

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
биологической и медицинской
физики**

Д.В. Кузьмин

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Основы общей и неорганической химии
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Биофизика и биоинформатика Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики департамент молекулярной и биологической физики
курс:	1
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 120 всего, в том числе:

- лекции: 30 час.
- семинары: 30 час.
- лабораторные занятия: 60 час.

Самостоятельная работа: 120 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 270, всего зач. ед.: 6

Программу составили:

- А.В. Инденбом, канд. хим. наук, доцент
- С.В. Силкин, канд. хим. наук
- Е.С. Ширяева, канд. хим. наук

Программа обсуждена на заседании департамента молекулярной и биологической физики 30.03.2024

Аннотация

Учебный курс организован так, чтобы студенты по его окончанию были готовы воспринимать другие курсы химического цикла. Курс состоит из лекций, практикума и семинарских занятий, и составлен по современной схеме без потери фундаментальности старых курсов с одновременным избавлением от их тяжеловесности. Курс нацелен на создание у обучающихся современных представлений о строении вещества, о связи строения и свойств веществ с характером химической связи и с положением составляющих их элементов в Периодической системе; знакомство с принципами, определяющими свойства химических реакций; описание важнейших свойств неорганических соединений и закономерностей их изменения в зависимости от положения составляющих их элементов в Периодической системе.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- понять логику и возможности химии, особенности химического подхода к изучению окружающего мира;
- понимать и использовать язык химических формул и уравнений;
- предсказывать структуру и свойства веществ, их способность взаимодействовать с другими веществами;
- понять движущие силы химических реакций, особенности их протекания и способы управления ими.

Задачи дисциплины

- создание у обучающихся современных представлений о строении вещества, о связи строения и свойств веществ с характером химической связи и с положением составляющих их элементов в Периодической системе;
- знакомство с принципами, определяющими свойства химических реакций;
- знакомство с кинетическим и термодинамическим подходами к описанию химических процессов с целью оптимизации условий их практической реализации;
- описание важнейших свойств неорганических соединений и закономерностей их изменения в зависимости от положения составляющих их элементов в Периодической системе.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.3 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
	ОПК-3.2 Владеет на практике методологией составления научно-технических отчетов (проектов)
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
ПК-2 Способен анализировать полученные в	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины

ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия химии: вещество, химический элемент, атом, молекула, относительные атомная и молекулярная массы, ион, аллотропия, изотопы, химическая связь, электроотрицательность, валентность, степень окисления, моль, молярная масса, молярный объем, растворы, электролит и неэлектролит, электролитическая диссоциация, кислота, основание, окисление и восстановление, тепловой эффект реакции, скорость химической реакции, катализ, химическое равновесие;
- основные законы химии: закон сохранения массы и энергии, кратных отношений, постоянства состава, объемных отношений; кинетический и термодинамический закон действующих масс;
- общие сведения о химическом элементе (название, химический символ, относительная атомная масса);
- положение химического элемента в Периодической системе (порядковый номер, период, группа, подгруппа);
- строение атома элемента (заряд ядра; число протонов и нейтронов в ядре; число электронов;
- электронная конфигурация, распределение электронов по энергетическим уровням, подуровням и атомным орбиталям;
- свойства простого вещества, образуемого данным элементом (металл, неметалл, агрегатное состояние при обычных условиях, тип химической связи в веществе);
- высший оксид и соответствующий ему гидроксид (формулы, валентность и степень окисления элемента в соединении), их кислотно-основные свойства;
- водородное соединение (формула, валентность и степень окисления элемента в соединении); другие соединения элемента (формулы, катионная или анионная форма).

уметь:

- называть неорганические вещества по «тривиальной» или международной номенклатуре;
- определять: валентность и степень окисления химических элементов, тип химической связи в соединениях, заряд иона, характер среды в водных растворах неорганических соединений, окислительные и восстановительные свойства соединения;
- составлять структурные формулы молекул и предсказывать их геометрию;
- характеризовать: элементы в периодах и группах по их положению в Периодической системе Д.И. Менделеева; общие химические свойства металлов, неметаллов, основных классов неорганических соединений;
- объяснять: зависимость свойств веществ от их состава и строения; природу химической связи (ионной, ковалентной, металлической), зависимость скорости химической реакции и положения химического равновесия от различных факторов;
- составлять уравнения и схемы химических реакций и проводить по ним стехиометрические расчеты;
- выполнять химический эксперимент по распознаванию важнейших неорганических веществ и получению простейших веществ;
- проводить самостоятельный поиск химической информации с использованием различных источников (научных изданий, компьютерных баз данных, ресурсов Internet).

