

## Константы

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

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 (2025-2026).

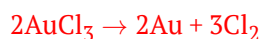
Официальный комплект 11-класса.

## Задача №1. Прикосновение Мидаса

Автор: Бисенали С.

1.1	1.2	1.3	Всего	Вес(%)
2	2	5	9	12

### 1.1 (2 балла)



### 1.2 (2 балла)

На восстановления одного иона  $\text{Au}^{3+}$  уходит три электрона, а на восстановления одного  $\text{Au}^+$  всего лишь один. Так если у вас есть смесь ионов  $\text{Au}^{3+}$  и  $\text{Au}^+$ , и вы восстановите ее полностью вам будет казаться, что вы потратили *меньше* электронов, а значит *меньше* тока, и соответственно сделали *меньшее* кол-во работы, чтобы получить определенную массу Au! Любой другой интуитивный ответ, который эквивалентен ответу выше считается за правильный, и за него дается полный балл.

### 1.3 (5 баллов)

Скажем, что в растворе было 1 моль ионов  $\text{Au}^{3+}$ , тогда на их восстановление ушло бы 3 моль электронов  $e^-$ . В реальности же имеем, что у нас есть  $x$  моль  $\text{Au}^{3+}$  и  $1 - x$  моль  $\text{Au}^+$ . На восстановление этой смеси уйдет  $3 \cdot x + 1 \cdot (1 - x) = 2x + 1$  моль ионов  $e^-$  (2 балла).

Что же означает выход 110%? Если в растворе присутствует смесь ионов  $\text{Au}^{3+}$  и  $\text{Au}^+$ , тогда чтобы получить 1 моль чистого Au у нас уйдет  $2x + 1$  моль электронов. Но в соответствии с нашим допущением, что в растворе только  $\text{Au}^{3+}$  мы должны были получить  $(2x + 1)/3$  моль ионов чистого Au (заметьте, что это всегда меньше чем 1). Поэтому из определения выхода, как соотношение практического на теоретического можно записать

$$\eta = \frac{1}{\frac{1+2x}{3}} = 1.10 \quad (2 \text{ балла})$$

Решая уравнение, мы получим, что  $x = 0.863$ , а значит соотношение будет  $0.863/(1 - 0.863) \approx 6.314$  (1 балл).

## Задача №2. Медная пластинка

Автор: Молдагул А.

2.1	2.2	2.3	Всего	Вес(%)
2	3	3	8	16

### 2.1 (2 балла)

Поскольку медь является менее активным металлом, чем железо, можно заключить, что она не способна окисляться до иона  $\text{Cu}^{+2}$ . Однако из содержания задачи следует, что окисление меди всё же происходит. Можно предположить что медь не полностью восстанавливает ион  $\text{Fe}^{+3}$ , но дальнейшего восстановления иона  $\text{Fe}^{+2}$  не происходит.



Реакция в растворе (2 балла)



2.2 (3 балла)

Из факта что  $w(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = w(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2)$  можно написать выражение

$$\frac{n \cdot M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2)}{600 \text{ г} + n \cdot A_r(\text{Cu})} = \frac{600 \text{ г} \cdot 0.123 - 2n \cdot M(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3)}{600 \text{ г} + n \cdot A_r(\text{Cu})}$$

Откуда  $n = 0.11$  моль (2 балла)

Масса медной пластинки после окончания реакции (1 балла)

$$m = 22.0 \text{ г} - 0.11 \text{ моль} \cdot A_r(\text{Cu}) = 15.0 \text{ г}$$

2.3 (3 балла)

Массовая доля  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  (1 балл)

$$w(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = \frac{0.11 \text{ моль} \cdot M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2)}{600 \text{ г} + 0.11 \text{ моль} \cdot A_r(\text{Cu})} = 0.0339$$

Массовая доля  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  (1 балл)

$$w(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = \frac{600 \text{ г} \cdot 0.123 - 2 \cdot 0.11 \text{ моль} \cdot M(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3)}{600 \text{ г} + 0.11 \text{ моль} \cdot A_r(\text{Cu})} = 0.0339$$

Массовая доля  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$  (1 балл)

$$w(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2) = \frac{600 \text{ г} \cdot 0.050 + 2 \cdot 0.11 \text{ моль} \cdot M(\text{Fe}(\text{NO}_3)_2)}{600 \text{ г} + 0.11 \text{ моль} \cdot A_r(\text{Cu})} = 0.1146$$

### Задача №3. Чувствительное вещество

Автор: Бекхожин Ж.

