

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Казанский государственный технологический университет»

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Контрольные задания

Казань
КГТУ
2007

УДК 541.18

Составители: проф. М. А. Хусаинов

доц. Д. М. Торсуев

Физическая химия : контрольные задания / сост. М. А. Хусаинов, Д. М. Торсуев. – Казань : Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2007. – 40 с.

Рассмотрены индивидуальные многовариантные контрольные задания для внеаудиторной самостоятельной работы студентов заочных отделений специальностей технологического профиля. Задания составлены в соответствии с программой ГОС ВПО и требованиями к уровню подготовки выпускников химико-технологических специальностей.

Подготовлены на кафедре физической и коллоидной химии.

Печатаются по решению методической комиссии по циклу общих математических и естественнонаучных дисциплин.

Рецензенты: проф. П. А. Гуревич

доц. А. А. Гайфуллин

Выбор вариантов задач

Вариант каждого номера задачи для конкретной контрольной работы выбирается по двум последним цифрам шифра. Если две последние цифры шифра больше числа вариантов задачи, две последние цифры шифра делим на число вариантов задачи углом, т.е. без калькулятора. Остаток от деления и есть номер варианта вашей задачи. Например, две последние цифры шифра 58, а число вариантов задачи 20 деление будет выглядеть так:

$$\begin{array}{r} 58 \overline{)20} \\ \underline{40} \\ 18 \end{array}$$

Остаток от деления получился 18, значит, решается задача 18 варианта. Если две последние цифры шифра меньше числа вариантов задачи, то число вариантов задачи делим на две последние цифры шифра. Остаток от деления будет выбранным вариантом задачи.

Если деление происходит без остатка, решается задача 10 варианта.

Указания к выполнению работы.

Решение заданий обязательно привести с обоснованием выбора путей решения, ссылками на изучаемые закономерности, правила, законы, следствия из законов. Само решение прокомментировать и пояснить полученные результаты.

Указания к оформлению работы.

Работа должна иметь титульный лист с указанием названия изучаемого предмета, номера контрольной работы, шифра (или № зачётной книжки), факультета, номера группы, фамилии, имени и отчества, домашнего адреса. Указанные выходные данные для титульного листа должны быть разборчиво написаны от руки или напечатаны на принтере

Работа должна быть представлена написанной от руки на любой тетради, или белых листах формата А-4.

Контрольная работа 1

Задача 1. Вычислите стандартную теплоту образования соединения из простых веществ, если известна его теплота сгорания при $T = 298\text{K}$ и давлении $1,0133 \cdot 10^5 \text{ Па}$. (табл.1).

Принять, что продукты сгорания – CO_2 (г), H_2O (ж) и N_2 (г). Теплоты сгорания простых веществ: $\text{C}_{\text{графит}} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$ (г) $-393,795 \times 10^3 \text{ Дж/моль}$;
 $\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}$ (ж) $-286,043 \times 10^3 \text{ Дж/моль}$

Т а б л и ц а 1

Вариант	Вещество	$\Delta H_{\text{сгор}} \cdot 10^{-3}$, Дж/моль	Вариант	Вещество	$\Delta H_{\text{сгор}} \cdot 10^{-3}$, Дж/моль
1	CH_4NO_2 (тв) мочевина	- 634,749	11	C_4H_{10} (г) бутан	- 2879,191
2	CH_3NO_2 (ж) нитрометан	- 709,278	12	$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$ (ж) амиловый спирт	- 3323,222
3	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$ (ж) нитроэтан	- 981,852	13	$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$ (тв) фенол	- 3024,851
4	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ (ж) этиленгликоль	- 1180,315	14	$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$ (тв) гидрохинон	- 2862,519
5	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ (ж) глицерин	- 1662,239	15	$\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$ анилин	- 3398,588
6	$\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$ (ж) диметиламин	- 1774,229	16	$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$ (тв) бензойная кислота	- 3229,014
7	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ (ж) ацетон	- 1787,012	17	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ (ж) пиридин	- 2577,140
8	C_4H_6 (г) 1,2 бутадиен	- 2595,647	18	$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ (ж) валериановая кислота	- 2853,859
9	$\text{C}_3\text{H}_3\text{N}$ (г) акрилонитрил	- 1945,699	19	C_7H_8 (ж) толуол	- 3950,769
10	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ (ж) пропиловый спирт	- 2011,853	20	C_8H_{18} (г) октан	- 5516,163

Задача 2. Вычислите тепловой эффект реакции при температуре T и определите, насколько при этой температуре отличается Q_p от Q_v (тепловой

эффект реакции при постоянном давлении от теплового эффекта при постоянном объёме). (табл.2).

Таблица 2

Вариант	Реакция	T, К	Вариант	Реакция	T, К
1	$2\text{H}_2 + \text{CO} = \text{CH}_3\text{OH} (\text{г})$	500	13	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3 (\text{г})$	600
2	$4\text{HCl} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} (\text{г}) + \text{Cl}_2$	600	14	$\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_2 (\text{г})$	400
3	$\text{NH}_4\text{Cl} (\text{тв}) = \text{NH}_3 + \text{HCl}$	500	15	$\text{CO} + 3\text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} (\text{г})$	900
4	$2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2$	950	16	$2\text{CO} + \text{SO}_2 = \text{S} (\text{г}) + 2\text{CO}_2$	700
5	$4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O} (\text{г}) = 4\text{NH}_3 + \text{O}_2$	800	17	$\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2 (\text{г})$	400
6	$2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2$	500	18	$\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O} (\text{г})$	900
7	$\text{Mg}(\text{OH})_2 = \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}$	400	19	$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} (\text{г})$	800
8	$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$	700	20	$2\text{CO}_2 = 2\text{CO} + \text{O}_2$	500
9	$\text{N}_2\text{O}_4 = 2\text{NO}_2$	400	21	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{CO} + 2\text{H}_2$	400
10	$\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaO} + \text{H}_2\text{O} (\text{г})$	350	22	$\text{C}_2\text{H}_6 = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$	500
11	$\text{S} + 2\text{H}_2\text{O} (\text{г}) = \text{SO}_2 + 2\text{H}_2$	900	23	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} (\text{г}) = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} (\text{г})$	400
12	$\text{S} + 2\text{CO}_2 = \text{SO}_2 + 2\text{CO}$	800	24	$\text{CH}_3\text{COH} (\text{г}) + \text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} (\text{г})$	450

Задача 3. 1. Найдите изменение энтропии g кг вещества при нагревании (охлаждении) в интервале температур от T_1 до T_2 , если известны температуры плавления и кипения, средние теплоёмкости, теплоты плавления и испарения (табл.3)

2. Вычислите, чему равны изменения энтропии, энергии Гиббса, энергии Гельмгольца, внутренней энергии, энтальпии и работу расширения, если 1 моль вещества, пары которого подчиняются законам идеальных газов, переходит при нормальной температуре кипения из жидкого в парообразное состояние.

Таблица 3

Вариант	вещество (твёрдое)	g, кг	T_1	T_2	Плавление		Испарение		Удельная теплоёмкость Дж/ (кг·К)		
					$T_{\text{пл}}$	$\Delta H_{\text{пл}} \times 10^{-3}, \text{ Дж/ моль}$	$T_{\text{н.т.к}}$	$\Delta H_{\text{исп}} \times 10^{-3}, \text{ Дж/ моль}$	$C_p^{\text{тв}} \times 10^3$	$C_p^{\text{ж}} \times 10^{-3}$	$C_p^{\text{г}} \times 10^{-3}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Br ₂	20	240	350	265,9	10,551	333,2	20,733	0,674	0,461	0,225
2	H ₂ O	27	260	400	273,2	6,138	373,2	45,069	0,570	4,187	1,919
3	Hg	50	220	650	234,3	2,332	620,2	63,642	0,137	0,139	0,104
4	CCl ₄	15	250	370	250,3	2,512	349,9	30,021	—	0,846	0,543

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	HCOOH	20	260	400	281,5	12,687	373,7	23,112	1,620	2,135	1,058
6	CH ₃ OH	25	175	400	175,3	3,170	337,9	35,296	—	2,512	1,371
7	CH ₃ COOH	30	260	430	289,8	11,724	391,4	24,410	2,039	2,057	1,197
8	CHCl ₃	20	209	350	209,7	9,211	334,4	29,323	—	0,96	0,545
9	(CH ₃) ₂ CO	25	160	350	178,6	5,719	329,2	31,886	2,261	2,177	1,129
10	(C ₂ H ₅) ₂ O	20	140	350	156,9	7,537	307,2	26,713	1,256	2,215	1,934
11	n - C ₅ H ₁₂	40	143	330	143,5	8,421	309,3	25,813	—	2,261	1,667
12	C ₆ H ₆	25	260	400	278,7	9,836	353,3	30,774	1,468	1,842	1,046
13	n - C ₆ H ₁₄	30	177	350	177,8	13,038	341,9	28,890	—	2,248	1,162
14	C ₆ H ₅ CH ₃	50	160	400	178,2	6,624	383,8	33,538	0,921	1,884	1,281
15	C ₆ H ₁₂	40	260	400	279,7	2,679	354,2	30,733	1,507	1,842	1,233
16	C ₁₀ H ₈	50	300	350	353,5	19,302	491,2	43,541	1,612	2,094	1,23
17	C ₆ H ₅ C ₂ H ₅	25	286	450	286,5	17,125	411,4	36,691	—	1,964	1,891
18	C ₈ H ₁₀ (ксилол)	30	277	450	277,9	11,282	419,2	36,720	—	1,717	1,226

Методические указания к выполнению контрольной работы №1.

Для решения задач необходимо разобрать и усвоить следующие вопросы:

Задача 1

1. I закон термодинамики. Формулировки, математическое выражение.
2. Понятия: *теплота, работа, внутренняя энергия*.
3. Энтальпия и её связь с внутренней энергией.
4. Выражение тепловых эффектов при постоянном объёме и постоянном давлении.
5. Теплоёмкость, зависимость теплоёмкости от температуры.
6. Закон Гесса и следствия из него. Расчёт тепловых эффектов по теплотам образования и теплотам сгорания. Использование таблиц значений ΔH°_{298} .

