

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет химии и высоких технологий

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор



Хагуров Т.А.

2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.22 «ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ЭТАЛОНЫ»

Направление подготовки- 27.03.01 Стандартизация и метрология

Направленность –Метрология, стандартизация и сертификация

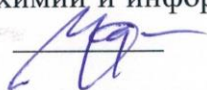
Форма обучения – очная

Квалификация - бакалавр

Краснодар 2025

Рабочая программа дисциплины «Физические основы измерений и эталоны» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования, утвержденным приказом Минобрнауки России от 06.03.2015 № 168 по направлению подготовки 27.03.01 – Стандартизация и метрология (уровень бакалавриата)

Программу составил

д.х.н., профессор кафедры общей, неорганической химии и информационно-вычислительных технологий в химии Буков Н.Н. 

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры общей, неорганической химии и информационно-вычислительных технологий в химии 22.04.2025 г., протокол № 7.

Зав. кафедрой к.х.н., доцент Волынкин В.А. 

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий 2.04.2025 г., протокол № 7.

Председатель УМК факультета доцент Беспалов А.В. 

Эксперты:

Р.В. Горохов, главный специалист ООО «Современные технологии», кандидат химических наук, доцент

В.А. Исаев, профессор кафедры физики и информационных систем Кубанского государственного университета, доктор физико-математических наук, доцент

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины «Физические основы измерений и эталоны»: 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

Задачи учебной 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.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физические основы измерений и эталоны» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 1 курсе. Вид промежуточной аттестации: экзамен.

Данная дисциплина является предшествующей для метрологических и естественных дисциплин направления обучения 27.03.01.

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 следующих компетенций:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1: способен решать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики	
ИОПК-1.1 Обладает необходимыми знаниями для анализа задач в профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики	Знает: этапы анализа задач в профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики
	Умеет: определить цель, задачи, актуальность анализа задач в профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики
	Имеет навыки: демонстрации знаний положений, законов и методов в области естественных наук и математики
ИОПК-1.2. Выбирает и применяет современные измерительные процессы и технологии; современную измерительную, вычислительную технику и информационные технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности.	знает нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы выбора методов и средств измерений; области применения методов измерений; технические характеристики, конструктивные особенности, назначение и принципы применения средств измерений
	умеет анализировать возможности методов и средств измерений; применять измерительное оборудование, необходимое для проведения измерений; получать, интерпретировать и анализировать результаты измерений
	владеет навыками выполнения особо точных измерений при решении типовых задач в области

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	профессиональной деятельности

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

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

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ		Всего часов	Форма обучения
			очная
			1 семестр (часы)
Контактная работа, в том числе:			
Аудиторные занятия (всего):		68	68
занятия лекционного типа		34	34
лабораторные занятия		34	34
практические занятия			
семинарские занятия			
Иная контактная работа:			
Контроль самостоятельной работы (КСР)		4	4
Промежуточная аттестация (ИКР)		0.3	0.3
Самостоятельная работа, в том числе:		36	36
Оформление лабораторных работ		17	17
Самостоятельное изучение теоретического материала		17	17
Самостоятельное решение задач		-	-
Подготовка к текущему контролю		2	2
Контроль:			
Подготовка к экзамену		35.7	35.7
Общая трудоемкость	час.	144	144
	в том числе контактная работа	72.3	72.3
	зач. ед	4	4

2.2 Содержание дисциплины «Физические основы измерений и эталоны»

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 7 семестре (очная форма обучения)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Введение.	4	2	-	-	2
2.	Физические величины и единицы измерений	18	2	-	12	4
3.	Элементы теории подобия и анализа размерностей	6	2	-	-	4
4.	Классические измерительные системы.	12	2	-	6	4
5.	Элементы современной физической картины мира	8	4	-	-	4

