

Энгельсский технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Естественные и математические науки»

**Оценочные материалы по дисциплине**

«Б.1.1.26. Физическая химия»

направления подготовки

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль 4: «Технология химических и нефтегазовых производств»

## Перечень компетенций и уровни их сформированности по дисциплинам (модулям), практикам в процессе освоения ОПОП ВО

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины «Физическая химия» должна сформироваться компетенция ОПК-1

Критерии определения сформированности компетенции на различных уровнях ее формирования

Индекс компетенции	Содержание компетенции
ОПК-1	способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Виды занятий для формирования компетенции	Оценочные средства для оценки уровня сформированности компетенции
ИД-5 <sub>ОПК-1</sub> Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, основываясь на знании основных законов физической химии (химической термодинамики, химической кинетики, фазовых равновесий, электрохимии).	лекции, лабораторные занятия, практические занятия, самостоятельная работа	Письменный опрос, решение задач, вопросы для проведения экзамена, тестовые задания, отчет по лабораторной работе

### Уровни освоения компетенции

Уровень освоения компетенции	Критерии оценивания
Продвинутый (отлично)	<p><b>Знает:</b> содержание основных разделов, составляющих теоретические основы физической химии как системы знаний о веществах и химических процессах</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- механизмы протекания термодинамических процессов</li> <li>- основы химической кинетики</li> <li>- методы описания фазовых и химических равновесий;</li> <li>- перспективы развития физической химии как теоретической базы синтетической химии и химической технологии;</li> <li>- начала термодинамики и основные уравнения химической термодинамики</li> </ul> <p><b>Умеет:</b> прогнозировать влияние различных факторов на равновесие в химических реакциях;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определять направленность процесса в заданных начальных условиях;</li> </ul>

	<p>- использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения химии для решения профессиональных задач.</p> <p><b>Владеет:</b> навыками вычисления тепловых эффектов химических реакций при заданной температуре в условиях постоянства давления и объема;</p> <p>- навыками вычисления констант равновесия химических реакций при заданной температуре;</p> <p>- техникой химического эксперимента, техникой взвешивания на теххимических и аналитических весах, основными методами анализа, способами ориентации в профессиональных источниках информации (журналы, сайты, образовательные порталы).</p>
Повышенный (хорошо)	<p><b>Знает:</b> содержание основных разделов, составляющих теоретические основы физической химии как системы знаний о веществах и химических процессах</p> <p>- механизмы протекания термодинамических процессов</p> <p>- основы химической кинетики</p> <p>- методы описания фазовых и химических равновесий;</p> <p>- перспективы развития физической химии как теоретической базы синтетической химии и химической технологии;</p> <p><b>Умеет:</b> определять направленность процесса в заданных начальных условиях;</p> <p>- использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения химии для решения профессиональных задач.</p> <p><b>Владеет:</b> навыками вычисления тепловых эффектов химических реакций при заданной температуре в условиях постоянства давления и объема;</p> <p>- навыками вычисления констант равновесия химических реакций при заданной температуре;</p> <p>- общими правилами техники безопасности при обращении с химической посудой, лабораторным оборудованием и химическими реактивами.</p>
Пороговый (базовый) (удовлетворительно)	<p><b>Знает:</b> некоторое содержание основных разделов, составляющих теоретические основы физической химии как системы знаний о веществах и химических процессах</p> <p><b>Умеет:</b> приблизительно определять направленность процесса в заданных начальных условиях;</p> <p>использовать некоторые химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения химии для решения профессиональных задач.</p> <p><b>Владеет:</b> некоторыми навыками вычисления тепловых эффектов химических реакций при заданной температуре в условиях постоянства давления и объема;</p> <p>некоторыми практическими навыками, обобщенными приемами исследовательской деятельности (постановка задачи в лабораторной работе или отдельном опыте, теоретическое обоснование и экспериментальная проверка ее решения).</p> <p>- элементарными приемами работы в химической лаборатории и навыками обращения с веществом.</p>

	- общими правилами техники безопасности при обращении с химической посудой, лабораторным оборудованием и химическими реактивами.
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## **2. Методические, оценочные материалы и средства, определяющие процедуры оценивания сформированности компетенций (элементов компетенций) в процессе освоения ОПОП ВО**

### **2.1 Оценочные средства для текущего контроля**

#### **Вопросы для письменного опроса**

**Тема 1.** *Интенсивные и экстенсивные величины. Теплота и работы различного рода. Второй закон термодинамики и его различные формулировки.*

1. Обратимые и необратимые процессы. Уравнения состояния. Уравнение состояния идеального газа.
2. Работа расширения для различных процессов.
3. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия
4. Энтальпия. Закон Гесса и его следствия. Теплоты образования.
5. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Формула Кирхгоффа.
6. Энтропия. Уравнение второго начала термодинамики для обратимых и необратимых процессов.
7. Фундаментальное уравнение Гиббса.
8. Внутренняя энергия, как однородная функция объема, энтропии и числа молей.
9. Уравнение Гиббса-Дюгема.

**Тема 2.** *Вывод условия химического равновесия Химические равновесия в растворах. Уравнение изобары реакции и его термодинамический вывод.*

1. Изменение энергии Гиббса и энергии Гельмгольца при химической реакции.
2. Химическое сродство. Закон действия масс.
3. Стандартная энергия Гиббса химической реакции.
4. Константа равновесия. Различные виды констант равновесия и связь между ними.
5. Химическое равновесие в разбавленном растворе.
6. Зависимость констант равновесия от температуры и давления.
7. Уравнение изобары реакции и его термодинамический вывод.
8. Использование различных приближений для теплоемкостей реагентов при

расчетах химических равновесий при различных температурах.

#### 9. Графические зависимости газовых законов

**Тема 3.** *Растворы различных классов. Закон Рауля и закон Генри. Идеальные и неидеальные растворы. Метод активностей. Предельно разбавленные растворы.*

1. Различные способы выражения состава раствора.
2. Смеси идеальных газов.
3. Термодинамические свойства газовых смесей
4. Идеальные растворы в различных агрегатных состояниях и общее условие идеальности растворов.
5. Давление насыщенного пара жидких растворов
6. Химический потенциал компонента в растворе.
7. Коэффициенты активности и их определение по парциальным давлениям компонент.
8. Стандартные состояния при определении химических потенциалов компонент в жидких и твердых растворах.
9. Предельно разбавленные растворы, атермальные, регулярные растворы и их свойства.
10. Парциальные мольные величины и их определение из опытных данных для бинарных систем.

**Тема 4.** *Гетерогенные системы. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах. Коллигативные свойства растворов.*

1. Понятие фазы, компонента, степени свободы.
2. Вывод условия фазового равновесия.
3. Вывод условия мембранного равновесия.
4. Правило фаз Гиббса и его вывод.
5. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса и его применение к различным фазовым равновесиям.
6. Диаграммы состояния воды, серы, фосфора и углерода.
7. Фазовые переходы второго рода.
8. Коллигативные свойства растворов.
9. Изменение температуры затвердевания различных растворов.
10. Криоскопический метод.

#### **Задания для письменного опроса**

**Тема 1.** *Интенсивные и экстенсивные величины. Теплота и работы различного рода. Второй закон термодинамики и его различные формулировки.*

Задание 1. Макроскопические системы и термодинамический метод их описания. Термическое равновесие системы.

Задание 2. Приведите все термодинамические переменные. Определите, какие из них – интенсивные, а какие - экстенсивные величины.

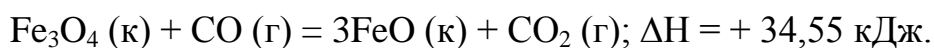
Задание 3. Обратимые и необратимые процессы. Приведите примеры и опишите эти процессы.

Задание 4. Уравнения состояния. Уравнение состояния идеального газа. Дайте расшифровку всех параметров входящих в уравнения.

Задание 5. Идеальный и реальный газы. Приведите сравнительную характеристику.

Задание 6. Все виды записи закона Менделеева-Клайперона.

Задание 7. Определите, при какой температуре начнется реакция восстановления  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  протекающая по уравнению



Задание 8. Каков физический смысл второго закона термодинамики?

Задание 9. Вычислить давление 1 кмоль водорода, занимающего при  $0^\circ\text{C}$  объем 448 л. Использовать для расчетов уравнения состояния идеального и реального газов. Сравнить полученные результаты в том и другом случае с опытной величиной  $5,228 \cdot 10^6$  Па.

Задание 10. Уравнение состояния реальных газов. Как его можно получить. Уравнение Ван-дер-Ваальса.