Задача 2

1. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Закон Кирхгоффа.
2. Теплоёмкость, зависимость теплоёмкости от температуры.
3. Интегрирование уравнения Кирхгоффа и пересчёт тепловых эффектов на заданные температуры.

Задача 3

1. Второй закон термодинамики. Формулировки, математическое выражение.
2. Энтропия и её свойства. Использование энтропии для оценки направления самопроизвольных процессов и состояния равновесия.
3. Расчёт энтропии идеального газа. Расчёт энтропии для реакций.

4. Абсолютная энтропия, постулат Планка. Расчёт абсолютной энтропии для процессов разогрева- охлаждения.
5. Характеристические термодинамические функции. Их использование.

Контрольная работа 2

Задача 1. По зависимости давления насыщенного пара от температуры и плотности данного вещества А в твёрдом и жидком состояниях ($d_{тв}$, $d_{ж}$ в кг/м^3) в тройной точке (тр. т.).

1. Построить график зависимости $\lg p$ от $1/T$.
2. Определить по графику координаты тройной точки.
3. Определить приближённо температуру кипения вещества при нормальном давлении.
4. Определить число термодинамических степеней свободы при следующих значениях температуры и давления: а) $T_{тр.т.}$; $p_{тр.т.}$; б) $T_{н.т.к.}$ $p=1,013 \cdot 10^5$ Па; в) $T_{н.т.к.}$, $p_{тр.т.}$.
Необходимые данные взять из табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Вариант	Состояние				Условия
	твёрдое		жидкое		
	$T, \text{К}$	$p, \text{Па}$	$T, \text{К}$	$p, \text{Па}$	
1	2	3	4	5	6
1	268,2	401,2	269,2	505	$M=18$ $p=40,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{тв}=918 \text{ кг/м}^3$ $d_{ж}=1000 \text{ кг/м}^3$
	269,2	437,2	272,2	533,2	
	270,2	475,9	273,2	573	
	271,2	517,2	275,2	656	
	272,2	533,2	278,2	760	
			283,2	982	
		288,2	1600		
2	248	7998	260	23327	$M=27$ $p=800 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{тв}=718 \text{ кг/м}^3$ $d_{ж}=709 \text{ кг/м}^3$
	254,4	13300	265	27190	
	258	17995	270	31860	
	259	19995	278	40290	
	260	23327	282	7990	
3	55	1333	60	12663	$M=28$ $p=500 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{тв}=1026 \text{ кг/м}^3$ $d_{ж}=808 \text{ кг/м}^3$
	58	3999	64	17329	
	59,2	11997	66	22394	
	63	14663	67,8	27993	
	64	17329	69	31993	
		71	39990		

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6
4	100	4132	105	17329	$M = 30$ $p = 900 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{\text{TB}} = 1272 \text{ кг/м}^3$ $d_{\text{ж}} = 1260 \text{ кг/м}^3$
	104	8531	112	29635	
	107	14663	114	34738	
	109	19995	115	38657	
	110,5	25367	116	46435	
	112	29653	117	53053	
5	222,9	133,3	273,2	4786	$M = 32$ $p = 300 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{\text{TB}} = 837 \text{ кг/м}^3$ $d_{\text{ж}} = 825 \text{ кг/м}^3$
	248	694,5	282,5	6665	
	257	1333	298,2	12697	
	267,2	2966	306,7	16396	
	273,2	4786	312,5	18929	
			316,5	21328	
6	173	7330	190	31192	$M = 34$ $p = 450 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{\text{TB}} = 1010 \text{ кг/м}^3$ $d_{\text{ж}} = 980 \text{ кг/м}^3$
	178	11600	196	38657	
	183	16975	200	46655	
	184	19995	207	55986	
	190	32192	215	69476	
			221	77314	
7	196	101325	212	592751	$M = 44$ $p = 750 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{\text{TB}} = 1542 \text{ кг/м}^3$ $d_{\text{ж}} = 1510 \text{ кг/м}^3$
	203	190491	220	648480	
	213	402360	223	647842	
	220	648480	239	1005144	
			241	1065237	
			242	1131722	
8	276,6				$M = 46$ $p = 950 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{\text{TB}} = 1240 \text{ кг/м}^3$ $d_{\text{ж}} = 1230 \text{ кг/м}^3$
	278,2	1413	277,2	1826	
	279,2	1706	279,2	2052	
	280,2	1879	281,4	2372	
	281,4	2066	283,2	2626	
		2372	285,2	2932	
		288,7	3279		
9	230	26260	236	63315	$M = 52$ $p = 350 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{\text{TB}} = 3010 \text{ кг/м}^3$ $d_{\text{ж}} = 2955 \text{ кг/м}^3$
	233	31485	246	78647	
	237	39990	248	83979	
	240	49997	249	86645	
	243	58518	252,5	96942	
	245	66650	253,5	100508	

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6
10	1758,2	22,66	1832	187	$M = 52,5$ $p = 500 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{\text{TB}} = 6800 \text{ кг/м}^3$ $d_{\text{ж}} = 650 \text{ кг/м}^3$
	1788,2	63,98	1873,2	300	
	1810,2	9,97	1905	387	
	1835,2	15,99	1938	486	
	1873,2	00,00	1956	573	
			1991	800	
		2040	973		
11	242,1	1333	293	26660	$M = 58$ $p = 700 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{\text{TB}} = 822 \text{ кг/м}^3$ $d_{\text{ж}} = 812 \text{ кг/м}^3$
	252,4	2666	303	37724	
	263,8	5332	308	46188	
	271,2	7998	311	51720	
	280,9	13330	313	56186	
	293,0	26660	316	63317	
12	183,2	33,3	201	4665,5	$M = 64$ $p = 1000 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{\text{TB}} = 1600 \text{ кг/м}^3$ $d_{\text{ж}} = 1434 \text{ кг/м}^3$
	188,0	586,5	203,7	5305	
	196,2	1850	214	7198	
	199,2	3000	216	13328	
	203,7	5305	230,2	21728	
			244		
13	131	1333	137	6665	$M = 68$ $p = 200 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{\text{TB}} = 1450 \text{ кг/м}^3$ $d_{\text{ж}} = 1434 \text{ кг/м}^3$
	135	1999,5	141	7331,5	
	137	2666	145	8664,5	
	139,5	3999	146	9997,5	
	141,5	5332	149	12663	
	144	7998	151,4	15996	
	146	9997,4			
14	273,2	3265,8	274,2	3730	$M = 78$ $p = 900 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{\text{TB}} = 893 \text{ кг/м}^3$ $d_{\text{ж}} = 890 \text{ кг/м}^3$
	274,2	3465,8	275,2	4000	
	276,2	4305,6	276,2	4160	
	277,2	4530	278,2	4530	
	278,2		283,2	6050	
			290,2	8930	
15	177,3	15996	180	26660	$M = 81$ $p = 300 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{\text{TB}} = 1626 \text{ кг/м}^3$ $d_{\text{ж}} = 1610 \text{ кг/м}^3$
	180	19995	185,5	32992	
	182,0	23994	188	37057	
	184	28659	191	43456	
	185,5	32992	194	51987	
			196,8	19985	

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6
16	99	10675	111	63984	$M = 83,5$ $p = 800 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{\text{TB}} = 3330 \text{ кг/м}^3$ $d_{\text{ж}} = 2150 \text{ кг/м}^3$
	101,9	13995	115,5	68649	
	103	17330	117	72782	
	104,5	19995	118	77980	
	107,2	26660	119	82646	
	115,5	68649	119,6	87711	
17	272,5	3332,5	275,7	4878,8	$M = 84$ $p = 120 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{\text{TB}} = 796 \text{ кг/м}^3$ $d_{\text{ж}} = 788 \text{ кг/м}^3$
	273,4	599,1	280,2	5598,6	
	275,7	065,6	281,7	5798,6	
	277,2	398,9	283,3	6198,6	
	279,2	065,4	285,2	6931,6	
	281,7	798,6	287,5	7731,4	
18	353,2	39,99	362,2	186,6	$M = 122$ $p = 850 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{\text{TB}} = 1105 \text{ кг/м}^3$ $d_{\text{ж}} = 1095 \text{ кг/м}^3$
	363,2	79,98	393,2	679,8	
	373,2	186,6	395,2	733,1	
	383,2	393,2	400,7	973,1	
	393,2	679,8	403,7	1133	
			408,7	1399,6	
19	205,2	16796	219,2	55319	$M = 127,5$ $p = 500 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{\text{TB}} = 2970 \text{ кг/м}^3$ $d_{\text{ж}} = 2850 \text{ кг/м}^3$
	208	19195	224,2	59985	
	209,2	22662	226,7	66650	
	213,2	29859	229,2	75981	
	216,4	35991	231,2	83979	
	220	45988	232,7	87975	
	224	59985			
20	334,6	266,6	248,2	1046	$M = 128$ $p = 180 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{\text{TB}} = 1145 \text{ кг/м}^3$ $d_{\text{ж}} = 982 \text{ кг/м}^3$
	338,4	352,2	353,7	1266,3	
	343,2	533,2	358,2	1399	
	348,2	733,1	363,8	1666	
	353,2	1039,7	368,8	2066	
	353,7	1266,3	373,8	2466	
21	423,5	23994	444,6	47000	$M = 152$ $p = 600 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $d_{\text{TB}} = 985 \text{ кг/м}^3$ $d_{\text{ж}} = 977 \text{ кг/м}^3$
	433,2	31325	448,2	47454	
	437,7	35324	451,2	49987	
	441,2	39323	460	55986	
	444,2	43322	470	63317	
	448,2	47454	480	71345	

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6
22	223,2	133,3 466,5 799,8 1213 1319	244,2	1200	$M = 154$ $p = 60,8 \cdot 10^5$ Па $d_{\text{тв}} = 1680$ кг/м ³ $d_{\text{ж}} = 1650$ кг/м ³
	237,2		253,2	1319	
	246,2		270,1	2465	
	252,2		282,5	3865	
	253,2		285,7	4398	
			303,2	7664	
23	418	133,3 667 1333 2666 5332	490,5	5332	$M = 174$ $p = 220 \cdot 10^5$ Па $d_{\text{тв}} = 954$ кг/м ³ $d_{\text{ж}} = 948$ кг/м ³
	446,5		504,8	8020	
	460,2		523	13300	
	474,9		552,2	26660	
	490		583,2	53320	
			612	101308	
24	377,2	7064 8531 9331 10397 11997 13997	373,2	10662	$M = 254$ $p = 200 \cdot 10^5$ Па $d_{\text{тв}} = 3960$ кг/м ³ $d_{\text{ж}} = 3900$ кг/м ³
	381,2		388,2	12397	
	383,2		392,2	13997	
	386,2		393,3	14796	
	389,2		397,2	16929	
	392,2		401,2	19462	

Задача 2. При температуре T давление пара раствора концентрации c , % (по массе) неизвестного нелетучего вещества в жидком растворителе равно p Па, плотность этого раствора см. в таблице 5. Зависимость давления насыщенного пара от температуры над жидким и твёрдым чистым растворителем приведена в табл. 4.