6.	Принципиальная невозможность полного устранения неопределенности результатов измерений	8	4	-	-	4
7.	Фундаментальные пределы точности измерений	16	4	-	8	4
8.	Эталоны физических величин и поверочные схемы	16	4	-	8	4
9.	Адиабатические инварианты. Физические принципы создания современной эталонной базы с использованием физических эффектов и явлений.	16	10	-	-	6
	ИТОГО по разделам дисциплины		34		34	36
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	-	-	-	-
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0.3	-	-	-	-
	Подготовка к текущему контролю	35.7	-	-	-	-
	Общая трудоемкость по дисциплине	144	-	-	-	-

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины «Физические основы измерений и эталоны»

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Введение.	Основные понятия и определения. Измерение как процесс познания окружающего мира. Сущность измерений. Классификация измерений.	устный опрос
2.	Физические величины и единицы измерений	Физическая величина. Размерность физических величин и их классификация. Системы единиц измерения.	устный опрос
3.	Элементы теории подобия и анализа размерностей	Анализ размерностей физических величин. Подобные системы. Критерии подобия.	устный опрос
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	устный опрос, Лабораторные работы
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.	устный опрос
6.	Принципиальная 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.	устный опрос
7.	Фундаментальные пределы точности измерений	Современные представления о микро- и макромире. Неразрывная связь микромира и макромира. Виды взаимодействий. Элементарные частицы. Потенциальные	устный опрос

		ресурсы стабильности параметров физических объектов микромира. Физико-техническое обеспечение инженерных решений, проблемы передачи стабильности объектов микромира микроскопическим объектам измерительных приборов и систем.	
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.	устный опрос, Лабораторные работы
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, Эттингсгаузена, 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 Ааронова-Бома. Единая теория поля Вейля. Связь эффектов Комптона, Мейснера, Зеемана, Вавилова-Черенкова, Мессбауэра фотоэффекта, с положениями Единой теории поля и эффектом Ааронова-Бома на квантовом уровне. Применение квантовых эффектов для создания эталонов.	устный опрос

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

2.3.3 Примерная тематика курсовых работ

Курсовая работа не предусмотрена учебным планом.

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

№	Раздел СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Введение.	Раннев, Г. Г. Методы и средства измерений: учебник для студентов вузов / 2-е изд., стер. - М. : Академия, 2004. - 331 с.
2	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.

3	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.
4	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.
5	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
6	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.
7	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.
8	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.
9	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.
10	Подготовка к текущему контролю	Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания / сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. - 89 с.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины «Физические основы измерений и эталоны»

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий:

Семестр	Вид занятия (Л, ПР, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
---------	----------------------------	---	------------------

7	Л	электронные презентации	10
	ПР	-	
	ЛР	решение проблемных ситуаций в составе малых групп.	6
Итого:			16

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины «Физические основы измерений и эталоны» реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проблемная лекция, работа в малых группах) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Текущий контроль осуществляется в устной форме в процессе выполнения лабораторных работ. Промежуточный контроль проводится в виде устного опроса и выполнения лабораторных работ. Итоговый контроль осуществляется приемом экзамена в 1 семестре.

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме заданий для самостоятельного решения, контрольных вопросов к лабораторным работам, и **промежуточной аттестации** в форме вопросов и задач к экзамену.

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 , He , вещества графит; 5 дециметров; $0,254 \text{ мм}^3$, 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 m , Н, 2, с,

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

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

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

1. Приведите к правильному виду следующие результаты измерений:

а) измеренная высота = $5,03 \pm 0,04329$ м;

б) измеренное время = $19,5432 \pm 1$ с;

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

г) измеренная длина волны = $0,000000567 \pm 0,00000007$ м;

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

Последний результат представьте в единицах системы СИ. Для всех результатов рассчитайте относительную погрешность.

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

3. Для величин $a=10,5 \pm 0,1$ и $b=34,4 \pm 0,3$ найти значения $a+b$, $a \cdot b$, $(a^2 - b^2)/ab$, a^2/b^3 .

