

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 Физическая химия  
наименование дисциплины

для специальности 21.05.04 «Горное дело»

Специализация «Обогащение полезных ископаемых»  
код и наименование направления подготовки (специальности)

Общая трудоемкость дисциплины 108 часов (3 зачетных единицы)

Виды занятий	Распределение по семестрам в часах	Всего часов
	5 семестр	
Общая трудоемкость	108	108
Аудиторные занятия, в т.ч.:	12	18
лекционные (ЛК)	6	8
практические (семинарские) (ПЗ, СЗ)	6	10
лабораторные (ЛР)	0	0
Самостоятельная работа студентов (СРС)	96 контрольная работа	96
Форма промежуточного контроля в семестре	зачет	0
Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП)	0	0

## Краткое содержание курса

Задачи и методы исследования физической химии, этапы ее развития. Основные понятия химической термодинамики. Законы термодинамики. Теплоемкость, тепловой эффект химической реакции, закон Гесса. Зависимость теплового эффекта от температуры, закон Кирхгофа. Изменение энтропии в различных процессах. Постулат Планка. Химическое равновесие, закон действующих масс Ле Шателье-Брауна.

Скорость и константа скорости химической реакции. Кинетические закономерности реакций первого, второго и третьего порядков. Методы определения порядков реакции. Кинетические закономерности сложных реакций. Влияние температуры на скорость реакции, уравнение Аррениуса, правило Вант-Гоффа. Определение энергии активации из экспериментальных данных.

Растворы электролитов. Теория электролитической диссоциации, сильные и слабые электролиты. Закон разведения Оствальда. Теории Дебая-Хюккеля, Онзагера. Электропроводность растворов электролитов, понятие удельной и эквивалентной электропроводности. Зависимость электропроводности от различных факторов. Подвижность, скорость движения ионов, числа переноса. Гидратация ионов. Кондуктометрия, кондуктометрическое титрование.

## Форма текущего контроля

### Контрольная работа № 1.

Для выбора пяти теоретических вопросов и семи задач по основным разделам дисциплины необходимо руководствоваться данными таблиц 1 и 2, соответственно.

**Таблица 1 - Выбор теоретических вопросов по последней цифре номера зачетной книжки**

Теоретические задания	Последняя цифра номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Номера	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
контрольных	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
вопросов из перечня	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
для подготовки к	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
зачету	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

**Таблица 2 - Варианты задач по последним двум цифрам зачетной книжки**

Варианты задач	Две последние цифры в зачетной книжке	Варианты задач	Две последние цифры в зачетной книжке
1	01, 26, 51, 76	14	14, 39, 64, 89
2	02, 27, 52, 77	15	15, 40, 65, 90
3	03, 28, 53, 78	16	16, 41, 66, 91
4	04, 29, 54, 79	17	17, 42, 67, 92
5	05, 30, 55, 80	18	18, 43, 68, 93
6	06, 31, 56, 81	19	19, 44, 69, 94
7	07, 32, 57, 82	20	20, 45, 70, 95
8	08, 33, 58, 83	21	21, 46, 71, 96
9	09, 34, 59, 84	22	22, 47, 72, 97
10	10, 35, 60, 85	23	23, 48, 73, 98
11	11, 36, 61, 86	24	24, 49, 74, 99
12	12, 37, 62, 87	25	25, 50, 75, 00
13	13, 38, 63, 88	-	-

Контрольная работа оформляется в тетради 18 листов, на титульный лист наклеивается типовая этикетка с указанием ФИО, группы, номера варианта. Допускается оформление контрольной работы в печатном виде. В этом случае, необходимо придерживаться требований, изложенных в методической инструкции **МИ 01-03-2023** Общие требования к построению и оформлению учебной текстовой документации<sup>1</sup>.

При написании ПОЛНЫХ ОТВЕТОВ на контрольные вопросы следует руководствоваться УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРОЙ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ, приводить определения терминов, уравнения, схемы химических реакций. Решение задач должно содержать формулы с объяснением физических величин и их единиц измерения. Нумерация формул, таблиц и рисунков в работе - сквозная. Графики выполняются на миллиметровой бумаге карандашом или же в графическом редакторе в соответствии с требованиями<sup>2</sup>. Объем контрольной работы должен составлять не более 25 страниц в печатном виде и не менее 18 страниц в рукописном виде. В конце работы должен быть СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ, оформленный в соответствии с ГОСТ 7.80-2000; работа подписывается студентом с проставлением даты ее окончания.

