

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Дека́н факультета радиотехники
и электроники
В.А. Небольсин /

«18» декабрь 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Физическая химия»

Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии
материалов

Профиль Технологии неорганических и полимерных композиционных
материалов

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2025

Автор программы
Заведующий кафедрой
Химии и химической
технологии материалов

 Г.Ю. Вострикова

 О.Б. Рудаков

Руководитель ОПОП

 Г.Ю. Вострикова

Воронеж 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Физическая химия – наука, объясняющая строение и химические превращения веществ на основе законов физики.

Цель дисциплины - формирование у студентов целостного представления о процессах и явлениях в живой и неживой природе, овладение основами физической химии для использования в профессиональной и познавательной деятельности.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучение и объяснение закономерностей, определяющих направленность химических процессов, скорость их протекания, влияние на них среды, а также условия получения максимального выхода продукта и получения новых материалов с необходимыми свойствами;
- овладение теоретическими и экспериментальными физико-химическими методами (квантово-механическим, термодинамическим, статистическим, кинетическим, физико-химическим анализом) для решения практических задач профессиональной направленности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физическая химия» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Физическая химия» направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1 - Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

ОПК-4 - Способен проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
УК-1	Знать: - различные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки (ИД-3 _{УК-1})
	Уметь: - осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации (ИД-1 _{УК-1})
	Владеть: - системным подходом для решения поставленных задач (ИД-2 _{УК-1} ; ИД-4 _{УК-1})
ОПК-4	Знать: - основные методы исследования и диагностики материалов (ИД-1 _{ОПК-4}).
	Уметь: - использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа и диагностики веществ (материалов);

	- оценивать основные свойства материалов и проводить их экспертизу (ИД-2 _{ОПК-4}).
	Владеть: - навыками по обработке и представлению экспериментальных данных; - навыками моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессов, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации; - методами испытаний, измерений и контроля свойств промышленных материалов (ИД-3 _{ОПК-4}).

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Физическая химия» составляет 8 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		2	3
Аудиторные занятия (всего)	144	54	90
В том числе:			
Лекции	54	18	36
Практические занятия (ПЗ)	36	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	54	18	36
Самостоятельная работа	108	54	54
Часы на контроль	36	-	36
Виды промежуточной аттестации – зачет, экзамен	+	+	+
Общая трудоемкость:			
академические часы	288	108	180
зач.ед.	8	3	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Химическая термодинамика	Первый закон термодинамики. Основные понятия термодинамики. Функции состояния и процесса. Внутренняя энергия, энтальпия, теплота и работа. Закон сохранения и превращения энергии. Основные формулировки первого начала термодинамики.	10	6	12	18	46

		<p>Взаимосвязь теплоты, работы и изменения внутренней энергии в процессах. Теплота и работа расширения (сжатия) идеального газа в изотермическом, изобарном, изохорном, изобарно-изотермическом, адиабатическом процессах. Связь тепловых эффектов при постоянном объеме и постоянном давлении. Термохимия. Термодинамическое обоснование закона Гесса. Следствие из закона Гесса. Зависимость теплового эффекта от температуры (уравнение Кирхгофа), его вывод и анализ. Расчеты теплоты процессов при различных температурах. Калориметрический метод измерения тепловых эффектов. Второй закон термодинамики. Термодинамически обратимые и необратимые процессы. Работа обратимого и необратимого процесса. Формулировка второго закона термодинамики. Энтропия. Применение энтропии как критерия равновесия и направления самопроизвольных процессов в изолированных системах. Изменение энтропии в различных процессах (нагревание, расширение,</p>					
--	--	--	--	--	--	--	--

		<p>смещение, фазовые переходы). Абсолютная энтропия. Вычисление изменения энтропии для идеальных и реальных систем Термодинамические потенциалы как критерии направления процесса и мера работоспособности системы. Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца. Общие термодинамические условия химического равновесия. Закон действующих масс. Уравнения изотермы химической реакции, мера химического сродства, термодинамические константы равновесия. Влияние температуры на константу равновесия. Вывод уравнения изобары (изохоры) химической реакции.</p>					
2	Химическое равновесие	<p>Химическое равновесие в гетерогенных системах. Условия равновесия в гетерогенных системах. Понятие о давлении диссоциации. Термодинамика процессов диссоциации карбонатов и дегидратации кристаллогидратов. Влияние изменения термодинамических параметров на состояние равновесия в гетерогенных системах. Вычисление константы равновесия.</p>	10	6	4	18	38
3	Фазовое равновесие	<p>Понятие "фаза", "компонент", "составные части", "степень свободы".</p>	10	6	8	18	42