4. В эксперименте с математическим маятником получены следующие результаты для периода колебаний (T) и амплитуды (A), как угла отклонения маятника:

Амплитуда A , град Период T , с

Амплитуда A , град Период T , с

5 ± 2

$1,932 \pm 0,005$

40 ± 4

$2,01 \pm 0,01$

17 ± 2

$1,94 \pm 0,01$

53 ± 4

$2,04 \pm 0,01$

25 ± 2

$1,96 \pm 0,01$

67 ± 6

$2,12 \pm 0,02$

Проанализируйте результаты измерений. Постройте график зависимости T от A . Сделайте вывод о зависимости T от A .

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

6. Для величины $a=3,0 \pm 0,1$ 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 = $5,03 \pm 0,04329$ м;

б) измеренное время = $19,5432 \pm 1$ с;

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

г) измеренная длина волны = $0,000000563 \pm 0,00000007$ м;

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

Задача № 2.

Результаты пяти измерений плотности жидкости равны (в г/см³): 1,8; 2,0; 2,0; 1,9; 1,8.

Принятое значение для плотности равно 1,85 г/см³.

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_n) и конца (t_k) вращений при помощи часов с погрешностью $\pm 0,1$ 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_n) и конечного (L_k) значения моментов импульса получены следующие попарные значения (в кг·м²/с): $3,0 \pm 0,3$ и $2,7 \pm 0,6$; $7,4 \pm 0,5$ и $8,0 \pm 1$; $14,3 \pm 1$ и $16,5 \pm 1$; 25 ± 2 и 24 ± 2 ; 32 ± 2 и 31 ± 2 ; 37 ± 2 . Рассчитать разности $L_n - L_k$, их погрешности и сделать вывод о соответствии результатов эксперимента закону сохранения импульса.

Задача № 5.

Для начального (L_n) и конечного (L_k) значений моментов импульса равных попарно (в кг·м²/с): $3,0 \pm 0,3$ и $2,7 \pm 0,6$; $7,4 \pm 0,5$ и $8,0 \pm 1$; $14,3 \pm 1$ и $16,5 \pm 1$; 25 ± 2 и 24 ± 2 ; 32 ± 2 и 31 ± 2 ; 37 ± 2 постройте график зависимости L_k от L_n . 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 $\pm 0,05$) и v^2 (м²/с²): 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 . Постройте 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: $1,932 \pm 0,005$ и 5 ± 2 ; $1,94 \pm 0,01$ и 17 ± 2 ; $1,96 \pm 0,01$ и 25 ± 2 ; $2,01 \pm 0,01$ и 40 ± 4 ; $2,04 \pm 0,01$ и 53 ± 4 ; $2,12 \pm 0,02$ 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 $\pm 0,3$ 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_n) и конечную (v_k) 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 ($v_n - v_k$) 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: $11,5 \pm 0,2$ и $25,4 \pm 0,2$ см; 10 ± 1 см и $27,2 \pm 0,1$ с; $0,8$ м $\pm 8\%$ и $1,5$ кг $\pm 2\%$.

Задача №. 12.

Для двух чисел $x = 10 \pm 1$ и $y = 20 \pm 1$ 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 $x=10\pm 8$ и $y=20\pm 15$.

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:

$$(\text{среднее время событий за время } T) = \bar{v} \pm \sqrt{\bar{v}},$$

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

Задача №. 14.

Для величин $a=5\pm 1$ см, $b=18\pm 2$ см, $c=12\pm 1$ см, $t=3,0\pm 0,5$ с и $m=18\pm 1$ 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)* $(5\pm 1) + (8\pm 2) - (10\pm 4)$; *б)* $(5\pm 1) \times (8\pm 2)$; *в)* $(10\pm 1)/(20\pm 2)$ и *г)* $2\pi(10\pm 1)$.

Задача №. 16.

Для величины $t = 8,0 \pm 0,5$ с найти значения и погрешности t^2 , $1/t$ и t^3 .

Задача №. 17.

Какова глубина колодца, если время падения камня в него равно $3,0\pm 0,5$ с? Используйте известное уравнение $h=(1/2)gt^2$.

Задача №. 18.