3.1	3.2	Всего	Вес(%)
8	2	10	12

3.1 (8 баллов)

Из образования фиолетовых паров, золотистого осадка с нитратом свинца, можно понять что **Б** -  $\text{I}_2$  (1 балл), **Г** -  $\text{PbI}_2$  (0.5 балла). Тогда **В** - йодид катиона. Используя массовую долю йода, перебор всех возможных масс катионов в **В** дает 18.04, 36.09, 54.14, 72.18, 90.23, 108.27, 126.32, 144.36 г моль<sup>-1</sup>. Лишь первое значение соответствует катиону аммония, остальные массы не могут быть стабильными катионами образующимися из бинарных газов. **В** -  $\text{NH}_4\text{I}$  (2 балла), **А** -  $\text{NH}_3$  (1 балл). Так как йод восстановился до йодида, аммиак окислился до бинарного **Д**, которое тоже содержит йод из задачи, при этом раз водороды перешли в **В**, **Д** содержит лишь азот и водород, тогда **Д** -  $\text{NI}_3$  (2.5 балла). Из массовой доли йода, предполагая

одну молекулу  $NI_3$  так как аммиак теряется в процессе, получаем молярные массы **Е** и **Ж** без **Д**, составляющие 85.2 и 17.03 г моль<sup>-1</sup>, соответствующие 5 и 1 молекулам аммиака для **Е** и **Ж**.  
**Е** -  $NI_3 * 5NH_3$ , **Ж** -  $NI_3 * NH_3$ , **0.5 балла** за каждое вещество.

### 3.2 (2 балла)



Газ, образующийся при разложении  $NI_3 * NH_3$ , является азотом в виду его бесцветности и отсутствии запаха. Из массы, получаем что разложилось 0.01214 моль  $NI_3 * NH_3$ , выделив (разделив объем азота на молярный объем) 0.00759 моль азота. Целое отношение количеств получается если 8 молекул  $NI_3 * NH_3$  выделило 5 молекул азота, тогда уравнение:



## Задача №4. Анализ раствора AquaLab-11

Автор: Сарсенбай А.

4.1	4.2	4.3	4.4	Всего	Бес(%)
1	2	3	3	9	18

### 4.1 (1 балл)

Осадок  $PbI_2$  начинает выпадать, когда произведение ионных концентраций достигает  $K_{sp}$ :

$$K_{sp} = [Pb^{2+}][I^-]^2.$$

1. Минимальная концентрация  $[I^-]_{min}$ :

$$[I^-]_{min} = \sqrt{\frac{K_{sp}}{[Pb^{2+}]}} = \sqrt{\frac{8.5 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{-4}}} = \sqrt{4.25 \cdot 10^{-5}} \approx 6.52 \cdot 10^{-3} \text{ М.}$$

2. Остаточная концентрация  $Pb^{2+}$  при  $[I^-] = 0.050 \text{ М}$ :

$$[Pb^{2+}] = \frac{K_{sp}}{[I^-]^2} = \frac{8.5 \cdot 10^{-9}}{(0.050)^2} = \frac{8.5 \cdot 10^{-9}}{2.5 \cdot 10^{-3}} = 3.4 \cdot 10^{-6} \text{ М.}$$

**(1 балл)**

### 4.2 (2 балла)

Сначала сильная кислота полностью диссоциирует:

$$[H^+]_{HCl} = 0.010 \text{ М.}$$

Слабая кислота уксусная ( $CH_3COOH$ ) с  $K_a = 1.8 \cdot 10^{-5}$ :

$$[H^+]_{уксусная} = \frac{1}{2} \left( -K_a + \sqrt{K_a^2 + 4K_a[CH_3COOH]} \right) = \sqrt{K_a[CH_3COOH]}.$$

Подставим:

$$[\text{H}^+]_{\text{уксусная}} = \sqrt{1.8 \cdot 10^{-5} \cdot 0.020} = \sqrt{3.6 \cdot 10^{-7}} = 6.0 \cdot 10^{-4} \text{ М.}$$

