

**РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ХИМИИ**  
**Теоретический тур, 14 марта 2026 года, IX-ый класс**  
**Решения и схема оценивания**

*Total 100 б.*

| Задание     | Содержание верного ответа и указания по оцениванию   | Баллы  | Всего баллов |
|-------------|--|--------|--------------|
| <b>Тест</b> | <p><b>1.</b> Общее количество протонов, нейтронов и электронов в молекуле белого фосфора, в состав которой входят атомы одного и того же изотопа, равно 180. Эта молекула образована изотопом:</p> <p style="text-align: center;">а) <math>^{29}\text{P}</math>;    б) <math>^{30}\text{P}</math>;    в) <math>^{31}\text{P}</math>;    г) <math>^{32}\text{P}</math>.</p> <p><b>Ответ:</b> б) <math>^{30}\text{P}</math></p> <p><b>Вариант решения:</b> молекула белого фосфора состоит из 4 атомов (<math>\text{P}_4</math>). Число протонов и электронов в атоме фосфора равно 15 (атомный номер). Число нейтронов вычисляется как разница <math>A_r - 15</math>. Следовательно, <math>4(15 + (A_r - 15) + 15) = 180</math>. Откуда получаем: <math>A_r = 30</math>.</p> <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ 1 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p> | 1 б.   | <b>14 б.</b> |
|             | <p><b>2.</b> Являются тугоплавкими и очень твердыми соединения с кристаллической решеткой:</p> <p style="text-align: center;">а) ионной;    б) металлической;    в) атомной;    г) молекулярной.</p> <p><b>Ответ:</b> в) атомной</p> <p><b>Комментарий:</b> Соединения с атомной кристаллической решеткой обладают чрезвычайно высокими температурами плавления и твердостью благодаря трехмерной решетки атомов, связанных очень прочными ковалентными связями.</p> <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ 0,5 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p>  | 0,5 б. |              |
|             | <p><b>3.</b> Слабо растворимо в воде водородное соединение элемента:</p> <p style="text-align: center;">а) Na;    б) Cl;    в) C;    г) N.</p> <p><b>Ответ:</b> в) C</p> <p><b>Комментарий:</b> гидрид натрия (<math>\text{NaH}</math>), хлороводород (<math>\text{HCl}</math>) и аммиак (<math>\text{NH}_3</math>) Благодаря взаимодействию с водой, очень хорошо растворяется в ней. Метан (<math>\text{CH}_4</math>), в котором химическая связь является ковалентной слабополярной, довольно слабо растворяется в воде (22,7 мг/л).</p> <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ 0,5 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p>   | 0,5 б. |              |
|             | <p><b>4.</b> Наиболее выраженный кислотный характер проявляет:</p> <p style="text-align: center;">а) <math>\text{Mn}_2\text{O}_7</math>;    б) <math>\text{MnO}</math>;    в) <math>\text{Mn}_2\text{O}_3</math>;    г) <math>\text{MnO}_2</math>.</p> <p><b>Ответ:</b> а) <math>\text{Mn}_2\text{O}_7</math></p> <p><b>Комментарий:</b> в низших степенях окисления (+1, +2) оксиды и гидроксиды элементов проявляют основной характер; в степенях окисления +3 и +4 – амфотерный характер; в высших степенях окисления (+5, +6, +7) проявляется кислотный характер, причем наиболее</p>  | 0,5 б. |              |



