

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников  
по химии  
2023 -2024 учебный год  
10 класс  
Максимальный балл – 100 баллов**

**Задание 10.1.**

Атомы элемента E имеют электронную конфигурацию  $K^2L^8M^{18}N^3$ . В природе этот элемент существует в виде смеси изотопов с атомными массами 69 (60,11%), 71 (39,89%) и встречается в виде минерала представляющего собой двойную соль состава  $Cu - 32,179\%$ ,  $S - 32,066\%$  и  $E - 35,345\%$ . При прокаливании в токе воздуха минерал образует оксиды металлов в высшей степени окисления и газообразный продукт реакции. Разделение составных компонентов поученной смеси осуществляется действием концентрированного раствора гидроксида натрия, в котором легко растворяется оксид элемента E. Этот оксид растворим в концентрированной соляной кислоте.

Простое вещество E взаимодействует с концентрированным раствором кальцинированной соды с образованием простого газообразного вещества и двух солей, одна из которых является продуктом взаимодействия концентрированного раствора гидроксида натрия и оксида элемента E.

**Вопросы**

1. О каком элементе идет речь?
2. Рассчитайте относительную атомную массу элемента до тысячных, используя данные о массах природных изотопов. Почему рассчитанная Вами относительная атомная масса отличается от приведенной в Периодической системе химических элементов?
3. Установите формулу минерала (при расчетах следует использовать вычисленную из условий задачи атомную массу элемента E). Запишите формулу минерала в виде двойной соли
4. Напишите молекулярные уравнения реакций всех химических процессов, названных в задаче.
5. Укажите какой характер имеют соединения элемента E
6. Предскажите явления, которые можно будет наблюдать, если пластины, изготовленные из цинка и элемента E, соединить между собой и погрузить в раствор серной кислоты. Объясните эти явления. (10 баллов)
7. Данный элемент – один из предсказанных Д.И. Менделеевым. Какое название дал данному элементу Дмитрий Иванович?

**Критерии оценивания**

| Содержание правильного ответа   | Балл    |
|---|---------|
| <p>Определен элемент и рассчитана относительная атомная масса по атомным массам природных изотопов.<br/> <math>K^2L^8M^{18}N^3 - Ga - \text{галлий}</math><br/> <math>A_r = 69 \cdot 0,601 + 71 \cdot 0,399 = 69,798</math></p> | 2 балла |
| <p>Дано объяснение, указывающее, что атомная масса галлия, приведенная в Периодической системе химических элементов, была рассчитана с учетом масс изотопов, полученных искусственно.</p>                                       | 2 балла |
| <p>Проведены расчеты по определению формулы минерала<br/> <math>n(Cu):n(S):n(Ga) = 32,179/63,546 : 32,066/32,066 : 35,345/69,798 =</math><br/> <math>0,5 : 1 : 0,5 = 1:2:1 \quad CuGaS_2, CuS \cdot GaS</math></p>              | 4 балла |

|   |                  |
|---|------------------|
| Приведены уравнения реакций<br>$4\text{CuGaS}_2 + 13\text{O}_2 = 4\text{CuO} + 2\text{Ga}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2\uparrow$<br>$\text{Ga}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH}_{(\text{конц.гор})} + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Ga}(\text{OH})_4]$<br>$\text{Ga}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl}_{(\text{конц})} = 2\text{GaCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$<br>$2\text{Ga} + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + 8\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Ga}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2\uparrow + 2\text{NaHCO}_3$ | 8 баллов         |
| Указан характер соединений галлия<br>Соединения Ga обладают амфотерным характером   | 1 балл           |
| При соединении указанных пластин образуется гальванический элемент, в котором на цинковой пластине (отрицательный полюс) протекают процессы окисления:<br>$\text{Zn} - 2\text{e} = \text{Zn}^{2+}$<br>А на пластине галлия (положительный полюс) происходит процесс восстановления ионов водорода<br>$2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2$   | 2 балла          |
| Д. И. Менделеев назвал данный элемент эка-алюминий  | 1 балл           |
| <b>ИТОГО</b>  | <b>20 баллов</b> |

### Задание 10.2.

Плотность газообразной смеси 2-х предельных углеводородов, являющимися ближайшими гомологами, 2,344 г/л (н.у.). Известно, что данные углеводороды имеют межклассовые изомеры.

