



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА И АДСОРБЦИЯ

*Методические указания для студентов по дисциплине
"Физическая химия"*

Магнитогорск
2013

Рецензенты:

Кандидат технических наук, старший менеджер ОАО «ММК»

С.М. Шерстобитов

Кандидат технических наук,

доцент кафедры промышленной экологии и безопасности
жизнедеятельности,

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»

А.Ю. Перятинский

**Дюльдина Э.В., Клочковский С.П., Свечникова Н.Ю., Смирнов А.Н.,
Юдина С.В.**

Химическая кинетика и адсорбция [Электронный ресурс] : методические указания для студентов по дисциплине "Физическая химия" / Эльвира Владимировна Дюльдина, Станислав Павлович Клочковский, Наталья Юрьевна Свечникова, Андрей Николаевич Смирнов, Светлана Владимировна Юдина ; ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – Электрон. текстовые дан. (0,33 Мб). – Магнитогорск : ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2013. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Систем. требования : IBM PC, любой, более 1 GHz ; 512 Мб RAM ; 10 Мб HDD ; MS Windows XP и выше ; Adobe Reader 8.0 и выше ; CD/DVD-ROM дисковод ; мышь. – Загл. с титул. экрана.

Методические указания предназначены для изучения дисциплин «Физическая химия».

Работа представляет собой две обширные задачи, составленные по типу исследований, охватывающих разделы «Химическая кинетика» и «Поверхностные явления». Выполнение работы предполагает возможность получения студентом навыков обработки экспериментальных данных, их графического представления и объяснения.

Методические указания разработаны для студентов следующих направлений:

150400.62 **Металлургия. Metallurgy** черных металлов. Степень – бакалавр техники и технологии. Область профессиональной деятельности: процессы переработки руд и других материалов с целью получения концентратов, процессы получения металлов и сплавов, металлургических изделий требуемого качества, а также процессы обработки, при которых изменяются химический состав и структура металлов (сплавов) для достижения определенных свойств.

221700.62 **Стандартизация и метрология. Standardization and certification** (в химической промышленности). Степень – бакалавр

техники и технологии. Область профессиональной деятельности: установление, реализация и контроль выполнения норм, правил и требований к продукции (услуге), технологическому процессу ее разработки, производства, применения (потребления) и метрологическому обеспечению, нацеленных на высокое качество и безопасность продукции (услуги), высокую экономическую эффективность для производителя и потребителя.

240100.62 Химическая технология. Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов. Степень – бакалавр техники и технологии. Область профессиональной деятельности: методы, способы и средства получения веществ и материалов с помощью физических, физико-химических и химических процессов, производство на их основе изделий различного назначения; создание, внедрение и эксплуатацию промышленных производств основных неорганических веществ, строительных материалов, продуктов основного и тонкого органического синтеза, полимерных материалов, продуктов переработки нефти, газа и твердого топлива, лекарственных препаратов, энергонасыщенных материалов и изделий на их основе.

130400.65 Горное дело. Обогащение полезных ископаемых. Специалист – горный инженер. Область профессиональной деятельности: занимаются проектированием и организацией производства по переработке и обогащению полезных ископаемых. Разрабатывают новые ресурсо- и энергосберегающие технологии комплексного использования полезных ископаемых. Выполняют исследования по совершенствованию существующих и созданию новых схем и процессов обогащения полезных ископаемых и техногенного сырья. Изучают и анализируют информацию о результатах работы предприятий этой отрасли, обеспечивают внедрение достижений отечественной и зарубежной науки и техники.

УДК 541.1

- © Дюльдина Э.В., Клочковский С.П., Свечникова Н.Ю. Смирнов А.Н., Юдина С.В., 2013
- © ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», 2013

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая расчетно-графическая работа предназначена для студентов всех специальностей дневного и заочного образования, изучающих физическую химию в соответствии с учебными программами.

Работа представляет собой две обширные задачи, составленные по типу исследований, охватывающих разделы «Химическая кинетика» и «Поверхностные явления». Выполнение работы предполагает возможность получения студентом навыков обработки экспериментальных данных, их графического представления и объяснения.

Приступая к выполнению задания, необходимо тщательно проработать теоретический материал указанных разделов по учебникам и пособиям, рекомендуемый список которых помещен в конце этих указаний.

Для получения задания студенту необходимо знать номер варианта, который задает преподаватель и свой номер в журнале группы, который соответствует номеру задания. Требования к оформлению задания и образец оформления титульного листа представлены в приложении 1 и 2.

ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАНИЯ

Исследование I

раздел «Химическая кинетика»

Для реакции $A+B \rightarrow$ продукты реакции, начальные концентрации (C_0) веществ А и В равны и составляют: $C_{0(A)} = C_{0(B)} = C_0 = \dots$ моль/дм³ (колонка 6, табл.1.). Изменение концентраций веществ (C_i) во времени (τ_i) при различных температурах (T_i), для каждого варианта, находятся в строке соответствующей номеру задания (табл.1).

Найти энергию активации (E), предэкспоненциальный множитель (k_0) и время (τ_5), за которое ... % исходных веществ А и В (колонка 22, табл.1.) при температуре $T_5 = \dots$ К (колонка 21, табл.1.) превратится в продукты реакции.

Исследование 2

раздел «Поверхностные явления»

Установить, каким из адсорбционных уравнений - Фрейндлиха или Лэнгмюра, описывается процесс адсорбции некоторой кислоты. Известно, что при адсорбции из 200 мл водного раствора этой кислоты на 4г активированного угля концентрация кислоты уменьшается, в зависимости от исходной концентрации (C_i^0 , колонка 3-6, табл.2.), до значений C_i (колонки 7-10, табл.2.). Найти константы в установленном Вами уравнении адсорбции, а также равновесную концентрацию раствора (C_5) при той же температуре, если исходная концентрация кислоты была $C_i^0 = \dots$ моль/дм³ (колонка 11 табл.2.), а масса адсорбента 4г.

Таблица 1

Исходные данные для исследования 1
раздел «Химическая кинетика»

Номер задания	Время τ_i , с				Изменение концентрации C_i во					
	τ_0	τ_1	τ_2	τ_3	T_1				T_2	
					C_0	C_1	C_2	C_3	C_0	C_1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	72	146	220	1,00	0,64	0,36	0,16	1,00	0,80
2	0	15	88	160	1,00	0,92	0,58	0,31	1,00	0,96
3	0	10	70	400	1,00	0,90	0,50	0,10	1,00	0,94
4	0	14	44	104	1,00	0,75	0,50	0,30	1,00	0,80
5	0	40	96	200	1,00	0,80	0,60	0,40	1,00	0,70
6	0	10	68	92	1,00	0,85	0,50	0,30	1,00	0,87
7	0	70	142	212	0,64	0,36	0,16	0,04	0,64	0,30
8	0	22	60	130	0,85	0,75	0,60	0,40	0,85	0,77
9	0	70	136	285	1,00	0,50	0,30	0,15	1,00	0,42
10	0	44	82	134	1,00	0,50	0,35	0,25	1,00	0,45
11	0	14	66	178	1,00	0,75	0,40	0,20	1,00	0,72
12	0	20	86	262	1,00	0,75	0,45	0,25	1,00	0,69
13	0	100	200	300	1,00	0,64	0,36	0,16	1,00	0,71
14	0	40	100	176	1,00	0,65	0,40	0,25	1,00	0,58
15	0	8	48	130	1,00	0,90	0,60	0,35	1,00	0,85
16	0	130	240	362	1,00	0,60	0,40	0,25	1,00	0,55
17	0	50	140	270	1,00	0,60	0,40	0,30	1,00	0,67
18	0	22	110	224	1,00	0,85	0,50	0,40	1,00	0,80
19	0	64	135	177	1,00	0,60	0,45	0,40	1,00	0,41
20	0	100	200	280	0,64	0,36	0,16	0,06	0,64	0,30
21	0	180	315	420	1,00	0,50	0,30	0,20	1,00	0,44
22	0	40	70	200	1,00	0,80	0,70	0,40	1,00	0,70
23	0	16	70	164	1,00	0,85	0,50	0,30	1,00	0,88
24	0	90	350	800	1,00	0,70	0,30	0,10	1,00	0,72
25	0	50	158	396	1,00	0,76	0,48	0,30	1,00	0,77
26	0	13	66	202	1,00	0,80	0,50	0,30	1,00	0,88

ВАРИАНТ 1

Продолжение табл. 1

времени при температуре				T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	% про-реаги-ровавшего вещества	Номер задания
T ₃		T ₄								
C ₀	C ₁	C ₀	C ₁							
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1,00	0,86	1,00	0,91	645	625	610	593	540	20	1
1,00	0,97	1,00	0,98	485	472	465	457	430	40	2
1,00	0,95	1,00	0,96	403	396	390	387	440	23	3
1,00	0,83	1,00	0,86	364	367	351	345	380	24	4
1,00	0,58	1,00	0,45	400	408	417	426	430	40	5
1,00	0,89	1,00	0,91	1000	952	909	870	700	32	6
0,64	0,20	0,64	0,13	354	357	362	364	340	45	7
0,85	0,78	0,85	0,81	333	331	329	325	300	52	8
1,00	0,35	1,00	0,24	403	406	410	417	395	60	9
1,00	0,39	1,00	0,34	364	370	377	385	395	64	10
1,00	0,67	1,00	0,62	364	370	377	385	350	35	11
1,00	0,64	1,00	0,59	1000	1053	1111	1176	980	72	12
1,00	0,76	1,00	0,81	800	781	769	752	747	82	13
1,00	0,52	1,00	0,39	403	406	410	417	435	58	14
1,00	0,78	1,00	0,69	471	481	494	506	455	86	15
1,00	0,47	1,00	0,30	324	331	333	338	350	57	16
1,00	0,75	1,00	0,82	1000	952	909	870	850	91	17
1,00	0,77	1,00	0,73	909	930	952	976	900	15	18
1,00	0,37	1,00	0,31	987	1026	1052	1081	975	21	19
0,64	0,23	0,64	0,16	364	368	372	375	355	25	20
1,00	0,35	1,00	0,19	329	331	333	338	310	29	21
1,00	0,58	1,00	0,45	400	408	417	426	440	34	22
1,00	0,92	1,00	0,95	471	459	449	440	428	38	23
1,00	0,80	1,00	0,83	313	310	308	303	300	65	24
1,00	0,80	1,00	0,83	909	888	870	851	845	47	25
1,00	0,93	1,00	0,96	909	888	870	855	845	57	26

