

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
электроники, фотоники и
молекулярной физики
А.С. Батурин**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Отдельные главы физической химии и электрохимии
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра физики организованных структур и химических процессов
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: Е.В. Золотухина, д-р хим. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры физики организованных структур и химических процессов
12.02.2024

Аннотация

Курс "Отдельные главы физической химии и электрохимии" предусматривает формирование у обучающихся специализированных представлений о принципах работы, основных физико-химических и кинетических законах, их специфике в приложении к электрохимическим системам для понимания процессов и принципов работы электрохимических источников энергии.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование у обучающихся специализированных представлений о принципах работы, основных физико-химических и кинетических законах, их специфике в приложении к электрохимическим системам для понимания процессов и принципов работы электрохимических источников энергии.

Задачи дисциплины

- углубление базовых и формирование специализированных знаний и представлений о принципах работы, основных процессах и их механизмах и теоретическом описании, лежащих в основе современных электрохимических источников энергии, о материалах используемых для их изготовления.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия и законы физической химии: химическая термодинамика, кинетика, гетерогенные реакции, катализ, адсорбция, биокатализ;
- законы, лежащие в основе работы электрохимических источников энергии (ЭХИТ);
- теоретические основы методов, используемых для характеристики ЭХИТ;
- основные поисковые системы, базы данных и ведущие периодические издания по материалам и процессам в ЭХИТ.

уметь:

- выполнять термохимические расчеты, анализ и расчеты фазового состава, расчеты скорости химических реакций и адсорбционного равновесия;
- объяснять принципы работы различных ЭХИТ, кинетику и термодинамику процессов на электродах, выбирать методы их характеристики, - анализировать результаты электрохимических испытаний;
- анализировать научную литературу с целью выбора информации о работе, перспективах и характеристиках различных материалов для ЭХИТ.

владеть:

- владеть навыками работы с методами термохимии, электрохимии, физико-химического анализа, обработки графических зависимостей для определения некоторых физико-химических величин, использования справочной литературы;
- основными электрохимическими теориями и концепциями, описывающими процессы на электродах и принципы работы ЭХИТ;
- основными электрохимическими методами характеристики материалов для ЭХИТ;
- навыками к интерпретации и обсуждения результатов проведенного исследования, основываясь на современной литературе по электрохимии материалов для ЭХИТ.

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	Введение в курс	1			3
2	Общие понятия физической химии	2			6
3	Химическая термодинамика и термохимия	2			6
4	Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Основные термодинамические потенциалы	2			6
5	Термодинамика растворов. Растворы электролитов	1			6
6	Химическое равновесие. Влияние температуры. Зависимость энтропии от температуры	2			6
7	Химическая кинетика. Основные законы. Порядок реакции. Определение порядка реакции. Сложные реакции	4			6
8	Поверхностные явления. Адсорбция. Изотермы адсорбции. Гетерогенная кинетика	2			6
9	Понятие о катализе. Специфика биокатализа	2			6
10	Общие представления об электрохимических системах. Представление о строении межфазных границ электрод/электролит	4			6
11	Термодинамика электродных процессов	2			6

12	Общие понятия кинетики электродных процессов	4			6
13	Материаловедение ЭХИТ	2			6
Итого часов		30			75
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Введение в курс

Структура курса " Отдельные главы физической химии и электрохимии". Рекомендуемые учебные материалы. Проблемы освоения. Основные принципы превращения химической энергии в электрическую. Связь дисциплины с дисциплинами Программы.

2. Общие понятия физической химии

Предмет и задачи физической химии, ее связь с другими науками и роль при изучении специальных дисциплин. Основные понятия термодинамики. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия.

3. Химическая термодинамика и термохимия

Энтальпия. Теплосодержание, ее зависимость от температуры. Применение I закона термодинамики к химическим процессам. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса. Стандартные теплоты образования и сгорания соединений. Следствия из закона Гесса. Закон Кирхгофа.

4. Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Основные термодинамические потенциалы

Применение первого закона термодинамики к идеальным газам. Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. II закон термодинамики. Энтропия. Принцип возрастания энтропии. Объединенные выражения I и II законов термодинамики. Статистический характер II закона термодинамики. Термодинамические потенциалы (свободная энергия Гиббса и Гельмгольца). Связь термодинамических потенциалов с работой. Критерии возможности протекания самопроизвольного процесса и равновесия в неизолированных системах. Химический потенциал, его зависимость от давления. Условия равновесия и возможности самопроизвольного протекания процессов при постоянных p и T .

