

ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

Задания для самостоятельного выполнения

Задание 1

При изучении кинетики некоторой реакции первого порядка были получены следующие данные. Рассчитайте константу скорости реакции разложения некоторого вещества и время его полупревращения.

Вариант	Параметр	Значение параметра				
1	Время, мин	0	5	15	20	25
	Концентрация, моль/л	5,00	4,50	3,65	3,26	2,95
2	Время, мин	0	45	70	90	120
	Концентрация, моль/л	2,80	1,24	0,78	0,54	0,31
3	Время, мин	0	60	75	90	120
	Концентрация, моль/л	1,00	0,33	0,25	0,19	0,11
4	Время, мин	0	20	30	100	140
	Концентрация, моль/л	3,00	2,00	1,60	0,40	0,18
5	Время, мин	0	60	100	200	300
	Концентрация, моль/л	1,000	0,350	0,170	0,030	0,005
6	Время, мин	0	5	20	95	100
	Концентрация, моль/л	0,50	0,45	0,33	0,07	0,06
7	Время, мин	0	35	40	45	55
	Концентрация, моль/л	3,00	1,40	1,30	1,18	0,95
8	Время, мин	0	20	40	60	80
	Концентрация, моль/л	1,00	0,70	0,50	0,35	0,25
9	Время, мин	0	10	20	30	40
	Концентрация, моль/л	1,00	0,70	0,50	0,35	0,25
10	Время, мин	0	30	60	90	120
	Концентрация, моль/л	5,00	2,87	1,65	0,95	0,55
11	Время, мин	0	40	50	80	120
	Концентрация, моль/л	2,00	0,96	0,80	0,46	0,23
12	Время, мин	0	40	50	85	120
	Концентрация, моль/л	1,0	0,48	0,4	0,21	0,11
13	Время, мин	0	15	20	25	30
	Концентрация, моль/л	3,00	2,20	2,00	1,80	1,60
14	Время, мин	0	25	30	80	140
	Концентрация, моль/л	0,50	0,30	0,27	0,10	0,03
15	Время, мин	0	50	60	65	70
	Концентрация, моль/л	3,00	1,20	1,00	0,91	0,83
16	Время, мин	0	40	50	90	120
	Концентрация, моль/л	2,80	1,34	1,12	0,54	0,31
17	Время, мин	0	45	90	120	150
	Концентрация, моль/л	5,00	2,20	0,95	0,55	0,32
18	Время, мин	0	50	150	250	300
	Концентрация, моль/л	3,50	2,00	0,65	0,20	0,12
19	Время, мин	0	65	75	90	120
	Концентрация, моль/л	3,00	0,88	0,73	0,55	0,31
20	Время, мин	0	150	200	250	300
	Концентрация, моль/л	3,0	2,2	2,0	1,8	1,6
21	Время, мин	0	50	100	200	300
	Концентрация, моль/л	3,50	2,00	1,20	0,40	0,12
22	Время, мин	0	5	25	50	75

	Концентрация, моль/л	2,80	2,53	1,66	0,98	0,58
23	Время, мин	0	20	30	40	50
	Концентрация, моль/л	3,0	2,5	2,2	2,0	1,8
24	Время, мин	0	15	45	90	180
	Концентрация, моль/л	2,00	1,70	1,23	0,75	0,29
25	Время, мин	0	35	70	95	110
	Концентрация, моль/л	1,00	0,51	0,26	0,16	0,12
26	Время, мин	0	5	35	70	95
	Концентрация, моль/л	3,00	2,50	0,84	0,23	0,09
27	Время, мин	0	50	150	300	600
	Концентрация, моль/л	2,00	1,70	1,23	0,75	0,29
28	Время, мин	0	65	75	95	110
	Концентрация, моль/л	2,00	0,57	0,47	0,32	0,24
29	Время, мин	0	50	55	65	130
	Концентрация, моль/л	0,50	0,17	0,15	0,12	0,03
30	Время, мин	0	40	45	50	60
	Концентрация, моль/л	3,00	1,40	1,30	1,18	0,95

Задание 2

Зависимость скорости реакции от температуры. Расчет энергии активации

Для некоторой реакции получены следующие значения констант скоростей при различных температурах. Рассчитайте энергию активации реакции графическим и аналитическим методами.

