

**Всероссийская олимпиада школьников по химии.**  
**Муниципальный этап. 2021-2022 уч. год**  
**9 класс**

**Задача 1. (20 баллов)**

Этот минерал подробно описан в русской художественной литературе, его добывали на Урале и в Алтае. Минерал применяли для облицовки стен при строительстве дворцов, изготовления поделок и для получения меди. В состав минерала входит 71,9 % оксида меди (II), 19,9 % оксида углерода (IV) и 8,2 % воды.

**Задания:**

- 1) Выведите химическую формулу минерала.
- 2) Приведите названия минерала и соединения.
- 3) Предложите два способа получения меди из данного минерала
- 4) Иногда в минералах бывают примеси. Вычислите массовую долю примесей в минерале, если при прокаливании 250 г минерала выделилось 160 г твердого вещества черного цвета. Считать, что примеси не участвовали в реакции.
- 5) Рассчитайте, какое количество теплоты поглощается при разложении чистого 44,4 г минерала, если тепловой эффект данной реакции ( $\Delta H$ ) равен 140 кДж/моль .

**Решение и критерии оценки**

| Решение и критерии оценки  | Баллы            |
|--|------------------|
| 1) Вывод формулы минерала<br>$n(\text{CuO})=71,9/80=0,90$ моль, $n(\text{CO}_2)=19,9/44=0,45$ моль<br>$n(\text{H}_2\text{O})=8,2/18=0,45$ моль<br>$n(\text{CuO}):n(\text{CO}_2):n(\text{H}_2\text{O})=0,90:0,45:0,45=2:1:1$<br>Брутто формула $\text{Cu}_2\text{CO}_4\text{H}_2$ Формула соли $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$   | 3 балла          |
| 2) Гидрокарбонат меди (II) или Дигидрокарбонат меди(II), принять любой ответ – <b>1 балл</b><br><u>Малахит – 1 балл</u>  | 2 балла          |
| 3) Первый способ:<br>1. $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3 + 4\text{HCl} = 2\text{CuCl}_2 + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$<br>2. $\text{CuCl}_2 + \text{Fe} = \text{FeCl}_2 + \text{Cu}$<br>Второй способ: $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3 + 2\text{CO} = 2\text{Cu} + 3\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$<br>Допускаются другие способы получения, каждый способ при правильно написанных уравнениях оценивается в <b>4 балла</b>  | 8 баллов         |
| 4) Уравнение разложения соли: $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3(\text{тв}) = 2\text{CuO}(\text{тв}) + \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$ - <b>1 балл</b><br>$n(\text{CuO}) = 160/80 = 2$ моль, $n((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 0,5 \cdot n(\text{CuO}) = 0,5 \cdot 2 = 1$ моль - <b>0,5 балла</b><br>$m((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 1 \text{ моль} \cdot 222 \text{ г/моль} = 222 \text{ г}$ - <b>0,5 балла</b><br>$m(\text{Fe}) = 250 - 222 = 28 \text{ г}$ - <b>0,5 балла</b><br>$\omega(\text{прим}) = 28/250 \cdot 100\% = 11,2\%$ - <b>0,5 балла</b><br><b>Или</b> при использовании $M(\text{Cu}) = 63,55 \text{ г/моль}$ :<br>$m((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 1 \text{ моль} \cdot 221 \text{ г/моль} = 221 \text{ г}$ - <b>0,5 балла</b><br>$m(\text{Fe}) = 250 - 221 = 29 \text{ г}$ - <b>0,5 балла</b><br>$\omega(\text{прим}) = 29/250 \cdot 100\% = 11,6\%$ - <b>0,5 балла</b><br>Принимать любой вариант: <b>11,2 или 11,6 %</b> | 3 балла          |
| 5) Расчет количества поглощенного тепла по уравнению<br>$(\text{CuOH})_2\text{CO}_3(\text{тв}) = 2\text{CuO}(\text{тв}) + \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$<br>Тепловой эффект реакции 140 кДж/моль, значит количество поглощаемой теплоты составит –140 кДж/моль при условии, если в реакцию вступает 1 моль малахита – <b>2 балла</b> .<br>$n(\text{малахита}) = 44,4/222 = 0,2$ моль – <b>1 балл</b><br>$Q = 0,2 \text{ моль} \cdot (-140) = -28 \text{ кДж}$ – <b>1 балл</b>   | 4 балла          |
| <b>Итого</b>   | <b>20 баллов</b> |

### Задача 2. (20 баллов)

Первоначальный объем смеси угарного газа и кислорода равен 67,2 л (н.у.). После сгорания всего угарного газа и приведения системы к нормальным условиям объем газов составил 56 л. Полученные газообразные вещества пропустили через 200 г 20 % раствора гидроксида натрия.