5. Термодинамика растворов. Растворы электролитов

Термодинамика растворов. Растворы. Растворы газов в жидкостях. Идеальные растворы. Химический потенциал компонентов раствора. Способы выражения состава растворов. Расчеты концентрации растворов. Изменения энтальпии растворения. Понятие о растворах электролитов. Ионные взаимодействия. Сильные и слабые электролиты. Константы диссоциации.

6. Химическое равновесие. Влияние температуры. Зависимость энтропии от температуры

Понятие о термодинамическом равновесии. Условия равновесия и возможности самопроизвольного протекания процессов при постоянных p и T . Изотерма и изобара Вант-Гоффа. Связь константы равновесия с энергией Гиббса. Влияние температуры на смещение равновесия.

7. Химическая кинетика. Основные законы. Порядок реакции. Определение порядка реакции. Сложные реакции

Скорость химических реакций. Молекулярность и порядок реакции. Законы формальной кинетики для реакций первого, второго, третьего и n-го порядков. Сложные реакции. Зависимость скорости химических реакций от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Теория активных столкновений. Теория промежуточного активного комплекса. Понятие о цепных реакциях. Реакции с неразветвленными и разветвленными цепями. Кинетика цепных реакций. Особенности кинетики разветвленной цепной реакции. Цепной взрыв. Полуостров воспламенения. Цепные реакции и процесс горения.

8. Поверхностные явления. Адсорбция. Изотермы адсорбции. Гетерогенная кинетика

Поверхностные явления. Явление адсорбции. Природа сил адсорбционного взаимодействия. Адсорбция газов на твердых поверхностях. Изотермы адсорбционного равновесия Генри, Ленгмюра. Зависимость адсорбции от температуры. Поверхностные свойства растворов. Адсорбционная формула Гиббса. Особенности строения поверхности раздела фаз. Кинетика гетерогенных реакций.

9. Понятие о катализе. Специфика биокатализа

Катализ. Катализаторы и ингибиторы. Энергия активации в каталитических реакциях. Гетерогенный катализ. Теории кинетики в гетерогенном катализе. Каталитические и ферментативные процессы. Кинетика ферментативных процессов.

10. Общие представления об электрохимических системах. Представление о строении межфазных границ электрод/электролит

Электроды и электродные реакции. Структура межфазной границы заряженный металл/раствор электролита. Составляющие гальвани-потенциала. Поверхностные и межфазные слои. Электрическое строение межфазных слоев. Структура двойного электрического слоя. Адсорбция в электрохимических системах. Современное описание ДЭС для случая специфической и неспецифической адсорбции. Избыточная поверхностная энергия наноразмерных частиц. Платиновый электрод. Заряд поверхности. Адсорбция водорода и других веществ. Представление о вольтамперных характеристиках. Емкостные токи и токи фарадеевских реакций. Обратимые и необратимые процессы.

11. Термодинамика электродных процессов

Контактные межфазные потенциалы. Гальванические цепи. Напряжение разомкнутой цепи. Два направления тока через гальваническую ячейку. Равновесный и стационарный потенциал. Неравновесные электродные потенциалы. Потенциал разомкнутой цепи. Токи обмена. Уравнение ЭДС для гальванической цепи. Зависимость электродного потенциала от концентрации и активности. Потенциалопределяющая реакция. Коррозионные процессы. Электродные потенциалы в неводных электролитах. Температурный коэффициент. Влияние pH. Диаграммы Пурбэ. Двух и трехэлектродные электрохимические ячейки. Типы электродов, используемых на практике. Типы используемых в водных и неводных электролитах электродов сравнения. Диффузионный потенциал. Мембрана. Распределение ионов в цепи с мембраной. Расчет ЭДС для разных типов гальванических элементов. Закон Фарадея. Перенос вещества в электролите.

12. Общие понятия кинетики электродных процессов

Система знаков для тока. Потоки вещества. Характеристика основных видов проводников. Электродный потенциал при прохождении тока. Скорость электрохимической реакции. Общий и парциальные токи реакции. Активационная и концентрационная поляризации электрода. Диффузионная кинетика. Первый и второй законы Фика. Понятие о диффузионно контролируемых процессах. Обратимые и необратимые реакции. Вращающийся дисковый электрод. Характеристики потоков жидкости. Активационная поляризация. Фарадеевские реакции. Общее кинетическое уравнение. Обратимые и необратимые процессы. Большие и малые поляризации. Уравнение Тафеля. Лимитирующие стадии процесса на электроде. Стационарный режим процесса. Области потенциалов предельного диффузионного тока и кинетики замедленного разряда. Описание кинетики сложных процессов. Обратимые и необратимые реакции. Большие и малые поляризации. Реакции с комбинацией (одной или нескольких) электрохимических и химических стадий. Протонирование и депротонирование, участие продукта электродной реакции в быстрой химической стадии, комплексообразование.