		Вывод и анализ правила фаз Гиббса. Сплавы железа с углеродом Фазовые диаграммы с простой эвтектикой; с ограниченной и неограниченной растворимостью; кривые охлаждения.					
4	Растворы	Общая характеристика и термодинамика растворов. Учение Д.И. Менделеева о растворах. Идеальные, предельно разбавленные растворы. Коллигативные свойства растворов. Закон Рауля. Причины отступления от него. Повышение температуры кипения и понижение температуры замерзания. Криоскопия и эбулиоскопия. Растворимость. Факторы, влияющие на растворимость твердых веществ	8	6	4	18	36
5	Электрохимия	Электрохимические системы. Электродный потенциал, механизм его возникновения. Уравнение Нернста. Электрохимический ряд напряжений металлов. Типы электродов. Гальванические элементы. Измерение электродвижущей силы. Поляризация и перенапряжение. Химические источники тока: первичные гальванические элементы, аккумуляторы, топливные элементы. Коррозия металлов. Виды коррозии. Механизм	8	6	22	18	54

		электрохимической коррозии. Защита металлов от коррозии. Электролиз. Процессы, протекающие при электролизе водных растворов электролитов. Законы Фарадея.					
6	Химическая кинетика и катализ	Общие понятия и определения. Скорость реакции. Закон действия масс и кинетическое уравнение реакции. Молекулярность и порядок реакции. Константа скорости реакций нулевого, первого, второго порядков. Методы определения порядка реакции. Теория активных столкновений. Энергия активации. Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Определение энергии активации. Гетерогенные химические реакции. Особенности реакций в конденсированной фазе. Гетерогенные химические реакции как сложный многостадийный процесс. Кинетические закономерности отдельных стадий гетерогенных реакций.	8	6	4	18	36
Итого			54	36	54	108	252

5.2 Перечень лабораторных работ

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость (час)
1.	Определение направленности химических процессов	4
2.	Определение молярной интегральной теплоты	4

	растворения соли	
3.	Определение теплоты гашения извести	4
4.	Скорость химических реакций. Химическое равновесие.	8
5	Фазовые диаграммы двухкомпонентных систем	8
6.	Определение вещества по молярной массе полученной экспериментальным методом	4
7.	Определение ЭДС в ГЭ.	8
8.	Коррозия Ме. Методы защиты металлов от коррозии.	8
9.	Электролиз расплавов и растворов солей.	6

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
УК-1	Знать: - различные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки (ИД-3 _{УК-1})	Тестирование (Т) Коллоквиум (КЛ)	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь: - осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации (ИД-1 _{УК-1})	Тестирование (Т) Коллоквиум (КЛ)	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть: - системным подходом для решения поставленных задач (ИД-2 _{УК-1} ; ИД-4 _{УК-1})	Тестирование (Т) Коллоквиум (КЛ)	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-4	Знать: - основные методы исследования и диагностики материалов (ИД-1 _{ОПК-4}).	Тестирование (Т) Коллоквиум (КЛ)	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа и диагностики веществ (материалов); - оценивать основные свойства материалов и проводить их экспертизу (ИД-2_{ОПК-4}). 	<p>Тестирование (Т) Коллоквиум (КЛ)</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>
<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками по обработке и представлению экспериментальных данных; - навыками моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессов, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации; - методами испытаний, измерений и контроля свойств промышленных материалов (ИД-3_{ОПК-4}). 	<p>Тестирование (Т) Коллоквиум (КЛ)</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 2, 3 семестре для очной формы обучения по двух/четырёхбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
УК-1	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - различные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки (ИД-3_{УК-1}) 	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации (ИД-1_{УК-1}) 	Решение стандартных практических задач	Продемонстрировать верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - системным подходом для решения поставленных задач (ИД-2_{УК-1}; ИД-4_{УК-1}) 	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрировать верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-4	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные методы исследования и диагностики материалов (ИД-1_{ОПК-4}). 	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа и диагностики веществ (материалов); - оценивать основные свойства материалов и проводить их экспертизу (ИД-2_{ОПК-4}). 	Решение стандартных практических задач	Продемонстрировать верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

Владеть: - навыками по обработке и представлению экспериментальных данных; - навыками моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессов, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации; - методами испытаний, измерений и контроля свойств промышленных материалов (ИД-3 _{ОПК-4}).	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
--	--	--	------------------

ИЛИ

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
УК-1	Знать: - различные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки (ИД-3 _{УК-1})	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь: - осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации (ИД-1 _{УК-1})	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть: - системным подходом для решения поставленных задач (ИД-2 _{УК-1} ; ИД-4 _{УК-1})	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-4	Знать: - основные методы исследования и диагностики материалов (ИД-1 _{ОПК-4}).	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь: - использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа и диагностики веществ (материалов); - оценивать	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

