

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения текущей и промежуточной аттестации

по учебной дисциплине

**«Физико-химические основы обогащения полезных ископаемых»**

для направления подготовки 21.05.04 «Горное дело»  
Направленность программы: Специализация – Обогащение полезных  
ископаемых (для набора 2013)

# 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Форма обучения - очная

Наименование дисциплин	Семестры										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>ОПК-4</b> готовность с естественнонаучных позиций оценивать строение, химический и минеральный состав земной коры, морфологические особенности и генетические типы месторождений твердых полезных ископаемых при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала недр											
Б1.Б.9 Физика	+	+	+	+							
Б1.Б.10 Химия		+									
Б1.Б.14 Геология	+	+									
Б1.Б.15 Электротехника						+					
Б1.Б.24 Гидромеханика					+						
Б1.Б.30 Теплотехника							+				
Б1.Б.34 Физическая химия			+								
Б1.Б.35 Органическая химия					+						
Б1.Б.37 Физико-химические основы обогащения полезных ископаемых									+		
Б1.В.ОД.3 Исследование полезных ископаемых на обогатимость									+		
Б1.В.ОД.4 Технологическая минералогия								+			
Б1.В.ОД.8 Теория сепарационных процессов						+					
Б1.В.ДВ.4.1 Комплексное использование минерального сырья										+	
Б1.В.ДВ.4.2 Геолого-технологическая оценка минерального сырья										+	
Б2.У.1 Геологическая учебная практика		+									
Б3.ГЭ Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена											
Б3.ВКР Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты											
Этапы формирования компетенций	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Окончание таблицы											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>ПК-16</b> готовность выполнять экспериментальные и лабораторные исследования, интерпретировать полученные результаты, составлять и защищать отчеты											
Б1.Б.9 Физика	+	+	+	+							
Б1.Б.10 Химия		+									
Б1.Б.15 Электротехника						+					
Б1.Б.27 Основы горного дела, геотехнология строительная				+							
Б1.Б.28 Геомеханика								+			
Б1.Б.34 Физическая химия			+								
Б1.Б.35 Органическая химия					+						
Б1.Б.37 Физико-химические основы обогащения полезных ископаемых									+		
Б1.Б.42 Технология обогащения полезных ископаемых									+		
Б1.Б.43 Дробление, измельчение и подготовка минерального сырья к обогащению						+					
Б1.Б.44 Магнитные, электрические и специальные методы обогащения							+				
Б1.В.ОД.1 Гравитационные методы обогащения							+				
Б1.В.ОД.2 Флотационные методы обогащения								+			
Б1.В.ОД.3 Исследование полезных ископаемых на обогатимость									+		
Б1.В.ДВ.2.1 Технология обогащения руд цветных, редких и благородных металлов										+	
Б1.В.ДВ.3.1 Гидрометаллургическая переработка минерального сырья										+	
Б3.ГЭ Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена											
Б3.ВКР Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты											
Этапы формирования компетенций	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Форма обучения - заочная

Наименование дисциплин	Семестры											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>ОПК-4</b> готовность с естественнонаучных позиций оценивать строение, химический и минеральный состав земной коры, морфологические особенности и генетические типы месторождений твердых полезных ископаемых при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала недр												
Б1.Б.9 Физика	+	+	+	+								
Б1.Б.10 Химия		+										
Б1.Б.14 Геология		+	+									
Б1.Б.15 Электротехника						+						
Б1.Б.24 Гидромеханика					+							
Б1.Б.30 Теплотехника								+				
Б1.Б.34 Физическая химия							+					
Б1.Б.35 Органическая химия								+	+			
Б1.Б.37 Физико-химические основы обогащения полезных ископаемых												+
Б1.В.ОД.3 Исследование полезных ископаемых на обогатимость												+
Б1.В.ОД.4 Технологическая минералогия											+	
Б1.В.ОД.8 Теория сепарационных процессов							+					
Б1.В.ДВ.4.1 Комплексное использование минерального сырья												+
Б1.В.ДВ.4.2 Геолого-технологическая оценка минерального сырья												+
Б2.У.1 Геологическая учебная практика		+										
Б3.ГЭ Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена												
Б3.ВКР Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты												
Этапы формирования компетенций	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10	11
<b>ПК-16</b> готовность выполнять экспериментальные и лабораторные исследования, интерпретировать полученные результаты, составлять и защищать отчеты												
Б1.Б.9 Физика	+	+	+	+								

Окончание таблицы												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Б1.Б.10 Химия		+										
Б1.Б.15 Электротехника						+						
Б1.Б.27 Основы горного дела, геотехнология строительная								+				
Б1.Б.28 Геомеханика								+				
Б1.Б.34 Физическая химия							+					
Б1.Б.35 Органическая химия								+	+			
Б1.Б.37 Физико-химические основы обогащения полезных ископаемых											+	
Б1.Б.42 Технология обогащения полезных ископаемых										+		
Б1.Б.43 Дробление, измельчение и подготовка минерального сырья к обогащению							+					
Б1.Б.44 Магнитные, электрические и специальные методы обогащения									+			
Б1.В.ОД.1 Гравитационные методы обогащения							+					
Б1.В.ОД.2 Флотационные методы обогащения									+			
Б1.В.ОД.3 Исследование полезных ископаемых на обогатимость											+	
Б1.В.ДВ.2.1 Технология обогащения руд цветных, редких и благородных металлов											+	
Б1.В.ДВ.3.1 Гидрометаллургическая переработка минерального сырья											+	
Б3.ГЭ Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена												
Б3.ВКР Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты												
Этапы формирования компетенций	1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	11

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

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация обучающихся проводятся в целях установления соответствия достижений обучающихся поэтапным требованиям образовательной программы к результатам обучения и формирования компетенций.

### 2.1 Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования (промежуточная аттестация)

Компетенции	Показатели	Критерии в соответствии с уровнем освоения ОП			Оценочное средство
		пороговый (удовлетворительно) 55-69 баллов	стандартный (хорошо) 70-84 балла	эталонный (отлично) 85-100 баллов	
1	2	3	4	5	6
ОПК-4	Знать	Имеет общее представление о необходимости профессионального развития, расширения кругозора, обновления знаний и готовности к постоянному саморазвитию в сфере оценки строения, химического и минерального состава земной коры, морфологических особенностей полезных ископаемых с позиций физико-химических основ их обогащения.	Понимает необходимость профессионального развития, расширения кругозора, обновления знаний и готовности к постоянному саморазвитию в сфере оценки строения, химического и минерального состава земной коры, морфологических особенностей полезных ископаемых с позиций физико-химических основ их обогащения.	Имеет глубокие знания о необходимости профессионального развития, расширения кругозора, обновления знаний и постоянному саморазвитию в сфере оценки строения, химического и минерального состава земной коры, морфологических особенностей полезных ископаемых с позиций физико-химических основ их обогащения.	Собеседование
	Уметь	Умеет развивать свою квалификацию и мастерство в группе исполнителей в сфере оценки строения, химического и минерального состава земной коры, морфологических особенностей полезных ископаемых с позиций физико-химических основ их обогащения.	Умеет развивать свою квалификацию и мастерство при консультационной поддержке в сфере оценки строения, химического и минерального состава земной коры, морфологических особенностей полезных ископаемых с позиций физико-химических основ их обогащения.	Умеет самостоятельно развивать свою квалификацию и мастерство в сфере оценки строения, химического и минерального состава земной коры, морфологических особенностей полезных ископаемых с позиций физико-химических основ их обогащения.	Задачи, собеседование

Продолжение таблицы					
1	2	3	4	5	6
ОПК-4	Владеть	Владеет навыками саморазвития и самосовершенствования в сфере оценки строения, химического и минерального состава земной коры, морфологических особенностей полезных ископаемых с позиций физико-химических основ их обогащения.	Владеет навыками постоянного саморазвития и самосовершенствования в сфере оценки строения, химического и минерального состава земной коры, морфологических особенностей полезных ископаемых с позиций физико-химических основ их обогащения.	Владеет навыками саморазвития и умело их использует для повышения профессионального роста в сфере оценки строения, химического и минерального состава земной коры, морфологических особенностей полезных ископаемых с позиций физико-химических основ их обогащения.	Задачи
ПК-16	Знать	Имеет общее представление о необходимости профессионального развития, расширения кругозора, обновления знаний и готовности к постоянному саморазвитию в сфере экспериментальных и лабораторных исследований, интерпретации полученных результатов с учетом физико-химических основ обогащения полезных ископаемых, грамотного составления и защиты отчетов.	Понимает необходимость профессионального развития, расширения кругозора, обновления знаний и готовности к постоянному саморазвитию в сфере экспериментальных и лабораторных исследований, интерпретации полученных результатов с учетом физико-химических основ обогащения полезных ископаемых, грамотного составления и защиты отчетов.	Имеет глубокие знания о необходимости профессионального развития, расширения кругозора, обновления знаний и постоянного саморазвития в сфере экспериментальных и лабораторных исследований, интерпретации полученных результатов с учетом физико-химических основ обогащения полезных ископаемых, грамотного составления и защиты отчетов.	Собеседование
	Уметь	Умеет развивать свою квалификацию и мастерство в группе исполнителей в сфере выполнения экспериментальных и лабораторных исследований, интерпретации полученных результатов с учетом физико-химических основ обогащения полезных ископаемых, грамотного составления и защиты отчетов.	Умеет развивать свою квалификацию и мастерство при консультационной поддержке в сфере выполнения экспериментальных и лабораторных исследований, интерпретации полученных результатов с учетом физико-химических основ обогащения полезных ископаемых, грамотного составления и защиты отчетов.	Умеет самостоятельно развивать свою квалификацию и мастерство в сфере выполнения экспериментальных и лабораторных исследований, интерпретации полученных результатов с учетом физико-химических основ обогащения полезных ископаемых, грамотного составления и защиты отчетов.	Собеседование, задачи

Окончание таблицы					
1	2	3	4	5	6
ПК-16	Владеть	Владеет навыками саморазвития и совершенствования в сфере проведения экспериментальных и лабораторных исследований, интерпретации полученных результатов с учетом химических основ обогащения полезных ископаемых, грамотного составления и защиты отчетов.	Владеет навыками постоянного саморазвития и совершенствования в сфере проведения экспериментальных и лабораторных исследований, интерпретации полученных результатов с учетом химических основ обогащения полезных ископаемых, грамотного составления и защиты отчетов.	Владеет навыками саморазвития и умело их использует для профессионального роста в сфере проведения экспериментальных и лабораторных исследований, интерпретации полученных результатов с учетом химических основ обогащения полезных ископаемых, грамотного составления и защиты отчетов.	Задачи

## 2.2. Критерии и шкалы оценивания результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости

Текущий контроль предназначен для проверки хода и качества формирования компетенций, стимулирования учебной работы обучаемых и совершенствования методики освоения новых знаний. Он обеспечивается проведением семинаров, оцениванием контрольных заданий, проверкой конспектов лекций, выполнением индивидуальных и творческих заданий, периодическим опросом обучающихся на занятиях. Контролируемые разделы (темы) дисциплины, компетенции и оценочные средства представлены в таблице.