|  |   |        |  |
|--|---|--------|--|
|  | $\omega(Au) = \frac{985}{985 + 128} \cdot 100\% = 88,5\%$ <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ 1,5 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p>  | 1,5 б. |  |
|  | <p><b>9.</b> Масса смеси объемом 44,8 л (н.у.), состоящая из двух оксидов углерода, равна 75,2 г. Масса (г) оксида углерода(IV) в этой смеси равна:</p> <p>a) 22,4;    b) 26,4;    c) 30,1;    d) 52,8.</p> <p><b>Ответ: d) 52,8</b></p> <p><b>Вариант решения:</b><br/> Пусть <math>\nu(CO) = x</math> моль, а <math>\nu(CO_2) = y</math> моль.<br/> Тогда, <math>m(CO) = 28x</math> г, а <math>m(CO_2) = 44y</math> г.<br/> Масса смеси равна: <math>28x + 44y = 75,2</math> г<br/> Согласно условиям задачи: <math>\nu_{\text{смеси}} = \frac{44,8 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 2 \text{ моль}, \Rightarrow, x + y = 2.</math><br/> Решая систему уравнений: <math>\begin{cases} 28x + 44y = 75,2 \\ x + y = 2 \end{cases}</math><br/> получаем: <math>x = 1,2.</math><br/> Следовательно, <math>\nu(CO_2) = 1,2</math> моль, тогда <math>m(CO_2) = 44y \text{ г} = 52,8 \text{ г}.</math></p> <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ 2 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p>   | 2 б.   |  |
|  | <p><b>10.</b> При прокаливании Бертолетовой соли (<math>KClO_3</math>) массой 49 г, половина её разлагается с выделением газа, а другая половина – без выделения газа. Массовая доля (%) хлорида калия в конечной смеси равна:</p> <p>a) 32,68;    b) 38,01;    c) 47,27;    d) 76,02.</p> <p><b>Ответ: c) 47,27</b></p> <p><b>Вариант решения:</b> В отсутствие катализатора реакция разложения хлората калия протекает согласно уравнению:</p> $\frac{4KClO_3}{4 \text{ моль}} \xrightarrow{t} \frac{KCl}{1 \text{ моль}} + 3KClO_4 \quad (1)$ <p>В присутствии катализатора хлорат калия разлагается с выделением кислорода согласно уравнению:</p> $\frac{2KClO_3}{2 \text{ моль}} \xrightarrow{t, MnO_2} \frac{2KCl}{2 \text{ моль}} + \frac{3O_2 \uparrow}{3 \text{ моль}} \quad (2)$ <p>Согласно условиям задачи <math>\nu(KClO_3) = 0,4</math> моль.<br/> 0,2 моль <math>KClO_3</math> разлагаются согласно уравнению (1), с образованием 0,05 моль (3,725 г) <math>KCl</math>.<br/> 0,2 моль <math>KClO_3</math> разлагаются согласно уравнению (2), с образованием 0,2 моль (14,9 г) <math>KCl</math> и 0,3 моль (9,6 г) <math>O_2</math>.<br/> Масса конечной смеси: <math>m_{\text{кон.смеси}} = m_{KClO_3} - m_{O_2} = 49 \text{ г} - 9,6 \text{ г} = 39,4 \text{ г}.</math><br/> Масса <math>KCl</math> в конечной смеси:<br/> <math>m_{KCl} = m_{1KCl} + m_{2KCl} = 3,725 \text{ г} + 14,9 \text{ г} = 18,625 \text{ г}.</math><br/> Следовательно, массовая доля (%) хлорида калия в конечной смеси равна:</p> $\omega(KCl) = \frac{18,625 \text{ г}}{39,4 \text{ г}} \cdot 100\% = 47,27\%$ <p><b>Примечание:</b> необходимо дать только ответ; за правильный ответ 2 б.; за неправильный ответ или множественный выбор – 0 б.</p> | 2 б.   |  |

|                  |   |  |              |
|------------------|---|--|--------------|
|                  | <p><b>11.</b> Укажите ряд веществ, с помощью которых можно последовательно осуществить следующие превращения:</p> <p style="text-align: center;"><math>\text{CuS} \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2</math></p> <p>a) <math>\text{H}_2\text{O}</math>; <math>\text{SO}_3</math>; <math>\text{H}_2</math>; <math>\text{NO}</math>;                      c) <math>\text{KOH}</math>; <math>\text{Na}_2\text{SO}_4</math>; <math>\text{Ag}</math>; <math>\text{HNO}_3</math>;<br/>b) <math>\text{O}_2</math>; <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math>; <math>\text{Mg}</math>; <math>\text{AgNO}_3</math>;              d) <math>\text{O}_2</math>; <math>\text{SO}_2</math>; <math>\text{H}_2</math>; <math>\text{Fe}(\text{NO}_3)_2</math>.</p> <p>Напишите уравнения соответствующих реакций.</p> <p><b>Ответ:</b> b) <math>\text{O}_2</math>; <math>\text{H}_2\text{SO}_4</math>; <math>\text{Mg}</math>; <math>\text{AgNO}_3</math></p> <p><b>Уравнения реакций:</b></p> <p style="text-align: center;"><math>2\text{CuS} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CuO} + 2\text{SO}_2</math><br/><math>\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}</math><br/><math>\text{CuSO}_4 + \text{Mg} \rightarrow \text{MgSO}_4 + \text{Cu}</math><br/><math>\text{Cu} + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Ag}</math></p> <p><b>Примечание:</b> за правильный ответ – 0,5 б.; для каждое правильное уравнение (с правильными коэффициентами) – 0,5 б.</p>   |  |              |
|                  | <p><b>12.</b> Дополните уравнение <math>\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \dots</math> продуктами реакции и определите стехиометрические коэффициенты.</p> <p><b>Ответ:</b> <math>2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{MnSO}_4 + 5\text{O}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}</math></p> <p><b>Примечание:</b> за правильный ответ – 2 б. (1 б. – все формулы продуктов реакции верны; 1 б. – все коэффициенты верны).</p>  |  |              |
| <b>Задача 1.</b> | <p>Смесь газов <b>A</b> и <b>B</b> полностью прореагировала в воде. Образовавшееся вещество <b>C</b> содержит кислород с массовой долей в 4 раза большей, чем массовая доля углерода, а также водород и азот. Относительная плотность исходной газовой смеси по водороду равна 15,25. Определите соединения <b>A</b>, <b>B</b> и <b>C</b>. Обоснуйте ответ расчетами.</p> <p><b>Решение:</b></p> <p>Соотношение массовых долей элементов идентично соотношению масс атомов элементов в составе вещества. Допустим, что вещество <b>C</b> содержит один атом углерода. Тогда, согласно условиям задачи, одному атому углерода соответствует 3 атома кислорода. Следовательно, вещество <b>C</b> является карбонатом.</p> <p><b>Примечание:</b> 2 б. за определение кислотного остатка угольной кислоты и обоснование этого вывода с использованием массовых долей кислорода и углерода.</p> <p>Следовательно, одним из газов, вступивших в реакцию – <b>A</b> – является оксид углерода(IV).</p> <p>Согласно условиям задачи, относительная плотность исходной газовой смеси по водороду равна 15,25. Тогда средняя молекулярная масса смеси составляет : <math>\bar{M}_r(\text{смеси}) = 2 \cdot 15,25 = 30,5</math>.</p> <p>Полученное значение средней молекулярной массы исходной смеси указывает на то, что второй газ – <b>B</b>, который должен содержать азот и обладать основными свойствами для реакции с <math>\text{CO}_2</math>, имеет молекулярную массу ниже 30,5. Эти условия соответствуют аммиаку– <math>\text{NH}_3</math>.</p> <p><b>Примечание:</b> 3 б. за определение аммиака и обоснование этого вывода с использованием значения средней молекулярной массы исходной смеси.</p> |  | <b>14 б.</b> |

