

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

УТВЕРЖДАЮ

Директор института

А.И. Елкин

« 31 » 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

**направление подготовки / специальность**

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

**направленность (профиль) подготовки**

материаловедение и цифровые производственные технологии

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение теоретических основ физической химии.

**Задачи:** ознакомление студентов с основами химической термодинамики, термохимии, учения о химическом равновесии и химической кинетике; формирование навыков применения теоретических знаний при решении практических задач.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Физическая химия» относится к базовой части ОПОП.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине «Физическая химия», соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1 способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания	ПК-4.1. Знает основы высшей математики, физики, химии, инженерных дисциплин, методы моделирования. ПК-4.2. Умеет использовать методы математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания для решения конкретных задач. ПК-4.3. Владеет навыками моделирования, теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности.	<b>Знает:</b> основы химической термодинамики, термохимии, учения о химическом равновесии и химической кинетике; <b>Умеет:</b> применять результаты термодинамического и кинетического анализа для решения профессиональных задач <b>Владеет:</b> методами расчёта энергетических и кинетических характеристик химических процессов;	Вопросы, тестовые вопросы

## 4. ОБЪЁМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы, 72 часа.

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником (в часах)				СРС	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	В форме практической подготовки		
1.	Химическая термодинамика. Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики. Термохимия. Закон Гесса. Теплоемкость. Второй закон термодинамики. Энтропия. Направление процесса. Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца.	2	1-8	8	8		4	9	Рейтинг-контроль № 1
2.	Химическое равновесие.	2	9-10	2	2		2	9	
3.	Фазовые равновесия.	2	11-12	2				9	Рейтинг-контроль № 2
4.	Кинетика химических реакций. Основные понятия химической кинетики. Природа реагирующих веществ и скорость химических реакций. Влияние концентрации реагирующих веществ на скорость химических реакций. Кинетические уравнения реакций. Влияние температуры на скорость химических реакций. Катализ. Основные механизмы химических реакций.	2	13-18	6	6		4	9	Рейтинг-контроль № 3
	Наличие в дисциплине КП/КР								
Итого по дисциплине, час.		72		18	18			36	Зачёт

### Содержание лекционных занятий по дисциплине

#### Раздел 1. Химическая термодинамика.

Тема 1: Основные понятия и определения.

Содержание темы:

Термодинамическая система. Термодинамический процесс. Состояние системы. Термодинамические параметры и функции. Внутренняя энергия. Теплота. Работа.

Тема 2: Первый закон термодинамики.

Содержание темы:

Применение для различных процессов. Закон Гесса. Термохимия. Термохимические расчеты. Следствия из закона Гесса.

Молярная и удельная теплоемкость. Изобарная и изохорная теплоемкость. Закон Кирхгоффа. Средняя и истинная теплоемкость. Зависимость теплоемкости от температуры.

Тема 3: Второй закон термодинамики.

Содержание темы:

Понятие энтропии. Второй закон термодинамики для необратимых и обратимых процессов. Изменение энтропии в различных процессах.

Тема 4: Направление процесса. Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца.

Содержание темы:

Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Условия самопроизвольного протекания процессов. Критерии для оценки возможности самопроизвольного протекания процессов.

**Раздел 2. Химическое равновесие.**

Тема 1: Химическое равновесие.

Содержание темы:

Константа равновесия. Закон действия масс для гомогенных и гетерогенных реакций. Константа равновесия и стандартная энергия Гиббса реакции. Влияние давления на равновесие химической реакции. Уравнение изобары и изохоры реакции.

**Раздел 3. Фазовые равновесия. Растворы.**

Тема 1: Фазовые равновесия.

Содержание темы:

Гетерогенные системы. Фаза. Условие фазового равновесия. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы первого и второго рода. Фазовые диаграммы состояния однокомпонентных систем. Адсорбционное равновесие. Изотермы адсорбции.

**Раздел 4. Кинетика химических реакций.**

Тема 1: Основные понятия химической кинетики. Природа реагирующих веществ и скорость химических реакций.

Содержание темы:

Истинная, средняя и мгновенная скорость. Теория активированного комплекса. Энергия активации реакций. Уравнение Аррениуса.

Тема 2: Влияние концентрации реагирующих веществ на скорость химических реакций. Кинетические уравнения реакций.

Содержание темы:

Простые и сложные реакции. Порядок реакций. Молекулярность реакций. Кинетические уравнение обратимых реакций первого и второго порядка. Особенности кинетики гетерогенных реакций.

Тема 3: Влияние температуры на скорость химических реакций. Катализ. Основные механизмы химических реакций.

Содержание темы:

Механизм влияния температуры на скорость химических реакций. Правило Вант-Гоффа.

Катализ (гомогенный и гетерогенный). Катализаторы (положительные и отрицательные). Каталитические яды. Механизм катализа. Адсорбционная теория гетерогенного катализа.

Радикальные цепные реакции. Фотохимические процессы.

### Содержание практических занятий по дисциплине

**Раздел 1. Химическая термодинамика.**

Темы 1, 2: Основные понятия и определения. Первый закон термодинамики.

Содержание занятий:

Расчет тепловых эффектов реакций при стандартных условиях, в т.ч. с использованием 1-го и 2-го следствий из закона Гесса.

Расчет тепловых эффектов реакций с применением закона Кирхгоффа.

Тема 3: Второй закон термодинамики.

Содержание занятий:

Расчет изменения энтропии химических реакций при стандартных условиях и при повышенной температуре.

Тема 4: Направление процесса. Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца.

Содержание занятий:

Расчет изменений энергии Гиббса и энергии Гельмгольца в ходе химических реакций. Определение направления их самопроизвольного протекания.

**Раздел 2. Химическое равновесие.**

Тема 1: Химическое равновесие.

Содержание занятий:

Различные способы расчета констант равновесия реакций: с использованием закона действия масс, через уравнение связи константы равновесия и стандартной энергии Гиббса реакции.