<sup>1</sup> [https://zabgu.ru/files/html\\_document/pdf\\_files/fixe/Normativny'e\\_dokumenty/MI\\_\\_01-03-2023\\_Obshhie\\_trebovaniya\\_k\\_postroeniyu\\_i\\_oformleniyu\\_uchebnoj\\_tekstovoj\\_dokumentacii.pdf](https://zabgu.ru/files/html_document/pdf_files/fixe/Normativny'e_dokumenty/MI__01-03-2023_Obshhie_trebovaniya_k_postroeniyu_i_oformleniyu_uchebnoj_tekstovoj_dokumentacii.pdf)

<sup>2</sup> Степановских, Е. И. Использование графических зависимостей в физической химии : [учеб. пособие] / Е. И. Степановских, Л. А. Брусницына, Т. А. Алексеева ; [науч. ред. В. Ф. Марков] ; М-во образования и науки рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 130 с.

### Задача 1.

Для химической реакции, указанной в таблице 3 (в скобках после формул указано агрегатное состояние вещества: г - газообразное, ж – жидкое, к – кристаллическое или твердое), вычислить  $\Delta H^0$ ,  $\Delta S^0$ ,  $\Delta G^0$ ,  $K_p$  при  $T = 298$  К. При решении этой задачи необходимо пользоваться справочником<sup>3</sup>.

1. Является данная реакция экзотермической или эндотермической?
2. Как изменилась энтропия системы после протекания реакции? Беспорядок в реакционной системе повышается или понижается?
3. Чему равно изменение свободной энергии Гиббса? Протекает ли данная реакция самопроизвольно при стандартных условиях?<sup>4</sup>

Таблица 3 - Уравнения реакций для термодинамических расчетов

Варианты	Уравнения реакций
1	$4\text{NH}_3(\text{г}) + 5\text{O}_2(\text{г}) = 6\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 4\text{NO}(\text{г})$
2	$\text{CCl}_4(\text{ж}) + 4\text{H}_2(\text{г}) = \text{CH}_4(\text{г}) + 4\text{HCl}(\text{г})$
3	$2\text{S}_2(\text{к}) + \text{CH}_4(\text{г}) = 2\text{H}_2\text{S}(\text{г}) + \text{CS}_2(\text{ж})$
4	$\text{CO}(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) = \text{CH}_4(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$
5	$\text{Cl}_2(\text{г}) + \text{CO}(\text{г}) = \text{COCl}_2(\text{г})$
6	$\text{CH}_3\text{Cl}(\text{г}) + \text{NH}_3(\text{г}) = \text{CH}_3\text{NH}_2(\text{г}) + \text{HCl}(\text{г})$
7	$6\text{CH}_4(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{C}_2\text{H}_2(\text{г}) + 2\text{CO}(\text{г}) + 10\text{H}_2(\text{г})$
8	$\text{H}_2(\text{г}) + \text{CCl}_4(\text{ж}) = \text{CHCl}_3(\text{ж}) + \text{HCl}(\text{г})$
9	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{г})$
10	$2\text{NO}(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) = 2\text{NOCl}(\text{г})$
11	$2\text{NO}_2(\text{г}) = 2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$
12	$\text{FeO}(\text{к}) + \text{CO}(\text{г}) = \text{Fe}(\text{к}) + \text{CO}_2(\text{г})$
13	$2\text{NO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{NO}_2(\text{г})$
14	$\text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г})$
15	$2\text{N}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{N}_2\text{O}(\text{г})$
16	$2\text{CO}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{CO}_2(\text{г})$
17	$4\text{HCl}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 2\text{Cl}_2(\text{г})$
18	$\text{N}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) = 2\text{NH}_3(\text{г})$
19	$6\text{CH}_4(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{C}_2\text{H}_2(\text{г}) + 2\text{CO}(\text{г}) + 10\text{H}_2(\text{г})$
20	$4\text{HI}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 2\text{I}_2(\text{к})$
21	$2\text{N}_2(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{г}) = 4\text{NH}_3(\text{г}) + 3\text{O}_2(\text{г})$
22	$\text{CH}_3\text{I}(\text{г}) + \text{NH}_3(\text{г}) = \text{CH}_3\text{NH}_2(\text{г}) + \text{HI}(\text{г})$
23	$2\text{NO}(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) = 2\text{NOCl}(\text{г})$
24	$4\text{HBr}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 2\text{Br}_2(\text{г})$
25	$2\text{N}_2(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{г}) = 4\text{NH}_3(\text{г}) + 3\text{O}_2(\text{г})$

<sup>3</sup> Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. А.А. Равделя, А.М. Пономаревой. - СПб.: Иван Федоров, 2002 - 239 с.

<sup>4</sup> Клебанов, А.В. Задачник по физической химии. второй закон термодинамики: методическая разработка / А.В. Клебанов, М.А.Бандюк. – Могилев: Могилевский государственный университет им. А.А. Кулешова, 2012. – 51 с.