|                  |  |              |  |
|------------------|--|--------------|--|
|                  | <p>Реакция между оксидом углерода(IV) и аммиаком в воде может протекать с образованием карбоната аммония или гидрокарбоната. Для определения состава образующейся соли необходимо знать молярное соотношение между реагирующими газами, которое можно определить по средней молекулярной массе смеси.</p> <p>Обозначим объемную долю аммиака в исходной смеси через <math>x</math>. Тогда объемная доля оксида углерода(IV) будет равна <math>(1 - x)</math>. Подставим эти данные в формулу для расчета средней молекулярной массы газовой смеси: <math>\bar{M}_r(\text{смеси}) = 17x + 44(1 - x) = 30,5</math>.</p> <p>Решив уравнение, получаем <math>x = 0,5</math>. Соответственно, <math>y = 0,5</math>.</p> <p>Соответственно, газы в исходной смеси находятся в равных объемах, следовательно, и в равных количествах вещества.</p> <p><b>Примечание:</b> 4 б. за определение молярного соотношения газов в исходной смеси на основе средней молекулярной массы смеси.</p> | 4 б.         |  |
|                  | <p>Тогда, газы реагируют в соответствии с уравнением:</p> $\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4\text{HCO}_3$ <p>В растворе образуется <math>\text{NH}_4\text{HCO}_3</math> – гидрокарбонат аммония.</p> <p><b>Примечание:</b> 4 б. за правильное определение вещества <b>С</b>.</p>  | 2 б.         |  |
|                  | <p><b>Ответ:</b> Газы <b>А</b> и <b>В</b>: оксид углерода(IV) и аммиак.</p> <p>Вещество <b>С</b> – <math>\text{NH}_4\text{HCO}_3</math> (гидрокарбонат аммония).</p> <p><b>Принимаются также другие правильные и логичные варианты решения.</b></p>  |              |  |
| <b>Задача 2.</b> | <p>Смесь массой 70,6 г, состоящая из двух безводных хлоридов железа, была растворена в воде и обработана избытком металлического никеля. После выпаривания воды из полученного раствора и полного обезвоживания первоначально образовавшихся в твердой смеси кристаллогидратов (с образованием безводных средних солей), масса твердого остатка составила 79,45 г. Остаток обработали раствором соляной кислоты (75 мл; 2 моль/л). В результате выделилось 1,12 л (н.у.) газа. Рассчитайте массовые доли (%) веществ в исходной смеси. Покажите ваши вычисления. Напишите уравнения всех протекающих реакций (за исключением реакций дегидратации кристаллогидратов).</p>  | <b>16 б.</b> |  |
|                  | <p><b>Решение:</b></p>   |              |  |
|                  | <p>Взаимодействие с металлическим никелем:</p> $2 \text{FeCl}_3 + \text{Ni} = 2 \text{FeCl}_2 + \text{NiCl}_2 \quad (1)$   | 3 б.         |  |
|                  | <p>Твердый остаток, полученный после выпаривания воды из раствора и обезвоживания первоначально образующихся кристаллогидратов, содержит средние соли, образовавшиеся в ходе реакции (<math>\text{FeCl}_2</math> și <math>\text{NiCl}_2</math>), <math>\text{FeCl}_2</math> из исходной смеси, а также избыток металлического никеля, который не прореагировал. При обработке твердого остатка соляной кислотой выделяется водород, в результате взаимодействия с избыточным количеством никеля.</p>   |              |  |
|                  | $\text{Ni} + 2 \text{HCl} = \text{NiCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow \quad (2)$   | 2 б.         |  |
|                  | <p>По условию, количество вещества выделяющегося газа:</p> $\nu(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} = \frac{1,12 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} = 0,05 \text{ моль}$  | 1 б.         |  |