Продолжение табл. 1

Номер задания	Время τ_i , с				Изменение концентрации C_i во					
	τ_0	τ_1	τ_2	τ_3	T_1				T_2	
					C_0	C_1	C_2	C_3	C_0	C_1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	38	104	270	1,00	0,65	0,45	0,30	1,00	0,71
2	0	36	110	182	1,00	0,81	0,49	0,25	1,00	0,90
3	0	90	160	286	1,00	0,60	0,40	0,20	1,00	0,66
4	0	20	50	98	1,00	0,80	0,60	0,40	1,00	0,86
5	0	30	52	104	1,00	0,60	0,45	0,30	1,00	0,65
6	0	42	190	41	1,00	0,85	0,50	0,25	1,00	0,81
7	0	44	144	388	1,00	0,60	0,35	0,20	1,00	0,62
8	0	36	106	176	0,64	0,49	0,25	0,09	0,62	0,45
9	0	60	130	180	0,85	0,60	0,40	0,30	0,85	0,65
10	0	98	176	285	1,00	0,40	0,25	0,15	1,00	0,33
11	0	14	66	178	1,00	0,75	0,40	0,20	1,00	0,72
12	0	56	220	500	1,00	0,80	0,45	0,20	1,00	0,83
13	0	20	144	262	1,00	0,75	0,35	0,25	1,00	0,69
14	0	50	150	250	1,00	0,81	0,49	0,25	1,00	0,85
15	0	40	150	290	1,00	0,80	0,50	0,30	1,00	0,82
16	0	20	84	212	1,00	0,80	0,45	0,25	1,00	0,69
17	0	68	256	480	1,00	0,85	0,55	0,33	1,00	0,89
18	0	86	396	800	1,00	0,60	0,30	0,20	1,00	0,55
19	0	50	150	250	0,64	0,49	0,25	0,09	0,64	0,46
20	0	44	138	548	1,00	0,75	0,45	0,25	1,00	0,77
21	0	92	300	564	1,00	0,80	0,50	0,30	1,00	0,70
22	0	18	150	370	1,00	0,90	0,50	0,25	1,00	0,84
23	0	130	240	362	1,00	0,60	0,40	0,25	1,00	0,55
24	0	22	106	284	1,00	0,75	0,40	0,20	1,00	0,84
25	0	49	135	243	1,00	0,65	0,45	0,35	1,00	0,45

ВАРИАНТ 2

Продолжение табл. 1

времени при температуре				T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	% про-реаги-ровав-шего вещества	Номер задания
T ₃		T ₄								
C ₀	C ₁	C ₀	C ₁							
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1,00	0,79	1,00	0,85	1000	952	909	870	1010	10	1
1,00	0,93	1,00	0,96	599	581	571	556	605	20	2
1,00	0,72	1,00	0,81	431	427	424	417	440	25	3
1,00	0,90	1,00	0,92	403	396	390	387	395	40	4
1,00	0,70	1,00	0,75	364	357	351	345	370	50	5
1,00	0,77	1,00	0,72	313	315	317	320	330	60	6
1,00	0,67	1,00	0,71	1000	952	909	870	850	70	7
0,64	0,38	0,64	0,33	400	403	408	412	390	80	8
0,85	0,68	0,85	0,74	348	345	342	338	325	15	9
1,00	0,27	1,00	0,17	403	406	410	417	425	25	10
1,00	0,67	1,00	0,62	364	370	377	385	350	35	11
1,00	0,87	1,00	0,89	313	310	308	305	300	45	12
1,00	0,64	1,00	0,59	1000	1052	1111	1176	950	55	13
1,00	0,88	1,00	0,90	667	656	645	633	675	65	14
1,00	0,88	1,00	0,92	400	396	389	382	360	90	15
1,00	0,58	1,00	0,47	471	481	494	506	515	75	16
1,00	0,93	1,00	0,96	400	385	370	357	350	85	17
1,00	0,49	1,00	0,45	909	930	952	976	900	95	18
0,64	0,41	0,64	0,36	400	405	408	413	430	17	19
1,00	0,80	1,00	0,83	909	888	870	851	840	27	20
1,00	0,57	1,00	0,43	400	417	435	455	470	37	21
1,00	0,77	1,00	0,67	400	408	417	426	440	47	22
1,00	0,47	1,00	0,30	324	331	333	338	350	57	23
1,00	0,89	1,00	0,93	471	459	449	440	430	67	24
1,00	0,42	1,00	0,34	987	1026	1052	1081	950	77	25

Продолжение табл. 1

Номер задания	Время τ_i , с				Изменение концентрации C_i во					
	τ_0	τ_1	τ_2	τ_3	T ₁				T ₂	
					C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₀	C ₁
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	34	72	400	1,00	0,70	0,50	0,10	1,00	0,71
2	0	71	300	616	1,00	0,75	0,35	0,15	1,00	0,90
3	0	60	130	205	1,00	0,71	0,41	0,19	1,00	0,66
4	0	120	160	286	1,00	0,50	0,40	0,20	1,00	0,86
5	0	44	134	254	1,00	0,50	0,25	0,15	1,00	0,65
6	0	20	86	192	1,00	0,75	0,45	0,30	1,00	0,81
7	0	23	63	140	1,00	0,75	0,55	0,40	1,00	0,62
8	0	56	128	200	0,64	0,41	0,19	0,06	0,64	0,45
9	0	90	130	250	0,85	0,50	0,30	0,20	0,85	0,65
10	0	72	220	400	1,00	0,30	0,20	0,10	1,00	0,33
11	0	90	350	800	1,00	0,70	0,30	0,10	1,00	0,72
12	0	80	180	280	1,00	0,71	0,41	0,19	1,00	0,83
13	0	30	104	400	1,00	0,60	0,30	0,10	1,00	0,69
14	0	8	84	284	1,00	0,90	0,45	0,15	1,00	0,85
15	0	10	68	108	1,00	0,85	0,50	0,40	1,00	0,82
16	0	118	410	668	1,00	0,75	0,40	0,25	1,00	0,69
17	0	22	110	296	1,00	0,85	0,55	0,35	1,00	0,89
18	0	70	150	288	1,00	0,70	0,50	0,30	1,00	0,55
19	0	80	150	350	0,64	0,41	0,25	0,01	0,64	0,46
20	0	16	106	212	1,00	0,85	0,40	0,25	1,00	0,77
21	0	30	80	177	1,00	0,75	0,55	0,40	1,00	0,70
22	0	148	480	800	1,00	0,70	0,35	0,20	1,00	0,84
23	0	130	240	362	1,00	0,60	0,40	0,25	1,00	0,55
24	0	80	240	420	1,00	0,75	0,40	0,20	1,00	0,84
25	0	86	224	548	1,00	0,60	0,40	0,25	1,00	0,45

ВАРИАНТ 3

Продолжение табл. 1

времени при температуре				T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	% про-реаги-ровавшего вещества	Номер задания
T ₃		T ₄								
C ₀	C ₁	C ₀	C ₁							
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1,00	0,85	1,00	0,88	403	396	390	387	410	70	1
1,00	0,64	1,00	0,58	313	315	317	320	300	80	2
1,00	0,88	1,00	0,93	535	515	505	498	485	90	3
1,00	0,66	1,00	0,76	405	402	398	392	380	60	4
1,00	0,62	1,00	0,67	364	357	351	345	375	50	5
1,00	0,81	1,00	0,84	1000	952	909	870	850	40	6
1,00	0,86	1,00	0,90	1000	952	909	870	850	30	7
0,64	0,27	0,64	0,20	437	441	446	450	425	20	8
0,85	0,62	0,85	0,69	362	359	356	351	340	85	9
1,00	0,35	1,00	0,24	303	406	410	417	425	75	10
1,00	0,80	1,00	0,83	313	310	308	303	300	65	11
1,00	0,81	1,00	0,85	571	562	552	545	530	55	12
1,00	0,48	1,00	0,43	364	370	377	385	350	45	13
1,00	0,78	1,00	0,69	471	481	494	506	510	35	14
1,00	0,77	1,00	0,73	1000	1053	1111	1176	950	25	15
1,00	0,89	1,00	0,93	400	385	370	357	350	15	16
1,00	0,77	1,00	0,73	909	930	952	976	900	87	17
1,00	0,81	1,00	0,87	400	396	389	382	370	77	18
0,64	0,30	0,64	0,23	444	449	455	461	430	67	19
1,00	0,92	1,00	0,95	471	459	449	440	480	57	20
1,00	0,51	1,00	0,42	987	1026	1052	1081	980	47	21
1,00	0,42	1,00	0,28	400	417	435	455	465	37	22
1,00	0,47	1,00	0,30	324	331	333	338	350	57	23
1,00	0,63	1,00	0,48	329	331	335	338	260	17	24
1,00	0,69	1,00	0,73	909	888	870	851	920	46	25

Продолжение табл. 1

Номер задания	Время τ_i , с				Изменение концентрации C_i во					
	τ_0	τ_1	τ_2	τ_3	T_1				T_2	
					C_0	C_1	C_2	C_3	C_0	C_1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	29	135	256	1,00	0,90	0,60	0,40	1,00	0,86
2	0	50	138	284	1,00	0,60	0,30	0,15	1,00	0,70
3	0	20	192	388	1,00	0,75	0,30	0,20	1,00	0,27
4	0	15	88	160	1,00	0,92	0,58	0,31	1,00	0,96
5	0	160	212	410	1,00	0,40	0,30	0,10	1,00	0,48
6	0	14	66	134	1,00	0,75	0,40	0,25	1,00	0,80
7	0	63	140	270	1,00	0,55	0,40	0,30	1,00	0,62
8	0	42	162	350	1,00	0,85	0,55	0,30	1,00	0,87
9	0	54	192	600	1,00	0,55	0,30	0,15	1,00	0,48
10	0	86	128	178	0,64	0,31	0,19	0,09	0,64	0,25
11	0	130	210	250	0,85	0,40	0,25	0,20	0,85	0,47
12	0	20	50	176	1,00	0,80	0,60	0,25	1,00	0,75
13	0	30	104	254	1,00	0,60	0,30	0,15	1,00	0,54
14	0	40	100	176	1,00	0,65	0,40	0,25	1,00	0,58
15	0	120	180	220	1,00	0,58	0,41	0,31	1,00	0,66
16	0	80	177	340	1,00	0,55	0,40	0,30	1,00	0,37
17	0	20	70	164	1,00	0,80	0,50	0,30	1,00	0,69
18	0	20	120	220	1,00	0,92	0,58	0,31	1,00	0,94
19	0	100	288	460	1,00	0,60	0,30	0,20	1,00	0,64
20	0	86	224	548	1,00	0,60	0,40	0,25	1,00	0,55
21	0	68	256	480	1,00	0,85	0,55	0,36	1,00	0,76
22	0	22	48	130	1,00	0,75	0,60	0,35	1,00	0,84
23	0	180	240	362	1,00	0,50	0,40	0,25	1,00	0,44
24	0	120	180	250	0,64	0,31	0,19	0,09	0,64	0,25
25	0	40	96	200	1,00	0,80	0,60	0,40	1,00	0,70

