

## Константы

Число Авогадро, $N_A$	$6.022 \times 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>
Элементарный заряд, $e$	$1.602 \times 10^{-19}$ Кл
Универсальная газовая постоянная, $R$	$8.314$ Дж моль <sup>-1</sup> К <sup>-1</sup>
Постоянная Фарадея, $F$	$96\,485$ Кл моль <sup>-1</sup>
Постоянная Планка, $h$	$6.626 \times 10^{-34}$ Дж с
Температура в Кельвинах (К)	$T_K = T_{\circ C} + 273.15$
Ангстрем, Å	$1 \times 10^{-10}$ 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 11-класса.

## Содержание

Задача №1. Из чего делают шины? (7%)	3
Задача №2. Примеси в смеси (7%)	4
Задача №3. Интересный металл (7%)	5
Задача №4. Реакция Замещения (7%)	6
Задача №5. Равновесия (7%)	7

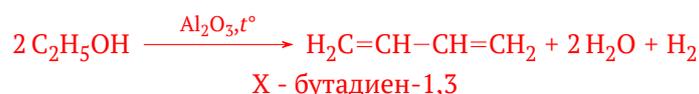
## Задача №1. Из чего делают шины?

1.1	1.2	1.3	1.4	Всего	Вес(%)
1	1	1	4	7	7

Автор: Мадиева М.

### 1.1 (1 балл)

Упоминание производства каучука должно наталкивать на мысль об алкадиенах. Дегидрирование и дегидратация этанола в присутствии катализатора — это реакция Лебедева:



**1 балл за реакцию. При ответе без реакции 0.5 балла.**

### 1.2 (1 балл)

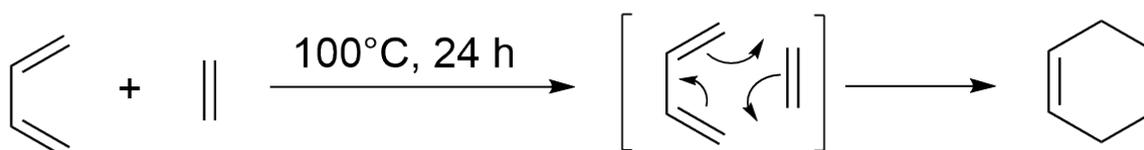
Это типичная реакция полимеризации при температуре в присутствии катализатора:



**1 балл за правильную реакцию**

### 1.3 (1 балл)

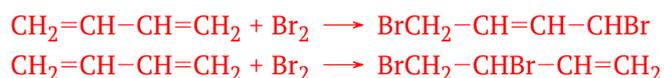
Это реакция Дильса-Альдера:



**1 балл за полное правильное решение. До 0.5 балла за реакцию без механизма.**

### 1.4 (4 балла)

В зависимости от температуры будет 1,2- либо 1,4-присоединение:



Это объясняется кинетическим и термодинамическим контролем, который связан с образованием наиболее стабильного карбкатиона. При пониженной температуре вторичный карбкатион стабильнее, поэтому образуются быстрее, чем первичный. Повышение температуры смещает равновесие в сторону образования более термодинамически устойчивого продукта 1,4-присоединения.

P.S. Необходимо учитывать, что и в первом, и во втором случаях образуется смесь продуктов 1,2- и 1,4-присоединения. Однако, преобладание одного из них регулируется температурой.

**4 балла за полное правильное решение. До 2 баллов за частичный ответ.**

## Задача №2. Примеси в смеси

2.1	2.2	2.3	Всего	Вес(%)
1	2	4	7	7

Автор: Касымалы М.

### 2.1 (1 балл)



За каждую реакцию дается по **0.5** балла (всего **1** балл).