|                  |   |              |
|------------------|---|--------------|
|                  | <p>Количество израсходованного HCl:</p> $\nu_{np.}(HCl) = 2 \cdot \nu(H_2) = 2 \cdot 0,05 \text{ моль} = 0,1 \text{ моль}$ <p>Исходное количество вещества HCl в растворе:</p> $\nu_0(HCl) = V_0(HCl) \cdot c_0(HCl) = 0,075 \text{ л} \cdot 2 \frac{\text{моль}}{\text{л}} = 0,15 \text{ моль}$ <p>=&gt; кислота взята в избытке =&gt; весь находившийся в избытке никель прореагировал.</p>   |              |
|                  | Согласно уравнению (2), количество вещества никеля, не вступившего в реакцию (1): $\nu_{изб}(Ni) = \nu(H_2) = 0,05 \text{ моль}$ .  | 1 б.         |
|                  | $m_{изб}(Ni) = \nu_{изб}(Ni) \cdot M(Ni) = 0,05 \text{ моль} \cdot 59 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 2,95 \text{ г}$  | 1 б.         |
|                  | Тогда масса никеля, вступившего в реакцию:<br>$m_{np.}(Ni) = m_2(\text{смесь}) - m_1(\text{смесь}) - m_{изб}(Ni) =$<br>$= 79,45 \text{ г} - 70,6 \text{ г} - 2,95 \text{ г} = 5,9 \text{ г}$  | 3 б.         |
|                  | $\nu_{np.}(Ni) = \frac{m_{np.}(Ni)}{M(Ni)} = \frac{5,9 \text{ г}}{59 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,1 \text{ моль}$  | 1 б.         |
|                  | Тогда согласно уравнению (1):<br>$\nu(FeCl_3) = 2 \cdot \nu_{np.}(Ni) = 2 \cdot 0,1 \text{ моль} = 0,2 \text{ моль}$  | 1 б.         |
|                  | $m(FeCl_3) = \nu(FeCl_3) \cdot M(FeCl_3) = 0,2 \text{ моль} \cdot 162,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 32,5 \text{ г}$  | 1 б.         |
|                  | $\omega(FeCl_3) = \frac{m(FeCl_3)}{m_1(\text{смесь})} = \frac{32,5 \text{ г}}{70,6 \text{ г}} = 0,46 = 46\%$  | 1 б.         |
|                  | $\omega(FeCl_2) = 1 - \omega(FeCl_3) = 1 - 0,46 = 0,54 = 54\%$  | 1 б.         |
|                  | <p><b>Ответ:</b> <math>\omega(FeCl_3) = 46\%</math> <math>\omega(FeCl_2) = 54\%</math></p> <p><b>Принимаются также другие правильные и логичные варианты решения.</b></p>   |              |
| <b>Задача 3.</b> | <p>Металл <b>X</b> и его соединения известны и применяются с древнейших времён. При обжиге руды <b>Y</b>, которая содержит соединение <b>A</b> металла <b>X</b>, выделяется газ <b>B</b> и остается твёрдый остаток <b>C</b> (<b>реакция 1</b>). Нагревание соединения <b>C</b> на воздухе до 500°C сопровождается образованием красно-оранжевого соединения <b>D</b> (<b>реакция 2</b>), которое при добавлении к раствору азотной кислоты образует бесцветный раствор и тёмно-коричневый осадок <b>E</b> (<b>реакция 3</b>). Газ <b>B</b> обесцвечивает подкисленный раствор перманганата калия (<b>реакция 4</b>), а соединение <b>E</b> придаёт фиолетовую окраску подкисленному раствору сульфата марганца(II) (<b>реакция 5</b>). Средневековые художники использовали белый пигмент <b>Z</b> (на основе соединения <b>F</b>), который со временем чернеет из-за образования соединения <b>A</b> (<b>реакция 6</b>). Чтобы восстановить первоначальный цвет пигмента <b>Z</b>, художники-реставраторы обрабатывают эти картины раствором перекиси водорода (<b>реакция 7</b>). Приведите формулы металла <b>X</b> и соединений <b>A – F</b>. Назовите руду <b>Y</b> и пигмент <b>Z</b>.<br/>         Запишите уравнения реакций <b>1 - 7</b>.</p> | <b>23 б.</b> |
|                  | <b>Решение:</b>   |              |
|                  | Металлы, известные с древнейших времен, либо встречаются в природе в самородном состоянии, либо в виде руд, которые легко перерабатываются для получения металла. Многие руды содержат сульфиды металлов, которые при обжиге на воздухе окисляются с образованием оксида металла и оксида серы(IV),   |              |

