

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ:  
И.о. декана ХФ  
  
\_\_\_\_\_ А.С. Князев  
«25» \_\_\_\_\_ 08 \_\_\_\_\_ 20 22 г.

Фонд оценочных средств

**Физическая химия**

по направлению подготовки

**04.03.01 Химия**

Направленность (профиль) подготовки:  
**«Химия»**

Форма обучения  
**Очная**

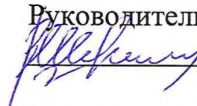
Квалификация  
**Бакалавр**

Год приема  
**2022**

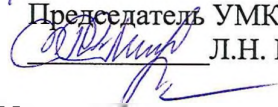
Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.17

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

 В.В. Шелковников

Председатель УМК

 Л.Н. Мишенина

Томск – 2022

## 1 Паспорт фонда оценочных средств

Направление подготовки	04.03.01 Химия
Дисциплина	Физическая химия
Семестр обучения	4, 5, 6
Общий объем дисциплины, ЗЕ	19
Формы текущего контроля	Домашняя работа, контрольная работа, отчет по лабораторной работе, индивидуальное задание, коллоквиум
Форма промежуточной аттестации	Семестр 4, зачет с оценкой Семестр 5, экзамен Семестр 6, экзамен

Оценивание результатов учебной деятельности обучающихся при изучении дисциплины осуществляется на основании результатов текущего контроля и промежуточной аттестации

## 2 Перечень формируемых компетенций и уровни их освоения

Изучение дисциплины «Физическая химия» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды и содержание компетенций по СУОС	Индикаторы достижения компетенций согласно ООП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине	
ОПК-1. Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений.	ИОПК 1.1. Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.	<i>Допороговый уровень</i>	Студент имеет пробелы по отдельным теоретическим разделам и не владеет основными умениями и навыками
		<i>Пороговый уровень</i>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия и термины физической химии в рамках представленной программы;</li> <li>- имеет поверхностные представления об основных законах, закономерностях и принципах физической химии, областях их применения.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать основные понятия и законы физической химии при решении теоретических типовых задач;</li> <li>- применять основные законы и закономерности физической химии при обсуждении результатов физико-химического эксперимента</li> </ul>

<p>ИОПК-1.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.</p> <p>ИОПК 1.3. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.</p>		<p>- систематизировать результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов. <i>Владеть:</i> - навыками работы с учебной литературой по основным разделам физической химии.</p>
	<i>Достаточный уровень</i>	<p><i>Знать:</i> - основные понятия и термины физической химии в рамках представленной программы; - основные законы, закономерности и принципы физической химии, область их применения. <i>Уметь:</i> - использовать основные понятия и законы физической химии при решении практических и теоретических типовых задач; - применять основные законы и закономерности физической химии при обсуждении результатов физико-химического эксперимента - систематизировать и анализировать результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов. <i>Владеть:</i> - навыками работы с учебной литературой по основным разделам физической химии; - анализировать результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений с позиции теоретических основ традиционных разделов химии.</p>
	<i>Продвинутый уровень</i>	<p><i>Знать:</i> - основные понятия и термины физической химии в рамках представленной программы; - основные законы, закономерности и принципы физической химии, область их применения. <i>Уметь:</i> - корректно использовать основные понятия и законы физической химии при решении практических и теоретических типовых задач, при анализе результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ;</p>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>- применять основные законы и закономерности физической химии при обсуждении результатов физико-химического эксперимента</li> <li>- систематизировать и анализировать результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками работы с учебной литературой по основным разделам физической химии, использовать полученные знания по основным разделам физической химии при решении профессиональных задач;</li> <li>- анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений с позиции теоретических основ традиционных разделов химии.</li> </ul>
ОПК-2. Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием.	ИОПК-2.1. Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности.	<i>Допороговый уровень</i>	Студент имеет пробелы по отдельным теоретическим разделам и не владеет основными умениями и навыками
	ИОПК-2.2. Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик.	<i>Пороговый уровень</i>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- правила техники безопасности в химической лаборатории, правила безопасной работы с химическими веществами;</li> <li>- некоторые химические и физико-химические методы для определения химического состава и свойств веществ, исследования их реакционной способности.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнять некоторые стандартные действия (классифицировать физико-химические процессы, составлять схемы процессов и т.п.) с учетом основных понятий и общих закономерностей в рамках физической химии, в том числе для определения химического и фазового состава веществ;</li> <li>- проводить синтез веществ и материалов с использованием имеющихся методик,</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками проведения экспериментов по физической химии (кинетический, электрохимический и др.) с соблюдением норм техники безопасности</li> </ul>
	ИОПК-2.3. Проводит стандартные операции для	<i>Достаточный уровень</i>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- правила техники безопасности в химической лаборатории, правила безопасной работы с химическими веществами;</li> </ul>

	<p>определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе.</p> <p>ИОПК-2.4. Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.</p>		<p>- основные химические и физико-химические методы для определения химического состава и свойств веществ, исследования их реакционной способности.</p> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнять основные стандартные действия (классифицировать физико-химические процессы, составлять схемы процессов и т.п.) с учетом основных понятий и общих закономерностей в рамках физической химии, в том числе для определения химического и фазового состава веществ;</li> <li>- проводить синтез веществ и материалов с использованием имеющихся методик,</li> <li>- проводить исследования свойств веществ использованием серийного научного оборудования физико-химический эксперимент;</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками проведения экспериментов по физической химии (кинетический, электрохимический и др.) с соблюдением норм техники безопасности;</li> <li>- основными методами изучения реакционной способности веществ с применением типовых экспериментальных методов</li> </ul>
		<p><i>Продвинутый уровень</i></p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- правила техники безопасности в химической лаборатории, правила безопасной работы с химическими веществами;</li> <li>- основные химические и физико-химические методы для определения химического состава и свойств веществ, исследования их реакционной способности.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнять стандартные действия (классифицировать физико-химические процессы, составлять схемы процессов и т.п.) с учетом основных понятий и общих закономерностей в рамках физической химии, в том числе для определения химического и фазового состава веществ;</li> <li>- проводить синтез веществ и материалов с использованием имеющихся методик,</li> <li>- проводить исследования свойств веществ использованием серийного научного оборудования физико-химический эксперимент;</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками проведения экспериментов по физической химии (кинетический, электрохимический и др.) с соблюдением норм техники безопасности;</li> <li>- методами изучения реакционной способности веществ с применением типовых экспериментальных методов, в том числе с использованием научного оборудования</li> </ul>
ОПК-4. Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач.	ИОПК-4.1. Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности.	<i>Допороговый уровень</i>	Студент имеет пробелы по отдельным теоретическим разделам и не владеет основными умениями и навыками
		<i>Пороговый уровень</i>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- стандартные методы обработки данных химического эксперимента, правила обработки и оформления результатов работы.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- решать типовые учебные задачи по всем разделам физической химии и использовать знания при решении профессиональных задач;</li> <li>- анализировать химическую информацию, используя знания физических законов и представлений в области физической химии.</li> </ul>
	ИОПК-4.2. Обрабатывает данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик.	<i>Достаточный уровень</i>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- стандартные методы обработки данных химического эксперимента, правила обработки и оформления результатов работы.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- решать типовые учебные задачи по всем разделам физической химии и использовать знания при решении профессиональных задач;</li> <li>- применять базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности;</li> <li>- обрабатывать данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик</li> </ul> <p><i>Владеть (обладать навыками):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- базовыми знаниями в области математики и физики при планировании работ химической направленности</li> </ul>
	ИОПК-4.3. Интерпретирует результаты		

	химических наблюдений с использованием физических законов и представлений.	<i>Продвинутый уровень</i>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- стандартные методы обработки данных химического эксперимента, правила обработки и оформления результатов работы.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- решать типовые учебные задачи по всем разделам физической химии и использовать знания при решении профессиональных задач;</li> <li>- аргументированно применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера</li> <li>- обрабатывать данные с использованием стандартных способов аппроксимации численных характеристик;</li> <li>- анализировать химическую информацию, используя знания физических законов и представлений в области физической химии.</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- базовыми знаниями в области математики и физики при планировании работ химической направленности</li> </ul>
--	--	----------------------------	---

#### Уровни и шкала оценивания сформированности компетенций

Допороговый уровень	Соответствует оценке «неудовлетворительно», предполагает несформированность компетенций на достаточном уровне. Студент имеет пробелы по отдельным теоретическим разделам и не владеет основными умениями и навыками.
Пороговый уровень	Соответствует оценке «удовлетворительно», предполагает сформированность компетенций на достаточном уровне. Студент имеет недостаточно глубокие знания по отдельным теоретическим разделам, показал не все основные умения и навыки.
Достаточный уровень	Соответствует оценке «хорошо», предполагает сформированность компетенций на достаточно хорошем уровне. Студент изучил все теоретические вопросы, показал основные умения и навыки.
Продвинутый уровень	Соответствует оценке «отлично», предполагает сформированность компетенций на высоком уровне. Студент показал творческое отношение к обучению, в совершенстве овладел всеми теоретическими вопросами дисциплины, показал все требуемые умения и навыки.

## 2 Этапы формирования компетенций и оценочные средства (текущая аттестация)

### 2.1 Виды оценочных средств

№	Контролируемые темы/разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Код индикатора достижения компетенции согласно ОПП
<b>Физическая химия, 4 семестр</b>			
1	Тема 1. Первый закон термодинамики. Применение первого закона термодинамики к процессам в идеальных газах	Домашние работы, индивидуальное задание, контрольная, коллоквиум	ИОПК 1.2., ИОПК 1.3., ИОПК 4.1., ИОПК 4.2.
2	Тема 2. Расчеты, основанные на соотношениях между теплоемкостью и теплотой процесса, внутренней энергией или энтальпией системы	Домашние работы, индивидуальное задание, контрольная, коллоквиум	ИОПК 1.2., ИОПК 1.3., ИОПК 4.1., ИОПК 4.2.
3	Тема 3. Теплоемкость. Зависимость теплоемкости от температуры	Домашние работы, индивидуальное задание, контрольная, коллоквиум	ИОПК 1.2., ИОПК 1.3., ИОПК 4.1., ИОПК 4.2.
4	Тема 4. Термохимия. Тепловой эффект процесса. Закон Гесса	Домашние работы, индивидуальное задание, контрольная, коллоквиум	ИОПК 1.2., ИОПК 1.3., ИОПК 4.1., ИОПК 4.2.
5	Тема 5. Уравнение Кирхгофа. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры.	Домашние работы, индивидуальное задание, контрольная, коллоквиум	ИОПК 1.2., ИОПК 1.3., ИОПК 4.1., ИОПК 4.2.
6	Тема 6. Второй закон термодинамики. Вычисление энтропии в различных процессах.	Домашние работы, индивидуальное задание, контрольная, коллоквиум	ИОПК 1.2., ИОПК 1.3., ИОПК 4.1., ИОПК 4.2.
7	Тема 7. Термодинамические потенциалы. Вычисление изменения энергии Гиббса и энергии Гельмгольца в различных процессах.	Домашние работы, индивидуальное задание, контрольная, коллоквиум	ИОПК 1.2., ИОПК 1.3., ИОПК 4.1., ИОПК 4.2.
8	Тема 8. Термодинамические потенциалы. Вычисление изменения энергии Гиббса и энергии Гельмгольца в различных процессах. Вычисление изменения энергии Гиббса химической реакции по значениям стандартных энтальпий и энтропий.	Домашние работы, индивидуальное задание, контрольная, коллоквиум	ИОПК 1.2., ИОПК 1.3., ИОПК 4.1., ИОПК 4.2.



