

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Матвеев П.В.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ХИМИЯ

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование технологических процессов производства авиационных, ракетных двигателей и энергетических установок
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	О4 ФИЗИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
1	2	4	144	51	17	34	0	93	0	0	93	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра О4 ФИЗИКА
Фатина Александра Анатольевна, старший преподаватель

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **О4 ФИЗИКА**

Заведующий кафедрой Федоров Д.Л., д.ф.-м.н., проф.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ХИМИЯ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-5

знания:

на уровне представлений:

- основные понятия, законы и модели химии, знания о периодической системе элементов, моделях химической связи;
- о реакционной способности веществ, их кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойствах);
- о методах теоретических и экспериментальных исследований веществ и их превращений;
- химической термодинамике, термодинамических функциях состояния, энергетике химических процессов, химическом и фазовом равновесии, кинетических явлениях: скорости реакций и методах ее регулирования;

на уровне воспроизведения:

- пользоваться химическими приборами и реактивами с соблюдением техники безопасности; готовить растворы с заданной концентрацией;
- обрабатывать результаты, полученные в результате химического ;
- представлять результаты исследования в графической форме;
- интерпретировать экспериментальные данные на основе химических законов ;
- выполнять термодинамические и кинетические расчеты;

на уровне понимания:

- химические системы: растворы, дисперсные системы, электрохимические системы, катализаторы и каталитические системы, полимеры и олигомеры;
- химическую термодинамику и кинетику: энергетiku химических процессов, химическое и фазовое равновесие, скорость реакции и методы ее регулирования;
- химию и периодическую систему элементов, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства веществ;
- строение атома и химическую связь;

умения:

- производить поиск решения практических задач и использованием научной литературы и публикаций в научных журналах и интернете, использовать математические методы для решения типовых задачи по основным разделам курса;

- оценивать численные порядки величин, характерных для различных разделов химии ;

- пользоваться таблицами значений термодинамических функций;

- оценивать кинетические и термодинамические параметры процессов и факторы, влияющие на них;

- оценивать возможность протекания электрохимических процессов при разработке и эксплуатации изделий ;

- при выборе конструкционных и специальных материалов оценивать их химическую активность и возможность взаимодействия с компонентами окружающей или рабочей среды;

навыки:

В результате прохождения химического практикума студент получает навыки соблюдения правил техники безопасности при работе с химическими веществами, способов приготовления растворов с заданными концентрациями, умения сводить материальный и электронный баланс химических процессов, производить количественные расчеты химических процессов, использования простейших методов качественного и количественного анализа, расчет тепловых эффектов химических реакций и определения условий самопроизвольного протекания химических процессов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ХИМИЯ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, ТЕРМОДИНАМИКА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-7 — Способен критически и системно анализировать достижения отрасли двигателестроения и энергетической техники и способы их применения в профессиональном контексте