### Задача 2.

Определить изменение энтропии [ $\Delta S^0$ , Дж/(моль·К)] при протекании реакции (табл. 4) при давлении  $1,013 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup> и температуре 25 °С, а также теплоту реакции обратимого процесса ( $\Delta H_{298}^0$ ), зная электродвижущую силу ( $E_{298}^0$ , В) и сделать вывод о возможности протекания самопроизвольного процесса.

Таблица 4 - Уравнения реакций для термодинамических расчетов

Варианты	Реакции	$E_{298}^0$ , В	$\Delta H_{298}^0$ , кДж/моль
1	$Pb (т) + 2AgCl (т) = PbCl_2 aq + 2Ag(т)$	0,490	-105,5
2	$Hg_2Cl_2 + 2KBr = Hg_2Br_2 + 2KCl$	0,128	-29,54
3	$Pb + Hg_2Cl_2 (т) = PbCl + 2Hg$	0,394	-128,98
4	$Cd + 2AgCl (т) = CdCl + 2Ag$	0,625	-136,4
5	$Tl (т) + AgCl (т) = TlCl (т) + Ag$	0,558	-78,17
6	$2Ag + Hg_2Cl_2(т) = 2AgCl + 2Hg$	0,046	+ 11,25
7	$Hg_2Cl_2(т) + 2KOH aq = Hg_2O (т) + 2KCl (т) + H_2O$	0,1542	+ 13,73
8	$CuAc_2 aq + Pb = PbAc_2 aq + Cu$	0,4764	+69,09
9	$Zn + CuSO_4 aq = Cu + ZnSO_4 aq$	1,100	-207,1
10	$Ag (т) + 1/2I_2(т) = AgI (т)$	0,688	-64,2
11	$Ag + 1/2Br_2(ж) = AgBr$	0,994	-99,16
12	$2Hg + Br_2 (ж) = Hg_2Br_2$	0,925	-206,77
13	$2Hg + Cl_2 (г) = Hg_2Cl_2$	1,092	-264,85
14	$Pb (т) + I_2 (т) = PbI_2 (т)$	0,662	-175,1
15	$PbO_2(т) + Pb (т) + 2H_2SO_4 aq = 2PbSO_4 (т) + 2H_2O$	1,581	-608,68
16	$Cd (т) + Cl_2 (г) = CdCl_2 (т)$	1,763	-389,0
17	$Cd (т) + Br_2 (ж) = CdBr_2 (т)$	1,468	-314,5
18	$Cu (т) + Cl_2 (г) = CuCl (т)$	1,023	-205,9
19	$Cu (т) + 1/2I_2 (т) = CuI (т)$	0,025	-695,3
20	$Cu (т) + 1/2 Br_2 (ж) = CuBr (т)$	0,544	-105,1
21	$Cu (т) + 1/2 Cl_2 (г) = CuCl (т)$	0,839	-134,7
22	$Mg (т) + Cl_2 (г) = MgCl_2 (т)$	3,723	-134,7
23	$Ni (т) + Cl_2 (г) = NiCl_2 (т)$	1,610	—315,9
24	$Zn (т) + Cl_2 (г) = ZnCl_2(т)$	2,123	—415,9
25	$Fe (т) + Cl_2 (г) = FeCl_2(т)$	1,800	—342,7

### Задача 3.

При изучении кинетики реакции первого порядка  $A \rightarrow B$  получены данные для построения кинетической кривой исходного вещества (табл. 5). Постройте кинетическую кривую (график зависимости концентрации (с) от времени) и выполните действия:

а) определите по кривой скорости реакции на пятой и десятой минуте от начала процесса;

б) постройте график зависимости  $\ln c = f(t)$  и найдите по нему величину константы скорости реакции;

в) определите по кинетической кривой  $c = f(t)$  время полупревращения;

г) вычислите константу скорости реакции графическим интегральным методом;

д) постройте кинетическую кривую продукта реакции<sup>5</sup>.

**Таблица 5 - Экспериментальные данные для построения кинетических кривых**

Варианты	Показатели	Значения						
		0	3	5	7	12	20	30
1	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	100,00	54,88	36,79	24,66	9,07	1,83	0,25
2	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	100,00	48,68	30,12	18,64	5,61	0,82	0,07
3	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	100,00	51,69	33,29	21,44	7,14	1,23	0,14
4	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	100,00	56,55	38,67	26,45	10,23	2,24	0,33
5	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	100,00	58,27	40,66	28,37	11,53	2,73	0,45
6	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	100,00	60,05	42,74	30,42	13,00	3,34	0,61
7	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	100,00	53,26	34,99	22,99	8,05	1,50	0,18

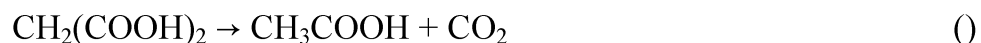
<sup>5</sup> Степановских, Е.И. Химическая кинетика: решение задач : учеб.-метод. пособие / Е. И. Степановских, Т. В. Виноградова, Л. А. Брусницына ; [науч. ред. В. Ф. Марков] ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 176 с.