9	Тема 9. Расчет термодинамических функций методами статистической термодинамики	Контрольная, коллоквиум	ИОПК 1.2., ИОПК 1.3., ИОПК 4.1., ИОПК 4.2.
10	Тема 10. Расчет констант равновесия химических реакций в идеальных газах методом статистической термодинамики.	Контрольная, коллоквиум	ИОПК 1.2., ИОПК 1.3., ИОПК 4.1., ИОПК 4.2.
Физическая химия, 5 семестр			
1	Химическое равновесие	Домашние работы, отчет по лабораторной работе, контрольная работа, коллоквиум	ИОПК 1.1 ИОПК 1.3 ИОПК 2.1 ИОПК 2.4 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2
2	Фазовое равновесие	Домашние работы, отчеты по лабораторным работам, индивидуальное домашнее задание, коллоквиум	ИОПК 1.1 ИОПК 1.3 ИОПК 2.1 ИОПК 2.4 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2
3	Термодинамика растворов	Домашние работы, отчеты по лабораторным работам, индивидуальное домашнее задание, коллоквиум	ИОПК 1.1 ИОПК 1.3 ИОПК 2.1 ИОПК 2.4 ИОПК 4.1 ИОПК 4.2
Физическая химия, 6 семестр			
1	Формальная кинетика	Домашние работы, контрольная работа, отчеты по лабораторным работам, индивидуальное задание, коллоквиум	ИОПК 1.1. – ИОПК 1.3., ИОПК 2.1. – ИОПК 2.4., ИОПК 4.1. – ИОПК 4.3.
2	Теории химической кинетики	Коллоквиум	ИОПК 1.3. ИОПК-4.3.
3	Электрическая проводимость	Домашние работы, отчеты по лабораторным работам, индивидуальное задание, коллоквиум	ИОПК 1.1. – ИОПК 1.3., ИОПК 2.1. – ИОПК 2.4., ИОПК 4.1. – ИОПК 4.3.
4	Электродвижущие силы	Домашние работы, контрольная работа, отчеты по лабораторным работам, коллоквиум	ИОПК 1.1. – ИОПК 1.3., ИОПК 2.1. – ИОПК 2.4., ИОПК 4.1., ИОПК 4.3.

## 2.2 Содержание оценочных средств

### 2.2.1 Физическая химия, 4 семестр

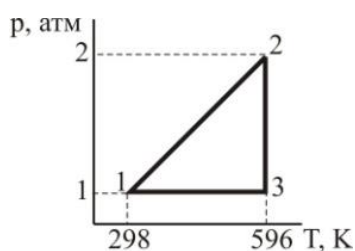
#### 2.2.1.1 Домашние работы:

Задачи для семинарских занятий выбираются согласно рассматриваемым тематическим разделам из практикумов и пособий издательства ТГУ из перечня, приведенного в рабочей программе 04.03.01 Химия.

#### 2.2.1.2 Индивидуальные задания

1. Какие коэффициенты называют калорическими и каков их физический смысл? Какие уравнения используются для установления связи между калорическими коэффициентами?

2. а) Определите, каким процессам соответствуют стадии  $1 \rightarrow 2$ ;  $2 \rightarrow 3$ ;  $3 \rightarrow 1$  для 1 моль идеального одноатомного газа, проведенного через обратимый цикл.

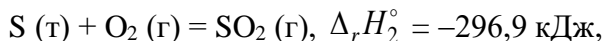
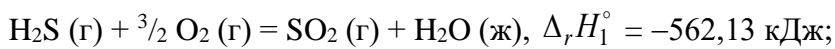


б) Рассчитайте значения  $V$  в точках 1, 2, 3.

в) Найдите значения  $A$ ,  $Q$ ,  $\Delta U$ ,  $\Delta H$  для каждой стадии. Данные представьте в виде таблицы:

Стадия	$A$	$Q$	$\Delta U$	$\Delta H$
$1 \rightarrow 2$				
$2 \rightarrow 3$				
$3 \rightarrow 1$				
Полный цикл				

3. Исходя из термохимических уравнений



не пользуясь справочными данными, вычислите тепловой эффект реакции  $2 \text{H}_2\text{S}(\text{г}) + \text{SO}_2(\text{г}) = 3 \text{S}(\text{т}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ .

Ответ:  $-233,56 \text{ кДж}$ .

4. Выведите уравнение зависимости теплового эффекта реакции  $4 \text{HCl}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) \Leftrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 2 \text{Cl}_2(\text{г})$  от температуры. Тепловой эффект этой реакции при 298 К вычислите по стандартным теплотам образования, значения которых приведены в таблице 2.3 приложения 2. Уравнения зависимости  $C_p = f(T)$  для участников реакции запишите, используя справочные данные (таблица 2.3 приложения 2).

Рассчитайте  $\Delta C_p$  при температуре 650 К. Вычислите тепловой эффект реакции при температуре 750 К. Постройте график зависимости  $\Delta H_T^\circ = f(T)$  в интервале температур от 298 до 750 К. Определите графически  $\left(\frac{\partial \Delta H}{\partial T}\right)_p$  при температуре 650 К.

5. Как рассчитывается изменение энтропии в процессах нагревания, охлаждения? Вывести уравнения для расчета.

6. Смешаны  $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  гелия и  $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  аргона при 300 К и  $1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ; после изотермического смешения полученная газовая смесь нагрета до 600 К при постоянном объеме. Вычислите общее возрастание энтропии, учитывая, что  $C_V = 12,6 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$  и не зависит от температуры.

Ответ:  $2,348 \text{ Дж}/\text{К}$ .

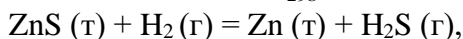
7. При 25 С энтропии ромбической и моноклинной серы соответственно равны 31,88 и 32,55 Дж/(моль·К), а теплоты образования равны 0,00 и 0,30 кДж/моль. Рассчитать  $\Delta G$  и  $\Delta F$

для процессов  $S_{\text{ромб}} \rightarrow S_{\text{мон}}$  при 25 °С. Пренебечь приближенно различием плотностей обеих модификаций серы.

Какая из двух модификаций серы является более устойчивой при 25 °С? Дайте приближенную оценку температуры перехода, при которой обе модификации серы находятся в равновесии, принимая для  $\Delta S$  и  $\Delta H$  значения при 25 °С.

Ответ:  $\Delta G = 100,34$  Дж/моль; 448 К.

8. Вычислите  $\Delta G_{298}^{\circ}$  для реакции



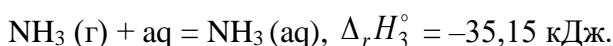
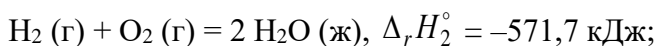
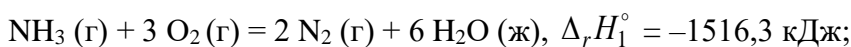
используя стандартные значения термодинамических величин (таблица 2.3 приложения 2).

Ответ: 166,95 кДж.

### 2.2.1.3 Контрольная работа

Примеры задач к контрольной работе по Химической термодинамике:

1. На основании следующих данных рассчитайте теплоту образования: 1) газообразного аммиака; 2) водного раствора аммиака:



Ответ:  $-49,7$ ;  $-84,85$  кДж/моль.

2. Выведите уравнение зависимости теплового эффекта реакции  $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{г}) \Leftrightarrow 2 \text{NO}_2 (\text{г})$  от температуры. Тепловой эффект этой реакции при 298 К вычислите по стандартным теплотам образования, значения которых приведены в таблице 2.3 приложения 2. Уравнения зависимости  $C_p = f(T)$  для участников реакции запишите, используя справочные данные (таблица 2.3 приложения 2).

Рассчитайте  $\Delta C_p$  при температуре 350 К. Вычислите тепловой эффект реакции при температуре 400 К. Постройте график зависимости  $\Delta H_T^{\circ} = f(T)$  в интервале температур от 298 до 400 К. Определите графически  $\left(\frac{\partial \Delta H}{\partial T}\right)_p$  при температуре 350 К.

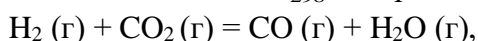
3. Найдите изменение энтропии при изотермическом сжатии 1 моль паров бензола при 80 °С от  $0,4053 \cdot 10^5$  до  $1,013 \cdot 10^5$  Па с последующей конденсацией и охлаждением жидкого бензола до 60 °С. Нормальная температура кипения бензола 80 °С; молярная теплота испарения бензола 30,88 кДж/моль; удельная теплоемкость жидкого бензола 1,799 Дж/(г·К).

Ответ:  $-103,182$  Дж/(моль·К).

4. В одном из сосудов одинаковой вместимости 3 м<sup>3</sup> находится 28 кг азота, а в другом 32 кг кислорода при одной и той же температуре. Вычислите изменение энтропии при диффузии в результате соприкосновения содержимого этих сосудов. Принять кислород и азот идеальными газами.

Ответ: 11,51 Дж/К.

5. Вычислите  $\Delta G_{298}^{\circ}$  для реакции



используя стандартные значения термодинамических величин.

Ответ: 19,96 кДж.

Примеры задач к контрольной работе по Статистической термодинамике

1. Рассчитайте молекулярную поступательную сумму по состояниям для  $\text{N}_2$  при нормальных условиях, если известно, что молекулярная поступательная сумма по состояниям для  $\text{H}_2$  при температуре 298 К и давлении 101,3 кПа равна  $6,70 \cdot 10^{28}$ .