**Тема 2.** *Вывод условия химического равновесия Химические равновесия в растворах. Уравнение изобары реакции и его термодинамический вывод.*

Задание 1. Через какие величины можно выразить константу равновесия?

Задание 2. Какая зависимость существует между константами равновесия, выраженными различными способами?

Задание 3. Каковы термодинамические и молекулярно-кинетические признаки равновесного состояния?

Задание 4. От чего зависят  $K_p$  и  $K_c$  реакций?

Задание 5. Какова связь между максимально полезной работой, константой равновесия, начальным давлением или концентрацией исходных веществ и продуктов реакции при постоянной температуре?

Задание 6. В чем сущность теории о химическом средстве Гиббса-Гельмгольца и Вант-Гоффа?

Задание 7. В чем сущность закона действия масс?

Задание 8. Вывести уравнение зависимости константы равновесия от температуры.

Задание 9. Как производится приближенное и уточненное интегрирование уравнения изохоры химической реакции?

Задание 10. Какие известны методы расчета  $\Delta G^0$ , а следовательно, и константы равновесия, на основании термических и термодинамических данных?

Задание 11. Как при помощи постулата Планка, используя закон Гесса и уравнение Кирхгофа, теоретически рассчитать изменение изобарно-изотермического потенциала химической реакции, константу равновесия и равновесный выход при различных температурах?

**Тема 3.** *Растворы различных классов. Закон Рауля и закон Генри. Идеальные и неидеальные растворы. Метод активностей. Предельно разбавленные растворы.*

Задание 1. Жидкое состояние вещества. Характеристики и особенности. Параметры жидкостей. Формулы для их расчетов.

Задание 2. Что такое поверхностное натяжение, от чего оно зависит. Приведите основные формулы.

Задание 3. Растворы различных классов. Различные способы выражения состава раствора. Смеси идеальных газов.

Задание 4. Перечислите особенности парциальных величин.

Задание 5. Для каких растворов выполняется закон Рауля? Сформулируйте его.

Задание 6. Какие законы характерны для реальных, предельно разбавленных растворов? Приведите формулы.

Задание 7. Что является признаком идеальности раствора?

Задание 8. Что такое понятие «активность»? Для чего оно используется?

Задание 9. Как рассчитывается осмотическое давление в разбавленных растворах?

**Тема 4.** *Гетерогенные системы. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах. Коллигативные свойства растворов.*

Задание 1. Чем различаются уравнения, выражающие химическое равновесие для гомогенных и гетерогенных реакций? Из каких опытных данных рассчитывается константа равновесия при гетерогенных реакциях?

Задание 2. Вывести уравнение Клаузиуса - Клапейрона, исходя из равенства значений изобарно-изотермических потенциалов веществ в сосуществующих фазах.

Как и почему изменяется теплота испарения от температуры? Какого значения она достигает при критической температуре?

Задание 3. Как и почему изменяется теплота испарения от температуры? Какого значения она достигает при критической температуре?

Задание 4. Пояснить законы Коновалова на диаграммах состав – температура кипения и состав – давление.

Задание 5. Сформулируйте законы Коновалова.

Задание 6. (На примере диаграмм состояния воды или серы определить число фаз и степеней свободы, если система изображена:

а) плоскостью;

б) линиями;

в) тройными точками

Задание 7. Что понимают под понятиями фаза, компонент, степень свободы?

Что определяет число степеней свободы?

Задание 8. Как по зависимости  $p = f(t)$  определить при заданной температуре теплоту испарения?

Задание 9. Как влияет атмосферное давление на температуру кипения?

Задание 10. В каких координатах зависимость между давлением насыщенного пара и температурой выражается на диаграмме прямой линией, и как при этих условиях определяется среднее значение теплоты испарения (возгонки)?

Задание 11. Почему мольный (удельный) объем насыщенного пара уменьшается, а объем жидкости увеличивается с ростом температуры при постоянном давлении и когда их значение становится равным

### **Задания для практических занятий:**

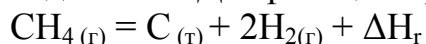
*Тема 1. Законы термодинамики и их применение.*

Задание 1. Вычислите  $\Delta H^\circ$ ,  $\Delta U^\circ$ ,  $\Delta G^\circ$  и  $\Delta A^\circ$  для реакции



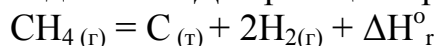
Определите, возможно ли самопроизвольное протекание реакции при стандартных условиях.

Задание 2. Для реакции крекинга метана



Используя данные Приложения, рассчитать  $\Delta G^\circ_{\text{r}298}$  и  $\Delta A^\circ_{\text{r}298}$ . Определить, возможно ли самопроизвольное протекание данной реакции при температуре 298 К.

Задание 3. Для реакции крекинга метана



Рассчитать  $\Delta H^\circ_{\text{г}}$ , используя значение стандартных теплот сгорания веществ (кДж/моль):  $\Delta H^\circ_{\text{с CH}_{4(\text{г})}} = -890,31$ ;  $\Delta H^\circ_{\text{с C}_{(\text{т})}} = -393,51$ ;  $\Delta H^\circ_{\text{с H}_{2(\text{г})}} = -285,84$

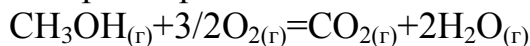
Определить экзо- или эндотермической является данная реакция.

Задание 4. Напишите уравнение реакции сгорания метана. Вычислите стандартную теплоту образования метана, если его стандартная теплота сгорания  $\Delta H_c^0 = -890,31$  кДж/моль

Продукты сгорания имеют следующие теплоты образования (кДж/моль)

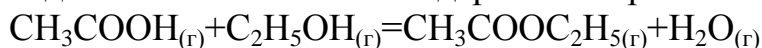
$$\Delta H_f^0 \text{CO}_2(\text{г}) = -393,51; \Delta H_f^0 \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) = -285,84$$

Задание 5. Используя уравнение Кирхгоффа для небольшого температурного интервала рассчитать тепловой эффект реакции



при температуре 500К и давлении  $1,0133 \times 10^5$  Па.

Задание 6. Значение стандартной энергии Гиббса  $\Delta G_r^0$  реакции



равно  $-3,434$  кДж/моль. Вычислите константы равновесия  $K_p$  и  $K_c$ . Каков будет состав равновесной реакционной смеси, если в реакцию введены 1 моль кислоты и 2 моля спирта?

Задание 7. Вычислить стандартную энтальпию образования бензола при 298 К и  $P = 1,0133 \cdot 10^5$  Па, если известна его энтальпия сгорания

$\text{C}_6\text{H}_6$ (ж) бензол	-3267,70 кДж/моль
-----------------------------------	----------------------

Продукты сгорания:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ .

Задание 8. Вычислите тепловой эффект химической реакции при 298 К

$\text{N}_2\text{O}_4 = 2\text{NO}_2$  и определите, на сколько, при этой температуре отличается  $\Delta H$  от  $\Delta U$ . Необходимые данные взять из справочника.

Задание 9. Для химической реакции:  $3\text{C}_2\text{H}_2(\text{г}) = \text{C}_6\text{H}_6(\text{г})$

(все реакции протекают в газовых фазах), вычислить  $\Delta S^0$ ,  $\Delta G^0$ ,  $\Delta F^0$ ,  $K_p$  при  $T = 298$  К, пользуясь справочными данными.

Сделать выводы:

1. Является ли данная реакция экзотермической или эндотермической?
2. Как изменилась энтропия системы после протекания реакции?
3. Протекает ли данная реакция самопроизвольно при стандартных условиях?

Задание 10. Для химической реакции:  $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  вычислить тепловой эффект ( $\Delta H$ ), изменение энтропии ( $\Delta S$ ), изменение энергии Гиббса ( $\Delta G$ ) и константу равновесия ( $K$ ) при температуре  $T = 500$  К. Определить направление химической реакции.

Тема 2. Химическое равновесие.

Задание 1. Константа равновесия реакции  $\text{H}_2 + \text{I}_2 = 2\text{HI}$  при 693 К равна 50. Образуется ли йодид водорода, если исходные концентрации (моль/л) равны  $x$   $\text{H}_2$ ;  $y$   $\text{I}_2$ ;  $z$   $\text{HI}$  ( $x$ ,  $y$  и  $z$  соответственно равны 2,5,10) Вещества в реакционный сосуд по-

ступают из бесконечно больших ёмкостей. Йодид водорода выводится из реакционного сосуда в ёмкость бесконечно большого объёма.

Задание 2. Зависимость константы равновесия от температуры реакции

$2\text{CO} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{CO}_2$  выражается уравнением:

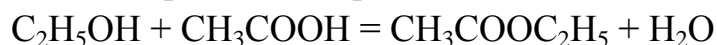
$$\lg K_p = \frac{11088}{T} - 2,85 \cdot 10^{-3} \cdot T + 18,539 + 3,113 \cdot \lg T$$

Найти графически энтальпию химической реакции при заданной температуре  $70^\circ\text{C}$ .