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ОПК-5
1	2	Раздел 1. Основные понятия химии. 1.1 Химические формулы. Валентность. Степень окисления. Типы химических реакций. 1.2 Оксиды, гидроксиды. Амфотерность. Соли. Окислительно-восстановительные реакции. 1.3 Количественные расчеты. Молярная масса. Закон эквивалентов.	19	8	0	8	11	10
1	2	Раздел 2. Строение атома. 2.1 Дуализм объектов микромира. Основные положения квантовой химии. Вероятностный характер законов. Понятие об электронной орбитали. Границы применимости квантовой механики в химии. Уравнение Шредингера. 2.2 Основные и возбужденные состояния в атоме водорода. s-, p-, d-, f-орбитали. Квантовые числа. Многоэлектронные атомы. Принцип Паули. Правило Хунда. Периодическая система Д.И. Менделеева. Основные физико-химические свойства элементов.	11	4	2	2	7	10
1	2	Раздел 3. Химическая связь. 3.1 Параметры связи в молекуле. Типы связи. Связывающие и разрыхляющие орбитали. Двухатомные гомо- и гетероядерные молекулы. Основы метода валентных связей. Гибридизация. 3.2 Метод молекулярных орбиталей. Химическая связь в твердом теле. Структура твердого тела и химическая связь. Идеальные и реальные кристаллы. 3.3 Типы кристаллов, ионные и металлические кристаллы. Наноструктуры.	11	4	2	2	7	10
1	2	Раздел 4. Основы термодинамики физико-химических процессов. 4.1 Особенности термодинамики как науки. Химическая термодинамика. Основные понятия. Термодинамические функции состояния. Внутренняя энергия. 4.2 Обратимые и необратимые процессы. Термодинамическое равновесие. 4.3 Первое начало термодинамики. Энтальпия. Закон Гесса и его следствия. Второе начало термодинамики. Энтропия. 4.4 Термодинамические условия для самопроизвольного протекания процессов и равновесного состояния систем. Свободная энергия Гиббса и Гельмгольца. Таблицы термодинамических функций.	13	4	2	2	9	10
1	2	Раздел 5. Раздел 5. Основы кинетики физико-химических систем. 5.1 Основные понятия, постулаты и границы применимости химической кинетики. Элементарные и сложные реакции. Скорость, порядок и молекулярность химической реакции. 5.2 Энергия активации химической реакции и ее физический смысл. Катализ. Физический смысл константы скорости. Особенности протекания реакций в газах, жидкостях, твердых телах и на границе раздела фаз. Горение и взрыв.	17	6	2	4	11	10
1	2	Раздел 6. Раздел 6. Химическое равновесие. 6.1 Химическое равновесие и физический смысл константы равновесия. Принцип Ле-Шателье. Константы равновесия и термодинамические функции. 6.2 Равновесие в газовых системах. Равновесие в жидкостях: электролитическая диссоциация (степень и константа диссоциации), сильные и слабые электролиты. 6.3 Ионное произведение воды, водородный показатель, гидролиз, произведение растворимости. 6.4 Фазовые равновесия. Правило фаз Гиббса. Диаграмма состояния одно и многокомпонентной системы. Эбуллиоскопические и криоскопические свойства растворов. Осмос.	13	4	2	2	9	10
1	2	Раздел 7. Раздел 7. Электрохимические процессы. 7.1 Равновесия в системе металл - электродит. Стандартный электродный и окислительно-восстановительный потенциал. 7.2 Уравнение Нернста. ЭДС электрохимической цепи. Химические источники тока. 7.3 Электролиз. Применение электролиза.	15	6	0	6	9	10
1	2	Раздел 8. Раздел 8. Коррозионные процессы. 8.1 Типы коррозии. Химическая и электрохимическая коррозия металлов. 8.2 Механизмы, факторы, влияющие на скорость коррозии, способы защиты.	11	3	1	2	8	10
1	2	Раздел 9. Раздел 9. Аналитическая химия. 9.1 Теоретические основы аналитической химии. 9.2 Химические и физико-химические методы анализа.	11	4	2	2	7	10
1	2	Раздел 10. Раздел 10. Высокомолекулярные соединения. 10.1 Строение и свойства полимеров. Методы получения полимеров. 10.2 Силы Ван-дер-Ваальса. Водородная связь. 10.3 Органические и неорганические полимеры. Биополимеры.	12	4	2	2	8	5
1	2	Раздел 11. Раздел 11. Дисперсные системы. 11.1 Поверхностные явления и адсорбция. 11.2 Дисперсные и коллоидные системы. Их классификация, строение и свойства.	11	4	2	2	7	5
Всего за 2 семестр			144	51	17	34	93	100
Всего по дисциплине			144	51	17	34	93	100

3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основные понятия химии.	Химические формулы. Валентность. Степень окисления. Типы химических реакций. 2 Оксиды, гидроксиды. Амфотерность.	2
2		Соли. Окислительно-восстановительные реакции.	2
3		Количественные расчеты. Молярная масса. Закон эквивалентов.	2
4		Основные классы неорганических соединений	2

