

**Ключи, критерии оценивания заданий  
муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников  
2024/2025 учебный год**

**Химия  
11 класс**

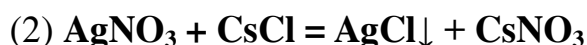
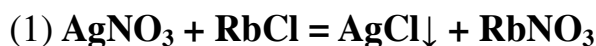
***Продолжительность – 240 минут  
Максимальный балл – 100***

**Задача 1**

К 861 мл водного раствора нитрата серебра с молярной концентрацией 0,65 моль/л добавили 70,0 г смеси хлоридов цезия и рубидия. Осадок отфильтровали, а в раствор опустили медную пластинку. После окончания реакции масса пластинки изменилась на 4,56 г. Рассчитайте массовые доли хлоридов в исходной смеси.

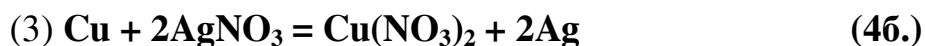
**20 баллов**

***Решение.***



После реакции в растворе будут находиться  $\text{RbNO}_3$ ,  $\text{CsNO}_3$ , а также непрореагировавшие или хлориды цезия и рубидия, или нитрат серебра.

Медная пластинка может реагировать только с раствором нитрата серебра в соответствии с рядом стандартных электродных потенциалов:



Масса пластинки изменяется в соответствии с разностью масс металла выделяющего(Ag) и металла растворяющегося(Cu):

$$\Delta m(\text{пластинки}) = m(\text{Ag}) - m(\text{Cu})$$

$$\text{Пусть } \nu(\text{Cu})_{\text{раств.}} = x \text{ моль, } m(\text{Cu})_{\text{раств.}} = \nu(\text{Cu})_{\text{раств.}} \cdot M(\text{Cu}) = (64 \cdot x) \text{ г,}$$

Тогда по уравнению (3):

$$\nu(\text{Ag})_{\text{выдел.}} = 2 \cdot x \text{ моль, } m(\text{Ag})_{\text{выдел.}} = \nu(\text{Ag})_{\text{выдел.}} \cdot M(\text{Ag}) = (216 \cdot x) \text{ г}$$

$$4,56 = 216 \cdot x - 64 \cdot x, 4,56 = 152 \cdot x, x = 0,03$$

$$\nu(\text{Ag})_{\text{выдел.}} = 2 \cdot 0,03 = 0,06 \text{ моль}$$

Тогда по уравнению (3):  $\nu(\text{AgNO}_3)_{\text{после1,2}} = \nu(\text{Ag})_{\text{выдел.}} = 0,06 \text{ моль}$   
**(46.)**

Исходное количество вещества нитрата серебра:

$$\nu(\text{AgNO}_3) = C(\text{AgNO}_3) \cdot V_{\text{р-ра}}(\text{AgNO}_3) = 0,65 \cdot 0,861 = 0,56 \text{ моль}$$

Количество вещества нитрата серебра израсходованного в (1) и (2) реакциях:

$$\nu(\text{AgNO}_3)_{\text{изр.1,2}} = \nu(\text{AgNO}_3)_{\text{исх.}} - \nu(\text{AgNO}_3)_{\text{после1,2}} = 0,56 - 0,06 = 0,5 \text{ моль}$$

Пусть  $\nu(\text{AgNO}_3)_{\text{изр.1}} = y \text{ моль}$ ;  $\nu(\text{AgNO}_3)_{\text{изр.2}} = z \text{ моль}$

$$\nu(\text{AgNO}_3)_{\text{изр.1}} + \nu(\text{AgNO}_3)_{\text{изр.2}} = \nu(\text{AgNO}_3)_{\text{изр.1,2}}$$

$$y + z = 0,5 \quad \textbf{(36.)}$$

Тогда по уравнениям (1) и (2):  $\nu(\text{RbCl}) = \nu(\text{AgNO}_3)_{\text{изр.1}} = y \text{ моль}$

$$\nu(\text{CsCl}) = \nu(\text{AgNO}_3)_{\text{изр.2}} = z \text{ моль}$$

$$m(\text{RbCl}) = \nu(\text{RbCl}) \cdot M(\text{RbCl}) = y \cdot (85,5 + 35,5) = (121 \cdot y) \text{ г}$$

$$m(\text{CsCl}) = \nu(\text{CsCl}) \cdot M(\text{CsCl}) = z \cdot (133 + 35,5) = (168,5 \cdot z) \text{ г}$$

$$m(\text{RbCl}) + m(\text{CsCl}) = m(\text{смеси хлоридов})$$

$$121 \cdot y + 168,5 \cdot z = 70 \quad \textbf{(36.)}$$

Составляем систему уравнений:

$$y + z = 0,5$$

$$121 \cdot y + 168,5 \cdot z = 70$$

Решаем её методом подстановки.

