

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Забайкальский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Факультет Энергетический

Кафедра Химии

## УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

для студентов заочной формы обучения

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

наименование дисциплины (модуля)

для направления подготовки (специальности) 21.05.04 «**Горное дело**»  
код и наименование направления подготовки (специальности)

наименование профиля подготовки **Обогащение полезных ископаемых**

Общая трудоемкость дисциплины 180 часов (5 зачетных единиц)

Виды занятий	Распределение по семестрам в часах	Всего часов
	8 семестр	
Общая трудоемкость	180	180
Аудиторные занятия, в т.ч.:	18	20
лекционные (ЛК)	6	8
практические (семинарские) (ПЗ, СЗ)	6	6
лабораторные (ЛР)	6	6
Самостоятельная работа студентов (СРС)	162	160
Форма промежуточного контроля в семестре	зачет	0
Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП)	0	0

## Краткое содержание курса

Химическая термодинамика избирательного выщелачивания минералов. Кинетика процессов выщелачивания. Основы жидкостной экстракции. Экстракционные процессы в химическом обогащении. Химическое строение твердых веществ. Активное состояние твердофазных реагентов и продуктов. Дисперсные системы и их свойства. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем. Термодинамика поверхностных явлений на плоской границе раздела. Смачивание и растекание, когезия и адгезия. Адсорбция. Адсорбционные равновесия. Адсорбция из растворов. Адсорбция поверхностно-активных веществ и полимеров. Электрокинетические явления. Устойчивость дисперсных систем. Двойной электрический слой. Получение и очистка дисперсных систем.

## Форма текущего контроля

### Контрольная работа № 1

Контрольная работы выполняется в виде конспекта полных ответов на пять теоретических вопросов и решения семи расчетных задач и предоставляется преподавателю в начале сессии.

Для выбора теоретических вопросов и контрольных задач по основным разделам дисциплины необходимо руководствоваться данными таблицы 1.

**Таблица 1 – Номера контрольных вопросов и задач**

Задания	Последняя цифра номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Номера контрольных вопросов	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Номера контрольных задач	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10
	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10
	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10
	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10
	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	5.10
	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	6.10
	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	7.10

Контрольную работу следует оформить в рукописном виде в тетради на 18 листов, при этом на титульный лист наклеить типовую этикетку с указанием ФИО, группы, номера варианта. Допускается оформление контрольной работы в печатном виде. В этом случае, необходимо придерживаться всех требований, изложенных в методической инструкции **МИ 01-02-2018** Общие требования к построению и оформлению учебной текстовой документации. Нумерация формул, таблиц и рисунков в рабочей сквозная. Список использованных источников (литературы) необходимо оформить в соответствии с ГОСТ 7.80-2000.

Контрольная работа сдается ведущему дисциплину преподавателю кафедры химии ЗабГУ (каб. – Э 417а) в начале сессии.

Консультации проводятся по расписанию преподавателя (каб. – Э 417) При написании полных ответов на контрольные вопросы следует давать определения терминов, объяснять величины, входящие в уравнения, приводить графики и схемы. Решение задач должно обязательно содержать формулы, расчеты, единицы измерений.

Ниже приводятся примеры решения двух типовых задач.

### Типовые задачи и их решение

**Пример 1.** Рассчитайте энергию Гиббса межфазной поверхности и полную поверхностную энергию 1 г эмульсии бензола в воде с концентрацией 65 мас. % и дисперсностью 5 мкм<sup>-1</sup> при температуре 313 К. Плотность бензола при этой температуре равна 0,858 г/см<sup>3</sup>, поверхностное натяжение 30,0 мДж/м<sup>2</sup>, температурный коэффициент поверхностного натяжения бензола – 0,13 мДж/(м<sup>2</sup>·К).

*Решение.* Рассчитываем площадь поверхности капель бензола:

$$s = 6DV = 6D \frac{m}{\rho} = 6 \cdot 5 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1} \cdot \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 65\%}{858 \text{ м}^3 \cdot 100\%} = 22,73 \text{ м}^2,$$

где  $m$  – масса бензола;

$\rho$  – плотность бензола.