владеть:

- методами определения возможности протекания химических превращений в различных условиях и оценки их последствий;
- теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе положения составляющих их элементов в Периодической системе химических элементов;
- способами безопасного обращения с горючими и токсичными веществами;
- основными навыками работы с лабораторным оборудованием;
- методами приготовления растворов заданной концентрации.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Предмет и задачи химии, основные понятия и законы химии	1	1		2
2	Строение атома и периодический закон	2	2		5
3	Химическая связь. Типы химической связи	2	2		5
4	Основы химической термодинамики и кинетики, равновесие	2	2		4
5	Растворы. Способы выражения концентрации, коллигативные свойства растворов	2	2		4
6	Растворы, электролитическая диссоциация	2	2		5
7	Окислительно-восстановительные реакции	2	2		5
8	Химия водорода и галогенов	2	2		5
9	Химия халькогенов	3	3		4
10	Химия пниктогенов	2	2		4
11	Химия элементов 14 группы и бора	2	2		4
12	Химия щелочных, щелочноземельных металлов, алюминия и бериллия	2	2		5
13	Химия комплексных соединений	2	2		5
14	Химия переходных металлов, часть 1 (Ti, V, Cr, Mn; Mo, W)	2	2		5
15	Определение атомной массы неизвестного металла. Приготовление растворов заданной концентрации			6	4
16	Приготовление растворов заданной концентрации			6	4
17	Кислотно-основное равновесие в растворах			6	5
18	Окислительно-восстановительные реакции			6	5
19	Электрохимические процессы			6	5
20	Химия переходных металлов, часть 2 (Fe, Co, Ni), (Cu, Ag, Au), (Zn, Cd, Hg)	2	2		5
21	Химические свойства галогенов и их соединений			6	6
22	Свойства неметаллов IV–VI групп и их соединений			6	6
23	Свойства непереходных металлов и их соединений			6	6
24	Свойства переходных металлов и их соединений			6	6

25	Получение и свойства комплексных соединений			6	6
Итого часов		30	30	60	120
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		270 час., 6 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1. Предмет и задачи химии, основные понятия и законы химии

Структура и язык химии. Вещество. Классификация химических веществ. Химические соединения и их характеристики: строение, состав, свойства. Простые и сложные соединения. Основные классы неорганических соединений: оксиды, кислоты, основания, соли, бинарные соединения. Химические элементы. Атом, атомный номер, относительная атомная масса, изотопы. Радиоактивный распад. Стехиометрические соотношения, эмпирическая и молекулярная формула соединения. Валентность элементов. Нестехиометрические соединения. Аллотропные и полиморфные модификации. Уравнения реакций. Стехиометрические расчеты по уравнениям реакций.

2. Строение атома и периодический закон

Водородоподобные атомы и ионы. Электронные уровни энергии, волновые функции, пространственное распределение электронной плотности. Квантовые числа электрона. Многоэлектронные атомы. Одноэлектронное приближение. Эффективные заряды. Водородоподобные орбитали. Принципы заполнения орбиталей. Периодические свойства элементов: атомные и ионные радиусы, энергия ионизации и сродство к электрону, электроотрицательность по Малликену и Полингу. Периодическая система химических элементов. Структура таблицы Д.И. Менделеева, группы, периоды и блоки. Металлы и неметаллы.

3. Химическая связь. Типы химической связи

Образование химической связи между атомами. Ковалентная связь. Валентность. Правило октета. Структуры Льюиса. Резонансные структуры. Формальный заряд и степень окисления элемента в соединении. Характеристики химической связи – порядок связи, длина, энергия, полярность. Геометрия молекул. Модель отталкивания электронных пар валентных орбиталей (метод Гиллеспи). Теория гибридизации и направленность связей. Метод молекулярных орбиталей (МО). Метод МО в приближении ЛКАО. Корреляционные диаграммы, связывающие, несвязывающие и разрыхляющие орбитали, порядок связи. Электронное строение двухатомных молекул. Понятие о построении МО гетероядерных двухатомных молекул. Межмолекулярные взаимодействия. Водородная связь, ее природа, свойства и роль в жидкостях, молекулярных кристаллах и макромолекулах. Ван-дер-Ваальсова связь, различные виды диполь-дипольных взаимодействий.

4. Основы химической термодинамики и кинетики, равновесие

Классификация химических реакций по термическому эффекту. Энергетическая кривая элементарной химической реакции. Прямая и обратная реакции. Первый закон термодинамики и его применение к химическим реакциям. Энтальпия. Теплота химических реакций при постоянном объеме и при постоянном давлении. Термохимические уравнения реакций. Закон Гесса. Энтальпии образования, сгорания, растворения. Термохимические циклы. Энтропия. Второй закон в применении к химическим процессам. Энергия Гиббса, энтальпийный и энтропийный факторы. Обратимые реакции. Химическое равновесие – определение и общие свойства. Константа равновесия и ее связь с термодинамическими функциями. Принцип Ле Шателье. Термодинамические справочные данные об индивидуальных веществах и химических реакциях.

Энергетический барьер химической реакции. Способы активации реагентов. Формальная запись и механизм реакции. Элементарный акт химической реакции. Скорость химической реакции и ее зависимость от различных факторов. Закон действующих масс. Константа скорости. Правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса. Катализ, его роль в химии.

5. Растворы. Способы выражения концентрации, коллигативные свойства растворов

Растворы, их классификация. Способы выражения состава раствора – мольная и массовая доли, молярная концентрация, моляльность. Полярные и неполярные растворители. Растворимость и ее зависимость от температуры и давления. Коллигативные свойства растворов электролитов и неэлектролитов. Осмотическое давление. Закон Рауля. Изотонический коэффициент. Повышение температуры кипения и понижение температуры замерзания растворов с позиций коллигативных свойств.