5	Раздел 2. Строение атома.	Строение атома	2
6	Раздел 3. Химическая связь.	Метод валентных связей. Гибридизация.	1
7		Метод молекулярных орбиталей. Кратность связи.	1
8	Раздел 4. Основы термодинамики физико-химических процессов.	Термодинамические условия для самопроизвольного протекания процессов.	1
9		Тепловой эффект химической реакции.	1
10	Раздел 5. Раздел 5. Основы кинетики физико-химических систем.	Кинетика химических реакций. Вычисление кинетических параметров реакции	2
11		Кинетика химических реакций. Определение кинетических параметров реакции	2
12	Раздел 6. Раздел 6. Химическое равновесие.	Равновесие в растворах: гидролиз, произведение растворимости. Фазовые равновесия	2
13	Раздел 7. Раздел 7. Электрохимические процессы.	Гальванический элемент. ЭДС электрохимической цепи.	2
14		Электролиз. Применение электролиза	2
15		Равновесия в системе металл - электролит. Стандартный электродный и окислительно-восстановительный потенциал. Уравнение Нернста.	2
16	Раздел 8. Раздел 8.	Химическая коррозия	1
17	Коррозионные процессы.	Электрохимическая коррозия	1
18	Раздел 9. Раздел 9.	Качественный анализ	1
19	Аналитическая химия.	Количественный анализ	1
20	Раздел 10. Раздел 10. Высокомолекулярные соединения.	Свойства полимеров	2
21	Раздел 11. Раздел 11. Дисперсные системы.	Свойства коллоидных систем	2
Всего за 2 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основные понятия химии.	Выполнение домашнего задания. Составление реакций	3
2		Выполнение домашнего задания. Количественные расчеты по химическим реакциям	3
3		Подготовка к лабораторной работе "Основные классы неорганических соединений"	2
4		Составление отчета по лабораторной работе "Основные классы неорганических соединений"	3
5	Раздел 2. Строение атома.	Подготовка к лекции Изучение вопросов п.п.2.1, 2.2	4
6		Составление конспекта	3
7	Раздел 3. Химическая связь.	Подготовка к лекции: Изучение теоретического материала п. п. 3.1, 3.2, 3.3. Составление конспекта	4
8		Выполнение домашнего задания: Изучение теоретического материала п. п. 3.1, 3.2. Расчет параметров молекул методами ВС и МО.	3
9	Раздел 4. Основы термодинамики физико-химических процессов.	Подготовка к лекции: Подготовка к лекциям по вопросам 4.1, 4.2, 4.3, 4.4	5
10		Выполнение домашнего задания: Расчет теплового эффекта реакции. Определение направления самопроизвольного протекания реакции	4
11	Раздел 5. Раздел 5. Основы кинетики физико-химических систем.	Подготовка к лекции: Изучение вопросов п.п. 5.1, 5.2 Составление конспекта	3
12		Подготовка к лабораторной работе "Кинетика химических реакций":	2
13		Выполнение домашнего задания: Вычисление кинетических параметров реакции	3
14		Оформление отчета по лабораторной работе "Кинетика	3

