

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Экономика и управление на предприятиях  
теплоэнергетики**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Физическая химия**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тютрина С.В.
	Идентификатор	Rdd5d33df-TiutrinaSvV-6189c802

(подпись)

С.В. Тютрина

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Никифорова Д.В.
	Идентификатор	Redb9b109-KhitrovaDV-bd905102

(подпись)

Д.В.  
Никифорова

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Курдюкова Г.Н.
	Идентификатор	R6ab6dd0d-KurdiukovaGN-ca01d8d

(подпись)

Г.Н.  
Курдюкова

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен участвовать в проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники

ИД-5 Выполняет эксперименты и расчеты по физико-химическим параметрам, характеристикам и условиям эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Общие свойства растворов, осмотическое давление, закон Рауля (Расчетно-графическая работа)

2. Расчет термодинамических параметров химической реакции с помощью высокотемпературных составляющих энтальпии. Термодинамические параметры химического процесса. Теплота сгорания топлива (Расчетно-графическая работа)

3. Химический состав воды. Расчет жесткости воды, методы ее умягчения (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторных работ (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	10	14
Элементы молекулярно-кинетической теории газов. Основные понятия и свойства двухкомпонентных систем					
Элементы молекулярно-кинетической теории газов. Основные понятия и свойства двухкомпонентных систем	+			+	
Основные понятия и положения химической термодинамики. Основные понятия химической кинетики.					
Основные понятия и положения химической термодинамики. Основные понятия химической кинетики.		+		+	
Химическое равновесие. Физическая адсорбция. Условия фазового равновесия.					
Химическое равновесие. Физическая адсорбция. Условия фазового равновесия.			+	+	
Сильные электролиты. Понятие кондуктометрии, виды кондуктометрии.					

Сильные электролиты. Понятие кондуктометрии, виды кондуктометрии.				+
Вес КМ:	15	35	25	25

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-5 <sub>ПК-1</sub> Выполняет эксперименты и расчеты по физико-химическим параметрам, характеристикам и условиям эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники	Знать: основные источники научно-технической информации по основным вопросам физической химии, теплоэнергетики и теплотехники, терминологию предмета физической химии для умения логически верно и ясно строить аргументацию для демонстрации базовых знания в области естественнонаучных дисциплин и профессиональной деятельности) фундаментальные представления о физико-химических процессах, использовать данные знания в термодинамических расчетах, направленных на	Общие свойства растворов, осмотическое давление, закон Рауля (Расчетно-графическая работа) Расчет термодинамических параметров химической реакции с помощью высокотемпературных составляющих энтальпии. Термодинамические параметры химического процесса. Теплота сгорания топлива (Расчетно-графическая работа) Химический состав воды. Расчет жесткости воды, методы ее умягчения (Расчетно-графическая работа) Защита лабораторных работ (Лабораторная работа)

		<p>выбор оптимальных характеристик энергетических систем и установок. Основные закономерности равновесной термодинамики однокомпонентных и многокомпонентных систем, используемых при принятии и обосновании оптимальных технических решений по подбору материалов;</p> <p>принципы электрохимических процессов, применительно к условиям эксплуатации элементов автономных энергетических систем и теплоэнергетических установок</p> <p>основные свойства коллоидных и дисперсных систем, процессов адсорбции и закономерностей нарушения их агрегативной устойчивости при выборе оптимальных технологий и схем производства автономных энергетических систем</p>	
--	--	--	--

		<p>Уметь: выполнять термохимические расчеты физико-химических процессов теплоэнергетики и теплотехники; проводить лабораторные исследования и на их основе выполнять расчеты химического равновесия и анализ фазовых равновесий выполнять расчет кинетических характеристик процессов для выбора оптимальных параметров работы теплоэнергетических и теплотехнических систем использовать программы обработки экспериментальных данных полученных на современном лабораторном оборудовании для оценки, прогнозирования и оптимизация физико- химических процессов теплоэнергетики и теплотехники обращаться с химическими</p>	
--	--	---	--