ВАРИАНТ 4

Продолжение табл. 1

времени при температуре				T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	% про-реаги-ровавшего вещества	Номер задания
T ₃		T ₄								
C ₀	C ₁	C ₀	C ₁							
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1,00	0,83	1,00	0,79	313	315	317	320	340	10	1
1,00	0,79	1,00	0,83	403	396	390	387	410	20	2
1,00	0,81	1,00	0,84	1000	952	909	870	850	30	3
1,00	0,97	1,00	0,98	485	472	465	457	430	40	4
1,00	0,56	1,00	0,69	381	378	375	370	362	50	5
1,00	0,83	1,00	0,86	364	357	351	345	438	60	6
1,00	0,71	1,00	0,78	1000	952	909	870	860	70	7
1,00	0,90	1,00	0,92	313	310	308	305	320	80	8
1,00	0,43	1,00	0,39	1000	1053	1111	1176	985	90	9
0,64	0,10	0,64	0,07	485	490	500	504	460	15	10
0,47	0,85	0,53	0,85	0,63	381	378	375	370	20	11
1,00	0,70	1,00	0,58	403	406	410	417	395	35	12
1,00	0,48	1,00	0,43	364	370	377	385	350	45	13
1,00	0,52	1,00	0,39	403	406	410	417	435	58	14
1,00	0,72	1,00	0,77	444	439	434	429	470	96	15
1,00	0,34	1,00	0,28	987	1026	1052	1031	1100	75	16
1,00	0,58	1,00	0,47	471	481	494	506	520	85	17
1,00	0,95	1,00	0,96	500	493	487	480	470	87	18
1,00	0,75	1,00	0,83	400	396	389	382	370	37	19
1,00	0,49	1,00	0,45	909	930	952	976	900	47	20
1,00	0,66	1,00	0,52	400	417	435	455	460	57	21
1,00	0,89	1,00	0,93	471	459	448	440	480	67	22
1,00	0,35	1,00	0,19	329	331	334	338	320	77	23
0,64	0,18	0,64	0,10	500	505	513	521	490	87	24
1,00	0,58	1,00	0,45	400	408	417	426	430	40	25

Продолжение табл.1

Номер задания	Время τ_i , с				Изменение концентрации C_i во					
	τ_0	τ_1	τ_2	τ_3	T_1				T_2	
					C_0	C_1	C_2	C_3	C_0	C_1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	56	162	416	1,00	0,80	0,55	0,25	1,00	0,75
2	0	40	136	220	1,00	0,65	0,30	0,20	1,00	0,75
3	0	14	44	82	1,00	0,75	0,50	0,35	1,00	0,80
4	0	20	108	192	1,00	0,75	0,40	0,30	1,00	0,77
5	0	36	83	182	1,00	0,81	0,58	0,25	1,00	0,90
6	0	90	224	280	1,00	0,60	0,35	0,20	1,00	0,66
7	0	50	270	400	1,00	0,60	0,30	0,25	1,00	0,67
8	0	15	88	160	1,00	0,92	0,58	0,31	1,00	0,96
9	0	44	86	262	1,00	0,60	0,45	0,25	1,00	0,52
10	0	30	104	178	1,00	0,60	0,30	0,20	1,00	0,54
11	0	106	142	246	0,68	0,25	0,16	0,01	0,64	0,18
12	0	60	250	366	0,85	0,60	0,20	0,10	0,85	0,65
13	0	50	220	400	1,00	0,60	0,20	0,10	1,00	0,52
14	0	22	86	224	1,00	0,85	0,60	0,40	1,00	0,86
15	0	90	350	800	1,00	0,70	0,30	0,10	1,00	0,72
16	0	64	243	500	1,00	0,60	0,35	0,25	1,00	0,41
17	0	48	164	400	1,00	0,60	0,30	0,15	1,00	0,48
18	0	120	180	220	1,00	0,58	0,41	0,31	1,00	0,66
19	0	70	82	200	1,00	0,70	0,65	0,40	1,00	0,73
20	0	86	296	548	1,00	0,60	0,35	0,25	1,00	0,54
21	0	68	182	410	1,00	0,85	0,65	0,40	1,00	0,76
22	0	22	70	212	1,00	0,75	0,50	0,25	1,00	0,84
23	0	150	200	300	0,64	0,25	0,16	0,04	0,64	0,18
24	0	130	240	315	1,00	0,60	0,40	0,30	1,00	0,55
25	0	82	200	288	1,00	0,65	0,40	0,25	1,00	0,51

ВАРИАНТ 5

Продолжение табл. 1

времени при температуре				T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	% про-реаги-ровавшего вещества	Номер задания
T ₃		T ₄								
C ₀	C ₁	C ₀	C ₁							
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1,00	0,70	1,00	0,65	313	315	317	320	312	12	1
1,00	0,83	1,00	0,86	403	396	390	387	422	22	2
1,00	0,83	1,00	0,86	364	357	351	345	332	32	3
1,00	0,81	1,00	0,84	1000	952	909	870	1042	42	4
1,00	0,93	1,00	0,96	437	426	420	412	452	52	5
1,00	0,72	1,00	0,81	362	359	357	351	380	62	6
1,00	0,75	1,00	0,82	1000	952	909	870	800	72	7
1,00	0,97	1,00	0,98	485	472	465	457	430	40	8
1,00	0,48	1,00	0,43	1000	1053	1111	1176	1300	92	9
1,00	0,48	1,00	0,43	364	370	377	385	400	16	10
0,64	0,07	0,64	0,02	535	538	546	552	510	26	11
0,85	0,68	0,85	0,74	405	402	398	392	430	36	12
1,00	0,46	1,00	0,33	403	406	410	417	380	46	13
1,00	0,87	1,00	0,91	909	888	870	851	950	56	14
1,00	0,80	1,00	0,83	313	310	308	303	300	65	15
1,00	0,37	1,00	0,31	987	1026	1052	1081	1150	76	16
1,00	0,37	1,00	0,27	471	481	494	506	450	86	17
1,00	0,72	1,00	0,77	444	439	434	429	470	96	18
1,00	0,81	1,00	0,87	400	396	389	382	440	10	19
1,00	0,49	1,00	0,45	909	930	952	976	1000	20	20
1,00	0,66	1,00	0,52	400	417	435	455	480	30	21
1,00	0,89	1,00	0,93	471	459	449	440	490	40	22
0,64	0,11	0,64	0,04	571	580	588	597	330	50	23
1,00	0,47	1,00	0,30	329	331	331	338	300	60	24
1,00	0,38	1,00	0,26	400	408	417	426	440	35	25

Продолжение табл. 1

Номер задания	Время τ_i , с				Изменение концентрации C_i во					
	τ_0	τ_1	τ_2	τ_3	T_1				T_2	
					C_0	C_1	C_2	C_3	C_0	C_1
					6	7	8	9	10	11
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	14	66	178	1,00	0,75	0,40	0,20	1,00	0,72
2	0	14	104	178	1,00	0,75	0,30	0,20	1,00	0,80
3	0	34	98	286	1,00	0,70	0,40	0,15	1,00	0,78
4	0	90	256	616	1,00	0,70	0,40	0,15	1,00	0,64
5	0	20	86	262	1,00	0,75	0,45	0,25	1,00	0,77
6	0	60	110	278	1,00	0,71	0,49	0,06	1,00	0,83
7	0	28	162	212	1,00	0,85	0,40	0,30	1,00	0,88
8	0	40	100	286	1,00	0,80	0,60	0,25	1,00	0,82
9	0	30	134	400	1,00	0,60	0,25	0,10	1,00	0,54
10	0	71	220	500	1,00	0,75	0,45	0,20	1,00	0,79
11	0	54	262	600	1,00	0,55	0,25	0,15	1,00	0,48
12	0	86	176	212	0,64	0,31	0,09	0,04	0,64	0,25
13	0	92	250	366	0,85	0,50	0,20	0,10	0,85	0,58
14	0	40	100	176	1,00	0,65	0,40	0,25	1,00	0,58
15	0	110	396	548	1,00	0,55	0,30	0,25	1,00	0,49
16	0	118	348	668	1,00	0,75	0,45	0,25	1,00	0,83
17	0	38	140	400	1,00	0,65	0,40	0,25	1,00	0,71
18	0	16	70	284	1,00	0,85	0,50	0,20	1,00	0,74
19	0	180	250	280	1,00	0,41	0,25	0,19	1,00	0,51
20	0	82	200	370	1,00	0,65	0,40	0,25	1,00	0,51
21	0	86	176	396	1,00	0,60	0,45	0,30	1,00	0,64
22	0	92	216	480	1,00	0,80	0,60	0,35	1,00	0,70
23	0	48	164	400	1,00	0,60	0,30	0,15	1,00	0,70
24	0	180	220	280	0,64	0,19	0,13	0,06	0,64	0,12
25	0	49	135	340	1,00	0,65	0,45	0,30	1,00	0,45

ВАРИАНТ 6

Продолжение табл. 1

времени при температуре				T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	% про-реаги-ровавшего вещества	Номер задания
T ₃		T ₄								
C ₀	C ₁	C ₀	C ₁							
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1,00	0,67	1,00	0,62	364	370	377	385	350	35	1
1,00	0,83	1,00	0,86	364	357	351	345	380	24	2
1,00	0,85	1,00	0,88	403	396	390	387	420	34	3
1,00	0,58	1,00	0,51	313	315	317	320	300	44	4
1,00	0,81	1,00	0,84	1000	952	909	870	850	34	5
1,00	0,88	1,00	0,93	400	332	386	380	360	64	6
1,00	0,90	1,00	0,94	348	345	312	338	320	74	7
1,00	0,88	1,00	0,92	400	396	389	382	360	85	8
1,00	0,48	1,00	0,43	364	370	377	385	340	90	9
1,00	0,83	1,00	0,86	313	310	308	305	330	18	10
1,00	0,43	0,64	0,39	1000	1053	1111	1176	1250	28	11
0,64	0,10	0,85	0,07	599	608	621	627	640	38	12
0,85	0,62	1,00	0,69	431	427	424	417	445	48	13
1,00	0,52	1,00	0,39	403	406	410	417	435	58	14
1,00	0,44	1,00	0,40	909	930	952	976	1000	68	15
1,00	0,89	1,00	0,93	400	385	370	357	340	78	16
1,00	0,79	1,00	0,85	1000	952	909	670	1055	88	17
1,00	0,64	1,00	0,53	471	481	494	506	510	95	18
1,00	0,60	1,00	0,67	400	395	391	388	370	90	19
1,00	0,38	1,00	0,26	400	408	417	426	360	16	20
1,00	0,69	1,00	0,73	909	888	870	851	835	26	21
1,00	0,57	1,00	0,43	400	417	435	455	370	36	22
1,00	0,79	0,64	0,85	471	459	449	440	415	46	23
0,64	0,05	1,00	0,01	667	680	693	707	750	56	24
1,00	0,42	1,00	0,34	987	1026	1052	1081	1440	60	25