6. Растворы, электролитическая диссоциация

Электролитическая диссоциация, электролиты и неэлектролиты. Сильные и слабые электролиты. Степень диссоциации, константа диссоциации. Диссоциация кислот, оснований и солей. Закон разбавления Оствальда. Взаимодействие между ионами в растворе, ионные уравнения реакций. Связывание ионов, направление реакций ионного обмена.

Кислоты и основания по Аррениусу. Кислотность по Бренстеду, сопряженные кислоты и основания. Сильные и слабые кислоты и основания. Константы кислотности и основности. Ступенчатая диссоциация на примере фосфорной кислоты. Вода как кислота и основание. Автоионизация воды, ион гидроксония. pH растворов. Расчет pH растворов слабых кислот и оснований. Гидролиз солей. расчет pH среды буферных растворов и при гидролизе. Буферные растворы. Кислоты и основания по Льюису. Произведение растворимости.

7. Окислительно-восстановительные реакции

Определение степени окисления. Понятия окисления и восстановления. Типичные восстановители и окислители. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций методом электронно-ионного баланса. Окислительно-восстановительные потенциалы. Сопряженные окислители и восстановители. Уравнение Нернста. Диаграммы Латимера. Связь ЭДС с термодинамическими характеристиками. Химические источники тока. Электролиз растворов и расплавов электролитов.

8. Химия водорода и галогенов

Положение водорода и галогенов в Периодической системе. Типичные свойства и степени окисления галогенов. Особенность водорода. Изотопы водорода; их получение и свойства. Ион гидроксония. Гидриды. Промышленные и лабораторные способы получения водорода и галогенов. Химические и физические свойства галогенов. Галогеноводороды. Взаимодействие галогенов с водой. Кислородные соединения галогенов. Получение и химические свойства кислородосодержащих соединений галогенов.

9. Химия халькогенов

Общая характеристика элементов 16 группы Периодической системы элементов. Отличительные свойства кислорода. Химические свойства простых веществ, озон. Халькогениды – получение и химические свойства. Водородные соединения халькогенов. Оксиды и кислородные кислоты серы и селена. Получение и химические свойства кислородосодержащих соединений серы, селена и теллура.

10. Химия пниктогенов

Общая характеристика элементов 15 группы Периодической системы элементов. Типичные степени окисления соединений азота, фосфора, мышьяка и сурьмы. Водородные соединения пниктогенов – способы получения и химические свойства. Соли аммония. Оксиды элементов 15 группы Периодической системы элементов. Получение и химические свойства кислородных кислот азота и фосфора, мышьяка и сурьмы. Получение и химические свойства кислородосодержащих солей азота, фосфора, мышьяка и сурьмы.

11. Химия элементов 14 группы и бора

Общая характеристика элементов 14 группы Периодической системы элементов. Типичные степени окисления этих элементов в соединениях. Углерод, кремний и бор. Особенности строения, физические и химические свойства простых веществ. Аллотропные модификации углерода. Оксиды углерода, угольная кислота и карбонаты. Оксиды кремния и бора, силикаты, бораты. Водородные соединения кремния и бора. Химические свойства соединений олова и свинца.

12. Химия щелочных, щелочноземельных металлов, алюминия и бериллия

Положение металлов в Периодической системе элементов. Общие физические и химические свойства металлов главных подгрупп. Получение и химические свойства щелочных и щелочноземельных металлов. Химические свойства щелочей. Основные свойства р-металлов. Особенности химии алюминия: взаимодействие с водой, щелочами и кислотами, восстановительные свойства. Особенности химии бериллия. Способы разделения бериллия и алюминия.

13. Химия комплексных соединений

Понятие комплексного соединения. Описание комплексных соединений с позиций метода валентных связей (координационная теория Вернера). Типы центральных атомов и лигандов. Геометрическое строение, координационные числа и изомерия комплексов. Теория кристаллического поля. Спектры, окраска и магнитные свойства комплексов. Устойчивость комплексов в растворах. Условия образования и разрушения комплексных соединений. Константа нестойкости комплексных соединений.

14. Химия переходных металлов, часть I (Ti, V, Cr, Mn; Mo, W)

Положение d-металлов в Периодической системе. Электронная конфигурация переходных металлов. Химия элементов подгрупп титана, ванадия, хрома и марганца. Сравнительная характеристика элементов, получение и свойства простых веществ, их соединений с кислородом и галогенами. Сравнение устойчивости, кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений d-элементов в различных степенях окисления. Комплексные соединения данных элементов.

15. Определение атомной массы неизвестного металла. Приготовление растворов заданной концентрации

Лабораторное определение атомной массы неизвестного металла основано на измерении объёма выделившегося газа в ходе его реакции с кислотой:

По известной навеске металла и измеренному объёму водорода рассчитывают эквивалентную массу неизвестного металла, используя закон эквивалентов.

16. Приготовление растворов заданной концентрации

Приготовление 0,1н стандартного раствора HCl. Приготовление 4%-го раствора гидроксида натрия. Определение концентрации раствора гидроксида натрия методом кислотно-основного титрования. Определение массовой доли примеси глюкозы, содержащейся в щавелевой кислоте

17. Кислотно-основное равновесие в растворах

1. Гидролиз солей

Опыт 1. Реакция среды в растворах различных солей

Опыт 2. Необратимый гидролиз

Опыт 3. Факторы, влияющие на степень гидролиза

2. Определение констант кислотности многоосновной кислоты в методе потенциометрического титрования

а) Приготовление пробы ортофосфорной кислоты с концентрацией 0,01 М.