$$y = (0,5 - z)$$

$$121 \cdot (0,5 - z) + 168,5 \cdot z = 70; \quad 60,5 - 121 \cdot z + 168,5 \cdot z = 70;$$

$$z = 0,2; \quad y = 0,5 - 0,2 = 0,3 \quad \textbf{(36.)}$$

$$\nu(\text{RbCl}) = 0,3 \text{ моль}; m(\text{RbCl}) = 121 \cdot 0,3 = 36,3 \text{ г};$$

$$\omega(\text{RbCl}) = m(\text{RbCl}) / m(\text{смеси хлоридов}) = 36,3 / 70 = 0,518 \approx 0,52 \text{ или } 52\%$$

$$\nu(\text{CsCl}) = 0,2 \text{ моль}; m(\text{CsCl}) = 168,5 \cdot 0,2 = 33,7 \text{ г};$$

$$\omega(\text{CsCl}) = m(\text{CsCl})/m(\text{смеси хлоридов}) = 33,7/70 = 0,48 \text{ или } 48\% \quad (36.)$$

**20 баллов**

## Задача 2

Взаимодействие простых веществ **А** и **В** при высоких температурах приводит к образованию ядовитой жидкости **С**. При сгорании одного моля **С** в атмосфере кислорода образуется один моль газообразного кислотного оксида **Д** и два моля газообразного кислотного оксида **Е**. Соединение **Е** обесцвечивает кислый раствор перманганата калия. Приведите формулы веществ **А-Е** и напишите уравнения всех реакций. Для реакции, протекающей с участием перманганата калия, составьте электронный баланс.

**20 баллов**

### Решение.

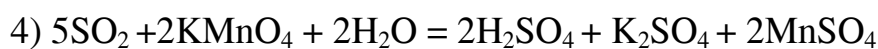
1) Так как при сгорании вещества **С** образуются только газообразные кислотные оксиды, то вещества **А** и **В** неметаллы, вероятнее всего твердые (реагируют при высоких температурах).

Так как при сгорании образуются оксиды в мольном соотношении 1: 2, то и индексы в веществе **С** в соотношении 1: 2.

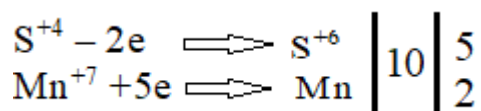
Один из образовавшихся оксидов содержит элемент в промежуточной степени окисления, так как обесцвечивает перманганат калия. (46.)

**А** – углерод, **С**; **В** – сера, **S**; **С** – сероуглерод,  $\text{CS}_2$ ; **Д** – оксид углерода (II).  $\text{CO}_2$ ;

**Е** – оксид серы (IV),  $\text{SO}_2$ . (56.)



Электронный баланс:



**(56.)**

**20 баллов**

### Задача 3

К 16,5 г 20%-ного раствора пропанола-1 в этилацетате добавили 62,5 мл водного раствора гидроксида натрия с концентрацией 8 моль/л. Полученную смесь упарили, а сухой остаток прокалили. Определите массовые доли веществ в остатке после прокаливания.

20 баллов

#### Решение.



Рассчитаем количества веществ в исходных растворах:

$$\omega(\text{этилацетата}) = 100\% - 20\% = 80\% \text{ или } 0,8$$

$$m(\text{этилацетата}) = \omega(\text{этилацетата}) \cdot m(\text{раствора}) = 0,8 \cdot 16,5 = 13,2 \text{ г}$$

$$\nu(\text{этилацетата}) = m(\text{этилацетата}) / M(\text{этилацетата}) = 13,2 / 88 = 0,15 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{NaOH}) = C(\text{NaOH}) \cdot V_{\text{р-ра}}(\text{NaOH}) = 8 \cdot 0,0625 = 0,5 \text{ моль} \quad (46.)$$

Так как в уравнении (1) соотношение количеств этилацетата и гидроксида натрия равно 1:1, то полностью реагирует этилацетат, а NaOH остается в избытке.