Задание 3. Газообразные вещества А и В реагируют с образованием продукта С.

$\text{A} + \text{B} = 1/2\text{C}$ . Рассчитайте  $K_p$  и  $K_c$ , если исходные вещества А и В взяты в стехиометрических количествах при общем давлении равновесной системы  $1,0133 \cdot 10^5$  Па и температуре 298 К. Количество вещества С = 0,35.

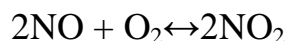
Задание 4. Константа равновесия реакции



равна 10 г. Сколько эфира получится, если в исходной смеси взять 20г этанола и 40 г уксусной кислоты?

Задание 5. Степень диссоциации азотноватого ангидрида на двуокись азота при температуре  $0^\circ\text{C}$  и давлении = 1 равна 11%. Найти константу равновесия этой реакции.

Задание 6. При некоторой температуре равновесие гомогенной системы



установилось при следующих концентрациях реагирующих веществ:  $[\text{NO}] = 0,2$  моль/л;  $[\text{O}_2] = 0,1$  моль/л;  $[\text{NO}_2] = 0,1$  моль/л. Вычислите константу равновесия и исходную концентрацию NO и  $\text{O}_2$ .

Задание 7. Исходные концентрации NO и  $\text{Cl}_2$  в гомогенной системе:

$2\text{NO} + \text{Cl}_2 \leftrightarrow 2\text{NOCl}$  составляют соответственно: 0,5 и 0,2 моль/л. Вычислите константу равновесия, если к моменту наступления равновесия прореагировало 20% NO.

Задание 8. Для каких из указанных реакций уменьшение объема сосуда, в котором происходит реакция, приведет к смещению равновесия в том же направлении, что и понижение температуры? Ответ обосновать.

1.  $\text{N}_{2(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} \leftrightarrow 2\text{NO}_{(\text{r})} - Q$ ;
2.  $\text{CO}_{2(\text{r})} + \text{C}_{(\text{тв})} \leftrightarrow 2\text{CO}_{(\text{r})} - Q$ ;
3.  $\text{CO}_{(\text{r})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{r})} \leftrightarrow \text{CO}_{2(\text{r})} + \text{H}_{2(\text{r})} + Q$ ;
4.  $2\text{SO}_{2(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} \leftrightarrow 2\text{SO}_{3(\text{r})} + Q$ ;
5.  $2\text{CO}_{(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} \leftrightarrow 2\text{CO}_{2(\text{r})} + Q$ .

Задание 9. Какие из указанных способов могут быть использованы для смещения вправо равновесия химической реакции:  $N_{2(g)} + O_{2(g)} \leftrightarrow 2NO_{(g)} - Q$

1. Уменьшение конц.  $O_2$ ;
2. Увеличение конц.  $N_2$ ;
3. Увеличение конц.  $O_2$ ;
4. Уменьшение конц.  $N_2$ ;
5. Уменьшение конц.  $NO$ . Ответ обосновать.
6. Применение катализатора;
7. Повышение давления;
8. Понижение температуры;
9. Повышение температуры;

Задание 10. Реакция идет по уравнению  $H_2 + I_2 = 2HI$ . Константа скорости этой реакции при  $508^\circ C$  равна 0,16. Исходные концентрации реагирующих веществ были:  $[H_2] = 0,04$  моль/л;  $[I_2] = 0,05$  моль/л. Вычислите начальную скорость реакции и скорость ее, когда  $[H_2]$  стала равной 0,03 моль/л.

### Тема 3. Теория растворов

Задание 1. Выразите известным вам способом концентрацию раствора 10 г NaCl в 100 мл (г) воды. В качестве способов выражения концентрации используйте:

- 1) молярную весовую концентрацию (моляльность);
- 2) молярную объемную концентрацию (молярность);
- 3) нормальность (молярную концентрацию эквивалента);
- 4) моляльную (молярную) долю;
- 5) титр;
- 6) весовой процент;
- 7) число граммов растворенного вещества на 100 г растворителя (коэффициент растворимости при данных условиях).

Задание 2. В 100 г воды растворено 1,53 г глицерина. Давление пара воды при 298К равно  $3167,2 \text{ Н/м}^2$ . Вычислите: а) понижение давления пара воды над раствором; б) температуру кипения раствора; в) температуру его замерзания; г) его осмотическое давление.

Задание 3. Рассчитайте осмотическое давление водного раствора хлорида кальция с концентрацией 0,05 моль/л при температуре  $37^\circ C$ . Степень диссоциации (ионизации)  $CaCl_2$  равна 97%.

Задание 4. Из 1 л водного раствора, содержащего 1 г иода, иод экстрагируют сероуглеродом. Коэффициент распределения иода между водой и сероуглеродом равен 0,0017. Рассчитайте:

- а) массу иода, оставшегося в водном растворе после одной операции экстрагирования объемом 40 мл экстрагента;
- б) массу иода, оставшегося в водном растворе после 4-х кратного экстрагирования порциями по 10 мл сероуглерода;
- в) массу иода, которая извлечется сероуглеродом в случаях (а) и (б);
- г) степень извлечения иода в случаях (а) и (б);
- д) число операций экстрагирования порциями по 10 мл сероуглерода, необходимых, чтобы извлечь из водного раствора 97% иода.

Задание 5. Давление пара некоторого вещества при температуре  $t^{\circ}\text{C}$  имеет следующие значения (таблица). Определить графически молярную энтальпию испарения и температуру кипения.

$t^{\circ}\text{C}$	$P, \text{Па}$
15	1704,9
30	4245,2
45	9583,2
60	19916,0

Задание 6. Вычислить давление, необходимое для понижения температуры замерзания воды на  $1^{\circ}$ , и температуру, при которой будет плавиться лед при повышении давления на 1 атм. При  $0^{\circ}\text{C}$  удельная теплота плавления льда равна  $333,5 \times 10^3$  Дж/кг, плотность воды  $0,9998 \times 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, плотность льда  $0,9168 \times 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

Задание 7. Рассчитайте количество водяного пара, необходимого для перегонки 10 кг анилина, если смесь анилина с водой при атмосферном давлении кипит при  $98,4^{\circ}\text{C}$ . При этой температуре давление водяного пара равно 94605 Па.

Задание 8. Раствор, содержащий 0,8718 моль/л тростникового сахара, при  $T = 291\text{K}$ , изотоничен с раствором хлорида натрия, содержащим 0,5 моль/л NaCl. Рассчитайте: а) изотонический и осмотический коэффициенты для хлорида натрия; б) кажущуюся степень его диссоциации.

Задание 9. Для предотвращения частичного разложения лекарственного препарата в кипящем водном растворе при отгонке воды необходимо понизить температуру кипения на  $20^\circ$ . Вычислите, какое давление при этом надо поддерживать в перегонном аппарате. Теплота испарения воды  $40660 \text{ Дж/моль}$ .

*Тема 4. Термодинамика фазовых превращений.*

Задание 1. Дайте понятия фазе, фазовому равновесию, правилу фаз.

Задание 2. Что такое число составных частей, компоненты, число степеней свободы? Приведите примеры.

Задание 3. От чего зависит равновесие между фазами? Какие бывают взаимные фазовые превращения?

Задание 4. Что такое обратимые превращения и как они называются?