|  |        |
|--|--------|
| <p>который может восстановить подкисленный раствор перманганата (который является сильным окислителем). Согласно условию, газ, выделяющийся при обжиге неизвестной руды, обладает этими свойствами, следовательно, руда является сульфидом. Руды, содержащие карбонаты, также легко перерабатываются. При нагревании на воздухе они разлагаются на оксид металла и оксид углерода(IV), который не обладают восстановительными свойствами. В средние века белые пигменты, используемые в живописи, изготавливались на основе карбонатов свинца. В настоящее время эти пигменты, являющиеся токсичными, заменяют другими пигментами на основе оксидов цинка (цинковые белила), титана (титановые белила) и т. д. Таким образом, руда <b>Y</b> содержит сульфид свинца.</p> |        |
| <b>Металл X – Pb</b>   | 0,5 б. |
| <p>Вещества <b>A – F</b>:</p> <p><b>A</b> – PbS</p> <p><b>B</b> – SO<sub>2</sub></p> <p><b>C</b> – PbO</p> <p><b>D</b> – Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub></p> <p><b>E</b> – PbO<sub>2</sub></p> <p><b>F</b> – принимаются любые основные карбонаты свинца:<br/> 2PbCO<sub>3</sub> · Pb(OH)<sub>2</sub> или Pb<sub>3</sub>(OH)<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>;<br/> PbCO<sub>3</sub> · Pb(OH)<sub>2</sub> или (PbOH)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> или Pb<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></p>   |        |
| <b>Примечание:</b> 1 б. за каждую правильную формулу.  | 6 б.   |
| <b>Руда Y</b> – галенит  | 0,5 б. |
| <b>Пигмент Z</b> – свинцовые белила  | 1 б.   |
| <p><b>Реакция 1:</b> обжиг руды: <math>2\text{PbS} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{t} 2\text{PbO} + 2\text{SO}_2</math></p> <p><b>Примечание:</b> все формулы веществ записаны правильно – 1 б., все коэффициенты верны – 0,5 б.</p>  | 1,5 б. |
| <p><b>Реакция 2:</b> нагревание PbO на воздухе до 500°C сопровождается образованием оранжево-красного Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>:</p> $6\text{PbO} + \text{O}_2 \xrightarrow{500^\circ\text{C}} 2\text{Pb}_3\text{O}_4$ <p><b>Примечание:</b> все формулы веществ записаны правильно – 2 б., все коэффициенты верны – 0,5 б.</p>  | 2,5 б. |
| <p><b>Реакция 3:</b> Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> является смешанным оксидом – PbO · PbO<sub>2</sub>. Оксид свинца(II) проявляет амфотерные свойства, наиболее выраженными являются основные свойства – PbO растворяется в растворе азотной кислоты, тогда как оксид свинца (IV), обладающий ярко выраженными кислотными свойствами, не растворяется в растворе азотной кислоты. Раствор содержит Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, а темно-коричневый осадок – PbO<sub>2</sub>:</p> $\text{Pb}_3\text{O}_4 + 4\text{HNO}_3 = 2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{PbO}_2 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ <p><b>Примечание:</b> все формулы веществ записаны правильно – 2 б., все коэффициенты верны – 0,5 б.</p>   | 2,5 б. |
| <b>Реакция 4:</b> SO <sub>2</sub> обесцвечивает подкисленный раствор перманганата калия:   | 2 б.   |