1. Вычислить молекулярную массу растворённого вещества.
2. Определить молярную и моляльную концентрацию раствора.
3. Построить кривую $p = f(T)$ для данного раствора и растворителя.
4. Определить графически повышение температуры кипения при давлении p раствора данной концентрации c .
5. Определить понижение температуры замерзания раствора.

Таблица 5

Вариант	c % (по массе)	Молекулярная масса растворителя	p , Па	T , К	$d \cdot 10^{-3}$, кг/м ³
1	2	3	4	5	6
1	0,5	18	1547	288	1,000
2	8	27	34085	278	0,750
3	5	28	31740	69	0,850
4	8,5	30	33841	114	1,300

Окончание табл. 5

1	2	3	4	5	6
5	5	32	16108	306,7	1,590
6	9	34	55000	207	1,985
7	8	44	65000	223	1,500
8	7	46	2375	282	1,210
9	5	52	96042	252,5	2,900
10	4,5	52,5	645	1990	6,800
11	5	58	39985	306	3,560
12	6	64	7328	218	1,590
13	3	68	12420	149	1,780
14	3	78	4627	280	0,750
15	6	81	51852	195	1,210
16	5	83,5	84990	119,6	2,160
17	2,5	84	5962	283	0,790
18	5	122	1024	403,7	1,120
19	4	127,5	59030	226	2,880
20	5	128	1219	358	1,145
21	3	152	50052	453	0,860
22	5	154	1222	253	1,640
23	4,4	174	9757	514	1,460
24	5	254	16270	398	3,970

Задача 3. Дана зависимость состава жидкой (x) и газообразной (y) фаз от температуры (T) для бинарной жидкой системы $A-B$ при постоянном давлении p . Составы x и y выражены в молярных процентах вещества A (табл. 6).

1. Построить график зависимости состава пара (y) от состава жидкой фазы (x) при $p = \text{const}$.
2. Построить график зависимости состав – температура кипения.
3. Определить температуру кипения системы, содержащей объёмные доли $a\%$ компонента A ; каков состав первого пузырька пара; при какой температуре исчезнет последняя капля жидкости и каков её состав (табл. 7).
4. Определить состав пара, находящегося в равновесии с жидкой бинарной системой, кипящей при температуре T_1 (табл. 7). Определить вариантность системы в азеотропной точке.

Таблица 6

Вариант	Система	Состав А, молярн. %		Т, К	Состав А, молярн. %		Т, К
		х	у		х	у	
		3	4		6	7	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	А — CH ₃ OH В — C ₆ H ₆ при $p = 9,670 \cdot 10^4$ Па	0,0	0,0	351,6	24,9	59,9	329,4
		2,4	17,5	341,2	64,5	64,5	329,4
		3,6	30,1	336,9	78,5	66,6	329,9
		4,7	43,5	333,3	84,7	71,3	330,6
		4,7	48,7	331,8	90,2	77,1	331,3
		5,9	51,1	330,7	94,1	84,4	332,6
		6,3	51,1	330,5	98,1	93,6	334,9
		6,3	53,4	330,3	100,0	100,0	336,1
9,2	54,6	329,8	—	—	—		
2	А — H ₂ O В — C ₅ H ₄ O ₂ при $p = 10,333 \cdot 10^4$ Па	0,0	0,0	35,0	30,0	90,5	71,7
		2,0	10,0	431,8	50,0	90,8	370,9
		4,0	19,0	427,8	90,8	90,8	370,9
		6,0	36,0	419,0	96,0	91,8	370,9
		8,0	68,0	395,5	98,0	92,0	371,1
		10,0	81,1	382,5	99,0	94,5	371,6
		20,0	89,0	373,6	100,0	100,0	373,0
3	А — HF В — H ₂ O при $p = 10,133 \cdot 10^4$ Па	4,95	0,8	374,6	44,4	63,3	381,7
		9,2	1,8	375,8	50,3	81,0	374,7
		18,9	6,4	379,8	52,2	86,2	371,9
		22,8	10,6	381,4	56,0	92,2	369,9
		27,9	17,8	383,3	58,2	95,8	359,6
		33,8	30,5	384,7	61,7	98,9	352,0
		34,4	32,1	385,0	79,8	98,2	318,1
		35,8	35,8	385,4	87,9	99,5	306,5
		39,7	47,5	384,4	100,0	100,0	292,4
4	А — H ₂ O В — изо — C ₄ H ₁₀ O при $p = 10,133 \cdot 10^4$ Па	13,5	40,1	370,8	60,5	66,7	362,4
		15,0	42,0	370,1	67,0	67,0	362,2
		15,9	43,7	369,6	97,5	67,2	362,5
		17,2	44,6	369,0	97,8	67,3	363,1
		39,7	62,6	363,3	98,6	71,4	364,5
		40,5	63,3	363,2	99,1	78,2	366,4
		56,4	66,0	362,5	99,8	95,7	371,9

Продолжение табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8
5	А — H ₂ O В — n - C ₄ H ₁₀ O при p = 133·10 ⁴ Па	3,9	26,7	384,5	55,2	75,0	365,9
		4,7	29,9	383,6	57,7	75,0	365,8
		5,5	32,3	382,6	97,5	75,2	365,7
		7,0	35,2	381,8	98,0	75,6	366,0
		25,7	62,9	370,9	98,8	80,8	366,7
		27,5	64,1	370,2	99,2	84,3	368,4
		29,2	65,5	369,7	99,4	88,4	369,8
		30,5	66,2	369,3	99,7	92,9	371,7
		49,6	73,6	366,5	99,9	98,1	372,5
		50,6	74,0	366,4	—	—	—
6	А — HNO ₃ В — H ₂ O при p = 10,333·10 ⁴ Па	0,0	0,0	373	40,2	60,2	394,0
		8,4	0,6	379,5	46,5	75,9	391,0
		12,3	1,8	385	53,0	89,1	385,0
		22,1	6,6	391,5	61,5	92,1	372,0
		30,8	16,6	394,6	100,0	100,0	357,0
		38,3	38,3	394,9	—	—	—
7	А — CH ₃ OH В — CCl ₄ при p = 10,133·10 ⁴ Па	0,0	0,0	349,7	55,0	55,2	327,7
		0,2	2,0	349,1	56,6	55,2	328,7
		0,4	12,0	345,4	72,5	59,1	329,0
		1,3	24,2	340,6	76,4	60,3	329,4
		1,7	26,4	339,9	81,3	63,0	329,8
		3,0	38,3	335,0	83,8	64,9	330,1
		5,1	44,5	332,4	88,3	69,6	331,2
		10,7	49,0	330,2	91,8	75,3	332,5
		12,4	50,0	330,0	94,8	82,3	333,9
		24,8	52,2	329,3	97,8	91,0	335,8
		40,1	53,7	328,8	99,3	96,7	337,1
		45,3	54,1	328,8	100,0	100,0	337,7
8	А — H ₂ O В — C ₅ H ₁₂ O (2-метил-3-бутил- 2-ол) при p = 10,246·10 ⁴ Па	0,0	0,0	377,5	87,5	68,1	364,3
		18,9	42,7	367,8	91,6	69,1	364,4
		34,2	55,3	365,3	94,9	70,3	364,8
		53,8	63,4	364,3	97,7	75,7	366,4
		66,7	65,7	364,1	99,5	91,0	369,0
		75,7	66,9	364,2	100,0	100,0	373,3
		82,4	67,5	364,25	-----	-----	-----
9	А — HNO ₃ В — C ₂ H ₂ O ₂ при p = 10,079·10 ⁴ Па	0,0	0,0	391,1	40,0	47,0	400,3
		10,0	3,0	395,1	50,0	82,0	393,3
		20,0	8,0	399,5	60,0	96,0	378,0
		33,3	34,0	401,6	100,0	100,0	358,3

