

## 10 класс

Максимально 50 баллов.

Засчитываются решения 4 задач с максимальными баллами

### 10-1

1) При смешивании растворов сульфата цинка и гидроксида бария протекает следующая реакция:



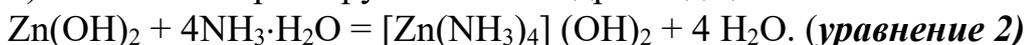
При этом, поскольку исходные вещества были взяты в равных количествах, то образующийся осадок будет состоять из эквимольной смеси сульфата бария и гидроксида цинка. Пусть в осадке  $x$  моль сульфата бария, тогда в нём же  $x$  моль гидроксида цинка, тогда:

$$m(\text{BaSO}_4) + m(\text{Zn(OH)}_2) = 233 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot x \text{ моль} + 99 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot x \text{ моль}$$
$$332x \text{ г} = 3,32 \text{ г}$$

Откуда исходные количества сульфата цинка и гидроксида бария в растворах составляют по 0,01 моль. Рассчитаем массовые доли веществ:

$$\omega(\text{Ba(OH)}_2) = \frac{m(\text{Ba(OH)}_2)}{m_{\text{раствора}}} = \frac{0,01 \text{ моль} \cdot 171 \text{ г/моль}}{100 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл}} = 0,0171 = 1,71\%$$
$$\omega(\text{ZnSO}_4) = \frac{m(\text{ZnSO}_4)}{m_{\text{раствора}}} = \frac{0,01 \text{ моль} \cdot 161 \text{ г/моль}}{100 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл}} = 0,0161 = 1,61\%$$

2) С аммиаком реагирует только гидроксид цинка:



В фильтрате находится аммиачный комплекс, который разрушается в эксикаторе. В растворе аммиаката цинка имеет место равновесие:



Серная кислота взаимодействует с аммиаком, сдвигая равновесие вправо до полного разрушения комплекса. суммарное уравнение:



По уравнениям 2-3  $n(\text{Zn(OH)}_2) = n([\text{Zn(NH}_3)_4]) = 0,01 \text{ моль}$ .

$$m(\text{Zn(OH)}_2) = 0,01 \text{ моль} \cdot 99 \text{ г/моль} = 0,99 \text{ г}$$

### Критерии оценивания

1. За уравнения реакций 1 - 3 по 1 баллу - 3 балла
2. За определение массовых долей солей в исходных растворах по 3 балла - 6 баллов.
3. За определение состава и расчет массы осадка - 3,5 балла

Итого – 12,5 баллов

### 10-2

Уравнение реакции:  $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2$

$$n(\text{CO}_2) = V : V_m = 0,672 : 22,4 = 0,03 \text{ моль}$$

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CO}_2) = 0,03 \text{ моль}; m(\text{CaCO}_3) = 0,03 \text{ моль} \cdot 100 \text{ г/моль} = 3 \text{ г}$$

$$n(\text{HCl}) = \frac{\omega(\text{HCl}) \cdot m(p - pa)}{M(\text{HCl})} = \frac{0,015 \cdot 150}{36,5} = 0,06 \text{ моль}. \text{ Вся кислота прореагировала.}$$

В конечном растворе  $m(\text{CaCl}_2) = m(\text{исходном р-ре}) + m(\text{образовавшегося})$ .

В исходном растворе:  $m(\text{CaCO}_3) = 150 \cdot 0,03 = 4,5 \text{ г}$

В образовавшемся растворе:  $n(\text{CaCl}_2) = n(\text{CO}_2) = 0,03 \text{ моль};$

$m(\text{CaCl}_2) = 0,03 \text{ моль} \cdot 111 \text{ г/моль} = 3,33 \text{ г}$

Общая масса -  $m(\text{CaCl}_2) = 4,5 + 3,33 = 7,83 \text{ г}$ .