### 2.2 (2 балла)

Рассчитаем среднюю молярную массу газовой смеси:

$$M_{\text{ср}} = 21.25 \cdot 2 = 42.5 \text{ г/моль}$$

Пусть мольная доля диоксида азота ( $\text{NO}_2$ ) будет равна  $x$ , тогда мольная доля кислорода будет равна  $1 - x$ . В таком случае,

$$\begin{aligned}M_{\text{ср}} &= xM(\text{NO}_2) + (1 - x)M(\text{O}_2) \\42.5 &= 46x + (1 - x)32\end{aligned}$$

Решая это уравнение получаем  $x = 0.75$ . Другими словами, мольная доля диоксида азота будет равна 75%, а мольная доля кислорода будет равна, соответственно,  $100\% - 75\% = 25\%$ .

За правильно составленное уравнение дается **1** балл, за правильные значения мольных долей по **0.5** балла (всего **2** балла).

### 2.3 (4 балла)

Пусть кол-во молей нитрата меди будет равно  $a$  моль, а кол-во молей нитрата серебра будет  $b$  моль. Из предыдущего пункта довольно очевидно что кол-во молей диоксида азота в газовой смеси в три раза превышает кол-во молей кислорода. Другими словами,

$$\frac{2a + b}{0.5a + 0.5b} = 3$$

Решая это уравнение получаем  $a = b$ . Масса твердого остатка уменьшается за счет образования газовой смеси, масса которой равна  $42.5(2a + b + 0.5a + 0.5b) = 42.5(2a + a + 0.5a + 0.5b) = 170a$  г. Пусть масса твердых примесей составляет  $m$  г. В таком случае,

$$\frac{170a}{188a + 170a + m} = 0.4679$$

Отсюда  $m = 5.325a$ . Рассчитаем массовую долю твердых примесей в исходной смеси нитратов:

$$w(\text{тв.примеси}) = \frac{5.325a}{188a + 170a + 5.325a} \cdot 100\% = 1.466\%$$

За нахождение соотношения кол-во молей нитратов серебра и меди в смеси дается **1** балл, за правильные рассуждения дается **1** балл, за правильную массовую долю твердых примесей дается **2** балла (всего **4** балла).

### Задача №3. Интересный металл

3.1	3.2	3.3	Всего	Вес(%)
2	1	4	7	7

Автор: Касымалы М.

#### 3.1 (2 балла)

Напишем уравнение реакции растворения металла **X** в концентрированной серной кислоте:



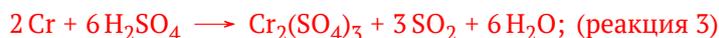
Рассчитаем кол-во молей сернистого газа:

$$n(SO_2) = \frac{5.865 \cdot 1}{0.082 \cdot 298} = 0.24 \text{ моль}$$

По стехиометрическим коэффициентам в вышеприведенной реакции видно что  $n(X) = \frac{2n(SO_2)}{n} = \frac{0.48}{n}$  моль. Попробуем рассчитать молярную массу металла **X**:

$$M(X) = \frac{8.32n}{0.48} = 17.33n \text{ г/моль}$$

Наиболее подходящим вариантом является хром ( $n = 3$ ). Действительно, растворы  $Cr^{2+}$  окрашены в голубой цвет, а растворы  $Cr^{3+}$  окрашены в зеленый цвет. Напишем уравнения реакций 1-3:



За определение металла **X** — **0.5** балла, за каждое уравнение реакции по **0.5** балла (всего **2** балла).

#### 3.2 (1 балл)

Если попробовать растворить хром в концентрированной азотной кислоте, то окажется что на его поверхности образуется оксидная пленка, из-за которой и нельзя достигнуть перехода хрома в раствор (**1** балл).