**Задания:** определите, проведя необходимые расчеты:

1. Состав исходной газовой смеси в объемных и массовых долях.
2. Плотность исходной смеси газов по водороду.
3. Объем газа после взаимодействия с гидроксидом натрия.
4. Тип образовавшейся соли и ее массовую долю в растворе.

### Решение и критерии оценки

| Решение и критерии оценки   | Баллы    |
|---|----------|
| 1. Уравнение протекающей реакции: $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ - <b>1 балл</b><br>$\Delta V = 67,2 - 56 = 11,2$ л – объем вступившего в реакцию $\text{O}_2$ – <b>2 балла</b><br>Объем вступившего в реакцию $\text{CO}$ и объем образовавшегося $\text{CO}_2$ одинаковы и равны 22,4 л - <b>1 балл</b>   | 4 балла  |
| Состав исходной смеси:<br>Определение объемной доли газов - <b>2 балла</b><br>$V(\text{CO}) = 22,4$ ; $n(\text{CO}) = 1$ моль<br>$V(\text{O}_2) = 67,2 - 22,4 = 44,8$ л; $n(\text{O}_2) = 2$ моль<br>$\varphi(\text{CO}) = 22,4/67,2 \cdot 100 = 33,3\%$<br>$\varphi(\text{O}_2) = 100 - 33,3 = 66,7\%$<br>Определение массовой доли - <b>3 балла</b><br>$m(\text{O}_2) = 2 \text{ моль} \cdot 32 \text{ г/моль} = 64 \text{ г}$<br>$m(\text{CO}) = 1 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 44 \text{ г}$<br>$\omega(\text{CO}) = 44/(64+44) \cdot 100\% = 40,7\%$<br>$\omega(\text{O}_2) = 100 - 40,7 = 59,3\%$ | 5 баллов |
| 2. Определение плотности по водороду<br>Молярная масса смеси: $M = (28 + 2 \cdot 32)/3 = 30,67$ г/моль – <b>2 балла</b><br>$D_{\text{H}_2} = 30,67/2 = 15,335$ - <b>1 балл</b>  | 3 балла  |
| 3. Объем вступающего со щелочью газа ( $\text{CO}_2$ ) = 22,4 л, т.е. 1 моль.<br>Определение количества щелочи: $n(\text{NaOH}) = (200 \cdot 0,2)/40 = 1$ моль<br>Вывод: весь $\text{CO}_2$ прореагирует, останется только кислород. - <b>1 балл</b><br>Расчет объема: $V(\text{O}_2) = 56 - 22,4 = 33,6$ л - <b>1 балл</b>   | 2 балла  |
| 4. $\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{NaHCO}_3$ – <b>1 балл</b><br>$n(\text{NaHCO}_3) = n(\text{CO}_2) = n(\text{NaOH}) = 1$ моль, $m(\text{NaHCO}_3) = 1 \cdot 84 \text{ г/моль} = 84 \text{ г}$ – <b>1 балл</b><br>$m(\text{р-ра}) = 200 + 44 = 244 \text{ г}$<br>$\omega(\text{NaHCO}_3) = 84/244 \cdot 100\% = 34,4\%$ – <b>4 балла</b>   | 6 баллов |

### Задача 3. (20 баллов)

На неизвестную соль подействовали раствором гидроксида металла, окрашивающего бесцветное пламя в желтый цвет. При этом наблюдалось выпадение осадка голубого цвета (реакция 1). Осадок отделили, просушили и разделили на две равные части. К фильтрату добавили раствор нитрата серебра, при этом наблюдалось образование белого творожистого осадка (реакция 2). Одну часть голубого осадка прокалили и зафиксировали изменение цвета с голубого на черный (реакция 3). Другую часть осадка поместили в колбу с разбавленным раствором серной кислоты. Осадок растворился, а раствор окрасился в голубой цвет (реакция 4). Часть раствора перелили в фарфоровую чашку, поставили ее на печь и нагревали до испарения всей воды. На стенках чашки появились кристаллы голубого цвета (реакция 5), однако при дальнейшем прокаливании наблюдалось их обесцвечивание (реакция 6).