По уравнению (1):

$$\nu(\text{NaOH})_{\text{изр.}(1)} = \nu(\text{этилацетата}) = 0,15 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{NaOH})_{\text{остав.}} = \nu(\text{NaOH}) - \nu(\text{NaOH})_{\text{изр.}} = 0,5 - 0,15 = 0,35 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{CH}_3\text{COONa})_{\text{образ.}} = \nu(\text{этилацетата}) = 0,15 \text{ моль} \quad (46.)$$

После упаривания в твердой смеси остались ацетат натрия (0,15 моль) и гидроксид натрия (0,35 моль), которые реагируют друг с другом при прокаливании:



Так как в уравнении (3) соотношение количеств ацетата натрия и гидроксида натрия равно 1:1, то полностью реагирует ацетат натрия.

После реакции (3):

$$\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \nu(\text{CH}_3\text{COONa})_{\text{образ.}} = 0,15 \text{ моль};$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,15 \cdot 106 = 15,9 \text{ г}$$

$$\nu(\text{NaOH})_{\text{изр.по(3)}} = \nu(\text{CH}_3\text{COONa})_{\text{образ.}} = 0,15 \text{ моль};$$

$$\nu(\text{NaOH})_{\text{остав.(3)}} = \nu(\text{NaOH})_{\text{остав.(1)}} - \nu(\text{NaOH})_{\text{изр.по(3)}} = 0,35 - 0,15 = 0,2 \text{ моль};$$

$$m(\text{NaOH})_{\text{остав.(3)}} = \nu(\text{NaOH})_{\text{остав.(3)}} \cdot M(\text{NaOH}) = 0,2 \cdot 40 = 8,0 \text{ г}$$

$$m(\text{остатка после прокаливания}) = m(\text{Na}_2\text{CO}_3) + m(\text{NaOH})_{\text{остав.(3)}} = 15,9 + 8,0 = 23,9 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = m(\text{Na}_2\text{CO}_3) / m(\text{остатка после прокаливания}) = 15,9 / 23,9 = 0,665 \text{ или } 66,5\%$$

$$\omega(\text{NaOH})_{\text{остав.(3)}} = m(\text{NaOH})_{\text{остав.(3)}} / m(\text{остатка после прокаливания}) = 8,0 / 23,9 = 0,335 \text{ или } 33,5\% \quad (46.)$$

**20 баллов**

#### **Задача 4**

При сжигании образца вещества массой 10,7 г получили 30,8 г  $\text{CO}_2$ , 8,1 г  $\text{H}_2\text{O}$  и 1,4 г  $\text{N}_2$ . Для полного гидрирования образца такой же массы при температуре 227°C и давлении 138,5 кПа потребовалось 9,0 л водорода. При полном испарении этого вещества массой 3,21 г получен газ объемом 1,25 л при температуре 227°C и давлении 99,7 кПа. Определите возможную структурную формулу вещества и приведите структурные формулы его изомеров.

**20 баллов**

**Решение.**



$$1) \nu(\text{C}) = \nu(\text{CO}_2) = m(\text{CO}_2) / M(\text{CO}_2) = 30,8 / 44 = 0,7 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}) = \nu(\text{C}) \cdot M(\text{C}) = 0,7 \cdot 12 = 8,4 \text{ г}$$

$$\nu(\text{H}) = 2 \cdot \nu(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot m(\text{H}_2\text{O}) / M(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 8,1 / 18 = 0,9 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}) = \nu(\text{H}) \cdot M(\text{H}) = 0,9 \cdot 1 = 0,9 \text{ г}$$

$$\nu(\text{N}) = 2 \cdot \nu(\text{N}_2) = 2 \cdot m(\text{N}_2) / M(\text{N}_2) = 2 \cdot 1,4 / 28 = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{N}) = \nu(\text{N}) \cdot M(\text{N}) = 0,1 \cdot 14 = 1,4 \text{ г}$$

$$m(\text{O}) = m(\text{A}) - m(\text{C}) - m(\text{H}) - m(\text{N}) = 10,7 - 8,4 - 0,9 - 1,4 = 0.$$