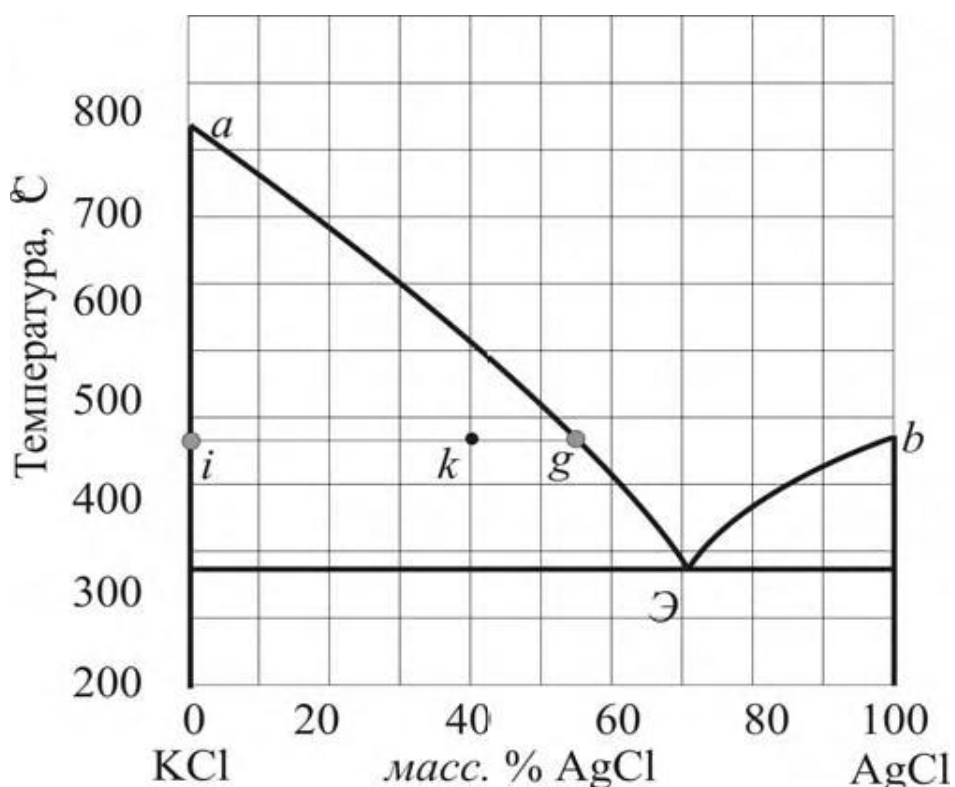
Задание 5. Что такое необратимые превращений и как их называют?

Задание 6. Реакция протекает в замкнутом сосуде при температуре  $T$ . Определить равновесные парциальные давления всех компонентов и исходное давление вещества  $A$ , если известно значение константы равновесия реакции термической диссоциации при данной температуре и общее равновесное давление смеси  $P$ .

Вещество А	Реакция	$K_p$	$P \cdot 10^{-4}, \text{ н/м}^2$	$T, \text{ К}$
$\text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{O} + 2\text{H} + \text{O}$	$2,096 \cdot 10^{10}$	1,0133	4000

Задание 7. По диаграмме плавкости системы  $\text{KCl}-\text{AgCl}$  определить:

- 1) что представляет собой система, содержащая 60 мол. %  $\text{KCl}$  и 40 мол. %  $\text{AgCl}$ , при  $800^\circ\text{C}$ ;
- 2) при какой температуре начнется кристаллизация в этой системе;



Задание 8. Определить максимальное число степеней свободы в одно-, двух- и трехкомпонентных системах при условии, что внешними параметрами, определяющими ее состояние, являются температура и давление.

### Задания для выполнения лабораторных работ

*Тема 1. Законы термодинамики и их применение.*

#### **Лабораторная работа № 1. Определение теплоты растворения хлорида аммония.**

Задание 1. Опишите простейшую калориметрическую установку.

Задание 2. Выразите уравнение теплового баланса в калориметрическом опыте.

Задание 3. С чего следует начинать калориметрический опыт? Какие условия при этом должны соблюдаться?

Задание 4. Приведите протокол каждого калориметрического опыта.

Задание 5. По результатам эксперимента построить температурную кривую в координатах « время – температура »

#### **Лабораторная работа № 2. Определение теплоты растворения металлического магния в растворе соляной кислоты.**

Задание 1. Каким образом определить константу калориметра и удельную интегральную теплоту растворения вещества?

Задание 2. Что такое теплоемкость? Какая она бывает и от чего зависит?

Задание 3. Что называют интегральной и дифференциальной теплотами растворения?

Задание 4. Последовательность проведения опыта по определению  $D t_{\text{раств}}$  при растворении соли.

Задание 5. Последовательность проведения опыта по определению  $C_w$ .

### **Лабораторная работа № 3. Определение теплоты гидратообразования сульфата меди**

Задание 1. Что называют теплоёмкостью вещества при гидратообразовании?

Задание 2. Связь истинной и средней теплоёмкости.

Задание 3. С какой целью определяют суммарную теплоёмкость системы по воде?

Задание 4. Уравнение для расчёта истинной теплоёмкости жидкости.

Задание 5. Теплоты растворения сульфата меди  $\text{CuSO}_4$  и медного купороса  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  соответственно равны  $-66,11$  кДж и  $+11,72$  кДж. Вычислите теплоту гидратации  $\text{CuSO}_4$ .

### *Тема 2. Химическое равновесие.*

### **Лабораторная работа № 4. Изучение химического равновесия в гомогенной системе на примере этерификации спирта.**

Задание 1. Дайте развернутое представление о гомогенных и гетерогенных системах.

Задание 2. От чего зависит состояние равновесия в гомогенной системе?

Задание 3. Как рассчитать исходные и равновесные концентрации реагентов и продуктов прямой реакции в данной работе. Приведите алгоритм вычислений.

Задание 4. Как рассчитать исходные и равновесные концентрации реагентов и продуктов обратной реакции в данной работе. Приведите алгоритм вычислений.

Задание 5. Как рассчитать константу равновесия по полученным данным?

### **Лабораторная работа № 5. Изучение равновесия гомогенной реакции в растворе на примере взаимодействия хлористого железа с йодидом калия.**

Задание 1. Напишите уравнение реакции проведенного опыта, составьте электронный баланс.

Задание 2. Опишите ход выполнения работы.

Задание 3. Как ведут расчет концентрации йода, железа?

Задание 4. Как можно сместить равновесие при постоянной температуре? Каково влияние давления, содержания инертного газа и концентрации исходных продуктов и продуктов реакции на равновесный выход?

Задание 5. Как на основании экспериментальных данных определить константы равновесия химической реакции при разных температурах? Как рассчитать тепловой эффект реакции, зная  $K_p$  или  $K_c$  равновесия при разных  $T$ ?

*Тема 4. Термодинамика фазовых превращений*

**Лабораторная работа № 6. Изучения равновесия жидкость – пар в бинарной системе.**

Задание 1. Вывести уравнение Клаузиуса - Клапейрона, исходя из равенства значений изобарно-изотермических потенциалов веществ в сосуществующих фазах.

Задание 2. Как и почему изменяется теплота испарения от температуры? Какого значения она достигает при критической температуре?

Задание 3. Почему мольный (удельный) объем насыщенного пара уменьшается, а объем жидкости увеличивается с ростом температуры при постоянном давлении и когда их значение становится равным

Задание 4. В каких координатах зависимость между давлением насыщенного пара и температурой выражается на диаграмме прямой линией, и как при этих условиях определяется среднее значение теплоты испарения (возгонки)?

Задание 5. Как по зависимости  $p = f(t)$  определить при заданной температуре теплоту испарения?

**Лабораторная работа № 7. Изучение взаимной растворимости в трехкомпонентной системе.**

Задание 1. Как влияет атмосферное давление на температуру кипения?

Задание 2. Что понимают под понятиями фаза, компонент, степень свободы?

Задание 3. Что определяет число степеней свободы?

Задание 4. (На примере диаграмм состояния воды или серы определить число фаз и степеней свободы, если система изображена:

а) плоскостью;

б) линиями;

в) тройными точками

Задание 5. Сформулируйте законы Коновалова.

### **Лабораторная работа № 8. Определение коэффициента распределения.**

Задание 1. Пояснить законы Коновалова на диаграммах состав – температура кипения и состав – давление.

Задание 2. Сформулируйте законы Вревского.

Задание 3. Назовите методы определения состава трехкомпонентной системы.

Задание 4. Что общего в методах Гиббса и Розебома? Что их различает?

Задание 5. В чем заключается закон распределения?

Задание 6. Чем можно объяснить отклонения от закона распределения?

Задание 7. От чего зависит величина константы распределения?

Задание 8. Какому из законов, относящихся к газовым, аналогичен закон распределения?

