

Константы

Число Авогадро, N_A	6.022×10^{23} моль ⁻¹
Элементарный заряд, e	1.602×10^{-19} Кл
Универсальная газовая постоянная, R	8.314 Дж моль ⁻¹ К ⁻¹
Постоянная Фарадея, F	$96\,485$ Кл моль ⁻¹
Постоянная Планка, h	6.626×10^{-34} Дж с
Температура в Кельвинах (К)	$T_K = T_{\circ C} + 273.15$
Ангстрем, Å	1×10^{-10} м
пико, п	$1 \text{ пм} = 1 \times 10^{-12}$ м
нано, н	$1 \text{ нм} = 1 \times 10^{-9}$ м
микро, мк	$1 \text{ мкм} = 1 \times 10^{-6}$ м

1																	18
1 H 1.008	2											13	14	15	16	17	2 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.63	33 As 74.92	34 Se 78.97	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc -	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -	112 Cn -	113 Nh -	114 Fl -	115 Mc -	116 Lv -	117 Ts -	118 Og -

57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm -	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
89 Ac -	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -



Республиканская олимпиада по химии

Районный этап (2023-2024).

Официальный комплект решений 10-класса.

Содержание

Задача №1. Цепочка (7%)	3
Задача №2. Нитрат металла (4%)	4
Задача №3. Реакция Замещения (8%)	4
Задача №4. Последовательные реакции (8%)	5
Задача №5. Электролиз (8%)	7

Задача №1. Цепочка

1.1	Всего	Вес(%)
7	7	7

Автор: Бегдаир С.

1.1 (7 баллов)

Вещество E является соединением свинца. Предположив, что в нем содержится лишь один атом свинца, найдем молярную массу вещества E:

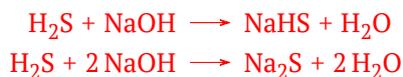
$$M(E) = \frac{M(Pb)}{\omega(Pb)} = \frac{207}{0.8661} = 239 \text{ г моль}^{-1}$$

По молярной массе E можно сказать, что оно является скорее всего бинарным соединением, из-за низкой молярной массы относительно других соединений свинца.

Есть два возможных соединения с молярной массой 239 г моль^{-1} — PbO_2 и PbS . Из этих двух вариантов верным является PbS . Если попробовать продолжить цепочку с вариантом PbO_2 , зайдете в тупик. Тогда, вещество D будет Na_2S .

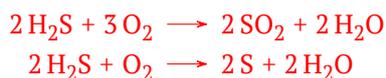


Из реакций с гидроксидом натрия можно понять, что X является H_2S :



В таком случае F — $NaHS$.

При избытке кислорода, сгорание H_2S сопровождается образованием SO_2 (соединение A), тогда как при недостатке — S (соединение B).



Остальные реакции (соединение C — H_2SO_4):



По 0.5 балла за каждую верную реакцию (с учетом коэффициентов). (3.5 балла)

По 0.5 балла за каждое верно определенное соединение A–F и X. (3.5 балла)

Всего — 7 баллов.

Задача №2. Нитрат металла

2.1	Всего	Вес(%)
4	4	4

Автор: Мадиева М.

2.1 (4 балла)

Напишем реакцию разложения $\text{Me}(\text{NO}_3)_x$:



Выразим количество вещества соли и оксида:

$$v(\text{Me}(\text{NO}_3)_x) = \frac{m}{M} = \frac{14}{\text{Me} + 62.01x}$$
$$v(\text{Me}_2\text{O}_x) = 0.5v(\text{Me}(\text{NO}_3)_x) = \frac{7}{\text{Me} + 62.01x}$$

Выразим массу образовавшегося оксида, а также содержание металла в нем и составим систему уравнений:

$$m(\text{Me}_2\text{O}_x) = v \cdot M = \frac{7 \cdot (2\text{Me} + 16x)}{\text{Me} + 62.01x} = 4.47$$
$$\omega(\text{Me}) = \frac{2\text{Me}}{2\text{Me} + 16x} = 0.684$$

Решаем систему и получаем, что $\text{Me} = \text{Cr}$, а $x = 3$. Запишем реакцию разложения нитрата хрома (III):



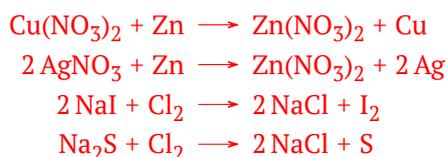
4 балла за полный правильный ответ.

Задача №3. Реакция Замещения

3.1	3.2	3.3	Всего	Вес(%)
2	4	2	8	8

Автор: Бекхожин Ж.