Вопросы

1. Определите молярную массу смеси.
2. Исходя из условий задачи, определите, что это за углеводороды. Приведите их названия и структурные формулы.
3. Рассчитайте массовую и объемную долю углеводородов в смеси.
4. Рассчитайте массовую долю углерода в смеси углеводородов.
5. Приведите возможные структурные формулы изомеров для данных углеводородов.

### Критерии оценивания

| Содержание правильного ответа   | Балл     |
|---|----------|
| 1. Определена молярная масса смеси<br>$M = 2,344 \cdot 22,4 = 52,5 \text{ г/моль}$  | 2 балла  |
| 2. Из предельных углеводородов межклассовые изомеры могут иметь только циклоалканы.<br>Исходя из молярной массы определяем, что это может быть циклопропан ( $M = 42 \text{ г/моль}$ ) и циклобутан (или метилциклопропан) ( $M = 56 \text{ г/моль}$ )<br>Приведены 3 структурные формулы и названия.   | 5 баллов |
| 3. Приведены структурные формулы и названия возможных изомеров:<br>пропен, бутен -1, цис-бутен – 2, транс-бутен – 2, метилпропен  | 5 баллов |
| 4. Рассчитаны массовые и объемные доли углеводородов в смеси<br>$42x + 56(1-x) = 52,5$<br>$x = 0,25$<br>То есть, 1 моль смеси содержит 0,25 моль циклопропана (объемная доля - 25%) и 0,75 моль циклобутана (объемная доля - 75%).<br>$V(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,25 \cdot 22,4 = 5,6 \text{ л}$<br>$V(\text{C}_4\text{H}_8) = 0,75 \cdot 22,4 = 16,8 \text{ л}$<br>$m(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,25 \cdot 42 = 10,5 \text{ г}$<br>$m(\text{C}_4\text{H}_8) = 56 \cdot 0,75 = 42 \text{ г}$ | 5 баллов |

|   |                  |
|---|------------------|
| $w(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,2 (20\%)$<br>$w(\text{C}_4\text{H}_8) = 80\%$  |                  |
| 5. Рассчитана массовая доля углерода в смеси<br>$w(\text{C}) = (3 \cdot 12 \cdot 0,25 + 4 \cdot 12 \cdot 0,75) / 52,5 = 0,857 (85,7\%)$ | 2 балла          |
| <b>ИТОГО</b>  | <b>20 баллов</b> |

### Задание 10-3

В середине XX века был придуман способ хищения самородков золота с сибирских приисков. Злоумышленники растворяли золото в «царской водке» (1 часть концентрированной (62 - 65%) азотной кислоты и 3 части концентрированной (32 - 35%) соляной кислоты). Полученный раствор провозили в 0,5 литровой бутылке в транспорте под видом газированной воды. Но вскоре сотрудники компетентных органов нашли способ предотвращать хищения.

1. Напишите уравнение реакции растворения золота в царской водке с образованием тетрахлораурата водорода ( $\text{HAuCl}_4$ ). Азот в данной реакции восстанавливается до +2.

2. Во сколько раз данная бутылка будет тяжелее бутылки с водой (массой самой бутылки пренебречь).

3. Какую массу золота можно провезти в 0,5 литровой бутылке. («царская водка»: смесь растворов концентрированных азотной и соляной кислот в объемном соотношении 1:3 соответственно; плотность 65%  $\text{HNO}_3$  – 1,40 г/см<sup>3</sup>, 35%  $\text{HCl}$  — 1,18 г/см<sup>3</sup>).