Расчет констант равновесия при температуре отличной от 298 К.

**Раздел 4. Кинетика химических реакций.**

Тема 1: Основные понятия химической кинетики. Природа реагирующих веществ и скорость химических реакций.

Содержание занятий:

Расчет скоростей химических реакций при различных температурах с использованием уравнения Аррениуса.

Тема 2: Влияние концентрации реагирующих веществ на скорость химических реакций. Кинетические уравнения реакций.

Содержание занятий:

Определение порядка реакций. Расчет скорости и константы скорости реакций аналитическим и графическим методами.

Тема 3: Влияние температуры на скорость химических реакций. Катализ. Основные механизмы химических реакций.

Содержание занятий:

Расчет скорости реакций при различных температурах с использованием правила Вант-Гоффа.

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **5.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **Рейтинг-контроль №1:**

1. Под нормальными условиями (н.у.) в химии подразумевают следующие значения давления и температуры:

А)  $p=760$  мм рт.ст.;  $T=100$  °С

Б)  $p=1,013$ Па;  $T=0$ °С

В)  $p=1$ атм;  $T=273$ °С

Г)  $p=101,3$ кПа;  $T=273$ К

2. Какие процессы из перечисленных можно назвать самопроизвольными:

А) сжатие пружины;

Б) работа аккумулятора

В) нейтрализация кислоты щелочью

Г) переход тепла от холодного тела к горячему

3. Условия, отличающие изолированную термодинамическую систему:

А) совокупность материальных объектов, занимающих ограниченную область пространства

Б) совокупность материальных объектов, занимающих неограниченную область пространства

В) исключен обмен веществом и энергией с окружающей средой;

Г) возможен обмен энергией с окружающей средой, но исключен обмен веществом

4. Математическое выражение первого закона термодинамики для изолированной системы в условиях:
- |                             |                   |
|-----------------------------|-------------------|
| А) изотермического процесса | 1. $Q = \Delta U$ |
|                             | 2. $Q = \Delta H$ |
| Б) изохорного процесса      | 3. $Q = A$        |
|                             | 4. -              |
- В) изобарного процесса
5. Химическая реакция обязательно сопровождается выделением или поглощением энергии, поскольку ...
- А) ее протекание заключается в разрыве одних и образовании других химических связей  
 Б) ее протекание требует столкновения реагирующих частиц  
 В) для ее протекания необходима энергия, равная энергии активации  
 Г) при ее протекании перераспределяются электроны
6. Укажите формулу, выражающую I следствие из закона Гесса.
- А)  $\Delta Q = \Delta U + A$   
 Б)  $\Delta H = \Delta U + P\Delta V$   
 В)  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$   
 Г)  $\Delta H_{\text{х.р.}} = \sum \Delta H_{\text{прод.}} - \sum \Delta H_{\text{исх.}}$
7. Чему равны стандартные энтальпии образования простых веществ?
- А) 1 кДж/моль  
 Б) 298 Дж/моль  
 В) 0 Дж/моль  
 Г) 273 Дж/моль
- Д) зависят от природы вещества
8. При теплоте образования этилена  $C_2H_4(g) = 52,28$ , водяного пара  $H_2O(g) = -241,8$  и газообразного этанола  $C_2H_5OH(g) = -234,3$  кДж/моль, тепловой эффект реакции:  
 $C_2H_4(g) + H_2O(g) = C_2H_5OH(g)$  составляет:
- А) -45,78 кДж  
 Б) -3665,94 кДж  
 В) 45,50 кДж
9. Стехиометрические коэффициенты в термохимических уравнениях указывают на ...
- А) соотношение между количествами веществ;  
 Б) реальные количества реагирующих и образующихся веществ;  
 В) массы веществ;  
 Г) скорость расходования и образования продуктов
10. Процесс перехода системы из одного состояния в другое при постоянном давлении называется
- А) адиабатическим;  
 Б) изотермическим;  
 В) изобарным;  
 Г) изохорным.
11. Если теплота сгорания  $C_2H_5OH(ж) = -1366,7$  кДж/моль;  $CH_3COOH(ж) = -873,79$  кДж/моль и  $CH_3COOC_2H_5(г) = -2254,2$  кДж/моль, то тепловой эффект реакции:  
 $C_2H_5OH(ж) + CH_3COOH(ж) = CH_3COOC_2H_5(г) + H_2O(ж)$  равен:
- А) -449,4 кДж  
 Б) 13,7 кДж  
 В) -13,75 кДж
12. В экзотермической реакции ...
- А) энтальпия реакционной системы повышается  
 Б) тепловой эффект реакции отрицательный  
 В) энтальпия реакционной смеси уменьшается  
 Г) давление реакционной смеси повышается

13. При стандартных условиях теплота сгорания водорода в кислороде равна 286,2 кДж/моль, а теплота сгорания водорода в озоне равна 333,9 кДж/моль. Чему равна теплота образования озона из кислорода при стандартных условиях?

- A) 0 кДж
- B) 143,1 кДж
- C) -47,7 кДж
- D) 100 кДж
- E) -143,1 кДж

14. Определите, какие из нижеприведенных термохимические уравнений относятся к экзотермическим реакциям;

- a)  $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
- б)  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$
- в)  $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

15. В соответствии с термохимическим уравнением  $\text{FeO}(\text{т}) + \text{H}_2(\text{г}) \leftrightarrow \text{Fe}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$ ,  $\Delta H = 23$  кДж для получения 560 г железа необходимо затратить \_\_\_\_\_ кДж тепла.

- A) 560
- Б) 23
- В) 115
- Г) 230

*Примеры задач:*

1. Вычислите тепловой эффект химической реакции при стандартных условиях по стандартным теплотам образования:  $2\text{Mg}(\text{NO}_3)_2(\text{т}) = 2\text{MgO}(\text{т}) + 4\text{NO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$ . Рассчитайте изменение внутренней энергии гелия (одноатомный идеальный газ) при изобарном расширении от 5 до 10 л под давлением 196 кПа.