**Задание:**

1. Напишите уравнения протекавших химических реакций 1-6 с указанием их признаков.
2. Как называется голубое кристаллическое вещество (приведите тривиальное название), обесцветившееся при более сильном нагревании?
3. Какие области его применения Вам известны?
4. Сколько граммов этого вещества и воды нужно взять для приготовления 200 г раствора с массовой долей безводной соли 5 % ?

### Решение и критерии оценки

| Решение и критерии оценки   | Баллы        |
|---|--------------|
| 1) Каждое уравнение реакции с указанием признаков – по 2 балла для реакций 1-4 и по 1 баллу для реакций 5, 6.<br>1. $\text{CuCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl}$ – выпадение голубого осадка<br>2. $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl}\downarrow + \text{NaNO}_3$ – образование белого творожистого осадка<br>3. $\text{Cu}(\text{OH})_2 = \text{CuO}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ – образование черного осадка<br>4. $\text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ – растворение осадка и образование раствора голубого цвета<br>5. $\text{CuSO}_4 + 5 \text{H}_2\text{O} = \text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ образование кристаллогидрата голубого цвета,<br>6. $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O} = \text{CuSO}_4 + 5 \text{H}_2\text{O}$ при нагревании кристаллогидрат теряет воду и образуются бесцветные кристаллы $\text{CuSO}_4$ | 10<br>баллов |
| 2) $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ – медный купорос  | 1 балл       |
| 3) $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ применяется в сельском хозяйстве и гальванотехнике.   | 1 балл       |
| Масса безводной соли в растворе: $m = 200 \cdot 0,05 = 10 \text{ г}$<br>$n(\text{CuSO}_4) = 10/160 = 0,0625 \text{ моль}$<br>$n(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,0625 \text{ моль}$<br>$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250 \cdot 0,0625 = 15,625 \text{ г}$<br>$m(\text{H}_2\text{O}) = 200 - 15,625 = 184,375 \text{ г}$  | 8<br>баллов  |

### Задача 4. (20 баллов)

Алюминий и сплавы на его основе находят широкое применение в различных отраслях промышленности и строительстве. Одним из высокопрочных сплавов является система Al-Zn-Mg. Установите состав данного сплава, если известно, что при обработке образца массой 41,75 г избытком 10 % раствора гидроксида натрия выделяется 22,4 л газа (н.у.), а при полном растворении такого же кусочка сплава в соляной кислоте выделяется 33,6 л газа (н.у.). Рассчитайте объем 10 % раствора соляной кислоты (плотность 1,12 г/мл), необходимый для полного растворения указанного кусочка сплава.

### Решение и критерии оценки

| Решение и критерии оценки  | Баллы        |
|--|--------------|
| Правильно написаны уравнения реакций, протекающих в щелочи<br>$\text{Zn} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$ (1) – 1 балл<br>$2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$ (2) – 1 балл   | 2 балла      |
| Правильно написаны уравнения реакций, протекающих в кислоте<br>$2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$ (3) – 1 балл<br>$\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$ (4) – 1 балл<br>$\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$ (5) – 1 балл  | 3 балла      |
| При взаимодействии Al и Zn с раствором щелочи и соляной кислоты выделяется одинаковое количество водорода. Поэтому разница в объемах выделяющегося $\text{H}_2$ обусловлена растворением магния в соляной кислоте.<br>Определен объем водорода, выделившегося при взаимодействии магния с кислотой<br>$V(\text{H}_2, 5) = 33,6 - 22,4 = 11,2 \text{ л};$ – 1 балл<br>$n(\text{H}_2, 5) = n(\text{Mg}) = 11,2 / 22,4 = 0,5 \text{ моль};$ – 1 балл<br>$m(\text{Mg}) = 0,5 \cdot 24 = 12 \text{ г}$ – 1 балл | 10<br>баллов |