#### 3.3 (4 балла)

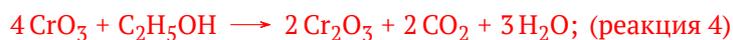
Твердый остаток зеленого цвета представляет собой оксид хрома со степенью окисления +3 ( $Cr_2O_3$ ). Газ с плотностью по воздуху 1.52 имеет молярную массу  $1.52 \cdot 29 = 44$  г/моль, что соответствует углекислому газу. Поскольку в продуктах реакции **A** с этанолом имеются лишь вода, углекислый газ, и  $Cr_2O_3$ , можно сделать вывод о том, что бинарное соединение **A**, в котором хром находится в высшей степени окисления (+6) представляет собой  $CrO_3$ . Попробуем рассчитать молярную массу соединения **B**:

$$M(B) = \frac{52}{0.3355} = 155 \text{ г/моль}$$

Скорее всего, соединение **B** содержит хром, кислород, и хлор. Пусть соединение **B** представляет собой  $CrO_xCl_y$ , тогда

$$16x + 35.5y = 155 - 52 = 103 \text{ г/моль}$$

Методом подбора не трудно догадаться, что  $x = 2, y = 2$ . Таким образом, соединение **B** —  $\text{CrO}_2\text{Cl}_2$ . Напишем уравнения реакций 4–5:



За определение **A** и **B** — по 1 баллу, за каждую реакцию по 1 баллу (всего 4 балла).

#### Задача №4. Реакция Замещения

4.1	4.2	4.3	Всего	Вес(%)
1	2	4	7	7

Автор: Бекхожин Ж.

##### 4.1 (1 балл)



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

##### 4.2 (2 балла)

**0.5 балла** за правильные уравнения для числа молей нитрата серебра:



$$n_{\text{AgNO}_3} = n_{\text{NaCl}} = C_{\text{NaCl}} \cdot V_{\text{NaCl}}$$

**0.5 балла** за правильные уравнения для числа молей нитрата меди:

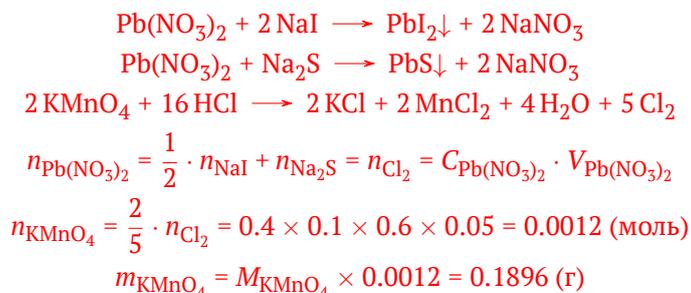
$$\omega_{\text{AgNO}_3} = \omega_{\text{Cu}(\text{NO}_3)_2} = \frac{M_{\text{Cu}(\text{NO}_3)_2} \cdot n_{\text{Cu}(\text{NO}_3)_2}}{m_{\text{раствора}}} = \frac{M_{\text{AgNO}_3} \cdot n_{\text{AgNO}_3}}{m_{\text{раствора}}}$$
$$n_{\text{Cu}(\text{NO}_3)_2} = \frac{M_{\text{AgNO}_3} \cdot n_{\text{AgNO}_3}}{M_{\text{Cu}(\text{NO}_3)_2}}$$

**1 балл** за правильную массу цинка:

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

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

**4.3 (4 балла)**



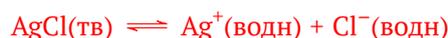
**0.5 балла** за каждое уравнение реакции со свинцом, **1 балл** за уравнение реакции перманганата с соляной кислотой, **1 балл** за правильные уравнения для числа молей перманганата, **1 балл** за ответ.

## Задача №5. Равновесия

5.1	5.2	5.3	5.4	Всего	Вес(%)
1	2	1	3	7	7

Автор: Жақсылықов А.