Находим энергию Гиббса поверхности капель бензола:

$$G_s = \sigma \cdot s = 30 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2 \cdot 22,73 \text{ м}^2 = 0,682 \text{ Дж м}^2$$

Полная поверхностная энергия  $U$  эмульсии определяется с использованием уравнения Гиббса–Гельмгольца:

$$U = \sigma - T \cdot \left( \frac{\partial \sigma}{\partial T} \right) \cdot s = 30 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2 - 313 \text{ К} (-0,13 \cdot 10^{-3}) \text{ Дж/(м}^2 \cdot \text{К)} \cdot 22,73 \text{ м}^2 = 1,61$$

Дж.

*Ответ:* 0,682 Дж м<sup>2</sup>; 1,61 Дж.

**Пример 2.** Рассчитайте работу адгезии ртути к стеклу при 293 К, если угол смачивания равен 130°. Поверхностное натяжение ртути составляет 475 мДж/м<sup>2</sup>. Найдите коэффициент растекания ртути по поверхности стекла.

**Решение:**

Работа адгезии рассчитывается по уравнению Дюпре–Юнга:

$$W_a = \sigma_{ж-г}(1 + \cos\theta) = 475 \text{ мДж/м}^2 (1 + \cos 130^\circ) = 475 \text{ мДж/м}^2 (1 - 0,64) = 171 \text{ мДж/м}^2.$$

Коэффициент растекания по Гаркинсу рассчитывают по соотношению:

$$f = W_a - W_k = W_a - 2\sigma_{ж-г} = 171 - 2 \cdot 475 = -779 \text{ мДж/м}^2,$$

где  $W_k$  – работа когезии смачивающей (растекающейся) жидкости.

Отрицательное значение коэффициента растекания означает отсутствие растекания жидкости.

*Ответ:* -779 мДж/м<sup>2</sup>.

***ПОДРОБНЕЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ И КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ МОЖНО РАЗАБРАТЬ В УЧЕБНОМ ПОСОБИИ:***

Коллоидная химия : примеры и задачи : [учеб. пособие] / [В. Ф. Марков, Т. А. Алексеева, Л. А. Брусницына, Л. Н. Маскаева ; науч. ред. В. Ф. Марков] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 188 с.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.

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

**1.5.** Вычислите удельную поверхность гидрозоль сульфида мышьяка  $\text{As}_2\text{S}_3$ , средний диаметр частиц которого равен  $1,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ , а плотность равна  $3,43 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ . Ответ дайте в  $\text{м}^{-1}$  и в  $\text{м}^2/\text{кг}$ .

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

**1.7.** Найдите удельную поверхность угля, применяемого в современных топках для пылевидного топлива, если известно, что угольная пыль предварительно просеивается через сито с отверстиями  $7,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$ .

Плотность угля равна  $1,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ . Систему считайте монодисперсной. Ответ дайте в  $\text{м}^{-1}$  и в  $\text{м}^2/\text{кг}$ .

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

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

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

## ЗАДАЧА 2.

**2.1.** Во влажном воздухе образуется туман при температуре 271 К и коэффициенте пересыщения 4,22. Рассчитайте критический размер ядер конденсации и число молекул, содержащихся в них. Поверхностное натяжение воды составляет  $74 \text{ мДж/м}^2$ , мольный объем воды равен  $18 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$ .

**2.2.** Рассчитайте избыточное давление в капле воды (за счет кривизны) с удельной поверхностью  $3 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1}$  при температуре 313 К, если поверхностное натяжение воды при 298 К составляет  $71,96 \text{ мДж/м}^2$ , а температурный коэффициент поверхностного натяжения воды  $d\sigma/dT = -0,16 \text{ мДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

**2.3.** Рассчитайте давление насыщенных паров над каплями четыреххлористого углерода с дисперсностью  $0,1 \text{ нм}^{-1}$  при температуре 293 К. Давление насыщенных паров четыреххлористого углерода над плоской поверхностью при этой температуре равно 13000 Па, плотность  $1,593 \text{ г/см}^3$ , поверхностное натяжение  $25,68 \text{ мДж/м}^2$ .