основные свойства материалов и проводить их экспертизу (ИД-2опк-4).					
Владеть: - навыками по обработке и представлению экспериментальных данных; - навыками моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессов, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации; - методами испытаний, измерений и контроля свойств промышленных материалов (ИД-3опк-4).	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. **Функция состояния - функция, изменение которой зависит от ...**
 - 1) исходного состояния системы;
 - 2) конечного состояния системы;
 - 3) исходного и конечного состояния системы;
 - 4) способа перехода из начального в конечное состояние.
2. **Функциями состояния являются ...**
 - 1) U, H, Q ;
 - 2) U, H ;
 - 3) Q, H ;
 - 4) H, W .
3. **Важным следствием закона Гесса является то, что тепловой эффект реакции равен ...**
 - 1) теплотам образования исходных веществ;
 - 2) теплотам образования продуктов реакции;
 - 3) сумме теплот образования продуктов реакции за вычетом суммы теплот образования исходных веществ;
 - 4) сумме теплот образования продуктов реакции и теплот образования исходных веществ.
4. **Для некоторого термодинамического процесса $\Delta H^\circ = 0$. Условием принципиальной возможности самопроизвольного протекания такого процесса является ...**
 - 1) $\Delta S^\circ = 0$;
 - 3) $\Delta S^\circ < 0$;

- 2) $\Delta S^\circ > 0$; 4) процесс не может идти самопроизвольно.

5. Математическое выражение первого закона термодинамики ...

- 1) $dQ = dU + dW$
2) $\delta Q = dU + \delta W$
3) $\delta Q = \delta U + dW$
4) $\delta Q = dU - \delta W$

6. При протекании самопроизвольного необратимого процесса в изолированной системе энтропия ...

- 1) не изменяется; 3) возрастает;
2) уменьшается; 4) стремится к нулю.

7. Согласно постулату Планка при абсолютном нуле энтропия идеального кристалла равна ...

- 1) единице; 3) внутренней энергии;
2) нулю; 4) теплоемкости.

8. В состоянии равновесия энтропия изолированной систем ...

- 1) минимальна; 3) максимальна;
4) равна нулю; 5) равна константе равновесия.

9. Уравнение реакции, в ходе которой энтропия системы возрастает, имеет вид

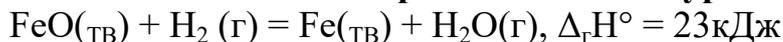
...

- 1) $C_{(ТВ)} + O_{2(Г)} = CO_{2(Г)}$;
2) $2H_{(Г)} + O_{2(Г)} = 2H_2O_{(Г)}$;
3) $2HgO_{(ТВ)} = 2Hg_{(ТВ)} + O_2$;
4) $N_{2(Г)} + O_{2(Г)} = 2NO_{(Г)}$.

10. Константа равновесия определяется изменением стандартного значения ... системы.

- 1) энтропии; 3) энтальпии;
2) энергии Гиббса; 4) внутренней энергии.

11. В соответствии с термохимическим уравнением



для получения 560 г железа необходимо затратить кДж тепла.

- 1) 23 2) 230
2) 560 4) 115

12. Энтальпия – функция состояния и равна...

- 1) внутренней энергии и работе;
2) сумме связанной и свободной энергии;
3) внутренней энергии;
4) тепловому эффекту химической реакции.

13. Насыщенный пар – это пар...

- 1) находящийся в равновесии с жидкостью;
2) полученный при нагревании жидкости до t° кипения;
3) способный конденсироваться;
4) способный совершать работу.

14. Если в воде растворить нелетучее вещество, то давление насыщенного

пара...

- 1) повысится;
- 2) понизится;
- 3) не изменится;
- 4) или понизится, или повысится.

15. Какие соли щелочных металлов мало растворимы?

При работе гальванического элемента, состоящего из серебряного и медного электродов, погруженных в 0,01М растворы их нитратов ($E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag})= 0,80 \text{ В}$, $E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu})= 0,34 \text{ В}$), на катоде протекает реакция, уравнение которой имеет вид...

- | | |
|--|--|
| 1) $\text{Cu}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Cu}^\circ$ | 3) $\text{Ag}^\circ - \bar{e} = \text{Ag}^+$ |
| 2) $\text{Ag}^+ + \bar{e} = \text{Ag}^\circ$ | 4) $\text{Cu}^\circ - 2\bar{e} = \text{Cu}^{2+}$ |

16. Что такое эвтектика?

- 1) Вещество, образующееся при некотором соотношении компонентов и имеющее кристаллическую решетку, отличную от решеток, составляющих эвтектику веществ.
- 2) Механическая смесь двух компонентов.
- 3) Неограниченный твердый раствор компонентов друг в друге.
- 4) Механическая смесь, образующаяся в результате одновременной кристаллизации компонентов или твердых растворов из жидкого раствора.