Продолжение табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8
10	А — CS ₂ В — CH ₃ COCH ₃ при $p = 10,133 \cdot 10^4$ Па	0,0	0,0	329,2	44,8	59,8	312,8
		1,9	8,3	327,0	53,6	62,7	312,3
		4,8	18,5	324,4	65,3	66,1	312,1
		13,4	35,1	319,6	78,9	70,5	312,5
		18,6	44,3	317,0	87,9	76,0	313,5
		29,1	52,8	314,4	96,8	88,6	316,5
		38,0	57,4	313,3	100,0	100,0	319,3
11	А — CH ₃ OH В — C ₆ H ₆ при $p = 10,133 \cdot 10^4$ Па	0,0	0,0	363,2	58,6	61,0	330,7
		2,8	31,0	342,4	69,5	62,5	330,6
		5,0	39,5	339,8	81,7	65,5	331,1
		5,7	42,0	338,7	88,3	70,0	331,9
		9,0	48,5	334,4	90,2	73,0	332,9
		11,8	56,5	332,0	94,5	82,2	332,2
		27,0	57,5	331,0	96,8	90,0	335,2
44,0	58,5	330,8	98,8	94,2	336,4		
12	А — C ₂ H ₆ В — C ₆ H ₆ O при $p = 10,000 \cdot 10^4$ Па	0,0	0,0	342,8	62,9	50,5	341,4
		4,0	15,1	348,2	71,8	54,9	342,0
		15,9	35,3	342,5	79,8	60,6	343,3
		29,8	40,5	341,2	87,2	68,3	344,4
		42,1	43,6	340,8	93,9	78,7	347,4
		53,7	46,6	341,0	100,0	00,0	351,1
13	А — C ₃ H ₆ O В — CH ₃ OH при $p = 10,133 \cdot 10^4$ Па	0,0	0,0	333,7	60,0	65,6	329,1
		4,8	14,3	335,9	80,0	80,0	328,6
		17,6	31,7	331,1	95,0	94,0	328,6
		28,0	42,0	331,3	98,2	98,2	329,1
		40,0	40,0	330,2	100,0	100,0	329,5
14	А — C ₂ H ₆ O В — CHCl ₃ При $p = 10,000 \cdot 10^4$ Па	0,0	0,0	333,4	75,5	83,2	332,9
		18,6	10,3	336,0	82,7	89,0	331,8
		34,0	31,8	336,8	89,2	93,6	330,8
		46,8	51,5	336,4	94,9	97,3	330,0
		57,8	65,2	335,2	100,0	100,0	329,0
67,3	75,7	334,0	—	—	—		
15	А — C ₄ H ₁₀ O В — C ₆ H ₁₂ O ₂ (бутилацетат) при $p = 0,668 \cdot 10^4$ Па	0,0	0,0	325,6	59,1	50,4	324,2
		18,0	22,5	324,5	76,5	64,5	325,3
		28,2	32,2	324,1	86,8	75,2	326,5
		35,5	36,3	323,8	92,1	83,3	327,7
		37,0	37,0	323,7	100,0	100,0	329,1
43,5	41,6	323,8	—	—	—		

Продолжение табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8
16	А — C_3H_8O В — H_2O	0,0	0,0	373,0	50,0	45,2	360,9
		1,0	11,0	368,0	60,0	49,2	361,3
		2,0	21,6	365,0	70,0	55,1	362,0
		4,0	32,0	363,5	80,0	64,1	363,5
		6,0	35,1	362,3	85,0	70,4	364,5
		10,0	37,2	361,5	90,0	77,8	365,8
		20,0	39,2	361,1	96,0	90,0	367,0
		30,0	40,4	360,9	100,0	100,0	370,0
		40,0	42,4	360,8	—	—	—
17	А — C_3H_6O В — $CHCl_3$ При $p = 9,760 \cdot 10^4$ Па	0,0	0,0	332,9	53,6	59,8	333,4
		7,9	6,0	333,3	61,8	69,8	333,3
		14,3	11,6	334,2	71,5	79,2	331,9
		18,6	16,0	334,8	77,0	84,8	331,2
		26,6	23,5	335,2	82,1	90,1	330,2
		39,4	39,4	335,4	91,5	95,4	329,0
		46,2	52,0	335,0	100,0	100,0	328,2
18	А — CCl_4 В — $C_4H_8O_2$ при $p = 9,140 \cdot 10^4$ Па	0,0	0,0	347,1	52,7	57,7	344,6
		0,5	0,8	347,0	58,8	58,7	344,6
		7,3	10,0	346,3	61,3	61,0	344,6
		15,9	20,2	345,8	69,3	67,5	344,8
		28,0	32,4	345,2	79,2	76,5	345,1
		35,2	38,9	344,9	89,4	87,1	345,6
		42,9	45,9	344,7	100,0	100,0	346,4
		51,3	52,8	344,6	—	—	—
19	А — $C_4H_{10}O$ В — $C_6H_{12}O_2$ (бутилацетат) при $p = 2,200 \cdot 10^4$ Па	0,0	0,0	353,6	61,3	57,8	349,5
		16,1	21,0	351,2	77,7	70,5	350,2
		31,3	37,5	349,9	87,3	80,7	351,3
		47,4	47,9	349,4	100,0	100,0	353,3
20	А — <i>цис</i> - $C_2H_2Cl_2$ В — CH_3OH При $p = 10,133 \cdot 10^4$ Па	0,0	0,0	337,6	51,3	60,9	325,0
		2,9	8,9	336,3	57,1	63,4	324,8
		4,8	13,7	334,8	65,1	65,1	324,5
		7,0	18,7	333,6	70,5	65,5	324,8
		13,6	33,1	331,0	85,0	70,8	325,3
		16,9	37,1	329,0	91,6	74,0	325,9
		25,9	45,4	327,5	98,6	84,0	328,4
		31,4	50,4	326,7	99,6	87,3	329,3
		36,5	53,9	326,1	99,8	93,9	330,8
		40,0	55,9	325,6	100,0	100,0	333,3
		42,6	57,6	325,4	—	—	—

Окончание табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8
21	А — <i>транс</i> $C_2H_5Cl_2$ В — CH_3OH при $p = 10,133 \cdot 10^4$ Па	0,0	0,0	337,6	34,3	68,0	317,3
		0,7	5,1	336,4	43,8	72,8	316,0
		2,1	13,8	339,9	73,7	76,0	315,0
		2,8	16,8	333,5	76,9	76,9	314,9
		5,8	30,4	329,5	88,6	79,0	315,3
		11,2	45,2	325,3	96,5	83,0	316,1
		13,4	48,5	324,1	98,7	90,6	317,8
		18,7	53,8	321,1	99,6	94,4	319,0
		24,6	59,3	319,0	100,0	100,0	321,3
		29,4	65,3	317,8	—	—	—
22	А — C_7H_8 В — $C_4H_{10}O$ при $p = 10,133 \cdot 10^4$ Па	0,0	0,0	381,0	63,8	57,0	373,9
		6,6	13,1	378,2	68,2	59,8	374,4
		11,4	21,8	376,6	76,2	64,1	374,9
		15,0	26,7	375,8	80,3	67,4	375,5
		21,1	33,4	374,9	84,4	71,2	376,3
		33,3	42,1	374,2	87,0	73,6	376,8
		35,5	44,2	374,1	89,7	77,3	377,7
		44,1	48,0	373,8	96,5	87,0	380,2
		55,0	53,6	373,5	100,0	100,0	383,4
		58,0	54,4	373,6	—	—	—
23	А — CCl_4 В — C_2H_6O при $p = 9,933 \cdot 10^4$ Па	0,0	0,0	350,9	41,1	56,9	337,4
		3,2	16,6	347,8	55,67	59,7	336,9
		7,0	26,5	345,4	63,0	63,0	336,6
		11,4	35,4	343,3	79,2	66,9	337,3
		16,6	43,5	341,4	89,0	84,0	343,0
		23,0	49,8	339,6	100,0	100,0	348,9
		31,0	53,6	358,3	—	—	—
24	А — $C_4H_{10}O$ В — $C_6H_{12}O_2$ (бутилацетат) при $p = 10,133 \cdot 10^4$ Па	0,0	0,0	399,0	72,2	74,1	389,9
		21,9	33,4	394,2	77,9	78,6	389,8
		37,2	48,2	391,9	84,7	84,4	390,0
		51,4	58,0	390,9	89,6	89,6	390,1
		66,4	69,2	390,1	100,0	100,0	390,5
25	А — $CHCl_3$ В — CH_3OH при $p = 10,000 \cdot 10^4$ Па	0,0	0,0	337,9	28,7	48,8	328,9
		2,9	8,3	337,1	38,5	54,2	327,5
		6,3	16,1	335,4	51,8	58,9	326,7
		10,3	24,0	333,7	70,7	67,8	326,7
		15,2	32,3	332,1	84,7	82,3	330,0
		21,2	41,2	330,5	100,0	100,0	334,4

Таблица 7

Вариант	T_1	a	Вариант	T_1	a	Вариант	T_1	a
1	331	80	10	317	25	19	350,5	75
2	372	50	11	333	25	20	339	25
3	383	65	12	345	75	21	320	25
4	365	60	13	329,25	60	22	377	80
5	368	50	14	334,5	55	23	343	25
6	388	55	15	352	65	24	390,25	65
7	333	25	16	365	80	25	330,5	25
8	367	25	17	336	55			
9	394	60	18	345,4	25			

Задача 4. Постройте диаграмму фазового состояния (диаграмму плавкости системы ($A-B$)), зная температуру кристаллизации двухкомпонентной системы (табл. 8.).

1. Обозначить точками: I — жидкий плав, содержащий $a\%$ вещества A при температуре T_1 ; II — плав, содержащий $a\%$ вещества A , находящийся в равновесии с кристаллами химического соединения; III — систему, состоящую из твёрдого вещества A в равновесии с расплавом, содержащим $b\%$ вещества A ; IV — равновесие фаз одинакового состава; V — равновесие трёх фаз (табл. 9).

1. Определить составы химических соединений
2. Определить качественные и количественные составы эвтектик.
3. Вычертить все типы кривых охлаждения, возможные в данной системе: укажите на диаграмме, каким составам эти кривые соответствуют.
4. Определить число фаз и число термодинамических степеней свободы системы при эвтектической температуре и содержании A , молярных % : а) 95; б) 5.
5. При какой температуре начнёт отвердевать сплав, содержащий $a\%$ вещества A ? При какой температуре он отвердеет полностью? Каков состав первых выпавших кристаллов?

Данные о температурах начала кристаллизации систем приведены в табл. 8. Данные к пунктам 2, 7, 8 приведены в табл. 9.