Вариант	Параметр	Значение параметра			
		10	20	30	40
1	$t, ^\circ\text{C}$	10	20	30	40
	k, c^{-1}	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$9,9 \cdot 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$
2	$t, ^\circ\text{C}$	10	20	35	45
	k, c^{-1}	$5 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$
3	$t, ^\circ\text{C}$	0	20	40	60
	k, c^{-1}	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$
4	$t, ^\circ\text{C}$	0	15	30	60
	k, c^{-1}	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$9,1 \cdot 10^{-4}$	$5,9 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-2}$
5	$t, ^\circ\text{C}$	0	5	10	15
	k, c^{-1}	$1 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$3,47 \cdot 10^{-4}$
6	$t, ^\circ\text{C}$	10	20	30	40
	k, c^{-1}	$1 \cdot 10^{-4}$	$2,97 \cdot 10^{-4}$	$8,81 \cdot 10^{-4}$	$2,61 \cdot 10^{-3}$
7	$t, ^\circ\text{C}$	0	20	40	60
	k, c^{-1}	$1,03 \cdot 10^{-4}$	$9,27 \cdot 10^{-4}$	$8,34 \cdot 10^{-3}$	$7,5 \cdot 10^{-2}$
8	$t, ^\circ\text{C}$	15	45	60	70
	k, c^{-1}	$9 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$9,3 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$
9	$t, ^\circ\text{C}$	15	25	35	50
	k, c^{-1}	$9 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$
10	$t, ^\circ\text{C}$	10	20	30	40
	k, c^{-1}	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$
11	$t, ^\circ\text{C}$	10	20	35	45

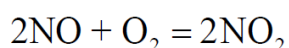
	k, c^{-1}	$1,09 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$
12	$t, ^\circ C$	40	50	60	70
	k, c^{-1}	$9 \cdot 10^{-4}$	$3,15 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$3,9 \cdot 10^{-2}$
13	$t, ^\circ C$	0	10	20	30
	k, c^{-1}	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$5,6 \cdot 10^{-3}$
14	$t, ^\circ C$	25	30	35	40
	k, c^{-1}	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$5,8 \cdot 10^{-4}$	$1,33 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$
15	$t, ^\circ C$	0	20	25	35
	k, c^{-1}	$1 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$
16	$t, ^\circ C$	15	30	45	55
	k, c^{-1}	$5 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$1,02 \cdot 10^{-2}$
17	$t, ^\circ C$	0	15	30	45
	k, c^{-1}	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$
18	$t, ^\circ C$	60	70	80	90
	k, c^{-1}	$6 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$5,4 \cdot 10^{-2}$	0,162
19	$t, ^\circ C$	15	25	35	45
	k, c^{-1}	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$5,3 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$6,7 \cdot 10^{-3}$
20	$t, ^\circ C$	10	18	28	38
	k, c^{-1}	$9 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$
21	$t, ^\circ C$	30	45	55	65
	k, c^{-1}	$3 \cdot 10^{-4}$	$3,14 \cdot 10^{-3}$	$3,05 \cdot 10^{-3}$	$2,96 \cdot 10^{-3}$
22	$t, ^\circ C$	0	15	25	35
	k, c^{-1}	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$7,2 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$
23	$t, ^\circ C$	60	75	80	90
	k, c^{-1}	$5 \cdot 10^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-2}$
24	$t, ^\circ C$	25	45	60	75
	k, c^{-1}	$2 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$2,6 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$
25	$t, ^\circ C$	5	15	20	30
	k, c^{-1}	$5 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$3,15 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$
26	$t, ^\circ C$	0	15	20	35
	k, c^{-1}	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-5}$	$6,5 \cdot 10^{-4}$
27	$t, ^\circ C$	0	10	30	40
	k, c^{-1}	$2 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$
28	$t, ^\circ C$	15	35	55	75
	k, c^{-1}	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,08 \cdot 10^{-3}$	$7,8 \cdot 10^{-3}$	$5,6 \cdot 10^{-2}$
29	$t, ^\circ C$	10	30	60	90
	k, c^{-1}	$9 \cdot 10^{-4}$	$3,15 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$3,9 \cdot 10^{-2}$
30	$t, ^\circ C$	30	40	50	60
	k, c^{-1}	$3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$

Кинетика односторонних реакций в закрытых системах

1. Для $^{235}\text{урана}$ период полураспада равен $7,13 \cdot 10^8$ лет. Рассчитайте константу скорости этого процесса и определите, за сколько лет содержание $^{235}\text{урана}$ в образце уменьшится на 5 %.