2. Газ, расширяясь от 10 до 16 л при постоянном давлении 101,3 кПа, поглощает 126 Дж теплоты. Определите изменение внутренней энергии газа.

3. Определить количество теплоты, необходимое для нагревания 5 г азота от 15 до 25°C, если объем газа не изменяется.

4. Вычислите тепловой эффект химической реакции при стандартных условиях по стандартным теплотам образования:  $4\text{NH}_3(\text{г}) + 5\text{O}_2(\text{г}) = 6\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 4\text{NO}(\text{г})$ .

5. Стандартная теплота сгорания метана равна -890,3 кДж/моль. Определите стандартную теплоту образования метана, если стандартные теплоты образования углекислого газа и жидкой воды равны -393,5 и -285,8 кДж/моль соответственно.

6. Вычислите тепловой эффект образования аммиака из простых веществ при стандартном давлении и 298К по тепловым эффектам реакций.

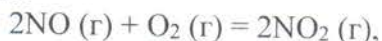
7. Определите тепловой эффект приведенной реакции при 500К  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{г}) + 3/2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г})$ .

8. Определить стандартный тепловой эффект реакции, протекающей по уравнению  $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{CO} + 2\text{H}_2$ , если стандартные теплоты образования метана, диоксида углерода и оксида углерода при 298 К соответственно равны: -74,85; -393,51 и -110,5 кДж/моль.

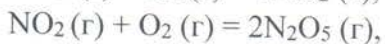
9. Вычислите тепловой эффект химической реакции при стандартных условиях по стандартным теплотам образования:  $2\text{AgNO}_3(\text{т}) = 2\text{Ag}(\text{т}) + 2\text{NO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$ .

10. Пользуясь справочными данными, рассчитайте тепловой эффект реакции  $3\text{Cu}(\text{т}) + 8\text{HNO}_3(\text{aq}) = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + 2\text{NO}(\text{г}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$  при 298 К.

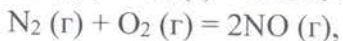
11. Рассчитайте теплоту образования  $\text{N}_2\text{O}_5(\text{г})$  при 298 К на основании следующих данных:



$$\Delta_r H_1^\circ = -114,2 \text{ кДж};$$



$$\Delta_r H_2^\circ = -110,2 \text{ кДж};$$



$$\Delta_r H_3^\circ = 182,6 \text{ кДж}.$$

12. Вычислите теплоту образования  $\text{C}_3\text{H}_8$ , если известно, что при сгорании 11 г его выделилось 552 кДж.

13. Вычислите теплоту сгорания этилена  $C_2H_4$ , если известно, что теплота его образования  $52,3$  кДж/моль. Каков тепловой эффект сгорания  $10$  л  $C_2H_4$  ( $27^\circ C$  и  $98,4$  кПа).
14. Вычислите тепловой эффект реакции  $C_2H_4(g) + H_2O(g) = C_2H_5OH(g)$ , если теплоты образования этилена, водяного пара и газообразного этанола соответственно равны  $52,28$ ;  $-241,8$ ;  $-235,3$  кДж/моль.
15. Рассчитайте теплоту образования газообразного аммиака на основании следующих данных:
- $$4NH_3(g) + 3O_2(g) = 2N_2(g) + 6H_2O(g), \quad \Delta_r H_1^\circ = -1266,9 \text{ кДж}$$
- $$2H_2(g) + O_2(g) = 2H_2O(g), \quad \Delta_r H_2^\circ = -483,7 \text{ кДж}$$
16. Определите стандартную энтальпию образования  $N_2O$ , если известна стандартная энтальпия образования  $CO_2$  ( $-393,3$  кДж/моль) и стандартная энтальпия реакции:  $C(g) + 2N_2O(g) = CO_2(g) + 2N_2(g)$ , где  $\Delta_r H_1^\circ = -556,5$  кДж.
17. Рассчитайте тепловой эффект реакции при  $1000$  К.:  $1,5H_2(g) + 0,5N_2(g) = NH_3(g)$ .
18. Определите тепловой эффект реакции  $2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$  при  $700$  К и стандартном давлении.
19. Вычислите тепловой эффект приведенной реакции при  $298$  К: а) при  $P = \text{const}$ ; б) при  $V = \text{const}$ . Тепловые эффекты образования веществ при стандартных условиях следует взять из справочника:  $2Mg(k) + CO_2(g) = 2MgO(k) + C(\text{графит})$ .
20. Вычислите, сколько моль  $CH_3OH$  (н.у.) нужно сжечь, чтобы выделилось  $2500$  кДж тепла, исходя из уравнения:  $CH_3OH(ж) + 3/2 O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2 H_2O(ж)$ .

### Рейтинг-контроль №2:

- Термодинамической функцией, которая характеризует степень неупорядоченности состояния системы, является
  - энтальпия
  - внутренняя энергия
  - энтропия
  - теплоемкость
- Какая формулировка 2 закона термодинамики принадлежит Больцману:
  - единственным результатом любой совокупности процессов не может быть переход теплоты от менее нагретого тела к более нагретому
  - каждый физический или химический процесс в природе протекает таким образом, чтобы увеличить сумму энтропий всех тел, участвующих в этом процессе.
  - наиболее устойчивым состоянием изолированной системы является состояние с максимальной энтропией.
  - любой самопроизвольный процесс протекает в направлении, в котором система переходит из менее вероятного состояния в более вероятное.
- Математическое выражение второго начала термодинамики в наиболее общем виде:
  - $\Delta S > 0$
  - $\Delta S = \Delta H / T$
  - $dS \geq \delta Q / T$
  - $TdS = dU + PdV$
- При самопроизвольном приближении к равновесию энтропия изолированной системы
  - стремится к нулю
  - достигает минимума
  - линейно убывает
  - достигает максимума