Вещество А –  $\text{C}_x\text{H}_y\text{N}_z$

$$x : y : z = \nu(\text{C}) : \nu(\text{H}) : \nu(\text{N}) = 0,7 : 0,9 : 0,1 = 7:9:1$$

$$\text{Простейшая формула вещества} - \text{C}_7\text{H}_9\text{N}, M(\text{C}_7\text{H}_9\text{N}) = 107 \text{ г/моль} \quad (36.)$$

2) Определяем молярную массу вещества А, используя уравнение Менделеева-Клайперона:  $PV = \nu RT$  или  $PV = mRT/M$

$$M(C_xH_yN_z) = mRT/PV = 3,21 \cdot 8,314 \cdot (227+273) / 99,7 \cdot 1,25 = 107 \text{ г/моль}$$

Простейшая формула совпадает с истинной –  $C_7H_9N$ .

$$\nu(C_7H_9N) = m(C_7H_9N)/M(C_7H_9N) = 10,7/107 = 0,1 \text{ моль} \quad (26.)$$

3) Определим количество водорода, которое потребовалось для полного гидрирования 0,1 моль  $C_7H_9N$ .

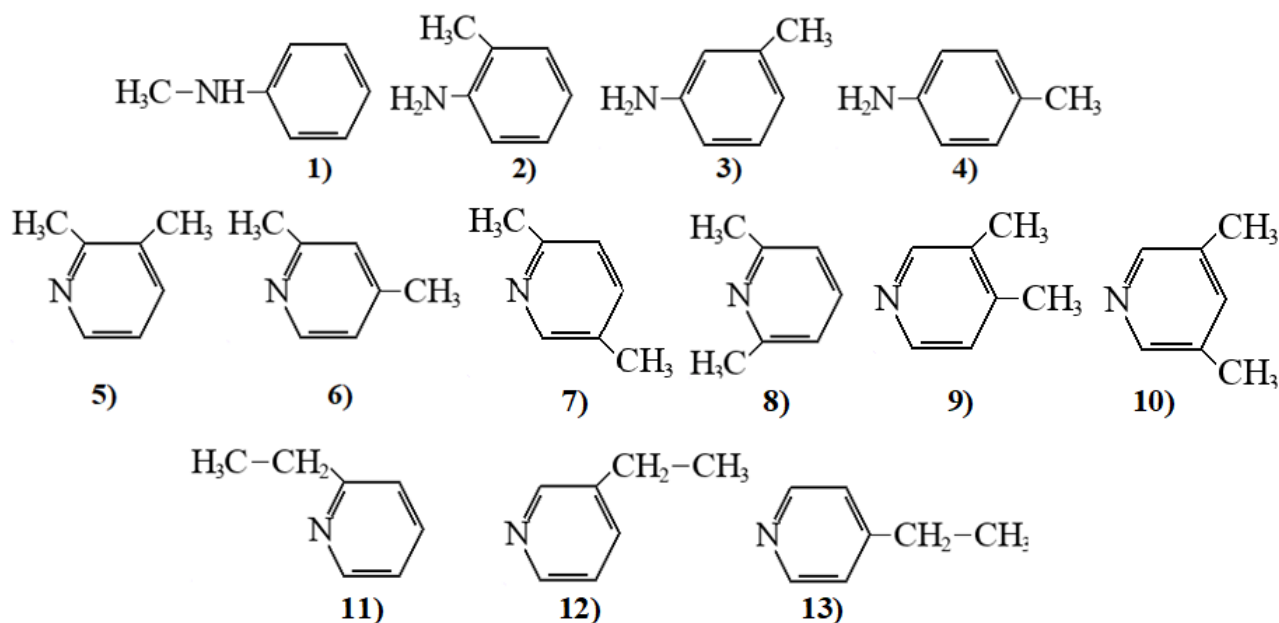
По уравнению Менделеева-Клайперона:  $\nu = PV/RT$

$$\nu(H_2) = 138,5 \cdot 9/8,314 \cdot (227+273) = 0,3 \text{ моль}$$

$$\nu(C_7H_9N) : \nu(H_2) = 0,1 : 0,3 = 1 : 3.$$

Это означает, что вещество  $C_7H_9N$  содержит 3 пи-связи, т.е. вещество может принадлежать к ароматическому ряду производных бензола или пиридина. (26.)