4. Определить массовую долю оставшейся кислоты.

5. Напишите уравнение реакции восстановления золота из раствора «царской водки» железным купоросом.

6. В «царской водке» растворяются многие драгоценные металлы, а серебро не растворяется. Почему?

### Критерии оценивания

| Содержание правильного ответа   | Балл      |
|---|-----------|
| 1. Уравнение реакции<br>$\text{Au} + \text{HNO}_3 + 4\text{HCl} = \text{HAuCl}_4 + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$  | 3 балла   |
| 2. Вычислена масса «золотоносной» бутылки<br>Так как, на 1 объем $\text{HNO}_3$ приходится 3 объема $\text{HCl}$ , следовательно,<br>$V_{\text{р-р}}(\text{HNO}_3) = 0,125\text{л}$ , $n(\text{HNO}_3) = (125 \cdot 1,4 \cdot 0,65) / 63 = 1,81\text{моль}$<br>$V_{\text{р-р}}(\text{HCl}) = 0,375\text{л}$ , $n(\text{HCl}) = (375 \cdot 1,18 \cdot 0,35) / 36,5 = 4,24\text{ моль}$<br>Соляная кислота находится в недостатке, следовательно,<br>$n(\text{Au}) = 4,24 / 4 = 1,06\text{ моль}$<br>$m(\text{Au}) = 1,06 \cdot 197 = 208,82\text{г}$<br>$m(\text{NO}) = 1,06 \cdot 30 = 31,8\text{ г}$<br>$m(\text{бутылки с золотом}) = 125 \cdot 1,4 + 375 \cdot 1,18 + 208,82 - 31,8\text{ г} = 794,52\text{ г}$<br>$m(\text{бутылки с золотом}) / m(\text{бутылки с водой}) = 794,52 / 500 = 1,59$ | 10 баллов |
| 3. В растворе после растворения золота осталась азотная кислота<br>$m(\text{HNO}_3) = (1,81 - 1,06) \cdot 63\text{г/моль} = 47,25\text{ г}$<br>$w(\text{HNO}_3) = 47,25 / 794,52 = 0,059 (5,9\%)$   | 4 балла   |
| 4. Приведено уравнение реакции восстановления золота железным купоросом<br>$\text{HAuCl}_4 + 3\text{FeSO}_4 = \text{Au} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{FeCl}_3 + \text{HCl}$  | 2 балла   |
| 5. Дано объяснение того, что серебро не растворяется, так как покрывается хлоридом серебра  | 1 балл    |

|       |                  |
|-------|------------------|
| ИТОГО | <b>20 баллов</b> |
|-------|------------------|

### Задание 10-4

Газ X с резким запахом тяжелее кислорода в 2,063 раза. Он легко гидролизуется, превращаясь в смесь двух газов Y и Z, которая легче воздуха на 3,4%. Эта смесь полностью поглощается известковой водой, при этом выпадает белый осадок, частично растворимый в разбавленных кислотах с выделением газа Y. Газ Y входит в состав воздуха и вызывает парниковый эффект.

1. Определите формулы всех газов
2. Напишите уравнения всех реакций
3. Найдите состав газовой смеси в объемных процентах и массовых процентах.