б) Потенциометрическое титрование пробы ортофосфорной кислоты.

3. Буферные растворы

а) Приготовление буферного раствора

б) Изучение свойств буферного раствора

18. Окислительно-восстановительные реакции

Опыт 1. Реакции с участием кислорода воздуха

Опыт 2. Окислительные свойства дихромата калия

Опыт 3. Окислительные свойства ионов металлов в высоких степенях окисления

Опыт 4. Термическое разложение дихромата аммония

Опыт 5. Влияние среды на окислительные свойства перманганата калия

Опыт 6. Окислительные и восстановительные свойства пероксида водорода

Опыт 7. Взаимодействие концентрированной и разбавленной азотной кислоты с металлами и другими восстановителями

Опыт 8. Взаимодействие концентрированной и разбавленной серной кислоты с металлами разной активности

19. Электрохимические процессы

Опыт 1. Сравнение химической активности металлов

Опыт 2. Гальванический элемент

Опыт 3. Определение электродного потенциала $\text{Cu}|\text{Cu}^{2+}$

Опыт 4. Электролиз растворов электролитов

Опыт 5. Гальваническое осаждение металла из раствора

Опыт 6. Определение полярности источника питания с помощью электролиза раствора поваренной соли

20. Химия переходных металлов, часть 2 (Fe, Co, Ni), (Cu, Ag, Au), (Zn, Cd, Hg)

Сравнительная характеристика элементов триады железа, их соединения в различных степенях окисления, комплексы. Общая характеристика платиновых металлов, простые вещества, основные соединения. Сравнительная характеристика элементов группы меди и их соединений в различных степенях окисления. Комплексные соединения 11 группы Периодической системы. Сравнительная характеристика элементов группы цинка, соединения в различных степенях окисления, комплексы.

21. Химические свойства галогенов и их соединений

- Опыт 1. Получение хлора и хлорной воды
- Опыт 2. Окисление иона железа (II) хлором
- Опыт 3. Получение бромной воды и иодной воды
- Опыт 4. Сравнение окислительных свойств галогенов
- Опыт 5. Восстановительная активность галогенид-ионов
- Опыт 6. Качественные реакции на галогенид-ионы
- Опыт 7. Свойства хлората калия
- Опыт 8. Взаимодействие брома и йода со щелочами
- Опыт 9. Сравнение окислительных свойств гипохлоритов, хлоратов и перхлоратов
- Опыт 10. Окисление иодид-ионов
- Опыт 11. Взаимодействие галогенов с металлами

22. Свойства неметаллов IV–VI групп и их соединений

- Опыт 1. Осаждение сульфидов и их свойства
- Опыт 2. Восстановительные свойства сульфидов
- Опыт 3. Получение серы и растворение ее в щелочи
- Опыт 4. Свойства тиосульфатов
- Опыт 5. Взаимодействие концентрированной кислоты с органическими и неорганическими веществами
- Опыт 6. Свойства аммиака
- Опыт 7. Свойства солей аммония
- Опыт 8. Разложение нитрата калия
- Опыт 9. Качественная реакция на анионы
- Качественное обнаружение соединений серы
- Качественное обнаружение соединений азота

23. Свойства непереходных металлов и их соединений

- Опыт 1. Взаимодействие натрия с водой
- Опыт 2. Взаимодействие кальция с водой
- Опыт 3. Свойства раствора гидроксида кальция
- Опыт 4. Окраска пламени солями щелочных и щелочно-земельных металлов
- Опыт 5. Взаимодействие магния с водой
- Опыт 6. Взаимодействие алюминия с разбавленными растворами кислот
- Опыт 7. Взаимодействие алюминия с раствором щелочи
- Опыт 8. Пассивация алюминия
- Опыт 9. Активация алюминия
- Опыт 10. Взаимодействие алюминия с растворами солей
- Опыт 11. Получение гидроксида алюминия и изучение его свойств
- Опыт 12. Гидролиз солей алюминия
- Опыт 13. Выращивание кристаллов алюмокалиевых квасцов

24. Свойства переходных металлов и их соединений

- Опыт 1. Кислотно-основные свойства соединений хрома (III)
- Опыт 2. Окислительно-восстановительные свойства соединений хрома (III)
- Опыт 3. Равновесие «хромат-дихромат» и его зависимость от кислотности среды
- Опыт 4. Окислительные свойства дихромата калия
- Опыт 5. Окислительно-восстановительные свойства марганца и ванадия в высших степенях окисления
- Опыт 6. Разложение перманганата калия

Опыт 7. Химические свойства железа

Опыт 8. Кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства гидроксидов железа (II) и (III)

Опыт 9. Окислительно-восстановительные свойства железа (II) и железа (III)

Опыт 10. Качественные реакции на ионы железа (II) и железа (III)

Опыт 11. Взаимодействие цинка с растворами кислот и щелочей

25. Получение и свойства комплексных соединений

Опыт 1. Получение анионных комплексов (тетраиодовисмутат калия)

Опыт 2. Получение гидроксидных комплексов металлов и их свойства

Опыт 3. Получение катионных комплексов

Опыт 4. Образование комплексных соединений в реакциях обмена

Опыт 5. Сравнение свойств двойной соли и координационного соединения

Опыт 6. Получение двойного комплексного соединения

Опыт 7. Окислительно-восстановительные реакции с участием комплексного иона

Опыт 8. Исследование устойчивости комплексных ионов

Опыт 9. Получение хелатных соединений и изучение их устойчивости

Опыт 10. Осмотические явления в растворе комплексного соединения

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Компьютеризированные лаборатории, оборудованные проектором.

