

## 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 9-класса.

## Задача №1. Электролиз

Автор: Ахметов Н.

1.1	1.2	1.3	Всего	Бес(%)
3	3	4	10	10

### 1.1 (3 балл)

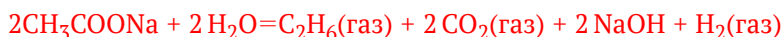
Масса ацетата натрия равна:

$$m(\text{CH}_3\text{COONa}) = 500 \cdot 0,04 \cdot 1,025 \text{ г/мл} = 20,5$$

Количество вещества ацетата натрия:

$$n(\text{CH}_3\text{COONa}) = 20,5 / 82 = 0,25$$

По реакции электролиза ацетата натрия:



То есть из раствора выделяются три газа. На 2 моль ацетата натрия образуется 1 моль этана, 2 моль углекислого газа и 1 моль водорода.

Если посчитать массу каждого газа при данном количестве ацетата натрия, то получится: •  $m(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,125 \text{ моль} \cdot 30 \text{ г/моль} = 3,75 \text{ г}$  •  $m(\text{CO}_2) = 0,25 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 11 \text{ г}$  •  $m(\text{H}_2) = 0,125 \text{ моль} \cdot 2 \text{ г/моль} = 0,25 \text{ г}$

В сумме выходит 15 г — именно на столько уменьшился раствор, значит весь ацетат натрия вступил в реакцию электролиза.  $m(\text{NaOH}) = 0,25 \text{ моль} \cdot 40 \text{ г/моль} = 10 \text{ г}$  Получается, в растворе остались вода и образованная щелочь:

$$w(\text{NaOH}) = 10 \text{ г} / (512,5 \text{ г} - 15 \text{ г}) \cdot 100\% = 2,01\% \quad w(\text{H}_2\text{O}) = (512,5 \text{ г} - 15 \text{ г} - 10 \text{ г}) / (512,5 \text{ г} - 15 \text{ г}) \cdot 100\% = 97,99\%$$

### 1.2 (3 балл)

На катоде происходит реакция электролиза воды, в ходе которой образуется водород:  $m(\text{H}_2) = 0,125 \text{ моль} \cdot 2 \text{ г/моль} = 0,25 \text{ г}$  На аноде происходит реакция электролиза ацетат-иона, в ходе которой образуются этан и углекислый газ:  $m(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,125 \text{ моль} \cdot 30 \text{ г/моль} = 3,75 \text{ г}$   $m(\text{CO}_2) = 0,25 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 11 \text{ г}$

### 1.3 (4 балл)

Металлический натрий на катоде не выделяется, так как восстановление ионов натрия требует значительно более отрицательного потенциала, чем восстановление воды, поэтому вместо него разряжается вода с выделением водорода. В растворе постепенно накапливаются ионы гидроксида (NaOH), образующие щелочную среду.

## Задача №2. Растворение сплава в соляной кислоте

Автор: Каиров Н.

Всего	Бес(%)
10	15

### 2.1 (10 балл)

### 1. Состав сплава

Массы компонентов равны (1 балл):

$$m(\text{Cu}) = m(\text{Fe}) = m(\text{Zn}) = \frac{6}{3} = 2 \text{ г.}$$

Железо и цинк реагируют с HCl, медь — нет (1 балл):



### 2. Количество кислоты и металлов ( 2 балла)

Масса HCl в растворе:

$$m(\text{HCl}) = 0.15 \cdot 150 = 22.5 \text{ г.}$$

Количество HCl:

$$n(\text{HCl}) = \frac{22.5}{36.5} \approx 0.617 \text{ моль.}$$

Количество металлов:

$$n(\text{Fe}) = \frac{2}{55.85} \approx 0.0358, \quad n(\text{Zn}) = \frac{2}{65.38} \approx 0.0306.$$

Всего:

$$n(\text{Me}) = 0.0358 + 0.0306 = 0.0664.$$

Потребность HCl:

$$n_{\text{тр}}(\text{HCl}) = 2n(\text{Me}) = 0.133.$$

Кислоты достаточно:

$$0.617 > 0.133.$$

### 3. Остаток кислоты и образование солей(3 балла)

Остаток HCl:

$$n(\text{HCl, ост}) = 0.617 - 0.133 = 0.484, \quad m(\text{HCl, ост}) = 17.7 \text{ г.}$$

Массы солей:

$$m(\text{FeCl}_2) = 0.0358 \cdot 126.75 = 4.54 \text{ г,}$$

$$m(\text{ZnCl}_2) = 0.0306 \cdot 136.28 = 4.17 \text{ г.}$$

Вода:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 150 - 22.5 = 127.5 \text{ г.}$$