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Системы твердое тело-растворитель: химические основы выщелачивания	ОПК-4; ПК-16	<i>Собеседование; лабораторные работы; задачи, доклад</i>
2	Твердые вещества: химическое строение и активное состояние	ПК-16	<i>Собеседование; лабораторные работы</i>
3	Термодинамика поверхностных явлений	ОПК-4; ПК-16	<i>Собеседование; лабораторные работы; задачи, доклад</i>
4	Межфазовые взаимодействия	ОПК-4; ПК-16	<i>Собеседование; лабораторные работы; задачи, доклад</i>
5	Физико-химические основы флотации	ОПК-4; ПК-16	<i>Собеседование; лабораторные работы; задачи</i>

### **Критерии оценивания лабораторной работы**

Оценка	Критерий оценки
«зачтено»	<p>1) оформление отчета: аккуратно и верно представлены числовые, графические данные и математические расчеты, лаконичная формулировка вывода по результатам проведенной работы; соответствие заявленной теме и целям.</p> <p>2) защита: даны правильные ответы не менее чем на 6 из 10 теоретических вопросов по теме лабораторной работы, есть понимание результатов проведенного исследования и источников возможных ошибок и погрешностей.</p>
«не зачтено»	<p>1) оформление отчета: неаккуратно и неверно представлены числовые, графические данные и математические расчеты, слишком громоздкая формулировка вывода по результатам проведенной работы; несоответствие заявленной теме и целям.</p> <p>2) защита: даны правильные ответы менее чем на 6 из 10 теоретических вопросов по теме лабораторной работы, отсутствует понимание результатов проведенного исследования и источников возможных ошибок и погрешностей.</p>

### **Критерии оценивания собеседования (контрольные вопросы)**

Оценка	Критерий оценки
«зачтено»	<p>1) понимание: знание и понимание раздела дисциплины, по которому поставлен вопрос и базовых фундаментальных терминов;</p> <p>2) формулировка ответа: полный ответ на поставленный вопрос, умение привести конкретный практический пример;</p> <p>3) сумма правильных ответов: не менее 60 % правильных ответов.</p>
«не зачтено»	<p>1) понимание: незнание и непонимание раздела дисциплины, по которому поставлен вопрос и базовых фундаментальных терминов;</p> <p>2) формулировка ответа: неполный ответ на поставленный вопрос, неумение привести конкретный практический пример;</p> <p>3) сумма правильных ответов: менее 60 % правильных ответов.</p>

### **Критерии оценивания презентаций**

Оценка	Критерий оценки
«зачтено»	<p>1) оформление: шрифт должен легко читаться; размер шрифта должен подчеркивать важность информации; анимационные эффекты (если они присутствуют) не должны отвлекать внимание от информации, представленной на слайде;</p> <p>2) содержание: отсутствие грамматических, стилистических и ошибок в формулах; формулировка вывода по результатам проведенной работы; грамотное представление графиков, диаграмм, таблиц; соответствие заявленной теме и целям.</p>
«не зачтено»	<p>1) оформление: шрифт слишком мелкий, цвет выбран неудачно и слайд «нечитаемый» и переполнен картинками и информацией, присутствуют анимационные эффекты и украшающие элементы, не относящиеся к теме и отвлекающие от содержательной части слайда;</p> <p>2) содержание: присутствие грамматических, стилистических и ошибок в формулах; отсутствие вывода по результатам проведенной работы; некорректное представление графиков, диаграмм, таблиц; несоответствие заявленной теме и целям.</p>

### **Критерии и шкала оценивания задач**

<i>Оценка</i>	<i>Критерий оценки</i>
«зачтено»	<i>Задача решена верно, приведены правильные аргументирующие выводы. Результаты расчетов отображены правильно графически и математически.</i>
«не зачтено»	<i>Задача не решена или решена с ошибками.</i>

### **Критерии и шкала оценивания доклада**

<i>Оценка</i>	<i>Критерий оценки</i>
«зачтено»	<i>Две задачи из трех решены правильно</i>
«не зачтено»	<i>Правильно решена одна задачи из трех или ни одной.</i>

### **Критерии и шкала оценивания конспектирования**

<i>Оценка</i>	<i>Критерий оценки</i>
«зачтено»	<i>Конспект имеет структуру (введение, цель, основную часть, выводы, список источников), выделены ключевые моменты, проанализирована отечественная и зарубежная литература по заданной теме</i>
«не зачтено»	<i>Конспект фрагментарный, литературы мало, цель не выделена, ключевые моменты не выделены</i>

## **2.3. Критерии и шкалы оценивания результатов обучения при проведении промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация предназначена для определения уровня освоения всего объема учебной дисциплины. Для оценивания результатов обучения при проведении промежуточной аттестации используется четырехбалльная шкала: «Отлично», «Хорошо», «Удовлетворительно», «Неудовлетворительно».

<i>Шкала оценивания</i>	<i>Критерии</i>	<i>Уровень освоения компетенций</i>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<i>Отлично</i>	<i>наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме пройденного программного материала, правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, знание дополнительно рекомендованной литературы</i>	<i>Эталонный</i>
<i>Хорошо</i>	<i>наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике, четкое изложение материала</i>	<i>Стандартный</i>
<i>Удовлетворительно</i>	<i>наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, уверенно исправляемыми после дополнительных вопросов, необходимость наводящих вопросов, правильные действия по применению знаний на практике</i>	<i>Пороговый</i>

Окончание таблицы		
1	2	3
<i>Не-удовлетворительно</i>	<i>наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.</i>	<i>Компетенции не сформированы</i>

**3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### **3.1. Оценочные средства текущего контроля успеваемости**

## ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

### 1. Измерение адсорбции уксусной кислоты на поверхности угля

Явление поглощения одним веществом других веществ называется *сорбцией*. Сорбция, происходящая только на поверхности тела, называется *адсорбцией*, в отличие от поглощения в толще поглотителя, называемого *абсорбцией*.

При адсорбции на границе раздела фаз твёрдое тело – жидкость количество адсорбированного вещества рассчитывают по изменению концентрации раствора. Зависимость количества вещества, адсорбированного 1 г адсорбента, от равновесной концентрации при постоянной температуре выражается *эмпирической формулой Фрейндлиха*:

$$\frac{x}{m} = a C^n,$$

где  $x$  – количество адсорбированного вещества, г;  $m$  – масса адсорбента, г;  $C$  – концентрация раствора при достижении равновесия;  $a$  и  $n$  – постоянные величины, определяемые опытным путём,  $n < 1$ . Константа  $a$  зависит от природы адсорбируемого вещества и изменяется в широких пределах.

**Цель работы:** овладеть методикой измерения адсорбции на границе твёрдой и жидкой фаз.

**Учебные задачи:** 1) построить изотерму адсорбции; 2) найти значения  $a$  и  $n$  в уравнении Фрейндлиха.

**Приборы и реактивы:** 6 колб на 250 см<sup>3</sup> с корковыми пробками; 6 конических колб на 150 см<sup>3</sup>; пипетка на 50 см<sup>3</sup>; пипетка на 5 и 10 см<sup>3</sup>; бюретка на 50 см<sup>3</sup>; 6 воронок для фильтрования; фильтровальная бумага; 18 г животного угля; 2 н. СН<sub>3</sub>СООН (100 см<sup>3</sup>); 0,1 н. NaOH (для титрования), фенолфталеин, карандаш по стеклу.

#### **Порядок выполнения работы**

1. Разбавлением 2 н. раствора СН<sub>3</sub>СООН приготовить растворы примерно следующих концентраций и в количествах, указанных в таблице 1.

2. Определить точное значение концентрации уксусной кислоты в каждой колбе титрованием 0,1 н. раствором NaOH (индикатор – фенолфталеин). Для титрования из колб

№ 1, 2 и 3 пипеткой отобрать по 50 см<sup>3</sup>, из колбы № 4 – 25 см<sup>3</sup>, из колбы № 5 - 10 см<sup>3</sup> и из колбы № 6 – 5 см<sup>3</sup> раствора. Во всех колбах остаётся по 100 см<sup>3</sup> раствора.