Лабораторные столы в лабораторных помещениях, оборудованных вытяжными шкафами.

Лабораторное оборудование для химанализа и синтеза неорганических веществ.

Химические реактивы.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Основы общей и физической химии [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. В. Еремин, А. Я. Борщевский. — Долгопрудный : Интеллект, 2012. — 848 с.

2. Общая и неорганическая химия [Текст] : учебник для вузов : рек. М-вом обр. РФ / Н. С. Ахметов. — 4-е изд., исправл. — М. : Высшая шк., 2001. — 743 с.

3. Начала химии [Текст], для поступающих в вузы / Н. Е. Кузьменко, В. В. Еремин, В. А. Попков. -М., Лаборатория знаний, 2018

Дополнительная литература

1. Химия элементов [Текст] : в 2 т. Т. 1 / Н. Гринвуд, А. Эрншо ; пер. с англ. В. А. Михайлова [и др.] - М.БИНОМ. Лаб. знаний, 2008

2. Химия элементов [Текст] : в 2 т. Т. 2 / Н. Гринвуд, А. Эрншо ; пер. с англ. Л. Ю. Аликберовой [и др.] - М.БИНОМ. Лаб. знаний, 2008

3. Неорганическая химия / А. В. Шевельков, А. А. Дроздов, М. Е. Тамм, Москва, Лаборатория знаний, 2021

Рекомендованная литература для самостоятельного изучения:

Шрайвер Д., Эткинс П. Неорганическая химия: в 2 т. - М.: Мир, 2004. - 486 с.

Третьяков Ю.Д., Тамм М. Е. Неорганическая химия. Том 1. Физико-химические основы неорганической химии. - М.: Academia, 2008. - 240 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

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

Пакет программ MS Office.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Биофизика и биоинформатика Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики департамент молекулярной и биологической физики
курс:	1
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

Разработчики:

А.В. Инденбом, канд. хим. наук, доцент
С.В. Силкин, канд. хим. наук
Е.С. Ширяева, канд. хим. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.3 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
	ОПК-3.2 Владеет на практике методологией составления научно-технических отчетов (проектов)
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины
	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Основы общей и неорганической химии» обучающийся должен:

знать:

- основные понятия химии: вещество, химический элемент, атом, молекула, относительные атомная и молекулярная массы, ион, аллотропия, изотопы, химическая связь, электроотрицательность, валентность, степень окисления, моль, молярная масса, молярный объем, растворы, электролит и неэлектролит, электролитическая диссоциация, кислота, основание, окисление и восстановление, тепловой эффект реакции, скорость химической реакции, катализ, химическое равновесие;
- основные законы химии: закон сохранения массы и энергии, кратных отношений, постоянства состава, объемных отношений; кинетический и термодинамический закон действующих масс;
- общие сведения о химическом элементе (название, химический символ, относительная атомная масса);
- положение химического элемента в Периодической системе (порядковый номер, период, группа, подгруппа);
- строение атома элемента (заряд ядра; число протонов и нейтронов в ядре; число электронов;
- электронная конфигурация, распределение электронов по энергетическим уровням, подуровням и атомным орбиталям;
- свойства простого вещества, образуемого данным элементом (металл, неметалл, агрегатное состояние при обычных условиях, тип химической связи в веществе);
- высший оксид и соответствующий ему гидроксид (формулы, валентность и степень окисления элемента в соединении), их кислотно-основные свойства;
- водородное соединение (формула, валентность и степень окисления элемента в соединении);
- другие соединения элемента (формулы, катионная или анионная форма).

уметь:

- называть неорганические вещества по «тривиальной» или международной номенклатуре;
- определять: валентность и степень окисления химических элементов, тип химической связи в соединениях, заряд иона, характер среды в водных растворах неорганических соединений, окислительные и восстановительные свойства соединения;
- составлять структурные формулы молекул и предсказывать их геометрию;
- характеризовать: элементы в периодах и группах по их положению в Периодической системе Д.И. Менделеева; общие химические свойства металлов, неметаллов, основных классов неорганических соединений;
- объяснять: зависимость свойств веществ от их состава и строения; природу химической связи (ионной, ковалентной, металлической), зависимость скорости химической реакции и положения химического равновесия от различных факторов;
- составлять уравнения и схемы химических реакций и проводить по ним стехиометрические расчеты;
- выполнять химический эксперимент по распознаванию важнейших неорганических веществ и получению простейших веществ;
- проводить самостоятельный поиск химической информации с использованием различных источников (научных изданий, компьютерных баз данных, ресурсов Internet).