Продолжение табл.1

	Номер задания	Время τ_i , с				Изменение концентрации C_i во					
		τ_0	τ_1	τ_2	τ_3	T_1				T_2	
						C_0	C_1	C_2	C_3	C_0	C_1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1	0	212	344	410	1,00	0,80	0,25	0,10	1,00	0,85
	2	0	20	40	100	1,00	0,80	0,65	0,40	1,00	0,86
	3	0	44	134	254	1,00	0,50	0,25	0,15	1,00	0,56
	4	0	23	81	192	1,00	0,75	0,50	0,35	1,00	0,80
	5	0	29	136	300	1,00	0,90	0,60	0,35	1,00	0,86
	6	0	10	144	388	1,00	0,85	0,35	0,20	1,00	0,87
	7	0	110	205	328	1,00	0,49	0,19	0,01	1,00	0,70
	8	0	130	210	300	0,85	0,40	0,25	0,15	1,00	0,47
	9	0	82	150	288	1,00	0,65	0,50	0,30	1,00	0,69
	10	0	30	82	178	1,00	0,60	0,35	0,20	1,00	0,54
	11	0	42	162	350	1,00	0,85	0,55	0,30	1,00	0,87
	12	0	20	192	600	1,00	0,75	0,30	0,15	1,00	0,69
	13	0	106	176	246	0,64	0,25	0,09	0,01	0,64	0,18
	14	0	10	34	136	1,00	0,90	0,70	0,30	1,00	0,86
	15	0	22	70	164	1,00	0,75	0,50	0,35	1,00	0,67
	16	0	90	350	800	1,00	0,70	0,30	0,10	1,00	0,72
	17	0	22	110	396	1,00	0,85	0,55	0,30	1,00	0,80
	18	0	200	320	380	1,00	0,36	0,18	0,06	1,00	0,47
	19	0	18	82	200	1,00	0,90	0,65	0,40	1,00	0,84
	20	0	70	180	284	1,00	0,50	0,36	0,20	1,00	0,62
	21	0	30	163	248	1,00	0,75	0,50	0,35	1,00	0,54
	22	0	48	182	410	1,00	0,90	0,65	0,40	1,00	0,82
	23	0	44	296	800	1,00	0,75	0,86	0,20	1,00	0,77
	24	0	40	180	240	1,00	0,85	0,50	0,40	1,00	0,83
	25	0	20	80	220	0,64	0,58	0,41	0,13	0,64	0,56

ВАРИАНТ 7

Продолжение табл.1

времени при температуре				T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	% про-реаги-ровавшего вещества	Номер задания
T ₃		T ₄								
C ₀	C ₁	C ₀	C ₁							
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1,00	0,46	1,00	0,61	333	331	329	325	315	15	1
1,00	0,90	1,00	0,92	403	396	390	387	375	20	2
1,00	0,62	1,00	0,67	364	357	351	345	375	25	3
1,00	0,86	1,00	0,90	1000	976	952	930	900	30	4
1,00	0,83	1,00	0,79	313	315	317	320	300	35	5
1,00	0,89	1,00	0,91	1000	952	909	870	850	40	6
1,00	0,79	1,00	0,87	354	343	344	339	330	45	7
0,85	0,53	0,85	0,63	480	456	451	443	480	55	8
1,00	0,78	1,00	0,85	400	396	399	382	370	60	9
1,00	0,49	1,00	0,43	364	370	377	385	395	65	10
1,00	0,90	1,00	0,92	313	310	308	305	320	70	11
1,00	0,64	1,00	0,59	1000	1053	1111	1176	1200	75	12
0,64	0,07	0,64	0,02	645	654	667	678	630	80	13
1,00	0,83	1,00	0,75	403	406	410	417	395	85	14
1,00	0,56	1,00	0,45	471	481	494	506	515	10	15
1,00	0,80	1,00	0,83	313	310	308	303	300	65	16
1,00	0,77	1,00	0,73	909	930	952	976	985	37	17
1,00	0,56	1,00	0,64	364	359	357	353	345	47	18
1,00	0,77	1,00	0,67	400	408	417	426	435	57	19
1,00	0,72	1,00	0,80	471	459	449	440	430	67	20
1,00	0,51	1,00	0,42	987	1025	1052	1081	1100	77	21
1,00	0,74	1,00	0,63	400	417	435	455	470	87	22
1,00	0,80	1,00	0,83	909	888	870	851	840	90	23
1,00	0,79	1,00	0,69	329	331	333	338	360	70	24
0,64	0,54	0,64	0,52	800	816	833	855	770	50	25

Таблица 2

Исходные данные для исследования 2

раздел «Адсорбция»

Номер варианта	Номер задания	Исходная концентрация C^0 , моль/дм ³				Концентрация после адсорб- ции C_i , моль/дм ³				C^0_5 моль/дм ³
		C^0_1	C^0_2	C^0_3	C^0_4	C_1	C_2	C_3	C_4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ВАРИАНТ 1	1	0,10	0,20	0,30	0,40	0,074	0,157	0,244	0,335	0,05
	2	0,10	0,20	0,30	0,40	0,075	0,161	0,247	0,340	0,05
	3	0,05	0,15	0,25	0,35	0,036	0,114	0,201	0,290	0,42
	4	0,05	0,15	0,25	0,35	0,034	0,118	0,202	0,294	0,40
	5	0,06	0,16	0,26	0,38	0,042	0,126	0,214	0,321	0,44
	6	0,06	0,16	0,26	0,38	0,043	0,123	0,209	0,317	0,45
	7	0,12	0,19	0,29	0,44	0,090	0,150	0,236	0,372	0,52
	8	0,12	0,19	0,29	0,44	0,092	0,152	0,240	0,375	0,07
	9	0,08	0,13	0,27	0,52	0,058	0,098	0,218	0,447	0,56
	10	0,17	0,31	0,47	0,57	0,135	0,258	0,402	0,492	0,06
	11	0,17	0,31	0,47	0,57	0,131	0,254	0,400	0,494	0,07
	12	0,18	0,26	0,36	0,60	0,140	0,209	0,298	0,524	0,06
	13	0,19	0,28	0,39	0,55	0,150	0,226	0,325	0,475	0,08
	14	0,18	0,26	0,36	0,60	0,143	0,212	0,302	0,520	0,07
	15	0,19	0,28	0,34	0,55	0,152	0,231	0,330	0,475	0,09
	16	0,07	0,17	0,31	0,65	0,054	0,135	0,258	0,567	0,60
	17	0,07	0,17	0,31	0,65	0,051	0,131	0,254	0,566	0,04
	18	0,04	0,14	0,24	0,48	0,026	0,109	0,196	0,411	0,54
	19	0,04	0,14	0,24	0,48	0,028	0,106	0,193	0,409	0,55
	20	0,03	0,12	0,22	0,32	0,017	0,092	0,178	0,266	0,58
	21	0,09	0,21	0,33	0,49	0,070	0,170	0,276	0,420	0,62
	22	0,03	0,12	0,22	0,32	0,021	0,090	0,175	0,263	0,40
	23	0,16	0,36	0,51	0,66	0,126	0,320	0,438	0,573	0,04
	24	0,09	0,21	0,33	0,49	0,066	0,166	0,271	0,418	0,57
	25	0,07	0,26	0,39	0,57	0,054	0,212	0,330	0,492	0,65
	26	0,16	0,36	0,51	0,66	0,123	0,295	0,438	0,580	0,25

Продолжение табл.2

Номер варианта	Номер задания	Исходная концентрация C^0 , моль/дм ³				Концентрация после адсорб- ции $C_{i,t}$, моль/дм ³				C^0_5 моль/дм ³
		C^0_1	C^0_2	C^0_3	C^0_4	C_1	C_2	C_3	C_4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ВАРИАНТ 2	1	0,20	0,30	0,40	0,40	0,075	0,164	0,255	0,350	0,06
	2	0,05	0,15	0,25	0,46	0,035	0,118	0,208	0,407	0,56
	3	0,10	0,20	0,30	0,40	0,076	0,167	0,259	0,353	0,05
	4	0,15	0,26	0,38	0,51	0,118	0,218	0,331	0,456	0,09
	5	0,16	0,26	0,36	0,46	0,130	0,222	0,315	0,410	0,09
	6	0,18	0,28	0,38	0,48	0,148	0,240	0,334	0,429	0,10
	7	0,09	0,24	0,33	0,48	0,067	0,199	0,283	0,427	0,53
	8	0,12	0,22	0,32	0,42	0,094	0,185	0,277	0,372	0,53
	9	0,18	0,26	0,46	0,56	0,118	0,222	0,410	0,504	0,61
	10	0,12	0,31	0,43	0,54	0,092	0,264	0,379	0,485	0,07
	11	0,13	0,34	0,46	0,56	0,100	0,293	0,407	0,504	0,04
	12	0,14	0,35	0,49	0,60	0,109	0,302	0,436	0,543	0,06
	13	0,21	0,31	0,41	0,61	0,176	0,268	0,362	0,456	0,03
	14	0,17	0,27	0,37	0,57	0,136	0,227	0,321	0,514	0,66
	15	0,18	0,28	0,39	0,62	0,145	0,236	0,340	0,569	0,70
	16	0,11	0,27	0,39	0,52	0,085	0,231	0,343	0,466	0,70
	17	0,17	0,24	0,34	0,49	0,139	0,203	0,296	0,437	0,65
	18	0,03	0,13	0,23	0,37	0,020	0,101	0,190	0,321	0,45
	19	0,06	0,16	0,29	0,52	0,043	0,127	0,245	0,465	0,63
	20	0,07	0,21	0,33	0,48	0,051	0,172	0,283	0,379	0,58
	21	0,13	0,23	0,37	0,62	0,103	0,194	0,324	0,561	0,11
	22	0,08	0,19	0,28	0,42	0,059	0,155	0,236	0,369	0,48
	23	0,11	0,24	0,42	0,64	0,084	0,199	0,369	0,582	0,69
	24	0,13	0,19	0,36	0,64	0,103	0,157	0,315	0,580	0,04
	25	0,10	0,27	0,48	0,70	0,076	0,231	0,429	0,644	0,06