**2.4.** Определите, насколько давление паров над каплями воды диаметром 0,2 мкм больше, чем давление паров над плоской поверхностью

при температуре 298 К. Поверхностное натяжение воды 71,96 мДж/м<sup>2</sup>, мольный объем 18,05 см<sup>3</sup>/моль.

**2.5.** По зависимости поверхностного натяжения ( $\sigma$ ) от температуры определить температурный коэффициент поверхностного натяжения для ртути

<b>Температура, К</b>	313	363	413	443
<b>Поверхностное натяжение <math>\sigma</math>, Н/м</b>	0,4797	0,4680	0,4564	0,4494

**2.6.** По зависимости поверхностного натяжения ( $\sigma$ ) от температуры определить температурный коэффициент поверхностного натяжения для метанола и полную поверхностную энергию:

<b>Температура, К</b>	273	283	293	303	313
<b>Поверхностное натяжение <math>\sigma \cdot 10^3</math>, Н/м</b>	24,5	23,5	22,6	21,8	20,9

**2.7.** По зависимости поверхностного натяжения от температуры определить графически температурный коэффициент поверхностного натяжения ( $\sigma$ ) для бензола и полную поверхностную энергию:

<b>Температура, К</b>	353	363	373	383	393
<b>Поверхностное натяжение <math>\sigma \cdot 10^3</math>, Н/м</b>	20,28	19,16	18,02	16,85	15,71

**2.8.** Образование изморози наблюдается во влажном воздухе при температуре 273 К и коэффициенте пересыщения 4,37. Рассчитайте минимальный размер капель при конденсации и число молекул их составляющих. Поверхностное натяжение воды 73,8 мДж/м<sup>2</sup>, мольный объем воды  $18 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/моль.

**2.9.** Аэрозоль ртути сконденсировался в виде большой капли объемом 3,5 см<sup>3</sup>. Определите свободную поверхностную энергию аэрозоля, если дисперсность составляла 10 мкм<sup>-1</sup>. Поверхностное натяжение ртути равно 0,475 Дж/м<sup>2</sup>.

**2.10.** Сколько нужно затратить энергии, чтобы диспергировать  $1 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup> масла в виде тумана с дисперсностью частиц  $1 \cdot 10^5$  м<sup>-1</sup>? Поверхностное натяжение масла  $40,5 \cdot 10^{-3}$  Н/м

### Задача 3.

**3.1.** Определите радиус частиц гидрозоля золота, если после установления диффузионно-седиментационного равновесия при 293 К на высоте  $h = 8,56$  см концентрация частиц изменяется в  $e$  раз. Плотность золота  $\rho = 19,3$  г/см<sup>3</sup>, плотность воды  $\rho_0 = 1,0$  г/см<sup>3</sup>.

**3.2.** Рассчитайте и сравните время оседания частиц в гравитационном и центробежном полях при следующих условиях: радиус частиц  $r = 10^{-7}$  м; плотность дисперсионной фазы  $\rho = 3 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>; плотность дисперсионной среды  $\rho_0 = 1 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>; вязкость  $\eta = 1 \cdot 10^{-3}$  Па · с; высота оседания  $H = 0,1$  м; центробежное ускорение  $\omega^2 h = 200g$ .

**3.3.** Рассчитайте радиус частиц золя AgCl в воде, если время их оседания в центрифуге составило 10 мин при следующих условиях: исходный уровень  $h_1 = 0,09$  м; конечный уровень  $h_2 = 0,14$  м; плотность дисперсионной фазы  $\rho = 5,6 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>; плотность дисперсионной среды  $\rho_0 = 1 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>; частота вращения центрифуги  $n = 1000$  об/мин; вязкость  $\eta = 1 \cdot 10^{-3}$  Па · с.

**3.4.** Определите высоту, на которой после установления диффузионно-седиментационного равновесия концентрация частиц гидрозоля SiO<sub>2</sub> уменьшится вдвое. Частицы золя сферические, дисперсность частиц: а)  $0,2$  нм<sup>-1</sup>; б)  $0,1$  нм<sup>-1</sup>; в)  $0,01$  нм<sup>-1</sup>. Плотность SiO<sub>2</sub>  $2,7$  г/см<sup>3</sup>, плотность воды  $1$  г/см<sup>3</sup>, температура 298 К.