Таблица 1

*Рабочие растворы уксусной кислоты*

№ п/п	1	2	3	4	5	6
V <sub>р-ра</sub> , см <sup>3</sup>	150	150	150	125	110	105
C <sub>н</sub> , г-ЭКВ/ л	0,012	0,025	0,050	0,100	0,200	0,400

3. В каждую колбу внести по 3 г животного угля, затем тщательно взболтать все колбы в течение 10 мин. Отфильтровать отдельно содержимое каждой колбы через бумажные фильтры. Из фильтров отобрать пробы пипеткой в тех же количествах, какие были взяты для первого титрования, и определить титрованием концентрацию уксусной кислоты.

4. Рассчитать разность между результатами первого и второго титрования (после пересчёта на 100 см<sup>3</sup>) и получить количество уксусной кислоты, поглощённое 3 г угля из 10 см<sup>3</sup> раствора.  $x = C - C_1$

5. Построить изотерму адсорбции:  $x/m = f(C_1)$ . Построить логарифмическую изотерму адсорбции:  $\lg \frac{x}{m} = f(\lg C_1)$  и определить а и n.

7. Результаты измерений и расчётов занести в таблицу 2.

Таблица 2

*Результаты адсорбции CH<sub>3</sub>COOH на поверхности животного угля*

№ колбы	C <sub>н</sub> CH <sub>3</sub> COOH, н приблизительная	C, н	C <sub>1</sub> , н	x	$\frac{x}{m}$	lg C <sub>1</sub>	lg $\frac{x}{m}$

Сделать вывод.

### 3. СЕДИМЕНТАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СУСПЕНЗИЙ

Целью дисперсионного анализа является получение кривых распределения, анализ которых позволяет установить, каково относительное содержание частиц в заданных интервалах радиусов или, иначе говоря, каков фракционный состав системы. В зависимости от различия в плотностях дисперсной фазы и дисперсионной среды, движения частиц будет направлено вниз или вверх. В суспензиях обычно плотность дисперсной фазы выше, поэтому частицы осаждаются на дно сосуда, а в эмульсиях, напротив, довольно распространен случай, когда больше плотность дисперсионной среды и частицы дисперсной фазы всплывают наверх. Наблюдается *обратная* седиментация. Чаще всего седиментационный анализ проводят в гравитационном поле для систем с относительно низкой степенью дисперсности. Для высокодисперсных систем седиментационный анализ проводят в центробежном поле.

В основе седиментационного анализа лежит закон Стокса, согласно которому определяется сила вязкого сопротивления среды  $f$ , противодействующая осаждению частиц. Для частицы шарообразной формы с радиусом  $r$ :

$$f = B \cdot v = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v \quad (1)$$

где  $\eta$  - вязкость дисперсионной среды;

$v$  - скорость движения частицы;

$B = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r$  - коэффициент сопротивления движению частицы.

Осаждение частицы шарообразной формы с радиусом  $r$  в гравитационном поле происходит под действием силы тяжести  $P$ :

$$P = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot (\rho - \rho_0) \cdot g \quad (2)$$

где  $r$  - радиус сферической частицы;  $\rho$  - плотность дисперсной фазы;  $\rho_0$  - плотность дисперсионной среды;  $g$  - ускорение силы тяжести.

Вначале под действием постоянной силы  $P$  частица движется равноускоренно, так как сила  $P$  больше силы  $f$ . По мере увеличения скорости растет сила вязкого сопротивления среды  $f$ . К некоторому моменту времени эти силы сравниваются, и с этого момента частица будет двигаться с постоянной скоростью  $v$ . Приравнявая эти выражения:

$$\frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \cdot (\rho - \rho_0) \cdot g = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v \quad (3)$$

можно установить зависимость между скоростью осаждения частицы и ее радиусом:

$$r = \sqrt{\frac{9 \cdot \eta \cdot v}{2 \cdot (\rho - \rho_0) \cdot g}} = k \cdot \sqrt{v} \quad (4)$$

где  $k$  – константа Стокса, постоянная для данных условий:

$$k = \sqrt{\frac{9 \cdot \eta}{2 \cdot (\rho - \rho_0) \cdot g}} \quad (5)$$

Седиментационный анализ дисперсных систем основан на уравнении (4), которое позволяет определить размеры частиц дисперсной фазы по скорости их осаждения под действием силы тяжести. Уравнение (4) применимо для определенных размеров частиц с радиусами  $r = 10^{-7} - 10^{-4}$  м, так как для осаждения частиц такого размера применим закон Стокса. В дисперсных системах с более крупными частицами начинается турбулизация жидкости из-за ускоренного движения частиц, и уравнение Стокса становится неприменимым.

Необходимо также отметить, что уравнение (4) справедливо при **условии сферической формы частиц и их независимого движения друг от друга**. Поэтому для седиментационного анализа применяются сильно разбавленные системы, в которых можно пренебречь изменением скорости движения частиц в результате их столкновения. В большинстве реальных систем частицы имеют неправильную форму. В этом случае по уравнению (4) рассчитывается так называемый **эквивалентный радиус**, то есть радиус частиц сферической формы, оседающих с такой же скоростью.

В работе используется метод непрерывного взвешивания седиментационного осадка. По полученным экспериментальным данным строится кривая седиментации — зависимость веса седиментационного осадка  $P$  от  $\tau$  времени оседания  $\tau$  (Рисунок 1).

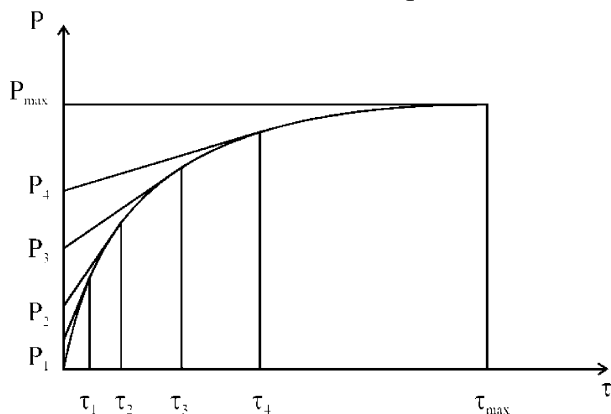


Рисунок 1 – Кривая седиментации

Угол наклона прямой характеризует скорость накопления осадка  $\Delta P/\Delta \tau = \text{const}$ . Скорость седиментации при осаждении частицы с некоторой высоты за время  $\tau$  можно выразить как  $v = H/\tau$ , тогда радиус частиц определится по формуле:

$$r = k \sqrt{v} = k \sqrt{H/\tau} \quad (6),$$

- где  $H$  - высота столба суспензии,
- $\tau$  - время полного осаждения частиц,
- $k$  - константа Стокса.

В реальных полидисперсных системах кривые оседания имеют плавный ход и приближаются к параболам. Полученную седиментационную кривую обрабатывают графическим способом, то есть путем построения касательных в точках кривой, соответствующих разным значениям времени оседания. В результате получают данные для построения интегральной и дифференциальной кривых распределения частиц по размерам.

В монодисперсной суспензии, при одинаковых размерах всех частиц, вес седиментационного осадка должен увеличиваться пропорционально времени оседания (Рисунок 2). Тогда на графике  $P = f(\tau)$  должна получиться прямая  $OA$ , где  $\tau_1$  — время, в течение которого осядут все частички данных размеров.

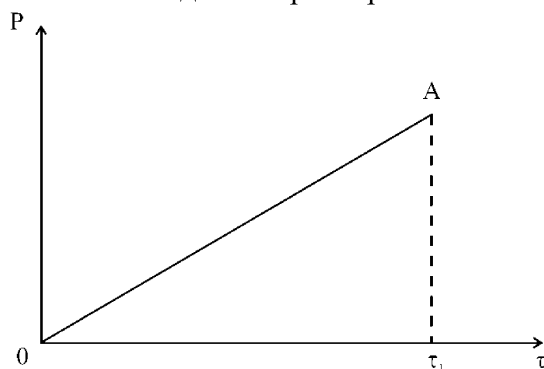


Рисунок 2 – Изменение веса седиментационного осадка для монодисперсной системы

Осаждение частиц монодисперсной системы будет происходить с одинаковой скоростью  $v$ , и осадок будет накапливаться пропорционально времени осаждения  $\tau$ .

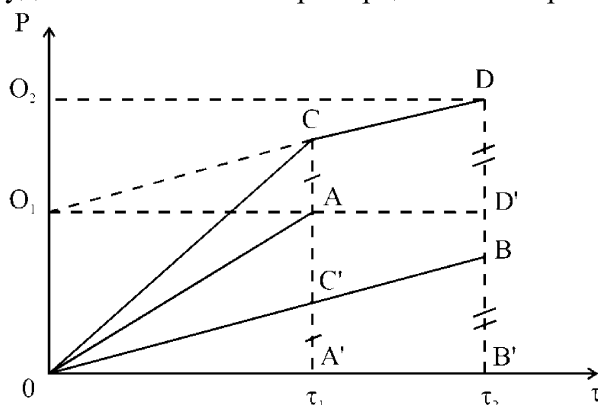


Рисунок 3 — Изменение веса седиментационного осадка для суспензии из двух фракций

Представим себе суспензию, состоящую из частиц двух фракций: крупных и мелких. Очевидно, будет происходить одновременно оседание крупных частиц за время  $\tau_1$  (увеличение веса седиментационного осадка за их счет происходит по прямой OA) и мелких частиц за несколько большее время  $\tau_2$  (по прямой OB). За время  $\tau_1$  будут оседать одновременно крупные и мелкие частицы. Общее увеличение веса седиментационного осадка за это время будет проходить по прямой OC, полученной путем сложения ординат линий OA и OB ( $AC = A'C'$ ). Далее увеличение веса седиментационного осадка происходит за счет оседания мелких частиц по линии CD (линия CD параллельна OB и  $B'B = D'D$ ). В результате изменение веса седиментационного осадка описывается ломаной линией OC, а абсциссы этих точек  $\tau_1$  и  $\tau_2$  соответствуют временам полного осаждения крупных и мелких частиц, по которым находят их радиусы  $r_1$  и  $r_2$ , пользуясь формулой (6).