Продолжение табл.2

Номер варианта	Номер задания	Исходная концентрация C^0 , моль/дм ³				Концентрация после адсорб- ции C_i , моль/дм ³				C^0_5 моль/дм ³
		C^0_1	C^0_2	C^0_3	C^0_4	C_1	C_2	C_3	C_4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ВАРИАНТ 3	1	0,05	0,15	0,25	0,41	0,047	0,140	0,191	0,318	0,50
	2	0,10	0,20	0,27	0,40	0,075	0,152	0,210	0,306	0,45
	3	0,12	0,24	0,36	0,48	0,090	0,184	0,227	0,373	0,56
	4	0,05	0,15	0,25	0,40	0,030	0,113	0,207	0,351	0,60
	5	0,11	0,22	0,33	0,44	0,083	0,169	0,254	0,342	0,05
	6	0,13	0,26	0,39	0,52	0,099	0,200	0,302	0,402	0,08
	7	0,10	0,20	0,27	0,42	0,070	0,159	0,226	0,369	0,06
	8	0,12	0,22	0,32	0,45	0,087	0,178	0,274	0,400	0,52
	9	0,14	0,28	0,32	0,50	0,104	0,215	0,240	0,388	0,10
	10	0,11	0,23	0,31	0,51	0,078	0,187	0,264	0,459	0,03
	11	0,13	0,24	0,29	0,55	0,096	0,197	0,245	0,498	0,05
	12	0,14	0,27	0,37	0,57	0,105	0,226	0,322	0,518	0,08
	13	0,07	0,21	0,35	0,49	0,052	0,161	0,270	0,375	0,60
	14	0,07	0,21	0,33	0,47	0,045	0,169	0,283	0,419	0,56
	15	0,06	0,16	0,26	0,36	0,044	0,122	0,200	0,277	0,40
	16	0,06	0,16	0,26	0,36	0,037	0,122	0,216	0,312	0,45
	17	0,03	0,18	0,32	0,50	0,016	0,141	0,274	0,449	0,66
	18	0,04	0,18	0,33	0,52	0,030	0,137	0,254	0,402	0,66
	19	0,19	0,38	0,57	0,70	0,145	0,294	0,444	0,548	0,06
	20	0,19	0,31	0,46	0,60	0,150	0,264	0,410	0,547	0,11
	21	0,04	0,20	0,36	0,62	0,026	0,159	0,312	0,567	0,70
	22	0,15	0,32	0,49	0,66	0,113	0,274	0,439	0,607	0,10
	23	0,04	0,21	0,38	0,55	0,030	0,161	0,294	0,429	0,70
	24	0,08	0,18	0,28	0,48	0,053	0,141	0,235	0,429	0,68
	25	0,08	0,18	0,28	0,48	0,056	0,137	0,215	0,373	0,62

Продолжение табл.2

Номер варианта	Номер задания	Исходная концентрация C^0 , моль/дм ³				Концентрация после адсорб- ции C_i , моль/дм ³				C^0_5 моль/дм ³
		C^0_1	C^0_2	C^0_3	C^0_4	C_1	C_2	C_3	C_4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ВАРИАНТ 4	1	0,10	0,20	0,30	0,40	0,070	0,152	0,238	0,326	0,05
	2	0,05	0,15	0,25	0,46	0,014	0,106	0,204	0,412	0,52
	3	0,16	0,26	0,36	0,46	0,119	0,204	0,289	0,379	0,60
	4	0,10	0,20	0,30	0,40	0,066	0,158	0,253	0,352	0,56
	5	0,15	0,26	0,38	0,51	0,106	0,214	0,333	0,462	0,60
	6	0,18	0,28	0,38	0,48	0,135	0,221	0,307	0,395	0,52
	7	0,09	0,24	0,46	0,56	0,060	0,186	0,379	0,466	0,66
	8	0,09	0,24	0,33	0,48	0,050	0,194	0,283	0,432	0,70
	9	0,12	0,31	0,43	0,541	0,077	0,263	0,382	0,492	0,64
	10	0,13	0,34	0,46	0,56	0,087	0,293	0,412	0,512	0,08
	11	0,21	0,31	0,41	0,51	0,161	0,247	0,334	0,421	0,08
	12	0,14	0,35	0,49	0,60	0,096	0,308	0,442	0,552	0,06
	13	0,17	0,27	0,37	0,57	0,125	0,223	0,325	0,522	0,10
	14	0,17	0,24	0,34	0,49	0,127	0,186	0,272	0,400	0,06
	15	0,18	0,23	0,37	0,62	0,094	0,218	0,298	0,524	0,04
	16	0,07	0,19	0,36	0,64	0,048	0,144	0,289	0,537	0,72
	17	0,18	0,28	0,39	0,62	0,135	0,233	0,343	0,572	0,12
	18	0,10	0,27	0,48	0,61	0,070	0,212	0,395	0,510	0,74
	19	0,08	0,13	0,23	0,37	0,010	0,087	0,184	0,325	0,55
	20	0,06	0,16	0,29	0,52	0,023	0,116	0,242	0,472	0,67
	21	0,06	0,16	0,29	0,43	0,039	0,119	0,230	0,351	0,55
	22	0,08	0,17	0,30	0,53	0,051	0,127	0,238	0,440	0,62
	23	0,07	0,21	0,33	0,48	0,032	0,167	0,283	0,432	0,53
	24	0,08	0,19	0,28	0,42	0,039	0,144	0,233	0,372	0,77

	25	0,11	0,24	0,42	0,64	0,075	0,194	0,372	0,593	0,08
--	----	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	------

Продолжение табл.2

Номер варианта	Номер задания	Исходная концентрация C^0 , моль/дм ³				Концентрация после адсорб- ции $C_{i,t}$, моль/дм ³				C^0_5 моль/дм ³
		C^0_1	C^0_2	C^0_3	C^0_4	C_1	C_2	C_3	C_4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ВАРИАНТ 5	1	0,17	0,27	0,37	0,50	0,130	0,202	0,274	0,365	0,55
	2	0,15	0,23	0,36	0,48	0,114	0,188	0,266	0,352	0,57
	3	0,17	0,27	0,37	0,50	0,140	0,230	0,322	0,444	0,55
	4	0,10	0,20	0,30	0,45	0,078	0,151	0,224	0,332	0,59
	5	0,15	0,25	0,32	0,48	0,123	0,222	0,312	0,425	0,57
	6	0,10	0,20	0,34	0,45	0,080	0,167	0,257	0,396	0,59
	7	0,12	0,22	0,32	0,46	0,092	0,166	0,238	0,339	0,61
	8	0,14	0,24	0,34	0,60	0,108	0,181	0,253	0,434	0,63
	9	0,12	0,22	0,33	0,46	0,097	0,185	0,276	0,406	0,61
	10	0,14	0,24	0,33	0,60	0,114	0,203	0,294	0,539	0,63
	11	0,13	0,23	0,31	0,44	0,106	0,193	0,285	0,387	0,65
	12	0,13	0,23	0,36	0,44	0,100	0,174	0,246	0,325	0,65
	13	0,11	0,21	0,31	0,41	0,085	0,159	0,230	0,303	0,50
	14	0,16	0,26	0,33	0,46	0,123	0,196	0,266	0,339	0,52
	15	0,11	0,21	0,36	0,41	0,089	0,176	0,266	0,359	0,50
	16	0,18	0,28	0,38	0,58	0,186	0,209	0,282	0,423	0,67
	17	0,16	0,26	0,39	0,46	0,132	0,221	0,312	0,406	0,52
	18	0,18	0,28	0,37	0,58	0,149	0,239	0,331	0,520	0,67
	19	0,19	0,29	0,39	0,59	0,144	0,217	0,289	0,427	0,69
	20	0,09	0,17	0,37	0,61	0,074	0,130	0,274	0,440	0,71
	21	0,19	0,29	0,39	0,59	0,158	0,248	0,340	0,529	0,69
	22	0,09	0,17	0,37	0,61	0,072	0,140	0,322	0,548	0,71
	23	0,08	0,21	0,34	0,57	0,064	0,176	0,294	0,510	0,73
	24	0,08	0,21	0,34	0,57	0,063	0,159	0,253	0,415	0,73

	25	0,13	0,26	0,39	0,52	0,106	0,221	0,340	0,463	0,09
--	----	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	------

Продолжение табл.2

Номер варианта	Номер задания	Исходная концентрация C^0 , моль/дм ³				Концентрация после адсорб- ции C_i , моль/дм ³				C^0_5 моль/дм ³
		C_1^0	C_2^0	C_3^0	C_4^0	C_1	C_2	C_3	C_4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ВАРИАНТ 6	1	0,13	0,23	0,43	0,53	0,096	0,186	0,393	0,467	0,55
	2	0,11	0,21	0,31	0,41	0,058	0,163	0,266	0,366	0,53
	3	0,15	0,25	0,45	0,55	0,113	0,204	0,342	0,486	0,60
	4	0,13	0,23	0,33	0,33	0,080	0,184	0,236	0,487	0,57
	5	0,09	0,29	0,39	0,49	0,060	0,241	0,335	0,429	0,51
	6	0,15	0,25	0,45	0,55	0,101	0,205	0,407	0,507	0,62
	7	0,09	0,19	0,49	0,59	0,032	0,136	0,447	0,547	0,64
	8	0,11	0,21	0,31	0,41	0,078	0,168	0,260	0,354	0,49
	9	0,17	0,37	0,47	0,57	0,122	0,326	0,427	0,527	0,66
	10	0,19	0,39	0,49	0,59	0,136	0,346	0,447	0,547	0,68
	11	0,12	0,22	0,42	0,52	0,069	0,174	0,376	0,477	0,55
	12	0,17	0,27	0,37	0,47	0,131	0,223	0,316	0,410	0,53
	13	0,19	0,29	0,39	0,49	0,149	0,241	0,335	0,429	0,58
	14	0,10	0,20	0,30	0,40	0,047	0,153	0,256	0,356	0,48
	15	0,12	0,22	0,32	0,52	0,086	0,177	0,269	0,457	0,08
	16	0,14	0,34	0,44	0,54	0,091	0,296	0,396	0,497	0,10
	17	0,10	0,30	0,40	0,50	0,069	0,251	0,344	0,438	0,60
	18	0,16	0,26	0,36	0,46	0,113	0,215	0,316	0,417	0,09
	19	0,18	0,28	0,48	0,58	0,133	0,285	0,437	0,537	0,11
	20	0,14	0,24	0,44	0,54	0,104	0,195	0,382	0,476	0,10
	21	0,16	0,26	0,46	0,56	0,122	0,214	0,401	0,496	0,09
	22	0,11	0,28	0,35	0,47	0,058	0,184	0,306	0,427	0,54

	23	0,13	0,26	0,39	0,52	0,080	0,215	0,346	0,477	0,56
	24	0,15	0,30	0,45	0,60	0,101	0,256	0,407	0,557	0,07
	25	0,18	0,28	0,48	0,58	0,140	0,232	0,420	0,515	0,05

Продолжение табл.2

Номер варианта	Номер задания	Исходная концентрация C^0 , моль/дм ³				Концентрация после адсорб- ции C_i , моль/дм ³				C^0_5 моль/дм ³
		C^0_1	C^0_2	C^0_3	C^0_4	C_1	C_2	C_3	C_4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ВАРИАНТ 7	1	0,18	0,28	0,48	0,58	0,153	0,241	0,424	0,516	0,05
	2	0,15	0,30	0,45	0,60	0,118	0,254	0,394	0,534	0,07
	3	0,16	0,26	0,46	0,56	0,135	0,224	0,405	0,498	0,60
	4	0,13	0,26	0,39	0,52	0,100	0,218	0,338	0,460	0,56
	5	0,14	0,24	0,44	0,54	0,118	0,206	0,387	0,479	0,58
	6	0,11	0,23	0,35	0,47	0,082	0,190	0,301	0,413	0,57
	7	0,18	0,28	0,48	0,58	0,144	0,236	0,422	0,515	0,68
	8	0,10	0,30	0,40	0,50	0,084	0,259	0,350	0,442	0,65
	9	0,16	0,26	0,36	0,46	0,127	0,218	0,310	0,404	0,55
	10	0,14	0,34	0,44	0,54	0,109	0,291	0,385	0,478	0,58
	11	0,10	0,20	0,30	0,40	0,074	0,163	0,254	0,347	0,50
	12	0,12	0,22	0,32	0,52	0,101	0,188	0,277	0,461	0,08
	13	0,19	0,29	0,39	0,49	0,162	0,250	0,341	0,433	0,10
	14	0,12	0,22	0,42	0,52	0,091	0,181	0,366	0,460	0,06
	15	0,17	0,27	0,37	0,47	0,144	0,233	0,323	0,414	0,12
	16	0,19	0,39	0,49	0,59	0,154	0,338	0,432	0,525	0,14
	17	0,12	0,21	0,31	0,41	0,092	0,179	0,268	0,359	0,67
	18	0,17	0,37	0,47	0,57	0,136	0,319	0,412	0,506	0,13
	19	0,09	0,19	0,49	0,59	0,065	0,154	0,432	0,525	0,70
	20	0,09	0,29	0,39	0,49	0,075	0,250	0,341	0,433	0,53

	21	0,15	0,25	0,45	0,55	0,127	0,215	0,396	0,489	0,71
	22	0,15	0,25	0,45	0,55	0,118	0,208	0,394	0,487	0,69
	23	0,13	0,23	0,33	0,53	0,100	0,190	0,282	0,469	0,57
	24	0,11	0,21	0,31	0,41	0,082	0,172	0,264	0,357	0,47
	25	0,13	0,23	0,43	0,53	0,109	0,197	0,376	0,470	0,63

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Прежде чем приступить к выполнению задания необходимо переписать его формулировку, вписывая вместо многоточий исходные данные, взятые из табл. 1. Рассмотрим пример решения задания 26 первого варианта.