17. Укажите по каким признакам классифицируются металлы и сплавы

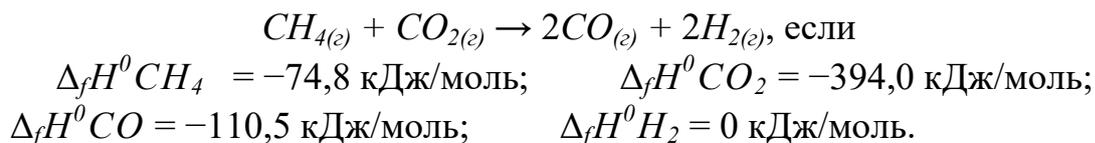
- 1) по химическому составу;
- 2) по структурному составу;
- 3) по качеству;
- 4) по степени раскисления;
- 5) по назначению;
- 6) по степени кристаллизации;

18. Дуралюмины - это сплавы на основе:

- 1) титана;
- 2) алюминия;
- 3) магния;
- 4) меди.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Задание 1. Рассчитайте тепловой эффект химической реакции, протекающей в стандартных изобарно-изотермических условиях, по уравнению:



Укажите, какая это реакция экзо- или эндотермическая. Какое количество теплоты будет затрачено на получение 30 кг водорода?

Решение. Тепловой эффект химической реакции ΔH° , протекающей в стандартных изобарно-изотермических условиях, рассчитаем, пользуясь следствием закона Гесса (3.1):

$$\Delta H^0 = \sum \nu \cdot \Delta_f H^0_{\text{прод. реак}} - \sum \nu \cdot \Delta_f H^0_{\text{исх. в-в}}$$

$$\Delta H^0 = (2 \cdot \Delta_f H^0_{CO_{(г)}} + 2 \cdot \Delta_f H^0_{H_{2(г)}}) - (\Delta_f H^0_{CH_{4(г)}} + \Delta_f H^0_{CO_{2(г)}})$$

$$\Delta H^0 = 2 \cdot (-110,5) + 2 \cdot 0 - (-74,8 - 394,0) = 247,8 \text{ кДж.}$$

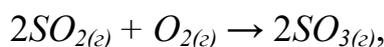
Так как $\Delta H^0 > 0$, то процесс *эндотермический*.

Из уравнения реакции следует, что для получения 2 молей (ν_1) или 4 г ($m = \nu \cdot M$) водорода требуется затратить 247,8 кДж теплоты. Если в результате процесса образуется иное количество вещества (ν_2), то теплоту рассчитываем по формуле $\Delta H = \nu \cdot \Delta H^0 / \nu_1$

$$\nu_2 = m/M, \nu_2 = 30 \cdot 10^3 / 2 = 15 \cdot 10^3 \text{ молей,}$$

$$\Delta H = 15 \cdot 10^3 \cdot 247,8 / 2 = 1,8585 \cdot 10^6 \text{ кДж.}$$

Задача 2. Рассчитайте, во сколько раз изменится скорость реакции образования оксида серы (VI), протекающей по уравнению



- а) при увеличении концентрации оксида серы (IV) в 2 раза;
 б) при увеличении внешнего давления в 3 раза.

Решение. Кинетическое уравнение реакции, согласно закону действующих масс, имеет вид:

$$v = k \cdot c_{SO_2}^2 \cdot c_{O_2},$$

а) запишем кинетическое уравнение при концентрации SO_2 в два раза больше исходной:

$$v' = k \cdot (2c_{SO_2})^2 \cdot c_{O_2} = 4 \cdot k \cdot (c_{SO_2})^2 \cdot c_{O_2}.$$

Затем находим отношение скоростей процесса:

$$\frac{v'}{v} = \frac{4 \cdot k \cdot (c_{SO_2})^2 \cdot c_{O_2}}{k \cdot (c_{SO_2})^2 \cdot c_{O_2}} = 4.$$

Таким образом, при увеличении концентрации SO_2 в 2 раза скорость реакции возросла в 4 раза;

б) в данной реакции все вещества находятся в газообразном состоянии, поэтому при увеличении давления над системой в 3 раза объем уменьшится в три раза, а концентрация каждого из реагирующих веществ, следовательно, увеличится в 3 раза. Тогда кинетическое уравнение запишем:

$$v' = k \cdot (3c_{SO_2})^2 \cdot 3c_{O_2} = 27 \cdot k \cdot (c_{SO_2})^2 \cdot c_{O_2}.$$

Следовательно, $\frac{v'}{v} = \frac{27 \cdot k \cdot (c_{SO_2})^2 \cdot c_{O_2}}{k \cdot (c_{SO_2})^2 \cdot c_{O_2}} = 27.$

Таким образом, при увеличении давления в 3 раза скорость реакции увеличится в 27 раз.

Задача 3. Гальванический элемент состоит из хромового и оловянного электродов в растворах их нитратов. Составьте схему гальванического элемента, напишите уравнения электродных процессов и токообразующей реакции. Вычислите ЭДС: а)

при стандартных условиях ($c_{Cr^{3+}} = c_{Sn^{2+}} = 1$ моль/л); б) при концентрациях $c_{Cr^{3+}} = c_{Sn^{2+}} = 0,01$ моль/л.

Решение. При схематической записи гальванического элемента граница раздела между металлом и раствором обозначается вертикальной чертой, граница между растворами электролитов – двойной вертикальной чертой. Анод записывается слева.