Продолжение таблицы 5								
8	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	100,00	50,16	31,66	19,99	6,33	1,01	0,10
9	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	90,00	52,45	36,59	25,53	10,38	2,46	0,41
10	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	90,00	50,90	34,81	23,80	9,21	2,01	0,30
11	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	90,00	49,39	33,11	22,19	8,16	1,65	0,22
12	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	90,00	47,93	31,49	20,69	7,24	1,35	0,17
13	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	90,00	46,52	29,96	19,29	6,42	1,10	0,12
14	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	90,00	45,14	28,50	17,99	5,70	0,90	0,09
15	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	90,00	43,81	27,11	16,77	5,05	0,74	0,07
16	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	110,00	53,54	33,13	20,50	6,17	0,91	0,08
17	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	110,00	55,17	34,83	21,99	6,96	1,11	0,11
18	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	110,00	56,85	36,62	23,58	7,85	1,35	0,15
19	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	110,00	58,59	38,49	25,29	8,85	1,65	0,20
20	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	110,00	60,37	40,47	27,13	9,98	2,01	0,27
21	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	110,00	62,21	42,54	29,09	11,25	2,46	0,37

Окончание таблицы 5								
22	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	110,00	64,10	44,72	31,20	12,69	3,01	0,50
23	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	110,00	63,05	42,51	30,12	11,09	2,00	0,37
24	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	100,00	60,95	40,16	27,82	10,08	1,67	0,32
25	Время, мин	0	3	5	7	12	20	30
	Концентрация А, моль/м <sup>3</sup>	100,00	59,54	39,65	29,38	11,50	2,04	0,26

#### Задача 4.

Константа скорости реакции разложения малоновой кислоты



при температуре  $t_1$  равна  $k_1$  (табл. 6), а при температуре  $t_2$  она равна  $k_2$ . Чему равна константа скорости этой реакции при температуре  $t_3$ ?<sup>6</sup>

Выполните действия:

1) запишите уравнение Аррениуса в дифференциальной и интегральной форме;

2) определите по полученному уравнению значение энергии активации ( $E_a$ , кДж/моль);

3) используйте найденную величину для определения константы скорости реакции при температуре  $t_3$ .

Таблица 6 - Кинетические экспериментальные данные

Варианты	$k_1$ , мин <sup>-1</sup>	$t_1$ , °С	$k_2$ , мин <sup>-1</sup>	$t_2$ , °С	$t_3$ , °С
1	0,0684	154	0,0180	140	147
2	0,0624	153	0,0150	138	149
3	0,0516	151	0,0125	136	138
4	0,0420	149	0,0101	134	145
5	0,0360	147	0,0096	133	140
6	0,0300	145	0,0078	131	140
7	0,0250	143	0,0064	129	130
8	0,0220	142	0,0046	126	130

<sup>6</sup> Степановских, Е. И. Химическая кинетика: решение задач : учеб.-метод. пособие / Е. И. Степановских, Т. В. Виноградова, Л. А. Брусницына ; [науч. ред. В. Ф. Марков] ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 176 с.



Окончание таблицы 6					
9	0,0684	154	0,0150	138	142
10	0,0624	153	0,0101	134	140
11	0,0684	154	0,0180	140	145
12	0,0624	153	0,0150	138	142
13	0,0516	151	0,0125	136	142
14	0,0420	149	0,0101	134	138
15	0,0360	147	0,0096	133	142
16	0,0300	145	0,0078	131	142
17	0,0250	143	0,0064	129	132
18	0,0220	142	0,0046	126	132
19	0,0684	154	0,0150	138	140
20	0,0624	153	0,0101	134	144
21	0,0438	150	0,0213	140	145
22	0,0289	144	0,0070	130	137
23	0,0400	148	0,0118	135	141
24	0,0250	143	0,0125	136	139
25	0,0420	149	0,0064	129	140

### Задача 5.

При 298 К найти значение стандартной электродвижущей силы гальванического элемента, приведенного в табл. 7, по термодинамическим данным и сравнить полученное значение с ЭДС, вычисленной через стандартные электродные потенциалы.

1. Написать уравнения реакций, протекающих на электродах гальванического элемента;
2. Написать уравнение токообразующей реакции;
3. Записать уравнение Нернста для этой реакции и рассчитать ЭДС<sup>7</sup>.