Если суспензия содержит три фракции частиц, седиментационная кривая будет состоять из трех прямолинейных отрезков. При увеличении числа фракций, очевидно, будет увеличиваться число изломов на седиментационной кривой и для реальной полидисперсной суспензии она превратится в плавную кривую, близкую к параболе (см. рис. 1).

На рисунке 3 видно, что отрезки ординаты  $OO_1 = P_1$  — весу первой фракции, а  $O_1O_2 = P_2$  — весу второй фракции ( $OO_1 = AA'$ ,  $O_1O_2 = B'B = D'D$ ). Если к нескольким точкам на реальной седиментационной кривой (см. рис. 1), соответствующим разному времени оседания ( $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_{max}$ ), провести касательные, они отсекут на оси ординат отрезки, равные весу фракций, оседающих за соответствующие промежутки времени:  $P_1$  — за время  $\tau_1$ ,  $P_2$  — за время  $\tau_2, \dots, P_{max}$  — за время  $\tau_{max}$ , то есть  $P_{max}$  — максимальный вес седиментационного осадка за все время оседания. Значение  $P_{max}$  получается тогда, когда седиментационный анализ доведен до конца, то есть, когда осели частицы самых малых размеров.

Время  $\tau_1$  определяется по графику путем проведения касательной к седиментационной кривой, проходящей через начало координат. Касательная должна совпасть с начальным прямолинейным ее участком. Из точки отрыва касательной от кривой (точка  $P_1$ ) опускается перпендикуляр на ось абсцисс и находится время  $\tau_1$ .

При большом отрезке времени осаждения кривая осаждения полидисперсной суспензии также переходит в прямую. Точка перехода  $\tau_{max}$  соответствует окончанию процесса осаждения всех частиц суспензии. Проводя касательную к седиментационной кривой, параллельную оси абсцисс, из точки  $P_{max}$  опускают перпендикуляр и находят на оси абсцисс время  $\tau_{max}$ , по которому рассчитывают  $r_{min}$  - радиус самых мелких частиц. Ордината этой касательной  $P_{max}$  соответствует весу всех выпавших частиц (100 %).

К любому произвольному моменту времени  $\tau_i$  полностью выпадают частицы с  $r \geq r_i$ . Вес этих частиц можно определить как отрезок, отсекаемый на оси ординат касательной к кривой осаждения в точке

$\tau = \tau_i * (OP_i)$  (рис. 1). Тангенс угла наклона касательной характеризует скорость осаждения частиц с  $r \geq r_i$ . Отношение  $OP_i/P_{max}$  соответствует относительному (по массе) содержанию в суспензии частиц, размеры которых ограничены радиусами  $r$  и  $r_{max}$ . Аналогично отношение

$OP_2/P_{max}$  показывает относительное содержание в суспензии частиц с радиусами от  $r_2$  до  $r_{max}$ , а отношение  $OP_3/P_{max}$  - относительное содержание частиц с радиусом от  $r_3$  до  $r_{max}$  и т. д. Весь расчет основан на независимости вклада фракций в общую массу осадка.

Если суммарное количество порошка в системе принять за 100 %, то величины

$$Q_1 = OP_1/P_{max} * 100\%;$$

$$Q_2 = OP_2/P_{max} * 100\%;$$

$Q_3 = OP_3/P_{max} * 100\%$  и так далее будут процентным содержанием фракций с радиусами соответственно  $r \geq r_1, r \geq r_2, r \geq r_3$  и т. д. Они отвечают массовым долям фракций и ими характеризуют гранулометрический состав дисперсной системы.

Результаты седиментационного анализа представляют в виде функций, отражающих распределение частиц по размерам в системе. Обычно строят интегральную и дифференциальную кривые распределения. **Интегральная кривая** - это зависимость от радиуса суммарного количества частиц в % с размерами от  $r$  до  $r_{max}$  или от  $r$  до  $r_{min}$ . Общий вид таких кривых I представлен на рис.4.

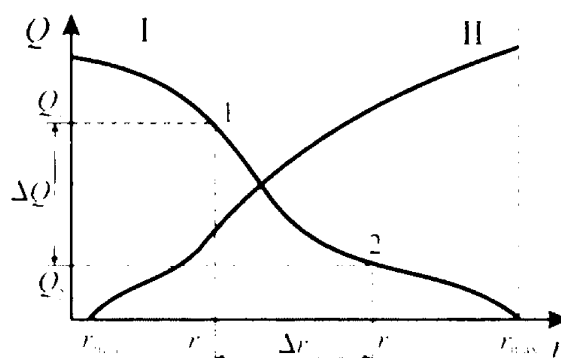


Рисунок 4 — Интегральные кривые распределения частиц по размерам

Ордината каждой точки кривой I дает процентное содержание частиц с данными и большими радиусами, чем соответствующий ей на оси абсцисс. Интегральную кривую распределения можно построить и таким образом, чтобы ее ординаты соответствовали процентному содержанию частиц с данными радиусами и меньшими (кривая II). Важным свойством интегральной кривой распределения является возможность быстрого определения в данной суспензии любой фракции частиц. Если нужно, например, найти количество частиц, имеющих размеры в пределах от  $r_1$  до  $r_2$ , то на интегральной кривой

отмечают две точки  $1$  и  $2$  с абсциссами  $r_1$  и  $r_2$ . Разность их ординат  $(Q_1 - Q_2) = \Delta Q$  прямо дает процентное содержание этой фракции (рис. 4).

Более наглядное представление о распределении частиц в системе по размерам дает дифференциальная кривая распределения. **Дифференциальная кривая** — это зависимость функции распределения  $\Delta Q/\Delta r$  от радиуса частиц. Функция показывает в % массу частиц, радиус которых лежит вблизи данного значения радиуса  $r_{cp}$ . Так, если содержание частиц в интервале радиусов от  $r_1$  до  $r_2$  составляет  $\Delta Q$  (рис. 4), то функция распределения для среднего радиуса  $r = (r_1 + r_2)/2$  составляет  $\Delta Q/(r_2 - r_1) = \Delta Q/\Delta r$ . На графике откладывают значения  $dQ/dr$  от  $r$  (рис. 5). Кривая ограничена значениями  $r_{min}$  и  $r_{max}$ . Дифференциальная кривая обычно имеет один максимум, соответствующий наиболее вероятному размеру частиц  $r_n$  в данной системе. Она характеризует вероятность распределения по массе частиц различных радиусов, и чем выше ее максимум, тем ближе суспензия к монодисперсной (кривая  $1$ ). С увеличением полидисперсности в системе максимум снижается, и кривая становится более растянутой (кривая  $2$ ).

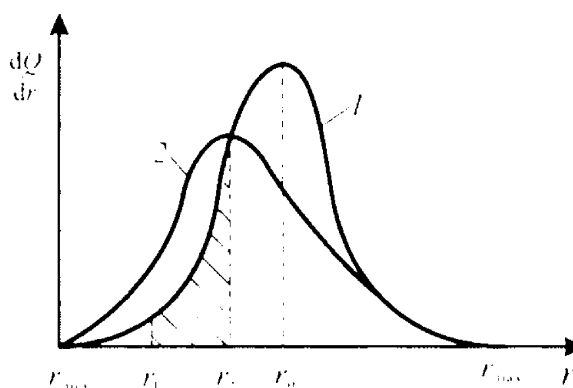


Рисунок 5 — Дифференциальные кривые распределения частиц по размерам

Площадь, ограниченная кривой и осью абсцисс, дает общее массовое количество (100 %) частиц всех размеров. Процентное содержание фракции с размерами от  $r_1$  до  $r_2$ , то есть вероятность нахождения в суспензии частиц с этими размерами, характеризуется площадью соответствующего участка под кривой.

Если в системе содержатся очень мелкие частицы, анализ не всегда удастся довести до конца (время оседания мелких частиц весьма велико, а прибавление осадка ничтожно). В этих случаях предел, к которому стремится кривая седиментации ( $P_{max}$ ), находят аналитическим путем.

В некоторых случаях, при проведении седиментационного анализа не удастся зафиксировать оседание очень крупных частиц, которых обычно в системе мало, но оседают они очень быстро. Если необходимо знать размер самых крупных частиц в системе, его определяют при помощи микроскопа.

В высокодисперсных системах и системах с малой плотностью частиц дисперсной фазы оказывается невозможным проведение седиментационного анализа в гравитационном поле, так как частицы в этих системах оседают очень медленно. Для таких систем седиментацию проводят в центробежном поле, искусственно увеличивая величину  $g$ . В этих условиях частицы осаждаются достаточно быстро.

**Цель работы:** Исследование кинетики осаждения полидисперсной суспензии с помощью торсионных весов, построение интегральной и дифференциальной кривых распределения, определение дисперсионных характеристик суспензий.

**Учебные задачи:** 1) получить кривую осаждения суспензии в гравитационном поле с помощью торсионных весов; 2) рассчитать и построить интегральную кривую распределения частиц суспензии по размерам; 3) рассчитать и построить дифференциальную кривую распределения частиц суспензии по размерам; 4) найти наиболее вероятный размер частиц и оценить степень полидисперсности системы. Сделать вывод о характере однородности изученной суспензии.

### Методика проведения эксперимента и обработка результатов

Для получения кривой осаждения суспензии определяют изменение веса чашечки, помещенной в суспензию, по мере накопления на ней осадка. Для этого в цилиндр нужно налить воду и измерить высоту столба жидкости  $H$  над чашечкой до уровня воды в цилиндре, т. е. глубину погружения весов. Затем чашечку вынуть, измерить объем налитой воды и прямо в цилиндре приготовить суспензию. Для этого взять навеску сухого порошка  $Al_2O_3 \sim 1,0$  г на аналитических весах (правила работы в *приложение Б*).