Сравним стандартные электродные потенциалы металлов:

$E_{Cr^{3+}/Cr^0}^0 = -0,74$ В, $E_{Sn^{2+}/Sn^0}^0 = -0,14$ В. Хром, как более активный металл, является анодом, а олово – катодом.

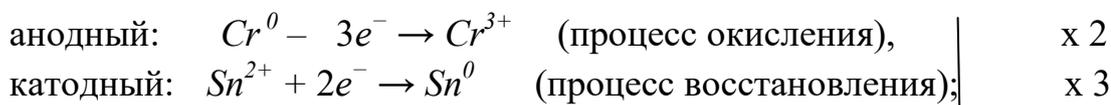
Запишем схему гальванического элемента:



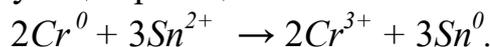
или



электродные процессы:



уравнение токообразующей реакции:



Вычислим электродвижущую силу (ЭДС):

а) стандартную ЭДС \mathcal{E}^0 , то есть ЭДС элемента при стандартных условиях, когда концентрации ионов металла равны 1 моль/л, рассчитаем по уравнению:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}^0 &= E_{\text{катода}}^0 - E_{\text{анода}}^0 = E_{Sn^{2+}/Sn^0}^0 - E_{Cr^{3+}/Cr^0}^0, \\ \mathcal{E}^0 &= -0,14 - (-0,74) = 0,60 \text{ В}; \end{aligned}$$

б) в условиях отличных от стандартных сначала рассчитаем по уравнению Нернста отдельные электродные потенциалы металлов:

$$\begin{aligned} E_{Sn^{2+}/Sn^0} &= E_{Sn^{2+}/Sn^0}^0 + \frac{0,059}{2} \lg c_{Sn^{2+}}, \\ E_{Sn^{2+}/Sn^0} &= -0,14 + \frac{0,059}{2} \lg 10^{-2} = -0,14 + \frac{0,059}{2} \cdot (-2) = -0,20 \text{ В}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{Cr^{3+}/Cr^0} &= E_{Cr^{3+}/Cr^0}^0 + \frac{0,059}{3} \lg c_{Cr^{3+}}, \\ E_{Cr^{3+}/Cr^0} &= -0,74 + \frac{0,059}{3} \lg 10^{-2} = -0,74 + \frac{0,059}{3} \cdot (-2) = -0,78 \text{ В}; \end{aligned}$$

а затем по формуле вычислим ЭДС, учитывая, что олово осталось катодом, а цинк – анодом:

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= E_{Sn^{2+}/Sn^0} - E_{Cr^{3+}/Cr^0}, \\ \mathcal{E} &= -0,20 - (-0,78) = 0,58 \text{ В}. \end{aligned}$$

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Типовой вариант заданий на тему «Химическая термодинамика»

№1

1. При каких условиях проведения реакции $Q = \Delta U$ (а) и $Q = \Delta H$ (б)? Чему равны $\Delta H_{\text{обр}}(\text{O}_2) = ?$ $\Delta H_{\text{обр}}(\text{C}_{\text{ТВ}}) = ?$ $\Delta H_{\text{обр}}(\text{Fe}_{\text{ТВ}}) = ?$.
2. Определите изменение внутренней энергии, количество теплоты и работу, совершаемую при обратимом изотермическом расширении азота от 0,5 до 4 м³ (начальные условия $t = 26, 8^{\circ}\text{C}$, $p = 93, 2$ кПа)
3. Рассчитайте изменение энтропии при нагревании 2,7 кг H₂O от 293 до 390 К. Теплота испарения воды 1160, $9 \cdot 10^3$ Дж/кг, массовая теплоемкость жидкой воды 4,2 кДж/кг·К, теплоемкость пара $2,0 \cdot 10^3$ кДж/кг·К.
4. Для реакции $\text{C}_5\text{H}_{10(\text{Г})} = \text{C}_2\text{H}_2(\text{Г}) + \text{C}_3\text{H}_8(\text{Г})$ вычислите ΔS_{298}^0 , если стандартные энтропии $\text{C}_5\text{H}_{10(\text{Г})}$, $\text{C}_2\text{H}_2(\text{Г})$, $\text{C}_3\text{H}_8(\text{Г})$ соответственно равны 292, 9, 200,8 и 269,9 Дж/моль·К.
5. Можно ли вычислить абсолютное значение внутренней энергии? Можно ли рассчитать абсолютное значение энтропии? Какая функция является критерием самопроизвольности процесса, протекающего в изолированной системе?

№2

1. Приведите классификацию систем по уровням взаимодействия с окружающей средой.
2. Определить работу изобарного обратимого расширения 1 моль идеального газа при его нагревании от $T_1 = 298$ К до $T_2 = 400$ К.
3. Рассчитайте изменение энтропии для процесса отвердевания бензола от 280 до 268 К, если теплота кристаллизации бензола равняется 13954 Дж/моль при 278 К, а молярные теплоемкости жидкого (C_p , жид) и твердого (C_p , тв) бензола соответственно равны 126 Дж/моль·К, 123 Дж/моль·К .
4. Что такое теплоемкость? Виды теплоемкости.
5. Запишите I закон термодинамики для изолированной системы. Система состоит из трех частей, внутренняя энергия которых U_1 , U_2 , U_3 . Как вычислить внутреннюю энергию всей системы?