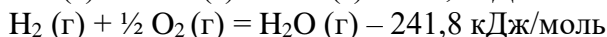
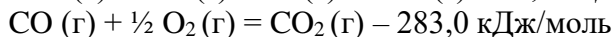
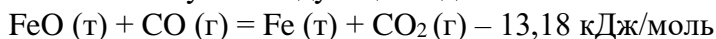
Ответ:  $2,82 \cdot 10^{30}$ .

2. Молекула может находиться на двух уровнях с энергиями 0 и  $300 \text{ см}^{-1}$ . Какова вероятность того, что молекула будет находиться на верхнем уровне при  $2500 \text{ }^\circ\text{C}$ ?  
 Ответ: 0,304.
3. Рассчитайте константу равновесия  $K_p$  для реакции диссоциации иода:  $\text{I}_2 \leftrightarrow 2\text{I}$  при  $500 \text{ K}$ . Молекулярные постоянные  $\text{I}_2$ ,  $\omega = 214.5 \text{ см}^{-1}$ ,  $B = 0.037 \text{ см}^{-1}$ ,  $g_0 = 1$ . Основное электронное состояние атома иода четырехкратно вырождено. Энергия диссоциации  $D_0 = 148.8 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$ . Возбужденными электронными состояниями пренебречь.  
 Ответ:  $7.96 \cdot 10^{-10} \text{ моль}\cdot\text{м}^{-3}$ .

#### 2.2.1.4 Коллоквиумы

Пример билета к коллоквиуму по разделу «Химическая термодинамика»:

- Первый закон термодинамики. (Основные формулировки первого закона термодинамики, запись первого закона термодинамики для изолированных и открытых систем).
- Энергия Гиббса. Стандартная мольная энергия Гиббса. Зависимость энергии Гиббса от  $T$ ,  $P$ . Изменение энергии Гиббса для жидких и твердых систем. Понятие летучести. Выражение коэффициента летучести через сжимаемость.
- Вычислить тепловой эффект реакции восстановления оксида железа (II) водородом, пользуясь следующими данными:



Пример билета к коллоквиуму по разделу «Статистическая термодинамика»:

- В чем преимущество расчета термодинамических функций и параметров методом статистической термодинамики по сравнению с классической термодинамикой?
- Молекулярная сумма по состояниям, ее основные свойства.
- Определите колебательную составляющую суммы состояний CO при  $500 \text{ K}$ , если частота колебательного движения составляет  $2.170 \cdot 10^5 \text{ м}^{-1}$ .

#### 2.2.2 Физическая химия 5 семестр

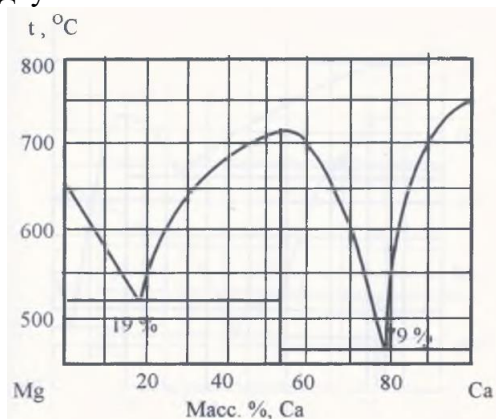
##### 2.2.2.1 Домашние работы

Задачи для практик и семинаров выбираются согласно рассматриваемым тематическим разделам из практикумов и пособий издательства ТГУ из перечня, приведенного в рабочей программе 04.03.01 Химия.

##### 2.2.2.2 Индивидуальные задания

Пример задания раздела «Фазовое равновесие»

Для диаграммы состояния двухкомпонентной системы



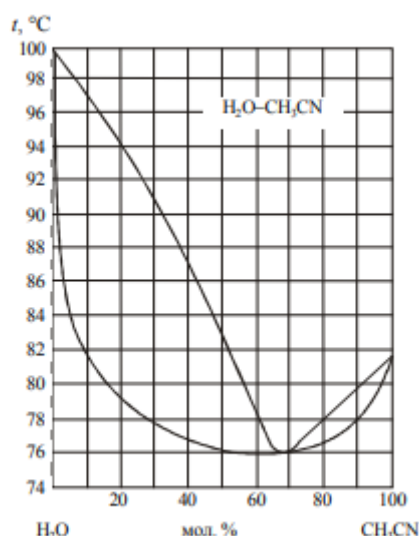
Выполнить следующие задания:

- Указать смысл всех полей, линий и точек на диаграмме.

2. Рассмотреть процесс охлаждения расплава состава 40 мас % Са. Построить кривую охлаждения, на каждой стадии кристаллизации и между ними посчитать число степеней свободы. Полученные результаты представить в виде таблицы.
3. Обозначить точками равновесие фаз одинакового состава.
4. Определить качественный и количественный состав эвтектик.
5. При температуре 600 °С для состава 40 мас % Са рассчитать массы равновесных фаз, полученных из 500 г первоначального расплава.
6. Определить, какого компонента и в каком количестве нужно добавить к 500 г первоначального расплава указанного состава, охлажденного до указанной температуры, чтобы выпавшие кристаллы расплавились без изменения температуры.
7. Определить молекулярные формулы химических соединений.

Пример задания раздела «Термодинамика растворов неэлектролитов»

1. Что называется насыщенным паром жидкости?
2. Раствор, содержащий 0,171 г  $H_2SO_4$  в 1000 г воды, замерзает при  $-0,0054^\circ C$ . Криоскопическая постоянная воды равна 1,86. Определить изотонический коэффициент.
3. Давление паров ртути над амальгамой, содержащей 1,14 г олова в 100 г ртути, равно 1005 гПа. Определить давление паров чистой ртути при той же температуре.
4. Определить плотность 40%-ного раствора метилового спирта, если парциальные молярные объемы воды и спирта в этом растворе соответственно равны 17,5 и 39  $cm^3$ .
5. Вычислить активность и рациональный коэффициент активности ацетона в водном растворе, если  $X_{ac} = 0,318$ ,  $P_{ac} = 203$  гПа,  $P^{oac} = 305$  гПа. Дать заключение о характере отклонения раствора от идеальности.
6. Зависимость температуры кипения от состава пара и жидкого раствора для системы ацетонитрил – вода представлена на рисунке,



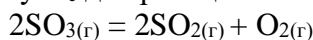
- 6.1. Сколько степеней свободы имеет система состава 30 мол. % воды при 70°C (азеотропная смесь)?
- 6.2. Смесь ацетонитрила и воды неизвестного состава начинает кипеть при 78°C. Определить её состав, если при добавлении к ней некоторого количества воды температура начала кипения повысилась до 83°C.
- 6.3. Какого компонента и в каком количестве (кг) нужно добавить к смеси, содержащей 4 моля ацетонитрила и 16 молей воды, чтобы получить азеотропную смесь?
- 6.4. Каков будет в пределе состав дистиллята и кубового остатка в результате ректификационной перегонки раствора, содержащего 20 % (мол.) ацетонитрила?
- 6.5. В каком фазовом состоянии находится система, содержащая 20 % (мол.) ацетонитрила при 88°C?
- 6.6. Выразите в массовых процентах состав жидкой смеси, кипящей при 84°C.

6.7. Какое отклонение от закона Рауля имеет система ацетонитрил – вода?

### 2.2.2.3 Контрольные работы

Пример контрольной работы раздела «Химическое равновесие»

1. Выразите в общем виде величину  $K_c$  для реакции



если диссоциации подвергаются  $n$  моль  $\text{SO}_3$ . Общий объем равновесной смеси  $V$ , а степень диссоциации  $\text{SO}_3$  равна  $\alpha$ .

2. Для реакции  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{г}) = 2\text{NO}_2(\text{г})$   $\Delta_r G_{298} = 5395$  Дж. Чему равна степень диссоциации  $\text{N}_2\text{O}_4$  при следующих условиях:

а)  $25^\circ\text{C}$  и  $1,013 \times 10^5$  Па; б)  $25^\circ\text{C}$  и  $10,13 \times 10^5$  Па?

3. Для реакции  $\text{H}_2(\text{г}) + \text{I}_2(\text{г}) = 2\text{HI}(\text{г})$  при  $360^\circ\text{C}$   $K_p = 61,6$ , а при  $445^\circ\text{C}$   $K_p = 41,7$ . Сравните среднее значение теплового эффекта с нормальным сродством при  $445^\circ\text{C}$ . Найдите изменение энтропии.

### 2.2.2.4 Коллоквиумы

Пример билета коллоквиума по разделу «Химическое равновесие»

1. Краткая характеристика химического равновесия. Закон действующих масс, термодинамический вывод. Термодинамическая (стандартная) и эмпирические константы химического равновесия.
2. Принцип Ле-Шателье. Смещение равновесия.

Пример билета коллоквиума по разделу «Фазовое равновесие»

1. Фазовые переходы 1-го рода. Изменение термодинамических характеристик (химический потенциал, энтропия, теплоемкость) при фазовых переходах 1-го рода.
2. Двухкомпонентные системы. Объемная диаграмма состояния 2-х компонентной системы с простой эвтектикой. Правило рычага (отрезков).

Пример билета коллоквиума по разделу «Термодинамика растворов неэлектролитов»

1. Парциальные мольные величины и их определение из опытных данных для бинарных систем. Обобщенное уравнение Гиббса-Дюгема.
2. Физико-химические основы перегонки раствора. Законы Коновалова. Перегонка растворов с неограниченной растворимостью жидкостей. Схема тарельчатой ректификационной колонны.

### 2.2.3 Физическая химия, 6 семестр

#### 2.2.3.1 Домашние работы

Задачи для практик и семинаров выбираются согласно рассматриваемым тематическим разделам из практикумов и пособий издательства ТГУ из перечня, приведенного в рабочей программе 04.03.01 Химия.

#### 2.2.3.2 Индивидуальные задания

Пример задания раздела «Формальная кинетика»

1. Сколько степеней свободы и какие у молекулы  $\text{CO}_2$  и активированного комплекса  $\text{CO}_2^*$  (обе структуры линейны)?

$$W = \frac{1}{V} \cdot \frac{dn_B}{dt}, \quad n_B - \text{число образующихся}$$

2. В чем отличие записи для скорости реакции

молекул В, от  $W = \frac{1}{V} \cdot \frac{dC_B}{dt}$  для реакции  $A \rightarrow B$ ?

3. Начальная скорость полимеризации гептана изучена по падению давления:

№ опыта	1		2	
Время, мин	0	3	0	4.8
$P \cdot 10^{-3}$ , Па	959.97	923.97	399.99	377.32

Определите порядок реакции.

4. Кинетику гидролиза эфира изучали с помощью титрования образующейся кислоты. Для этого из реакционной смеси отбирались пробы и оттитровывались щелочью. Ниже приведены объемы щелочи, пошедшие на титрование при разных временах реакции.