		химических реакций": Построение графиков, вычисление коэффициента Вант-Гоффа, энергии активации.	
15		Подготовка к лекциям по вопросам 6.1, 6.2, 6.3, 6.4	4
16	Раздел 6. Раздел 6. Химическое равновесие.	Выполнение домашнего задания: Составление уравнений гидролиза. Расчет констант равновесия. Расчет равновесных параметров	5
17		Подготовка к лабораторной работе "Электролиз": Изучение теоретического материала п. п. 7.1, 7.2 и 7.3	2
18	Раздел 7. Раздел 7. Электрохимические процессы.	Выполнение домашнего задания: Вычисления ЭДС гальванического элемента. Решение задач по электролизу	3
19		Оформление отчета по лабораторной работе "Электролиз": Описание наблюдений, составление реакций	4
20		Выполнение домашнего задания "Электрохимическая коррозия". Составление реакций	3
21	Раздел 8. Раздел 8. Коррозионные процессы.	Подготовка к лабораторной работе "Электрохимическая коррозия". Изучение теоретического материала п. п. 8.1 и 8.2	2
22		Оформление отчета по лабораторной работе "Электрохимическая коррозия" Описание наблюдений, составление реакций	3
23	Раздел 9. Раздел 9. Аналитическая химия.	Подготовка к лабораторной работе "Химический анализ". Изучение теоретического материала п. п. 9.1 и 9.2	3
24		Оформление отчета по лабораторной работе "Химический анализ" Описание наблюдений. Расчет концентраций	4
25	Раздел 10. Раздел 10. Высокомолекулярные соединения.	Подготовка к лекции: Изучение вопросов п. п. 10.1, 10.2	4
26		Составление конспекта	4
27	Раздел 11. Раздел 11. Дисперсные системы.	Подготовка к лекции: Изучение вопросов п. п. 11.1, 11.2	3
28		Составление конспекта	4
Всего за 2 семестр			93

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2			ДЗ	ДЗ	Отч. по ЛР	ДР	ДЗ	Отч. по ЛР	ДЗ	ДР	Отч. по ЛР	Отч. по ЛР		Отч. по ЛР		ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ДЗ – домашнее задание;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- домашнее задание;
- отчет по ЛР;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Барунин, А. П. Киселёв, Д. С. Маслобоев. . Основные классы неорганических соединений. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023, эл. рес.
2. А. А. Барунин, А. П. Киселёв, Д. С. Маслобоев. . Основные классы неорганических соединений. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023, 46 экз.
3. А. А. Барунин, В. Н. Лебедев, А. А. Фатина. . Основные классы неорганических соединений. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, эл. рес.
4. А. А. Барунин, В. Н. Лебедев, А. А. Фатина. . Основные классы неорганических соединений. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 187 экз.
5. А. А. Барунин, В. Н. Лебедев, Д. С. Маслобоев. . Коррозия металлов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, эл. рес.
6. А. А. Барунин, В. Н. Лебедев, Д. С. Маслобоев. . Коррозия металлов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 71 экз.
7. А. А. Барунин, Д. С. Маслобоев. . Термодинамические расчёты. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, эл. рес.
8. А. А. Барунин, Д. С. Маслобоев. . Термодинамические расчёты. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 166 экз.
9. А. А. Барунин, Д. С. Маслобоев, А. А. Фатина. . Высокомолекулярные соединения. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 163 экз.
10. А. А. Барунин, Д. С. Маслобоев, А. А. Фатина. . Высокомолекулярные соединения. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, эл. рес.
11. А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников. . Основы общей химии. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.
12. А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников. . Основы общей химии. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, 538 экз.
13. А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников, А. А. Фатина. . Поверхностные явления и дисперсные системы. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 56 экз.
14. А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников, А. А. Фатина. . Поверхностные явления и дисперсные системы. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, эл. рес.
15. А. П. Киселёв, А. А. Фатина, А. А. Барунин. . Методы аналитической химии. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022, эл. рес.
16. А. П. Киселёв, А. А. Фатина, А. А. Барунин. . Методы аналитической химии. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022, 26 экз.
17. А. П. Киселёв, А. А. Фатина, А. А. Барунин. . Стехиометрические расчёты. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, эл. рес.
18. А. П. Киселёв, А. А. Фатина, А. А. Барунин. . Стехиометрические расчёты. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 73 экз.
19. А. П. Киселёв, В. Н. Лебедев, А. А. Фатина. . Кинетика химических реакций. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, эл. рес.
20. А. П. Киселёв, В. Н. Лебедев, А. А. Фатина. . Кинетика химических реакций. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 174 экз.
21. В. Н. Лебедев, А. А. Фатина. . Аналитическая химия. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, эл. рес.
22. В. Н. Лебедев, А. А. Фатина. . Аналитическая химия. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 58 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;

2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Библиотечно-издательский центр БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова; — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Лабораторные занятия:

1. Лабораторное оборудование для проведения работ по основным классам неорганических соединений, химической кинетике и равновесиям, электрохимии.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ХИМИЯ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.02 *Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете О Естественнотехнический БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой О4 ФИЗИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-5 Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с формированием у студентов знаний в области общей и неорганической химии; изучением основных законов химии, возможностей химической науки и технологии.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- домашнее задание;
- отчет по ЛР;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**93 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Основные понятия химии.		
Выполнение домашнего задания. Составление реакций	А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников. . Основы общей химии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (1) А. А. Барунин, А. П. Киселёв, Д. С. Маслобоев. . Основные классы неорганических соединений: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (все)	3
Выполнение домашнего задания. Количественные расчеты по химическим реакциям	А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников. . Основы общей химии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (1) А. П. Киселёв, А. А. Фатина, А. А. Барунин. . Стехиометрические расчёты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (все)	3
Подготовка к лабораторной работе "Основные классы неорганических соединений"	А. П. Киселёв, А. А. Фатина, А. А. Барунин. . Стехиометрические расчёты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (все) А. А. Барунин, В. Н. Лебедев, А. А. Фатина. . Основные классы неорганических соединений: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (все)	2
Составление отчета по лабораторной работе "Основные классы неорганических соединений"	А. А. Барунин, А. П. Киселёв, Д. С. Маслобоев. . Основные классы неорганических соединений: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (все) А. А. Барунин, В. Н. Лебедев, А. А. Фатина. . Основные классы неорганических соединений: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (все)	3
Итого по разделу 1		11
Раздел 2. Строение атома.		
Подготовка к лекции Изучение вопросов п.п.2.1, 2.2	А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников. . Основы общей химии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (2) А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников. . Основы общей химии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (2)	4
Составление конспекта		3

Итого по разделу 2		7
Раздел 3. Химическая связь.		
Подготовка к лекции: Изучение теоретического материала п. п. 3.1, 3.2, 3.3. Составление конспекта	А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников. . Основы общей химии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (3,4)	4
Выполнение домашнего задания: Изучение теоретического материала п. п. 3.1, 3.2. Расчет параметров молекул методами ВС и МО.	А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников. . Основы общей химии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (3,4)	3
Итого по разделу 3		7
Раздел 4. Основы термодинамики физико-химических процессов.		
Подготовка к лекции: Подготовка к лекциям по вопросам 4.1, 4.2, 4.3, 4.4	А. А. Барунин, Д. С. Маслобоев. . Термодинамические расчёты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (все)	5
Выполнение домашнего задания: Расчет теплового эффекта реакции. Определение направления самопроизвольного протекания реакции	А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников. . Основы общей химии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (5) А. А. Барунин, Д. С. Маслобоев. . Термодинамические расчёты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (все) А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников. . Основы общей химии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (5)	4
Итого по разделу 4		9
Раздел 5. Основы кинетики физико-химических систем.		
Подготовка к лекции: Изучение вопросов п.п. 5.1, 5.2 Составление конспекта	А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников. . Основы общей химии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (6)	3
Подготовка к лабораторной работе "Кинетика химических реакций":	А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников. . Основы общей химии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (6)	2
Выполнение домашнего задания: Вычисление кинетических параметров реакции	А. П. Киселёв, В. Н. Лебедев, А. А. Фатина. . Кинетика химических реакций: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (все)	3
Оформление отчета по лабораторной работе "Кинетика химических реакций": Построение графиков, вычисление коэффициента Вант-Гоффа, энергии активации.	А. П. Киселёв, В. Н. Лебедев, А. А. Фатина. . Кинетика химических реакций: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (все)	3
Итого по разделу 5		11
Раздел 6. Химическое равновесие.		
Подготовка к лекциям по вопросам 6.1, 6.2, 6.3, 6.4	А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников. . Основы общей химии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (7)	4
Выполнение домашнего задания: Составление уравнений гидролиза. Расчет констант равновесия. Расчет равновесных параметров	А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников. . Основы общей химии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (7)	5
Итого по разделу 6		9
Раздел 7. Электрохимические процессы.		
Подготовка к лабораторной работе "Электролиз": Изучение теоретического материала п. п. 7.1, 7.2 и 7.3	А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников. . Основы общей химии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (8)	2
Выполнение домашнего задания: Вычисления ЭДС гальванического элемента. Решение задач по электролизу	А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников. . Основы общей химии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (8)	3
Оформление отчета по лабораторной работе "Электролиз": Описание наблюдений, составление реакций	А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников. . Основы общей химии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (8)	4