13. Материаловедение ЭХИТ

Электроды и электролиты для ЭХИТ. Типы растворителей. Растворимость солей, кислот и оснований. Типы электродов для исследовательских электрохимических ячеек. Требования к противоеlectроду. К электроду сравнения. Особенности электродных материалов. Понятие о фоновом электролите. Требования к материалам электродов и электролитам в ЭХИТ. Неводные растворители. Проводимость в апротонных растворах. Особенности проводимости в полярных электролитах. Твердые электролиты. Методы исследования проводимости твердых и полимерных электролитов. Электроды, обратимые по ионам водорода, лития, натрия, серебра. Особенности интеркаляции и экстракции ионов. Особенности взаимодействия графита с катионами щелочных металлов.

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

Учебная аудитория, оснащенная маркерной доской, мультимедийным проектором и экраном

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Литература выдается на кафедре:

1. Багоцкий В.С. Основы электрохимии. М.: Химия, 1988. 400 с.
2. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. М.: Химия, 2006. 672 с.
3. Багоцкий В.С., Скундин А.М. Химические источники тока. М.: Энергоиздат, 1981. 360 с.
4. Коровин Н.В., Скундин А.М. Химические источники тока. М.: МЭИ, 2003. — 740 с.
5. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. – М.: Высшая школа, 2003.
6. Горшков В.И., Кузнецов И.А. Основы физической химии. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.

Дополнительная литература

Литература выдается на кафедре:

1. Brett Ch., Brett A. Electrochemistry. Principles, methods, and applications. Oxford University Press. 1994. 444 p.
2. Bard A.J., Faulkner L.R. Electrochemical methods. Fundamentals and applications. 2nd ed. Wiley. 2001. 850 p.

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)

Не предусмотрены

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 при решении заданий текущего контроля успеваемости использовать полученные знания при рассмотрении разных устройств ЭХИТ.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех лекций, предусмотренных программой;
- самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- 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:	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра физики организованных структур и химических процессов
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен	
Разработчик:	Е.В. Золотухина, д-р хим. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Отдельные главы физической химии и электрохимии» обучающийся должен:

знать:

- основные понятия и законы физической химии: химическая термодинамика, кинетика, гетерогенные реакции, катализ, адсорбция, биокатализ;
- законы, лежащие в основе работы электрохимических источников энергии (ЭХИТ);
- теоретические основы методов, используемых для характеристики ЭХИТ;
- основные поисковые системы, базы данных и ведущие периодические издания по материалам и процессам в ЭХИТ.

уметь:

- выполнять термодимические расчеты, анализ и расчеты фазового состава, расчеты скорости химических реакций и адсорбционного равновесия;
- объяснять принципы работы различных ЭХИТ, кинетику и термодинамику процессов на электродах, выбирать методы их характеристики, - анализировать результаты электрохимических испытаний;
- анализировать научную литературу с целью выбора информации о работе, перспективах и характеристиках различных материалов для ЭХИТ.

владеть:

- владеть навыками работы с методами термохимии, электрохимии, физико-химического анализа, обработки графических зависимостей для определения некоторых физико-химических величин, использования справочной литературы;
- основными электрохимическими теориями и концепциями, описывающими процессы на электродах и принципы работы ЭХИТ;
- основными электрохимическими методами характеристики материалов для ЭХИТ;
- навыками к интерпретации и обсуждения результатов проведенного исследования, основываясь на современной литературе по электрохимии материалов для ЭХИТ.

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

В начале каждой лекции возможен краткий опрос по теме предыдущей лекции.