Время, мин	0	27	60	$\infty$
Объем, см <sup>3</sup>	0	18.1	26.0	29.7

Покажите, что реакция имеет первый порядок. Вычислите константу скорости реакции и время полупревращения.

5. Реакция разложения газообразной окиси этилена протекает по первому порядку. Период полупревращения при 651.5 К равен 363 мин. Энергия активации равна 217 кДж/моль. Определите константу скорости реакции и предэкспоненциальный множитель.

6. Определите порядок реакции и константу скорости реакции взаимодействия оксида азота с кислородом, если начальная скорость реакции зависит от состава смеси, как приведено ниже:

$W_0 \cdot 10^6$ , Па/с	1.2	4.8	2.4
$P_{O_2} \cdot 10^{-2}$ , Па	13.33	13.33	26.66
$P_{NO} \cdot 10^{-2}$ , Па	13.33	26.66	13.33

7. Для реакции между м-бензолизотиоцианатом и н-бутиловым спиртом получены следующие константы скорости при различных температурах:

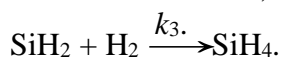
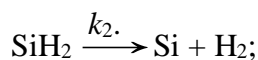
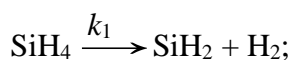
Температура, К	273	280	288	298
$k$ , л/моль·с	$4.04 \cdot 10^{-5}$	$7.01 \cdot 10^{-5}$	$1.27 \cdot 10^{-4}$	$2.56 \cdot 10^{-4}$

Вычислите энергию активации и предэкспоненциальный множитель.

8. При изучении кинетики реакции



был предложен следующий механизм



Концентрация радикала  $\text{SiH}_2$  становится постоянной за очень короткое время после начала реакции. Вывести уравнение для скорости разложения  $\text{SiH}_4$ .

Пример задания раздела «Электрическая проводимость»

1. Объясните причину увеличения молярной электрической проводимости растворов электролитов в электрическом поле высокой частоты.

2. Нарисуйте на одном графике, соблюдая масштаб, зависимость  $\lambda$  от разведения для растворов КОН, КСI,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , НСI.

3. Водный раствор хлористого калия, содержащий 14,92 г КСI в 400 г воды, замерзает при  $-0,680$  °С. Определите коэффициент Вант-Гоффа, если  $K_{\text{зам.}} = 1,86$  К·кг/моль.

4. На каком расстоянии друг от друга должны быть расположены параллельные электроды площадью 5 см<sup>2</sup>, чтобы сопротивление слоя 0,01 М раствора НСI (удельная электрическая проводимость равна  $4,19 \cdot 10^{-3}$  См·см<sup>-1</sup>) было равно 50 Ом?

5. Молярная электрическая проводимость бензойной кислоты при разведении 512 л/моль равна  $64,4 \text{ См}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$ . Определить концентрацию бензойной кислоты, при которой степень диссоциации равна 0,3. Предельная молярная электрическая проводимость бензойной кислоты равна  $369,9 \text{ См}\cdot\text{см}^2\cdot\text{моль}^{-1}$ .

6. При  $18^\circ\text{C}$  абсолютные скорости катиона  $\text{Ag}^+$  и аниона  $\text{Cl}^-$  равны  $5,7\cdot 10^{-8}$  и  $6,9\cdot 10^{-8} \text{ м}^2/(\text{с}\cdot\text{В})$  соответственно. Вычислите числа переноса ионов и молярную электрическую проводимость бесконечно разбавленного раствора хлорида серебра.

7. Удельная электрическая проводимость насыщенного раствора хлорида серебра при  $18^\circ\text{C}$  равна  $1,374\cdot 10^{-4} \text{ См/м}$ ; удельная электрическая проводимость чистой воды, определенная в тех же условиях, равна  $4\cdot 10^{-6} \text{ См/м}$ . Найдите концентрацию  $\text{AgCl}$  в насыщенном растворе (моль/л) и произведение растворимости соли.

8. Рассчитайте ионную силу раствора, содержащего 0,01 моль  $\text{MgSO}_4$ , 0,005 моль  $\text{NaCl}$  и 0,001 моль  $\text{MgCl}_2$  в 1000 г воды.

9. В таблице представлены средние коэффициенты активности в зависимости от молярной концентрации электролитов:

Электролит	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,1	1,0
CsBr	0,965	0,951	0,925	0,898	0,864	0,752	0,54
KI	0,965	0,952	0,927	0,902	0,871	0,776	0,646
$\text{HNO}_3$	0,965	0,952	0,929	0,905	0,875	0,792	0,730

На основании данных, приведенных в таблице, сделайте вывод о применимости правила Льюиса-Рендала. Покажите графически концентрационные пределы применимости уравнений первого, второго и третьего приближений теории Дебая-Гюккеля.

### 2.2.3.3 Контрольные работы

Пример контрольной работы раздела «Формальная кинетика»

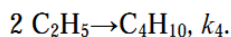
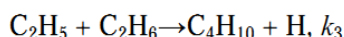
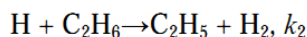
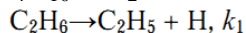
1. Период полураспада радиоактивного изотопа  $^{137}\text{Cs}$ , который попал в атмосферу в результате Чернобыльской аварии, 29,7 лет. Через какое время количество этого изотопа составит менее 1 % от исходного?

2. В реакции  $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{AB}$  начальная скорость измерялась при различных начальных концентрациях. Получены следующие данные:

$[\text{A}]_0$ , моль/л	$[\text{B}]_0$ , моль/л	$W_0$ , моль/(л·с)
1,0	1,0	0,025
0,1	1,0	0,0025
1,0	0,1	0,00025

Напишите кинетическое уравнение реакции.

3. Химическая реакция  $2\text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_4\text{H}_{10} + \text{H}_2$  может идти по следующему механизму:



Используя метод квазистационарных концентраций, получите выражение для скорости образования  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ . Концентрации  $\text{H}$  и  $\text{C}_2\text{H}_5$  малы и постоянны.

4. Скорость бактериального гидролиза мышц рыб удваивается при переходе от температуры  $-1,1^\circ\text{C}$  к температуре  $+2,2^\circ\text{C}$ . Оцените энергию активации этой реакции.

Пример контрольной работы раздела «Электродвижущие силы»

1. Удельная электрическая проводимость сульфата бария при  $291 \text{ K}$  равна  $2,623\cdot 10^{-4} \text{ См}\cdot\text{м}^{-1}$ , а удельная электропроводность воды –  $4,00\cdot 10^{-6} \text{ См}\cdot\text{м}^{-1}$ . Вычислить ПР сульфата бария при указанной температуре.



2. Чему равен потенциал электрода  $\text{Cl}^-|\text{Cl}_2$ , Pt, если платиновая пластина погружена в 0,001 М раствор  $\text{HCl}$  ( $\gamma_{\pm}=1$ ) и через раствор пропускается газообразный хлор под давлением  $p=1$ ? Стандартный потенциал электрода  $\text{Cl}^-|\text{Cl}_2$ , Pt равен +1,360В.

3. Предложите гальванический элемент, где протекает реакция  $\text{AgBr}_{(\text{тв})} + 0,5\text{H}_{2(\text{г})} = \text{Ag}_{(\text{тв})} + \text{HBr}_{(\text{водный р-р})}$ . Напишите реакции, протекающие на электродах. Как определить  $E_0$  этого гальванического элемента?

4. Вычислите при 298 К ЭДС электрохимической ячейки  $\text{Pt}, \text{H}_2(P_1) | \text{HCl} (m) | \text{H}_2(P_2), \text{Pt}$  при концентрации электролита  $m = 2$  моль/кг, давлениях водорода  $P_1 = 0,5$  атм и  $P_2 = 1,5$  атм.

5. Рассчитайте константу равновесия реакции  $\text{Sn} + \text{CuSO}_4 = \text{Cu} + \text{SnSO}_4$  при 298 К на основании стандартных электродных потенциалов.

#### 2.2.3.4 Коллоквиумы

Пример билета коллоквиума по разделу «Формальная кинетика»

1. Методы определения порядка химической реакции: интегральный и дифференциальный методы. Методы интегральные (аналитический и графический подбор, по периоду полураспада).

2. Первичный солевой эффект.

Пример билета коллоквиума по разделу «Теории химической кинетики»

Теория соударений (ТС). Основные положения. Понятие среднего объема сферы и числа столкновений. Учет сил притяжения и отталкивания (понятие эффективного диаметра столкновений). Причины отклонения теоретических значений константы скорости от экспериментальных (стерический фактор). Распределение Мэлвина-Хьюза. Недостатки ТС.

Пример билета коллоквиума по разделу «Электрическая проводимость»

1. Электростатическая теория сильных электролитов (Теория Дебая-Гюккеля): модель раствора (физическая сущность теории, ионная атмосфера). Основные положения теории Дебая-Гюккеля. Теоретический расчет коэффициента активности на основании теории Дебая-Гюккеля. Преимущества предельного закона Дебая. Причины ограниченной применимости предельного закона Дебая.

2. Определение произведения растворимости по данным электрической проводимости.

Пример билета коллоквиума по разделу «Электродвижущие силы»

Строение границы раздела «электрод-раствор»: модель Гельмгольца, строение ДЭС в отсутствие и присутствии специфической адсорбции. Причины возникновения двойного электрического слоя.

Оценочные материалы в полном объеме содержатся в архиве кафедры.

### 2.3 Методические рекомендации

#### 2.3.1 Порядок проведения текущего контроля

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, коллоквиумов, выполнения домашних и индивидуальных заданий, отчетов о проведенных лабораторных работах и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

#### 2.3.2 Критерии оценивания по видам оценочных средств

- индивидуальное задание

«отлично» правильно решено более 90% всех заданий, допускаются незначительные неточности

«хорошо» правильно решено более 70% всех заданий, допускаются незначительные неточности

«удовлетворительно» правильно решено более 60 % всех заданий, допускаются незначительные неточности

«неудовлетворительно» правильно выполнено менее 60 % заданий

- контрольная работа

«отлично» правильно решены все задачи (100% задач), отражены основные формулы и этапы решения задачи, допускаются незначительные неточности, не носящие принципиального характера

«хорошо» правильно решено более 80% задач, допускаются незначительные ошибки

«удовлетворительно» правильно решено более 60 % заданий

«неудовлетворительно» решено менее 60% задач

- коллоквиум

«зачтено» студент уверенно формулирует ответы на вопросы билета, владеет основными понятиями и определениями в рамках курса

«не зачтено» студент не формулирует ответы на вопросы билета, не владеет основными понятиями и определениями курса.