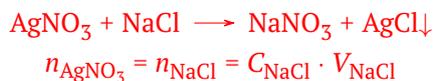
3.1 (2 балла)



0.4 балла за правильные продукты в каждой реакции, **0.1 балл** за каждое правильное уравнение

3.2 (4 балла)

1 балл за правильные уравнения для числа молей нитрата серебра:



1 балл за правильные уравнения для числа молей нитрата меди:

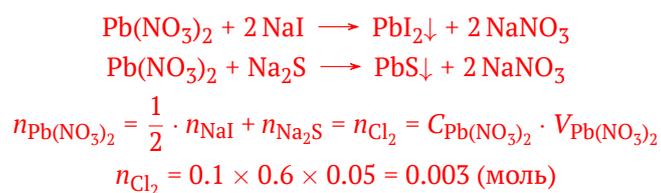
$$\omega_{\text{AgNO}_3} = \omega_{\text{Cu(NO}_3)_2} = \frac{M_{\text{Cu(NO}_3)_2} \cdot n_{\text{Cu(NO}_3)_2}}{m_{\text{раствора}}} = \frac{M_{\text{AgNO}_3} \cdot n_{\text{AgNO}_3}}{m_{\text{раствора}}}$$
$$n_{\text{Cu(NO}_3)_2} = \frac{M_{\text{AgNO}_3} \cdot n_{\text{AgNO}_3}}{M_{\text{Cu(NO}_3)_2}}$$

2 балла за правильную массу цинка:

$$n_{\text{AgNO}_3} = n_{\text{NaCl}} = C_{\text{NaCl}} \cdot V_{\text{NaCl}}$$
$$n_{\text{Zn}} = \frac{n_{\text{AgNO}_3}}{2} + n_{\text{Cu(NO}_3)_2}$$
$$m_{\text{Zn}} = M_{\text{Zn}} \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{M_{\text{AgNO}_3}}{M_{\text{Cu(NO}_3)_2}} \right) \cdot C_{\text{NaCl}} \cdot V_{\text{NaCl}} = 4.596 \text{ г}$$

Если дана масса цинка в ответе и в другой последовательности описаны уравнения или сделаны вычисления, ответ принимается.

3.3 (2 балла)



0.5 балла за каждое уравнение реакции, **0.5 балла** за правильные уравнения для числа молей хлора, **0.5 балла** за ответ.

Задача №4. Последовательные реакции

4.1	4.2	4.3	4.4	Всего	Вес(%)
1	1	2	4	8	8

Автор: Касьянов А.

4.1 (1 балл)

Подставляя известные значения, получаем следующее выражение

$$[B](t) = \frac{1}{2.5 - 1} (e^{-1 \times 2} - e^{-2.5 \times 2}) \times 2 = 0.171 \text{ моль л}^{-1}$$

1 балл за расчет концентрации интермедиата

4.2 (1 балл)

Выразим $[C](t)$ через данное уравнение

$$[C](t) = [A]_0 - [A](t) - [B](t)$$

Заменим концентрации реагента и интермедиата на их выражения

$$\begin{aligned} [C](t) &= [A]_0 - [A]_0 e^{-k_1 t} - \frac{[A]_0 k_1}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) = \\ &= [A]_0 \left(1 - e^{-k_1 t} - \frac{k_1}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) \right) \end{aligned}$$

1 балл за выведенное уравнение

4.3 (2 балла)

Для начала следует рассчитать начальную молярную концентрацию реагента А:

$$[A]_0 = \frac{n_A}{V} = \frac{0.6}{0.15} = 4 \text{ моль л}^{-1}$$

Для расчета концентрации продукта С следует использовать выражение, полученное в пункте 2:

$$\begin{aligned} [C](t) &= [A]_0 \left(1 - e^{-k_1 t} - \frac{k_1}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) \right) = \\ &= 4 \times \left(1 - e^{-1 \times 5} - \frac{1}{2.5 - 1} (e^{-1 \times 5} - e^{-2.5 \times 5}) \right) = 3.955 \text{ моль л}^{-1} \end{aligned}$$

Для расчета скорости образования следует использовать выражение для r_C :

$$\begin{aligned} r_C = k_2 [B](t) &= \frac{k_2 k_1}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) [A]_0 = \\ &= \frac{2.5 \times 1}{2.5 - 1} (e^{-1 \times 5} - e^{-2.5 \times 5}) \times 4 = 0.045 \text{ моль л}^{-1} \text{ с}^{-1} \end{aligned}$$

1 балл дается только за правильный расчет концентрации С

1 балл дается только за правильный расчет скорости образования С

4.4 (4 балла)

Поскольку происходит α -распад, частица X — ${}^{234}\text{Th}$, а частица Z — ${}^{230}\text{Ra}$.