2. Реакция превращения вещества А относится к реакциям первого порядка. Начальная концентрация вещества А была равна 1 моль/дм³. За 200 с концентрация вещества А уменьшилась вдвое, а за 396 с – в 4 раза. Рассчитайте константу скорости и начальную скорость этой реакции.

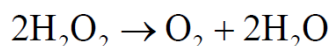
3. Реакция



протекает как реакция третьего порядка. При температуре 570 К константа скорости этой реакции равна $2,68 \cdot 10^3 \text{ л}^2/(\text{моль}^2 \cdot \text{с})$. Определите период полураспада компонентов, если их начальные концентрации равны 0,5 моль/дм³.

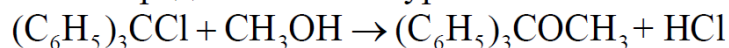
4. Период полураспада одного из радиоактивных изотопов кобальта равен 5,3 года. Рассчитайте константу скорости этого процесса и определите, за сколько лет содержание этого изотопа кобальта в образце уменьшится на 25 %.

5. Разложение пероксида водорода в водном растворе протекает по реакции



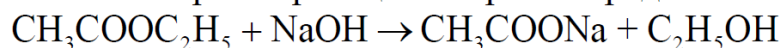
Эта реакция относится к реакциям первого порядка. За изменением концентрации пероксида водорода следили путем титрования проб одинакового объема KMnO_4 . В начальный момент времени было израсходовано на титрование 22,8 мл KMnO_4 , через 10 мин от начала реакции – 13,8 мл, а через 20 мин – 8,25 мл. Рассчитайте среднюю константу скорости данной реакции.

6. Процесс взаимодействия трифенилметилхлорида с метиловым спиртом протекает в среде бензола по уравнению



Экспериментально установлено, что эта реакция относится к реакциям третьего порядка, так как в элементарном акте принимает участие еще одна молекула CH_3OH , играющая роль катализатора. Рассчитайте период полураспада, если начальные концентрации компонентов равны 0,106 моль/дм³, а константа скорости при температуре 298 К равна $2,61 \cdot 10^{-3} \text{ дм}^6/(\text{моль}^2 \cdot \text{мин})$.

7. Константа скорости реакции второго порядка



равна $5,4 \text{ дм}^3/(\text{моль мин})$. Сколько эфира прореагирует за 20 мин, если концентрации эфира и щелочи одинаковые и равны $0,01 \text{ моль/дм}^3$? Какова должна быть начальная концентрация эфира, чтобы за это же время прореагировало 80 % эфира?

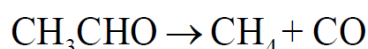
8. Вещество А смешано с В и С в равных концентрациях ($c_0 = 0,2 \text{ моль/дм}^3$). Через 20 мин осталось 50 % вещества А. Сколько вещества А останется через 40 мин, если реакция имеет нулевой, первый, второй, третий порядок?

9. Изучение термического разложения диметилсульфоксида (DMSO) проводили при $340 \text{ }^\circ\text{C}$ путем измерения начальной скорости образования продукта реакции (метана). Для начальной концентрации DMSO $c_0 = 4,3 \cdot 10^{-3}$ наблюдалось следующее изменение концентрации метана во времени:

$t, \text{ с}$	30	150	300	600
$c_{\text{CH}_4} \cdot 10^3, \text{ М}$	0,125	0,50	1,00	1,85

Определите начальную скорость образования метана и рассчитайте константу скорости этой реакции, считая, что процесс разложения является реакцией первого порядка.

10. При изучении газофазной реакции разложения ацетальдегида



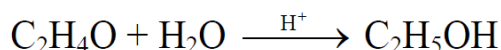
в присутствии паров иода при $391 \text{ }^\circ\text{C}$ наблюдалось следующее изменение давления ацетальдегида во времени:

$t, \text{ с}$	0	16	31	53	70	98	110
$p_{\text{CH}_3\text{CHO}} \cdot 10^{-4}, \text{ Па}$	3,18	2,96	2,77	2,52	2,33	2,05	1,96

Рассчитайте изменение общего давления газовой смеси во времени. Постройте график зависимости изменения давления ацетальдегида и общего давления газовой смеси во времени.