**3.5.** Для гидрозоля Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> рассчитайте высоту, на которой концентрация частиц уменьшается в  $2,7$  раза. Форма частиц сферическая, удельная поверхность дисперсионной фазы гидрозоля: а)  $10^9$  м<sup>-1</sup>; б)  $0,5 \cdot 10^9$  м<sup>-1</sup>; в)  $10^8$  м<sup>-1</sup>.



Плотность  $Al_2O_3$   $4 \text{ г/см}^3$ , плотность дисперсионной среды  $1 \text{ г/см}^3$ , температура  $293 \text{ К}$ .

**3.6.** Частицы бентонита дисперсностью  $D = 0,8 \text{ мкм}^{-1}$  оседают в водной среде под действием силы тяжести. Определите время оседания  $\tau_1$  на расстояние  $h = 0,1 \text{ м}$ , если плотность бентонита  $\rho = 2,1 \text{ г/см}^3$ , плотность среды  $\rho_0 = 1,1 \text{ г/см}^3$ , вязкость среды  $\eta = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ . Во сколько раз быстрее осядут частицы на то же расстояние в центробежном поле, если начальное расстояние от оси вращения  $h_0 = 0,15 \text{ м}$ , а скорость вращения центрифуги  $n = 600 \text{ об/с}$ ?

**3.7.** Определите радиус частиц гидрозоля золота, если после установления диффузионно-седиментационного равновесия при  $293 \text{ К}$  на высоте  $H = 8,56 \text{ см}$  концентрация частиц изменяется в  $e$  раз. Плотность золота  $\rho = 19,3 \text{ г/см}^3$ , плотность воды  $\rho_0 = 1,0 \text{ г/см}^3$ .

**3.8.** В опытах Вестгрена было получено следующее установившееся под действием силы тяжести распределение частиц гидрозоля золота по высоте:

h, мкм	0	50	100	200	300	400	500
Число частиц в единице объема	1431	1053	779	408	254	148	93

Определите средний размер частиц гидрозоля, если плотность дисперсной фазы равна  $19,6 \text{ г/см}^3$ , температура  $292 \text{ К}$ .

**3.9.** Рассчитайте, за какое время сферические частицы  $Al_2O_3$ , распределенные в среде с вязкостью  $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ , оседают на высоту  $1 \text{ см}$ , если удельная поверхность частиц составляет: а)  $10^4 \text{ м}^{-1}$ ; б)  $10^5 \text{ м}^{-1}$ ; в)  $10^6 \text{ м}^{-1}$ . Плотности дисперсной фазы и дисперсионной среды равны соответственно  $4$  и  $1 \text{ г/см}^3$ .

**3.10.** Определите удельную поверхность порошка сульфата бария (в расчете на единицу массы), если частицы его оседают в водной среде на высоту  $0,226 \text{ м}$  за  $1350 \text{ с}$  (предполагая, что частицы имеют сферическую форму). Плотность сульфата бария и воды соответственно  $4,5$  и  $1 \text{ г/см}^3$ , вязкость воды  $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ .

#### Задача 4.

**4.1.** Как изменится реакционная способность и растворимость порошкообразного сульфида серебра, если средний размер частиц составит 1 мкм, 10 нм при температуре 298 К? Поверхностное натяжение составляет 2,21 Дж/м<sup>2</sup>.

**4.2.** Как повлияет на реакционную способность диспергирование частиц ртути до размера 100; 50; 30 и 20 нм? Поверхностное натяжение составляет 0,4753 Дж/м<sup>2</sup>.

**4.3.** Как изменится при температуре 298 К реакционная способность порошкообразного оксида магния MgO, если средний размер частиц составит 10 и 100 нм? Поверхностное натяжение составляет 1,0 Дж/м<sup>2</sup>.

**4.4.** Во сколько раз изменится реакционная способность порошкообразного вольфрама и температура его плавления, если средний размер частиц составит 1 и 100 нм? Поверхностное натяжение составляет 6,814 Дж/м<sup>2</sup>. Температура плавления вольфрама 3380 °С. Удельная теплота плавления 191 кДж/кг.

