только три значащих цифры, оцените его абсолютную и относительную погрешность.
Проделать это же для числа 0,100789.
Проделать это же для числа 300,789

Задача №. 27.
Какова будет средняя скорость и её погрешность велосипедиста, если он ровно половину дороги ехал со скоростью 20±2 км/час, а остаток – катил велосипед со скоростью 5±1 км/час?

Задача №. 28.
Какова будет средняя скорость и её погрешность велосипедиста, если он из пункта **А** в пункт **Б** ехал со скоростью 20±2 км/час, а назад – со скоростью 15±1 км/час?

Задача № 29.
Какова вероятность того, что при 100 бросаниях монеты частота появления герба будет отличаться от вероятности $p = ½$ меньше, чем на 1/25, т.е. что число появления герба будет заключено между 54 и 46 событиями?

Задача № 30.
Пусть вероятность получить бракованное изделие равна 0,01. Какова вероятность наличия не более трех бракованных изделий в партии из 100 штук?

Задача № 31.
В лотерее из 1000 билетов имеется один выигрыш в 1000 руб., 10 выигрышей по 100 руб. и 100 выигрышей по 20 руб. Определить математическое ожидание выигрыша по одному билету.

Задача № 32.
Непосредственным измерением были по пять раз определены размеры внутреннего (d) и внешнего (D) диаметров полого цилиндра. Определить толщину стенок цилиндра и среднюю квадратическую ошибку измерения.

№ наблюдения (i)	d	D
1	17.3	22.7
2	17.0	22.8
3	17.3	23.0
4	17.4	22.8
5	17.2	22.6

Задача № 33.
Измерения электрического сопротивления R медного стержня при различной температуре (t^o по Цельсию) дали следующие результаты:

t^o	19.1	25.0	30.1	36.0	40.0	45.1	50.0
R	76.30	77.80	79.75	80.80	82.35	83.90	86.10

Найти коэффициенты линейной зависимости R от t методом наименьших квадратов. Определить ошибку измерений и доверительный интервал линейной зависимости.

4.3 Критерии оценки по промежуточной аттестации

Студенты обязаны сдать экзамен в соответствии с расписанием и учебным планом.

Экзамен по дисциплине преследуют цель оценить работу студента за курс, получение теоретических знаний, их прочность, развитие творческого мышления, приобретение навыков самостоятельной работы, умение применять полученные знания для решения практических задач.

Экзаменатору предоставляется право задавать студентам дополнительные вопросы по всей учебной программе дисциплины.

Форма проведения экзамена: устно, с письменным решением задачи и основными тезисами по теоретическим и дополнительным вопросам.

Студенты имеют право на досрочную аттестацию в случаях: а) самостоятельного решения всех задач по курсу; б) инициативному написанию рефератов по темам «Критерии подобия» и «Современная эталонная база».

Результат сдачи экзамена заносится преподавателем в экзаменационную ведомость и зачетную книжку.

Требования к знаниям: бакалавр должен обладать базовыми и углубленными знаниями физических основ измерения и современной эталонной базы; иметь общее представление о применяемых и перспективных технологиях общей теории измерения, принципах построения и функционирования измерительных устройств и систем, а также углубленные знания в вопросах их эксплуатации, сопровождения и обслуживания;

Требования к характеристикам умений и владений бакалавр должен уметь проводить комплексные измерения, выполнять комплексные проекты, осуществлять коммуникации в профессиональной сфере с применением базовых и углубленных знаний общей теории измерений.

Критерии оценки сформированных компетенций:

- обучаемый имеет определенное представление о внешних свойствах и признаках изучаемых предметов и явлений, но не проявляет их должной осмысленности и не справляется с выполнением соответствующих письменных и экспериментальных работ (**неудовл.**);

- обучаемый имеет четкие представления об изучаемых предметах и явлениях, понимает их сущность, однако обнаруживает затруднение в их воспроизведении и применении на практике, что приводит к необходимости уточняющих и дополнительных вопросов в процессе проверки (**удовл**);

- обучаемый достаточно полно осмыслил материал, с пониманием формулирует соответствующие понятия (теоретические положения), хотя при их обосновании и воспроизведении нуждается в некоторых уточнениях, обнаруживает умение применять усвоенные знания на практике, допуская мелкие, несущественные недочеты в письменных работах (**хор**);

- высший уровень владения материалом состоит в его глубоком осмыслении на понятийном уровне, в умении свободно и логично воспроизводить и обосновывать содержащиеся в нем положения примерами и фактами, а также не допускать ошибок при выполнении письменных и практических работ, проявлять самостоятельность и элементы творчества (**отл**).