Водород:

$$m(\text{H}_2) = 0.0664 \cdot 2 = 0.13 \text{ г.}$$

Медь не растворяется:

$$m(\text{Cu, тв}) = 2 \text{ г.}$$

### 4. Масса раствора (1 балл)

$$m_{\text{р-ра}} = 156 - 2 - 0.13 = 153.9 \text{ г.}$$

### 5. Массовые доли веществ (2 балла)

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = 82.9\%, \quad \omega(\text{HCl}) = 11.5\%, \\ \omega(\text{FeCl}_2) = 3.0\%, \quad \omega(\text{ZnCl}_2) = 2.7\%.$$

Вещество	Масса, г	Массовая доля, %
H <sub>2</sub> O	127.5	82.9
HCl	17.7	11.5
FeCl <sub>2</sub>	4.54	3.0
ZnCl <sub>2</sub>	4.17	2.7

### Задача №3. Спички детям не игрушка!

Автор: Каиров Н.

Всего	Вес(%)
10	15

#### 3.1 (10 балл)

Соединения **A, B, C, D, E** имеют качественный состав **P** и **S**, т.е. все это семейство сульфидов фосфора P<sub>4</sub>S<sub>x</sub>. Исходя из этого, проведём расчёты:

$$w = \frac{xM(\text{S})}{xM(\text{S}) + 4M(\text{P})} \quad \text{или} \quad w = \frac{4M(\text{P})}{4M(\text{P}) + xM(\text{S})}$$

$$x = \frac{4wM(\text{P})}{M(\text{S})(1-w)} \quad \text{или} \quad x = \frac{4M(\text{P})(1-w)}{M(\text{S})w}$$

Поскольку нам неизвестно, чья массовая доля дана, делаем несколько вычислений — и становится ясно, что дана массовая доля **\*\*серы\*\***.

$$\text{A : } x = \frac{4 \cdot 0.4371 \cdot 30.974}{32.066(1 - 0.4371)} \approx 3 \quad \Rightarrow \text{A} = \text{P}_4\text{S}_3 \quad (1)$$

$$\text{E : } x \approx 5 \quad \Rightarrow \text{E} = \text{P}_4\text{S}_5 \quad (2)$$

$$\text{D : } x \approx 7 \quad \Rightarrow \text{D} = \text{P}_4\text{S}_7 \quad (3)$$

$$\text{C : } x \approx 9 \quad \Rightarrow \text{C} = \text{P}_4\text{S}_9 \quad (4)$$

$$\text{B : } x \approx 10 \quad \Rightarrow \text{B} = \text{P}_4\text{S}_{10} \quad (5)$$

Реакции образования:





За приведённые ниже реакции даётся только половина баллов:



**Баллы:** за каждое правильное вещество — 1 балл, за каждую реакцию — 1 балл.

## Задача №4. Анализ раствора AquaLab-9

Автор: Сарсенбай А.

4.1	4.2	4.3	4.4	Всего	Вес(%)
1	2	2	2	7	14

### 4.1 (1 балл)

Число молей осадка:

$$n(\text{BaSO}_4) = \frac{m}{M_r} = \frac{1.16}{233.387} = 4.9703 \cdot 10^{-3} \text{ моль.}$$

В составе одного моля  $\text{BaSO}_4$  содержится 1 моль  $\text{Ba}^{2+}$ , поэтому

$$n(\text{Ba}^{2+}) = 4.9703 \cdot 10^{-3} \text{ моль.}$$

Это количество относится к объёму  $V = 100 \text{ мл} = 0.100 \text{ л}$ , значит концентрация

$$c(\text{Ba}^{2+}) = \frac{4.9703 \cdot 10^{-3}}{0.100} = 4.9703 \cdot 10^{-2} \text{ М} = 0.0497 \text{ М.}$$

**(1 балл)**

### 4.2 (2 балла)

Осаждение  $\text{AgCl}$  начинается, когда произведение ионных концентраций достигает или превышает  $K_{sp}$ :

$$[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] \geq K_{sp}$$

Минимальная  $[\text{Cl}^-]$ :

$$[\text{Cl}^-]_{\min} = \frac{K_{sp}}{[\text{Ag}^+]} = \frac{1.8 \cdot 10^{-10}}{2.0 \cdot 10^{-6}} = 9.0 \cdot 10^{-5} \text{ М.}$$

Таким образом, при  $[\text{Cl}^-] \geq 9.0 \cdot 10^{-5} \text{ М}$  начнёт выпадать  $\text{AgCl}$ . (2 балла)

#### 4.3 (2 балла)

Добавление избытка общего иона влияет на равновесие диссоциации малорастворимых солей через **эффект общего иона**:

Запишем равновесие для  $\text{BaSO}_4$ :



Если в раствор добавить избыток  $\text{SO}_4^{2-}$ , то при фиксированном  $K_{sp}$  произведение  $[\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]$  стремится превысить  $K_{sp}$ ; чтобы удержать равенство, концентрация  $[\text{Ba}^{2+}]$  должна уменьшиться — то есть часть  $\text{Ba}^{2+}$  выпадает в осадок или растворимость уменьшается (сдвиг равновесия влево). Поэтому избыток общего аниона снижает растворимость — это и есть эффект общего иона.