**4.5.** Имеются два наноматериала одного и того же химического состава, состоящие из частиц сферической формы. Средний радиус частиц первого материала 20 нм, а второго 100 нм. Какой из двух материалов имеет большую удельную поверхность и во сколько раз?

**4.6.** Наночастицы золота известны своими каталитическими свойствами. Сколько наночастиц состава Au<sub>8</sub> можно получить из 2,5 см<sup>3</sup> металла? Плотность золота составляет 19,3 г/см<sup>3</sup>.

**4.7.** Наночастица, содержащая 55 атомов золота, имеет диаметр 1,4 нм. Оцените радиус атома золота, считая, что атомы в наночастице занимают 70 % ее объема.

**4.8.** Чему будет равна температура плавления порошка железа дисперсностью 10<sup>7</sup> м<sup>-1</sup>, если справочная температура плавления железа 1806

К, величина поверхностного натяжения  $2,3 \text{ Дж/м}^2$ , а теплота плавления  $13,8 \text{ кДж/моль}$ ?

**4.9.** Чему будет размер частиц меди, если температура плавления медного порошка снизилась на  $100$  градусов по сравнению со справочной? Принять поверхностное натяжения меди  $1,43 \text{ Дж/м}^2$ , а теплоту плавления  $13,05 \text{ кДж/моль}$ .

**4.10.** Насколько снизится температура плавления натрия по сравнению со справочной ( $370,3 \text{ К}$ ), если после диспергирования средний размер частиц составил  $5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ ? Принять поверхностное натяжение равным  $0,25 \text{ Дж/м}^2$ , а теплоту плавления  $2,6 \text{ кДж/моль}$ .

### Задача 5.

**5.1.** 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

**5.2.** 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

**5.3.** 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

**5.4.** 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

**5.5.** 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:  $100 \cdot 10^2$ ,  $200 \cdot 10^2$ ,  $400 \cdot 10^2$ ,  $500 \cdot 10^2$  Н/м<sup>2</sup>.

**5.6.** 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

**5.7.** 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

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

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

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

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

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

**5.10.** Построить график изотермы адсорбции в координатах  $x/m$ - $C$ , используя опытные данные, полученные при изучении адсорбции уксусной кислоты кровяным углем при 25<sup>0</sup>С . Определите константы по Фрейндлиху.

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

### ЗАДАЧА 6.

**6.1.** 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

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

**6.3.** 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.

**6.4.** 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>.

**6.5.** 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>.

**6.6.** По коэффициенту растекания определите, будет ли растекаться сероуглерод CS<sub>2</sub> 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>.

**6.7.** Вычислите коэффициент растекания по воде для бензола и анилина, если работа когезии для бензола равна  $0,0577 \text{ Дж/м}^2$ , для анилина равна  $0,0832 \text{ Дж/м}^2$ , а работы адгезии соответственно равны  $0,0666$  и  $0,1096 \text{ Дж/м}^2$ .

**6.8.** Вычислите коэффициент растекания олеиновой кислоты по поверхности воды при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Поверхностное натяжение воды, кислоты и межфазное натяжение соответственно равны:  $0,0728$ ,  $0,0323$  и  $0,0160 \text{ Дж/м}^2$ . Будет ли кислота растекаться по поверхности воды?

**6.9.** Взятые вещества гептан и гептиловая кислота. Какое из них будет лучше растекаться по воде, если работы когезии соответственно равны  $0,0402$  и  $0,0556 \text{ Дж/м}^2$ , а работы адгезии равны  $0,0419$  и  $0,0948 \text{ Дж/м}^2$ ?

**6.10.** Будет ли растекаться йодбензол по поверхности воды при  $16,8 \text{ }^\circ\text{C}$ , если поверхностное натяжение воды, йодбензола и межфазное натяжение соответственно равны  $0,0733$ ,  $0,0403$ ,  $0,0457 \text{ Дж/м}^2$ ?

## ЗАДАЧА 7.

**7.1.** Построить график зависимости потенциала течения от давления для кварцевой диафрагмы в растворе хлорида калия по следующим данным: давление  $P$  (Па) равно а)  $5 \cdot 10^3$ ; б)  $10 \cdot 10^3$ ; в)  $15 \cdot 10^3$ ; г)  $20 \cdot 10^3$ ; д)  $25 \cdot 10^3$ ;  $\xi = 8 \cdot 10^{-2} \text{ В}$ ;  $\varepsilon = 81$ ;  $\eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ ;  $\alpha_v = 2,1 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ ;  $\alpha = 1,2$ .