## **2.2 Оценочные средства для промежуточного контроля**

### **Вопросы для экзамена**

1. Процессы в термодинамике
2. Основной постулат термодинамики
3. Нулевой закон термодинамики
4. Уравнения состояния
5. Первый закон термодинамики
6. Внутренняя энергия. Работа. Теплота
7. Работа идеального газа при различных процессах
8. Калорические коэффициенты
9. Аналитические выражения первого закона термодинамики
10. Теплоемкость. Взаимосвязь  $C_p$  и  $C_v$
11. Энтальпия
12. Зависимость теплоемкости от давления и объема
13. Закон Гесса. Следствия закона Гесса
14. Стандартные состояния, стандартные условия
15. Уравнения Кирхгофа
16. Зависимость изобарной теплоемкости от температуры
17. Способы определения теплоемкостей
18. Примеры применения законов термодинамики
19. Формулировки второго закона термодинамики (постулаты)
20. Цикл Карно
21. Аналитические выражения второго закона термодинамики
22. Физический смысл энтропии
23. Изменение энтропии для необратимых процессов.
24. Абсолютная энтропия

25. Расчет изменения энтропии в различных процессах
26. Нагревание или охлаждение при постоянном давлении
27. Изотермическое расширение или сжатие
28. Фазовые переходы
29. Смешение идеальных газов при постоянных температуре и давлении
30. Изменение энтропии при химических реакциях
31. Изохорно-изотермический потенциал
32. Изобарно-изотермический потенциал
33. Уравнение Гиббса-Гельмгольца
34. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона
35. Тепловая теорема Нернста
36. Постулат Планка
37. Понятие химического сродства
38. Следствия из третьего закона термодинамики
39. Условие термодинамического равновесия между фазами
40. Принцип непрерывности и принцип соответствия
41. Правило фаз Гиббса
42. Трехмерная диаграмма состояния однокомпонентной системы
43. Вещества, образующие в твердом состоянии одну кристаллическую форму
44. Уравнения Клапейрона и Клапейрона – Клаузиуса
45. Применение правила фаз Гиббса к двухкомпонентным системам
46. Равновесие твердое–жидкость в двухкомпонентных системах
47. Системы с полной нерастворимостью компонентов друг в друге в кристаллическом состоянии
48. Вид диаграммы плавкости и ее анализ
49. Состав сопряженных фаз. Нода
50. Определение состава насыщенных растворов по диаграмме растворимости
51. Определение количественных соотношений между фазами, находящимися в равновесии. Правило рычага
52. Системы с неограниченной растворимостью компонентов друг в друге в кристаллическом состоянии
53. Системы с ограниченной растворимостью компонентов друг в друге в кристаллическом состоянии
54. Системы, образующие химические соединения
- Равновесие жидкость–жидкость в двухкомпонентных системах
55. Равновесие пар (газ) – жидкость в двухкомпонентных системах
56. Давление насыщенного пара над идеальным раствором. Закон Рауля
57. Давление насыщенного пара над бесконечно разбавленным раствором нелетучего вещества. Растворимость газов в жидкостях. Закон Генри

58. Системы, образующие в жидком состоянии идеальные растворы. Первый закон Гиббса – Коновалова
59. Системы, образующие в жидком состоянии неидеальные растворы. Перегонка и ректификация
60. Системы, образующие в жидком состоянии азеотропные растворы. Второй закон Гиббса–Коновалова
61. Системы с полной нерастворимостью компонентов друг в друге в жидком состоянии. Перегонка с водяным паром
62. Системы с ограниченной растворимостью компонентов друг в друге в жидком состоянии
63. Графические методы выражения состава трехкомпонентной системы
64. Диаграмма состояния трехкомпонентной системы, образующей одну тройную эвтектику
65. Диаграмма состояния трехкомпонентной системы с ограниченной взаимной растворимостью
66. Определение состава и количества сопряженных фаз трехкомпонентной системы
67. Понятие химического потенциала
68. Закон действия масс. Кинетический и термодинамический выводы
69. Общие условия химического равновесия

### **Билеты для экзамена**

#### **БИЛЕТ 1.**

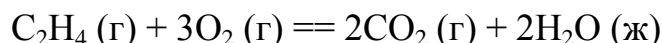
1. Агрегатные состояния вещества. Особенности каждого состояния. Параметры состояний.
2. Уравнение состояния идеальных и реальных газов.
3. Вычислите молекулярную массу неэлектролита, зная, что раствор, содержащий 2,25 г этого вещества в 250 г воды, кристаллизуется при  $-0,279^{\circ}\text{C}$ . Криоскопическая константа воды 1,86 град.
4. Под давлением  $6,078 \cdot 10^5$  Па 2,4 кг кислорода занимают объем  $3 \text{ м}^3$ . Вычислить давление, при котором концентрация кислорода равна  $0,1 \text{ кмоль/м}^3$ . Температура постоянна.

---

#### **БИЛЕТ 2.**

1. Все виды записи закона Менделеева-Клайперона.
2. Основные положения МКТ

3. На основании стандартных теплот образования и абсолютных стандартных энтропии соответствующих веществ вычислите  $\Delta G^{\circ}_{298}$  реакции, протекающей по уравнению:



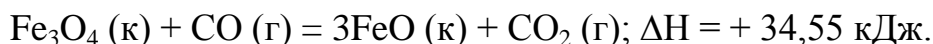
Возможна ли эта реакция при стандартных условиях?

4. Вычислить давление 1 кмоль водорода, занимающего при  $0^{\circ}\text{C}$  объем 448 л. Использовать для расчетов уравнения состояния идеального и реального газов. Сравнить полученные результаты в том и другом случае с опытной величиной  $5,228 \cdot 10^6$  Па.

---

### БИЛЕТ 3.

1. Законы идеальных газов. Изопроцессы. Графические зависимости.
2. Вязкость. Виды вязкости, уравнения, приборы для измерения вязкости.
3. Определите, при какой температуре начнется реакция восстановления  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  протекающая по уравнению

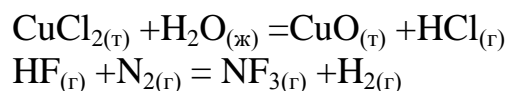


4. Раствор, содержащий 3,04 г камфоры  $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$  в 100 г бензола, кипит при  $80,714^{\circ}\text{C}$ . Температура кипения бензола  $80,2^{\circ}\text{C}$ . Вычислите эбуллиоскопическую константу бензола.

---

### БИЛЕТ 4.

1. Поверхностное натяжение – процессы и механизм возникновения поверхностного натяжения.
2. Теплоемкость. Виды теплоемкости, размерность. От чего зависит теплоемкость.
3. В баллоне вместимостью 20 л при  $18^{\circ}\text{C}$  находится смесь из 28 кг кислорода и 24 г аммиака. Определить парциальные давления каждого из газов и общее давление смеси.
4. Вычислите стандартные значения энтальпий реакций (предварительно подобрав коэффициенты):



### БИЛЕТ 5.

1. Уравнение Майера. Следствие из него.
2. Основные понятия и величины химической термодинамики. Термодинамические функции.
3. Баллон с кислородом вместимостью 20 л находится под давлением  $1 \cdot 10^7$  Па при  $15^\circ\text{C}$ . После израсходования части кислорода давление понизилось до  $7,6 \cdot 10^6$  Па, а температура - до  $10^\circ\text{C}$ . Определить массу израсходованного кислорода.
4. Прямая или обратная реакция будет являться экзотермической при стандартных условиях в системе:  $\text{CH}_{4(\text{г})} + \text{CO}_{2(\text{г})} \leftrightarrow 2\text{CO}_{(\text{г})} + 2\text{H}_{2(\text{г})}$ . Подчитайте  $\Delta H^0$  и дайте на основании этого подсчета ответ.

### БИЛЕТ 6.

1. Виды термодинамических процессов.
2. Факторы интенсивности и экстенсивности.
3. В баллоне вместимостью 20 л при  $18^\circ\text{C}$  находится смесь из 28 кг кислорода и 24 г аммиака. Определить парциальные давления каждого из газов и общее давление смеси.
4. Сколько граммов фенола  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  следует растворить в 125 г бензола, чтобы температура кристаллизации раствора была ниже температуры кристаллизации бензола на 1,7 град? Криоскопическая константа бензола 5,1 град.

---

### БИЛЕТ 7.

1. Основные зависимости внутренней энергии. Уравнения.
2. Энтальпия, Энтропия – определения, уравнения. От чего зависит.
3. Баллон с кислородом вместимостью 20 л находится под давлением  $1 \cdot 10^7$  Па при  $15^\circ\text{C}$ . После израсходования части кислорода давление понизилось до  $7,6 \cdot 10^6$  Па, а температура - до  $10^\circ\text{C}$ . Определить массу израсходованного кислорода.
4. Теплоты образования  $\Delta H^\circ_{298}$  оксида и диоксида азота соответственно равны +90,37 кДж и +33,85 кДж. Определите  $\Delta S^\circ_{298}$  и  $\Delta G^\circ_{298}$  для реакций получения NO и  $\text{NO}_2$  из простых веществ. Можно ли получить эти оксиды при стандартных условиях? Какой из оксидов образуется при высокой температуре? Почему?

---

### БИЛЕТ 8.

1. Теплота, работа. Уравнения. Зависимости.
2. Основные разделы физической химии.

3. Какой объем аммиака может быть получен при разложении 1 кг чистого нитрида кальция водой при н.у.?
4. Чем можно объяснить, что при стандартных условиях невозможна экзотермическая реакция, протекающая по уравнению:



Зная тепловой эффект реакции и абсолютные стандартные энтропии соответствующих веществ, определите  $\Delta G^\circ_{298}$  этой реакции.