### Критерии оценивания

| Содержание правильного ответа   | Баллы            |
|---|------------------|
| 1. Парниковый газ Y, входящий в состав воздуха - CO <sub>2</sub>  | 2 балла          |
| 2. Определен газ Z<br>Молярная масса смеси CO <sub>2</sub> с газом Z составляет<br>$M_{cp} = 29 \cdot 0,966 = 28$ г/моль<br>Поскольку $M(\text{CO}_2) > 28$ г/моль, следовательно $M(Z) < 28$ г/моль<br>Z реагирует Ca(OH) <sub>2</sub> , образуя осадок, нерастворимый в разбавленных кислотах. Этим условиям соответствует HF.                  | 4 балла          |
| 3. Пусть объемная доля $n(\text{CO}_2) = x$ , тогда $n(\text{HF}) = 1-x$<br>$44x + 20(1-x) = 28$<br>$X = 0,333$<br>Объемные доли: CO <sub>2</sub> = 33,33% и HF = 66,67%<br>$w(\text{CO}_2) = (0,333 \cdot 44)/28 = 0,523$ (52,3%)<br>$w(\text{HF}) = 47,7\%$   | 4 балла          |
| 4. Газ X имеет молярную массу $M(X) = 32 \cdot 2,063 = 66$ г/моль, а при гидролизе дает смесь CO <sub>2</sub> и HF в соотношении 1:2<br>$X + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 2\text{HF}$<br>Газ X – COF <sub>2</sub> (карбонилфторид)  | 2 балла          |
| 5. Приведены уравнения реакций<br>$\text{COF}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 2\text{HF}$<br>$\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$<br>$2\text{HF} + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaF}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$<br>$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ | 8 баллов         |
| <b>ИТОГО</b>  | <b>20 баллов</b> |

### Задание 10-5 (мысленный эксперимент)

В пяти пронумерованных пробирках находятся сухие соли: хлорид магния, хлорид бария, хлорид марганца(II), хлорид цинка и хлорид натрия.

1. Как определить содержимое каждой пробирки, используя только дистиллированную воду и растворы гидроксида натрия и серной кислоты.
2. Составьте план мысленного эксперимента. Приведите уравнения реакций, которые подтверждают наличие этих веществ.
3. Составьте матрицу определения веществ