владеть:

- методами определения возможности протекания химических превращений в различных условиях и оценки их последствий;
- теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе положения составляющих их элементов в Периодической системе химических элементов;
- способами безопасного обращения с горючими и токсичными веществами;
- основными навыками работы с лабораторным оборудованием;
- методами приготовления растворов заданной концентрации.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль успеваемости состоит в решении задач контрольных работ и домашних заданий.

Примеры заданий из контрольных работ и домашних заданий.

1. Среди указанных наборов квантовых чисел укажите тот, который корректно определяет состояние электрона в атоме. Ответ поясните. Для данного набора квантовых чисел укажите элемент, имеющий 1 электрон на данном энергетическом подуровне.

Как изменяется 1-й потенциал ионизации в ряду Na-Mg-Al? Ответ поясните. Набор n l ml ms

1 3 -2 1 +1/2

2 4 2 -3 +1/2

3 4 1 1 +1/2

2. а) Постройте схему молекулярных орбиталей для молекулы F₂.

- Для частиц F₂[—], F₂, F₂⁺, вычислите кратность связи и укажите их магнитные свойства (диамагнитны или парамагнитны).

- Приведите пример гетероатомной частицы, изоэлектронной частице F₂²⁺ и состоящей из атомов элементов второго периода.

б) Используя модель Гиллеспи, опишите геометрическое строение молекулы XeF₄:

- изобразите координационный полиэдр,
- определите качественно (>, <, =) углы (90°, 109°28', 120°, 180°) между связями,
- приведите пример пятиатомной молекулы, имеющей другое пространственное строение.

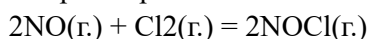
3. При растворении в воде 1.42 г кристаллогидрата LiNO₂·H₂O получено 100 г раствора с плотностью d = 1.01 г/см³. Для указанного раствора определите:

а) процентную концентрацию соли (масс.%);

б) значение pH при T = 298 К, если константа диссоциации HNO₂ равна 5.1·10⁻⁴. Напишите в ионной форме уравнение протолитической реакции, укажите сопряженные пары кислот и оснований.

4. Определите концентрацию насыщенного раствора (моль/л) CaF₂. К_{сп} = 4.0·10⁻¹¹. Плотность раствора примите 1 г/мл, T = 298 К. Какое осмотическое давление оказывает этот раствор, если степень диссоциации равна 1?

5. При нагревании смеси газообразных NO и Cl₂ в результате протекания реакции



при температуре 350 С в системе установилось равновесие. Парциальные давления компонентов при этом составили $p(\text{NOCl})=380.0$ мм рт.ст., $p(\text{NO})=600.8$ мм рт.ст., $p(\text{Cl}_2)=304.0$ мм рт.ст.

Считая, что $\Delta_r H^0$ и $\Delta_r S^0$ не зависят от температуры Т,

а) определите K_p данной реакции при температуре 350 С;

б) определите $\Delta_r G^0(T)$ при температуре 350 С.

в) Дайте обоснованный ответ:

- как изменяется энтропия (увеличивается или уменьшается) в ходе этой реакции?
- как изменяется энтальпия (увеличивается или уменьшается) в ходе этой реакции?

г) Изобразите схематически зависимость $\Delta_r G^0$ от Т для этой реакции. Выделите область температур, в которой $K_p > 1$.

Типичные вопросы коллоквиумов:

Тема: Строение атома и периодический закон

- 1) Написать полную электронную конфигурацию для любого атома.
- 2) Определить количество нуклонов в атомном ядре заданного изотопа.
- 3) Определить возможные валентности и степени окисления химического элемента по его положению в Периодической системе.
- 4) Определить степени окисления элемента в соединении.

Тема: Химическая связь

- 1) Определить тип связи в химическом соединении.
- 2) Изобразить структурные формулы химических соединений молекулярного строения.

Тема: Основы физической химии

- 1) Рассчитывать $\Delta_r H^0$, $\Delta_r S^0$, $\Delta_r G^0$ для заданных химических реакций по справочным данным.
- 2) Записать выражение для константы равновесия реакции
- 3) Перечислить параметры, от которых зависит скорость реакции. Как их изменение влияет на скорость реакции?

Тема: Растворы

- 1) Рассчитать концентрацию раствора в массовых и мольных долях, находить молярную концентрацию.
- 2) Выразить концентрацию раствора различными способами и выполнить пересчет из одного способа выражения концентрации в другой.
- 3) Рассчитать pH раствора для сильных и слабых кислот и оснований.
- 4) Записать уравнение гидролиза и вычислить pH раствора заданной соли.

Тема: Окислительно-восстановительные реакции (ОВР)

- 1) Определить окислитель и восстановитель в ОВР.
- 2) Уравнять ОВР методом электронно-ионного баланса.
- 3) Рассчитать стандартный потенциал полуреакции E^0 .
- 4) Рассчитать потенциал полуреакции E , используя уравнение Нернста.

Тема: Химия элементов

- 1) Сравнить свойства элементов в подгруппе Периодической системы.
- 2) Привести способы получения простого вещества заданного элемента.
- 3) Привести основные реакции, характеризующие химические свойства элемента (взаимодействия простого вещества с кислотами, щелочами и водой).
- 4) Перечислить характерные степени окисления для заданной группы элементов.