Аналогично для  $\text{AgCl}$ :



При добавлении  $\text{Cl}^-$  равновесие сдвигается влево, концентрация  $[\text{Ag}^+]$  уменьшается и растворимость  $\text{AgCl}$  падает.

**Итого:** при добавлении избытка соответствующего аниона растворимость соответствующего осадка уменьшается из-за **эффекта общего иона**; осадки остаются нерастворимыми, потому что  $K_{sp}$  фиксирует максимальное произведение ионных концентраций, и добавление аниона требует снижения концентрации катиона (выпадения осадка), чтобы произведение не превышало  $K_{sp}$ . (2 балла)

#### 4.4 (2 балла)

Осаждение  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  начнётся при условии

$$Q = [\text{Ag}^+]^2[\text{SO}_4^{2-}] \geq K_{sp}(\text{Ag}_2\text{SO}_4).$$

Из условия:  $K_{sp}(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 3.2 \cdot 10^{-5}$ , предположим, что  $[\text{Ag}^+] = 2.0 \cdot 10^{-6} \text{ М}$  (как в пункте 2). Найдём требуемую концентрацию  $[\text{SO}_4^{2-}]$ , при которой  $Q = K_{sp}$ :

$$[\text{SO}_4^{2-}]_{\text{треб}} = \frac{K_{sp}(\text{Ag}_2\text{SO}_4)}{[\text{Ag}^+]^2} = \frac{3.2 \cdot 10^{-5}}{(2.0 \cdot 10^{-6})^2}.$$

Посчитаем:

$$(2.0 \cdot 10^{-6})^2 = 4.0 \cdot 10^{-12}, \quad [\text{SO}_4^{2-}]_{\text{треб}} = \frac{3.2 \cdot 10^{-5}}{4.0 \cdot 10^{-12}} = 8.0 \cdot 10^6 \text{ М}.$$

Полученное значение  $\sim 8,0 \times 10^6 \text{ М}$  явно физически недостижимо (концентрации в растворе ограничены и такие огромные молярности невозможны). Следовательно при реальных (и даже довольно больших) концентрациях  $\text{SO}_4^{2-}$  произведение  $[\text{Ag}^+]^2[\text{SO}_4^{2-}]$  остаётся значительно меньше  $K_{sp}(\text{Ag}_2\text{SO}_4)$ , и осадок  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  не образуется.

Ключевая причина —  $K_{sp}(\text{Ag}_2\text{SO}_4)$  достаточно велико по сравнению с малыми концентрациями  $\text{Ag}^+$ , поэтому для достижения условия осаждения потребовалась бы нереально высокая концентрация сульфата. (2 балла)

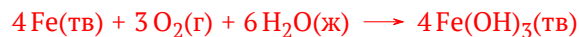
## Задача №5. Коррозия железа

Автор: Молдагул Ә.

5.1	5.2	5.3	5.4	Всего	Вес(%)
2	2	3	1	8	16

### 5.1 (2 балла)

Реакция ржавления:

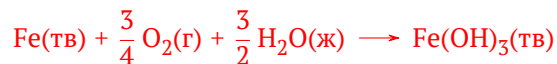


За правильные агрегатные состояния присуждается **1 балл**.

За уравнение реакции присуждается **1 балл**.

### 5.2 (2 балла)

Напишем реакцию ржавления на одну молекулу Fe(OH)<sub>3</sub>:



Стандартное изменение энтальпии для реакции ржавления присуждается **2 балла**

$$\Delta_r H^\circ = -824.5 \text{ кДж моль}^{-1} - \left(\frac{3}{2} \cdot -285.8 \text{ кДж моль}^{-1}\right) = -395.8 \text{ кДж моль}^{-1}$$

*Примечание:* максимальный балл также присуждается если ученик использовал реакцию из первого пункта и получил значение  $-1583.2 \text{ кДж моль}^{-1}$ .

### 5.3 (3 балла)

Количество теплоты нужное для нагрева воды (**1.5 балла**)

$$Q = 250 \text{ г} \cdot 4.186 \text{ Дж г}^{-1} \text{ К}^{-1} \cdot (301.8 \text{ К} - 295 \text{ К}) = 7116.2 \text{ Дж}$$

Масса железа нужное для нагрева воды (**1.5 балла**)

$$n(\text{Fe}) = \frac{7116.2 \text{ Дж}}{395800 \text{ Дж моль}^{-1}} = 0.018 \text{ моль}$$

$$m(\text{Fe}) = 0.018 \text{ моль} \cdot 55.845 \text{ г моль}^{-1} = 1 \text{ г}$$

### 5.4 (1 балла)



За уравнение реакции присуждается **1 балл**.