- домашние задания

«зачтено» правильно решено более 60% заданий

«не зачтено» правильно решено менее 60% заданий

### **3 Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

#### **3.1 Порядок проведения экзамена**

*В четвертом семестре по курсу Физическая химия* проводится зачет с оценкой в устной форме по билетам. Билет содержит один теоретический вопрос и две задачи. Время подготовки студента к ответу 45 минут.

Первая часть зачета содержит один теоретический вопрос, проверяющий знание основных законов термодинамики.

Вторая часть содержит 2 задачи, проверяющие ИОПК 1.1; 1.2; 1.3, 4.1, 4,2; 4.3. Ответ на вторую часть предполагает решение задач и краткую интерпретацию полученных результатов.

*Экзамен в пятом семестре* проводится в устной форме по билетам. К экзамену допускаются студенты, прошедшие аттестацию и получившие зачет по результатам текущего контроля. Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов и одной задачи. Время подготовки студента к ответу 1 час.

Первая часть экзамена содержит два теоретических вопроса по разным темам курса, проверяющих знание основных законов и закономерностей физической химии и областей их применения.

Вторая часть содержит 1 вопрос, оформленный в виде практической задачи, проверяющий ИОПК 1.1; 1.2; 4,2; 4.3. Ответ на вопрос второй части предполагают решение задачи и краткую интерпретацию полученных результатов.

*Экзамен в шестом семестре* проводится в устной форме по билетам. К экзамену допускаются студенты, прошедшие аттестацию и получившие зачет по результатам текущего контроля. Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов и трех задач. Время подготовки студента к ответу 1 час.

Первая часть экзамена содержит два теоретических вопроса по разным темам курса, проверяющих знание основных законов и закономерностей физической химии и областей их применения.

Вторая часть содержит 3 вопроса, проверяющих ИОПК 1.1; 1.2; 4,2; 4.3 и оформленных в виде практических задач. Ответы на вопросы второй части предполагают решение задач и краткую интерпретацию полученных результатов.

### 3.2 Примеры экзаменационных билетов

3.2.1 Примеры билетов к зачету по разделам «Химическая термодинамика», «Статистическая термодинамика» (4 семестр)

#### Экзаменационный билет № 1

1. Потоки: простые и сложные. Перекрестные эффекты. Феноменологические законы для стационарных потоков. Какие потоки и силы рассматриваются в этих явлениях?
2. Вычислить молярную теплоту испарения воды при 120 °С. Удельная теплота испарения воды при 100 °С 2255 Дж/г. Удельная теплоемкость жидкой воды и пара соответственно равны 4,184 и 1,864 Дж/(г\*К) (считать их приближенно постоянными в этом интервале температур).
3. Определите вращательную составляющую суммы состояний CO при 500 К. Момент инерции CO равен  $14,49 \cdot 10^{-47}$  кг·м<sup>2</sup>.

Зав. кафедрой физической и коллоидной химии

О.В. Водянкина

#### Экзаменационный билет № 2

1. Закон Гесса. Формулировка, математическое выражение. Понятие теплового эффекта. Тепловые эффекты физических и химических процессов. Применение закона Гесса.
2. Энтропия 1 моль графита равна 5,74, алмаза 2,38 Дж/град при 25 °С. Теплота сгорания алмаза превышает теплоту сгорания графита на 752 Дж. Вычислить изменение энергии Гиббса при изотермном переходе графита в алмаз. Какой вывод можно сделать из найденного результата?
3. Вычислить абсолютную энтропию одного моля хлора при стандартных условиях.

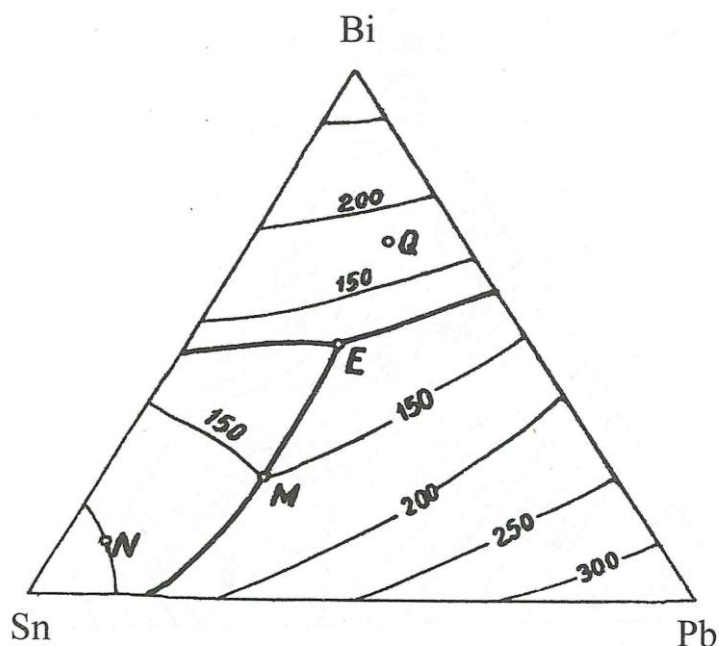
Зав. кафедрой физической и коллоидной химии

О.В. Водянкина

3.2.2 Примеры билетов к экзамену по Физической химии, (5 семестр)

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 18

1. Уравнение нормального сродства. Комбинирование уравнений. Нахождение константы равновесия, рассмотреть на примере  
Записать выражение связи термодинамической константы равновесия (K) реакции  
 $\text{CaO}_{(тв)} + \text{CO}_{2(г)} = \text{CaCO}_{3(тв)}$ ; (K)  
с константами равновесия (K<sub>1</sub> – K<sub>3</sub>) следующих реакций  
 $\text{Ca}_{(тв)} + 1/2\text{O}_2 = \text{CaO}_{(тв)}$ ; (K<sub>1</sub>)  
 $\text{C}_{(тв, графит)} + \text{O}_2 = \text{CO}_{2(г)}$ ; (K<sub>2</sub>)  
 $\text{Ca}_{(тв)} + \text{C}_{(тв)} + 3/2\text{O}_2 = \text{CaCO}_{3(тв)}$ ; (K<sub>3</sub>)
2. Трехкомпонентные диаграммы состояния. По диаграмме состояния системы
  - Определить ориентировочную температуру плавления каждого компонента
  - Указать наличие (или отсутствие) химического соединения;
  - Определить состав двойных и тройных эвтектик;
  - Определить, какие фазы находятся в равновесии в точках М, N, E
  - Рассмотреть процесс охлаждения расплава, исходный состав которого задан точкой Q



3. В системе талий (1) – ртуть (2) парциальные величины компонентов при 298 К для раствора с молярной долей талия 0,55 равны:  $\Delta\bar{H}_1=874$  Дж/моль,  $\Delta\bar{H}_2=521$  Дж/моль. Рассчитайте тепловой эффект получения 2 кг раствора указанной концентрации.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 18

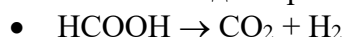
1. Способы расчета констант равновесия. Рассмотреть на примерах.
2. Фазовое равновесие и особенность термодинамического описания. Вывод правила фаз Гиббса, рассмотреть применимость правила, определить предельно возможное присутствие равновесных фаз в 1, 2 и 3 компонентных системах.
3. При 413 К давление пара  $C_6H_5Cl$  ( $P_1$ ) равно 1252 гПа, а давление пара  $C_6H_5Br$  ( $P_2$ ) – 661 гПа. Принимая, что эти жидкости образуют идеальный раствор, определить состав смеси, которая кипит при 413 К и давлении 1013 гПа. Какой состав пара при этой температуре?

#### 3.2.3 Примеры билетов к экзамену по Физической химии, (6 семестр)

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12

1. Типы бимолекулярных реакций: охарактеризовать величину  $E_{акт}$ , значение стерического множителя. Взаимодействие 2-х атомов: сопоставление ТАК и ТС. Взаимодействие многоатомных молекул: второе определение стерического множителя.
2. Активность. Средний ионный коэффициент активности. Сильные и слабые электролиты. Правило ионной силы Льюиса и Рендала. Распределение ионов в растворе по Аррениусу и Гхошу.
3. Задачи

- Разложение муравьиной кислоты на палладии протекает по уравнению:



Константа скорости этой реакции равна  $23.7 \text{ Па}^{0.34}/\text{мин}$ . Определить, за какое время общее давление в реакционной системе ( $V=\text{const}$ ) увеличится до 15000 Па, если начальное давление муравьиной кислоты было 11100 Па.

- Константа диссоциации масляной кислоты равна  $1.74 \times 10^{-5}$ . Эквивалентная электропроводность раствора при разведении  $1024 \text{ л моль}^{-1}$  равна  $41.3 \text{ См см}^2 \text{ моль}^{-1}$

- <sup>1</sup>. Рассчитать степень диссоциации кислоты и концентрацию ионов водорода в этом растворе, а также эквивалентную электропроводность при бесконечном разведении.
- Гальванический элемент составлен из амальгам цинка разных концентраций, опущенных в раствор  $ZnSO_4$ . Запишите элемент, определите знаки электродов, вычислите его ЭДС, если при 298 К концентрация одной амальгамы составляет  $3.37 \times 10^{-6}$  моль/л, а другой  $1.1 \times 10^{-7}$  моль/л. Средние коэффициенты активности цинка в амальгамах примите равными единице.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8

1. Гальванический элемент. Обратимые и необратимые гальванические элементы. Гальвани- и вольта-потенциалы. Электродвижущая сила: I и II законы Вольта. Методика определения ЭДС.
2. Гетерогенный катализ. Понятие активного центра. Теория пересыщения Рогинского.
3. Задачи
  - Для реакции изомеризации изопропенилаллилового эфира энергия активации равна 123 кДж/моль, а предэкспоненциальный множитель в выражении для константы скорости равен  $5,4 \cdot 10^{11} \text{ с}^{-1}$ . Рассчитайте температуру, при которой реагент будет расходоваться со скоростью 2 % в секунду.
  - Молярная электропроводность при бесконечном разведении для  $KClO_4$  при 291 К равна 122,8 ( $\text{См} \cdot \text{см}^2$ )/моль. Число переноса иона  $ClO_4^- = 0,481$ . Определите подвижности ионов  $K^+$  и  $ClO_4^-$ .
  - Вычислить  $\Delta G$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta S$  при 20°C для реакции, протекающей в элементе Вестона, если зависимость от температуры выражается уравнением:  
 $E = 1,0183 - 4,06 \cdot 10^{-5} (T - 20^\circ\text{C})$   
Такой элемент работает с охлаждением или нагреванием?