**7.2.** Рассчитайте скорость электрофореза частиц оксида алюминия в воде с учетом электрофоретического торможения по следующим данным:  $\xi = 2 \cdot 10^{-2} \text{ В}$ ;  $E = 5 \cdot 10^2 \text{ В/м}$ ;  $\varepsilon = 81$ ;  $\eta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ ;  $a = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ ;  $\chi = 1 \cdot 10^{-7} \cdot \text{м}^{-1}$

**7.3.** Рассчитайте скорость электрофореза частиц оксида алюминия в метаноле с учетом электрофоретического торможения по следующим данным:  $\xi = 3 \cdot 10^{-2} \text{ В}$ ;  $E = 3 \cdot 10^2 \text{ В/м}$ ;  $\varepsilon = 33$ ;  $\eta = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ ;  $a = 1,5 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ ;  $\xi = 2 \cdot 10^9 \text{ м}^{-1}$ .

**7.4.** Рассчитайте потенциал течения через корундовую диафрагму в растворе хлорида калия, если известно, что скорость электрофореза частиц корунда, образующих диафрагму, в том же растворе без учета  $10^{-6}$  м/с;  $E = 4 \cdot 10^2$  В/м;  $\varepsilon = 81$ ;  $\eta = 0,8 \cdot 10^{-3}$  Па · с;  $\alpha = 1,5$ ;  $\chi = 2 \cdot 10^9$  м<sup>-1</sup>;  $a = 5 \cdot 10^{-8}$  м;  $p = 4 \cdot 10^3$  Па;  $\kappa_v = 1,5 \cdot 10^{-2}$  Ом<sup>-1</sup> · м<sup>-1</sup>.

**7.5.** Рассчитайте потенциал течения через диафрагму из частиц карбоната кальция в водном растворе хлорида натрия, если известно, что скорость электрофореза частиц карбоната в том же растворе без учета электрофоретического торможения равна  $10 \cdot 10^{-6}$  м/с;  $E = 4 \cdot 10^2$  В/м;  $\varepsilon = 81$ ;  $\eta = 0,8 \cdot 10^{-3}$  Па · с;  $\chi = 1,5 \cdot 10^7$  м<sup>-1</sup>;  $a = 3 \cdot 10^{-7}$  м;  $p = 5 \cdot 10^3$  Па;  $\kappa_v = 2,5 \cdot 10^{-2}$  Ом<sup>-1</sup> · м<sup>-1</sup>;  $\alpha = 1,2$ .

**7.6.** Рассчитайте электрофоретическую подвижность частиц карбоната стронция в воде, если  $\xi$ , рассчитанный по скорости электрофореза без учета электрофоретического торможения, равен  $50 \cdot 10^{-3}$  В;  $E = 4 \cdot 10^2$  В/м;  $\varepsilon = 81$ ;  $\eta = 1 \cdot 10^{-3}$  Па · с;  $\chi = 1,5 \cdot 10^8$  м<sup>-1</sup>;  $a = 2 \cdot 10^{-8}$  м.

**7.7.** Рассчитайте скорость электроосмоса раствора хлорида калия через корундовую диафрагму, если известно, что  $\xi$ , рассчитанный по скорости электрофореза частиц корунда в том же растворе без учета электрофоретического торможения, равен  $50 \cdot 10^{-3}$  В;  $E = 2 \cdot 10^2$  В/м;  $\varepsilon = 81$ ;  $\eta = 1 \cdot 10^{-3}$  Па · с;  $\kappa_v = 2 \cdot 10^{-2}$  Ом<sup>-1</sup> · м<sup>-1</sup>,  $\kappa \cdot a = 3$ ;  $a = 1,1$ ;  $I = 2 \cdot 10^{-2}$  А.