		<p>веществами, приборами, оборудованием с соблюдением техники безопасности использовать справочную литературу для проведения физико-химических экспериментальных исследований, направленных на выбор оптимальной защиты элементов, узлов и агрегатов теплоэнергетических и теплотехнических систем от коррозии и разрушений</p>	
--	--	---	--



## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Общие свойства растворов, осмотическое давление, закон Рауля

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется в форме домашнего задания

#### Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на проверку знаний в области физических параметров растворов

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные источники научно-технической информации по основным вопросам физической химии, теплоэнергетики и теплотехники, терминологию предмета физической химии для умения логически верно и ясно строить аргументацию для демонстрации базовых знания в области естественнонаучных дисциплин и профессиональной деятельности)	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Рассчитать массовую долю <math>\omega, \%</math> данного вещества в водном растворе с заданной молярной концентрацией.</li><li>2. Определять осмотическое давление водного раствора данного вещества в разных температурных интервалах, уметь делать выводы по расчетам.</li><li>3. Оценить изменение давления насыщенного водяного пара над водным раствором данного вещества при различных условиях.</li><li>4. Использовать выводы из закона Рауля для расчета температур кипения и температур замерзания водного раствора данного вещества.</li></ol>
--	--

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### КМ-2. Расчет термодинамических параметров химической реакции с помощью высокотемпературных составляющих энтальпии. Термодинамические параметры химического процесса. Теплота сгорания топлива

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 35**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется в форме домашнего задания

**Краткое содержание задания:**

Работа ориентирована на проверку знаний в области химической термодинамики и кинетики

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные свойства коллоидных и дисперсных систем, процессов адсорбции и закономерностей нарушения их агрегативной устойчивости при выборе оптимальных технологий и схем производства автономных энергетических систем	1. Выполнить: для данной реакции определите значения $\Delta_r G_o(T)$ , $\Delta_r H_o(T)$ , $\Delta_r S_o(T)$ , $K_p(T)$ и $K_c(T)$ .
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### **КМ-3. Химический состав воды. Расчет жесткости воды, методы ее умягчения**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 25**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется в форме домашнего задания

**Краткое содержание задания:**

Работа ориентирована на проверку знаний в области химии воды и методов умягчения воды

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: принципы электрохимических процессов, применительно к условиям эксплуатации элементов автономных энергетических систем и теплоэнергетических	1. Выполнить: расчет жесткости $J_o$ , $J_k$ , $J_{нк}$ , солесодержание, рН исходной природной воды. 2. Рассчитать а) изменение вес осадка после термического умягчения воды; б) жесткость, солесодержание и рН воды после Н-
---	---

установок	катионирования; в) жесткость, солесодержание и pH воды после Na-катионирования 3.Объяснить особенности каждого метода умягчения воды, показать достоинства и недостатки.
-----------	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-4. Защита лабораторных работ**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 25**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется в аудитории на лабораторном занятии

**Краткое содержание задания:**

Работа ориентирована на проверку знаний в области физической химии

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: фундаментальные представления о физико-химических процессах, использовать данные знания в термодинамических расчетах, направленных на выбор оптимальных характеристик энергетических систем и установок. Основные закономерности равновесной термодинамики однокомпонентных и многокомпонентных систем, используемых при принятии и обосновании оптимальных технических решений по подбору материалов;	1.Объясните процесс переноса примесей в пар для энергетического оборудования. 2.Как влияет на качество очистки воды от растворенных газов увеличение времени контакта обрабатываемой воды с воздухом, подаваемым в декарбонизатор? 3.Как влияет повышение площади поверхности раздела фаз на качество очистки воды от растворенных газов? Ответ обосновать. 4.Как влияет повышение температуры на качество очистки воды от растворенных газов? Ответ обосновать. 5. Каковы отличия модели изотермы Лэнгмюра и Темкина?
Уметь: выполнять расчет кинетических характеристик	1.Как изменяется щелочность воды при H-катионировании?