Оценочные материалы для промежуточной аттестации в полном объеме содержатся в архиве кафедры.

#### 3.3. Критерии оценивания

Результаты дисциплины определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Критерии оценивания результатов зачета с оценкой в *четвертом* семестре:

– оценка «отлично» ставится за полный ответ студента на теоретический вопрос, показывающий владение законами термодинамики и способность использования полученных знаний при решении профессиональных задач; правильное решение двух задач;

– оценка «хорошо» ставится за знание студентом законов термодинамики, умение использовать их при решении профессиональных задач, но при этом студент допускает некоторые неточности; при решении задач допущены несущественные ошибки;

– оценка «удовлетворительно» ставится за знание содержания основных законов термодинамики, при этом студент допускает неточности в формулировках и понимании, что затрудняет использование их при решении профессиональных задач; наличие значимых ошибок в решении задач;

– оценка «не зачтено» ставится в случае отсутствия представления у студента основных понятий и законов физической химии, отсутствии навыков решения типовых задач.

Критерии оценивания результатов экзамена в *пятом* и *шестом* семестре:

– оценка «отлично» ставится за полный ответ студента на теоретические вопросы, показывающий владение законами и закономерностями физической химии и способность использования полученных знаний при решении профессиональных задач; правильное решение задачи;

– оценка «хорошо» ставится за знание студентом законов и закономерностей физической химии, умение использовать их при решении профессиональных задач, но при этом студент допускает некоторые неточности; решение задачи с несущественными ошибками;

– оценка «удовлетворительно» ставится за знание студентом содержания основных законов физической химии, при этом допускаются неточности в формулировках и понимании, что затрудняет использование их при решении профессиональных задач; способность использования знания физической химии при решении задачи, но делает при этом ошибки;

– оценка «неудовлетворительно» ставится в случае отсутствия представления у студента основных понятий и законов физической химии, отсутствии навыков решения типовых задач.

#### 4 Оценочные средства для контроля остаточных знаний

##### 4.1 Тестовые задания по курсу физическая химия, 4 семестр

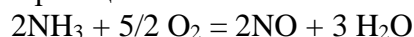
1. Укажите условия, отличающие изолированную термодинамическую систему:

- а) исключен обмен веществом и энергией с окружающей средой;
- б) возможен обмен энергией с окружающей средой, но исключен обмен веществом;
- в) возможен обмен веществом с окружающей средой, но исключен обмен энергией;
- г) возможен обмен веществом и энергией с окружающей средой.

2. Выберите уравнение химической реакции, которое соответствует стандартной энтальпии образования твердого карбоната кальция при температуре 298 К:

- а)  $\text{CaO}_{(\text{тв})} + \text{CO}_{2(\text{г})} = \text{CaCO}_{3(\text{тв})}$  ;
- б)  $\text{Ca}_{(\text{тв})} + 1/2 \text{O}_{2(\text{г})} + \text{CO}_{2(\text{г})} = \text{CaCO}_{3(\text{тв})}$  ;
- в)  $\text{CaCl}_{2(\text{р-р})} + \text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{р-р})} = \text{CaCO}_{3(\text{тв})} + 2\text{NaCl}_{(\text{р-р})}$ ;
- г)  $\text{Ca}_{(\text{тв})} + 3/2 \text{O}_{2(\text{г})} + \text{C}_{(\text{тв, графит})} = \text{CaCO}_{3(\text{тв})}$ .

3. Рассчитайте тепловой эффект реакции



при  $T = 298 \text{ K}$ , если известны следующие данные:

$$\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} = \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}, \Delta H_1^0 = -44 \text{ кДж/моль},$$

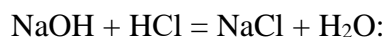
$$1/2 \text{N}_{2(\text{г})} + 3/2 \text{H}_{2(\text{г})} = \text{NH}_{3(\text{г})}, \Delta H_2^0 = -46,2 \text{ кДж/моль},$$

$$\text{H}_{2(\text{г})} + 1/2 \text{O}_{2(\text{г})} = \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}, \Delta H_3^0 = -285,8 \text{ кДж/моль},$$

$$\text{NO} = 1/2 \text{N}_2 + 1/5 \text{O}_2, \Delta H_4^0 = -91,3 \text{ кДж/моль}.$$

- а)  $-145 \text{ кДж/моль}$ ;
- б)  $254 \text{ кДж/моль}$ ;
- в)  $-225,2 \text{ кДж/моль}$ ;
- г)  $-300,5 \text{ кДж/моль}$ .

4. Рассчитайте стандартный тепловой эффект реакции нейтрализации, протекающей в водном растворе при 298 К

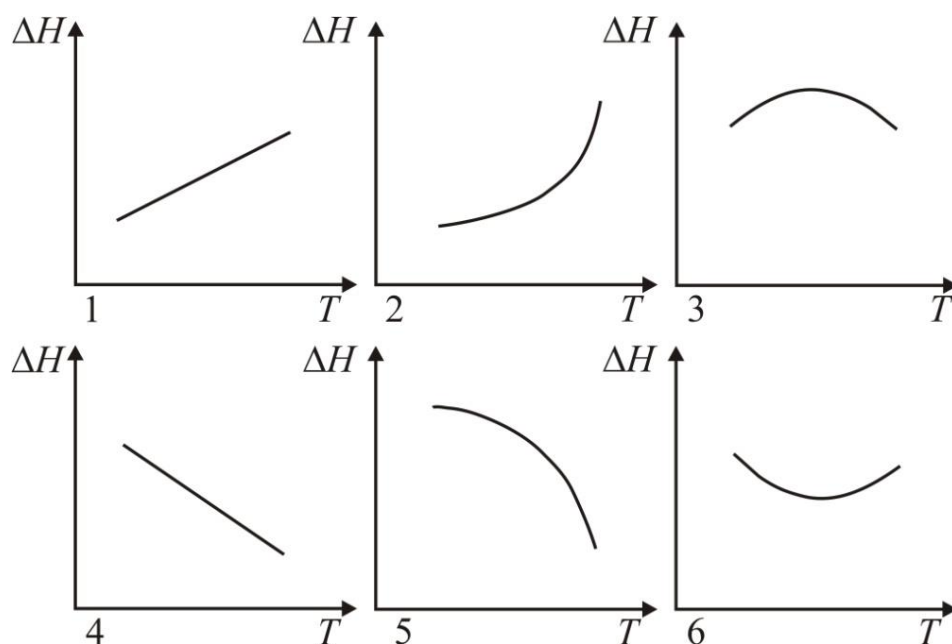


- а)  $-125$  кДж/моль;                      в)  $-55,84$  кДж/моль;  
 б)  $56,6$  кДж/моль;                      г)  $-89,5$  кДж/моль.

5. Термохимическое уравнение Кирхгофа может выражать зависимость:

- а) энтальпии вещества от температуры при постоянном давлении;  
 б) теплоемкости вещества от температуры при постоянном давлении;  
 в) энтальпии вещества от давления при постоянной температуре;  
 г) изменение энтальпии в процессе химической реакции от температуры при постоянном давлении.

6. В некоторой химической реакции суммарная теплоемкость  $C_p$  продуктов меньше теплоемкости исходных веществ. Укажите номер графика, соответствующего температурной зависимости изменения энтальпии в реакции:



7. Интегральная форма уравнения Кирхгофа для частного случая химической реакции, изменение теплоёмкости в которой приблизительно постоянно ( $a, b, c, d$  – постоянные), имеет вид:

- а)  $\Delta H_{P,T} = \Delta H_{P,298} + \Delta a(T - 298) + \Delta b/2(T^2 - 298^2) + \Delta c/3(T^3 - 298^3) - \Delta d(1/T - 1/298)$ ;  
 б)  $\Delta H_{P,T} = \Delta H_{P,298} + \Delta a(T - 298) + \Delta b/2(T^2 - 298^2) + \Delta c/3(T^3 - 298^3)$ ;  
 в)  $\Delta H_{P,T} = \Delta H_{P,298} + \Delta a(T - 298)$ ;  
 г)  $\Delta H_{P,T} = \Delta H_{P,298} + \Delta a(T - 298) + \Delta b/2(T^2 - 298^2)$ .

8. Стандартная энтальпия образования  $\text{Al}_2\text{O}_3$  при 298 К равна  $-1675$  кДж/моль. Рассчитайте стандартную энтальпию образования  $\text{Al}_2\text{O}_3$  при 800 К, если даны молярные теплоемкости:

$$C_p(\text{Al}) = 20,67 + 12,39 \cdot 10^{-3} T;$$

$$C_p(\text{O}_2) = 31,46 + 3,39 \cdot 10^{-3} T;$$

$$C_p(\text{Al}_2\text{O}_3) = 114,56 + 12,89 \cdot 10^{-3} T - 34,31 \cdot 10^{-5} T^2.$$

- а)  $1547,5$  кДж/моль;                      в)  $-1672,7$  кДж/моль;  
 б)  $-589$  кДж/моль;                      г)  $-1865,5$  кДж/моль.

9. Средние изобарные теплоемкости веществ в интервале 300–700 К.

Вещество	SO <sub>2(g)</sub>	SO <sub>3(g)</sub>	O <sub>2(g)</sub>
C <sub>p</sub> , Дж/(моль·К)	46	63	31

По приведенным табличным данным вычислите величину изменения стандартного теплового эффекта в реакции  $2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} = 2\text{SO}_{3(g)}$ , протекающей при температуре 700 К, по сравнению со стандартным тепловым эффектом этой реакции при 300 К.

Теплоемкости реагентов и продуктов считайте постоянными.

- а) 1200;      в) 25;  
б) 100;      г) 200.

10. Вычислите изменение энтропии при охлаждении и конденсации 1 моль паров бензола, взятых при 100 °С, и последующего охлаждения жидкого бензола до 50 °С. Теплоемкость паров бензола

$$C_p^{(r)} = -21,09 + 400,12 \cdot 10^{-3}T - 169,87 \cdot 10^{-6}T^2 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К};$$

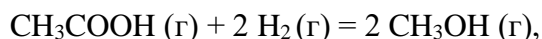
Теплоемкость жидкого бензола

$$C_p^{(ж)} = 59,5 + 255 \cdot 10^{-3}T \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}.$$

Теплота испарения при температуре кипения 80 °С равна 30,88 кДж/моль.

- а) –106,02 Дж/(моль·К);  
б) 106,02 Дж/(моль·К);  
г) –10,00 Дж/(моль·К).

11. Вычислите  $\Delta G_{298}^\circ$  для реакции



используя стандартные значения термодинамических величин.