**Таблица 7 - Данные для расчета электродвижущей силы гальванического элемента**

Варианты	Схемы гальванического элемента
1	Ag, AgBr <sub>тв</sub>   KBr ( <i>a</i> = 1,0 моль/л)   Hg <sub>2</sub> Br <sub>2тв</sub> , Hg   Ag
2	Ag   Pt, H <sub>2</sub>   HCl ( <i>a</i> = 1,0 моль/л)   AgCl <sub>тв</sub> , Ag
3	Pb, PbCl <sub>2тв</sub>   HCl ( <i>a</i> = 1,0 моль/л)   H <sub>2</sub> , Pt   Pb
4	Pb, PbCl <sub>2тв</sub>   CuCl <sub>2</sub> ( <i>a</i> = 1,0 моль/л)   Cu   Pb
5	Zn   ZnCl <sub>2</sub> ( <i>a</i> = 1,0 моль/л)   AgCl <sub>тв</sub> , Ag   Zn
6	Pb   Cd   CdSO <sub>4</sub> ( <i>a</i> = 1,0 моль/л)   PbSO <sub>4тв</sub>   Pb

<sup>7</sup> Степановских, Е. И. Ионные системы: решение задач : учеб.-метод. пособие / Е. И. Степановских, Т. В. Виноградова, Л. А. Брусницына ; [науч. ред. В. Ф. Марков] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018. — 220 с.

Окончание таблицы 7	
7	Pb, PbSO <sub>4</sub> тв   CuSO <sub>4</sub> (a = 1,0 моль/л)   Cu   Pb
8	Pb, PbSO <sub>4</sub> тв   K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (a = 1,0 моль/л)   Hg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> тв, Hg   Pb
9	Pb, PbCl <sub>2</sub> тв   KCl (a = 1,0 моль/л)   Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> тв, Hg   Pb
10	Pb, PbBr <sub>2</sub> тв   KBr (a = 1,0 моль/л)   AgBrтв, Ag   Pb
11	Ag Pb, PbCl <sub>2</sub> тв   HCl (a = 1,0 моль/л)   AgClтв, Ag
12	Ag   Pt, H <sub>2</sub>   HCl (a = 1,0 моль/л)   Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> тв, Hg   Ag
13	Pb  Zn   ZnSO <sub>4</sub> (a = 1,0 моль/л)   PbSO <sub>4</sub> тв   Pb
14	Pb  Fe   FeSO <sub>4</sub> (a = 1,0 моль/л)   PbSO <sub>4</sub> тв   Pb
15	Fe   FeCl <sub>2</sub> (a = 1,0 моль/л)   AgClтв, Ag  Fe
16	Cd   CdCl <sub>2</sub> (a = 1,0 моль/л)   AgClтв, Ag  Cd
17	Cd   CdCl <sub>2</sub> (a = 1,0 моль/л)   PbCl <sub>2</sub> тв, Pb  Cd
18	Zn   ZnCl <sub>2</sub> (a = 1,0 моль/л)   PbCl <sub>2</sub> тв, Pb   Zn
19	Fe   FeCl <sub>2</sub> (a = 1,0 моль/л)   PbCl <sub>2</sub> тв, Pb   Fe
20	Ag Pb, PbCl <sub>2</sub> тв   KCl (a = 1,0 моль/л)   AgClтв, Ag
21	Fe   FeCl <sub>2</sub> (a = 1,0 моль/л)   PbCl <sub>2</sub> тв, Pb  Fe
22	Zn   ZnCl <sub>2</sub> (a = 1,0 моль/л)   AgClтв, Ag  Zn
23	Fe   FeSO <sub>4</sub> (a = 0,1 моль/л)   PbSO <sub>4</sub> тв   Pb  Fe
24	Pb, PbCl <sub>2</sub> тв   HCl (a = 0,1 моль/л)   H <sub>2</sub> , Pt   Pb
25	Zn   ZnCl <sub>2</sub> (a = 0,1 моль/л)   AgClтв, Ag  Zn

### Задача 6.

Используя данные по зависимости удельного сопротивления  $r$ , Ом·м водных растворов веществ А и В от молярной концентрации эквивалентов  $C_{эк}$  (табл. 8 - 10) выполнить действия<sup>8</sup>:

1) построить графики зависимости удельной  $\alpha$  и молярной (эквивалентной) электрической проводимости  $\lambda$  растворов А и В от концентрации  $C_{эк}$ .

2) рассчитать константы диссоциации А и В и проверить, подчиняются ли растворы веществ А и В в воде закону разведения Оствальда.

3) определить для веществ А и В по данным зависимости молярной (эквивалентной) электрической проводимости  $\lambda$  от концентрации  $C_{эк}$  молярную электрическую проводимость при бесконечном разведении  $\lambda_{\infty}$  и сопоставить результат со справочными значениями<sup>9</sup>, рассчитанными по предельным молярным электрическим проводимостям соответствующих ионов.