<p>процессов для выбора оптимальных параметров работы теплоэнергетических и теплотехнических систем</p>	<p>2. Можно ли воду, обработанную в Н-катионитном фильтре сразу направлять с систему ТЭС, или требуются дополнительные методы ее обработки? Ответ обоснуйте.</p>
<p>Уметь: выполнять термохимические расчеты физико-химических процессов теплоэнергетики и теплотехники;</p>	<p>1. Как влияет перемешивание на качество коагуляции? 2. Как изменяется концентрация <math>\text{CO}_2</math> при коагуляции природной воды? 3. Как изменяется жесткость воды при Н-катионировании? Напишите уравнения процессов при обработке воды в Н-катионитном фильтре.</p>
<p>Уметь: использовать программы обработки экспериментальных данных полученных на современном лабораторном оборудовании для оценки, прогнозирования и оптимизация физико-химических процессов теплоэнергетики и теплотехники</p>	<p>1. Изменяется ли жесткость воды при коагуляции? 2. При каких значениях рН лучше проводить коагуляцию раствором <math>\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3</math>? 3. Как влияет температура на качество коагуляции?</p>
<p>Уметь: использовать справочную литературу для проведения физико-химических экспериментальных исследований, направленных на выбор оптимальной защиты элементов, узлов и агрегатов теплоэнергетических и теплотехнических систем от коррозии и разрушений</p>	<p>1. Какие соединения количественно связывают <math>\text{O}_2</math>, растворенный в воде в ходе анализа? Составьте уравнения реакций. 2. Составьте уравнения реакций, протекающих при титровании анализируемого раствора иодидом калия в кислой среде. 3. Какая реакция протекает при титровании свободного иода раствором тиосульфата натрия? 4. Какими ионами характеризуется показатель качества природной воды «жесткость»? 5. С какой целью применяется известкование природной воды? 6. Какие реагенты применяются для известкования воды? Напишите уравнения процессов. 7. Как влияет температура на качество известкования? 8. Как влияет перемешивание на качество известкования? 9. С какой целью применяется коагуляция природной воды?</p>
<p>Уметь: обращаться с химическими веществами, приборами, оборудованием с соблюдением техники безопасности</p>	<p>1. Дайте характеристику структуры электронных оболочек молекулы <math>\text{H}_2\text{O}</math>, положительного и отрицательного молекулярных ионов <math>\text{H}_2\text{O}</math>. 2. Чем вызвана необходимость контролировать содержание <math>\text{O}_2</math>? 3. Напишите уравнение коррозии железа с кислородной деполяризацией. Каков механизм воздействия кислорода на металл? 4. Как изменяется водородный показатель воды после Н-катионирования? 5. Каким раствором производится регенерация Н-катионитного фильтра? 6. Какой технологический показатель качества воды называют жесткостью?</p>

	<p>7. <b>Какими параметрами характеризуется адсорбционное равновесие?</b></p> <p>8. <b>Изменяется ли химический потенциал адсорбата при адсорбции?</b></p> <p>9. <b>Как изменяется энтропия в процессе десорбции?</b></p> <p>10. <b>Изменяются ли, а если изменяется, то как, константа равновесия адсорбции с ростом температуры?</b></p> <p>11. <b>Каковы основные ограничения модели изотермы адсорбции Лэнгмюра?</b></p>
<p>Уметь: проводить лабораторные исследования и на их основе выполнять расчеты химического равновесия и анализ фазовых равновесий</p>	<p>1. <b>Дайте характеристику структуры электронных оболочек молекулы O<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>, положительного и отрицательного молекулярных ионов O<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>.</b></p> <p>2. <b>В каких единицах выражается жесткость?</b></p> <p>3. <b>Как определяют общую жесткость воды?</b></p> <p>4. <b>В чем заключается отличие карбонатной и некарбонатной жесткости?</b></p> <p>5. <b>Какие реагенты используют при умягчении воды методом осаждения? Какие реакции протекают?</b></p> <p>6. <b>Перечислите основные показатели фазового равновесия. Какова взаимосвязь изобарно-изотермического потенциала, химического потенциала и произведения растворимости при фазовом равновесии?</b></p> <p>7. <b>Как изменяется потенциал данного компонента при его самопроизвольном переходе из фазы I в фазу II?</b></p> <p>8. <b>Как выглядит уравнение правила фаз Гиббса для одно-, двух- и трехкомпонентной системы?</b></p> <p>9. <b>Сформулируйте принципы смещения фазового равновесия.</b></p> <p>10. <b>Что понимают под процессом адсорбции?</b></p> <p>11. <b>Каковы основные термодинамические показатели процесса адсорбции?</b></p> <p>12. <b>В чем заключаются основные отличия физической и химической адсорбции?</b></p>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 6 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