5. Если для реакции  $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{т}) = \text{N}_2\text{O}(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г})$ ,  $\Delta H = -124,2$  кДж;  $\Delta G = -186,7$  кДж, то она является
- экзотермической и при стандартных условиях протекает в обратном направлении;
  - эндотермической и при стандартных условиях протекает в обратном направлении
  - экзотермической и при стандартных условиях протекает в прямом направлении
  - эндотермической и при стандартных условиях протекает в прямом направлении
6. Уравнение реакции, происходящей с увеличением энтропии, имеет вид:
- $\text{N}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{NO}(\text{г})$
  - $2\text{H}_2\text{S}(\text{г}) + 3\text{O}_2(\text{г}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 2\text{SO}_2(\text{г})$
  - $\text{CaO}(\text{т}) + \text{CO}_2(\text{г}) = \text{CaCO}_3(\text{т})$
  - $\text{NH}_4\text{NO}_2(\text{т}) = \text{N}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г})$
7. Что является признаком равновесия системы?
- $\Delta G = 0$
  - $\Delta H < 0$
  - $\Delta G > 0$
  - $T = \text{const}$
  - $\Delta G < 0$
8. Для смещения равновесия в системе  $\text{SO}_2(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) \rightarrow \text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{г})$ , где  $\Delta H < 0$ , в сторону продуктов реакции необходимо...
- понижить температуру
  - понижить давление
  - ввести катализатор
  - понижить концентрацию  $\text{SO}_2$
9. Укажите формулу для расчета энергии Гиббса (изобарно-изотермического потенциала)
- $\Delta Q = \Delta U + A$
  - $\Delta F = \Delta U + T\Delta S$
  - $\Delta H = \Delta U + P\Delta V$
  - $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
  - $\Delta S = \sum S_{\text{прод.}} - \sum S_{\text{исх.}}$
10. Не производя вычислений, установить знак  $\Delta S^0$  для следующего процесса  $\text{H}_2(\text{г}) + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
- $\Delta S^0 \leq 0$
  - $\Delta S^0 \geq 0$
  - $\Delta S^0 = 0$
  - $\Delta S^0 > 0$
  - $\Delta S^0 < 0$
11. Не производя вычислений, установить знак  $\Delta S^0$  для следующего процесс:  $2\text{NH}_3(\text{г}) \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{H}_2$
- $\Delta S^0 \leq 0$
  - $\Delta S^0 \geq 0$
  - $\Delta S^0 = 0$
  - $\Delta S^0 > 0$
  - $\Delta S^0 < 0$
12. Укажите выражение для расчёта энтальпии в условиях равновесия:
- $\Delta G = \Delta H - T S$
  - $\Delta H = T\Delta S$

- Б)  $\Delta H = T\Delta S$
- В)  $\Delta F = \Delta U - TS$
- Г)  $\Delta H = \Delta U + PV$
- Д)  $\Delta H = \Delta Q$

13. Критерием равновесия и возможности самопроизвольного протекания процессов при  $p = \text{const}$ ,  $T = \text{const}$  и заданных начальных парциальных давлениях реагентов является величина  $\Delta G$ , если  $\Delta G > 0$ , то

- А) в системе установилось химическое равновесие
- Б) реакция может самопроизвольно протекать в прямом направлении
- В) реакция не может самопроизвольно протекать в прямом направлении
- Г) реакция при любых условиях невозможна

14. Химическое равновесие в системе  $\text{CO}_{2(\text{г})} + \text{C}_{(\text{тв})} \rightarrow 2\text{CO}_{(\text{г})} - Q$  сместится вправо при

- 1) повышении давления
- 2) понижении температуры
- 3) повышении концентрации CO
- 4) повышении температуры

15. Уравнение изотермы Вант-Гоффа для химической реакции  $2\text{AsH}_{3(\text{г})} = 2\text{As}_{(\text{тв})} + 3\text{H}_{2(\text{г})}$  (газы - идеальные, твердая фаза - чистое вещество)

А) 
$$\Delta G_{p,T} = \Delta G_T^{\circ} + RT \ln \frac{P_{\text{H}_2}^3}{P_{\text{AsH}_3}^2}$$

Б) 
$$\Delta G_{p,T} = \Delta G_T^{\circ} + RT \ln \frac{P_{\text{AsH}_3}^2}{P_{\text{H}_2}^3}$$

В) 
$$\Delta G_{p,T} = \Delta G_T^{\circ} + RT \ln(P_{\text{As}} P_{\text{H}_2} P_{\text{AsH}_3})$$

16. Если для реакции  $\text{CO}_{(\text{г})} + 2\text{H}_{2(\text{г})} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}_{(\text{г})}$ ,  $\Delta_r H_{298}^{\circ} = -128,2$  кДж и  $\Delta_r S_{298}^{\circ} = -332,1$  Дж/К, то температура, при которой возможно ее протекание в прямом и обратном направлениях, равна \_\_\_\_\_ °С (зависимостью термодинамических функций от температуры пренебречь).

- А) 386
- Б) 113
- В) 226
- Г) 772

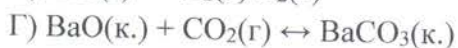
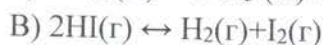
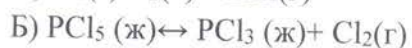
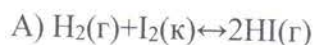
17. Уравнение реакции, проходящей с увеличением энтропии, имеет вид...

- А)  $\text{NH}_4\text{NO}_{3(\text{т})} = \text{N}_{2(\text{г})} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$
- Б)  $\text{CaO}_{(\text{т})} + \text{CO}_{2(\text{г})} = \text{CaCO}_{3(\text{т})}$
- В)  $\text{N}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2 \text{NO}_{(\text{г})}$
- Г)  $2 \text{H}_2\text{S}_{(\text{г})} + 3 \text{O}_{2(\text{г})} = 2 \text{SO}_{2(\text{г})} + 3 \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$

18. Равновесие в системе  $2\text{CO}_{(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} \rightarrow 2\text{CO}_{2(\text{г})}$ ,  $\Delta H < 0$  сместится вправо при ...