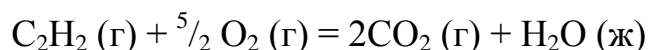
---

#### БИЛЕТ 9.

1. Термодинамические системы, классификация, термодинамические переменные и термодинамические функции.
  2. Первый закон термодинамики.
  3. Под давлением  $6,078 \cdot 10^5$  Па 2,4 кг кислорода занимают объем  $3 \text{ м}^3$ . Вычислить давление, при котором концентрация кислорода равна  $0,1 \text{ кмоль/м}^3$ . Температура постоянна.
  4. Вычислите температуру кипения 15%-ного водного раствора пропилового спирта  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ , зная, что эбуллиоскопическая константа воды  $0,52$  град.
- 

#### БИЛЕТ 10.

1. Состояния термодинамических систем.
2. Уравнение Клайперона-Менделеева для вычисления молярной массы газа. Стандартные состояния и стандартные теплоты химических реакций. Теплота сгорания. Теплоты образования.
3. При н.у. плотность ацетилена  $1,16 \text{ кг/м}^3$ . Определить плотность этого же газа под давлением  $1,216 \cdot 10^6$  Па и  $0^\circ\text{C}$ ?
4. Реакция горения ацетилена идет по уравнению:



Вычислите  $\Delta G^\circ_{298}$  и  $\Delta S^\circ_{298}$  и объясните уменьшение энтропии в результате этой реакции.

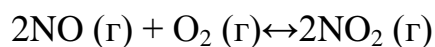
---

#### БИЛЕТ 11.

1. Закон Авогадро. Закон Дальтона. Парциальные давления. Объединенный газовый закон.
2. Второй закон термодинамики.
3. Масса 1 кубометра воздуха при н.у.  $1,293 \text{ кг}$ . Какова масса этого же объема

воздуха при 435 Па и 0°C?

4. Прямая или обратная реакция будет протекать при стандартных условиях в системе



Ответ мотивируйте, вычислив  $\Delta G^0_{298}$  прямой реакции.

---

#### БИЛЕТ 12.

1. Термохимия. Законы термохимии. Стандартное состояние вещества.
  2. Основные положения МКТ. Законы и процессы идеальных газов. Графики зависимостей. Уравнения изопроцессов.
  3. Под давлением  $3,078 \cdot 10^5$  Па 1,4 кг кислорода занимают объем  $2 \text{ м}^3$ . Вычислить давление, при котором концентрация кислорода равна  $0,1 \text{ кмоль/м}^3$ . Температура постоянна.
  4. Температура кристаллизации раствора, содержащего 66,3 г некоторого неэлектролита в 500 г воды, равна  $-0,558^\circ\text{C}$ . Вычислите молекулярную массу растворенного вещества. Криоскопическая константа воды  $1,86$  град.
- 

#### БИЛЕТ 13.

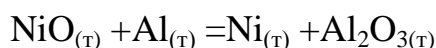
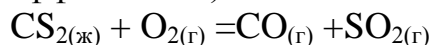
1. Основной смысл и значение 2 закона термодинамики.
  2. Самопроизвольные процессы и условия их протекания.
  3. Сколько граммов мочевины  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  следует растворить в 75 г воды, чтобы температура кристаллизации понизилась на  $0,465$  град? Криоскопическая константа воды  $1,86$  град.
  4. Газообразный этиловый спирт  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  можно получить при взаимодействии этилена  $\text{C}_2\text{H}_4$  (г) и водяных паров. Напишите термохимическое уравнение этой реакции, вычислив ее энтальпию.
- 

#### БИЛЕТ 14.

1. Формулировки 2 закона термодинамики.
  2. Энергия Гиббса.
  3. Вычислить давление 1 кмоль водорода, занимающего при  $0^\circ\text{C}$  объем 448 л. Использовать для расчетов уравнения состояния идеального и реального газов. Сравнить полученные результаты в том и другом случае с опытной величиной  $5,228 \cdot 10^6$  Па.
  4. Вычислите массовую долю водного раствора метанола  $\text{CH}_3\text{OH}$ , температура кристаллизации которого  $-2,79^\circ\text{C}$ . Криоскопическая константа воды  $1,86$  град.
-

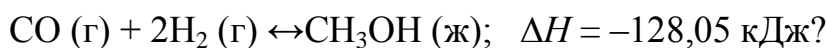
### БИЛЕТ 15.

1. Растворы. Законы растворов.
2. Твердое состояние вещества. Признаки. Анизотропия и изотропия. Плавление и отвердевание. Температура плавления.
3. В баллоне вместимостью 30 л при 18<sup>0</sup>С находится смесь из 18 кг кислорода и 14 г аммиака. Определить парциальные давления каждого из газов и общее давление смеси.
4. Вычислите стандартные значения энтальпий реакций (предварительно подберите коэффициенты):



### БИЛЕТ 16.

1. Жидкое состояние вещества. Характеристики и особенности. Параметры жидкостей. Формулы для их расчетов.
2. Механизм возникновения поверхностного натяжения. Коэффициент поверхностного натяжения. Формулы, размерности, зависимости.
3. Баллон с кислородом вместимостью 20 л находится под давлением 1·10<sup>7</sup>Па при 15<sup>0</sup>С. После израсходования части кислорода давление понизилось до 7,6·10<sup>6</sup> Па, а температура - до 10<sup>0</sup>С. Определить массу израсходованного кислорода.
4. При какой температуре наступит равновесие системы



### БИЛЕТ 17.

1. Газ, расширяясь от 10 до 16 л при постоянном давлении 101.3 кПа, поглощает 126 Дж теплоты. Определите изменение внутренней энергии газа.
2. Сколько тепла потребуется на перевод 500 г Al (т.пл. 658 °С,  $\Delta_{\text{пл}}H^\circ = 92.4 \text{ кал}\cdot\text{г}^{-1}$ ), взятого при 25 °С, в расплавленное состояние, если  $C_p(\text{Al}_{(\text{тв})}) = 0.183 + 1.096\cdot 10^{-4}T \text{ кал}\cdot\text{г}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ ?
3. Рассчитайте мольную энтропию неона при 500 К, если при 298 К и том же объеме энтропия неона равна 146.2 Дж·К<sup>-1</sup>·моль<sup>-1</sup>.
4. Вычислите изменение энергии Гиббса при сжатии от 1 атм до 3 атм при 298 К:  
а) одного моля жидкой воды;  
б) одного моля водяного пара (идеальный газ).

### БИЛЕТ 18.

1. Определите изменение внутренней энергии, количество теплоты и работу, совершаемую при обратимом изотермическом расширении азота от 0.5 до 4 м<sup>3</sup> (начальные условия: температура 26.8 °С, давление 93.2 кПа).
2. Стандартная энтальпия реакции



протекающей в открытом сосуде при температуре 1000 К, равна  $169 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$ . Чему равна теплота этой реакции, протекающей при той же температуре, но в закрытом сосуде?

3. Рассчитайте изменение энтропии при нагревании 11.2 л азота от 0 до 50 °С и одновременном уменьшении давления от 1 атм до 0.01 атм.

4. Изменение энергии Гиббса в результате испарения воды при 95 °С и 1 атм равно  $546 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}$ . Рассчитайте энтропию паров воды при 100 °С, если энтропия жидкой воды равна  $87.0 \text{ Дж}\cdot\text{К}^{-1}\cdot\text{моль}^{-1}$ . При каком давлении изменение энергии Гиббса в результате испарения воды будет равно 0 при 95 °С?

#### БИЛЕТ 19.

1. Один моль идеального газа, взятого при 25 °С и 100 атм, расширяется обратимо и изотермически до 5 атм. Рассчитайте работу, поглощенную теплоту,  $\Delta U$  и  $\Delta H$ .

2. Рассчитайте стандартную внутреннюю энергию образования жидкого бензола при 298 К, если стандартная энтальпия его образования равна  $49.0 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$ .

3. Один моль гелия при 100 °С и 1 атм смешивают с 0.5 моль неона при 0 °С и 1 атм. Определите изменение энтропии, если конечное давление равно 1 атм.

4. Изменение энергии Гиббса в результате испарения воды при 104 °С и 1 атм равно  $-437 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}$ . Рассчитайте энтропию паров воды при 100 °С, если энтропия жидкой воды равна  $87.0 \text{ Дж}\cdot\text{К}^{-1}\cdot\text{моль}^{-1}$ . При каком давлении изменение энергии Гиббса в результате испарения воды будет равно 0 при 104 °С?