11. В процессе β -излучения $1 \text{ г } ^{99}\text{Mo}$ распадается до $1/8 \text{ г}$ за 200 часов. Считая, что процесс является реакцией первого порядка, рассчитайте константу скорости и определите период полураспада ^{99}Mo .

12. Кинетика реакции

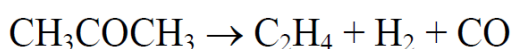


первого порядка (вода взята в большом избытке) изучалась при начальной концентрации окиси этилена 0,12 М в среде 0,007574 М хлорной кислоты. Ход процесса контролировали dilatометрически, измеряя объем раствора как функцию времени. При 20 °С получены следующие данные:

t , мин	0	30	60	135	300	∞
показания dilatометра	18,48	18,05	17,62	16,71	15,22	12,29

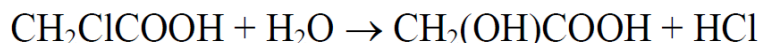
Рассчитайте среднюю константу скорости данной реакции.

13. Константа скорости химической реакции первого порядка



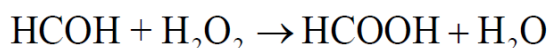
протекающей в газовой фазе, равна $2,6 \cdot 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$. Постройте график зависимости парциального давления CH_3COCH_3 и общего давления всей газовой смеси во времени, если начальное давление ацетона было равно 1 атм.

14. Константа скорости взаимодействия монохлоруксусной кислоты с водой (вода взята в большом избытке) при 298 К



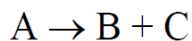
равна $4,2 \cdot 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$. Постройте график зависимости концентрации монохлоруксусной кислоты во времени ($c_0 = 0,1 \text{ М}$). Как будет изменяться объем щелочи, пошедшей на титрование образца реагирующей смеси во времени (изобразить на графике)?

15. В результате реакции второго порядка



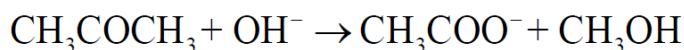
через 2 часа при температуре 60 °С прореагировало 0,215 моль/дм³ исходных веществ. Начальные концентрации компонентов были равны 0,50 моль/дм³. Рассчитайте константу скорости реакции и определите время, за которое прореагирует 90 % исходных веществ.

16. Известно, что реакция



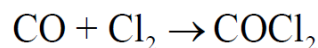
протекает в жидкой фазе и имеет нулевой порядок. Константа скорости этой реакции равна 0,05 моль дм⁻³ мин⁻¹. Напишите уравнение скорости реакции. Через сколько времени прореагирует половина исходного вещества, если $c_{0,\text{A}} = 2,0 \text{ М}$. Сколько времени необходимо, чтобы исходное вещество израсходовалось полностью?

17. Гидролиз метилацетата в щелочной среде



протекает как реакция второго порядка с константой скорости $k = 0,137 \text{ моль}^{-1} \text{ дм}^3 \text{ с}^{-1}$ при $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Через сколько времени прореагирует половина исходного вещества, если начальные концентрации компонентов были равны $0,50 \text{ M}$? Сколько времени необходимо, чтобы исходное вещество израсходовалось практически полностью (на 99%)?

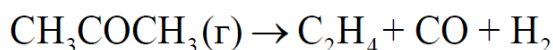
18. Константа скорости реакции второго порядка



протекающая на катализаторе, при 300 K равна $0,016 \text{ Па}^{-1} \text{ мин}^{-1}$.

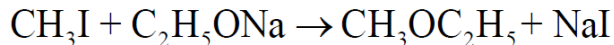
Постройте график зависимости изменения парциального давления CO и общего давления во времени.

19. При $504 \text{ }^\circ\text{C}$ и $p_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ацетон разлагается в реакторе постоянного объема по реакции



Константа скорости данного процесса равна $4,27 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$. Рассчитайте, чему будет равно парциальное давление ацетона и общее давление газовой смеси через 600 с от начала опыта.

20. Константа скорости реакции



при температуре 291 K равна $4,96 \cdot 10^{-4} \text{ дм}^3/(\text{моль с})$. Начальные концентрации компонентов равны $0,50 \text{ моль/дм}^3$. Постройте график изменения концентрации реагирующих веществ за время 200 с .