Для величин $a=50\pm 5$, $b=30\pm 3$, $c=40\pm 1$, $d=7,8\pm 0,3$ 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 $3,0\pm 0,1$. Рассчитать значения ea 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 $-4,3\pm 0,1$. Рассчитать значения ea 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 $-4,5\pm 0,1$. Рассчитать значения $10a$ 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 $3,5 \pm 0,1$. Рассчитать значения $10a$ 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 $p = 1/2$ 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° по Цельсию) дали следующие результаты:

t°	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 «Физические основы измерений и эталоны» 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.**).

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

5.1. Учебная 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>

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 эта-лонных 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 диплом-ную 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, магистер-ской 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>.

5.2. Периодическая литература

1. Успехи химии - российский научный журнал, публикующий обзорные статьи по актуальным проблемам химии и смежных наук.

2. Журнал органической химии - российский научный журнал, публикующий статьи по теоретическим проблемам органической химии, механизмам реакций органических соединений, соотношениям между физическими свойствами, реакционной способностью и строением, по новым реакциям и методам получения органических соединений, по основным проблемам развития важнейших направлений органического синтеза.

3. Журнал общей химии – один из крупнейших российских научных журналов, отражающих основные направления развития химии, публикующий работы, посвящённые актуальным общим вопросам химии и проблемам, возникающим на стыке различных разделов химии, а также на границах химии и смежных с ней наук (металлоорганические соединения, элементоорганическая химия, органические и неорганические комплексы, механохимия, нанохимия и т. д.).

5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных:

1. <http://www.gaussian.com>
2. <http://www.qchem.ru/>
3. <http://www.msg.ameslab.gov/games/>
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 центры: NBS USA, MTI UK, ChLab Japan, NSRDS и др.

Интерактивная база данных книг и журналов SpringerLink.

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru;>
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины «Физические основы измерений и эталоны»

Успешное изучение дисциплины «Физические основы измерений и эталоны» требует от студентов регулярного посещения лекций, а также выполнения и защиты лабораторных работ, ознакомления с основной и дополнительной рекомендуемой литературой.

При подготовке к лекционному занятию студентам рекомендуется:

- 1) просмотреть записи предыдущей лекции и восстановить в памяти ранее изученный материал;
- 2) бегло просмотреть материал предстоящей лекции, с целью лучшего усвоения нового материала;
- 3) самостоятельно проработать отдельные фрагменты темы прошлой лекции, если это необходимо.

При конспектировании лекционного материала студентам нужно стремиться кратко, схематично, последовательно и логично фиксировать основные положения, выводы, обобщения и формулировки, не пытаясь записать весь преподаваемый материал слово в слово.

При подготовке к лабораторному занятию рекомендуется:

- 1) внимательно изучить материал предстоящей работы и составить план ее выполнения;
- 2) уделить повышенное внимание экспериментальным особенностям предстоящей работы (используемым реактивам и оборудованию, а также технике работы с ними);

Выполнять лабораторную работу необходимо аккуратно и последовательно, отражая все ее основные этапы в лабораторном журнале. Для успешной защиты лабораторной работы необходимо тщательно изучить лекционный и, если это необходимо, дополнительный теоретический материал по теме работы, а также правильно заполнить лабораторный журнал, сделав все необходимые расчеты и сформулировав выводы по проделанной работе.

Самостоятельная работа наряду с аудиторной представляет одну из важнейших форм учебного процесса. Самостоятельная работа — это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа предназначена не только для овладения представленной дисциплиной, но и для формирования навыков работы вообще, в учебной, научной, профессиональной деятельности, способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать возникающие проблемы, находить правильные решения и т.д.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) — дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта

между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине «Физические основы измерений и эталоны»

При проведении лабораторных работ используются химические реактивы и посуда.

ПЭВМ уровня не ниже Pentium IV с операционной системой Windows XP / Windows 7, Компьютерная программа Hyper Chemistry.

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория 422С, оснащенная презентационной техникой и соответствующим программным обеспечением.
2.	Семинарские занятия	-
3.	Лабораторные занятия	Аудитория 422С, оснащенная презентационной техникой и соответствующим программным обеспечением и лаборатории факультета, укомплектованные 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.