|                          |  |   |   |                           |   |              |  |                           |                           |                          |                           |   |                           |              |
|--------------------------|--|---|---|---------------------------|---|--------------|--|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---|---------------------------|--------------|
|                          | $5\text{SO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 6\text{HCl} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{MnCl}_2 + 2\text{KCl} + 5\text{H}_2\text{SO}_4$ <p><b>Примечание:</b> все формулы веществ записаны правильно – 1,5 б., все коэффициенты верны – 0,5 б.</p>   |   |   |                           |   |              |  |                           |                           |                          |                           |   |                           |              |
|                          | <p><b>Реакция 5:</b> <math>\text{PbO}_2</math> проявляет окислительные свойства и реагирует с подкисленным раствором сульфата марганца(II), окисляя <math>\text{Mn}^{+2}</math> до <math>\text{Mn}^{+7}</math> в перманганат-ионе фиолетовой окраски:</p> $5\text{PbO}_2 + 2\text{MnSO}_4 + 6\text{HNO}_3 =$ $3\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{PbSO}_4 + 2\text{HMnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>Принимается и:</p> $5\text{PbO}_2 + 2\text{MnSO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{PbSO}_4 + 2\text{HMnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ <p><b>Примечание:</b> все формулы веществ записаны правильно – 2 б., все коэффициенты верны – 0,5 б.</p>  | 2,5 б.                                    |   |                           |   |              |  |                           |                           |                          |                           |   |                           |              |
|                          | <p><b>Реакция 6:</b> под воздействием сероводорода основной карбонат свинца чернеет из-за образования черного сульфида свинца:</p> $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2 + 3\text{H}_2\text{S} = 3\text{PbS} + 2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ <p>Принимается и:</p> $\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 2\text{PbS} + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ <p><b>Примечание:</b> все формулы веществ записаны правильно – 1,5 б., все коэффициенты верны – 0,5 б.</p>  | 2 б.                                      |   |                           |   |              |  |                           |                           |                          |                           |   |                           |              |
|                          | <p><b>Реакция 7:</b> перекись водорода окисляет черный сульфид свинца до белого сульфата свинца:</p> $2\text{PbS} + 4\text{H}_2\text{O}_2 = \text{PbSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ <p><b>Примечание:</b> все формулы веществ записаны правильно – 1,5 б., все коэффициенты верны – 0,5 б.</p>  | 2 б.                                      |   |                           |   |              |  |                           |                           |                          |                           |   |                           |              |
| <b>Задача 4.</b>         | <p>В пронумерованных пробирках <b>1 – 6</b> находятся по одному раствору из представленного в таблице 1 списка (один и тот же раствор не может находиться в разных пробирках).</p> <p>Таблица 1. Список растворов и их молярных концентраций.</p> <table><tr><td>NaCl (0,1 M)</td><td>CuCl<sub>2</sub> (0,1 M)</td><td>BaCl<sub>2</sub> (0,1 M)</td><td>Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (0,1 M)</td></tr><tr><td>NaOH (0,1 M)</td><td>(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (0,1 M)</td><td>FeCl<sub>3</sub> (0,1 M)</td><td>AgNO<sub>3</sub> (0,1 M)</td></tr><tr><td>CaI<sub>2</sub> (0,1 M)</td><td>MgSO<sub>4</sub> (0,1 M)</td><td>Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (0,1 M)</td><td>KMnO<sub>4</sub> (0,1 M)</td></tr></table> <p>Для определения содержимого пробирок была изучена окраска растворов и произведено попарное смешивание равных объёмов растворов. Наблюдения представлены в таблице 2.</p> <p>Таблица 2. Наблюдения.</p> | NaCl (0,1 M)                              | CuCl <sub>2</sub> (0,1 M)                 | BaCl <sub>2</sub> (0,1 M) | Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (0,1 M) | NaOH (0,1 M) | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (0,1 M) | FeCl <sub>3</sub> (0,1 M) | AgNO <sub>3</sub> (0,1 M) | CaI <sub>2</sub> (0,1 M) | MgSO <sub>4</sub> (0,1 M) | Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (0,1 M) | KMnO <sub>4</sub> (0,1 M) | <b>33 б.</b> |
| NaCl (0,1 M)             | CuCl <sub>2</sub> (0,1 M)  | BaCl <sub>2</sub> (0,1 M)                 | Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (0,1 M) |                           |   |              |  |                           |                           |                          |                           |   |                           |              |
| NaOH (0,1 M)             | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (0,1 M)   | FeCl <sub>3</sub> (0,1 M)                 | AgNO <sub>3</sub> (0,1 M)                 |                           |   |              |  |                           |                           |                          |                           |   |                           |              |
| CaI <sub>2</sub> (0,1 M) | MgSO <sub>4</sub> (0,1 M)  | Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (0,1 M) | KMnO <sub>4</sub> (0,1 M)                 |                           |   |              |  |                           |                           |                          |                           |   |                           |              |



| № пробирки       | 1    | 2    | 3    | 4                  | 5         | 6       |
|------------------|------|------|------|--------------------|-----------|---------|
| 1                |      | –    | –    | ↓ белый            | –         | ↓ белый |
| 2                |      |      | –    | ↓ белый            | –         | –       |
| 3                |      |      |      | ↓ коричнево-черный | ↓ голубой | ↓ белый |
| 4                |      |      |      |                    | –         | ↓ белый |
| 5                |      |      |      |                    |           | –       |
| 6                |      |      |      |                    |           |         |
| Окраска раствора | б/цв | б/цв | б/цв | б/цв               | голубой   | б/цв    |

Примечание: “–” – нет видимого эффекта (выпадения осадка или выделения газа); “↓” – образуется осадок; “↑” – выделяется газ; “б/цв” – бесцветный.

Дополнительно, в отдельные пробы растворов опускали цинковую и медную пластинки и следили, если происходит изменение окраски раствора (таблица 3).

Таблица 3. Изменение цвета раствора при опускании пластинок металлов.

| Металл пластинки | № пробирки |   |   |   |   |   |
|------------------|------------|---|---|---|---|---|
|                  | 1          | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| медь             | –          | – | – | + | – | – |
| цинк             | –          | – | – | – | + | – |

Примечание: “–” – нет изменения окраски раствора; “+” – есть изменение окраски раствора.

Кроме того, был проведен электролиз растворов из пронумерованных пробирок с платиновыми электродами, в ходе которого отмечали, если происходит выделение газа на электродах (таблица 4).

Таблица 4. Выделение газов на электродах в процессе электролиза с инертными электродами.

| Номер пробирки | 1        | 2        | 3      | 4      | 5      | 6      |
|----------------|----------|----------|--------|--------|--------|--------|
| На аноде       | ↑ (окр.) | ↑ (окр.) | ↑ б/цв | ↑ б/цв | ↑ б/цв | ↑ б/цв |
| На катоде      | ↑ б/цв   | ↑ б/цв   | ↑ б/цв | –      | –      | ↑ б/цв |

Примечание: “↑” – выделяется газ; “–” – газ не выделяется; “окр.” – окрашенный газ; “б/цв” – бесцветный газ.