Таблица 8

Вариант	Система	Состав А, молярн. %	T, К начала крис- тализации	Состав А, молярн. %	T, К начала крис- тализации
1	2	3	4	5	6
1	A — KCl B — SnCl ₂	0	512	40	460
		5	507	45	481
		10	496	50	497
		15	479	52,5	583
		20	477	55	658
		25	481	70	853
		30	478	80	952
		35	473	100	1050
2	A — KJ B — CdJ ₂	0	658	53	504
		10	643	55	515
		30	696	60	575
		45	520	65	656
		47	470	80	833
		49	468	100	951
3	A — KCl B — MnCl ₂	0	923	50	769
		8	895	60	731
		15	865	65	705
		25	715	66	701
		34	745	75	705
		36	722	85	925
		38	735	100	1047
		40	747	—	—
4	A — SrBr ₂ B — LiBr	0	825	50	768
		5	813	60	773
		20	772	66,6	803
		30	736	85	865
		34	720	100	916
		40	744	—	—
5	A — Li ₂ CO ₃ B — K ₂ CO ₃	0	1133	50	788
		9	1050	54,5	778
		20	955	62	765
		33	765	66,6	798
		39,5	773	83,5	911
		44,2	778	100	983

Продолжение табл. 8

1	2	3	4	5	6
6	A — MgSO ₄ B — Cs ₂ SO ₄	0	1292	55	1048
		10	1241	60	1083
		20	1193	63	1098
		30	1116	65	1113
		40	1013	70	1163
		45	953	80	1238
		47	969	90	1323
		50	999	100	1397
7	A — RbCl B — SrCl ₂	0	1147	55	968
		10	1089	65	896
		20	1004	70	827
		30	906	75	853
		40	964	80	879
		45	975	90	960
		50	978	100	999
8	A — KCl B — PbCl ₂	0	769	45	693
		10	748	50	703
		20	713	55	733
		25	701	65	811
		30	710	75	893
		33,5	713	90	1003
40	707	100	1048		
9	A — CsCl B — SrCl ₂	0	1147	50	1180
		10	1124	60	1158
		15	1089	70	1071
		20	1059	80	877
		25	1102	85	862
		35	1155	95	875,8
		40	1166	100	876,8
10	A — KCl B — CaCl ₂	0	1293	65	983
		10	1216	75,5	903
		20	1113	77,5	906
		25	1069	80	910
		31	953	85	905
		35	963	89,5	983
		45	1003	90	910
		50	1011	95	1055
55	1007	100	1129		

Продолжение табл. 8

1	2	3	4	5	6
11	A — FeCl ₃ B — TiCl	0	702	35	525
		10	658	37	506
		22	598	45	533
		26	535	52	553
		29	549	62	572
		33	563	100	575
12	A — CuCl B — CsCl	0	912	65	542
		10	868	66,6	547
		20	814	70	541
		35	645	75	521
		45	571	80	541
		50	549	90	623
		60	533	100	695
13	A — CdCl ₂ B — TiCl	0	702	50	699
		10	656	57,5	697
		20	604	67,5	673
		28	572	80	754
		30	589	85	777
		36,5	645	95	823
		47	694	100	841
14	A — SrBr ₂ B — LiBr	0	825	50	768
		5	813	60	773
		20	772	66,6	803
		30	736	85	865
		34	720	100	916
		40	744	—	—
15	A — InCl ₃ B — NaCl	0	1073	53	983
		13,3	1052	61,6	753
		22,2	1033	66,8	680
		35,8	989	74,6	641
		37,6	975	80,6	622
		40	983	81,6	642
		47	999	84,8	697
50,6	1013	100	859		
16	A — MgCl B — TiCl	0	708	50	767
		5	698	66,6	796
		15	682	75	658
		28	635	90	950
		33,3	685	100	951

Продолжение табл. 8

1	2	3	4	5	6
17	A — SrBr ₂ B — KBr	0	1003	57	832
		10	972	66,7	847
		25	872	75	843
		29	829	82	835
		33,3	832	85	851
		40	826	95	897
		50	807	100,0	916
18	A — NiF ₂ B — KF	0	1121	23,8	1212
		4,9	1099	26	1224
		9,2	1060	30,3	1289
		13,4	1120	37,9	1359
		15,2	1141	46,7	1397
		18,4	1168	50,5	1403
		21,8	1193	58	1391
19	A — KI B — KF	0	685	45	618
		10	668	50	622
		20	640	55	651
		25	622	60	695
		30	579	70	773
		31	594	80	858
		35	603	90	914
40	610	100	959		
20	A — PbCl ₂ B — TiCl	0	708	50	680
		10	679	60	705
		15,5	661	66,6	708
		20	675	70	707
		25	680	75	700
		30	676	80	720
		36,5	650	90	752
40	658	100	773		
21	A — MgSO ₄ B — K ₂ SO ₄	0	1349	63,9	1200
		10	1308	66,8	1203
		20	1236	71	1193
		30	1123	75,3	1177
		40	1019	82,2	1247
		50	1103	100	1397

Окончание табл. 8

1	2	3	4	5	6
22	A — MnCl ₂ B — RbCl	0	999	45	793
		15	879	50	799
		22	813	55	797
		27	749	65	755
		30	741	68	733
		32	733	70	743
		35	713	80	803
		40	767	100	923
23	A — LiNO ₃ B — PbNO ₃	0	585	50	464
		10	535,5	60	57,6
		20	489	65	449
		22	479	70	567
		32,5	424	80	598
		36	438	90	519,5
		40	449,5	100	527
		24	A — MgCl ₂ B — RbCl	0	991
17,5	868			37,5	784
22,7	800			43,8	816
23,7	764			50	823
25,9	746			58,1	809
28	736			65	783
29	732			68,3	821
30,4	743			78,7	989
33,1	749			100	984
35,5	745			—	—
25	A — Li ₂ SO ₄ B — Cs ₂ SO ₄			0	1043
		5	1023	45	1015
		10	978	55	961
		18,5	911	67	873
		20	828	70	899
		25	980	90	1021
		35	1022	100	1049

Таблица 9

Вариант	T, К	a	b	в	Вариант	T, К	a	b	в
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	483	45	75	5	14	973	60	90	10
2	723	55	75	10	15	1033	45	95	100
3	873	40	80	10	16	923	50	80	10

Окончание табл. 9

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4	873	50	80	10	17	973	60	90	10
5	923	40	75	10	18	1273	15	-	5
6	1173	55	90	10	19	773	40	75	10
7	1073	35	85	5	20	723	85	10	10
8	753	30	75	5	21	1273	50	90	10
9	1173	35	90	10	22	873	30	95	10
10	1173	40	95	10	23	523	40	75	10
11	673	30	50	5	24	873	40	90	10
12	773	55	80	10	25	1023	25	75	5
13	773	43	80	10					

Задача 5. Газообразные вещества А и В реагируют по заданному уравнению реакции с образованием газообразного вещества С (табл. 10).

1. Выразить K_p и K_c через равновесное количество вещества С, равное x , если исходные вещества А и В взяты в стехиометрических количествах при равновесном давлении в системе, равном p , Па и температуре T , К.
2. Рассчитать величины K_p и K_c при $T = 500$ К, если $p = 9\,730\,960$ Па, а $x = 0,45$.

Таблица 10

Вариант	Уравнение реакции	Вариант	Уравнение реакции
1	$A + B = \frac{1}{2}C$	16	$\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B = 3C$
2	$\frac{1}{2}A + B = 2C$	17	$A + 3B = 3C$
3	$3A + B = C$	18	$3A + B = C$
4	$2A + 3B = 3C$	19	$A + 2B = 2C$
5	$2A + \frac{1}{2}B = 2C$	20	$A + 2B = 3C$
6	$3A + \frac{1}{2}B = C$	21	$A + 2B = 2C$
7	$A + 2B = C$	22	$2A + 2B = C$
8	$A + B = 3C$	23	$2A + 2B = 3C$
9	$\frac{1}{2}A + B = 2C$	24	$3A + 3B = 2C$
10	$\frac{1}{2}A + B = 3C$	25	$\frac{1}{2}A + B = \frac{1}{2}C$
11	$2A + \frac{1}{2}B = 3C$	26	$\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B = C$
12	$2A + 3B = 2C$	27	$A + B = \frac{2}{3}C$
13	$3A + \frac{1}{2}B = 3C$	28	$2A + 2B = \frac{3}{2}C$
14	$3A + \frac{1}{2}B = 2C$	29	$\frac{3}{2}A + \frac{1}{2}B = C$
15	$\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B = 2C$	30	$\frac{3}{2}A + B = \frac{3}{2}C$

Задача 6. Гетерогенная реакция протекает при постоянной температуре T (табл. 11).

1. Определить нормальное сродство веществ А и В при температуре T , пользуясь справочником [1].

2. Вычислить константы равновесия K_p и K_c реакции при температуре T .

Таблица 11

Вариант	Уравнение	T , К	Вариант	Уравнение	T , К
1	2	2	4	5	6
3	$C + 2H_2 = CH_4$	800	16	$SnO_2 + 2H_2 = Sn + 2H_2O(g)$	1173
4	$C + 2H_2 = CH_4$	500	17	$SnS + H_2 = Sn + H_2S$	783
5	$2C + 2H_2 = C_2H_4$	1400	18	$SnS + H_2 = Sn + H_2S$	1196
6	$2C + 2H_2 = C_2H_4$	1800	19	$PbS + H_2 = Pb + H_2S$	783
7	$2C + 2H_2 = C_2H_4$	2000	20	$PbS + H_2 = Pb + H_2S$	973
8	$2C + O_2 = 2CO$	773	21	$PbS + H_2 = Pb + H_2S$	1273
9	$2C + O_2 = 2CO$	873	22	$PbS + CO = Pb + COS$	1081
10	$2C + O_2 = 2CO$	973	23	$PbS + CO = Pb + COS$	1370
11	$2CuCl + H_2 = 2Cu + 2HCl$	673	24	$PbCl_2 + H_2 = Pb + 2HCl$	873
12	$2CuCl + H_2 = 2Cu + 2HCl$	773	25	$PbCl_2 + H_2 = Pb + 2HCl$	1073
13	$Sn + 2H_2O(g) = SnO_2 + 2H_2O$	1073	26	$PbCl_2 + H_2 = Pb + 2HCl$	1223

Методические указания к выполнению контрольной работы 2

Для решения задач необходимо разобрать и усвоить следующие вопросы:

Задача 1

1. Фазовые равновесия. Уравнение фазового равновесия Клапейрона – Клаузиуса и его использование
2. Физико-химический анализ. Принципы физико-химического анализа, их использование.
3. Понятия *фаза, компонент, степень свободы*. Правило фаз Гиббса и его использование.