12. Дайте определение статистической термодинамики.

13. Любое термодинамическое свойство микросостояния можно рассчитать как среднее по микросостояниям. Почему?

14. Каково отличие молекулярной суммы по состояниям от суммы по состояниям системы? Какова связь между ними в случае различимых и неразличимых частиц?

15. Что представляет собой статистический ансамбль?

16. Запишите общий вид уравнения распределения по энергиям Максвелла - Больцмана.

17. Что является практической целью статистической термодинамики?

18. В чем преимущество расчета термодинамических функций и параметров методом статистической термодинамики по сравнению с классической термодинамикой?

19. Что такое термодинамическая вероятность?

20. В чем отличие функции распределения по энергиям: Максвелла-Больцмана, Бозе-Эйнштейна, Ферми-Дирака?

#### 4.2 Тестовые задания по курсу физическая химия, 5 семестр

1. Дайте наиболее полное определение понятию «фаза термодинамической системы»:

- а) часть термодинамической системы, ограниченная видимой поверхностью раздела;  
б) гомогенная часть термодинамической системы;  
в) совокупность гомогенных частей системы, одинаковых во всех точках по составу и свойствам, и ограниченных от других поверхностью раздела;  
г) одно из веществ, входящих в состав термодинамической системы, взятое в определенном агрегатном состоянии.

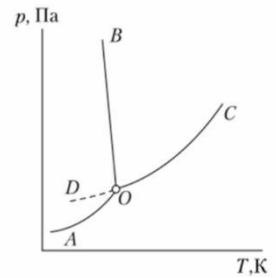


2. Какое из определений соответствует понятию «диаграмма состояния»?
- а) диаграмма состояния, на которой изображены разные фазы: жидкая, газообразная, все аллотропные модификации вещества в твердом агрегатном состоянии;
  - б) графическое выражение зависимостей между значениями переменных, определяющих состояние системы (объем, давление, температура, концентрация);
  - в) графическое выражение зависимости между составом системы, температурой и давлением;
  - г) диаграмма, на которой показана взаимная растворимость компонентов системы.
3. Каким условиям отвечает равновесие термодинамической системы?
- а) одинаковое агрегатное состояние всех компонентов;
  - б) равенство химических потенциалов каждого компонента во всех фазах;
  - в) отсутствие видимых процессов или явлений;
  - г) минимальное значение энтропии
4. Если компоненты реакции  $A + 3B \leftrightarrow C$  являются газами, то соотношение между  $K_c$  и  $K_p$  равно:
- а)  $K_p = K_c(RT)^{-3}$ ;
  - б)  $K_p = K_cRT$ ;
  - в)  $K_p = K_c(RT)^2$
5. Находящаяся в состоянии равновесия система  $PCl_{5(ж)} \leftrightarrow PCl_{3(г)} + Cl_{2(г)}$
- а) трехфазная;
  - б) гетерогенная;
  - в) однофазная;
  - г) двухфазная
6. Число степеней свободы (вариативность) системы, состоящей из  $K$  компонентов и  $\Phi$  фаз, на которую из внешних условий влияет только давление и температура:
- а)  $K + \Phi + 2$ ;
  - б)  $K - \Phi - 2$ ;
  - в)  $K + \Phi - 2$ ;
  - г)  $K - \Phi + 2$
7. Наибольшее число различных фаз, которые могут сосуществовать в равновесии в двухкомпонентной гетерогенной системе, на которую из внешних условий влияют только температура и давление:
- а) 1;
  - б) 2;
  - в) 3;
  - г) 4
8. Взаимные переходы кристаллических модификаций чистого вещества, которые могут протекать как в прямом, так и в обратном направлениях в условиях равновесия:
- а) монокристаллические;
  - б) энантиотропные;
  - в) необратимые;
  - г) обратимые.
9. Как называют мелкодисперсную механическую смесь фаз, плавящихся и кристаллизующихся одновременно при минимальной температуре существования жидкой фазы для данной системы?

- а) дистектика
- б) перетектика
- в) эттектика
- г) кристаллит

10. Кривая ОВ описывает зависимость:

- а) температуры плавления льда от давления;
- б) равновесного давления водяного пара над льдом от температуры;
- в) давления насыщенного пара жидкой воды от температуры;
- г) температуры кипения воды от давления;



11. Для определения состава трехкомпонентной системы по методу Гиббса за 100% принимают:

- а) сторону правильного треугольника;
- б) высоту треугольника;
- в) сумму длин перпендикуляров, опущенных из любой точки внутри треугольника;
- г) сумму сторон правильного треугольника.

12. Укажите формулу, отражающую суть закона Рауля:

а)  $P_i^0 = P_i X_i$

в)

$$P_i = \frac{X_i}{P_i^0}$$

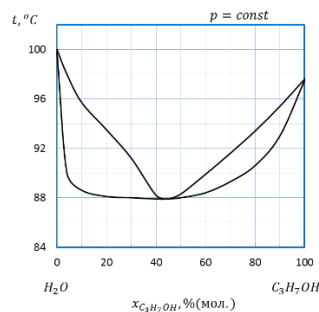
б)  $P_i = P_i^0 X_i$

г)

$$P_i = \frac{P_i^0}{X_i}$$

13. Укажите вариативность системы (число степеней свободы) состава 20% пропанола при 90 °С:

- а) 1;
- б) 2
- в) 3
- г) 0



14. Парциальный молярный объем  $i$ -компонента – это:

а)  $\bar{V}_i = \left( \frac{dV_{\text{общ}}}{dn_i} \right)$

в)  $\bar{V}_i = \left( \frac{dV_{\text{общ}}}{dn_i} \right)_{S,P,n_j}$

б)  $\bar{V}_i = \left( \frac{dV_{\text{общ}}}{dn_i} \right)_{V,T,n_j}$

г)  $\bar{V}_i = \frac{V_i}{\sum V_i}$

15. Температура кипения водного раствора, содержащего нелетучее растворенное вещество:

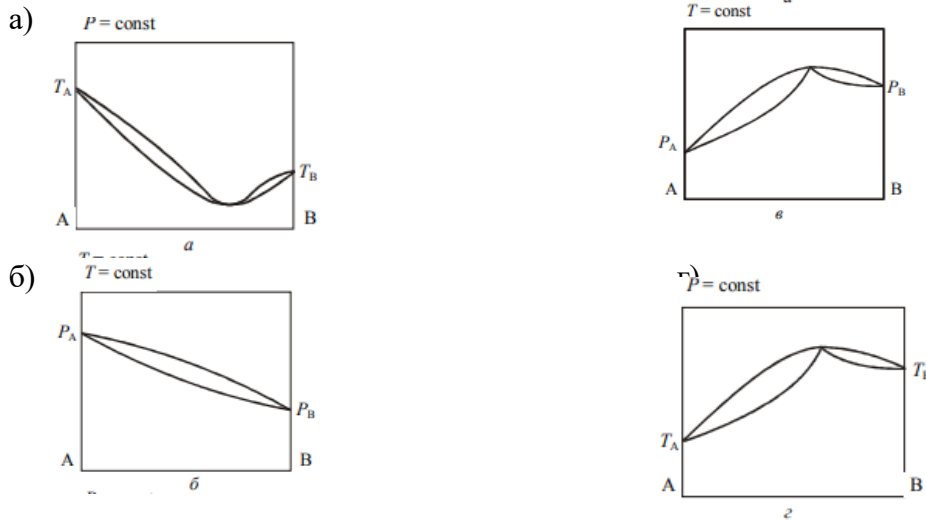
- а) ниже температуры кипения растворителя;
- б) выше температуры кипения растворителя;

- в) равна температуре кипения растворителя;
- г) равна 100 °С.

16. В соответствии с первым законом Гиббса – Коновалова в бинарной системе жидкость – пар:

- а) пар всегда находится при большей температуре, чем жидкость;
- б) равновесные жидкость и пар всегда имеют одинаковую концентрацию компонентов;
- в) пар по сравнению с жидкостью всегда обогащен более летучим компонентом;
- г) при концентрации 50 % система перегоняется без изменения состава;

17. Укажите диаграммы состояния бинарной системы с азеотропом с положительным отклонением от идеальности в жидком состоянии:



18. Выберите вариант более полного извлечения йода из 100 мл водного раствора с бензолом, используя:

- а) однократную экстракцию при помощи 100 мл бензола
- б) двукратную экстракцию по 50 мл бензола;
- в) 5-кратную экстракцию по 20 мл бензола

19. Запись закона распределения, когда растворяемое вещество во втором растворителе частично диссоциирует:

- а)  $K = \frac{C_1}{C_2}$
- б)  $K = \frac{C_1}{C_2(1-\alpha)}$
- в)  $K = \frac{C_1^n}{C_2}$
- г)  $K = \frac{C_1(1-\alpha)}{C_2}$

20. В соответствии со вторым законом Гиббса-Коновалова в бинарной системе «жидкость-пар»:

- а) равновесные жидкость и пар всегда имеют одинаковую концентрацию;
- б) пар по сравнению с жидкостью обогащен компонентом, имеющим более низкую плотность;
- в) при концентрации 50% система подвергается перегонке без изменения состава;
- г) в точках экстремума температуры (при  $P = \text{const}$ ) и давления (при  $T = \text{const}$ ) составы равновесных фаз совпадают

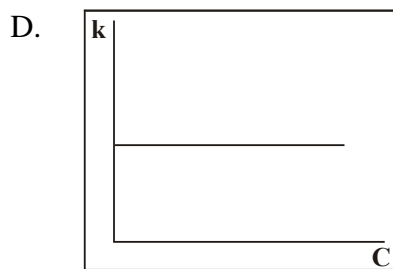
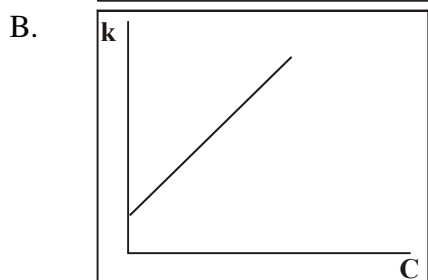
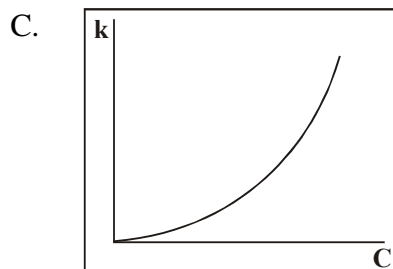
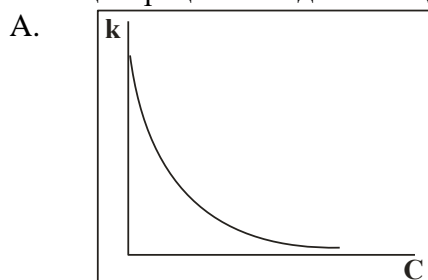
4.3 Тестовые задания по курсу физическая химия, 6 семестр

1. Окисление сульфата железа (II) перманганатом калия описывается ионным уравнением:  
 $5\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ \rightarrow 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ .

В некоторый момент времени скорость образования иона  $\text{Mn}^{2+}$  составила 0,213 моль/(л·с).  
 Чему равны скорости образования  $\text{Fe}^{3+}$  и расходования  $\text{H}^+$  в этот момент?

- A. 1.704 моль/(л с), 0.852 моль/(л с)
- B. 0.426 моль/(л с), 1.704 моль/(л с)
- C. 1.065 моль/(л с), 1.52 моль/(л с)
- D. 1.065 моль/(л с), 1.704 моль/(л с)

2. Определите, на каком из рисунков изображена зависимость константы скорости реакции от концентрации исходных веществ:



3. Период полураспада радиоактивного изотопа равен 9,93 мин. Какая часть разложится в течение 1 часа?

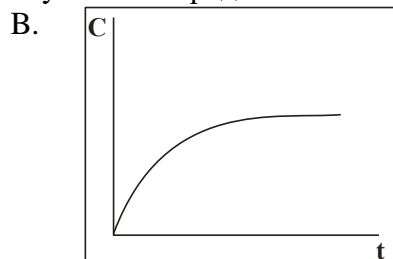
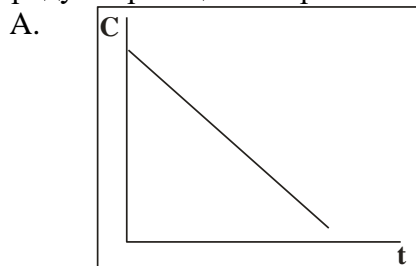
Ответ: \_\_\_\_\_

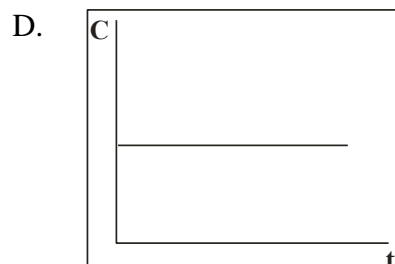
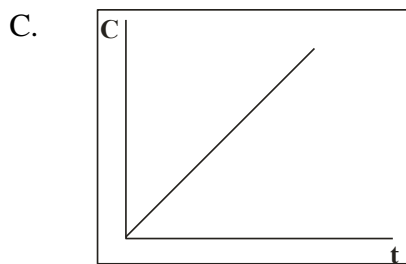
4. Интегральное кинетическое уравнение необратимой реакции второго порядка имеет вид:

- A.  $C = C_0 e^{-kt}$
- C.  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_0} + kt$
- E.  $C = C_0 - kt$

- B.  $C = C_0 + kt$
- D.  $\frac{1}{C^2} = \frac{1}{C_0^2} + 2kt$
- F.  $\ln C = \ln C_0 - kt$

5. Определите: какая из представленных зависимостей соответствует концентрации продукта реакции от времени в случае реакции нулевого порядка?





6. Какое из приведенных уравнений является уравнением Аррениуса?

A.  $\frac{d \ln k}{dT} = \frac{E_A}{RT} + C$

B.  $k = Ae^{-E_A/RT}$

C.  $k = AT^n e^{-E_A/RT}$

D.  $\frac{d \ln K}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2}$

E.  $\lg \frac{k_2}{k_1} = \frac{\gamma}{10} [T_2 - T_1]$

7. При повышении температуры от 333 К до 343 К константа скорости возросла в 2 раза.

Чему равна энергия активации этой реакции:

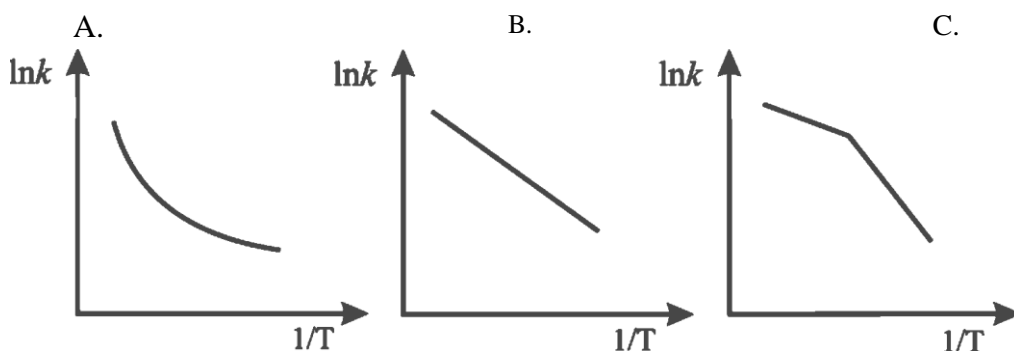
A. 42 кДж/моль

B. 66 кДж/моль

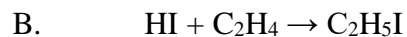
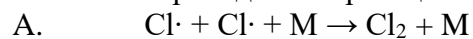
C. 78 кДж/моль

D. 33 кДж/моль

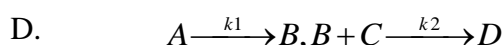
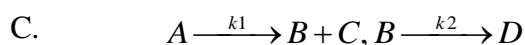
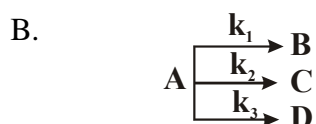
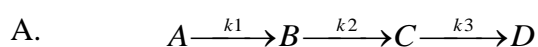
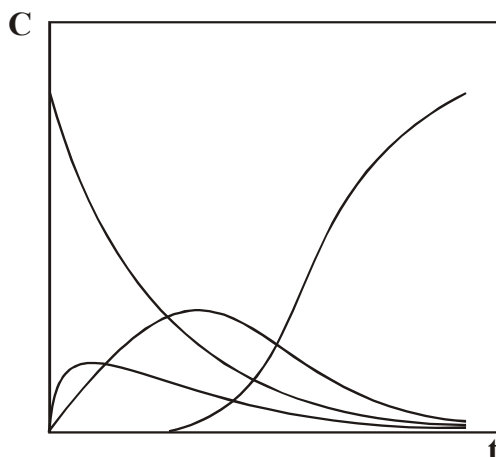
8. В каком из приведенных ниже случаев энергия активации может быть определена по уравнению Аррениуса?



9. Какая из приведенных реакций имеет наибольшую энергию активации?



10. Какова схема реакций, для которой изменения концентраций участников представлены на рисунке?



11. Ионная сила водного раствора  $\text{CaCl}_2$  с моляльностью  $m$  может быть представлена выражением  $n \cdot m$ , где  $n$  равно (ответ впишите число): \_\_\_\_\_

12. Соотнесите название закона и его математическое выражение, указав в строке ответов номер и соответствующую ему букву:

1. $\lg \gamma_{\pm} = -A[z_+z_-] \sqrt{I}$	A. Правило Льюиса-Рендала
2. $\gamma_{\pm} = f(I)$	B. Закон независимого движения ионов Кольрауша
3. $\lambda_{\infty} = \lambda_- + \lambda_+$	C. Закон Дебая-Гюккеля (I приближение)
4. $K = C(\lambda/\lambda_{\infty})^2 / (1 - \lambda/\lambda_{\infty})$	D. Закон разбавления Оствальда
5. $\lambda = \lambda_{\infty} - A\sqrt{C}$	E. Закон квадратного корня

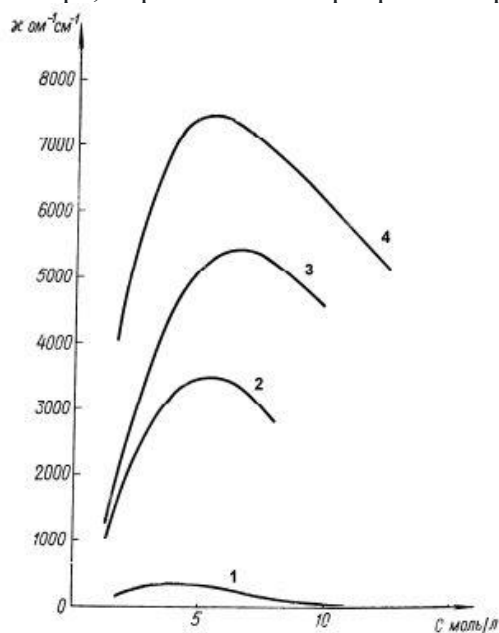
Ответ: \_\_\_\_\_

13. Уменьшение молярной электропроводности водного раствора уксусной кислоты при повышении концентрации обусловлено главным образом:

- A. электрофоретическим эффектом
- B. уменьшением кинетической энергии ионов
- C. релаксационным эффектом
- D. уменьшением вязкости раствора
- E. снижением степени диссоциации

14. Расположите ионы  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  в последовательности, соответствующей увеличению их подвижности в водном растворе (1 - самый медленный, 5 - самый подвижный): \_\_\_\_\_

15. Соотнесите электролит и зависимость его удельной электропроводности в водном растворе, перетаскивая маркер к номеру кривой в поле рисунка.



16. Ионная сила раствора, содержащего NaCl (концентрацией 0,1 моль/1000 г  $\text{H}_2\text{O}$ ) и  $\text{CaCl}_2$  (концентрация 0,2 моль/1000г  $\text{H}_2\text{O}$ ), равна \_\_\_\_\_ (укажите ответ числом с точностью до одного знака после запятой)

17. Для каких растворов электролитов справедлива теория Аррениуса?

- A. разбавленных растворов сильных электролитов
- B. концентрированных растворов сильных электролитов
- C. разбавленных растворов слабых электролитов
- D. концентрированные растворы слабых электролитов

18. Уменьшение молярной электропроводности водного раствора KCl с увеличением концентрации обусловлено главным образом:

- A. межионным взаимодействием
- B. уменьшением степени диссоциации соли
- C. увеличением вязкости раствора
- D. уменьшением кинетической энергии ионов

19. Молярная электропроводность насыщенного раствора трудно растворимой соли равна:

- A. электропроводности воды
- B. разности предельных подвижностей ионов соли
- C. произведению предельных подвижностей ионов соли
- D. разности между электропроводностью раствора и электропроводностью воды
- E. сумме предельных подвижностей ионов соли

20. К электродам второго рода относят:

- а) хлорсеребряный электрод;
- б) металлический электрод;
- в) хингидронный электрод;
- г) каломельный электрод