Приготовленную суспензию тщательно перемешать в течение 2-3 мин с помощью стеклянной палочки, добиваясь равномерного распределения частиц суспензии по всему объему. Быстро внести в суспензию измерительную чашечку и подвесить ее к петле коромысла весов. Одновременно с погружением чашечки включить секундомер и освободить арретир весов (рычаг (2) переместить вправо). При этом, как и при взвешивании в чистой воде, надо проследить, чтобы на чашечке не было пузырьков воздуха, и она не соприкасалась со стенками цилиндра.

Вследствие оседания частиц суспензии на чашечку, указатель равновесия (5) смещается влево, нужно рычагом (4) плавно переместить указатель (3) против часовой стрелки до равновесия весов. Таким образом действовать при каждом отсчете. Первые отсчеты проводить через 15 с от начала опыта, затем, с интервалами времени в 30 с, интервал времени постепенно увеличивать до 1, 3, 5 мин, и в конце делать замеры через 10-15 мин. Опыт проводить в течение 1-1,5 часов и закончить тогда, когда за 10 мин изменение веса составит не более 1 мг (или два отсчета через 10-15 мин дадут очень близкие значения).

По окончании измерений необходимо арретировать весы (рычаг (2) переместить влево). Установить указатель (3) на нулевую отметку, вымыть чашечку и цилиндр. Полученные результаты занести в табл. 1, где  $P$  - вес чашечки с осадком;  $P_{осад}$  - вес осадка;  $P_0$  - вес чашечки.

Построить кривую осаждения частиц суспензии. По оси абсцисс отложить время от начала опыта, а по оси ординат разности отсчетов по шкале весов. Далее рассчитать интегральную и дифференциальную кривые распределения частиц по размерам.

Для расчета кривых распределения использовать метод касательных. Радиусы частиц рассчитать по формулам:

$$k = \frac{r^2}{\tau} ; \quad \text{и} \quad r = k \cdot \sqrt{\tau} = k \cdot \sqrt{\tau}$$

(используя значения постоянных, приведенных ниже).

$g =$	9,8	$m/c^2$
$\rho_{вода}$	1	$г/см^3$

$\rho_{\text{глицерин+вода}}$	1,12	г/см <sup>3</sup>
$\rho_{\text{гептадекан}}$	0,777	г/см <sup>3</sup>
$\Pi_{\text{воды}}^{\text{=}}$	0,001	Па·с
$\Pi_{\text{глицерин+вода}}^{\text{=}}$	0,005376	Па·с
$\Pi_{\text{гексадекана}}^{\text{=}}$	0,003737	Па·с
$H =$		м

Таблица 1

Данные по осаждению частиц суспензии

№ п/п	Время $\tau$ , мин	Показания по шкале весов $P$ , мГ	$P_{\text{осад}}=P-P_0$ , мГ
1	0,25		
2	0,5		
3	0,75		
4	1,0		
5	1,5		
6	2,0		
7	2,5		
8	3,0		
9	5,0		
10	7,0		
11	10,0		
12	15,0		
13	30,0		
...	...	...	

Данные для интегральной кривой свести в табл. 2

Таблица 2

Данные для интегральной кривой распределения

Время $\tau$ , с	Радиус частиц $r$ • 10 <sup>5</sup> м	Q, %	Q, %
15		$Q_1=OP_1/P_{\text{max}} \cdot 100\%$	
30		$Q_2=OP_2/P_{\text{max}} \cdot 100\%$	
45		$Q_3=OP_3/P_{\text{max}} \cdot 100\%$	
60		$Q_3=OP_4/P_{\text{max}} \cdot 100\%$	
90			
120			
150			
180			
240			
300			
600			
900			
1800			
...		<b>100%</b>	<b>100%</b>

Данные для построения дифференциальной кривой свести в табл. 3.

Таблица 3

Данные для дифференциальной кривой распределения

$r$	$\Delta r$	$\Delta Q$	$\Delta Q / \Delta r$
$r_1$	$r_{\max} - r_1$	$\Delta Q_1$	$\Delta Q / (r_{\max} - r_1)$
$r_2$	$r_1 - r_2$	$\Delta Q_2$	$\Delta Q / (r_1 - r_2)$
...	...	...	...
$r_{\min}$			

По данным табл. 2 и 3 построить кривые распределения частиц по размерам. По дифференциальной кривой определить **наивероятнейший радиус  $r_H$** , а также  $r_{\min}$ ,  $r_{\max}$  и **степень полидисперсности  $\Pi$** , как отношение максимального радиуса к минимальному:

$$\Pi = r_{\max} / r_{\min}$$

Перечень таблиц и графиков к отчету:

1. Таблицы экспериментальных и расчетных данных: 1; 2; 3.
2. График  $P = f(\tau)$ .
3. График  $Q = f(r)$ .
4. График  $\Delta Q / \Delta r = f(r)$ ;  $r_H$ ,  $r_{\min}$ ,  $r_{\max}$ .
5. Расчет величины  $\Pi$ .

Выводы.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

1. Назовите перспективные направления дальнейших исследований по экстракции золота и серебра.
2. Дайте определение адсорбции, приведите ее классификацию.
3. Охарактеризуйте устойчивость эмульсий, назовите факторы, ее определяющие.
4. Поясните суть и механизм флотационного разрушения эмульсий, функции ПАВ.
5. Как влияют условия экстракции на извлечение золота?
6. Назовите наиболее перспективные и часто используемые экстрагенты золота и серебра из растворов.
7. Что представляет собой остов твердого тела?
8. Перечислите основные пути получения активных твердых тел.
9. Какова роль экстракционных процессов в химическом обогащении?
10. Как провести оценку сравнительной устойчивости минералов термодинамическим методом?
11. Какими диаграммами пользуются для рассмотрения равновесий при выщелачивании в системах твердые фазы – водные растворы? Что они представляют собой?
12. Какие достижения и перспективы математического моделирования процессов выщелачивания на основе термодинамических данных?
13. Расскажите суть учения о кинетике выщелачивания.
14. Перечислите радиационные дефекты и их влияние на кинетику растворения твердых тел.

15. В чем особенности кинетики электрохимических процессов выщелачивания?
16. Назовите выявленные, изучаемые и реализуемые каталитические процессы выщелачивания.
17. В чем сущность зонной теории твердого тела?
18. Какие процессы протекают в гетерогенной системе минерал – выщелачивающий агент?
19. Как влияет состояние кристаллической решетки минерала на кинетику и механизм его разложения и выщелачивания?
20. Опишите кооперативные модели растворения металлов и сплавов.
21. Объясните стадийность процессов химического разложения и выщелачивания минералов.
22. Какова роль вторичных процессов в механизме выщелачивания?
23. В чем суть биотехнологического выщелачивания?
24. Назовите химико-экологические проблемы натурального (подземного и кучного) выщелачивания.
25. Перечислите применяемые и перспективные неорганические и органические растворители для разложения твердых продуктов. Приведите практические примеры.
26. Что понимают под экстракцией? Назовите особенности термодинамики, кинетики и механизма экстракции.
27. Приведите классификацию и типы экстрагентов.
28. Какую роль играет селективная экстракция ценных элементов из многокомпонентных смесей?
29. Как влияет механическое активирование реагентов на их взаимодействие и дальнейшее выщелачивание?
30. Что такое смачивание? В чем различие между углами натекания и оттекания?
31. Дайте определение адгезии.
32. Приведите уравнение Лапласа.
33. Что представляет собой поверхностное натяжение?
34. Напишите уравнение Кельвина.
35. Перечислите основные факторы, определяющие течение флотации.
36. Классификация минералов по флотуемости.
37. Как влияют водная и газовая фазы на флотацию минералов?
38. Роль межфазовых взаимодействий на этапе подготовки частиц к флотации и на стадии ее осуществления.
39. Приведите назначение и классификацию флотационных реагентов.
40. Общие представления о взаимодействии реагентов с минералами.

### ЗАДАЧИ

**1-8.** Запишите реакции диссоциации следующих минералов<sup>1</sup> и вычислите тепловой эффект растворения 1 моля этого вещества а) при стандартных условиях  $\Delta_r H^\circ 298$  и б) при температуре  $75^\circ\text{C}$   $\Delta_r H^\circ 348$ . Теплоёмкость компонентов реакции считайте постоянной. Как влияет увеличение температуры на растворимость вещества?

Магнезит  $\text{MgCO}_3$ ;

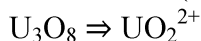
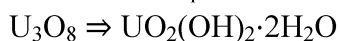
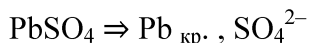
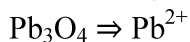
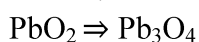
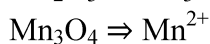
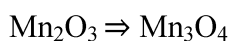
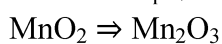
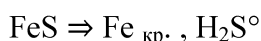
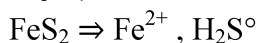
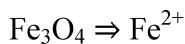
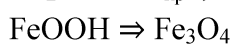
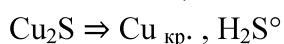
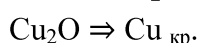
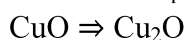
Кальцит  $\text{CaCO}_3$ ;

Доломит  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ;

Сидерит  $\text{FeCO}_3$ ;

Родохрозит  $\text{MnCO}_3$ ;  
Церуссит  $\text{PbCO}_3$ ;  
Смитсонит  $\text{ZnCO}_3$ ;  
Малахит  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ .

**9-28.** Рассчитайте поля устойчивости следующих соединений в координатах  $Eh - pH$  при стандартных условиях. При расчете концентрации всех ионов, кроме  $\text{H}^+$ , примите равными  $10^{-6}$  моль/кг. Раствор считайте предельно разбавленным.