№3

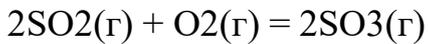
1. Запишите уравнение, связывающее энтропию и термодинамическую вероятность. Дайте определение термодинамической вероятности.
2. Найдите теплоту образования оксида углерода (II), если теплота образования оксида углерода (IV) равна 393,8 кДж/моль, а теплота реакции $\text{CO}(\text{Г}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{Г}) = \text{CO}_2(\text{Г})$ равна 283, 2 кДж.
3. Рассчитайте изменение энтропии при нагревании 0,7 моль моноклинной серы от 25⁰С до 200⁰С при давлении 1 атм. Молярная теплоемкость серы равна $C_p(\text{Ств}) = 23,64$ Дж/моль К. $C_p(\text{Сжид}) = 35, 73 + 1,17 \cdot 10^{-3} T$ Дж/моль К. Температура плавления моноклинной серы 119⁰С, удельная теплота плавления 45,2 Дж/г.

4. Система состоит из трех частей, энтропия которых S_1, S_2, S_3 . Как вычислить энтропию всей системы. В каком соотношении ($<$, $>$, $=$, \neq) находятся величины энтропий различных агрегатных состояний одного и того же вещества $S_{г}$, $S_{тв}$, $S_{ж}$?
5. Напишите выражение для определения теплоты в изохорном процессе.

Типовой вариант заданий на тему «Химическое и фазовое равновесие»

№1

1. Находящаяся в состоянии равновесия система (нужное подчеркнуть):

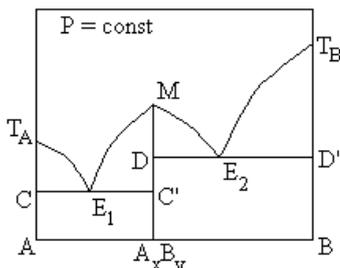


- 1) гомогенная 2) гетерогенная 3) однофазная
4) двухфазная 5) трехфазная 6) четырехфазная.

2. Выберите правую часть уравнения, описывающего ход линии моновариантного равновесия на P-T-диаграмме состояния

- 1) $\frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$ 2) $\frac{\Delta H}{RT}$ 3) $\frac{\Delta H}{T}$ 4) $\frac{\Delta H}{RT^2}$ 5) $\frac{\Delta H}{T\Delta V}$ 6) $\frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$

3. Фазовая диаграмма двухкомпонентной системы с одним химическим соединением A_xB_y , плавящимся конгруэнтно

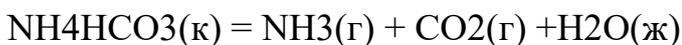


- В эвтектическом равновесии, представленном коннодой DE_2D' сосуществуют фазы

- 1) кристаллы А, кристаллы В и жидкость;
2) кристаллы А, кристаллы В и кристаллы A_xB_y ;
3) кристаллы А, кристаллы A_xB_y и жидкость;
4) кристаллы В, кристаллы A_xB_y и жидкость;
5) кристаллы А и кристаллы A_xB_y ;
6) кристаллы В и кристаллы A_xB_y ;
7) только кристаллы А;
8) только кристаллы В;
9) только кристаллы A_xB_y

№2

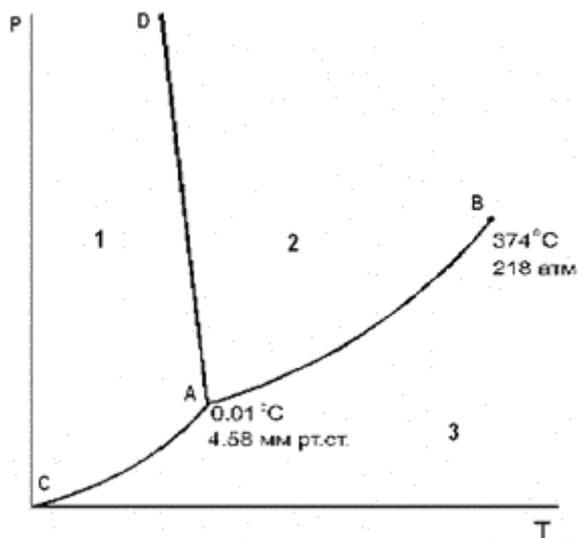
1. Находящаяся в состоянии равновесия система (нужное подчеркнуть):



- 1) гомогенная
2) гетерогенная
3) однофазная
4) двухфазная
5) трехфазная

б) четырехфазная

2. Диаграмма состояния воды при невысоких давлениях



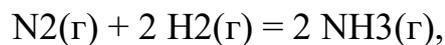
Укажите номер области существования жидкости на фазовой диаграмме воды:

3. Укажите, сколько компонентов содержит система, получившаяся в результате смешивания водных растворов:

1) KCl и NaBr

№3

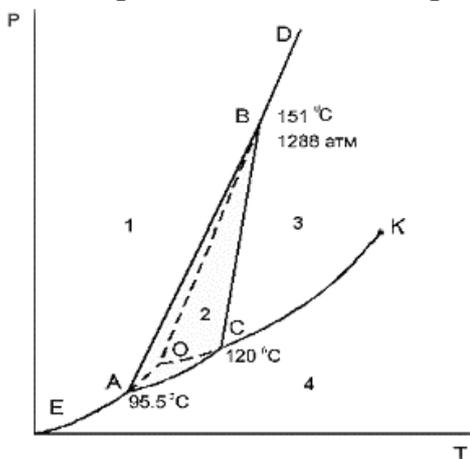
1. Число независимых компонентов в равновесной системе



полученной в результате смешения 2 моль азота и 5 моль аммиака

(Ответ укажите числом)

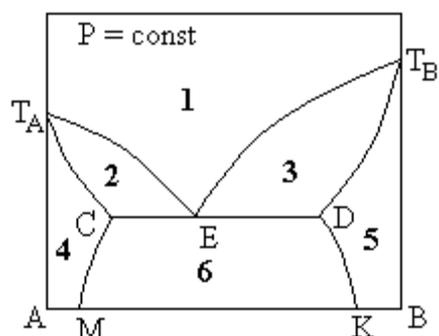
2. Диаграмма состояния серы



Число стабильных инвариантных равновесий на фазовой диаграмме серы

(Ответ укажите числом)

3. . Однофазные области (укажите номера областей):



Типовой вариант заданий на тему «Растворы»

№1

1. Для предотвращения замерзания различных растворов в зимнее время к ним добавляют глицерин. Сколько граммов глицерина необходимо добавить 1 100 г воды, чтобы температура замерзания понизилась на 5 К? Криоскопическая постоянная воды 1,86 К·кг/моль.
2. При 25⁰С давление паров воды равно 32,3 гПа. Чему равно давление паров воды над раствором, содержащим 6 грамм мочевины в 180 г воды.
3. В какой массе раствора с массовой долей 16% содержится 80 г растворенного вещества.

№2

1. Раствор, содержащий 0,6 г хлорида натрия в 100 г воды, замерзает при 272,667 К. Определите изотонический коэффициент, если криоскопическая постоянная воды равна 1,86 К·кг/моль.
2. Сколько граммов этиленгликоля надо добавить к 0,5 л воды, чтобы понизить температуру замерзания ее до – 3⁰С? Криоскопическая постоянная воды равна 1,86 К·кг/моль.
3. Какова массовая доля азотной кислоты в 12.2 молярном растворе? Плотность раствора 1,35 г/см³.

№3

1. Плотность водного раствора, в котором массовая доля бромиды натрия 25%, равна 1,223 г/м³. Выразите состав раствора в молярных долях, через молярную и моляльную концентрации.
2. Определите молярную массу вещества, если температура замерзания раствора, содержащего 100 г бензола и 0,2 г исследуемого вещества на 0,17 К ниже температуры замерзания бензола. Криоскопическая константа бензола 5,16 К·кг/моль.
3. Рассчитайте молярные доли воды и пропанола в 35% растворе спирта.

Типовой вариант заданий на тему «Электрохимия»

№1

1. Вычислите потенциал медного электрода в растворе, содержащем 1,6 г CuSO₄ в 200 мл раствора при 25⁰С. Кажущаяся степень диссоциации соли в растворе равна 40 %.
2. Рассчитать активности и коэффициенты активностей ионов в 0,08 М растворе Cu(NO₃)₂.

3. Вычислить концентрацию уксусной кислоты, если степень ее диссоциации равна 1,35 %. $K_d = 1,74 \cdot 10^{-5}$.

№2

1. Вычислить ионную силу и активность ионов в растворе, содержащем 0,01 моль/л $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и 0,01 моль/л CaCl_2 .

2. Рассчитайте удельную и эквивалентные электрические проводимости для 0,05 М раствора сульфата натрия, если удельное сопротивление равно $653 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}$.

3. При 18°C потенциал медного электрода, погруженного в 0,005 молярный раствор $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, равен 0,266В. Кажущаяся степень диссоциации $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ равна единице. Вычислите стандартный электродный потенциал меди.

№3

1. Чему равна активность ионов Ag^+ , Al^{3+} , и NO_3^- в растворе, содержащем 0,5 г AlCl_3 , 0,2 г AgNO_3 и 500 г H_2O .

2. Рассчитайте ионную силу раствора 0,5 М CuSO_4 .