Для начала следует рассчитать изначальное количество ядер ${}^{238}\text{U}$:

$$N_U = n_U N_A = \frac{m_U N_A}{M_U} = \frac{50 \times 6.022 \times 10^{23}}{238} = 1.265 \times 10^{23} \text{ ядер}$$

Количество ядер ^{238}U по прошествию 30 ч рассчитывается следующим образом

$$N_U = N_0 e^{-k_1 t} = 1.265 \times 10^{23} \times e^{-0.0346 \times 30} = 4.48 \times 10^{22} \text{ ядер}$$

Для ^{234}Th расчет проводится как для интермедиата:

$$\begin{aligned} N_{Th} &= \frac{k_1}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) N_0 = \\ &= \frac{0.0346}{0.0578 - 0.0346} (e^{-0.0346 \times 30} - e^{-0.0578 \times 30}) \times 1.265 \times 10^{23} = 3.35 \times 10^{22} \text{ ядер} \end{aligned}$$

Для ^{230}Ra расчет производится как для продукта последовательных реакций

$$\begin{aligned} N_{Ra} &= N_0 \left(1 - e^{-k_1 t} - \frac{k_1}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) \right) \\ &= 1.265 \times 10^{23} \times \left(1 - e^{-0.0346 \times 30} - \frac{0.0346}{0.0578 - 0.0346} (e^{-0.0346 \times 30} - e^{-0.0578 \times 30}) \right) = \\ &= 4.82 \times 10^{22} \text{ ядер} \end{aligned}$$

0.5 балла за определение X

0.5 балла за определение Z

1 балл за расчет текущего количества ядер ^{238}U

1 балл за расчет текущего количества ядер ^{234}Th

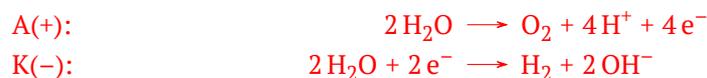
1 балл за расчет текущего количества ядер ^{230}Ra

Задача №5. Электролиз

5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	Всего	Вес(%)
1	1	2	2	2	8	8

Автор: Жақсылықов А.

5.1 (1 балл)



За каждую полуреакцию по 0.5 балла. Всего — 1 балл.

5.2 (1 балл)

Вода диссоциирует слабо. Поэтому, в чистой воде слишком мало ионов, чтобы проводить ток. Для этого используется сульфат натрия.

1 балл за объяснение.

5.3 (2 балла)

То, что после электролиза в растворе все еще оставалась вода, говорит о том, что по количеству электронов, участвовавших в реакции, можно определить количества выделенных газов. Найдем количество электронов, которое участвовало в реакции:

$$n_{e^-} = \frac{It}{F} = \frac{1.78 \text{ A} \times 10.5 \text{ мин} \times 60 \text{ с мин}^{-1}}{96485 \text{ Кл моль}^{-1}} = 0.0116 \text{ моль}$$

Как видно из полуреакций, количество выделенного кислорода в 4 раза меньше, а количество выделенного водорода в 2 раза меньше количества электронов.

$$n_{\text{O}_2} = \frac{n_{e^-}}{4} = 2.91 \text{ ммоль}$$

$$n_{\text{H}_2} = \frac{n_{e^-}}{2} = 5.81 \text{ ммоль}$$

Используя уравнение Менделеева-Клапейрона, рассчитываем их объем:

$$V_{\text{O}_2} = n_{\text{O}_2} \cdot \frac{RT}{p} = 71 \text{ мл}$$

$$V_{\text{H}_2} = n_{\text{H}_2} \cdot \frac{RT}{p} = 142 \text{ мл}$$

1 балл за нахождение количества электронов. По 0.25 балла за нахождение количества выделенных газов. По 0.25 балла за нахождение объемов газов.

Всего — 2 балла.

5.4 (2 балла)

Идеальный газ — модель газа согласно молекулярно-кинетической теории. В ней принимается, что каждая частица газа (атом или молекула) является точкой в пространстве, то есть не имеет объема. Также, в ней принимается, что между отдельными частицами газа нет никаких взаимодействий. Можно догадаться, что это не является правдой для реальных газов. В таком случае, фактор b отвечает за тот факт, что частицы газа имеют, хоть и маленький, но не нулевой объем. До этого можно догадаться по тому, что b отнимается от общего объема контейнера в уравнении ван дер Ваальса. А фактор a отвечает за тот факт, что между частицами газа есть взаимодействия — они друг друга притягивают. Благодаря этому притяжению, столкновения частиц газа со стенками контейнера становятся более слабыми, из-за чего общее давление уменьшается. Поэтому $a \left(\frac{n}{V}\right)^2$ отнимается от давления, которое предполагалось по модели идеального газа в уравнении ван дер Ваальса.

По 1 баллу за верное указание функций корректирующих факторов a и b . Всего — 2 балла.

5.5 (2 балла)

Значение фактора a должно быть больше для кислорода, так как молекула кислорода больше по размерам и, соответственно, занимает больший объем в пространстве.

Значение фактора b должно быть так же больше для кислорода, так как, благодаря большему размеру, дисперсионные силы в кислороде являются более сильными по сравнению с теми же силами в водороде. Из-за этого уменьшение в давлении должно быть так же больше.

По 1 баллу за верное сравнение с объяснением для каждого фактора. Если ответ дан без объяснений, 0 баллов.