Задача 2

1. Растворы. Влияние различных факторов на растворимость.
2. Закон Рауля.
3. Применение закона Рауля для анализа свойств растворов “нелетучий компонент в летучем растворителе”. Понижение давления пара для разбавленных растворов.
4. Криоскопия и эбуллиоскопия.

Задача 3

1. Применение закона Рауля для анализа свойств растворов “оба компонента летучие”, отклонения от закона Рауля, причины отклонения.
2. Законы Коновалова. Диаграммы давление пара-состав, температура кипения - состав.
3. Анализ диаграмм систем, подчиняющихся I закону Коновалова. Объяснение процессов перегонки таких систем.
4. Анализ диаграмм систем, подчиняющихся II закону Коновалова. Объяснение процессов перегонки таких систем.

Задача 4

1. Системы с твёрдыми фазами. Диаграммы плавкости состав-температура кристаллизации.
2. Изоморфные системы. Анализ диаграмм плавкости изоморфных систем.
3. Неизоморфные системы с одной простой эвтектикой. Свойства эвтектики. Анализ диаграмм плавкости таких систем.
4. Системы с образованием химических соединений. Анализ диаграмм плавкости таких систем.

Задача 5

1. Химическое равновесие. Свойства химического равновесия.
2. Закон действующих масс.
3. Различные способы выражения констант равновесия. Связь между константами равновесия, выраженными через различные характеристики (P, C, N).
5. Расчёт констант равновесия. Постановка задачи, эмпирические и термодинамические подходы.

Задача 6

1. Различные способы выражения констант равновесия и связь между ними.
2. Изотерма реакции Вант-Гоффа.
3. Расчёт констант равновесия при стандартных условиях. Использование таблиц стандартных значений термодинамических функций для расчёта.
4. Пересчёт констант равновесия на заданные температуры. Приближённые методы пересчёта констант равновесия на заданные температуры.

Контрольная работа 3

Задача 1. На основании приведённых в табл. 12 данных о свойствах водных растворов вещества *A* выполните следующие задания:

1. Постройте график зависимости удельной и эквивалентной электрических проводимостей от разведения.
2. Проверьте, подчиняется ли водный раствор вещества *A* закону разведения Оствальда.

3. Если раствор является сильной кислотой или основанием, вычислите для него рН при $C = 0,1$ Кмоль/м³ с учётом ионной силы раствора.
4. Если электролит слабый, вычислите для него константу диссоциации K_d .

Таблица 12

Вариант	Раствор электролита	$\lambda^0, \text{ом}^{-1} \times \text{м}^2 / \text{кг-экв}$		Параметры	Зависимость удельного сопротивления $r, \text{ом}/\text{м}^2$ от концентрации $c, \text{кмоль}/\text{м}^3$, при $T = 298 \text{ К}$					
		λ^0_+	λ^0_-		6	7	8	9	10	11
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	HF	35,0	5,4	c r	0,1 3,53	0,05 4,50	0,03 6,36	0,01 1,17	0,005 16,2	0,003 21,90
2	HCl	35,0	7,55	c r	0,1 0,256	0,05 0,501	0,02 1,23	0,01 2,43	0,005 4,82	0,002 11,9
3	HI	35,0	7,69	c r	0,1 0,254	0,05 0,50	0,02 1,22	0,01 2,43	0,005 4,82	0,002 12,2
4	HCN	35,0	7,8	c r	0,1 3,10	0,05 4,37	0,03 5,84	0,01 10,1	0,005 14,3	0,003 18,3
5	HNO ₂	35,0	6,2	c r	0,1 4,32	0,05 5,7	0,03 7,5	0,01 13,4	0,005 20,4	0,003 26,8
6	HNO ₃	35,0	7,05	c r	0,1 0,261	0,05 0,514	0,02 1,245	0,01 2,470	0,005 4,90	0,002 12,1
7	HOCl	35,0	5,0	c r	0,1 927	0,05 1390	0,03 1810	0,01 3120	0,005 4560	0,003 5560
8	HIO ₃	35,0	4,25	c r	0,1 0,360	0,05 0,645	0,02 1,455	0,01 2,78	0,005 5,31	0,003 13,2
9	NaBrO ₃	5,01	5,60	c r	0,1 1,17	0,05 2,21	0,02 5,24	0,01 10,2	0,005 20,0	0,002 48,6
10	KCNS	7,45	6,55	c r	0,1 0,832	0,05 1,60	0,02 7,46	0,005 14,5	0,002 36,0	0,001 71,4
11	KBrO ₃	7,45	5,60	c r	0,10 0,982	0,05 1,78	0,02 4,24	0,01 8,25	0,005 16,3	0,002 40,0
12	HCOOH	35,0	1,2	c r	0,1 6,06	0,05 8,91	0,03 10,3	0,01 18,2	0,005 25,9	0,003 35,8
13	CH ₃ COOH	35,0	4,1	c r	0,1 19,6	0,05 27,6	0,03 34,8	0,01 61,0	0,005 87,0	0,003 103,0
14	CH ₃ COONa	5,01	4,1	c r	0,1 1,37	0,05 2,60	0,02 6,18	0,01 12,0	0,005 23,4	0,002 57,0
15	CH ₃ COOK	7,45	4,1	c r	0,1 1,035	0,05 1,97	0,02 4,73	0,01 9,22	0,005 18,2	0,002 44,5

Окончание табл. 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16	$(\text{CH}_3)_2\text{AsO}_2\text{H}$	35,0	3,1	c r	0,1 131	0,05 180	0,03 235	0,01 402	0,005 582	0,003 796
17	$\text{C}_2\text{H}_7\text{COOH}$	35,0	3,3	c r	0,1 19,8	0,05 27,7	0,03 36,7	0,01 63,7	0,005 110,0	0,003 132,0
18	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	35,0	3,3	c r	0,1 7460	0,05 10900	0,03 14500	0,01 23500	0,005 32700	0,003 41400
19	$n\text{-ClC}_6\text{H}_4\text{OH}$	35,0	3,2	c r	0,1 0,45	0,05 0,622	0,03 0,833	0,01 1,45	0,005 2,01	0,003 2,56
20	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	35,0	3,3	c r	0,1 3,26	0,05 4,73	0,03 6,2	0,01 10,4	0,005 16,3	0,003 19,3
21	$n\text{-ClC}_6\text{H}_4\text{COOH}$	35,0	3,3	c r	0,1 8,7	0,05 12,4	0,03 16,4	0,01 29,1	0,005 43,5	0,003 54,0
22	$(\text{CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_3\text{OH}$	35,0	3,1	c r	0,1 1190	0,05 1670	0,03 2190	0,01 3760	0,005 5250	0,003 6710
23	$o\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{COOH}$	35,0	3,2	c r	0,1 7,3	0,05 11,0	0,03 14,8	0,01 26,1	0,005 37	0,003 50,4
24	$(\text{CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_3\text{COOH}$	35,0	2,6	c r	0,1 11,1	0,05 17,3	0,03 22,1	0,01 39,7	0,005 58,7	0,003 74,0

Задача 2. Для окислительно-восстановительного элемента типа $\text{Pt} | \text{A}, \text{B} | | \text{C}, \text{D} | \text{Pt}$ при $T = 298 \text{ K}$ по данным приложения о стандартных электродных потенциалах (см. справочник) напишите уравнение и вычислите константу равновесия реакции окисления – восстановления и электродвижущую силу элемента, если активности веществ в растворе равны: a_A, a_B, a_C и a_D (табл. 13).

Таблица 13

Вариант	A	B	C	D	a_A	a_B	a_C	a_D
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$(\text{MnO}_4)^-$	Mn^{2+}	Cr^{3+}	Cr^{3+}	0,10	0,02	0,01	0,01
2	$(\text{MnO}_4)^-$	Mn^{2+}	$(\text{AsO}_3)^{5-}$	$(\text{AsO}_3)^{3-}$	0,005	0,015	0,001	0,03
3	$(\text{MnO}_4)^-$	$(\text{MnO}_4)^{2-}$	$(\text{MnO}_4)^-$	Mn^{2+}	0,009	0,014	0,001	0,07
4	$(\text{MnO}_4)^-$	Mn^+	Sn^{4+}	Sn^{2+}	0,02	0,01	0,08	0,15
5	$(\text{MnO}_4)^-$	$(\text{MnO}_4)^{2-}$	Cr^{3+}	Cr^{2+}	0,018	0,005	0,1	0,15
6	Fe^{3+}	Fe^{2+}	V^{3+}	V^{2+}	0,005	0,15	0,1	0,001
7	$\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$	$\text{Fe}(\text{CN})_6^-$	Co^{3+}	Co^{2+}	0,06	0,06	0,04	0,005

Окончание табл. 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	Cr^{3+}	Cr^{2+}	Tl^{3+}	Tl^+	0,006	0,01	0,08	0,002
9	Co^{3+}	Co^{2+}	$\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$	$\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$	0,04	0,009	0,06	0,001
10	Co^{3+}	Co^{2+}	$(\text{MnO}_4)^-$	Mn^{2+}	0,10	0,006	0,01	0,007
11	Co^{3+}	Co^{2+}	Cr^{3+}	Cr^{2+}	0,012	0,01	0,005	0,06
12	Cu^{2+}	Cu^+	$(\text{UO}_2)^{2+}$	U^{4+}	0,007	0,016	0,002	0,5
13	Cu^{2+}	Cu^+	Sn^{4+}	Sn^{2+}	0,014	0,009	0,002	0,8
14	$(\text{AsO}_3)^{3-}$	$(\text{AsO}_4)^{5-}$	$(\text{MnO}_4)^-$	$(\text{MnO}_4)^{2-}$	0,08	0,04	0,02	0,007
15	$(\text{AsO}_3)^{3-}$	$(\text{AsO}_4)^{5-}$	V^{3+}	V^{2+}	0,15	0,005	0,005	0,01
16	V^{3+}	V^{2+}	Tl^{3+}	Tl^{2+}	0,016	0,007	0,001	0,01
17	Sn^{4+}	Sn^{2+}	$(\text{AsO}_3)^{3-}$	$(\text{AsO}_4)^{5-}$	0,06	0,008	0,04	0,03
18	Sn^{4+}	Sn^{2+}	Pu^{4+}	Pu^{3+}	0,08	0,06	0,007	0,005
19	Sn^{4+}	Sn^{2+}	Tl^{3+}	Tl^+	0,1	0,05	0,02	0,01
20	Ce^{4+}	Ce^{3+}	Co^{3+}	Co^{2+}	0,08	0,007	0,02	0,005
21	Ce^{4+}	Ce^{3+}	$(\text{MnO}_4)^-$	$(\text{MnO}_4)^{2-}$	0,01	0,02	0,01	0,04
22	Tl^{3+}	Tl^+	Ce^{4+}	Ce^{3+}	0,009	0,04	0,02	0,02
23	$(\text{UO}_2)^{2+}$	U^{4+}	Fe^{3+}	Fe^{2+}	0,012	0,1	0,01	0,1
24	$(\text{UO}_2)^{2+}$	U^{4+}	Fe^{3+}	Fe^{2+}	0,04	0,06	0,06	0,003
25	Pu^{4+}	Pu^{2+}	$(\text{UO}_2)^{2+}$	$(\text{UO}_2)^{4+}$	0,02	0,10	0,08	0,001

Задача 3 Для реакции, протекающей обратимо в гальваническом элементе, дано уравнение зависимости электродвижущей силы E от температуры (табл. 14).