3. Вычислите потенциал железного электрода в растворе, содержащем 5,2 г FeCl_2 в 550 мл раствора при 25°C . Кажущаяся степень диссоциации соли в растворе равна 55 %.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Параметры и функции состояния термодинамической системы. Внутренняя энергия и энтальпия. Стандартная энтальпия образования сложного вещества. Тепловой эффект реакции. Закон Гесса и следствие из него.

2. Химическая кинетика в гомогенных системах. Средняя скорость реакции. Закон действия масс. Влияние температуры на скорость химической реакции. Энергия активации и активные молекулы. Правило Вант-Гоффа. Сущность катализа.

3. Процессы обратимые и необратимые. Константа химического равновесия и её значение для характеристики полноты протекания реакции. Условия смещения гомогенных и гетерогенных равновесий. Использование принципа Ле-Шателье в технологических процессах производства минеральных вяжущих и изделий на их основе.

4. Самопроизвольно протекающие процессы. Энтропия как мера неупорядоченности системы. Изменение энергии Гиббса как критерий самопроизвольного протекания процессов в неизолированных системах.

5. Общая характеристика растворов. Способы выражения концентрации растворов. Молярная, моляльная концентрация, молярная, массовая доля, молярная концентрация эквивалентов.

6. Механизм возникновения скачка потенциала на границе электрод-раствор. Определение электродных потенциалов с помощью электрода сравнения. Факторы, влияющие на величину электродного потенциала. Уравнение Нернста.

7. Коррозия металлов и ущерб, наносимый протеканием коррозионных процессов. Типы коррозий и методы борьбы с ними.

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

1. Термодинамические параметры состояния. Функции состояния и функции процесса. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия.
2. Термодинамические процессы. Теплота и работа. Энтальпия.
3. Термохимия. Закон Гесса. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Закон Кирхгофа.
4. Второе начало термодинамики. Энтропия. Принцип возрастания энтропии. Формула Больцмана.
5. Энергия Гиббса и Гельмгольца. Химическое сродство.
6. Химическое равновесие. Принцип Ле Шателье-Брауна. Константа равновесия химической реакции. Уравнение изотермы химического процесса.
7. Равновесие в гетерогенных системах. Константа равновесия. Давление диссоциации.
8. Общая характеристика и термодинамика растворов. Давление пара над раствором. Закон Рауля. Понижение температуры замерзания и повышение температуры кипения растворов.
9. Фазовые равновесия. Основные понятия. Правило фаз Гиббса. Термодинамика фазовых переходов. Классификация систем в соответствии с правилом фаз. Диаграммы состояния.
10. Фазовые диаграммы однокомпонентных систем. Полиморфизм.
11. Кинетика гомогенных реакций. Теория столкновений.
12. Молекулярность, порядок реакций. Влияние температуры на скорость реакции. Энергия активации. Уравнение Аррениуса.
13. Сложные реакции. Цепные реакции.
14. Кинетика гетерогенных процессов. Топохимические реакции.
15. Гомогенный и гетерогенный катализ.
16. Растворы электролитов. Теория электролитической диссоциации Аррениуса. Ионные равновесия в растворах электролитов.
17. Электрическая проводимость растворов электролитов. Законы Фарадея.
18. Возникновение электродного потенциала на границе металл-раствор. Строение двойного электрического слоя. Классификация обратимых электродов.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

(Например: Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Химическая термодинамика	УК-1, ОПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Химическое равновесие	УК-1, ОПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Фазовое равновесие	УК-1, ОПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Растворы	УК-1, ОПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Электрохимия	УК-1, ОПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Химическая кинетика и катализ	УК-1, ОПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

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

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Стромберг, А.Г. Физическая химия: учебник для вузов / А.Г. Стромберг, Д.П. Семченко; под ред. А. Г. Стромберга. – М.: Высш. шк., 2006. – 526 с.

2. Практикум по физической химии. Термодинамика: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / Е.П. Агеев и др.; под ред. Е.П. Агеева, В.В. Лунина. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 224 с.
3. Рабухин, А.И. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных соединений: учебник / А.И. Рабухин, В.Г. Савельев. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 304 с.
4. Кругляков, П.М. Физическая и коллоидная химия: учеб. пособие / П.М. Кругляков, Т.Н. Хаскова. – М.: Высш. шк., 2005. – 319 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. Химический каталог. Неорганическая химия. Сайты и книги <http://www.ximicat.com>
2. Chemnet - официальное электронное издание Химического факультета МГУ <http://www.chem.msu.ru/rus>
3. Справочно-информационный сайт по химии <http://www.alhimikov.net>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Учебно-лабораторный комплекс «Химия» (модули «Термостат», «Термический анализ», «Электрохимия»), совместимый с персональным компьютером и снабженный программным обеспечением
2. Персональный компьютер
3. Принтер
4. Рефрактометр
5. Фотоэлектроколориметр
6. Поляриметр
7. Ноутбук
8. Медиапроектор

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Физическая химия» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета задач. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов,

	материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--