- А) уменьшении давления
- Б) увеличении температуры
- В) уменьшении температуры
- Г) повышении давления

19. Повышение давления смещает равновесие в сторону продуктов для реакции...



20. Определите, как изменяется энтропия при протекании химического процесса  $\text{Na}_2\text{O}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow 2\text{NaOH}(\text{т})$

А) уменьшится

Б) увеличится

В) не изменится

21. Уравнение константы равновесия для реакции  $2\text{C}(\text{тв}) + \text{CO}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{CO}(\text{г})$  имеет вид...

А)  $K_p = \frac{[\text{CO}]^2}{[\text{CO}_2]}$

Б)  $K_p = \frac{[\text{C}] \cdot [\text{CO}]^2}{[\text{CO}_2]}$

В)  $K_p = \frac{2 \cdot [\text{CO}]}{[\text{CO}_2]}$

Г)  $K_p = \frac{[\text{CO}_2]}{[\text{CO}]^2}$

*Примеры задач:*

1. В каком состоянии 1 моль вещества имеет большую энтропию: кристаллическом или в виде пара при той же температуре? Ответ обоснуйте.
2. Прямая или обратная реакция будет протекать при стандартных условиях в системе  $\text{CH}_4(\text{г}) + \text{CO}_2(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{CO}(\text{г}) + 2\text{H}_2(\text{г})$ .
3. На основании энтальпий и энтропий веществ вычислите  $\Delta G_{\text{х.р}}$  реакции, протекающей по уравнению  $\text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) = \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г})$ .
4. Восстановление  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  водородом протекает по уравнению  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{к}) + 3\text{H}_2(\text{г}) = 2\text{Fe}(\text{к}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{г})$ ;  $\Delta H = +96,61$  кДж. Возможна ли эта реакция при стандартных условиях, если изменение энтропии  $\Delta S = 0,1387$  кДж/моль·К? При какой температуре начнется восстановление  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ?
5. Рассчитайте величину  $\Delta S^{\circ}_{298}$  для процесса  $\text{Na}_2\text{O}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow 2\text{NaOH}(\text{т})$ , используя значения стандартных энтропий веществ.
6. По изменению энтропии реакции определите, может ли реакция протекать самопроизвольно при постоянной температуре  $2\text{C}(\text{графит}) + 3\text{H}_2(\text{г}) = \text{C}_2\text{H}_6(\text{г})$ .
7. Будут ли следующие реакции самопроизвольно протекать в прямом направлении при 298 К? 1)  $\text{Cl}_2(\text{г}) + 2\text{HI}(\text{г}) \leftrightarrow \text{I}_2(\text{к}) + 2\text{HCl}(\text{г})$ ; 2)  $\text{I}_2(\text{к}) + \text{H}_2\text{S}(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{HI}(\text{г}) + \text{S}(\text{к})$ .
8. На основании стандартных значений  $\Delta H$  и  $\Delta S$  вычислите стандартное изменение свободной энергии Гиббса при 298 К для реакции:  $\text{NH}_3(\text{г}) + \text{HCl}(\text{г}) = \text{NH}_4\text{Cl}(\text{к})$ .
9. Найдите изменение энтропии при плавлении 250 г свинца, если его удельная теплота плавления 23040 Дж/кг, а температура плавления составляет 327,4 °С.
10. Рассчитайте изменение энергии Гиббса ( $\Delta G^{\circ}_{298}$ ) для процесса  $\text{Na}_2\text{O}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow 2\text{NaOH}(\text{т})$  по значениям стандартных энергий Гиббса образования веществ. Возможно ли самопроизвольное протекание реакции при стандартных условиях и 298К?
11. При какой температуре наступит равновесие системы:  $4\text{HCl}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 2\text{Cl}_2(\text{г})$ ;  $\Delta H = -114,42$  кДж.

12. Реакция горения ацетилена протекает по уравнению  $C_2H_2(g) + 2,5O_2(g) = 2CO_2(g) + H_2O(ж)$ . Вычислите  $\Delta G$  и  $\Delta S$  и объясните уменьшение энтропии в результате этой реакции.
13. Уменьшается или увеличивается энтропия при переходах: а) воды в пар; б) графита в алмаз? Почему? Вычислите  $\Delta S$  для каждого превращения. Сделайте вывод о количественном изменении энтропии при фазовых и аллотропических превращениях.
14. Чем можно объяснить, что при стандартных условиях невозможна экзотермическая реакция, протекающая по уравнению  $H_2(g) + CO_2(g) = CO(g) + H_2O(ж)$ ;  $\Delta H = -2,85$  кДж. Зная тепловой эффект реакции и абсолютные стандартные энтропии соответствующих веществ, определите  $\Delta G$  этой реакции.
15. Прямая или обратная реакция будет протекать при стандартных условиях в системе  $2NO(g) + O_2(g) \leftrightarrow 2NO_2(g)$ ? Ответ обоснуйте, вычислив  $\Delta G$  прямой реакции.
16. Определите, возможно ли при  $95^\circ C$  самопроизвольное протекание процесса  $Na_2O(т) + H_2O(ж) \rightarrow 2NaOH(т)$ . Ответ обоснуйте, рассчитав величину изменения энергии Гиббса при данной температуре.
17. Исходя из значений стандартных энтальпий и стандартных энтропий соответствующих веществ, вычислите  $\Delta G$  реакции, протекающей по уравнению  $NH_3(g) + HCl(g) = NH_4Cl(к)$ . Может ли эта реакция при стандартных условиях идти самопроизвольно?
18. При какой температуре наступит равновесие системы  $CO(g) + 2H_2(g) \leftrightarrow CH_3OH(ж)$ ;  $\Delta H = -128,05$  кДж?
19. Эндотермическая реакция взаимодействия метана с диоксидом углерода протекает по уравнению  $CH_4(g) + CO_2(g) = 2CO(g) + 2H_2(g)$ ;  $\Delta H = +247,37$  кДж. При какой температуре начнется эта реакция?
20. Установите знак  $\Delta S$  следующих процессов:  $2NO(g) + O_2(g) = 2NO_2(g)$ ;  $2H_2S(g) + 3O_2(g) = 2H_2O(ж) + 2SO_2(g)$ ;  $2CH_3OH(g) + 3O_2(g) = 4H_2O(g) + 2CO_2(g)$ .