## Критерии оценивания

| Содержание правильного ответа    |  | Баллы  |  |   |                 |                 |               |                      |   |   |   |   |   |                                  |                       |   |                       |                       |   |                        |   |                       |  |   |   |  |
|----------------------------------|--|--|--|---|-----------------|-----------------|---------------|----------------------|---|---|---|---|---|----------------------------------|-----------------------|---|-----------------------|-----------------------|---|------------------------|---|-----------------------|--|---|---|--|
| 1.                               | Определение солей начинается с растворимости их в воде. Все представленные соли растворимы в воде.   | 1 балл   |  |   |                 |                 |               |                      |   |   |   |   |   |                                  |                       |   |                       |                       |   |                        |   |                       |  |   |   |  |
| 2.                               | Основываясь на индивидуальных свойствах открываемых солей, можно идентифицировать каждую соль<br>К растворам солей добавляется раствор серной кислоты. Осадок выпадает только в одной пробирке, и не растворяется в избытке кислоты и щёлочи. Это может быть только сульфат бария $\text{BaSO}_4$ , так как все остальные соли образуют сульфаты растворимые в воде.<br>$\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{HCl}$  | 2 балла  |  |   |                 |                 |               |                      |   |   |   |   |   |                                  |                       |   |                       |                       |   |                        |   |                       |  |   |   |  |
| 3.                               | К оставшимся растворам в четырёх пробирках растворам нужно добавить по каплям щёлочь. В результате можно наблюдать следующее.<br>В пробирке, содержащей раствор хлорида магния, выпадает осадок, который не растворяется как в избытке щёлочи:<br>$\text{MgCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl}$<br>В пробирке, содержащей раствор $\text{ZnCl}_2$ , выпадает осадок, который будет растворяться как в избытке щёлочи, так и в избытке кислоты.<br>$\text{ZnCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl}$<br>$\text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$<br>$\text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$<br>В пробирке, содержащей раствор $\text{MnCl}_2$ выпадает осадок, бурящийся на воздухе:<br>$\text{MnCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Mn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl}$<br>$2\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 = 2\text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ,<br>или $2\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 = 2\text{MnO}(\text{OH})_2\downarrow$<br>В пробирке, содержащей $\text{NaCl}$ никаких изменений не наблюдаются. | 12 баллов<br>За описание идентификации – 2 балла, остальные за уравнения реакций |  |   |                 |                 |               |                      |   |   |   |   |   |                                  |                       |   |                       |                       |   |                        |   |                       |  |   |   |  |
| 4.                               | Представлена заполненная таблица определения веществ   | 5 баллов   |  |   |                 |                 |               |                      |   |   |   |   |   |                                  |                       |   |                       |                       |   |                        |   |                       |  |   |   |  |
|                                  | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th><math>\text{MgCl}_2</math></th> <th><math>\text{BaCl}_2</math></th> <th><math>\text{ZnCl}_2</math></th> <th><math>\text{MnCl}_2</math></th> <th><math>\text{NaCl}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th><math>\text{H}_2\text{O}</math></th> <td>р</td> <td>р</td> <td>р</td> <td>р</td> <td>р</td> </tr> <tr> <th><math>\text{H}_2\text{SO}_4</math><br/>(р-р)</th> <td>видимых изменений нет</td> <td>Выпадение осадка белого цвета, в избытке кислоты и щёлочи не растворяется</td> <td>видимых изменений нет</td> <td>видимых изменений нет</td> <td>–</td> </tr> <tr> <th><math>\text{NaOH}</math><br/>(р-р)</th> <td>Выпадение осадка белого цвета, в избытке щёлочи не растворяется</td> <td>видимых изменений нет</td> <td>Выпадение осадка белого цвета, в избытке щелочи растворяется</td> <td>Выпадение осадка, бурящегося на воздухе</td> <td>–</td> </tr> </tbody> </table>   |  | $\text{MgCl}_2$  | $\text{BaCl}_2$                         | $\text{ZnCl}_2$ | $\text{MnCl}_2$ | $\text{NaCl}$ | $\text{H}_2\text{O}$ | р | р | р | р | р | $\text{H}_2\text{SO}_4$<br>(р-р) | видимых изменений нет | Выпадение осадка белого цвета, в избытке кислоты и щёлочи не растворяется | видимых изменений нет | видимых изменений нет | – | $\text{NaOH}$<br>(р-р) | Выпадение осадка белого цвета, в избытке щёлочи не растворяется | видимых изменений нет | Выпадение осадка белого цвета, в избытке щелочи растворяется | Выпадение осадка, бурящегося на воздухе | – |  |
|                                  | $\text{MgCl}_2$  | $\text{BaCl}_2$  | $\text{ZnCl}_2$  | $\text{MnCl}_2$                         | $\text{NaCl}$   |                 |               |                      |   |   |   |   |   |                                  |                       |   |                       |                       |   |                        |   |                       |  |   |   |  |
| $\text{H}_2\text{O}$             | р  | р  | р  | р                                       | р               |                 |               |                      |   |   |   |   |   |                                  |                       |   |                       |                       |   |                        |   |                       |  |   |   |  |
| $\text{H}_2\text{SO}_4$<br>(р-р) | видимых изменений нет  | Выпадение осадка белого цвета, в избытке кислоты и щёлочи не растворяется        | видимых изменений нет  | видимых изменений нет                   | –               |                 |               |                      |   |   |   |   |   |                                  |                       |   |                       |                       |   |                        |   |                       |  |   |   |  |
| $\text{NaOH}$<br>(р-р)           | Выпадение осадка белого цвета, в избытке щёлочи не растворяется  | видимых изменений нет  | Выпадение осадка белого цвета, в избытке щелочи растворяется | Выпадение осадка, бурящегося на воздухе | –               |                 |               |                      |   |   |   |   |   |                                  |                       |   |                       |                       |   |                        |   |                       |  |   |   |  |
| <b>ИТОГО</b>                     |  | <b>20 баллов</b>   |  |   |                 |                 |               |                      |   |   |   |   |   |                                  |                       |   |                       |                       |   |                        |   |                       |  |   |   |  |