**Задания для выполнения контрольной работы студентами заочной формы обучения**

### Задача 1.

**1.1.** Массовая концентрация мучной пыли в воздухе рабочих зон помещения мукомольных предприятий составляет  $4,2 \text{ мг/м}^3$ . Определить численную концентрацию мучной пыли, если средний диаметр частиц составляет  $3,7 \text{ мкм}$ , а их плотность равна  $1,1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

**1.2.** Суспензия кварца содержит сферические частицы, причем 30 % объема приходится на частицы, имеющие радиус  $1 \cdot 10^{-5} \text{ м}$ , а объем остальных – на частицы радиуса  $5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$ . Какова удельная поверхность кварца?

**1.3.** Приняв, что в золе серебра каждая частица представляет собой куб с длиной ребра  $l = 4 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ , определите, сколько коллоидных частиц может получиться из  $1 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$  серебра. Вычислите суммарную поверхность полученных частиц и рассчитайте поверхность одного кубика серебра с массой  $1 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$ . Плотность серебра равна  $10,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

**1.4.** Золя ртути состоит из шариков диаметром  $1 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ . Чему равна суммарная поверхность частиц золя, образующихся из  $1 \text{ г}$  ртути? Плотность ртути равна  $13,56 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

**1.5.** Вычислите удельную поверхность гидрозоля сульфида мышьяка  $As_2S_3$ , средний диаметр частиц которого равен  $1,2 \cdot 10^{-7}$  м, а плотность равна  $3,43 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Ответ дайте в м<sup>-1</sup> и в м<sup>2</sup>/кг.

**1.6.** Определите величину удельной поверхности суспензии каолина плотностью  $2,5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, состоящей из шарообразных частиц со средним диаметром  $0,5 \cdot 10^{-6}$  м. Суспензию считайте монодисперсной. Ответ дайте в м<sup>-1</sup> и в м<sup>2</sup>/кг.

**1.7.** Найдите удельную поверхность угля, применяемого в современных топках для пылевидного топлива, если известно, что угольная пыль предварительно просеивается через сито с отверстиями  $7,5 \cdot 10^{-5}$  м. Плотность угля равна  $1,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Систему считайте монодисперсной. Ответ дайте в м<sup>-1</sup> и в м<sup>2</sup>/кг.

**1.8.** Удельная поверхность суспензии селена составляет  $5 \cdot 10^5$  м<sup>-1</sup>. Найдите общую поверхность частиц 3 г суспензии. Плотность селена равна  $4,28 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**1.9.** Вычислите удельную поверхность 1 кг угольной пыли с диаметром частиц, равным  $8 \cdot 10^{-5}$  м. Плотность угля равна  $1,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**1.10.** Вычислите суммарную площадь поверхности 2 г платины, раздробленной на правильные кубики с длиной ребра  $1 \cdot 10^{-8}$  м. Плотность платины равна  $21,4 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**1.11.** Вычислите суммарную площадь поверхности 1 г золота, раздробленного на правильные кубики с длиной ребра  $5 \cdot 10^{-9}$  м. Плотность золота равна  $19,6 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**1.12.** Золь ртути состоит из шариков диаметром  $6 \cdot 10^{-8}$  м. Чему равна суммарная поверхность частиц золя, образующихся из  $0,5$  см<sup>3</sup> ртути?

**1.13.** Допуская, что в коллоидном растворе золота каждая частица представляет собой куб с длиной ребра  $2 \cdot 10^{-8}$  м, рассчитайте: а) число частиц в 1 г золя золота; б) общую площадь поверхности частиц золота. Плотность золота равна  $19,6 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**1.14.** Дисперсность золя ртути составляет  $1,6 \cdot 10^7$  м<sup>-1</sup>. Рассчитайте: а) суммарную поверхность частиц 1 г ртути; б) общее число частиц в растворе при дроблении  $0,1$  г ртути. Примите, что частицы золя ртути имеют сферическую форму. Плотность ртути равна  $13,56 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**1.15.** Дисперсность частиц 2 г коллоидного золота составляет  $5 \cdot 10^7$  м<sup>-1</sup>. Принимая форму частиц в виде кубиков, определите, какую поверхность они могут покрыть, если их плотно уложить в один слой. Плотность золота равна  $19,6 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**1.16.** Золь ртути состоит из сферических частиц диаметром  $d = 6 \cdot 10^{-6}$  м. Чему равна суммарная поверхность частиц золя, образующихся из  $2,5$  см<sup>3</sup> ртути?

**1.17.** Вычислите суммарную поверхность 250 г угольной пыли с диаметром частиц, равным  $6 \cdot 10^{-5}$  м. Плотность угля равна  $1,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**1.18.** Определите величину удельной поверхности суспензии каолина (плотность равна  $2,5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>), если шарообразные частицы суспензии имеют дисперсность  $2 \cdot 10^6$  м<sup>-1</sup>. Суспензию считайте монодисперсной. Ответ дайте в м<sup>-1</sup> и в м<sup>2</sup>/кг.

**1.19.** Золь ртути состоит из шариков радиусом  $3 \cdot 10^{-7}$  м. Чему равна суммарная поверхность частиц золя, образующихся из 300 г ртути? Плотность ртути равна  $13,56 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**1.20.** При изготовлении эмульсии масла в воде диаметр капель при машинном перемешивании составляет  $4 \cdot 10^{-6}$  м, а при ручном взбалтывании  $2 \cdot 10^{-5}$  м. Найдите, во сколько раз удельная площадь поверхности эмульсии масла при машинном перемешивании больше, чем при ручном взбалтывании. Плотность масла равна  $0,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

1.21. Какой длины будет нить золота, если 50 г кубиков золота расположить друг за другом. Плотность золота равна  $19,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ . Длина ребра кубика золота составляет  $4 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ .

1.22. Рассчитайте средний диаметр частиц силикагеля, если его удельная поверхность равна  $8,3 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{кг}$ , а плотность  $\rho = 2200 \text{ кг/м}^3$ .

1.23. Какова общая поверхность 5 кг угля, если средний радиус частиц равен  $2,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}$ ? Плотность угля составляет  $1800 \text{ кг/м}^3$ .

1.24. Рассчитайте удельную объемную и удельную массовую поверхность 5 г эмульсии бензола в воде дисперсностью  $D = 2 \text{ мкм}^{-1}$  при температуре 313 К. Плотность бензола при этой температуре равна  $0,858 \text{ г/см}^3$ .

## Задача 2.

2.1. Покажите, что адсорбция окиси углерода на кокосовом угле подчиняется уравнению Фрейндлиха, и найдите графически константы этого уравнения по следующим данным:

Давление, см рт. ст.	10,1	18,8	32,0	43,0	54,0	67,0
Адсорбированное количество, $\text{см}^3/\text{г}$	8,54	13,10	18,20	21,00	23,80	26,30

2.2. Покажите, что адсорбция окиси углерода на кокосовом угле подчиняется уравнению Фрейндлиха, и найдите графически константы этого уравнения по следующим данным:

Давление, см рт. ст.	7,3	18,0	30,4	54,0	88,2
Адсорбированное количество, $\text{см}^3/\text{г}$	2,34	5,17	7,84	11,90	16,50

2.3. Покажите, что адсорбция аргона на кокосовом угле подчиняется уравнению Фрейндлиха, и найдите графически константы этого уравнения по следующим данным:

Давление, см рт. ст.	5,42	9,84	12,90	21,80	29,50	56,40
Адсорбированное количество, $\text{см}^3/\text{г}$	9,9	15,4	18,6	24,0	28,8	39,4

2.4. Определите константы эмпирического уравнения Фрейндлиха, используя следующие данные об адсорбции диоксида углерода на активном угле при 293 К:

$P \cdot 10^{-3}, \text{ Па}$	1,00	4,48	10,00	14,40	25,00	45,20
$A \cdot 10^2, \text{ кг/кг}$	3,23	6,67	9,67	11,72	14,50	17,70

2.5. Пользуясь константами уравнения Фрейндлиха  $k = 4,17 \cdot 10^{-3}$ ,  $1/n = 0,4$ , рассчитайте и постройте изотерму адсорбции углекислого газа на угле для следующих интервалов давления:  $100 \cdot 10^2$ ,  $200 \cdot 10^2$ ,  $400 \cdot 10^2$ ,  $500 \cdot 10^2 \text{ Н/м}^2$ .

2.6. По данным сорбции углекислого газа на угле постройте изотерму адсорбции и определите константы изотермы адсорбции Фрейндлиха:

$P \cdot 10^{-2}, \text{ Н/м}^2$	5	10	30	50	75	100
$A \cdot 10^3, \text{ кг/кг}$	3,0	5,5	16,0	23,0	31,0	35,0

2.7. Определите константы эмпирического уравнения Фрейндлиха  $K$  и  $1/n$ , используя следующие данные об адсорбции бензойной кислоты на активном угле при 298 К:

$C, \text{ ммоль/см}^3$	0,006	0,025	0,053	0,118
$x/m, \text{ ммоль/г}$	0,44	0,78	1,04	1,44

2.8. При исследовании адсорбции уксусной кислоты на древесном угле из водных растворов объемом 200 мл получены результаты:

<b>Масса угля, г</b>	3,96	3,94	4,00	4,12	4,04	4,00
<b>Концентрация кислоты до введения угля, ммоль/л</b>	503,0	252,2	126,0	62,8	31,4	15,7
<b>равновесная концентрация кислоты в растворе, ммоль/л</b>	434,0	202,0	89,9	34,7	11,3	3,33

Покажите, что эти данные удовлетворяют изотерме адсорбции Фрейндлиха. Рассчитайте константы этого уравнения.