**5.1 (1 балл)**



Как видно из уравнения реакции, количество растворенного AgCl равно количеству ионов  $\text{Ag}^+$  в растворе. Раствор должен быть насыщенным, а значит, концентрацию ионов  $\text{Ag}^+$  можно вычислить из произведения растворимости для AgCl. Учитывая, что при растворении AgCl образуется равное количество ионов  $\text{Ag}^+$  и  $\text{Cl}^-$ , получаем выражение:

$$K_{\text{sp}} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = [\text{Ag}^+]^2 = 1.77 \times 10^{-10}.$$

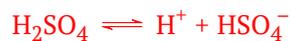
Из него следует, что  $[\text{Ag}^+] = \sqrt{1.77 \times 10^{-10}} = 1.33 \times 10^{-5} \text{ моль л}^{-1}$ . Скажем, объем раствора равен 1 л. В таком случае, в нем растворилось  $1.33 \times 10^{-5} \text{ моль}$ , то есть  $1.33 \times 10^{-5} \text{ моль} \times 143.35 \text{ г моль}^{-1} = 1.91 \times 10^{-3} \text{ г}$ . Значит, растворимость AgCl равна  $1.91 \times 10^{-3} \text{ г л}^{-1}$ .

0.5 балла за нахождение концентрации ионов  $\text{Ag}^+$  (или  $\text{Cl}^-$ ). 0.5 балла за вычисление растворимости. Если растворимость дана не в г/л, 0 баллов.

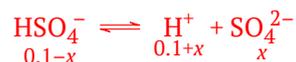
Всего — 1 балл.

**5.2 (2 балла)**

По 0.5 балла за каждую ступень диссоциации серной кислоты:



По первой ступени диссоциация проходит полностью. Значит, начальные концентрации ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{HSO}_4^-$  можно принять равными  $0.1 \text{ моль л}^{-1}$ . Предположим, что  $x \text{ моль л}^{-1}$   $\text{HSO}_4^-$  продиссоциировало по второй ступени.



Используя выражение для второй константы кислотности серной кислоты, получаем уравнение с одним неизвестным:

$$K_2 = 10^{-1.99} = \frac{x(0.1+x)}{0.1-x}$$
$$x^2 + (K + 0.1)x - 0.1K = 0$$

Решая квадратное уравнение, получаем значение  $x = 0.009 \text{ моль л}^{-1}$ . Значит,  $[\text{H}^+] = 0.1 + x = 0.109 \text{ моль л}^{-1}$ . Используя формулу  $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$ , получаем  $\text{pH} = -\lg(0.109) = 0.96$ .

1 балл за верный расчет pH. За близкие значения дается полный балл если ход решения верный.

Всего — 2 балла.

### 5.3 (1 балл)

Обозначим количество продиссоциированной уксусной кислоты за  $x$ .



Используя выражение для константы кислотности уксусной кислоты, получаем следующее уравнение:

$$K_a = 10^{-4.76} = \frac{x^2}{0.1-x}$$
$$x^2 + Kx - 0.1K = 0$$

Решая уравнение, получаем значение  $x = 1.31 \text{ ммоль л}^{-1}$ . (0.5 балла)

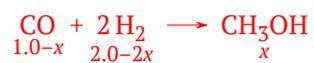
Как дано в условии задачи, степень диссоциации является долей продиссоциированных молекул кислоты, то есть  $\frac{x}{C_0}$ . Тогда степень диссоциации 0.1 М уксусной кислоты равна

$$\frac{1.31 \times 10^{-3}}{0.1} \times 100\% = 1.31\%. \text{ (0.5 балла)}$$

Всего — 1 балл.

### 5.4 (3 балла)

Предположим, что образовалось  $x$  бар метанола.



Выписав выражение для константы равновесия, получим следующее уравнение:

$$\frac{x}{(1-x)(2-2x)^2} = 5.8$$
$$23.2(1-x)^3 = x$$

Решая уравнение, получаем  $x = 0.69$  бар. (2 балла)

По уравнению реакции, теоретическое давление метанола равно 1.0 бар. В таком случае, выход реакции при 120 °С составляет  $\frac{0.69}{1.0} \times 100\% = 69\%$ . (1 балл)

Всего — 3 балла.