1. ИССЛЕДОВАНИЕ 1 раздел «Химическая кинетика»

Для реакции $A + B \rightarrow$ продукты реакции начальные концентрации веществ А и В $C_0(A) = C_0(B) = C_0 = 1$ моль/дм³. Изменение концентрации веществ А и В во времени представлено в табл. 1. Найти энергию активации и время, за которое 57% исходных веществ при температуре $T_5 = 845\text{K}$ превратятся в продукты реакции.

Таблица 3

Изменение исходных веществ во времени при различных температурах

Время τ_i, c	Текущая концентрация C_i , моль/дм ³ при температурах T_i, K				
	$T_1=909$	$T_2=888$	$T_3=870$	$T_4=851$	$T_5=845$
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
13	0,80	0,88	0,93	0,96	
66	0,50	-	-	-	
202	0,30	-	-	-	

Решение поставленной задачи сводится к определению конкретного вида кинетического уравнения рассматриваемой реакции, т.е. определению цифровых значений константы скорости реакции k и порядка реакции n .

В общем виде кинетическое уравнение для любого порядка реакции (кроме $n = 1$) имеет вид:

$$k\tau = \frac{1}{n-1} \left(\frac{1}{C^{n-1}} - \frac{1}{C_0^{n-1}} \right)$$

(1)

Для первого порядка:

$$k\tau = \ln \frac{C_0}{C}$$

(2)

Определив порядок реакции, выбирают кинетическое уравнение и решают его при известных C_0 и k . В нашем случае порядок реакции удобно определить, используя два способа: метод Вант-Гоффа и метод по периоду полупревращения.

1.1. Определение порядка реакции методом Вант – Гоффа

Логарифмируем уравнение закона действия масс

$$V = k \cdot C^n$$

(3)

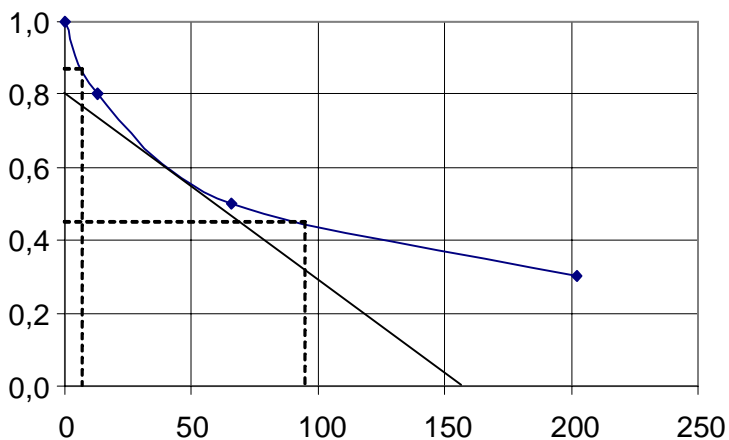
получим

$$\text{выражение: } \lg V = \lg k + n \lg C,$$

(4),

которое в координатах $\lg V - \lg C$ имеет вид прямой. Для построения такой зависимости необходимо иметь несколько значений скорости химической реакции V_i при нескольких концентрациях C_i . Определим эти скорости графически из кинетической кривой (рис.1), построенной по данным табл. 3 для $T_1 = 909$ К.

C_i , моль/дм³



τ, c

Рис. 1. Изменение концентрации реагирующих веществ C_i во времени τ при температуре 909 К.

Скорость реакции V определяем для пяти произвольно выбранных концентраций $C_1 = 0,8$ моль/дм³; $C_2 = 0,7$ моль/дм³; $C_3 = 0,6$ моль/дм³; $C_4 = 0,5$ моль/дм³; $C_5 = 0,4$ моль/дм³ как тангенс угла наклона касательной и кинетической кривой в точке пересечения значения концентрации с кривой. На рис.1 показан пример определения скорости реакции для $C_3 = 0,6$ моль/дм³.

$$V_{0,6} = -\frac{dC}{d\tau} = -\frac{C_a - C_b}{\tau_a - \tau_b} = -\frac{0,81 - 0}{0 - 154} = 5,26 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3 \cdot \text{с}$$

Аналогично определяют скорости при других концентрациях и результаты расчета сводят в табл.4.

Таблица 4

Скорость реакции V_i при различных концентрациях C_i .

C_i , моль/дм ³	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
$V_i \cdot 10^3$, моль/дм ³ ·с	8,58	7,61	5,26	3,06	1,42
$-\lg C$	0,097	0,155	0,222	0,301	0,398
$-\lg V$	2,07	2,12	2,28	2,51	2,85

По данным табл.4 строим график в координатах $\lg V - \lg C$ (рис. 2) для определения порядка реакции (см. уравнение 4), тангенс угла которого равен n_1 .

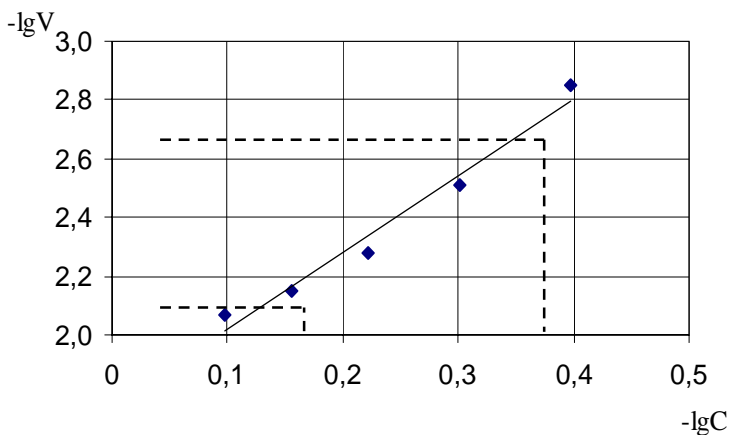


Рис. 2. Зависимость десятичного логарифма скорости реакции V от десятичного логарифма концентрации C

$$n_1 = \operatorname{tg} \alpha = \frac{-2,64 - (-2,09)}{-0,36 - (-0,12)} = 2,29$$

1.2. Определение порядка реакции по периоду полупревращения

Для определения порядка реакции вторым способом необходимо из графика (см. рис.1) определить несколько периодов полупревращения, например, для $C_1^0 = 1,00$ моль/дм³; $C_2^0 = 0,90$ моль/дм³; $C_3^0 = 0,8$ моль/дм³; $C_4^0 = 0,70$ моль/дм³.

На рис. 1, показано как определить $\tau_{1/2}$ для $C_4^0 = 0,90$ моль/дм³. Для этого из ординаты $C_i^0 = 0,90$ моль/дм³ проводят линию, параллельную оси абсцисс до пересечения с кривой. Аналогичную линию проводят из ординаты $C_i^0 / 2 = 0,45$ моль/дм³. Период полупревращения $\tau_{1/2}$ определяют из выражения:

$$\tau_{1/2} = \tau_2 - \tau_1 = 90 - 5 = 85 \text{ с.}$$

Определив $\tau_{1/2}$ для всех концентраций, сведем данные в табл. 5.

Таблица 5

Период полупревращения $\tau_{1/2(i)}$ при различных исходных концентрациях C_i^0

C_i^0 , моль/дм ³	1,00	0,90	0,80	0,70
$\tau_{1/2(i)} \cdot c$	66	85	110	121
$-\lg C_i^0$	0	0,046	0,097	0,155
$\lg \tau_{1/2(i)}$	1,82	1,93	2,04	2,15

Период полупревращения связан с порядком реакции уравнением:

$$\tau_{1/2} = \frac{2^{n-1} - 1}{k(n-1)} \cdot C_0^{1-n} \quad (5)$$

Обозначив отношение $\frac{2^{n-1} - 1}{k(n-1)} = B$ и прологарифмировав (5), получим:

$$\lg \tau_{1/2} = \lg B + (1-n) \lg C_0$$

(6)

Выражение (6) является уравнением прямой в координатах $\lg \tau_{1/2} - \lg C_0$. Построим эту прямую на рис.3 и определим порядок из уравнения:

$$n_2 = 1 - \text{tg } \alpha.$$

(7)

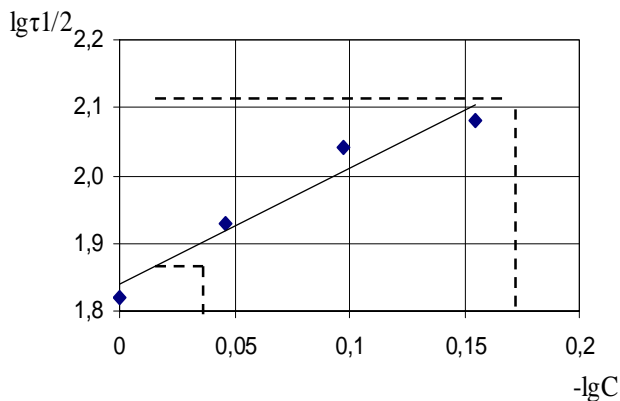


Рис. 3. Зависимость десятичного логарифма периода полупревращения

$\tau_{1/2}$ от исходной концентрации C_0

Определяем из рис. 3 тангенс угла наклона прямой $\operatorname{tg} \alpha$:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2,110 - 1,856}{-0,151 - (-0,021)} = -1,88$$

Из уравнения (7) определим порядок $n_2 = 1 - (-1,88) = 2,88$.