При заданной температуре T вычислите электродвижущую силу (E), изменение энергии Гиббса (ΔG), энтальпии (ΔH), энтропии (ΔS), энергии Гельмгольца (ΔA) и теплоту (Q), выделяющуюся или поглощающуюся при работе гальванического элемента. Расчёт производите для 1 киломоля реагирующего вещества

Таблица 14

Вариант	Реакция	Уравнение	T, K
1	2	3	4
1	$\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2 + 2e$	$E = 0,6990 - 7,4 \cdot 10^{-4}(T-298)$	273
2	$\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2 + 2\text{H}^+ = \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2 + 2e$	$E = 0,6990 - 7,4 \cdot 10^{-4}(T-298)$	323
3	$\text{Zn} + 2\text{AgCl} = \text{ZnCl}_2 + 2\text{Ag}$	$E = 1,125 - 4,02 \cdot 10^{-4}T$	343
4	$\text{Zn} + 2\text{AgCl} = \text{ZnCl}_2 + 2\text{Ag}$	$E = 1,125 - 4,02 \cdot 10^{-4}T$	363
5	$\text{Zn} + \text{Hg}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + 2\text{Hg}$	$E = 1,4328 - 0,00199(T-288)$	278
6	$\text{Zn} + \text{Hg}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + 2\text{Hg}$	$E = 1,4328 - 0,00199(T-288)$	310

Окончание табл. 14

1	2	3	4
7	$\text{Ag} + \text{Cl}^- = \text{AgCl} + e$	$E = 0,2224 - 6,4 \cdot 10^{-4}(T-298)$	273
8	$\text{Ag} + \text{Cl}^- = \text{AgCl} + e$	$E = 0,2224 - 6,4 \cdot 10^{-4}(T-298)$	260
9	$2\text{Ag} + \text{Hg}_2\text{Cl}_2 = 2\text{AgCl} + 2\text{Hg}$	$E = 0,0556 - 3,338 \cdot 10^{-4}(T)$	309
10	$\text{Cd} + \text{Hg}_2\text{SO}_4 = \text{CdSO}_4 + 2\text{Hg}$	$E = 1,0183 - 4,06 \cdot 10^{-4}(T-293)$	373
11	$\text{Cd} + 2\text{AgCl} = \text{CdCl}_2 + 2\text{Ag}$	$E = 0,868 - 6,5 \cdot 10^{-4}(T)$	309
12	$\text{Cd} + 2\text{AgCl} = \text{CdCl}_2 + 2\text{Ag}$	$E = 0,868 - 6,5 \cdot 10^{-4}(T)$	340
13	$\text{Cd} + \text{PbCl}_2 = \text{CdCl}_2 + \text{Pb}$	$E = 0,331 - 4,8 \cdot 10^{-4}(T)$	295
14	$\text{Cd} + \text{PbCl}_2 = \text{CdCl}_2 + \text{Pb}$	$E = 0,331 - 4,8 \cdot 10^{-4}(T)$	320
15	$2\text{Hg} + 2\text{Cl}^- = \text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2e$	$E = 0,2438 - 6,5 \cdot 10^{-4}(T-298)$	273
16	$2\text{Hg} + 2\text{Cl}^- = \text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2e$	$E = 0,2438 - 6,5 \cdot 10^{-4}(T-298)$	275
17	$2\text{Hg} + \text{ZnCl}_2 = \text{Hg}_2\text{Cl}_2 + \text{Zn}$	$E = 1 + 0,000094(T-288)$	310
18	$2\text{Hg} + \text{SO}_4^{2-} = \text{Hg}_2\text{SO}_4 + 2e$	$E = 0,614 - 8,02 \cdot 10^{-4}(T-298)$	273
19	$2\text{Hg} + \text{SO}_4^{2-} = \text{Hg}_2\text{SO}_4 + 2e$	$E = 0,614 - 8,02 \cdot 10^{-4}(T-98)$	350
20	$\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2\text{KOH} = \text{Hg}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{KCl}$	$E = 0,00947 + 8,37 \cdot 10^{-4}T$	350
21	$\text{Pb} + \text{Cu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 = \text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 + \text{Cu}$	$E = 0,365 + 3,85 \cdot 10^{-4}T$	330
22	$\text{Pb} + 2\text{AgJ} = \text{PbJ}_2 + 2\text{Ag}$	$E = 0,259 + 1,38 \cdot 10^{-4}T$	330
23	$\text{Pb} + 2\text{AgJ} = \text{PbJ}_2 + 2\text{Ag}$	$E = 0,259 + 1,38 \cdot 10^{-4}T$	360
24	$\text{Pb} + \text{Hg}_2\text{Cl}_2 = \text{PbCl}_2 + 2\text{Hg}$	$E = 0,5353 + 1,45 \cdot 10^{-4}T$	360

Задача 4. Укажите порядок и найдите константу скорости данной реакции, протекающей при заданной температуре T , пользуясь данными (табл. 15) о ходе процесса по времени t (с начала реакции).

Таблица 15

Вариант	Реакция	Вре мя, t , мин	Результат контроля за ходом реакции	T , К
1	2	3	4	5
1	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + 4\text{HBr}$ Спирт в большом избытке A — концентрация брома $\times 10^3$ моль/л	0	a 4,24	298
		4	3,14	
		6	2,49	
		10	2,24	
		15	1,78	
		0	8,14	
		4	6,10	
		10	4,45	
		15	3,75	

Продолжение табл. 15

2	$2\text{HgCl}_2 + \text{HCOONa} \rightarrow$ $\rightarrow \text{Hg}_2\text{Cl}_2 + \text{NaCl} + \text{HCl} + \text{CO}_2$ <i>a</i> — концентрация HgCl_2 , моль/л <i>b</i> — концентрация HCOONa , моль/л	0	<i>a</i> 0,1034	<i>b</i> 0,1737	298
		3	0,0679	—	
		0	0,0503	0,1737	
		3	0,0326	—	
		0	0,1028	1,0227	
		1	—	0,9579	
		0	0,1028	0,379	
3	$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}\equiv\text{CCOONa} + \text{I}_2 \rightarrow$ $\rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{CJ}=\text{CJCOONa}$ Исходные концентрации эквивалентны <i>a</i> — количество 0,1 н. Раствора гипосульфита, израсходованное на титрование 25 мл пробы.	0	<i>a</i> 24,9		293
		29	8,32		
		0	21,00		
		34,5	7,00		
4	$\text{Rn} \rightarrow \text{RnA}$ <i>a</i> — объём газа Rn , мл	0	<i>a</i> 0,102		293
		70	0,062		
		110	0,044		
		140	0,033		
		165	0,025		
		200	0,019		
		250	0,016		
		360	0,007		
		450	0,003		
		600	0,002		
750	0,000				
5	$\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4 + 1/2\text{O}_2$ <i>a</i> — концентрация моль/л	0	<i>a</i> 2,33		298
		184	2,08		
		319	1,91		
		526	1,67		
		867	1,36		
		1198	1,11		
		1877	0,72		
		2315	0,55		
		3144	0,34		

Продолжение табл. 15

1	2	3	4		5
6	$2\text{NCl}_3 (\text{ж}) \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{Cl}_2$ a — объём N_2 мл, Cl_2 поглощается	4	a		298
		6	10		
		22	13		
		∞	26		
			28,5		
7	$2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ В водном растворе. a — количество мл раствора KMnO_4 , идущее на титрование пробы	0	a		303
		10	22,8		
		20	13,8		
8	$\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8 + 2\text{KJ} \rightarrow 2\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{J}_2$ a — количество мл 0,01 н. раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, идущее на титрование 25 мл пробы	9	a		298
		16	4,25		
		32	7,80		
		∞	14,19		
			20,05		
9	Раствор N_2O_5 в CCl_4 разлагается с выделением O_2 a — объём O_2 , мл	20	a		313
		40	11,4		
		60	19,2		
		82	23,2		
		100	27,2		
		∞	29,5		
10	$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{NaOH} \rightarrow$ $\rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ a и b — начальные концентрации $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ и NaOH , моль/л	0	$a-x$	$b-x$	291
		178	0,00980	0,00486	
		273	0,00892	0,00398	
		531	0,00864	0,00370	
		866	0,00792	0,00297	
		1510	0,00742	0,00230	
		1918	0,00646	0,00151	
		2401	0,00603	0,00109	
11	$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{NaOH} \rightarrow$ $\rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ a — начальные концентрации $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ и NaOH моль/л x — убыль исходных продуктов, моль/л	0	$a-x$		293
		300	0,0200		
		900	0,0128		
		1380	0,00766		
		2100	0,00540		
		3300	0,00426		
		7200	0,00289		
	0,00138				

Окончание табл. 15

1	2	3	4	5
12	H ₂ O ₂ в присутствии коллоидной платины разлагается с выделением O ₂ . <i>a</i> — объём O ₂ мл	10	3,3	353
		30	8,1	
		∞	15,6	
13	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ + H ₂ O = C ₆ H ₁₂ O ₆ + C ₆ H ₁₂ O ₆	0	<i>c₀/c</i>	298
		1435	1	
		4315	1,081	
		7070	1,266	
		11360	1,464	
		14170	1,830	
		16935	2,117	
		19815	2,466	
		29925	2,857	
∞	4,962			

Задача 5. В табл. 16 приведены значения константы скорости k_1 и k_2 реакции при двух различных температурах T_1 и T_2 . Вычислите энергию активации этой реакции, найдите константу скорости при температуре T_3 и определите, сколько вещества прореагировало к моменту времени t , если начальная концентрация вещества c_0 (c_0 — начальные концентрации реагирующих веществ одинаковы). Определите температурный коэффициент скорости реакции и проверьте применимость правила Вант-Гоффа на примерах. Порядок реакции считать по молекулярности.