**7.8.** Вычислите  $\xi$ , если известно, что потенциал течения, определенный при продавливании раствора хлорида калия через корундовую диафрагму под давлением  $20 \cdot 10^3$  Па, равен  $22,5 \cdot 10^{-3}$  В. Удельная проводимость раствора  $\kappa_v = 1,37 \cdot 10^{-2}$  Ом<sup>-1</sup> · м<sup>-1</sup>, коэффициент эффективности диафрагмы  $\alpha = 1,8$ ;  $\varepsilon = 81$ ;  $\eta = 1 \cdot 10^{-3}$  Па · с.

**7.9.** Рассчитайте электрофоретическую подвижность частиц оксида железа по следующим данным: скорость электроосмоса через диафрагму из таких же частиц в том же растворе  $v = 2 \cdot 10^{-9}$  м<sup>3</sup> /с;  $\varepsilon = 81$ ;  $\eta = 1 \cdot 10^{-3}$  Па · с;  $\kappa_v = 1,2 \cdot 10^{-2}$  Ом<sup>-1</sup> · м<sup>-1</sup>;  $\kappa_v = 2 \cdot 10^{-2}$  Ом<sup>-1</sup> · м<sup>-1</sup>;  $I = 1,6 \cdot 10^{-2}$  А.

**7.10.** Рассчитайте массу осадка, полученного на цилиндрическом электроде при электрофорезе водной суспензии оксида железа. Длина электрода  $l = 2 \cdot 10^{-2}$  м; радиус внутреннего электрода  $r_2 = 1 \cdot 10^{-3}$  м; радиус наружного  $r_1 = 28 \cdot 10^{-3}$  м; напряжение на электродах  $U = 20$  В;  $\varepsilon = 81$ ;  $\eta = 1 \cdot 10^{-3}$  Па · с;  $\xi = 20 \cdot 10^{-3}$  В;  $\tau = 15$  с;  $c_0 = 0,5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>,  $c_m = 1 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

### **Форма промежуточного контроля**

#### **Зачет**

К сдаче зачёта допускаются студенты, которые отработали лабораторный практикум, оформили отчеты по лабораторным работам, выполнили контрольную работу, законспектировали лекционный материал и решили необходимый минимум задач на практических занятиях.

#### **Перечень примерных вопросов для подготовки к зачету.**

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. Термодинамика и кинетика процесса экстракции.
7. Основные понятия экстракции. Механизмы экстракции. Типы экстрагентов.
8. Селективная экстракция ценных компонентов из многокомпонентных растворов.
9. Экстракционное выщелачивание.
10. Понятие остова твердого тела.
11. Основные пути получения активных твердых тел.
12. Химия кластеров: классификация и строение.



13. Зонная теория твердого тела<sup>2</sup>.
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.
22. Поверхностное натяжение жидких и твердых веществ. Методы измерения поверхностного натяжения.
23. Поверхностно-активные и инактивные вещества.
24. Смачивание и растекание, когезия и адгезия.
25. Адгезия между твердыми телами.
26. Кривизна поверхности. Уравнение Лапласа. Уравнение Кельвина.
27. Адсорбция. Поверхностная активность.
28. Изотерма Ленгмюра.
29. Когезия и адгезия и их определение. Коэффициент растекания.
30. Капиллярные явления. Теория и описание явлений капиллярной конденсации.
31. Смачивание и краевые углы. Теория смачивания.
32. Седиментация. Седиментационно-диффузионное равновесие.
33. Факторы, влияющие на адсорбцию. Адсорбция неэлектролитов.
34. Теории адсорбции Поляни, БЭТ, Фрейндлиха.
35. Закономерности и основные теории обменной адсорбции (работы Ганса, Гапона, Никольского).

36. Типы ионитов. Ионный обмен. Мембранный потенциал.
37. Адсорбционные равновесия. Виды адсорбции.
38. Дисперсные системы: аэлозоли, пены, эмульсии, суспензии.
39. Адсорбция поверхностно-активных веществ и полимеров. Состояние поверхностных пленок.
40. Электрокинетические явления: электрофорез, электроосмос, потенциал протекания, потенциал оседания.
41. Теория Гельмгольца, Гуи-Чепмена, Штерна.
42. Теория броуновского движения.
43. Уравнение Эйнштейна-Смолуховского.
44. Диффузия. Законы Фика.
45. Дисперсные системы. Очистка дисперсных систем: диализ, ультрафильтрация.
46. Устойчивость дисперсных систем.
47. Факторы агрегативной устойчивости.
48. Теория ДЛФО.
49. Коагуляция дисперсных систем. Скорость коагуляции.
50. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем.