<sup>8</sup> Яргаева, В. А. Физическая химия: вопросы и многовариантные задачи : учебное пособие / В. А. Яргаева ; [науч. ред. Л. И. Чекмарева]. - Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017. - 110 с.

<sup>9</sup> Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. А.А. Равделя, А.М. Пономаревой. - СПб.: Иван Федоров, 2002 - 239 с.

Таблица 8 - Список веществ для разных вариантов

Варианты	Вещества		Варианты	Вещества	
	А	В		А	В
1	HCN	HCl	14	HCN	HNO <sub>3</sub>
2	HNO <sub>2</sub>	HI	15	HNO <sub>2</sub>	KIO <sub>3</sub>
3	HOCl	HNO <sub>3</sub>	16	HOCl	NaBrO <sub>3</sub>
4	HCOOH	HIO <sub>3</sub>	17	NH <sub>4</sub> OH	CH <sub>3</sub> COOK
5	CH <sub>3</sub> COOH	NaBrO <sub>3</sub>	18	HCN	HI
6	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> AsO·OH	KCNS	19	HNO <sub>2</sub>	HNO <sub>3</sub>
7	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	KBrO <sub>3</sub>	20	HOCl	HIO <sub>3</sub>
8	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	CH <sub>3</sub> COONa	21	HCOOH	NaBrO <sub>3</sub>
9	CH <sub>3</sub> COOH	KCNS	22	HCOOH	KCNS
10	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> AsO·OH	KBrO <sub>3</sub>	23	CH <sub>3</sub> COOH	HCl
11	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	CH <sub>3</sub> COONa	24	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	KBrO <sub>3</sub>
12	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	CH <sub>3</sub> COOK	25	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	HI
13	NH <sub>4</sub> OH	HCl	-		

Таблица 9 - Удельные сопротивления веществ различных концентраций

Концентрация C <sub>эк</sub> , кмоль/м <sup>3</sup>	Удельное сопротивление ρ, Ом·м								
	HCN	HNO <sub>2</sub>	HOCl	HCOOH	CH <sub>3</sub> COOH	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> AsO·OH	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	NH <sub>4</sub> OH
0,100	3,10·10 <sup>3</sup>	4,32	927	6,06	19,6	131	3,1·10 <sup>3</sup>	9,75	2,55
0,050	4,37·10 <sup>3</sup>	5,70	1390	8,91	27,6	180	10,8·10 <sup>3</sup>	14,10	10,30
0,030	5,84·10 <sup>3</sup>	7,50	1810	10,30	34,8	235	14,5·10 <sup>3</sup>	18,50	14,50
0,010	10,1·10 <sup>3</sup>	13,40	3120	18,20	61,0	402	23,5·10 <sup>3</sup>	31,40	25,80
0,005	14,3·10 <sup>3</sup>	20,40	4560	25,90	87,0	582	32,7·10 <sup>3</sup>	48,80	100,00
0,003	18,3·10 <sup>3</sup>	26,80	5560	35,80	103,0	796	41,5·10 <sup>3</sup>	57,90	143,00
0,001	31,9·10 <sup>3</sup>	52,70	10000	68,50	185,0	1310	74,6·10 <sup>3</sup>	10,40	251,00

Таблица 10 - Удельные сопротивления веществ различных концентраций

Концентрация C <sub>эк</sub> , кмоль/м <sup>3</sup>	Удельное сопротивление ρ, Ом·м								
	HCl	HI	HNO <sub>3</sub>	HIO <sub>3</sub>	NaBrO <sub>3</sub>	KCNS	KBrO <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> COONa	CH <sub>3</sub> COOK
0,100	0,256	0,2542	0,261	0,360	1,17	0,832	0,982	1,37	1,035
0,050	0,501	0,5000	0,514	0,645	2,21	1,600	1,780	2,60	1,970
0,020	1,230	1,2200	1,245	1,455	5,24	3,810	4,240	6,18	4,730
0,010	2,430	2,4300	2,470	2,780	10,20	7,460	8,250	12,00	9,220
0,005	4,820	4,8200	4,900	5,310	21,00	14,500	16,300	23,40	18,200
0,002	11,900	12,100	12,100	13,200	48,60	36,000	40,000	57,00	44,500
0,001	27,700	23,8000	24,200	26,000	95,20	71,400	79,200	113,00	87,600

### Задача 7.

Для приготовления раствора использовали растворители А и вещество С, взяв их в количествах В и Д (табл. 11), соответственно<sup>10</sup>. Вычислите коллигативные свойства полученного раствора:

- 1) понижение температуры замерзания;
- 2) повышение температуры кипения;
- 3) осмотическое давление. Значения криоскопической и эбуллиоскопической констант растворителя взять из справочника<sup>11</sup>.