### Рейтинг-контроль №3:

1. Химическая кинетика это...
  - А) наука о механизме химических реакций
  - Б) наука о скорости химических реакций
  - В) наука, изучающая соотношения и превращения теплоты и других форм энергии
  - В) наука, изучающая возможный механизм химических реакций с учётом строения молекул участвующих в них веществ.
2. Какие из приведенных реакций относятся к необратимым:
  - А)  $3H_2 + N_2 = 2NH_3$
  - Б)  $2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$
  - В)  $3K_2CO_3 + 2H_3PO_4 = 2K_3PO_4 + 3CO_2 + 3H_2O$
  - Г)  $Ca(OH)_2 + K_2CO_3 = CaCO_3 + 2KOH$
3. Скорость гомогенной химической реакции измеряется в:
  - А) моль/с;
  - Б) моль/ л·с
  - В) моль·с/л
  - Г) моль/ м<sup>2</sup>·с
4. От чего не зависит скорость химической реакции?
  - А) температуры
  - Б) давления
  - В) катализаторов
  - Г) зависит от всех перечисленных факторов

5. При увеличении концентрации вещества А в 3 раза скорость химической реакции  $2A(g) + B(g) = C$  возрастет в:
- А) 3 раза
  - Б) 6 раз
  - В) 8 раз
  - Г) 9 раз.
6. При увеличении давления в 2 раза скорость химической реакции  $2A(g) + B(g) = C$  возрастет в:
- А) 2 раза
  - Б) 4 раза
  - В) 6 раз
  - Г) 8 раз
7. Во сколько раз нужно увеличить давление в системе, чтобы скорость химической реакции  $2NO + O_2 = 2NO_2$  возросла в 1000 раз:
- А) в 10 раз;
  - Б) в 20 раз;
  - В) в 50 раз;
  - Г) в 100 раз
8. Правило Вант-Гоффа имеет следующую формулировку. Выберите правильный вариант ответа.
- А) при изменении температуры на каждые  $5^\circ C$  скорость химической реакции изменяется в 2 раза
  - Б) при изменении температуры на каждые  $8^\circ C$  скорость химической реакции изменяется в 3 раза
  - В): при изменении температуры на каждые  $10^\circ C$  скорость химической реакции изменяется в 2-4 раза
  - Г) при изменении температуры на каждые  $10^\circ C$  скорость химической реакции не изменяется
9. Для ускорения медленно протекающих химических реакций добавляют вещества, способные снижать энергию активации молекул, ослабляя связи между атомами в молекулах. Их называют:
- А) активаторами
  - Б) катализаторами
  - В) ингибиторами
  - Г) стимулирующими агентами
10. В каких условиях скорость реакции определяется изменением концентрации реагирующих веществ в единицу времени, в единице пространства?
- А) в случае, если реакция протекает в растворе
  - Б) в случае, если реакция идет при постоянном давлении
  - В) во всех случаях
  - Г) в случае, если объем системы постоянен
  - Д) в случае, когда реакция идет при постоянной температуре.
11. Кинетическая кривая химической реакции - это
- А) кривая, выражающая зависимость скорости реакции от температуры;
  - Б) кривая, выражающая зависимость скорости реакции от влияющих на нее факторов;
  - В) кривая, выражающая изменение концентрации какого-либо вещества со временем в ходе химического превращения
  - Г) кривая, выражающая зависимость константы скорости от температуры
12. Порядком химической реакции является:
- А) сумма коэффициентов у исходных веществ в уравнении реакции
  - Б) сумма показателей степеней при концентрациях в кинетическом уравнении реакции;

- В) число элементарных стадий, из которых состоит данная реакция  
 Г) число молекул, участвующих в элементарном акте химической реакции  
 Д) произведение концентрации реагирующих веществ в кинетическом уравнении реакции
13. Реакция протекает по уравнению:  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{S}$ . Как изменится скорость реакции после разбавления реагирующей смеси в 4 раза?
- А) уменьшится в 16 раз  
 Б) не изменится  
 В) увеличится в 8 раз  
 Г) увеличится в 64 раза
14. Температурный коэффициент скорости реакции равен 2,3. Во сколько раз увеличится скорость этой реакции, если повысить температуру на  $25^\circ\text{C}$ ?
- А) не изменится  
 Б) увеличиться в 2 раза  
 В) увеличиться в 4 раза  
 Г) увеличиться в 8 раза
15. Скорость реакции между растворами хлорида калия и нитрата серебра, концентрации которых равны 0,2 и 0,3 моль/л соответственно, а  $k = 1,5 \cdot 10^{-3}$  л/моль·с, равна \_\_\_\_\_ моль/л·с
- А)  $9 \cdot 10^{-5}$   
 Б)  $6 \cdot 10^{-2}$   
 В)  $9 \cdot 10^{-1}$   
 Г)  $9 \cdot 10^{-3}$
16. Скорость прямой реакции  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3 + Q$  возрастает при:
- А) увеличении концентрации азота  
 Б) уменьшении концентрации азота  
 В) увеличении концентрации аммиака  
 Г) уменьшении концентрации аммиака  
 Д) повышении температуры
17. Из предложенного перечня внешних воздействий выберите те, от которых не зависит скорость реакции  $\text{C(тв)} + \text{CO}_2(\text{г}) = 2\text{CO}(\text{г})$
- А) степень измельчения угля  
 Б) температура  
 В) количество угля  
 Г) концентрация CO  
 Д) концентрация CO<sub>2</sub>