Поскольку порядки, найденные разными способами различны, то истинный порядок определяем как среднее между двумя значениями:

$$n = \frac{n_1 + n_2}{2} = \frac{2,88 + 2,29}{2} \approx 2,59$$

Следует отметить, что при $n_1 < 1$ характер наклона прямой на рис.2.1. будет «убывающий», а $\operatorname{tg} \alpha > 0$. При $n_1 = 1$ на рис.3 будет прямая, параллельная оси абсцисс, т.к. для первого порядка полупревращения не зависит от исходной концентрации.

Подставив в уравнение (1) найденный порядок реакции, определим вид кинетического уравнения:

$$k\tau = \frac{1}{n-1} \left(\frac{1}{C^{n-1}} - \frac{1}{C_0^{n-1}} \right) \Rightarrow k\tau = \frac{1}{1,59} \left(\frac{1}{C^{1,59}} - \frac{1}{C_0^{1,59}} \right) \quad (8)$$

По уравнению (8), зная исходные концентрации C_i^0 и текущие – C_i в момент τ_i , можно рассчитать константы скорости при требуемых температурах $T_1 - T_4$.

Значения исходных и текущих концентраций через 13 с от начала реакции возьмем из табл.3.

$$K_1 = \frac{1}{13 \cdot 1,59} \left(\frac{1}{0,80^{1,59}} - 1 \right) = 20,60 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\partial \mathcal{M}^3}{\text{моль}} \right)^{1,59} \cdot c^{-1} (T_1 = 909K)$$

$$K_2 = \frac{1}{13 \cdot 1,59} \left(\frac{1}{0,88^{1,59}} - 1 \right) = 10,90 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\partial \mathcal{M}^3}{\text{моль}} \right)^{1,59} \cdot c^{-1} (T_2 = 888K)$$

$$K_3 = \frac{1}{13 \cdot 1,59} \left(\frac{1}{0,93^{1,59}} - 1 \right) = 5,92 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\partial \mathcal{M}^3}{\text{моль}} \right)^{1,59} \cdot c^{-1} (T_3 = 870K)$$

$$K_4 = \frac{1}{13 \cdot 1,59} \left(\frac{1}{0,96^{1,59}} - 1 \right) = 3,24 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\partial \mathcal{M}^3}{\text{моль}} \right)^{1,59} \cdot c^{-1} (T_4 = 851K)$$

1.3. Определение энергии активации и предэкспоненциального множителя

Зависимость константы скорости k от температуры T описывается основным уравнением химической кинетики (уравнением Аррениуса):

$$k = k_0 \cdot e^{-E/RT}$$

(9)

где k_0 - предэкспоненциальный множитель;

e - основание натурального логарифма;

E – энергия активации;

R – универсальная газовая постоянная.

В малом интервале температур (до 200 К) величины k_0 и E изменяются незначительно и их можно считать постоянными. Это допущение дает возможность определить их значения графически. После логарифмирования уравнения (9):

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E}{R} \cdot \frac{1}{T}$$

(10)

Видно, что в координатах $\ln k - \frac{1}{T}$ график этой функции представляет собой прямую, тангенс угла наклона которой есть отношение E/R , т.е.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{E}{R}$$

(11)

Для построения графика сведем ранее определенные данные в табл. 6.

Таблица 6

Значение константы скорости k_i при различных температурах T_i

T_i, K	909	888	870	851
$k_i, \left(\frac{\text{дм}^3}{\text{моль}} \right)^{1,59} \cdot \text{с}^{-1}$	20,60	10,90	5,92	3,24

$\frac{10^3}{T}, K^{-1}$	1,100	1,126	1,149	1,175
$-\ln k_i$	3,88	4,52	5,13	5,73

По данным таблицы 6 построена зависимость, представленная на рис.4.1.

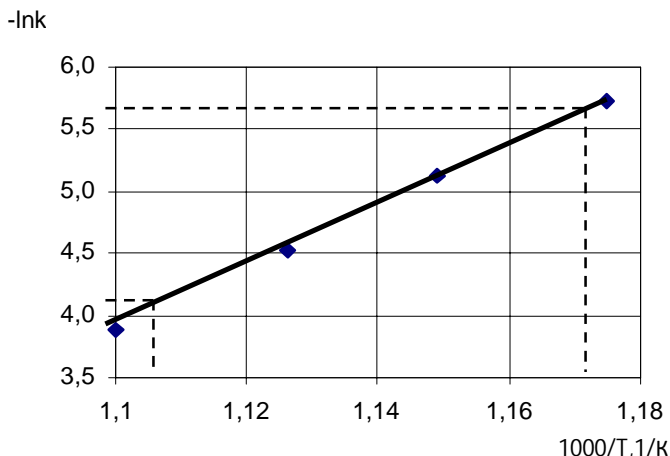


Рис. 4. Зависимость логарифма константы скорости от обратной температуры

Из рис.4 определяем тангенс наклона:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{-5,62 - (4,16)}{(1,175 - 1,11) \cdot 10^{-3}} = -22462$$

и затем из уравнения (11) энергию активации

$$E = 22462 \cdot 8,31 = 186750 (\text{Дж / моль})$$

Значение предэкспоненциального множителя найдем из уравнения (10),

подставить в него любую пару значений $\ln k$ и $\frac{1}{T}$, взятых из рис.4.

Например, при $\frac{1}{T} = 1,15 \cdot 10^{-3}$; $\ln k = -5,12$.

$$\text{Тогда: } \ln k_0 = \ln k + \frac{E}{R} \cdot \frac{1}{T} = -5,12 + \frac{186750}{8,31} \cdot 1,15 \cdot 10^{-3} = 20,711$$

$$\text{Откуда } k_0 = e^{20,711} = 9,88 \cdot 10^8.$$

Итак, все постоянные в уравнениях (9.10) известны. Находим k_5 при $T_5 = 845 \text{ К}$.

$$\ln k_5 = 20,711 - \frac{186750}{8,31} \cdot \frac{1}{845} = -5,87$$

$$k_5 = e^{-5,87} = 2,82 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\text{дм}^3}{\text{моль}} \right)^{1,59} \cdot \text{с}^{-1}$$

Используя выражение (8) рассчитаем время, за которое 57% исходных веществ превратятся в продукты реакции, т.е. их концентрация изменится от значения $C_0 = 1,0 \text{ моль / дм}^3$ до значения $C = 0,43C_0 \text{ моль / дм}^3$ при температуре 845К.

$$\tau = \frac{1}{1,59 \cdot 2,82 \cdot 10^{-3}} \left(\frac{1}{0,43^{1,59}} - 1 \right) = 630 \text{ с}$$

Таким образом, при температуре 845К, при исходных концентрациях реагирующих веществ $C_0(A)=C_0(B)=C_0=1 \text{ моль/ дм}^3$ 57% исходных веществ прореагирует за 630 с.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ 2

раздел «Адсорбция»

Рассмотрим пример решения задания 26 первого варианта.

Перепишав формулировку задания, указываем вместо многоточий исходные данные задания 26 первого варианта, взятые из табл. 1-2.

При адсорбции уксусной кислоты из 200 мл водного раствора на 4 г активированного угля при 20 °С получены следующие данные (табл. 7). Установить, каким из адсорбционных уравнений Фрейндлиха или Лэнгмюра описывается адсорбция в рассматриваемом случае. Найти постоянные в соответствующем уравнении, а также равновесную концентрацию раствора C_5 , если исходная концентрация была равна $C_5^0 = 0,25$ моль/дм³ (температура раствора 20°С, масса адсорбента 4 г).

Таблица 7

Исходные C_i^0 и равновесные C_i концентрации раствора уксусной кислоты при адсорбции на угле ($t = 20^0\text{C}$, масса угля $m = 4\text{г}$)

Исходная концентрация раствора C_i^0 , моль / дм ³					Равновесная концентрация раствора C_i , моль / дм ³				
C_1^0	C_2^0	C_3^0	C_4^0	C_5^0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
0,160	0,360	0,510	0,660	0,250	0,125	0,209	0,438	0,580	?

Уравнение Фрейндлиха для адсорбции из раствора на твердом адсорбенте имеет вид

$$A_i = \beta C_i^n,$$

(12)

где A_i – адсорбция – масса адсорбированного вещества на единицу массы адсорбента, моль/г;

C_i – равновесная концентрация раствора, моль/дм³;

β и n – постоянные при данной температуре.

Прологарифмируем уравнение (12)

$$\lg A_i = n \lg C_i + \lg \beta$$

(13)

Если в рассматриваемом случае адсорбция записывается уравнением Фрейндлиха, то в координатах $\lg A_i - \lg C_i$ график функции должен представлять прямую.

Изотерма адсорбции Лэнгмюра имеет вид

$$A_i = A_0 \frac{B \cdot C}{1 + B \cdot C} \quad (14)$$

где A_0 - предельная адсорбция, соответствующая полному заполнению поверхности адсорбента молекулами адсорбента, моль/г;

B – постоянная, зависящая для данной системы от температуры.

После несложных преобразований уравнение (14) можно представить в линейной, удобной для графического представления форме

$$\frac{C_i}{A_i} = \frac{1}{B \cdot A_0} + \frac{C_i}{A_0} \quad (15)$$

Если рассматриваемый случай описывается изотермой Лэнгмюра, то в координатах $\frac{C_i}{A_i} = f(C_i)$ график должен соответствовать прямой линии.

Для установления, каким из адсорбционных уравнений Фрейндлиха или Лэнгмюра описывается адсорбция в рассматриваемом случае рассчитаем величину адсорбции при различных концентрациях раствора

$$A_i = \frac{(C_i^0 - C_i) \cdot V}{m}$$

(16) где A_i – число молекул вещества, адсорбированного из V литров раствора на m граммах адсорбента при исходной и равновесной концентрациях C_i^0 и C_i соответственно.

После подстановки данных задачи ($m = 4\text{г}$, $V = 0,2 \text{ дм}^3$) выражение имеет вид

$$A_i = \frac{C_i^0 - C_i}{20} \quad (17)$$

Найденные по уравнению (17) значения A_i вместе с величинами $\lg C_i$, $\lg A_i$ и $\frac{C_i}{A_i}$ сведем в табл. 8.

Таблица 8

Данные для построения изотерм адсорбции

Исходная концентрация раствора C_i^o , моль / дм ³	Равновесная концентрация раствора C_i , моль / дм ³	Величина адсорбции $A_i \cdot 10^{-3}$, моль/г	$-\lg C_i$	$-\lg A_i$	$\frac{C_i}{A_i}$, г/дм ³
0,160	0,123	1,85	0,91	2,73	66,5
0,360	0,290	3,25	0,53	2,49	91,5
0,510	0,438	3,60	0,36	2,44	121,7
0,660	0,580	4,00	0,24	2,40	145,0

График в координатах $\lg A_i - \lg C_i$, представленный на рис.5. сильно отличается от прямой, т.е. рассматриваемый случай не описывается изотермой адсорбции Фрейндлиха, поэтому аппроксимирует эти же данные используя изотерму Лэнгмюра.