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

Вопросы к экзамену:

1. Предмет и задачи физической химии, ее связь с другими науками и роль при изучении специальных дисциплин. Основные понятия термодинамики.
2. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Энтальпия. Теплоемкость, ее зависимость от температуры.
3. Применение I закона термодинамики к химическим процессам. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса.
4. Стандартные теплоты образования и сгорания соединений. Следствия из закона Гесса.
5. Зависимость теплоты химических реакций от температуры. Закон Кирхгофа.
6. Самопроизвольные процессы. II закон термодинамики. Энтропия. Зависимость энтропии от параметров состояния: температуры, объема и давления.
7. Объединенные выражения I и II законов термодинамики. Принцип возрастания энтропии. Статистический характер II закона термодинамики.
8. Термодинамические потенциалы (свободная энергия Гиббса и Гельмгольца). Связь термодинамических потенциалов с работой. Критерии возможности протекания самопроизвольного процесса и равновесия в неизолированных системах.
9. Уравнение Клайперона – Клаузиуса. Испарение. Возгонка. Кристаллизация и плавление. Зависимость давления насыщенного пара от температуры. Зависимость температуры плавления от давления.
10. Условия равновесия и возможности самопроизвольного протекания процессов в сложных системах. Химический потенциал, его зависимость от давления. Гомогенное химическое равновесие в смеси идеальных газов.
11. Закон действующих масс и константа равновесия. Расчет состава равновесной газовой смеси. Химическое равновесие в гетерогенных реакциях. Упругость диссоциации.
12. Изобарный потенциал химической реакции. Уравнение изотермы. Определение направления протекания химического процесса. Вывод и применение уравнения изобары и изохоры химической реакции Вант-Гоффа.
13. Растворы. Способы выражения концентрации растворов. Идеальные растворы. Реальные растворы. Активность, коэффициент активности. Летучесть, коэффициент летучести. Особенности растворов электролитов. Теория растворов электролитов.
14. Структура межфазной границы заряженный металл/раствор электролита. Поверхностные и межфазные слои. Электрическое строение межфазных слоев. Адсорбция в электрохимических системах.
15. Гальваническая цепь. Два направления тока через ячейку. Электроды и электродные реакции. Типы гальванических цепей. Расчет ЭДС для разных типов гальванических элементов. Закон Фарадея.
16. Диффузионные потенциалы. Особенности водных и неводных электролитов. Перенос вещества в электролите. Система знаков для тока. Потоки вещества.
17. Характеристика основных видов проводников. Электродный потенциал при прохождении тока. Стационарный и равновесный потенциал.
18. Стационарный режим процесса. Области потенциалов предельного диффузионного тока и кинетики замедленного разряда на вольтамперных кривых.
19. Контактные межфазные потенциалы. Токи обмена. Напряжение разомкнутой цепи. Неравновесные электродные потенциалы. Уравнение для ЭДС гальванической цепи. Зависимость электродного потенциала от концентрации.
20. Электродные потенциалы в неводных электролитах. Температурный коэффициент. Влияние pH.
21. Двух и трехэлектродные электрохимические ячейки. Типы электродов, используемых на практике. Типы используемых в водных и неводных электролитах и электродов сравнения.

22. Скорость электрохимической реакции. Общий и парциальные токи реакции. Активационная и концентрационная поляризации электрода. Общее кинетическое уравнение.
23. Взаимосвязь параметров прямой и обратной реакции. Связь кинетических параметров в областях малых и больших поляризаций. Зависимость тока обмена от концентраций. Нестационарные процессы.
24. Типы электролитов, используемых для исследований в области электрохимии источников энергии. Полиэлектролиты. Неводные растворы электролитов. Твердые электролиты.
25. Электроды в источниках энергии. Виды электродов. Конструкционные особенности. Газовые электроды (водородный, кислородный).

Дополнительные вопросы:

1. Вывести уравнение Батлера-Фольмера для тока
2. Записать уравнение Рэнделса-Шевчека. Показать решение для тока пика
3. Записать уравнение Гендерсона для 1-1 зарядного электролита.
4. Вывести уравнение Нернста для водородного электрода
5. Записать уравнение Тафеля, показать область применимости
6. Записать уравнение Левича, объяснить физический смысл.

Примеры экзаменционных билетов.

Пример 1:

1. Применение I закона термодинамики к химическим процессам. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса.
2. Двух и трехэлектродные электрохимические ячейки. Типы электродов, используемых на практике. Типы используемых в водных и неводных электролитах и электродов сравнения.

Пример 2:

1. Термодинамические потенциалы (свободная энергия Гиббса и Гельмгольца). Связь термодинамических потенциалов с работой. Критерии возможности протекания самопроизвольного процесса и равновесия в неизолированных системах.
2. Контактные межфазные потенциалы. Токи обмена. Напряжение разомкнутой цепи. Неравновесные электродные потенциалы. Уравнение для ЭДС гальванической цепи. Зависимость электродного потенциала от концентрации.

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

Оценка за семестр выставляется по результатам устного экзамена. Опрос на экзамене проводится по билетам, в билете 2 теоретических вопроса, на подготовку дается 60 минут. Опрос не должен превышать одного астрономического часа.