|   |             |
|---|-------------|
| $m(\text{Zn,Al}) = 41,75 - 12 = 29,75 \text{ г} - \mathbf{1 \text{ балл}}$<br>в реакциях (4) и (3) суммарно выделяется 1 моль водорода. Пусть $x$ – число моль $\text{H}_2$ выделяется в реакции (4), тогда в реакции (3): $(1-x)$ моль<br>$n(\text{Zn})=x$ моль; $n(\text{Al})=2(1-x)/3$ моль<br>$m(\text{Zn})=65x$ ; $m(\text{Al})= 27 \cdot 2 \cdot (1-x)/3=18-18x$<br>$65x+18-18x=29,75$<br>$X=0,25$ моль – <b>2 балла</b><br>$m(\text{Zn})= 0,25 \cdot 65 = 16,25 \text{ г}$ ; $m(\text{Al})=29,75-16,25=13,5 \text{ г} - \mathbf{1 \text{ балл}}$<br>$\omega(\text{Zn})=16,25/41,75 \cdot 100\%=38,92 \% - \mathbf{1 \text{ балл}}$<br>$\omega(\text{Mg})=12/41,75 \cdot 100\%=28,74 \% - \mathbf{1 \text{ балл}}$<br>$\omega(\text{Al})= 100-28,74-38,92=32,34 \% - \mathbf{1 \text{ балл}}$ |             |
| Определен объем соляной кислоты<br>$n(\text{HCl})_{\text{сумм}} = 1+0,5+1,5=3$ моль – <b>1 балл</b><br>$m(\text{HCl}) = 36,5 \cdot 3 = 109,5 \text{ г} - \mathbf{1 \text{ балл}}$<br>$m_{\text{р-ра}} = 109,5/0,1 = 1095 \text{ г} - \mathbf{1 \text{ балл}}$<br>$V_{\text{р-ра}} = 1,12 \cdot 1095 = 1226,4 \text{ мл} - \mathbf{2 \text{ балла}}$   | 5<br>баллов |

### Задача 5. (20 баллов)

Карбонат аммония – известная добавка, которая используется как разрыхлитель теста в пищевой промышленности. В домашних условиях карбонат аммония заменяют пищевой содой, которую гасят сметаной или уксусной кислотой.

**Задание:** объясните и подтвердите уравнениями реакций или расчетами:

1. За счет чего разрыхляется тесто?
2. Что происходит при нагревании соды? Приведите химические названия солей и укажите их тип.
3. Сколько граммов азота остается в тесте, если при выпечке 96 % азота улетучивается, а при приготовлении в 1 кг муки добавили 10 г карбоната аммония? Определите плотность выделяющейся газовой смеси по воздуху, считая воду жидкостью.

### Решение и критерии оценивания

| Решение и критерии оценки  | Баллы     |
|--|-----------|
| 1. Разрыхление теста происходит за счет выделяющихся газов<br>$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \quad (1) - \mathbf{2 \text{ балла}}$<br>$\text{NaHCO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{COONa} \quad (2) - \mathbf{2 \text{ балла}}$   | 4 балла   |
| 2. $2\text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \quad (3) - \mathbf{2 \text{ балла}}$<br>$\text{NaHCO}_3$ – гидрокарбонат натрия, кислая соль – <b>1 балл</b><br>$\text{Na}_2\text{CO}_3$ - карбонат натрия, средняя соль – <b>1 балл</b>  | 4 балла   |
| 3. Расчеты ведем по уравнению (1):<br>$n(\text{N})=2n((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)=2 \cdot 10/96=0,208$ моль<br>$n(\text{N})_{\text{ост}}=0,208 \cdot 0,04=0,008$ моль<br>$m(\text{N})=0,008 \cdot 14=0,112 \text{ г} \quad - \mathbf{5 \text{ баллов}}$<br>Определение молярной массы смеси и плотности по воздуху:<br>$n(\text{NH}_3)=0,208$ моль; $n(\text{CO}_2)=0,104$ моль<br>$M(\text{NH}_3, \text{CO}_2) = (0,208 \cdot 17 + 0,104 \cdot 44)/(0,208 + 0,104) = 26 \text{ г/моль} - \mathbf{5 \text{ баллов}}$<br>$D = 26/29 = 0,897 - \mathbf{2 \text{ балла}}$ | 12 баллов |