**Оформление письменной работы согласно МИ 01-02-2018 Общие требования к построению и оформлению учебной текстовой документации**

### **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **Основная литература**

#### **Печатные издания**

1. Черняк Абрам Самуилович. Химическое обогащение руд / Черняк Абрам Самуилович. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Недра, 1976. - 296 с.
2. Розман, Герман Аронович. Современные представления о строении и свойствах твердых тел : учеб. пособие / Розман Герман Аронович. - Ленинград, 1975. - 119 с.

3. Щукин, Евгений Дмитриевич. Коллоидная химия : учебник / Щукин Евгений Дмитриевич. - 5-е изд., испр. - Москва: Высшая школа, 2007. - 443 с.

#### **Издания из ЭБС**

4. Гавронская, Юлия Юрьевна. Коллоидная химия: Учебник и практикум / Гавронская Юлия Юрьевна; Гавронская Ю.Ю., Пак В.Н. - М.: Издательство Юрайт, 2016. – 287.

5. Марков, Вячеслав Филиппович. Коллоидная химия. Примеры и задачи : Учебное пособие / Марков Вячеслав Филиппович; Марков В.Ф., Алексеева Т.А., Брусницына Л.А., Маскаева Л.Н. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 186. - Ссылка на ресурс: <https://www.biblio-online.ru/book/CE25ECC1-1D58-4052-AE92-0B18DB912D87>.

#### **Дополнительная литература**

##### **Печатные издания**

6. Фридрихсберг, Д.А. Курс коллоидной химии : учебник для вузов / Д. А. Фридрихсберг. - 2-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Химия, 1984. - 368 с.

7. Зимон, Анатолий Давыдович. Адгезия жидкости и смачивание / Зимон Анатолий Давыдович. - Москва : Химия, 1974. - 412 с

8. Кудряшева, Надежда Степановна. Физическая и коллоидная химия : Учебник и практикум / Кудряшева Надежда Степановна; Кудряшева Н.С., Бондарева Л.Г. - 2-е изд. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 379.

#### **Издания из ЭБС**

9. Дабижа, Ольга Николаевна. Экспериментальные работы по физической химии : учеб. пособие / Дабижа Ольга Николаевна. - Чита : ЗабГУ, 2016. - 245 с. - Электронный документ (тип: pdf, размер: 6351 Кб).

10. Абрамов, Владимир Яковлевич. Физико-химические основы комплексной переработки алюминиевого сырья (щелочные способы) [Электронный ресурс] / Абрамов Владимир Яковлевич, И. В. Николаев, Д. Г. Стельмакова; под ред. В.Я. Абрамова. - Москва : Металлургия, 1985. - 288 с.

## Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

11. Левченков С.И. Физическая и коллоидная химия. - Режим доступа: URL: [http://physchem.chimfak.rsu.ru/Source/PCC/Colloids\\_1.htm](http://physchem.chimfak.rsu.ru/Source/PCC/Colloids_1.htm).
12. Книги и учебники по химии твердого тела. - Режим доступа: URL: <http://www.twirpx.com/files/chidnustry/solid/>.
13. Открытая химия (образовательный электронный ресурс) - Режим доступа: URL: <http://chemistry.ru/textbook/content.html>.
14. Электронная библиотека учебных материалов по химии. - Режим доступа: URL: <http://www.chem.msu.su/rus/elibrary/>.
15. Общая, неорганическая и органическая химия, решение задач и другое. - Режим доступа: URL: [http://neochemistry.ru/zadachki2/index.php?option=com\\_frontpage&Itemid=1](http://neochemistry.ru/zadachki2/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1).
16. Химический каталог - статьи, учебники, учебные пособия к разделу «химия» . - Режим доступа: URL: <http://www.ximicat.com/>.

Доцент кафедры химии \_\_\_\_\_ Дабижа Ольга Николаевна  
подпись

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Салогуб Елена Викторовна  
подпись