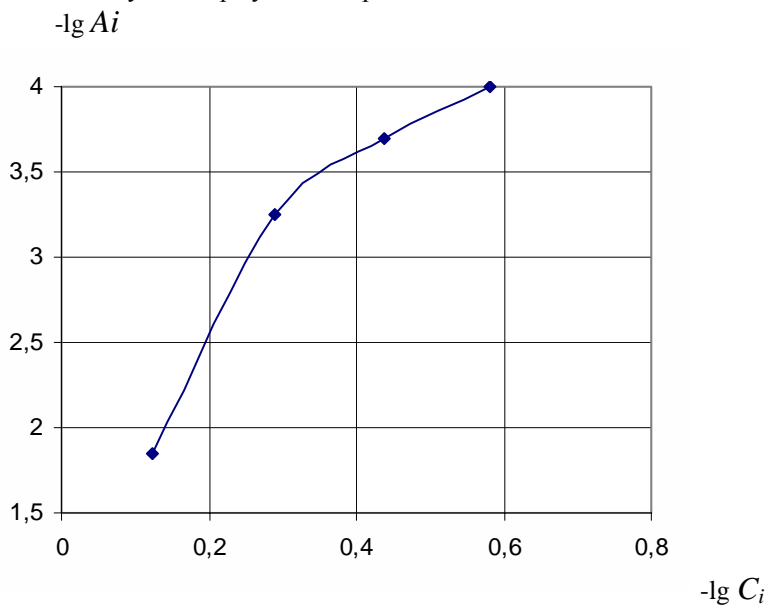


Рис. 5. Зависимость величины адсорбции $\lg A_i$ от равновесной концентрации $\lg C_i$

2.1. Исследование процесса адсорбции, описываемого уравнением Лэнгмюра

Если рассматриваемый случай описывается изотермой Лэнгмюра, то в координатах $\frac{C_i}{A_i} = f(C_i)$ график должен представлять прямую. По данным табл. 8 построена зависимость в указанных координатах, представлена на рис.6.

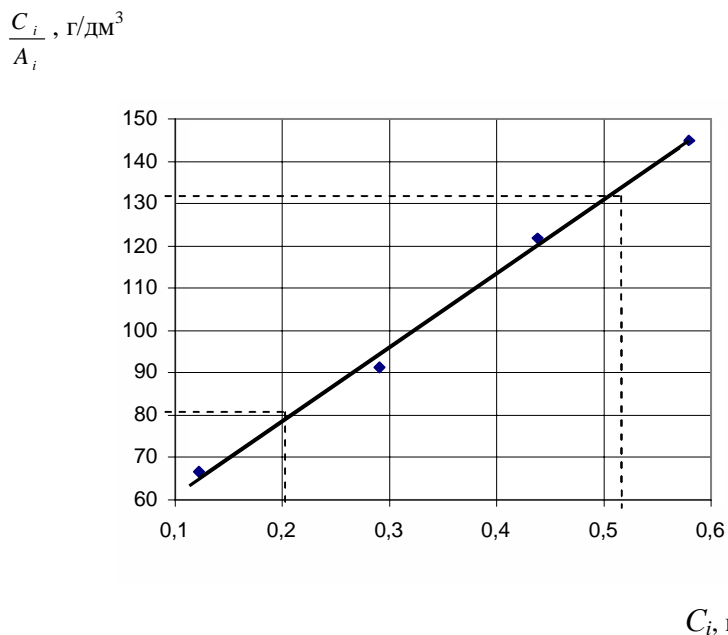


Рис. 6. Спрявленная изотерма Лэнгмюра

Вид графика подтверждает предположение, что адсорбция описывается уравнением Лэнгмюра. Из графика определим постоянные A_0 и B :

$$A_0 = \operatorname{ctg} \alpha = \frac{0,51 - 0,21}{131 - 81} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ моль/г}$$

$$\frac{1}{A_0 \cdot B} = 60 ; \quad B = \frac{1}{60 \cdot 6 \cdot 10^{-3}} = 2,77$$

Таким образом, изотерма адсорбции Лэнгмюра для рассматриваемого случая имеет вид ($t = 20^0\text{C}$)

$$A_5 = 6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{2,77 \cdot C_5}{1 + 2,77 \cdot C_5}$$

(18)

Перейдем к определению равновесной концентрации C_5 при исходной концентрации раствора $C_5^0 = 0,25 \text{ моль/дм}^3$.

В соответствии с (18) можно записать

$$A_5 = \frac{C_5^0 - C_5}{20} = \frac{0,25 - C_5}{20}$$

(19)

Приравняв правые части уравнений (18) и (19) решим полученное уравнение относительно C_5

$$A_5 = \frac{0,25 - C_5}{20} = 6 \cdot 10^{-3} \frac{2,77 \cdot C_5}{1 + 2,77 \cdot C_5}$$

После преобразований получим квадратное уравнение. Решая полученное уравнение, получим два корня. Второй отрицательный корень, как не имеющий физического смысла, отбрасываем. Итак, в нашем случае равновесная концентрация $C_5 = 0,204 \text{ (моль/дм}^3\text{)}$.

2.2. Исследование процесса адсорбции, описываемого уравнением Фрейндлиха

Если на графике в координатах $\lg A_i - \lg C_i$ (рис.7.) прямая, то это свидетельствует о том, что процесс адсорбции описывается уравнением Фрейндлиха (12 - 13). Примерно половина заданий в данном пособии отвечает уравнению изотермы адсорбции Фрейндлиха.

$$-\lg A_i$$

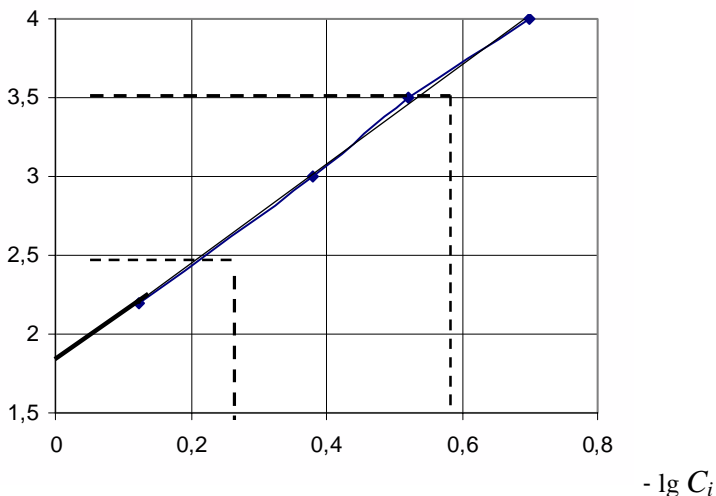


Рис. 7. Зависимость величины адсорбции $\lg A_i$ от равновесной концентрации $\lg C_i$

В этом случае постоянные n и β в уравнении Фрейндлиха

$$\lg A_i = n \lg C_i + \lg \beta$$

n - можно вычислить из графика (см. рис. 7) как тангенс угла наклона прямой

$$n = \operatorname{tg} \alpha = \frac{3,5 - 2,49}{0,52 - 0,22} = 6,6$$

(20)

и затем определить значение $\lg \beta$ из уравнения (13), взяв из графика (см. рис.7) любое значение $\lg A$ и соответствующее ему значение $\lg C$.

$$\lg \beta = \lg A - n \lg C = -3,5 - 6,6 \cdot (-0,52) = -0,04$$

(21)

И затем определить значение β из выражения

$$\beta = 10^{-0,04} = 0,91$$

(22)

Приравняв правые части уравнений (12) и (17) с численными значениями констант n и β , решая его относительно C_i , получается степенное уравнение вида

$$20 \cdot \beta \cdot (C_i)^n + C_i - C_i^0 = 0,$$

(23)

где n - дробное число, $C_i^0 = C_5^0$ - исходная концентрация пятого раствора, для которого нужно определить равновесную концентрацию.

$$20 \cdot 0,91 \cdot (C_i)^{6,6} + C_i - C_i^0 = 0, \quad (24)$$

Уравнение (24) при дробном значении n можно решить методом подбора, подставляя в него значения C_5 из интервала от 0 до C_5^0 исходя из очевидного, что равновесная концентрация не может быть нулевой и не может превышать исходную - C_5^0 .

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

к разделу «Кинетика химических реакций»

1. Скорость химической реакции, способы ее выражения и экспериментального определения.
2. Закон действия масс. Константа скорости реакции, ее физический смысл и определение.
3. Молекулярность и порядок реакции.
4. Методы определения порядка реакции.
5. Как влияет температура на скорость химической реакции.
6. Энергия активации, ее физический смысл и определение.
6. Правило Ван-Гоффа и десятичный температурный коэффициент скорости реакции.

к разделу «Адсорбция»

1. Что такое поверхностное натяжение, в каких единицах оно измеряется?
2. Измерение поверхностного натяжения.
3. Что такое адсорбция?
4. Анализ уравнений адсорбции Гиббса, Лэнгмюра, Фрейндлиха.
5. Смысл входящих в уравнения адсорбции величин. Как, используя графики, можно определить их значения.
6. Приведите примеры практического применения адсорбции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бокштейн Б.С., Менделеев М.И. Краткий курс физической химии. - М.: МИСиС, 2002, 232 С.
2. Краткий справочник физико-химических величин. Под редакцией А.А. Равделя и А.М. Пономаревой. Санкт-Петербург «Иван Федоров», 2003. 240С.
3. С.П.Клочковский, Э.В.Дюльдина, М.В.Шубина, Н.Ю.Осина. Методическая разработка к лабораторному практикуму по дисциплинам «Коллоидная химия», «Поверхностные явления и дисперсные системы», «Физическая химия» для студентов специальностей 240304, 240403, 050101, 261201, 260303, 260301. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. 46

ПРИЛОЖЕНИЕ

Образец оформления титульного листа

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова»

Кафедра химической технологии неметаллических материалов
и физической химии

Расчетно-графическое задание №2
по дисциплине «Физическая химия»
раздел «Химическая кинетика»
и «Адсорбция»

Выполнил:

Студент гр. _____ (подпись)
А.В.Сидоров

Проверил:

Доц., канд.техн.наук (подпись)
А.И.Иванов

Магнитогорск
2013

Учебное текстовое электронное издание

**Дюльдина Эльвира Владимировна
Клочковский Станислав Павлович
Свечникова Наталья Юрьевна
Смирнов Андрей Николаевич
Юдина Светлана Владимировна**

ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА И АДСОРБЦИЯ

*Методические указания для студентов по дисциплине
"Физическая химия"*

Издается полностью в авторской редакции

0,33 Мб

1 электрон. опт. диск

г. Магнитогорск, 2013 год

ФГБОУ ВПО «МГТУ»

Адрес: 455000, Россия, Челябинская область, г. Магнитогорск,
пр. Ленина 38

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

Кафедра химической технологии неметаллических материалов и
физической химии

Центр электронных образовательных ресурсов и
дистанционных образовательных технологий

e-mail: ceor_dot@mail.ru