- Укажите, раствор какого вещества содержится в каждой из пробирок **1 – 6**.
- Запишите в сокращенной ионной форме уравнения всех реакций, которые протекали в процессе попарного смешивания растворов. Указывайте, при смешении растворов из каких пробирок протекала каждая реакция (пример записи ответа: **(1) + (2):**  $S^{2-} + Hg^{2+} = HgS$ ).
- Запишите в сокращенной ионной форме уравнения всех реакций, протекающих при опускании медной и цинковой пластин в растворы из пробирок **1 – 6**, указывая номер раствора, с которым протекала каждая реакция.
- Запишите в сокращенной ионной форме полуреакции или электронные уравнения процессов, протекающих на катоде и аноде при электролизе с инертными электродами растворов из пробирок **1 – 6**. Указывайте номер пробирки.

е) Электролиз проводили в U-образных трубках. Какой полюс источника постоянного тока подключается к катоду? В процессе электролиза в оба колена U-образных трубок добавили несколько капель раствора фенолфталеина. Составьте и заполните на листах ответов таблицу по примеру, указанному ниже, указывая окраску индикатора в каждом случае. Аргументируйте ваш ответ.

| Электрод | № раствора |   |   |   |   |   |
|----------|------------|---|---|---|---|---|
|          | 1          | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Катод    |            |   |   |   |   |   |
| Анод     |            |   |   |   |   |   |

**Решение:**

Все растворы не окрашены, кроме раствора **5**. Раствор **5** имеет голубую окраску =>  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  или  $\text{CuCl}_2$ .

При электролизе раствора **5** на аноде выделяется бесцветный газ => в пробирке **5** был раствор  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ . Изменение окраски этого раствора при опускании цинковой пластинки связано с выделением меди из раствора и, соответственно, его постепенным обесцвечиванием.

Отсутствуют другие окрашенные растворы  $\text{KMnO}_4$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ;  $\text{FeCl}_3$ .

При опускании медной пластинки в раствор **4** происходит изменение окраски раствора => протекает реакция, и раствор приобретает голубую окраску => в растворе **4** соль менее активного металла. Единственный подходящий вариант - нитрат серебра(I).

На это также указывает тот факт, что при электролизе раствора **4**, как и раствора **5**, не происходит выделения газа на катоде, так как при наличии ионов неактивного металла происходит их восстановление на катоде.

Растворы **1**, **2** при электролизе дают на аноде окрашенный газ. Анализируя список веществ, можно сделать вывод, что в этих растворах были хлориды => в пробирках **1** и **2** –  $\text{NaCl}$ ,  $\text{BaCl}_2$ .

Растворы **3** – **6** при электролизе дают на аноде бесцветный газ => в пробирках **3** – **6** соли кислородсодержащих кислот, анионы которых не окисляются, либо раствор щелочи. Содержимое пробирок **4** и **5** уже известны. Анализируя список веществ, можно сделать вывод, что в пробирках **3** и **6** могут быть следующие вещества:  $\text{NaOH}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ .

Ни один из указанных растворов не реагирует с медной пластинкой, только нитрат свинца(II) и гидроксид натрия реагируют с цинком, но это не приводит к изменению окраски раствора.

Так как при взаимодействии хлоридов из пробирок **1** и **2** с раствором **6** в одном случае образуется осадок, а в другом – нет, то в пробирке **6** не может находиться  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{NaOH}$  => в пробирке **6** –  $\text{MgSO}_4$ .

Раствор нитрата серебра(I) из пробирки **4** образует с раствором **3** коричнево-черный осадок => раствор **3** содержит  $\text{NaOH}$ , а не  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ .

При взаимодействии раствора из пробирки **1** с раствором сульфата магния (пробирка **6**) образуется белый осадок, а раствор из пробирки **2** с сульфатом магния осадка не дает => в пробирке **1** –  $\text{BaCl}_2$ , а в пробирке **2** –  $\text{NaCl}$ .

Это лишь один из вариантов рассуждений, который позволяет определить содержимое пробирок.

а)

12 б.

| № пробирки | Растворенное вещество             |
|------------|-----------------------------------|
| 1          | BaCl <sub>2</sub>                 |
| 2          | NaCl                              |
| 3          | NaOH                              |
| 4          | AgNO <sub>3</sub>                 |
| 5          | Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> |
| 6          | MgSO <sub>4</sub>                 |

**Примечание:** по 2 б. за каждое верно определенное вещество; множественный ответ – 0 б.

**б) Уравнения реакций, протекающих при смешении растворов:**

|       |   |
|-------|---|
| 1 + 4 | $Ag^+ + Cl^- = AgCl \downarrow$             |
| 1 + 6 | $Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4 \downarrow$   |
| 2 + 4 | $Ag^+ + Cl^- = AgCl \downarrow$             |
| 3 + 4 | $2 Ag^+ + 2 OH^- = Ag_2O \downarrow + H_2O$ |
| 3 + 5 | $Cu^{2+} + 2 OH^- = Cu(OH)_2 \downarrow$    |
| 3 + 6 | $Mg^{2+} + 2 OH^- = Mg(OH)_2 \downarrow$    |
| 4 + 6 | $2 Ag^+ + SO_4^{2-} = Ag_2SO_4 \downarrow$  |

**Примечание:** по 1 б. за каждое уравнение (0,5 б. за верные формулы всех веществ/ионов в уравнении реакции; 0,5 б. за все верные коэффициенты).