Итого по разделу 7		9
Раздел 8. Раздел 8. Коррозионные процессы.		
Выполнение домашнего задания "Электрохимическая коррозия". Составление реакций	А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников. . Основы общей химии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (9) А. А. Барунин, В. Н. Лебедев, Д. С. Маслобоев. . Коррозия металлов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (все) А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников. . Основы общей химии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (9) А. А. Барунин, В. Н. Лебедев, Д. С. Маслобоев. . Коррозия металлов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (все)	3
Подготовка к лабораторной работе "Электрохимическая коррозия". Изучение теоретического материала п. п. 8.1 и 8.2		2
Оформление отчета по лабораторной работе "Электрохимическая коррозия" Описание наблюдений, составление реакций		3
Итого по разделу 8		8
Раздел 9. Раздел 9. Аналитическая химия.		
Подготовка к лабораторной работе "Химический анализ". Изучение теоретического материала п. п. 9.1 и 9.2	А. П. Киселёв, А. А. Фатина, А. А. Барунин. . Методы аналитической химии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (все) В. Н. Лебедев, А. А. Фатина. . Аналитическая химия: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (все) А. П. Киселёв, А. А. Фатина, А. А. Барунин. . Методы аналитической химии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (все) В. Н. Лебедев, А. А. Фатина. . Аналитическая химия: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (все)	3
Оформление отчета по лабораторной работе "Химический анализ" Описание наблюдений. Расчет концентраций		4
Итого по разделу 9		7
Раздел 10. Раздел 10. Высокомолекулярные соединения.		
Подготовка к лекции: Изучение вопросов п. п. 10.1, 10.2	А. А. Барунин, Д. С. Маслобоев, А. А. Фатина. . Высокомолекулярные соединения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (все) А. А. Барунин, Д. С. Маслобоев, А. А. Фатина. . Высокомолекулярные соединения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (все)	4
Составление конспекта		4
Итого по разделу 10		8
Раздел 11. Раздел 11. Дисперсные системы.		
Подготовка к лекции: Изучение вопросов п. п. 11.1, 11.2	А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников, А. А. Фатина. . Поверхностные явления и дисперсные системы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (все) А. П. Киселёв, А. А. Крашенинников, А. А. Фатина. . Поверхностные явления и дисперсные системы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (все)	3
Составление конспекта		4
Итого по разделу 11		7

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- домашнее задание;
- отчет по ЛР;
- вопросы к экзамену;
- экзамен.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Домашнее задание

Домашние задания представляют собой задачи по темам курса.

Решения домашних заданий представляются в рукописной форме. Каждое домашнее задание содержит от 2 до 5 задач.

Решения домашних заданий представляются в рукописной форме. Каждое домашнее задание содержит от 2 до 6 задач. ДЗ оценивается по бально-рейтинговой системе (БРС)

0 - ДЗ не представлено, выполнен чужой вариант.

1 - ДЗ выполнено с ошибками, которые не были исправлены. ДЗ представлены значительно позже рекомендованной даты.

2 - ДЗ выполнено верно и представлено в срок.

Отчет по ЛР

Отчет по лабораторной работе представляется в рукописном или печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по лабораторной работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

В случае если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает максимальное оценку «зачтено».