Тема: Химия координационных соединений

- 1) Определить КЧ, геометрию и заряд центрального атома для любого координационного соединения.
- 2) Уметь по названию записывать формулу координационного соединения и наоборот.
- 3) Представить электронное строение координационного соединения с позиций ТКП.
- 4) Объяснить магнитные и спектральные свойства комплексных соединений с позиций ТКП.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Примеры экзаменационных билетов:

Пример 1

1. Ковалентная связь. Валентный. Правило октета. Структуры Льюиса. Резонансная структура. Формальный заряд и степень окисления элемента в соединении. Характеристики химической связи-порядок связи, длина, энергия, полярность.
2. Бренстед кислотность, конъюгированные кислоты и основания. Вода как кислота и основание. Автоионизация воды, Ион гидроксония. pH растворов. Расчет pH растворов слабых кислот и оснований. Гидролиз солей. Буферный раствор.
3. Определите неизвестное вещество и предложите химические уравнения по схеме
 $\text{Na} \rightarrow \text{X} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Y} \rightarrow \text{Na}_2\text{S}$

Пример 2

1. Скорость химической реакции и ее зависимость от различных факторов. Закон массового действия для элементарных реакций. Константа скорости.
2. Закономерности изменения радиусов, металлических свойств, а также кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств оксидов и гидроксидов элементов в боковых подгруппах.
3. Образуется ли осадок при сливании равных объемов 0,01 м раствора хлорида натрия и 0,002 м нитрата свинца? Ионный продукт $\text{PbCl}_2 = 2 \cdot 10^{-5}$

Пример 3

1. Энтропия. Второй закон применим к химическим процессам. Энергия Гиббса, энтальпия и энтропийные факторы.
2. Алюминий: находясь в природе, получая, взаимодействуя с водой, щелочами и кислотами, восстанавливающие свойства. Диагональное сходство с бериллием.
3. Определите неизвестное вещество и предложите химические уравнения по схеме
 $\text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}_2\text{O} \rightarrow \text{X} \rightarrow \text{CuCl} \rightarrow \text{Y} \rightarrow \text{Cu}$

Пример 4

1. Кислоты и основания Аррениуса. Сильные и слабые кислоты и основания. Константы кислотности и основности. Многоосновные кислоты и основания.
2. Свойства Co и Ni – препарата, стабильные состояния окисления, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства соединений.
3. Предложите химический способ разделения сплава цинка и олова и получения каждого металла в индивидуальном состоянии.

Примеры вопросов и задач из экзаменационных билетов:

1. Среди указанных наборов квантовых чисел укажите тот, который корректно определяет орбиталь атома:

n	l	m _l
1	1	0
2	1	0
2	0	1

- А) Определите химический элемент, имеющий всего один электрон на этом подуровне.
- Б) Напишите полную электронную конфигурацию атома этого элемента.

2. Постройте схему молекулярных орбиталей для молекулы C₂.

- А) Для частиц C₂, C₂⁻, C₂²⁻ вычислите кратность связи.
 - Б) Расположите указанные частицы в порядке увеличения межъядерного расстояния.
 - В) Укажите, какие из данных частиц парамагнитны.
 - Г) Приведите пример гетероатомной частицы, изоэлектронной иону C₂²⁻ и состоящей из атомов элементов второго периода.
3. Опишите строение молекулы BrF₅ в терминах модели Гиллеспи, укажите координационный полиэдр центрального атома.

4. При нагревании NOCl протекает реакция



При температуре 450 С в системе установилось равновесие, которому отвечают следующие значения парциальных давлений компонентов $p(\text{NO})=0.589$ атм, $p(\text{Cl}_2)=0.294$ атм, $p(\text{NOCl})=0.117$ атм. При этом общий объем системы составил 1 л.

При охлаждении системы до 300 С объем системы уменьшился до 710 мл ($p=1$ атм). Считая, что $\Delta_r H^0$ и $\Delta_r S^0$ не зависят от температуры T ,

А) определите K_p данной реакции при температуре 450 С,

Б) определите $\Delta_r G^0(T)$ при температуре 450 С.

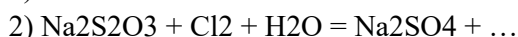
В) Как изменяется энтропия (увеличивается или уменьшается) в ходе этой реакции? Дайте обоснованный ответ.

Г) Определите знак энтальпии ($\Delta_r H^0$) этого процесса.

Д) Изобразите схематически зависимость $\Delta_r G^0(T)$ для этой реакции от температуры.

5. Сколько г $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ надо взять, чтобы получить 100 г 0.78%-ного водного раствора? Определите значение pH этого раствора ($d=1\text{ г/см}^3$) при 25оС. $K_a(\text{HS}^-)=10^{-13}$. Протолитическая реакция иона S^{2-} протекает только по первой ступени. Напишите в ионной форме уравнение этой реакции. Определите температуру начала замерзания этого раствора. Считайте диссоциацию соли полной. $K(\text{H}_2\text{O})=1.86$.