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины «Физические основы измерений и эталоны»

5.1 Основная литература:

1. Попов Г.В., Земсков Ю.П., Квашнин Б.Н. Физические основы измерений в технологиях пищевой и химической промышленности: уч. пособие – СПб: Лань, 2015.
2. Могилев А.В., Пак Н.И., Хеннер Е.К. Информатика: учебное пособие для студентов вузов / под ред. Е.К. Хеннера. 7-е изд., стер. - М.: Академия, 2009. - 841 с.
3. Зайдель, А.Н. Ошибки измерений физических величин [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Зайдель. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 112 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/146

5.2 Дополнительная литература:

1. Сергеев А. Г. Метрология: Учебное пособие для студентов вузов / М.: Логос, 2002. - 407с.
2. Полях А. А. Основные понятия метрологии. Методы измерений. Погрешности измерений: Метод. пособие / Госстандарт России, Академия стандартизации, метрологии и сертификации (учебная), Краснодар. фил., Каф. метрологии. - Краснодар, 2002. - 34с.
3. Основы измерений. Датчики и электронные приборы : [учебное пособие] / Клаассен, Клаас Б. ; Клаас Б. Клаассен ; пер. с англ. Е. В. Воронова, А. Л. Ларина. - 3-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2008.
3. Евдокимов Ф.Е. Теоретические основы электротехники: учебник –М.: Академия, 2004
4. Тартаковский Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений: Учебник для студентов вузов / М.: Высшая школа, 2002. - 205с.
5. Могилев А.В., Пак Н.И., Хеннер Е.К. Информатика: учебное пособие для студентов вузов / под ред. Е.К. Хеннера. 7-е изд., стер. - М.: Академия, 2009. - 841 с.
6. **Могилев, Александр Владимирович.** Практикум по информатике: [учебное пособие для студентов вузов] / Могилев, Александр Владимирович, Пак, Николай Инсебович, Хеннер, Евгений Карлович ; А. В. Могилев, Н. И.

Пак, Е. К. Хеннер ; под ред. Е. К. Хеннера. - 5-е изд., стер. - М.: Академия, 2009. - 607 с
7. **Новиков, Николай Юрьевич.** Теория шкал. Принципы построения эталонных процедур измерения, кодирования и управления / Новиков, Николай Юрьевич ; Н. Ю. Новиков. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 501 с.
8. Бушенева, Ю.И. Как правильно написать реферат, курсовую и дипломную работы: Учебное пособие для бакалавров [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2016. — 140 с. — ISBN 978-5-394-02185-5. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/93331
9. Новиков, Ю.Н. Подготовка и защита бакалаврской работы, магистерской диссертации, дипломного проекта [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — СПб. : Издательство «Лань», 2017. — 32 с. — ISBN 978-5-8114-2267-8. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94211.

5.3. Периодические издания:

«Российский химический журнал» и др.

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. http://www.gaussian.com
2. http://www.qchem.ru/
3. http://www.msg.ameslab.gov/gamess/
4. http://quant.distant.ru
5. http://www.biblioclub.ru/

А также: Интернет сайты ведущих государственных ВУЗов и научных организаций РФ: МГУ, СПбГУ, РХТУ, НГУ, КубГУ, РАН РФ и др.
Зарубежные ведущие научные и учебные цетры: NBS USA, MTI UK, ChLab Japan, NSRDS и др.
Интерактивная база данных книг и журналов SpringerLink.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

№	Наименование раздела	Формы самостоятельной работы	Формы отчетности
1	Введение.	Актуализация содержания тем изучаемой дисциплины	УО
2	Физические величины и единицы измерений	Самостоятельное изучение разделов. Подготовка к лабораторным занятиям Работа с учебной литературой, базами данных в сети Internet.	УО, ЛР
3	Элементы теории	Самостоятельное изучение разделов.	УО,

	подобия и анализа размерностей	Работа с учебной литературой, базами данных в сети Internet.	КСР
4	Классические измерительные системы.	Самостоятельное изучение разделов. Подготовка к лабораторным занятиям Работа с учебной литературой, базами данных в сети Internet.	УО, ЛР
5	Элементы современной физической картины мира	Самостоятельное изучение разделов. Работа с учебной литературой, базами данных в сети Internet.	УО
6	Принципиальная невозможность полного устранения неопределенности результатов измерений	Самостоятельное изучение разделов. Работа с учебной литературой, базами данных в сети Internet.	УО
7	Фундаментальные пределы точности измерений	Самостоятельное изучение разделов. Работа с учебной литературой, базами данных в сети Internet.	УО
	Эталоны физических величин и поверочные схемы	Самостоятельное изучение разделов. Подготовка к лабораторным занятиям. Работа с учебной литературой, базами данных в сети Internet.	УО, ЛР, КСР
	Адиабатические инварианты. Физические принципы создания современной эталонной базы с использованием физических эффектов и явлений.	Самостоятельное изучение разделов. Работа с учебной литературой, базами данных в сети Internet.	УО

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Физические основы измерений и эталоны»

8.1 Перечень необходимого программного обеспечения

В курсе лабораторных работ используется следующее программное обеспечение: Microsoft Office (Word, Excel), ACD Labs Chemsketch, Компьютерная программа Hyper Chemistry .

8.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

1. КонсультантПлюс//www.consultant.ru

2. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов. URL: http://fcior.edu.ru/.

3. Российский образовательный портал. URL: http://www.school.edu.ru/

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для материально-технического обеспечения дисциплины «Физические основы измерений и эталоны» используется лабораторное оборудование и учебно-научная аппаратура (интерактивная доска, демонстрационные модели). ПЭВМ уровня не ниже Pentium IV с операционной системой Windows XP / Windows 7.

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины «Физические основы измерений и эталоны» и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория 422С, оснащенная презентационной техникой и соответствующим программным обеспечением.
2.	Семинарские занятия	-
3.	Лабораторные занятия	Лаборатория 422С, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения.
4.	Курсовое проектирование	-
5.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория 422С, оснащенная презентационной техникой и соответствующим программным обеспечением.
6.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория 422С, оснащенная презентационной техникой и соответствующим программным обеспечением.
7.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.