

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 | | | | |
|---------|----------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0 | 5 | 15 | 20 | 25 |
| 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.

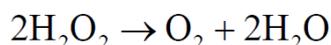
3. Реакция



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.

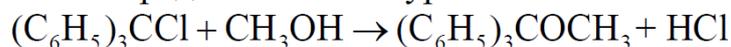
4. Период полураспада одного из радиоактивных изотопов кобальта равен 5,3 года. Рассчитайте константу скорости этого процесса и определите, за сколько лет содержание этого изотопа кобальта в образце уменьшится на 25 %.

5. Разложение пероксида водорода в водном растворе протекает по реакции



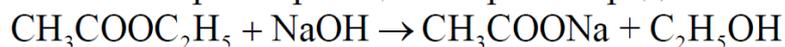
Эта реакция относится к реакциям первого порядка. За изменением концентрации пероксида водорода следили путем титрования проб одинакового объема KMnO_4 . В начальный момент времени было израсходовано на титрование 22,8 мл KMnO_4 , через 10 мин от начала реакции – 13,8 мл, а через 20 мин – 8,25 мл. Рассчитайте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

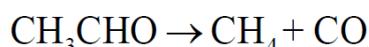
8. Вещество А смешано с В и С в равных концентрациях ($c_0 = 0,2 \text{ моль/дм}^3$). Через 20 мин осталось 50 % вещества А. Сколько вещества А останется через 40 мин, если реакция имеет нулевой, первый, второй, третий порядок?

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



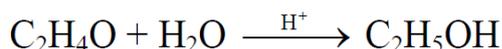
в присутствии паров иода при $391 \text{ }^\circ\text{C}$ наблюдалось следующее изменение давления ацетальдегида во времени:

| $t, \text{ с}$ | 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 |

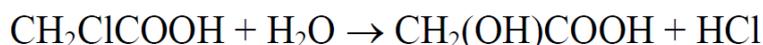
Рассчитайте среднюю константу скорости данной реакции.

13. Константа скорости химической реакции первого порядка



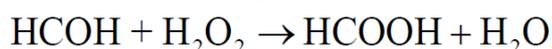
протекающей в газовой фазе, равна $2,6 \cdot 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$. Постройте график зависимости парциального давления CH_3COCH_3 и общего давления всей газовой смеси во времени, если начальное давление ацетона было равно 1 атм.

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



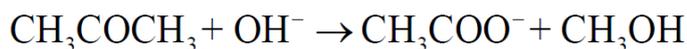
через 2 часа при температуре 60 °С прореагировало 0,215 моль/дм³ исходных веществ. Начальные концентрации компонентов были равны 0,50 моль/дм³. Рассчитайте константу скорости реакции и определите время, за которое прореагирует 90 % исходных веществ.

16. Известно, что реакция



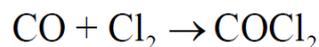
протекает в жидкой фазе и имеет нулевой порядок. Константа скорости этой реакции равна 0,05 моль дм⁻³ мин⁻¹. Напишите уравнение скорости реакции. Через сколько времени прореагирует половина исходного вещества, если $c_{0,\text{A}} = 2,0 \text{ М}$. Сколько времени необходимо, чтобы исходное вещество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

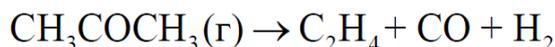
18. Константа скорости реакции второго порядка



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

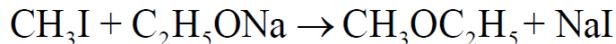
Постройте график зависимости изменения парциального давления CO и общего давления во времени.

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 .