6. Используя метод электронно-ионного баланса, напишите уравнения следующих реакций:



7. 1) Используя диаграмму Латимера ($\text{pH}=14$)

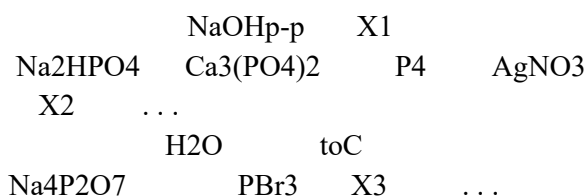
0.37В 0.29В 0.68В 0.42 В 1.36В

$\text{ClO}_4^- \text{-----} > \text{ClO}_3^- \text{-----} > \text{ClO}_2^- \text{-----} > \text{ClO}^- \text{-----} > \text{Cl}_2 \text{-----} > \text{Cl}^-$, определите

а) термодинамическую возможность диспропорционирования ClO_2^- с образованием Cl^- и ClO_3^- при $\text{pH}=14$. Ответ подтвердите расчетом э.д.с. реакции. Напишите уравнение возможной реакции;

б) будет ли KOCl взаимодействовать в растворе с KI при $\text{pH}=9$ и температуре 25 С, если $E^\circ(\text{IO}_3^-/\text{I}^-) = 0.26$ В? Напишите уравнение возможной реакции. Ответ подтвердите расчетом э.д.с. реакции. Считайте активности всех других веществ, участвующих в реакции, кроме OH^- , равными 1.

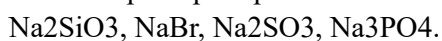
8. Напишите уравнения реакций следующих превращений, используя для каждого превращения минимальное число стадий.



Xi -вещества, содержащие фосфор.

Для выделенной стадии напишите электронно-ионные уравнения полуреакций.

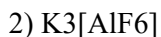
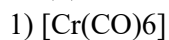
9. В четырех пробирках без этикеток находятся растворы следующих соединений:



Используя характерные реакции для каждого аниона, определите содержимое каждой пробирки. Напишите уравнения всех предложенных Вами реакций и условия их проведения.

10. Предложите способ получения и выделения SOCl_2 , используя в качестве единственных источников серы и хлора кристаллические сульфат натрия и хлорат калия, соответственно. Напишите уравнения всех предложенных Вами реакций и укажите условия их проведения.

11. Дайте названия комплексам, укажите центральный атом и его координационное число



12. а) Для комплексных октаэдрических ионов $[\text{CrF}_6]^{3-}$ и $[\text{MoF}_6]^{3-}$

1) укажите полную электронную конфигурацию центральных ионов ($1s^2 2s^2 2p^6 \dots$);

2) изобразите, соблюдая масштаб, диаграммы расщепления d-орбиталей центральных ионов (ТКП) и распределение электронов на этих орбиталях;

3) укажите, у какого из этих ионов величина энергии расщепления (D) больше, объясните причину;

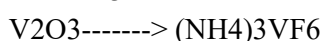
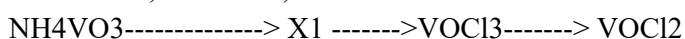
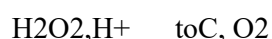
4) рассчитайте энергию стабилизации кристаллическим полем (ЭСКП) для каждого комплексного иона;

5) на основании пунктов 3) и 4) объясните, какой из этих ионов термодинамически более устойчив;

6) рассчитайте величину эффективного магнитного момента ($\mu_{\text{эфф.}}$) (чисто спиновой составляющей) иона $[\text{CrF}_6]^{3-}$.

б) Нарисуйте все возможные геометрические изомеры октаэдрического комплекса $[\text{V}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Br}_2]^+$.

13. Напишите уравнения химических реакций и укажите условия их проведения (X_i - вещества, содержащие ванадий):

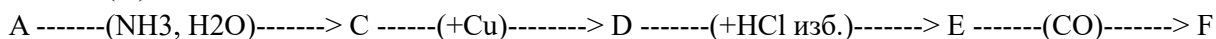
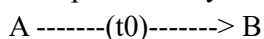


14. В вашем распоряжении имеется водный раствор смеси следующих соединений:



Разделите эту смесь химическим путем и выделите каждое вещество в индивидуальном виде.

15. При прокаливании черного оксида металла А содержащего 20% кислорода по массе при высокой температуре образуется красно-коричневое соединение В. Вещество А растворяется в растворе аммиака с образованием темно-синего раствора вещества С. При внесении в раствор С порошка металлической меди и длительном выдерживании без доступа воздуха он обесцвечивается, при этом получается раствор соединения Д. При постепенном добавлении к раствору Д концентрированной соляной кислоты выпадает белый осадок, который затем растворяется, образуя раствор Е. Этот раствор может поглотить некоторое количество угарного газа, при его пропускании образуя вещество Ф. Определите вещества А-Ф, напишите уравнения всех реакций и укажите условия их проведения.



Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется один академический час (45 минут) на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене проводится до тех пор, пока экзаменаторы не убедятся в объективности выставяемой оценки, но не должен превышать одного астрономического часа.

Дифференцированный зачет в 1 семестре выставляется на основе оценок за мероприятия текущего контроля (контрольные работы, домашние задания, коллоквиум).

Дифференцированный зачет во 2 семестре выставляется на основе оценок за лабораторные и контрольные работы после обязательного выполнения и защиты обучающимся всех предусмотренных программой лабораторных работ. При выставлении оценок за лабораторные работы учитываются полнота и ясность объяснения наблюдаемых в экспериментах явлений, корректность обработки и интерпретации результатов измерений, оформление отчета, качество ответов на дополнительные вопросы по теме работы.