**Множественный вариант ответа, когда для взаимодействия растворов из двух пробирок предложены сразу несколько ионных уравнений и хотя бы одно из них не соответствует истинному содержанию пробирок, оценивается в 0 б.**

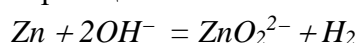
Молекулярные уравнения не оцениваются; уравнение реакции оценивается только в том случае, если были правильно определены вещества в соответствующих двух пробирках, или, если уравнение в сокращенной ионной форме, соответствующее ошибочному решению, по счастливой случайности, совпало с реально протекающей реакцией. Уравнение реакции не оценивается, если не указано, при смешении растворов из каких пробирок протекала реакция.

7 б.

**с) Уравнения реакций, протекающих при опускании пластинок:**

|        |  |
|--------|--|
| Cu + 4 | $Cu + 2Ag^+ = Cu^{2+} + 2 Ag \downarrow$     |
| Zn + 4 | $Zn + 2Ag^+ = Zn^{2+} + 2 Ag \downarrow$     |
| Zn + 3 | $Zn + 2OH^- + 2H_2O = [Zn(OH)_4]^{2-} + H_2$ |
| Zn + 5 | $Zn + Cu^{2+} = Zn^{2+} + Cu \downarrow$     |

**Примечание:** по 1 б. за каждое уравнение (0,5 б. за верные формулы всех веществ/ионов в уравнении реакции; 0,5 б. за все верные коэффициенты). Оценивается в 0,5 б. (0,25 б. – верные формулы; 0,25 р. – верные коэффициенты) уравнение реакции Zn + 3 записанное в форме:



4 б.

**Множественный вариант ответа, когда для взаимодействия раствора с металлической пластинкой предложены сразу несколько ионных уравнений и хотя бы одно из них не соответствует истинному содержанию пробирки, оценивается в 0 б.**

Молекулярные уравнения не оцениваются; реакция оценивается только в том случае, если было правильно определено вещество в соответствующей пробирке, или, если уравнение в сокращенной ионной форме, соответствующее ошибочному решению, по счастливой случайности, совпало с реально протекающей реакцией. Уравнение реакции не оценивается, если не указано, при взаимодействии с раствором из какой пробирки протекала реакция.

**д) Уравнения полуреакций на электродах при электролизе растворов с инертными электродами:**

| № пробирки | На катоде                        | На аноде                         |
|------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <b>1</b>   | $2H_2O + 2\bar{e} = H_2 + 2OH^-$ | $2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2$        |
| <b>2</b>   | $2H_2O + 2\bar{e} = H_2 + 2OH^-$ | $2Cl^- - 2\bar{e} = Cl_2$        |
| <b>3</b>   | $2H_2O + 2\bar{e} = H_2 + 2OH^-$ | $4OH^- - 4\bar{e} = O_2 + 2H_2O$ |
| <b>4</b>   | $Ag^+ + 1\bar{e} = Ag$           | $2H_2O - 4\bar{e} = O_2 + 4H^+$  |
| <b>5</b>   | $Cu^{2+} + 2\bar{e} = Cu$        | $2H_2O - 4\bar{e} = O_2 + 4H^+$  |
| <b>6</b>   | $2H_2O + 2\bar{e} = H_2 + 2OH^-$ | $2H_2O - 4\bar{e} = O_2 + 4H^+$  |

**Примечание:** по 0,5 б. за каждую верную полуреакцию или электронное уравнение (0,25 б. за верные формулы всех частиц участников процесса; 0,25 б. за верные коэффициенты). Если написано и одно и другое, то оценивается тот вариант, которые набирает больше баллов. Баллы ставятся только в том случае, если уравнение полуреакции/электронное уравнение соответствует истинному содержанию пробирки и содержанию пробирки, предложенного участником в качестве ответа. Если предложено несколько вариантов, то оценивается тот, который получает наименьшее количество баллов. Принимаются в качестве верных и варианты вида:  $2H^+ + 2e^- = H_2$ ;  $2H^+ + 2e^- = H_2^0$ ; т.д.

6 б.

**е) На катоде происходит процесс восстановления, поэтому катод подключается к отрицательному полюсу.**

1 б.

| Электрод | № раствора |          |          |          |          |          |
|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|          | <b>1</b>   | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> |
| Катод    | малинов.   | малинов. | малинов. | б/цв     | б/цв     | малинов. |
| Анод     | б/цв       | б/цв     | малинов. | б/цв     | б/цв     | б/цв     |

3 б.

**Примечание:**

Верный ответ +0,25 б. Неверный ответ -0,25 б.

Верным считается ответ, совпадающий с правильным ответом из таблицы и одновременно соответствующий ответу участника на задание д) или, при его отсутствии, содержанию пробирок, представленного участником (задание а)). Если ни то ни другое не указано, то 0 баллов.

Если сумма баллов за заполнение таблицы отрицательна, то за заполнение таблицы будет ставиться 0 баллов.