1. Определите количество энергии, необходимое для образования 0,2 молей озона в фотохимической реакции:  
 $3O_2 = 2O_3$ ,  
если  $\lambda = 297$  нм и квантовый выход  $\gamma = 3$ . Определите скорость реакции, если реакция проходит в объеме 0,1 м<sup>3</sup> за 10 секунд.
2. Константа скорости (постоянная распада) урана  $^{235}U$  равна  $9.8 \cdot 10^{-10}$  год<sup>-1</sup>. Вычислите время полупревращения (период полураспада)  $^{235}U$ . Сколько граммов урана подвергнется распаду в течение 100 секунд при его начальной массе 2,5 мг?
3. Фазовая диаграмма состояния H<sub>2</sub>O. Правило фаз Гиббса для однокомпонентной системы.
4. Химический состав поверхностных и подземных природных вод. Загрязнение природных водоемов промышленными стоками.
5. Обработка воды методом ионного обмена. Основные закономерности ионного обмена.

### Процедура проведения

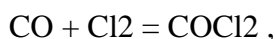
Проводится в письменной форме по билетам

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-5<sub>ПК-1</sub> Выполняет эксперименты и расчеты по физико-химическим параметрам, характеристикам и условиям эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники

### Вопросы, задания

1. Каковы критерии равновесия и самопроизвольного протекания химических процессов в открытых, закрытых и изолированных системах?
2. Рассмотреть возможность образования молекулярных частиц H<sub>2</sub> и B<sub>2</sub> по методу МО. Постройте энергетические диаграммы молекулярных орбиталей, определите порядок связи в молекулах.
3. Механизмы фотохимических реакций. Возможно ли протекание реакции под воздействием светового излучения, если  $\Delta_r G > 0$ ?
4. Для реакции:  $2CO + O_2 = 2CO_2$   
определите изменения стандартных величин энергии Гиббса при T = 298 К и T = 500 К без учета температурной зависимости энтальпии и энтропии, а также на основании величин приведенных энергий Гиббса. Сделайте выводы по полученным результатам.
5. Требования к качеству природной воды, обрабатываемой мембранными способами перед подачей воды в ТЭС.
6. Изменение химического состава воды при коагуляции. Приведите принципиальные технологические схемы коагуляционных установок.
7. Характеристические функции. Максимально полезная работа. Покажите, что энергия Гиббса является характеристической функцией.
8. Рассчитайте квантовый выход газофазной реакции



если при облучении реагентов источником с длиной волны 400 нм получено 0,1 кг фосгена ( $\text{COCl}_2$ ) и количество поглощенной энергии равно 300 кДж.

9. Вывод и анализ уравнения Клапейрона-Клаузиуса для фазового перехода:  $\text{H}_2\text{O пар} \rightarrow \text{H}_2\text{O жидк}$ .

10. Обратный осмос. Применение обратного осмоса при водоподготовке

11. Предварительная очистка воды. Физико-химические процессы, протекающие в воде при коагуляции.

12. Дайте определение термодинамически обратимого процесса. Перечислите критерии равновесия и самопроизвольного протекания процессов.

13. Гетерогенный катализ. Влияние диффузии и адсорбции на кинетику гетерогенных реакций. Определите энергию активации диффузии  $E_D$  в Дж/моль азота и коэффициент диффузии  $D$  в  $\text{см}^2/\text{сек}$  азота при  $T=323 \text{ K}$ , если при температурах 293 K и 353 K, коэффициенты диффузии соответственно равны 0,221  $\text{см}^2/\text{сек}$  и 0,287  $\text{см}^2/\text{сек}$ .

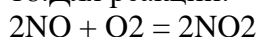
14. По методу МО ЛКАО установите возможность образования молекулярной частицы  $\text{NO}$  и аниона  $\text{NO}^-$ . Почему анион  $\text{NO}^-$  обладает повышенной донорной способностью?