Таблица 11 - Данные для расчета коллигативных свойств растворов

Варианты	А (растворитель)	В (объём или масса растворителя)	С (растворенное вещество)	Д (количество растворенного вещества)
1	H <sub>2</sub> O	2 дм <sup>3</sup>	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	0,09 кг
2	H <sub>2</sub> O	3 кг	CH <sub>3</sub> OH	19,2 г
3	H <sub>2</sub> O	100 см <sup>3</sup>	CH <sub>3</sub> CONH <sub>2</sub>	11,8 г
4	H <sub>2</sub> O	1,5 дм <sup>3</sup>	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	0,054 кг
5	H <sub>2</sub> O	800 см <sup>3</sup>	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> (OH) <sub>3</sub>	36,8 г
6	H <sub>2</sub> O	2 кг	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	136,8 г
7	CS <sub>2</sub>	250 г	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	30,4 г
8	CS <sub>2</sub>	0,2 кг	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	9,2 г
9	CS <sub>2</sub>	400 г	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	31,2 г
10	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	0,5 кг	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> (OH) <sub>3</sub>	37 г
11	CCl <sub>4</sub>	200 г	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> (OH) <sub>3</sub>	9,2 г
12	CCl <sub>4</sub>	500 г	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,2 моль
13	CHCl <sub>3</sub>	0,4 кг	CH <sub>3</sub> OH	6,4 г
14	CHCl <sub>3</sub>	100 г	CH <sub>3</sub> C(=O)CH <sub>3</sub>	5,8 г
15	CHCl <sub>3</sub>	4 кг	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	15,6 г
16	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,2 кг	S	3,2 г
17	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	500 г	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	30,4 г
18	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,1 кг	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> (OH) <sub>3</sub>	4,6 г
19	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,8 кг	CH <sub>3</sub> COOH	0,2 моль
20	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	1,5 кг	CH <sub>3</sub> C(=O)CH <sub>3</sub>	17,4 г
21	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	2 кг	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	144 г
22	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	200 г	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	9,3 г
23	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	0,25 кг	HC(=O)H	9 г
24	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	300 г	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	0,018 кг
25	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	1,5 кг	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	46,8 г

<sup>10</sup> Коллигативные свойства растворов: Методические указания для самостоятельной работы студентов первого курса всех специальностей и форм обучения. / Сост. Т.В. Гомза. — Хабаровск: ХГТУ, Изд-во ХГТУ. 2005 — 20 с.

<sup>11</sup> Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. А.А. Равделя, А.М. Пономаревой. - СПб.: Иван Федоров, 2002 - 239 с.

## **Другие формы текущего контроля**

Текущий контроль в процессе изучения дисциплины «Физическая химия» осуществляется посредством следующих форм:

- решение задач и их обсуждение с точки зрения умения формулировать выводы;
- выполнение контрольной работы и обсуждение полученных результатов в виде собеседования;
- учет посещаемости лекций и активность на практических занятиях.

## **Форма промежуточного контроля**

### **Зачет**

#### **Перечень примерных вопросов для подготовки к зачету (ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ)**

1. Предмет исследования физической химии, ее задачи и методы.
2. Термохимия. Закон Гесса и его следствия.
3. Законы термодинамики и их практическое применение.
4. Термодинамические потенциалы. Расчет энтальпии, энтропии, свободной энергии Гиббса, свободной энергии Гельмгольца.
5. Фазовые равновесия. Понятия фазы, компонента, составляющих системы. Правило фаз Гиббса.
6. Влияние температуры на величину константы химического равновесия. Уравнение изохоры и изобары химической реакции.
7. Химическое равновесие и его количественная характеристика. Принцип Ле Шателье – Брауна.
8. Закон действующих масс. Применение закона действующих масс к гетерогенным системам.
9. Растворы и их классификация. Идеальные, реальные, предельно разбавленные, насыщенные растворы.
10. Химический потенциал и парциальные мольные величины.
11. Закономерности давления пара компонента над раствором. Законы Генри, Дальтона, Рауля.
12. Реальные растворы, Активность и коэффициент активности.
13. Диаграммы раствор – пар. Взаимная растворимость жидкостей.
14. Перегонка: простая и фракционная. Перегонка с водяным паром.