#### БИЛЕТ 20.

1. Найти  $K_p$  реакции  $2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = \text{CH}_3\text{COCH}_3 + 3\text{H}_2 + \text{CO}$  при температуре 400 К методом Темкина-Шварцмана

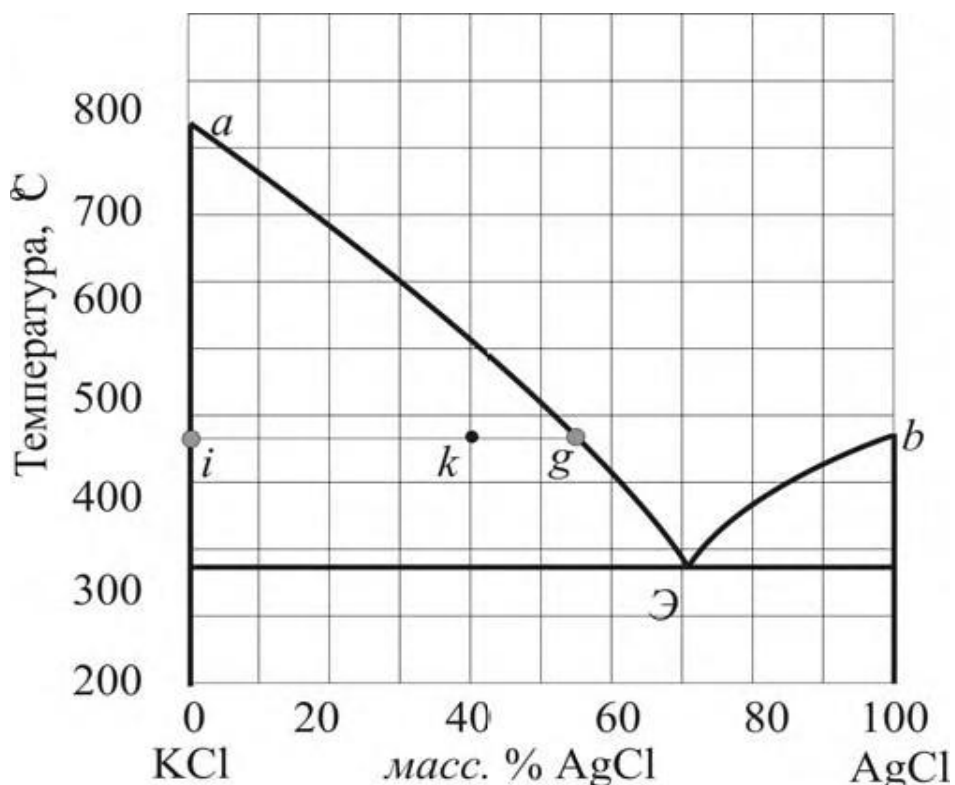
2. Реакция протекает в замкнутом сосуде при температуре  $T$ . Определить равновесные парциальные давления всех компонентов и исходное давление вещества  $A$ , если известно значение константы равновесия реакции термической диссоциации при данной температуре и общее равновесное давление смеси  $P$ .

Вещество А	Реакция	$K_p$	$P \cdot 10^{-4}$ , н/м <sup>2</sup>	T, К
H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O + 2H + O	$2,096 \cdot 10^{10}$	1,0133	4000

3. По диаграмме плавкости системы KCl–AgCl определить:

1) что представляет собой система, содержащая 60 мол. % KCl и 40 мол. % AgCl, при 800 °С;

2) при какой температуре начнется кристаллизация в этой системе;

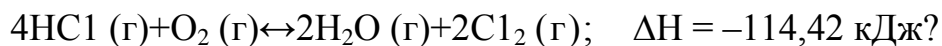


#### БИЛЕТ 21.

1. Теплоемкость. Взаимосвязь  $C_p$  и  $C_v$
2. Физический смысл энтропии. Изменение энтропии для необратимых процессов.
3. Уменьшается или увеличивается энтропия при переходах: а) воды в пар; б) графита в алмаз? Почему? Вычислите  $\Delta S^\circ_{298}$  для каждого превращения. Сделайте вывод о количественном изменении энтропии при фазовых и аллотропических превращениях.

#### БИЛЕТ 22.

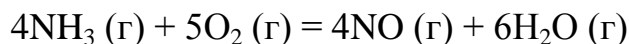
1. Абсолютная энтропия. Расчет изменения энтропии в различных процессах
2. Общие понятия растворов. Способы выражения концентраций растворов.
3. При какой температуре наступит равновесие системы



Что в этой системе является более сильным окислителем: хлор или кислород и при каких температурах?

### БИЛЕТ 23.

1. Закон Рауля для идеальных и предельно разбавленных растворов. Следствия закона Рауля. Криоскопические и эбуллиоскопические свойства раствора
2. Методы экспериментального изучения электропроводности растворов электролитов.
3. Определите  $\Delta G^\circ_{298}$  реакции, протекающей по уравнению



Вычисления сделайте на основании стандартных теплот образования и абсолютных стандартных энтропии соответствующих веществ. Возможна ли эта реакция при стандартных условиях?

### БИЛЕТ 24.

1. Уравнения состояния. Уравнение состояния идеального газа.
2. Процессы в термодинамике и их характеристики.
3. Вычислите энтальпию и напишите термохимическое уравнение реакции горения одного моля этана  $\text{C}_2\text{H}_6 (\text{г})$ , в результате которой образуются пары воды и диоксид углерода. Сколько теплоты выделится при сгорании  $1 \text{ м}^3$  этана в пересчете на нормальные условия?

---

### БИЛЕТ 25.

1. Общие представления об электролитах. Сильные и слабые электролиты. Закон разведения Оствальда.
2. Активность электролитов, коэффициент активности, ионная сила раствора.
3. Вычислите изменение энтропии в результате реакции образования аммиака из азота и водорода. При расчете можно исходить из  $\Delta S^\circ_{298}$  соответствующих газов, так как  $\Delta S$  с изменением температуры изменяется незначительно. Чем можно объяснить отрицательные значения  $\Delta S$ ?

### БИЛЕТ 26.

1. Свойства растворов. Основные формулы.
2. Применяя принцип Ле Шателье, укажите, в каком направлении произойдет смещение равновесия системы:  
 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ ,  $\Delta H = +2,85 \text{ кДж}$ , если: а) увеличить концентрацию водорода, б) понизить температуру, в) понизить концентрацию  $\text{CO}_2$ . Ответ обосновать.
3. Вычислите температуру кристаллизации раствора мочевины  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ , содержащего 5 г мочевины в 150 г воды. Криоскопическая константа воды 1,86 град.

### БИЛЕТ 27.

1. Термодинамика растворов электролитов. Общие представления об электролитах.
  2. Второй и третий закон термодинамики. Определение. Уравнения.
  3. Раствор, содержащий 25,65 г некоторого неэлектролита в 300 г воды, кристаллизуется при  $-0,465^{\circ}\text{C}$ . Вычислите молекулярную массу растворенного вещества. Криоскопическая константа воды 1,86 град.
- 

#### БИЛЕТ 28.

1. Нулевой закон термодинамики.
2. Способы выражения концентрации растворов.
3. Чем можно объяснить, что при стандартных условиях невозможна экзотермическая реакция, протекающая по уравнению:

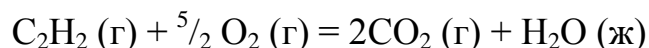


Зная тепловой эффект реакции и абсолютные стандартные энтропии соответствующих веществ, определите  $\Delta G^{\circ}298$  этой реакции.

---

#### БИЛЕТ 29.

1. Понятие Фаза. Правило фаз Гиббса
2. Аналитические выражения второго закона термодинамики. Физический смысл энтропии
3. Реакция горения ацетилена идет по уравнению:



Вычислите  $\Delta G^{\circ}298$  и  $\Delta S^{\circ}298$  и объясните уменьшение энтропии в результате этой реакции.

#### БИЛЕТ 30.

1. Понятие химического сродства. Следствия из третьего закона термодинамики. Условие термодинамического равновесия между фазами
2. Электропроводность. Вязкость. Основные зависимости, формулы, единицы измерения.
3. Напишите выражение для константы равновесия гомогенной системы  $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \leftrightarrow 2\text{CO} + 2\text{H}_2$ . Как следует изменить температуру и давление, чтобы повысить выход водорода? Прямая реакция образования водорода эндотермическая.

Оценивание результатов обучения в форме уровня сформированности элементов компетенций проводится путем контроля во время промежуточной аттестации в форме экзамена:

а) оценка «отлично» – компетенция(и) или ее часть(и) сформированы полностью на продвинутом уровне;

б) оценка «хорошо» – компетенция(и) или ее часть(и) сформированы на повышенном уровне;

в) оценка «удовлетворительно» - компетенция(и) или ее часть(и) сформированы на пороговом уровне;

г) оценка «неудовлетворительно» - компетенция(и) или ее часть(и) не сформированы.