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- небрежного выполнения,
- отсутствия необходимого графического материала,
- низкого качества графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках),
- неверно написанных реакции, отсутствия описания наблюдений,
- отсутствия необходимых разделов,
- некорректной обработки результатов измерений

Отчет оценивается по бально-рейтинговой системе:

0 - Отчет по ЛР не представлен, выполнен другой вариант. 1- Отчет по ЛР выполнен с ошибками, которые не были исправлены. Отчет по ЛР представлен значительно позже рекомендованной даты.

2 - Отчет по ЛР выполнен верно и представлен в срок.

Вопросы к экзамену

Вопросы к экзамену выложены в УМК курса.

Студент отвечает, предъявляя конспекты лекций. Ответы учитываются по бально-рейтинговой системе:

0- Конспекты не предоставлен или не соответствует темам курса

20 - Конспект сделан аккуратно, содержание соответствует пройденному материалу, студент может ответить на вопросы по содержанию курса.

Экзамен

Оценка за экзамен может быть выставлена по бально-рейтинговой системе (12 баллов за посещение всех занятий, 3 диагностические работы 30 баллов за, выполнение всех ДЗ и ЛР - максимум 22)

балла, ответы на вопросы по конспекту - 20 баллов):

а) если студент набрал от 51 до 74 баллов, то оценка «удовлетворительно» является для него «несгораемой»

б) если студент набрал от 75 до 84 баллов, то по его просьбе преподаватель обязан поставить ему оценку «хорошо» по набранной сумме баллов

в) для получения оценки «отлично» студент обязан явиться на экзамен и «добрать» баллы до оценки «отлично» - доказать знание дисциплины на «отлично». Если он не докажет знание дисциплины на «отлично», то преподаватель вправе ему поставить ту оценку, которую он заслужил, но не ниже «удовлетворительно».

Экзамен проводится в устной форме по билетам или вопросам, выданным преподавателем. Студент должен подготовить, пользуясь конспектом, составленным по материалам курса, ответ на два вопроса, предложенных в билете.

Оценка «отлично» ставится, если ответ полный и правильный на основании изученных теорий в рамках программы курса. Материал изложен в определенной логической последовательности. При ответе на дополнительные вопросы студент показал знание основных понятий, законов химии, знания о периодической системе элементов, понимание термодинамики и кинетики химических реакций.

Оценка «хорошо» ставится, если ответ полный и правильный на основании изученных теорий, при этом допущены несущественные ошибки, исправленные после наводящих вопросов преподавателя. При ответе на дополнительные вопросы студент демонстрирует понимание основного содержания учебного материала. Студент свободно ориентируется в материале, изложенном в конспекте.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент обнаруживает знание и понимание материала курса, но излагает материал неполно и допускает существенные ошибки в формулировке химических законов и понятий. Ответ на дополнительные вопросы вызывает у экзаменуемого затруднения или содержит ошибки, которые он может исправить после наводящих вопросов.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если при ответе обнаружено непонимание основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые учащийся не может исправить при наводящих вопросах преподавателя.

Примечание. Существенные ошибки связаны с недостаточной глубиной и осознанностью ответа (например, студент неправильно указал основные признаки понятий, явлений, характерные свойства веществ, неправильно сформулировал закон или не смог применить теоретические знания для объяснения и предсказания явлений, установлении причинно-следственных связей, сравнения и классификации явлений и т. п.). Несущественные ошибки определяются неполнотой ответа (например, упущение из вида какого-либо нехарактерного факта при описании вещества, процесса). К ним можно отнести оговорки, опiski, допущенные по невнимательности (например, в уравнении реакции в полном ионном виде допущена одна ошибка в обозначении заряда иона).