Структурные формулы изомеров:



- 1) N-метиланилин; 2) 2-метиланилин; 3) 3-метиланилин; 4) 4-метиланилин;  
 5) 2,3-диметилпиридин; 6) 2,4-диметилпиридин; 7) 2,5-диметилпиридин;  
 8) 2,6-диметилпиридин; 9) 3,4-диметилпиридин; 10) 3,5-диметилпиридин;  
 11) 2-этилпиридин; 12) 3-этилпиридин; 13) 4-этилпиридин. (136.)

**20 баллов**

### Задача 5

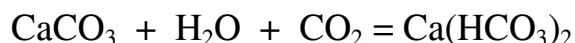
Какое минимальное время потребуется для образования карстовых пещер объёмом  $100\text{м}^3$  на участке местности площадью 4га, если среднегодовой уровень осадков, содержащих 0,05% растворенного диоксида углерода, равен 500мм?

В грунтовые воды превращается 50% осадков, а содержание диоксида углерода в них снижается на 56%. Плотность известняка примите равной  $2500\text{кг/м}^3$ .

**20 баллов**

#### *Решение.*

1) Грунтовые воды, содержащие  $\text{CO}_2$ , растворяют известняк



При растворении известняка образуются пещеры. (2б.)

2) За год выпадает объём осадков, равный

$$V_{\text{ос}} = S \cdot h = 40000\text{м}^2 \cdot 0,5\text{м} = 20000\text{м}^3.$$

$$(1\text{га} = 10000\text{м}^2; 500\text{мм} = 0,5\text{м})$$

Масса осадков в год составит

$$m_{\text{ос}} = \rho \cdot V = 1000 \cdot 20000 = 2 \cdot 10^7 \text{ кг} = 2 \cdot 10^4 \text{ т.} \quad (7б.)$$

3) Масса грунтовых вод, образующихся в год, равна

$$m_{\text{вод}} = m_{\text{ос}} \cdot 50\% / 100\% = 2 \cdot 10^4 \cdot 50\% / 100\% = 1 \cdot 10^4 \text{ т.}$$

В этой массе грунтовых вод диоксида углерода содержится

$$m(\text{CO}_2)_{\text{нач}} = m_{\text{вод}} \cdot 0,05\% / 100\% = 1 \cdot 10^4 \cdot 0,05\% / 100\% = 5\text{т.}$$

Со временем масса  $\text{CO}_2$  снижается на 56%, значит в грунтовых водах его остаётся 44%.

$$m(\text{CO}_2)_{\text{кон}} = 5 \cdot 44\% / 100\% = 2,2\text{т/год.}$$

Столько диоксида углерода затрачивается на растворение известняка в год.

**(6б.)**

4) Масса известняка ( $\text{CaCO}_3$ ), растворяющегося с образованием пещер составит

$$m_{\text{изв}} = \rho_{\text{изв}} \cdot V_{\text{пещер}} = 2500 \cdot 100 = 250 \text{ т.} \quad (16.)$$

5) Для растворения известняка необходим диоксид углерода

$$\nu(\text{CaCO}_3) = m(\text{CaCO}_3) / M(\text{CaCO}_3) = 2,5 \cdot 10^5 \text{ кг} / (100 \text{ кг/кмоль}) = 2500 \text{ кмоль}$$

Согласно уравнению (1)  $\nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{CaCO}_3) = 2500 \text{ кмоль}$ .

$$m(\text{CO}_2)_{\text{общ}} = M(\text{CO}_2) \nu(\text{CO}_2) = 44 \cdot 2500 = 1,1 \cdot 10^5 \text{ кг} = 110 \text{ т.} \quad (36.)$$

6) Время, необходимое для образования пещер объёмом  $100 \text{ м}^3$ , равно

$$\tau = m(\text{CO}_2)_{\text{общ}} / m(\text{CO}_2)_{\text{кон}} (\text{в год}) = 110 / 2,2 = 50 \text{ лет.} \quad (16.)$$

**20 баллов**