15. Азеотропные смеси. Законы Коновалова.
16. Осмотическое давление растворов. Закон Вант-Гоффа.
17. Изменение температуры замерзания растворов. Криоскопия.
18. Изменение температуры кипения растворов. Эбуллиоскопия.
19. Равновесие в системах пар = жидкость, пар = твердое тело. Общее условие равновесия в гетерогенных системах.
20. Порядок реакции и методы его определения. Молекулярность.
21. Скорость и константа скорости химической реакции.
22. Кинетические закономерности реакций первого, второго и третьего порядков.
23. Влияние температуры на скорость реакции. Правило Вант-Гоффа.
24. Энергия активации. Уравнение Аррениуса.
25. Теория активных столкновений.
26. Теория активированного комплекса.
27. Фотохимия. Закон фотохимической эквивалентности.
28. Закономерности гомогенного катализа.
29. Гетерогенный катализ.
30. Теория активированного комплекса.
31. Электролиты, их виды.
32. Теории электролитической диссоциации Аррениуса и Дебая-Хюккеля.
33. Электропроводность растворов электролитов. Удельная и молярная электропроводимость.
34. Кондуктометрия. Экспериментальное измерение электропроводности.
35. Подвижность, скорость движения ионов, числа переноса.
36. Типы электродов и области их применения.
37. Электродные потенциалы и электродвижущие силы.
38. Гальванический элемент Даниэля-Якоби.
39. Концентрационные цепи, их типы.
40. Стандартные электродные потенциалы. Уравнение Нернста.
41. Дисперсные системы и их классификации.
42. Адсорбция газов и жидкостей на твердых поверхностях.  
Физическая и химическая адсорбция.
43. Анализ изотермы адсорбции Ленгмюра.
44. Поверхностно-активные и инактивные вещества.
45. Полимолекулярная адсорбция.
46. Методы получения коллоидных систем.
47. Методы очистки коллоидных систем.

48. Предмет коллоидной химии, ее основные задачи и направления.
49. Оптические свойства коллоидных систем.
50. Очистка и устойчивость коллоидных систем.

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

### **Основная литература**

#### **Печатные издания**

1. Горшков, Владимир Иванович. Основы физической химии: учебник / Горшков Владимир Иванович, Кузнецов Иван Алексеевич. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 407 с.
2. Практикум по физической химии: учеб. пособие / под ред. М.И. Гельфмана. - Санкт-Петербург : Лань, 2004. - 256с.
3. Основы физической химии. Теория и задачи : учеб. пособие / Еремин Вадим Владимирович [и др.]. - Москва: Экзамен, 2005. - 480 с.

#### **Издания из ЭБС**

4. Дабижа, Ольга Николаевна. Экспериментальные работы по физической химии [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Дабижа Ольга Николаевна. - Чита: ЗабГУ, 2016. - 245 с. - Электронный документ (тип: pdf, размер: 6351 Кб)
5. Дерябин, Владимир Андреевич. Физическая химия дисперсных систем [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Дерябин Владимир Андреевич; Дерябин В.А., Фарафонтова Е.П., Кулешов Е.А. - под науч. ред. - Москва: Издательство Юрайт, 2018. – 86. Ссылка на ресурс: <https://www.biblio-online.ru/book/F731C07C-36EE-4356-9A7A-DFB406BC0F0D>.

### **Дополнительная литература**

#### **Печатные издания**

6. Физическая химия : учеб. пособие / Афанасьев Борис Николаевич, Акулова Юлия Петровна. - Санкт-Петербург : Лань, 2012. - 464 с.

7. Дабижа, Ольга Николаевна. Основы физической химии : учеб. пособие / Дабижа Ольга Николаевна, Н. А. Коновалова. - Чита : ЗаБИЖТ, 2012. - 150 с.

8. Физическая химия: учебник / Стромберг Армин Генрихович, Семченко Дмитрий Платонович; под ред. А.Г. Стромберга. - Москва : Высш. шк., 2009. - 527 с.

#### **Издания из ЭБС**

9. Физическая химия [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.И. Грызунов, И.Р. Кузеев, Е.В. Пояркова, В.И. Полухина, Е.Б. Шабловская, Е.Ю. Приймак, Н.В. Фирсова. - М.: ФЛИНТА, 2014. - Ссылка на ресурс: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976519633.html>.

10. Кудряшева, Надежда Степановна. Физическая и коллоидная химия [Электронный ресурс]: Учебник и практикум / Кудряшева Надежда Степановна; Кудряшева Н.С., Бондарева Л.Г. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 379. - Ссылка на ресурс: <https://www.biblio-online.ru/book/72CA68BF-9F1C-405D-9725-2CE497E5EEF8>.

#### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

11. Электронная библиотека учебных материалов по химии (ресурсы региональных университетов). – Режим доступа: URL: <http://www.chem.msu.ru/rus/elibrary/regions.html>.

12. Химия в сети Internet (сайт химического факультета Воронежского государственного университета). – Режим доступа: URL: <http://www.chem.vsu.ru/content/links.html>.

13. Физическая химия – помощь по химии. – Режим доступа: URL: <http://chembaby.com/fizicheskaya-ximiya/>.

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

И.о. заведующей кафедрой \_\_\_\_\_ Шумилова Лидия Владимировна  
подпись