Критерии, на основе которых выставляются оценки при проведении текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в табл. 1.

Оценка «неудовлетворительно» ставятся также в случаях, если обучающийся не приступал к выполнению задания, а также при обнаружении следующих нарушений:

- списывание;
- плагиат;
- фальсификация данных и результатов работы.

Таблица 1 – Критерии выставления оценок при проведении текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки	Оценка	Критерий выставления оценки
Пятибалльная шкала	отлично	Обучающийся ответил на все теоретические вопросы и решил все задания. Показал знания в рамках учебного материала, в том числе и по заданиям СРС. Выполнил практические и лабораторные задания. Показал высокий уровень умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в расширенных рамках учебного материала.
	хорошо	Обучающийся ответил на большую часть теоретических вопросов и решил большую часть заданий. Показал знания в узких рамках учебного материала. Выполнил практические и лабораторные задания с допустимой погрешностью. Показал хороший уровень умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала.
	удовлетворительно	Обучающиеся при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий и лабораторных работ, продемонстрировал низкий уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы были допущены неправильные ответы

	неудовлетворительно	Обучающиеся при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий и лабораторных работ, продемонстрировал крайне низкий уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов
--	---------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 2.3. Итоговая диагностическая работа по дисциплине

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ПРАКТИКЕ

Компетенции<sup>1</sup>:

Номер задания	Правильный ответ *	Содержание вопроса	Компетенция	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1.	Теплоемкость численно равна количеству теплоты, которое необходимо подвести к системе, чтобы повысить её температуру на один градус.	Чему численно равна теплоемкость?	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub> Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, основываясь на знании основных законов физической химии (химической термодинамики, химической кинетики, фазовых равновесий, электрохимии).
2.	<i>Среднюю теплоёмкость</i> системы в интервале температур $T_1 - T_2$ вычисляют по уравнению:	Как рассчитывают среднюю теплоемкость? Приведите формулу.	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>

<sup>1</sup> Перечислить все компетенции, формируемые учебной дисциплиной

Номер задания	Правильный ответ *	Содержание вопроса	Компетенция	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	$C_{\text{эф}} = \frac{Q}{T_2 - T_1} = \frac{Q}{\Delta T}$ <p>где <math>Q</math> – количество теплоты, необходимое для повышения температуры системы от <math>T_1</math> до <math>T_2</math>.</p>			
3.	– 1300 кДж	Вычислить теплоту сгорания ацетилена из следующего уравнения: $2\text{C}_2\text{H}_2(\text{г}) + 5\text{O}_2(\text{г}) = 4\text{CO}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж}); \quad \Delta H_{\text{х.р.}} = - 2600 \text{ кДж}$	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>
4.	макросистемы, отделенные от окружающего пространства реальной или мыслимой поверхностью	Что является объектом изучения термодинамики?	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>
5.	открытой	Система, которая может обмениваться с окружающей средой энергией и веществом называется....	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>
6.	температура и давление.	К интенсивным термодинамическим свойствам, не зависящим от количества вещества относятся ....	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>

Номер задания	Правильный ответ *	Содержание вопроса	Компетенция	Код и наименование индикатора достижения компетенции
7.	количеством теплоты, работой и внутренней энергией	Первый закон термодинамики устанавливает связь между..., и...	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>
8.	От температуры, физического состояния вещества и занимаемого объема	От чего зависит внутренняя энергия реального газа?	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>
9.	функциями процесса	Теплота $Q$ и работа $W$ являются...	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>
10	Энтальпии, внутренней энергии	В изобарном процессе теплота процесса равна изменению....., в изохорном процессе теплота процесса равна изменению.....	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>
11	1) $\Delta H$ 2) $\Delta U$	Какой величиной определяется самопроизвольность процесса при данных условиях 1) При $S, P = \text{const}$ в открытой системе 2) При $S, V = \text{const}$ в открытой системе	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>

Номер задания	Правильный ответ *	Содержание вопроса	Компетенция	Код и наименование индикатора достижения компетенции
12	1) $\Delta F = 0$ 2) $\Delta U = 0$ 3) $\Delta H = 0$	1) Что указывает на равновесие системы при данных условиях <b>При <math>V, T = \text{const}</math></b> 2) Когда сохраняется равновесие при данных условиях <b>В открытой системе при <math>S, V = \text{const}</math></b> 3) Когда сохраняется равновесие при данных условиях <b>В открытой системе при <math>S, P = \text{const}</math></b>	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>
13	Энергии Гиббса	Какой частной производной равен химический потенциал данного вещества при данных условиях <b>При <math>P, T = \text{const}</math></b>	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>
14	Активности веществ	Что должно входить в выражение константы равновесия для реальных растворов	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>
15	$\Delta H > 0$	Для данного термохимического уравнения определить знак изменения энтальпии $2C(г) + H_2(г) = C_2H_2(г) - 129,64 \text{ кДж/моль}$ :	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>
16	1) Энергии Гельмгольца; 2) Теплового эффекта реакции	Для каких расчетов используется уравнение Кирхгофа	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>

Номер задания	Правильный ответ *	Содержание вопроса	Компетенция	Код и наименование индикатора достижения компетенции
17	$\frac{d(\Delta H)}{dT} = \Delta C_p$	Запишите уравнение Кирхгофа в дифференциальной форме	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>
18	Величиной теплового эффекта	Чем определяется степень смещения равновесия для уравнения изобары?	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>
19	В сторону обратной реакции	Для данного уравнения определить в какую сторону смещается экзотермическая реакция с ростом температуры Уравнение изобары $\frac{\partial \ln K_p}{\partial T} = \frac{\Delta H^0}{RT^2}$	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>
20	1) $P'_{A_1} = P'_{A_2} = P'_{B_1} = P'_{B_2} = 1 \text{ атм}$	При каких условиях для реакции $a_1A_1 + a_2A_2 = v_1B_1 + v_2B_2$ уравнение изотермы приобретает вид $\Delta G^0 = -RT \ln K_p$ 1) $P'_{A_1} = P'_{A_2} = P'_{B_1} = P'_{B_2} = 1 \text{ атм}$ 2) $P'_{A_1} \neq P'_{A_2} \neq P'_{B_1} \neq P'_{B_2}$ 3) $P'_{A_1} = P'_{A_2} = P'_{B_1} = P'_{B_2}$	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>
21	1) $\Delta G \ll 0$	При каком изменении энергии Гиббса реакция осуществима в любых условиях для данного уравнения $\Delta G^0 = -RT \ln K_p$ 1) $\Delta G \ll 0$ 2) $\Delta G \gg 0$ 3) $\Delta G = 0$	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>

Номер задания	Правильный ответ *	Содержание вопроса	Компетенция	Код и наименование индикатора достижения компетенции
22	1) $\Delta G^0 = -RT \ln K_p$	<p>Укажите, какой вид при стандартных условиях имеет уравнение изотермы</p> <p>1) <math>\Delta G^0 = -RT \ln K_p</math>  2) <math>\Delta G = \Delta H + T \left( \frac{\partial \Delta G}{\partial T} \right)_p</math>  3) <math>\frac{\partial \ln K_p}{\partial T} = \frac{\Delta H^0}{RT^2}</math></p>	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>
23	1) $\Delta G^0 = \Delta H^0 + T \left( \frac{\partial \Delta G^0}{\partial T} \right)_p$	<p>Укажите уравнение Гиббса – Гельмгольца</p> <p>1) <math>\Delta G^0 = \Delta H^0 + T \left( \frac{\partial \Delta G^0}{\partial T} \right)_p</math>  2) <math>\Delta G^0 = -RT \ln K_p</math>  3) <math>\frac{\partial \ln K_p}{\partial T} = \frac{\Delta H^0}{RT^2}</math></p>	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>
24	1) Гетерогенной и имеет две фазы	<p>Какой является система, состоящая из жидкой воды и нескольких кусков льда</p> <p>1) Гетерогенной и имеет две фазы  2) Гомогенной и однофазной  3) Гетерогенной и однофазной</p>	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>
25	1) Система из жидкой воды и водяного	Неверным является следующее утверждение:	ОПК-1	ИД-5 <sub>ОПК-1</sub>

Номер задания	Правильный ответ *	Содержание вопроса	Компетенция	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	пара состоит из одной фазы	1) Система из жидкой воды и водяного пара состоит из одной фазы 2) Раствор соли в воде с осадком этой соли представляет собой двухфазную систему 3) Раствор двух солей в воде является однофазной системой		