15. С какой целью проводится известкование воды для ТЭС? Приведите химические реакции, протекающие при известковании воды.

16. Технологические показатели качества воды: жесткость, щелочность, pH, окисляемость, концентрация ионов, концентрация грубодисперсных примесей, сухой остаток, электропроводность.

17. Дайте определение основных законов фотохимии. Что понимается под термином «квантовый выход»?

18. Для реакции:



определите изменения стандартных величин энергии Гиббса при  $T = 298 \text{ K}$  и  $T = 800 \text{ K}$  без учета температурной зависимости энтальпии и энтропии, а также на основании величин приведенных энергий Гиббса. Сделайте выводы по полученным результатам.

19. Очистка нефтесодержащих сточных вод.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Технология катионирования. Na-катионирование. H-катионирование.

Ответы:

В технологии воды для удаления определенных ионов из воды применяют два процесса: катионирование – удаление катионов. В зависимости от обменного иона

процессы и аппараты получают названия: H-катионирование, OH-анионирование и т.п. Соответственно называется и фильтрат, H-катионированная вода, OH-анионированная вода. Процесс Na-катионирования используется для умягчения воды, а процессы H- и OH-ионирования реализуются совместно в схемах обессоливания воды.

Верный ответ: Натрий-катионирование широко применяется для умягчения воды, т.е. удаления из нее катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  и имеет самостоятельное значение при подготовке воды малой щелочности для котлов низкого давления и подпитки теплосети. Катионит в данном случае находится в исходном состоянии в натриевой форме. При этом происходит удаление из воды ионов кальция и магния в обмен на эквивалентное количество ионов натрия. H-катионирование. Процесс H-катионирования занимает важное место в технологии обработки воды. Назначением H-катионирования является удаление всех катионов (кальция, магния, натрия) из воды с заменой их на ионы водорода. В кислом фильтрате ионы  $\text{HCO}_3^-$

нейтрализуются и трансформируются в молекулы CO<sub>2</sub>, удаляемого в декарбонизаторе. Все катионы, поступающие вместе с водой на фильтрующий слой, сорбируются в начале процесса в верхних участках этого слоя. Однако по мере срабатывания части слоя катионы, обладающие большей селективностью. Вытесняют сорбированные на этом участке катионы, обладающие меньшей сорбционной способностью и последние сорбируются на последующих по ходу воды участках фильтрующего слоя. Ближе к нижней границе слоя располагается зона поглощения ионов натрия. Таким образом, при ионировании одновременно с основным процессом происходит разрушение бикарбонатной щелочности воды, фильтрат приобретает кислотность. Второй период характеризуется временем после проскока ионов натрия в воду.

2. Определить стандартную константу равновесия  $K_0p$  для реакции  $3H_2 + N_2 = 2NH_3$ .

Ответы:

Рассчитаем стандартную константу равновесия этой реакции. Для этого:

- 1) Используя табличные данные для  $\Delta H_0^0$  отдельных веществ, вычислим, используя первое следствие из закона Гесса, стандартный тепловой эффект реакции при 0 К
- 2) Используя табличные данные для  $\Phi_0(T)$  отдельных веществ, вычислим  $\Delta\Phi_0(T)$  для температуры 773 К (используя приемы интерполяции)

Верный ответ:  $K_0p = 1,78 \cdot 10^{-5}$

3. Экспериментально установлено, что максимальная величина адсорбции ПАВ ( $M = 60$  г/моль) некоторым адсорбентом составляет  $5,0 \cdot 10^3$  моль/г. Величина  $K$  равна 0,06 моль/л. Какая масса (в граммах) вещества адсорбировалась двумя граммами данного адсорбента из раствора, если равновесная концентрация ПАВ стала равна 0,1 моль/л?

Ответы:

1. Рассчитываем величину адсорбции ПАВ по уравнению Лэнгмюра
2. Количество адсорбированного вещества на адсорбенте массой 2 г будет в 2 раза больше
3. Масса адсорбированного вещества будет равна

Верный ответ:  $m$  адсорбированного ПАВ равна 0,375 г.

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

## III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.