Таблица 16

Вариант	Реакция	T_1, K	k_1	T_2, K	k_2	T_3, K	Время $t, \text{мин}$	$c_0,$ моль/л
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$H_2 + Br_2 \rightarrow 2HBr$	574,5	0,0856	497,2	0,00036	483,2	60	0,03
2	$H_2 + Br_2 \rightarrow 2HBr$	550,7	0,0159	524,6	0,0026	568,2	10	0,1
3	$H_2 + J_2 \rightarrow 2HJ$	599,0	0,00146	697,0	0,0586	648,2	28	2,83
4	$H_2 + J_2 = 2HJ$	683,0	0,0659	716,0	0,0375	693,2	27	1,83
5	$2HJ \rightarrow H_2 + J_2$	456,2	$0,942 \cdot 10^{-6}$	700	0,00310	923,2	17	2,83
6	$2HJ \rightarrow H_2 + J_2$	628,4	$0,809 \cdot 10^{-4}$	780,4	0,1059	976,2	18	1,87
7	$2NO \rightarrow N_2 + O_2$	1525,2	47059	1251,4	1073	1423,2	45	2,83
8	$2N_2O \rightarrow 2N_2 + O_2$	968,0	6,72	1165	977,0	1053,2	65	1,75
9	$N_2O_5 \rightarrow N_2O_2 + 1/2O_2$	298,2	0,00203	288,2	$0,475 \cdot 10^{-3}$	388,2	32	0,93
10	$PH_3 \rightarrow 1/2P_2 + 3/2H_2$	953,2	0,0183	918,2	0,0038	988,2	80	0,87
11	$SO_2Cl_2 \rightarrow SO_2 + Cl_2$	522,2	$0,609 \cdot 10^{-4}$	593,2	$0,132 \cdot 10^{-2}$	688,2	35	2,5
12	$KClO_3 + 6FeSO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow$ $\rightarrow KCl + 3Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O$	283,2	1,00	305,2	7,15	323,2	39	1,67
13	$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$	288,2	0,00031	312,2	0,00815	303,2	89	3,85
14	$COCl_2 \rightarrow CO + Cl_2$	655,0	$0,53 \cdot 10^{-2}$	745,0	$67,7 \cdot 10^{-2}$	698,2	104,5	0,8
15	$(CH_2)_3 \rightarrow CH_3CH=CH_2$	833,2	0,00678	923,2	0,146	956,2	40	1,52
16	$C_2H_5ONa + CH_3Cl \rightarrow C_2H_5OCH_3 + NaCl$	273,2	0,0336	303,2	2,125	288,2	10	0,87
17	$CH_2(OH)CH_2Cl + KOH \rightarrow$ $\rightarrow KCl + CH_2(OH)CH_2OH$	297,7	0,68	316,8	5,32	303,2	18	0,96

1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	$\text{CH}_2\text{ClCOOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ $\rightarrow \text{CH}_2\text{OHCOOH} + \text{HCl}$	353,2	$0,222 \cdot 10^{-4}$	403,8	0,00237	423,2	26	0,50
19	$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{NaOH} \rightarrow$ $\rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	282,6	2,307	318,1	21,65	342,2	342,2	0,95
20	$\text{CH}_3\text{COOCH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ $\rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH}$ Катализатор HCl 0,1н р-р	298,2	$0,653 \cdot 10^{-3}$	308,2	$1,163 \cdot 10^{-3}$	313,2	313,2	1,60
21	$\text{CH}_3\text{COOCH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ $\rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH}$ катализатор HCl 1,8н р-р	298,2	$16,09 \cdot 10^{-5}$	308,2	$37,84 \cdot 10^{-5}$	323,2	323,2	2,96
22	$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ $\rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	273,2	$2,056 \cdot 10^{-3}$	312,2	109,410	298,2	298,2	3,55
23	$2\text{CH}_2\text{O} + \text{NaOH} \rightarrow \text{HCOONa} +$ $+ \text{CH}_3\text{OH}$	323,2	$5,5 \cdot 10^{-3}$	358,2	$294,0 \cdot 10^{-3}$	338,2	338,2	0,5
24	$(\text{CH}_3)_2\text{SO}_4 + \text{NaJ} \rightarrow$ $\rightarrow \text{CH}_3\text{J} + \text{Na}(\text{CH}_3)\text{SO}_4$	273,2	0,029	298,1	1,04	285,8	285,8	3,89
25	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Br} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow$ $\rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OC}_2\text{H}_5 + \text{HBr}$	298,2	1,44	388,2	2,01	318,2	318,2	2,67
26	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 +$ $+ \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	298,2	0,765	328,2	35,5	323,6	323,6	1,85

Методические указания к выполнению контрольной работы 3

Для решения задач необходимо разобрать и усвоить следующие вопросы:

Задача 1

1. Растворы электролитов. Электролиты сильные и слабые.
2. Степень диссоциации, константа диссоциации.
3. Закон разведения Оствальда.

Задача 2

1. Типы электродов. (Классификация).
2. Окислительно-восстановительные электроды. Устройство, работа и уравнения Нернста для выражения их потенциалов.
3. Понятия: гальванический элемент и его электродвижущая сила – ЭДС.
4. Типы гальванических элементов.
5. Уравнение Нернста для вычисления ЭДС гальванических элементов.

Задача 3

1. Типы гальванических элементов.
2. Термодинамические характеристики гальванических элементов.
3. Температурная зависимость ЭДС гальванических элементов.

Задача 4

1. Скорость, константа скорости, молекулярность и порядок реакции.
2. Кинетические уравнения реакций различных порядков.
3. Методы определения порядков реакций.

Задача 5

1. Влияние температуры на скорость реакций.
2. Правило Вант-Гоффа и уравнение Аррениуса.
3. Энергия активации и методы её определения.

При изучении дисциплины «Физическая химия» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать:

Основные источники информации	Кол-во экз.*	Запасные источники информации	Кол-во экз.*
1. Кочергин С. М., Добреньков Г. А., Никулин В. Н. и др. /под ред. Кондратьева С.Н. Краткий курс физической химии. М.: Высшая школа, 1978. 312с.	4	5. Голиков Г.А. Руководство по физической химии : Учебное пособие для студентов химико-технологических специальностей. М. : Высшая школа, 1988. 383с	808

2. Кудряшов И. В. Физическая химия. Методические указания и контрольные задания. М.: Высшая школа, 1988. 152 с.	9	6. Киселёва Е. В., Каретников Г. С., Кудряшов И. В. Сборник примеров и задач по физической химии. М.: Высшая школа, 1976. 381 с.	10
3. Практикум по физической химии: Учебное пособие для студентов химико-технол. вузов./ Под ред. В.В. Буданова, Н.К. Воробьева. М. : Химия, 1986. 325с.	14	7. Практикум по физической химии. Составители: Вяслева Г. Я., Крупин С. В., Третьякова А. Я., Торсуев Д. М. КГТУ, Казань, 1996 74с.	12
4. Краткий справочник физико-химических величин. Н.М.Барон и др./Под ред. К. П. Мищенко, А. А. Равделя. М.-Л.: Химия (Ленинградский отдел), 1965. 159с.	13	8. Краткий справочник физико-химических величин. Н.М.Барон и др./Под ред. К. П. Мищенко, А. А. Равделя. Л.: Химия, 1983. 231с.	1

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать:

Основные источники информации	Кол-во экз.*	Запасные источники информации	Кол-во экз.*
8. Краснов К. С., Воробьев Н. К., Годнев И. Н., и др./ Под ред. К. С. Краснова. Физическая химия. Учебник для вузов в 2-х кн. Кн.1. Строение вещества, химическая термодинамика. М.: Высшая школа, 2001. 512с. Кн.2. Электрохимия, химическая кинетика. М.: Высшая школа, 2001. 319с.	1006 1026	10. Стромберг А.Г., Семченко Д. П. Физическая химия. М.: Высшая школа, 1973. 480с. (Изд.1) М.: Высшая школа, 1988. 480с. (Изд.2) М.: Высшая школа. 2001. 540с. (изд.3) М.: Высшая школа, 2003. 680с. (Изд.4)	927 11 701 15
9. В. А. Киреев. Краткий курс физической химии. М.: Госхимиздат, 1969. 624с. М.: Высшая школа, 1978. 670с.	6 189	11. Замон А. Д., Лещенко Н. В. Физическая химия. М.: Химия, 2000. 320с.	266

* («Кол-во экз.» в таблицах списка литературы означает наличие числа предлагаемых книг в библиотеке КГТУ).

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Составители: *М. А. Хусаинов*
Д. М. Торсуев

Корректор *Ю. Е. Стрыхарь*

Лицензия № 020404 от 6.03.97 г.

Подписано в печать 22.05.07.

Формат 60x84 1/16.

Бумага писчая.

Печать Riso.

2,32 усл.печ.л.

2,5 уч.-изд.л.

Тираж 150 экз.

Заказ 196 «С» 153.

Издательство Казанского государственного технологического
университета

Офсетная лаборатория Казанского государственного
технологического университета

420015, Казань, К.Маркса, 68