Общая концентрация  $\text{H}^+$ :

$$[\text{H}^+]_{\text{общ}} = 0.010 + 6.0 \cdot 10^{-4} = 0.0106 \text{ М.}$$

pH смеси:

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] = -\log_{10} 0.0106 = 1.98.$$

**(2 балла)**

#### 4.3 (3 балла)

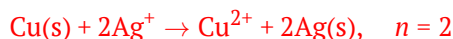
Сначала определим, где анод, где катод. Более положительный  $E^\circ$  — катод, более отрицательный — анод.

$$E^\circ_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = +0.80 \text{ В (катод)}, \quad E^\circ_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = +0.34 \text{ В (анод)}$$

Используем уравнение Нернста:

$$E_{\text{cell}} = E^\circ_{\text{катод}} - E^\circ_{\text{анод}} + \frac{0.059}{n} \log \frac{[\text{оксидант}]}{[\text{редуктант}]}$$

Реакция:



Концентрации:

$$[\text{Ag}^+] = 0.010 \text{ М}, \quad [\text{Cu}^{2+}] = 1 \text{ М.}$$

Нернст:

$$E_{\text{cell}} = 0.80 - 0.34 + \frac{0.059}{2} \log_{10} \frac{1}{0.010^2} = 0.46 + 0.0295 \log_{10} 10^4 = 0.46 + 0.0295 \cdot 4 = 0.46 + 0.118 = 0.578 \text{ В.}$$

Полярности: Cu — анод, Ag — катод. **(3 балла)**

#### 4.4 (3 балла)

Водный раствор, инертные электроды. Возможные реакции: - Катод:  $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu(s)}$  (вытесняется водородом, но  $E^\circ_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = 0.34 \text{ В} > E^\circ_{\text{H}^+/\text{H}_2} = 0 \text{ В}$ , поэтому выделяется Cu) - Анод:  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^-$  (Cu не окисляется, осадка на аноде нет)

Количество электричества:

$$Q = I \cdot t = 2 \text{ А} \cdot 40 \text{ мин} \cdot 60 \text{ с/мин} = 4800 \text{ Кл.}$$

Катод,  $\text{Cu}^{2+}$ :

$$n(\text{Cu}) = \frac{Q}{2F} = \frac{4800}{2 \cdot 96485} = 0.0249 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Cu}) = n \cdot M = 0.0249 \cdot 63.546 = 1.58 \text{ г.}$$

Анод, кислород:

$$n(\text{O}_2) = \frac{Q}{4F} = \frac{4800}{4 \cdot 96485} = 0.0124 \text{ моль.}$$

$$m(\text{O}_2) = n \cdot M = 0.0124 \cdot 32.00 = 0.40 \text{ г.}$$

(3 балла)

### Задача №5. Диаграмма Латимера

Автор: Бекхожин Ж.

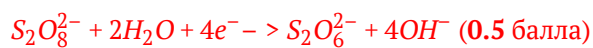
Всего	Вес(%)
10	12

#### 5.1 (10 баллов)

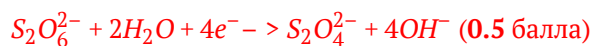
Из связи потенциалов реакций и изменений свободных энергий Гиббса, а также аддитивности изменений свободных энергий, для двух последовательных реакций:

$$-nFE = \Delta G = \Delta G_1 + \Delta G_2 = -n_1FE_1 - n_2FE_2$$

$$E = (n_1 * E_1 + n_2E_2) \div n$$



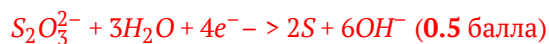
$$E = (2 * 2.01 + 2 * (-0.244)) \div 4 = 0.883V \text{ (1.5 балла)}$$



$$E = (2 * (-(-0.244)) + 4 * (-0.9) + 2 * (-1.4)) \div 4 = -1.478V \text{ (2.5 балла)}$$



$$E = (2 * (-(-1.4) + 4 * (-0.58)) \div 2 = 0.24V \text{ (2 балла)}$$



$$E = (4 * (-(-0.58)) + 8 * (-0.66) \div 4 = -0.74V \text{ (2 балла)}$$