2.9. Определите постоянные эмпирического уравнения Фрейндлиха, используя следующие данные для адсорбции при 231 К углекислого газа на угле из коксовой скорлупы:

<b>Равновесное давление, Па · 10<sup>-3</sup></b>	1,00	4,48	10,00	14,40	25,00	45,20
<b>Адсорбция, кг/кг · 10<sup>2</sup></b>	3,23	6,67	9,62	11,72	14,5	17,7

2.10. Построить график изотермы адсорбции в координатах  $x/m$ - $C$ , используя опытные данные, полученные при изучении адсорбции уксусной кислоты кровяным углем при 25 °С. Определите константы по Фрейндлиху.

<b>C, моль/см<sup>3</sup></b>	0,018	0,031	0,062	0,126	0,268	0,471
<b>x/m</b>	0,467	0,624	0,801	1,110	1,550	2,040

2.11. Определите графически константы в уравнении ( $K$  и  $1/n$ ) Фрейндлиха по экспериментальным данным:

<b>C моль/см<sup>3</sup></b>	0,018	0,031	0,062	0,126
<b>x/m</b>	0,467	0,624	0,801	1,110

2.12. Определите графически константы  $K$  и  $1/n$  в уравнении Фрейндлиха из следующих данных:

<b>C, ммоль/мл</b>	18	31	62	126
<b>x/m, моль/г</b>	0,746	0,624	0,801	1,11

2.13. Определите константы эмпирического уравнения Фрейндлиха, используя следующие данные об адсорбции диоксида углерода на активном угле при 293 К:

<b>P · 10<sup>-3</sup>, Па</b>	1,00	4,48	10,00	14,40	25,00	45,20
<b>A · 10<sup>2</sup>, кг/кг</b>	3,23	6,67	9,62	11,72	14,50	17,70

2.14. Используя константы эмпирического уравнения Фрейндлиха  $K = 1,5 \cdot 10^{-4}$  и  $1/n = 0,32$  построить изотерму адсорбции пропионовой кислоты на угле при 290 К в интервале концентраций от 0 до  $0,03 \cdot 10^{-3}$  кмоль/м<sup>3</sup>.

2.15. При адсорбции углекислого газа на активированном угле получены следующие данные:

$P \cdot 10^{-2}, \text{ Н/м}^2$	10,0	44,8	100,0	144,0	250,0
$A \cdot 10^3, \text{ кг/кг}$	32,3	66,2	96,2	17,2	145,6

Определите константы уравнения Бедекера - Фрейндлиха.

2.16. Определить константы эмпирического уравнения Фрейндлиха, используя представленные ниже экспериментальные данные адсорбции  $\text{CO}_2$  на активированном угле при  $T = 231 \text{ К}$ .

$p \cdot 10^{-2}, \text{ Па}$	10,0	44,8	100,0	144,0	250,0	452,0
$A \cdot 10^3, \text{ кг/кг}$	32,3	66,7	96,2	117,2	145,0	177,0

2.17. Найдите графически константы в уравнении Фрейндлиха для адсорбции пропионовой кислоты на угле по следующим данным:

$C_0, \text{ моль/л}$	<b>0,030</b>	<b>0,120</b>	<b>0,460</b>	<b>0,660</b>
$C_{\text{равновес}}, \text{ моль/л}$	0,004	0,061	0,370	0,540

2.18. При адсорбции муравьиной кислоты из водных растворов углем количество адсорбированной кислоты на 0,5 г адсорбента составляло 0,062; 0,093; 0,119 и 0,198 ммоль при равновесных концентрациях кислоты в растворах соответственно 0,002; 0,005; 0,014 и 0,055 ммоль. Вычислить константы в уравнении Фрейндлиха.

2.19. При адсорбции уксусной кислоты на угле при температуре  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  были получены следующие данные:

$C_{\text{равновес}}, \text{ ммоль}$	0,018	0,031	0,062	0,126	0,471	0,882
$A_{\text{удельная}}, \text{ ммоль}$	0,467	0,624	0,801	1,110	2,040	2,480

Вычислить константы в уравнении Фрейндлиха.

2.20. При адсорбции бензойной кислоты на угле были получены следующие данные:

$C_{\text{равновес}}, \text{ ммоль}$	0,006	0,025	0,053	0,118
$A_{\text{удельная}}, \text{ ммоль}$	0,44	0,78	1,04	1,44

Определите значение  $K$  и  $1/n$  в уравнении Фрейндлиха.

2.21. При адсорбции ПАВ на пористом адсорбенте из водного раствора были получены следующие данные:

$C, \text{ ммоль/л}$	<b>6</b>	<b>25</b>	<b>53</b>
$G, \text{ ммоль/г}$	0,44	0,72	1,00

Постройте изотерму адсорбции  $A=f(C)$ , определите графическим путем константы в уравнении Фрейндлиха.

2.22. Пользуясь уравнением Фрейндлиха, вычислите равновесную концентрацию уксусной кислоты в растворе, из которого на 2 г активированного угля адсорбируется  $7,5 \cdot 10^3$  ммоль кислоты. Константы уравнения:  $a = 2,8$ ;  $1/n = 0,4$ .

2.23. По уравнению Фрейндлиха рассчитайте равновесную концентрацию уксусной кислоты в растворе, из которого 4 г активированного угля адсорбируют 14 ммоль кислоты. Константы уравнения:  $a = 1,3$ ;  $1/n = 0,2$ .

2.24. С помощью уравнения Фрейндлиха вычислите равновесную концентрацию масляной кислоты (ммоль/л), если 2 г угля адсорбируют 8 ммоль кислоты. Константы уравнения:  $k = 1,4 \text{ ммоль/г}$ ;  $1/n = 0,32 \text{ ммоль/л}$

### Задача 3.

**3.1.** Рассчитайте работу адгезии  $W_A$  ртути к стеклу при 293 К, если известен краевой угол смачивания  $\theta = 130^\circ$ . Поверхностное натяжение ртути  $\sigma = 475$  мДж/м<sup>2</sup>. Найдите коэффициент растекания  $f$  ртути по стеклу

**3.2.** Рассчитайте работу адгезии в системе «вода – графит», зная, что краевой угол равен  $90^\circ$ , а поверхностное натяжение воды составляет 71,96 мДж/м<sup>2</sup>. Определите коэффициент растекания воды на графите.

**3.3.** Рассчитайте работу адгезии  $W_A$  ртути к стеклу при 283 К, если известен краевой угол  $\theta = 150^\circ$ . Поверхностное натяжение ртути  $\sigma = 465$  мДж/м<sup>2</sup>. Найдите коэффициент растекания  $f$  ртути по поверхности стекла.

**3.4.** Вычислите коэффициент растекания и определите, будет ли растекаться нормальный гексан по воде, если работа когезии для гексана 0,0368 Дж/м<sup>2</sup>, а работа адгезии гексана к воде 0,0401 Дж/м<sup>2</sup>.

**3.5.** Вода взболтана с бензольным раствором амилового спирта. Найдите поверхностное натяжение на границе раздела фаз, если поверхностное натяжение бензольного раствора спирта и воды на границе с воздухом соответственно равны 0,0414 и 0,0727 Дж/м<sup>2</sup>.

**3.6.** По коэффициенту растекания определите, будет ли растекаться сероуглерод  $CS_2$  по воде, если работа когезии для сероуглерода равна 0,0628 Дж/м<sup>2</sup>, а работа адгезии сероуглерода к воде равна 0,0558 Дж/м<sup>2</sup>.

**3.7.** Вычислите коэффициент растекания по воде для бензола и анилина, если работа когезии для бензола равна 0,0577 Дж/м<sup>2</sup>, для анилина равна 0,0832 Дж/м<sup>2</sup>, а работы адгезии соответственно равны 0,0666 и 0,1096 Дж/м<sup>2</sup>.

**3.8.** Вычислите коэффициент растекания олеиновой кислоты по поверхности воды при 20 °С. Поверхностное натяжение воды, кислоты и межфазное натяжение соответственно равны: 0,0728, 0,0323 и 0,0160 Дж/м<sup>2</sup>. Будет ли кислота растекаться по поверхности воды?

**3.9.** Взятые вещества гептан и гептиловая кислота. Какое из них будет лучше растекаться по воде, если работы когезии соответственно равны 0,0402 и 0,0556 Дж/м<sup>2</sup>, а работы адгезии равны 0,0419 и 0,0948 Дж/м<sup>2</sup>?

**3.10.** Будет ли растекаться йодбензол по поверхности воды при 16,8 °С, если поверхностное натяжение воды, йодбензола и межфазное натяжение соответственно равны 0,0733, 0,0403, 0,0457 Дж/м<sup>2</sup>?

**3.11.** Найдите поверхностное натяжение на границе раздела гексан – вода после взбалтывания гексана с водой и разделения фаз. Поверхностное натяжение гексана и воды на границе с воздухом соответственно равны 0,0184 и 0,0727 Дж/м<sup>2</sup>.

**3.12.** Взятые вещества йодистый этил и гептиловая кислота. Какое из них будет лучше растекаться по воде, если работы когезии соответственно равны 0,0498 и 0,0556 Дж/м<sup>2</sup>, а работы адгезии равны 0,0637 и 0,0948 Дж/м<sup>2</sup>?

**3.13.** Будет ли растекаться бензол по поверхности воды при 20 °С, если поверхностное натяжение воды, бензола и межфазное натяжение соответственно равны 0,0728, 0,0288, 0,0351 Дж/м<sup>2</sup>?

**3.14.** Определите поверхностное натяжение водного раствора бутанола, если после взбалтывания его с бензолом межфазное натяжение составляет  $0,0355 \text{ Дж/м}^2$ . Поверхностное натяжение бензола на границе с воздухом равно  $0,0288 \text{ Дж/м}^2$ .