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ОПК-5	
1	2	Раздел 1. Основные понятия химии.	19	8	0	8	11	10	Домашнее задание, Отчет по ЛР
1	2	Раздел 2. Строение атома.	11	4	2	2	7	10	Вопросы к экзамену
1	2	Раздел 3. Химическая связь.	11	4	2	2	7	10	Домашнее задание
1	2	Раздел 4. Основы термодинамики физико-химических процессов.	13	4	2	2	9	10	Домашнее задание
1	2	Раздел 5. Раздел 5. Основы кинетики физико-химических систем.	17	6	2	4	11	10	Домашнее задание, Отчет по ЛР
1	2	Раздел 6. Раздел 6. Химическое равновесие.	13	4	2	2	9	10	Домашнее задание
1	2	Раздел 7. Раздел 7. Электрохимические процессы.	15	6	0	6	9	10	Домашнее задание, Отчет по ЛР
1	2	Раздел 8. Раздел 8. Коррозионные процессы.	11	3	1	2	8	10	Домашнее задание, Отчет по ЛР
1	2	Раздел 9. Раздел 9. Аналитическая химия.	11	4	2	2	7	10	Отчет по ЛР
1	2	Раздел 10. Раздел 10. Высокомолекулярные соединения.	12	4	2	2	8	5	Вопросы к экзамену
1	2	Раздел 11. Раздел 11. Дисперсные системы.	11	4	2	2	7	5	Вопросы к экзамену
Всего за 2 семестр			144	51	17	34	93	100	
Всего по дисциплине			144	51	17	34	93	100	

Оценочные материалы по дисциплине ХИМИЯ

ОПК-5 - Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

№ 1 Прочитайте текст и установите последовательность

Распределите простые химические реакции по возрастанию их кинетического порядка (от меньшего к большей):

1. $AB = A + B$
2. $2A + B = A_2B$
3. $A + B = AB$

№ 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Водородный показатель раствора кислоты HCl ($\alpha=1$) концентрации $C=0,001$ моль/л равен:

1. $pH=3$
2. $pH=0,1$
3. $pH=1$
4. $pH=2$

№ 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Сколько р -элементов в четвертом периоде таблицы Д.И. Менделеева

1. 2
2. 6
3. 8
4. 10

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Как меняется энтропия реакции в замкнутой системе при протекании равновесного процесса?

1. уменьшается ($\Delta_r S < 0$)
2. увеличивается ($\Delta_r S > 0$)
3. не изменяется ($\Delta_r S = 0$)
4. может и увеличиваться, и уменьшаться ($\Delta_r S > 0$, $\Delta_r S < 0$)

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Выберите гидроксиды, обладающий амфотерными свойствами

1. $Al(OH)_3$
2. KOH
3. HCl
4. $Sn(OH)_4$

№ 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Способы выражения концентрации вещества: массовая доля и молярная концентрация

№ 7 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Дайте определение понятию – атомная электронная орбиталь. Сколько электронов может находиться на одной орбитали?

№ 8 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие для сил Ван-дер-Ваальса:

1. А. взаимодействие мгновенного и наведенного диполей
Ориентационный

эффект

2.

Индукционный Б. взаимодействие диполя и наведенного диполя

эффект

3.

Дисперсионный В. взаимодействие двух диполей

эффект

№ 9 Прочитайте текст и установите соответствие

Определите тип кристаллической решетки веществ в твердом состоянии

1. Li₂O А. молекулярная

2. Mg Б. ионная

3. SiC В. атомная (ковалентная)

4. CO₂ Г. металлическая

Д. не кристаллизуется

№ 10 Прочитайте текст и установите последовательность

Распределите следующие элементы по электроотрицательности: от большей к меньшей:

1. Fe

2. Cl

3. S

4. Na

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Выберите свойства системы, относящиеся к термодинамическим параметрам:

1. давление

2. температура

3. энтальпия

4. внутренняя энергия

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Определите реакции, которые будут протекать при коррозии при контакте цинка $E(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) = -0,76\text{В}$ и меди $E(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) = +0,34\text{В}$ в слабом растворе кислоты;

1. $\text{Zn} - 2\text{e} = \text{Zn}^{2+}$

2. $\text{Cu} - 2\text{e} = \text{Cu}^{2+}$

3. $2\text{H}^{+} + 2\text{e} = \text{H}_2$

4. $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e} = \text{Zn}$