*Примеры задач:*

- Напишите выражения закона действия масс для реакций:
  - $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{NO}_2(\text{г})$ ;
  - $\text{FeO}(\text{к}) + \text{CO}(\text{г}) = \text{Fe}(\text{к}) + \text{CO}_2(\text{г})$ .
- Как изменяется скорость реакции образования аммиака  $\text{N}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{NH}_3(\text{г})$  при уменьшении объема реакционного сосуда в 5 раз?
- Во сколько раз изменится скорость прямой и обратной реакции в системе  $2\text{SO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{SO}_3(\text{г})$ , если объем газовой смеси уменьшить в три раза? В какую сторону сместится равновесие системы?
- Температурный коэффициент реакции равен 3. Найдите, во сколько раз увеличится скорость этой реакции при увеличении температуры на 30 градусов.

5. Вычислите, во сколько раз увеличится скорость реакции, протекающей в газовой фазе, при повышении температуры от 30 до 70°C, если температурный коэффициент реакции равен 2.
6. Вычислите, при какой температуре реакция закончится в течение 20 мин., если при 20°C на это требуется 3 ч. Температурный коэффициент равен 3.
7. Вычислите, во сколько раз уменьшится скорость реакции, протекающей в газовой фазе, если понизить температуру от 120 до 80 °C.  
Температурный коэффициент скорости реакции равен 3.

8. Как изменится скорость реакции, протекающей в газовой фазе, при повышении температуры на 60 °C, если температурный коэффициент скорости данной реакции равен двум?

9. При изучении кинетики некоторой реакции первого порядка были получены следующие данные:

Время, мин	0	7	13	15
Концентрация, моль/л	0,20	0,13	0,09	0,08

Рассчитайте константу скорости реакции и время полупревращения.

10. Оцените порядок данной реакции по каждому веществу и общий порядок реакции:  $2\text{NO} + \text{Cl}_2 = 2\text{NOCl}$ . Запишите уравнение, связывающее общую скорость реакции со скоростями по отдельным веществам.
11. Активность изотопа Po уменьшается за 14 дней на 6,85 %. Определите константу скорости распада, период полураспада и время, в течение которого распадется 90 % исходного количества изотопа.
12. Во сколько раз изменится скорость прямой реакции  $\text{N}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{г})$ , если давление в системе увеличить в 2 раза?
13. Во сколько раз возрастет скорость реакции при повышении температуры с 10 до 300°C ( $\gamma=3$ )?
14. Для реакции первого порядка АВ определите время за которое прореагировало на 90% вещества А. Константа скорости реакции  $1 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ .
15. Как изменится скорость реакции  $2\text{A} + \text{B}_2 = 2\text{AB}$ , протекающей в закрытом сосуде, если увеличить давление в 4 раза?
16. Напишите выражение закона действия масс для реакций
  - а)  $2\text{NO}(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{NOCl}(\text{г})$ ;
  - б)  $\text{CaCO}_3(\text{к}) \rightarrow \text{CaO}(\text{к}) + \text{CO}_2(\text{г})$ .
17. Температурный коэффициент скорости реакции равен 2,8. Во сколько раз возрастет скорость реакции при повышении температуры от 20 до 75°C?
18. При 30 °C реакция протекает за 3 минуты. Сколько времени будет происходить эта реакция при 60 °C? Температурный коэффициент равен 3.
19. Во сколько раз нужно повысить давление, чтобы скорость реакции образования оксида азота согласно реакции  $2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{NO}_2(\text{г})$  увеличилась в 1000 раз?
20. Скорость разложения вещества А описывается кинетическим уравнением первого порядка. Определите концентрацию вещества А через 100 с после начала реакции, если известно, что начальная концентрация его составляла 0,01 моль/л, а константа скорости равна 0,023 с<sup>-1</sup>.
21. Взаимодействие оксида углерода (II) с хлором выражается уравнением:  $\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2$ . Концентрация оксида углерода (II) равна 0,3 моль/л, а хлора - 0,2 моль/л. Как

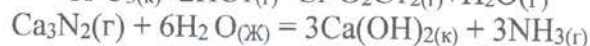
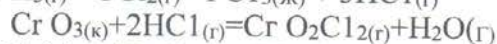
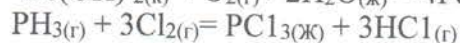
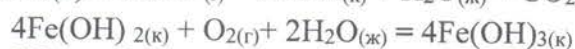
- изменится скорость прямой реакции, если увеличить концентрацию оксида углерода (II) до 1,2 моль/л, а концентрацию хлора до 0,6 моль/л?
22. Определите скорость химической реакции  $A + B = AB$ , если начальная концентрация вещества A была равна 1 моль/л, а через 4 секунды концентрация этого вещества стала равна 0,6 моль/л.
  23. При температуре 80°C реакция заканчивается за 20 минут. Сколько времени потребуется для прохождения реакции при температуре 50°C, если температурный коэффициент реакции равен 2?
  24. Реакция при температуре 50° С протекает за 2 мин 15 с. За сколько времени закончится эта реакция при температуре 70° С, если в данном температурном интервале температурный коэффициент скорости реакции равен 3?

**Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации (зачета):**

1. Первый закон термодинамики. Его применение для различных процессов. Энтальпия термодинамической системы.
2. Тепловой эффект химической реакции. Экзотермические и эндотермические реакции. Закон Гесса.
3. Расчет теплового эффекта химической реакции. Следствия из закона Гесса.
4. Зависимость теплового эффекта химической реакции от температуры. Закон Кирхгофа.
5. Второй закон термодинамики Энтропия термодинамической системы.
6. Расчет изменения энтропии в различных процессах.
7. Условия самопроизвольного протекания химических реакций. Энергия Гиббса.
8. Условия самопроизвольного протекания химических реакций. Энергия Гельмгольца.
9. Необратимые и обратимые химические реакции. Изменение скорости прямой и обратной реакций в ходе реакции. Химическое равновесие. Константа химического равновесия. Связь константы равновесия с изменением энергии Гиббса.
10. Обратимые химические реакции. Химическое равновесие: влияние изменения концентрации веществ, принимающих участие в реакции, внешнего давления и температуры на состояние химического равновесия.
11. Обратимые химические реакции. Химическое равновесие: влияние температуры на значение константы равновесия реакции.
12. Растворы. Растворение. Свойства разбавленных растворов неэлектролитов: давление насыщенных паров растворителя над раствором (закон Рауля), температура замерзания и температура кипения растворов (следствия из закона Рауля).
13. Растворы. Растворение. Свойства разбавленных растворов неэлектролитов: осмотическое давление (закон Вант-Гоффа).
14. Фазовое равновесие. Правило фаз Гиббса.
15. Фазовые переходы первого и второго рода.
16. Фазовые диаграммы состояния однокомпонентных систем.
17. Адсорбционное равновесие. Изотермы адсорбции.
18. Химическая кинетика. Понятие скорости реакции. Мгновенная и средняя скорость.
19. Химическая кинетика. Основные факторы, влияющие на скорость химической реакции. Природа реагирующих веществ. Энергия активации реакции. Уравнение Аррениуса.
20. Химическая кинетика. Основные факторы, влияющие на скорость химической реакции. Концентрации реагирующих веществ. Кинетические уравнения. Понятие простых и сложных реакций.
21. Химическая кинетика. Основные факторы, влияющие на скорость химической реакции. Зависимость скорости реакции от температуры.
22. Химическая кинетика. Катализ. Механизм катализа. Влияние катализатора на энергию активации реакции.



23. Для предложенных реакций определите  $\Delta H$ ,  $\Delta S$ ,  $\Delta G$  и сделайте вывод о направлении их протекания при  $T = 298 \text{ K}$ :



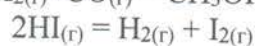
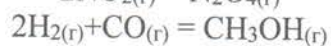
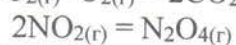
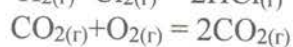
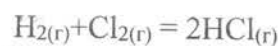
24. Рассчитайте тепловой эффект реакции, протекающей в изобарно-изотермических условиях при стандартном давлении и температурах 298 К и 500 К.

Рассчитайте изменение энтропии в ходе реакции при данных температурах.

Установите возможность самопроизвольного протекания реакции в рассматриваемых условиях.

Напишите выражения для константы равновесия.

Проанализируйте возможность смещения равновесия в сторону прямой реакции.



### 5.3. Самостоятельная работа обучающегося

#### Вопросы для проведения контроля самостоятельной работы:

1. Растворы. Растворимость. Способы выражения.
2. Идеальные и неидеальные растворы.
3. Давление насыщенного пара компонента над раствором. Уравнение Рауля.
4. Растворимость газов. Уравнение Генри.
5. Понижение температуры замерзания растворов. Следствие из закона Рауля.
6. Повышение температуры кипения растворов. Следствие из закона Рауля.
7. Растворимость твердых веществ.
8. Осмотическое давление растворов.
9. Растворимость жидкостей.
10. Распределение растворенного вещества между двумя несмешивающимися растворителями. Экстракция.

Контрольные вопросы п. 5.3. включены в перечень вопросов для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Фонд оценочных материалов для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

#### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
<b>Основная литература</b>		
Еремин В.В. Основы физической химии (ч. 1, 2). М.: Лаборатория знаний.	2019	<a href="http://znanium.com/catalog/product/1040735">http://znanium.com/catalog/product/1040735</a>
Борщевский А.Я. Физическая химия: учебник. В 2 т. М.: ИНФРА-М.	2020	<a href="http://znanium.com/catalog/product/1062085">http://znanium.com/catalog/product/1062085</a>
Краткий справочник физико-химических величин /Под ред. А.А. Равделя, А.М. Пономарёвой. Л.: Химия	1983	21 печ. экз. в библиотеке ВлГУ
<b>Дополнительная литература</b>		
Батраков В.В., Савиткин Н.И., Авдеев Я.Г. Физическая химия. Сборник вопросов и задач. М.: ФЕНИКС.	2014	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785704223405.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785704223405.html</a>
Кухтин Б.А., Подгорнова Г.А. Задания для самостоятельной работы по физической химии. Владимир: Издательство ВлГУ.	2004	20 печ. экз. в библиотеке ВлГУ
Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. М.: Высш.шк.	2003	7 печ. экз. в библиотеке ВлГУ

## 6.2. Периодические издания

Журналы:

«Успехи химии»

«Химия и химическая технология»

«Химическая технология»

## Интернет-ресурсы

1. <http://www.scirus.com/>
2. <http://www.abc.chemistry.bsu.by/current/fulltext.htm>
3. <http://www.anchem.ru/literature/>
4. <http://www.sciencedirect.com>
5. <http://www.chem.msu.su/rus>
6. <http://djvu-inf.narod.ru/nclib.htm>
7. <http://www.elsevier.com/>
8. <http://www.uspkhim.ru/>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов.

Рабочую программу составил  д.х.н. профессор кафедры химии Смирнова Н.Н.

Рецензент  к.х.н. ст.н.с. лаборатории химического анализа ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» Большаков Д.С.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химии

Протокол № 1 от 30.08 2021 года

Заведующий кафедрой  /Смирнова Н.Н./

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов.

Протокол № 1 от 31.08 2021 года

Председатель комиссии  /Кечин В.А./

(ФИО, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**

в рабочую программу дисциплины

**ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

образовательной программы направления подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
*Подпись* *ФИО*