**3.15.** Будет ли растекаться гексан по поверхности воды при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , если поверхностное натяжение воды, гексана и межфазное натяжение соответственно равны  $0,0728$ ,  $0,0184$ ,  $0,0471 \text{ Дж/м}^2$ ?

**3.16.** Взятые вещества йодистый этил и анилин. Какое из них будет лучше растекаться по воде, если работы когезии соответственно равны  $0,0498$  и  $0,0832 \text{ Дж/м}^2$ , а работы адгезии равны  $0,0637$  и  $0,1096 \text{ Дж/м}^2$ ?

**3.17.** Найдите поверхностное натяжение на границе раздела хлороформ – вода после взбалтывания хлороформа с водой и разделения фаз. Поверхностное натяжение хлороформа и воды на границе с воздухом соответственно равны  $0,0271$  и  $0,0727 \text{ Дж/м}^2$ .

**3.18.** Взятые вещества бензол и гептиловая кислота. Какое из них будет лучше растекаться по воде, если работы когезии соответственно равны  $0,0577$  и  $0,0556 \text{ Дж/м}^2$ , а работы адгезии равны  $0,0666$  и  $0,0948 \text{ Дж/м}^2$ ?

**3.19.** Будет ли сероуглерод растекаться по поверхности воды при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , если поверхностное натяжение воды, сероуглерода и межфазное натяжение соответственно равны  $0,0728$ ,  $0,0323$ ,  $0,0475 \text{ Дж/м}^2$ ?

**3.20.** Работа когезии воды  $W_K = 145,5 \cdot 10^{-30} \text{ Дж/м}^2$ . Краевой угол смачивания тефлона, граничащего одновременно с воздухом и водой,  $\theta = 120^\circ$ . Чему равна работа адгезии на границе тефлон – вода?

**3.21.** Чему равен краевой угол смачивания парафина, граничащего одновременно с воздухом и водой, если работа когезии воды  $W_K = 145,5 \cdot 10^{-30} \text{ Дж/м}^2$ , а работа адгезии на границе парафин – вода  $W_A = 58,76 \cdot 10^{-30} \text{ Дж/м}^2$ ?

**3.22.** Краевой угол воды на парафине равен  $111^\circ$  при  $298 \text{ K}$ . Для  $0,1 \text{ M}$  раствора бутиламина в воде поверхностное натяжение составляет  $56,3 \text{ мДж/м}^2$ , краевой угол на парафине равен  $92^\circ$ . Рассчитайте поверхностное натяжение пленки бутиламина, адсорбированного на поверхности раздела парафин-вода. Поверхностное натяжение воды  $71,96 \text{ мДж/м}^2$ .

**3.23.** Рассмотрите возможность растекания водного раствора валериановой кислоты по поверхности ртути, исходя из значений поверхностных натяжений:  $\sigma_{\text{p-p}} - \text{воздух} = 25 \text{ мДж/м}^2$ ;  $\sigma_{\text{ртуть-воздух}} = 475 \text{ мДж/м}^2$ ;  $\sigma_{\text{ртуть-p-p}} = 329 \text{ мДж/м}^2$ .

**3.24.** Экспериментально получено значение коэффициента растекания гептанола по воде, равное  $37 \text{ мН/м}$ . Рассчитайте межфазное натяжение на границе вода–гептанол, принимая значения поверхностных натяжений воды и гептанола соответственно  $71,96$  и  $26,1 \text{ мН/м}$ .

### ***3.2. Оценочные средства промежуточной аттестации***

#### ***Перечень теоретических вопросов (для оценки знаний):***

1. Термодинамический анализ процессов растворения и выщелачивания минералов.
2. Основы и современное состояние учения о кинетике выщелачивания.
3. Влияние радиационных эффектов на кинетику растворения минералов.
4. Кинетика электрохимических процессов выщелачивания.
5. Тенденции развития учения о кинетике выщелачивания.

6. Динамика фильтрационного выщелачивания.
7. Растворяемый минерал – реальное твердое тело.
8. Жидкая фаза процессов растворения и выщелачивания.
9. Процессы в гетерогенной системе растворимый минерал – выщелачивающий агент.
10. Понятие остова твердого тела.
11. Основные пути получения активных твердых тел.
12. Химия кластеров: классификация и строение.
13. Зонная теория твердого тела.
14. Природа поверхностных центров твердых тел. Твердые кислоты и основания.
15. Природа активного состояния твердых тел.
16. Активирование твердофазных реагентов изменением их химической и термической предистории, введением микродобавок.
17. Механическая и механохимическая активация твердых веществ.
18. Активирование реакционных смесей в процессе твердофазного взаимодействия.
19. Управление химическими реакциями в твердой фазе.
20. Особые термодинамические свойства поверхности раздела.
21. Метод слоя конечной толщины. Термодинамика поверхностных явлений Гиббса.
23. Поверхностно-активные и инактивные компоненты.
24. Смачивание и растекание, когезия и адгезия.
25. Адгезия между твердыми телами.
26. Кривизна поверхности. Уравнение Лапласа. Уравнение Кельвина.
27. Зависимость поверхностного натяжения от межмолекулярных взаимодействий, температуры и кривизны поверхности.
28. Равновесная форма и поверхностное натяжение твердых фаз.
30. Ртутная порометрия и модели индивидуальных пор.
31. Применение таблиц Башфорта и Адамса для решения задач флотации.
32. Теория и описание явлений капиллярной конденсации.
33. Смачивание и краевые углы. Теория смачивания.
34. Равновесие на границе жидкость – газ.
35. Условие закрепления частиц на пузырьках, движущихся с ускорением.
36. Термодинамическое выявление факторов, способствующих элементарному акту флотации.
37. Факторы, влияющие на адсорбцию. Адсорбция неэлектролитов.
38. Адсорбция электролитов.
39. Закономерности и основные теории обменной адсорбции (работы Ганса, Гапона, Никольского).
40. Теории гидролитической адсорбции.
41. Характеристика поверхности минералов. Классификация минералов по флотиремости.
42. Водная и газовая фазы и их влияние на флотацию минералов.
43. Назначение и классификация флотационных реагентов.
44. Виды сорбции флотационных реагентов.
45. Кинетика поглощения флотационных реагентов минералами из раствора.

46. Адсорбционная и поверхностная активности флотационных реагентов.
47. Роль собирателя при флотации и механизм его действия.
48. Пути подбора эффективных флотационных реагентов, методов исследования.
49. Кинетика флотации. Влияние на флотацию газов, выделяющихся из раствора.
50. Особенности флотации крупных и тонких частиц.

**Пример экзаменационного билета:**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И  
НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Забайкальский государственный  
университет»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1  
по дисциплине Физико-химические  
основы обогащения полезных  
ископаемых  
направление подготовки 21.05.04 «Горное  
дело»  
семестр 9

1. Химическая термодинамика избирательного выщелачивания. Задача термодинамического исследования.
2. Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра.
3. Вычислить среднее значение коэффициента распределения хинона между водой и этиловым эфиром при 19,5 °С, если концентрации хинона (моль/л) в воде 0,002915 и 0,008415, а в этиловом эфире соответственно 0,00893 и 0,02714.

Составил доцент Дабижа О.Н.  
« 19 » декабря 2016 г.

УТВЕРЖАЮ  
Зав.кафедрой химии            Салогуб Е.В.  
« 19 » декабря 2016 г.

**4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

**4.1. Описание процедур проведения текущего контроля успеваемости студентов**

Наименование оценочного средства	Описания процедуры проведения контрольно-оценочного мероприятия и процедуры оценивания результатов обучения
1	2
Лабораторная работа	Темы лабораторных работ и даты их проведения выдаются заранее, на первых практических занятиях. Перед их проведением студенты прослушивают правила техники безопасности и изучают теоретические вопросы по указанной теме. Лабораторные работы проводятся в лаборатории, снабженной необходимым оборудованием. Студенты должны быть одеты в халаты, перчатки и соблюдать все меры безопасности. Преподаватель на занятии, предшествующем лабораторной работе, доводит до студентов тему, теоретические и практические вопросы, подлежащие выполнению.

Окончание таблицы	
1	2
Собеседование	Собеседование проводится на практических и лабораторных занятиях. Студентам предлагается устно или письменно ответить на вопросы.
Задачи	Студенты решают задачи на практическом занятии. Задание выполняется по двум вариантам. Распределение вариантов осуществляется преподавателем. Преподаватель на практическом занятии, предшествующем занятию проведения контроля, доводит до обучающихся: тему, количество заданий и время выполнения заданий. Результаты решения задач оформляются студентами самостоятельно и сдаются на проверку преподавателю
Конспектирование	Задания для конспектирования выдаются на практических занятиях, предшествующих изучению предлагаемой темы. Конспект должен быть выполнен в установленный преподавателем срок и в соответствии с требованиями к оформлению (текстовой и графической частей). Выполненные задания в назначенный срок сдаются на проверку
Доклад	Защита докладов предусмотренные рабочей программой дисциплины, проводится во время практических занятий. Преподаватель на практическом занятии, предшествующем занятию проведения контроля, доводит до обучающихся: тему докладов и требования, предъявляемые к их выполнению и защите
Презентация	Презентацию готовят к практическому занятию совместно с докладом в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ.

#### ***4.2. Описание процедур проведения промежуточной аттестации***

##### ***Экзамен***

При определении уровня достижений обучающихся на экзамене обращается особое внимание на следующее:

- дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос;
- показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи;
- знание об объекте демонстрируются на фоне понимания его в системе данной дисциплины и междисциплинарных связей;
- ответ формулируется в терминах дисциплины, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию обучающегося;
- теоретические постулаты подтверждаются примерами из практики.

Составитель:

доцент Дабижа О.Н.