Масса конечного раствора

$m(p - pa) = m(\text{исх. р-ра}) + m(\text{CaCO}_3) - m(\text{CO}_2) = 150 + 3 - 0,03 \cdot 44 = 151,68 \text{ г}$

$$\omega(\text{CaCl}_2) = \frac{m(\text{CaCl}_2)}{m(p - pa)} = \frac{7,83}{151,68} = 0,0516$$

### Критерии оценивания

- |  |             |
|--|-------------|
| 1. За уравнение реакции                                | - 1 балл    |
| 2. За расчет массы хлорида кальция в конечном растворе | - 6 баллов  |
| 3. За расчет массы конечного раствора                  | - 4,5 балла |
| 4. За расчет массовой доли хлорида кальция             | - 1 балл    |
| Итого - 12,5 баллов                                    |             |

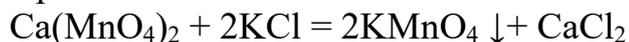
### 10-3

Исходя из цвета и сильных окислительных свойств неорганической соли А можно предположить, что это перманганат некоторого металла, тогда при добавлении к её насыщенному раствору хлорида калия образуется менее растворимый перманганат калия В =  $\text{KMnO}_4$ . Поскольку при взаимодействии соли А с карбонатом натрия образуется белый осадок С, растворимый в разбавленной  $\text{HCl}$ , то можно предположить, что С - карбонат металла, содержащегося в А. Наиболее часто нерастворимые карбонаты образуют двухзарядные катионы металлов, тогда А -  $\text{M}(\text{MnO}_4)_2$ , а С -  $\text{MCO}_3$ . Пусть  $x$  г/моль - молярная масса металла, тогда:

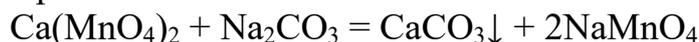
$$\frac{m(\text{M}(\text{MnO}_4)_2)}{m(\text{MCO}_3)} = \frac{M(\text{M}(\text{MnO}_4)_2)}{M(\text{MCO}_3)} = \frac{x + 55 \cdot 2 + 16 \cdot 8}{x + 12 + 16 \cdot 3} = \frac{x + 238}{x + 60} = \frac{2,78 \text{ г}}{1,00 \text{ г}} = 2,78$$

Откуда  $x = 40$  г/моль, тогда М - Са.

Уравнение 1



Уравнение 2



Уравнение 3



Уравнение 4



Уравнение 5



A – Ca(MnO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>

B – KMnO<sub>4</sub>

C – CaCO<sub>3</sub>

### Критерии оценивания

1. За определение веществ A и B по 2,5 балла - 5 баллов

2. За определение формулы вещества C - 0,5 балла.

3. За уравнения 1-3 по 1 баллу - 3 балла

4. За уравнения 4, 5 по 2 балла - 4 балла

Итого – 12,5 баллов

### 10-4

По закону Гесса найдем энтальпию разложения пероксида водорода



$$Q = Q_{\text{обр.}}(\text{H}_2\text{O}) - Q_{\text{обр.}}(\text{H}_2\text{O}_2) = 285,8 - 187,0 = 98,8 \text{ (кДж/моль)}.$$

Теплоемкость калориметра была одинаковой в эксперименте по разложению пероксида водорода и нагреванию калориметра резистора (потерей массы содержимого калориметра в ходе реакции за счет выделения кислорода можно пренебречь)

$$c = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Учитывая закон Джоуля-Ленца

$$Q = IUt, \text{ где}$$

t – время прохождения электрического тока (сек), U – напряжение, I – сила тока.

Можно записать равенство:

$$\frac{Q_1}{\Delta t_1} = \frac{IUt}{\Delta t_2}, \text{ где}$$

Q<sub>1</sub> – количество теплоты, выделившейся при разложении пероксида водорода,  
Δt<sub>1</sub> – изменение температуры калориметра при разложении пероксида водорода,  
Δt<sub>2</sub> – изменение температуры калориметра ПРИ пропускании электрического тока

Отсюда

$$Q_1 = \frac{\Delta t_1 IUt}{\Delta t_2} = \frac{15 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 240}{10} = 7200 \text{ (Дж)}$$

Учитывая, что в калориметре первоначально находилось 0,1 моль пероксида водорода (1 моль/л · 0,1 л = 0,1 моль), при его разложении максимально может выделиться

$$98800 \text{ Дж/моль} \cdot 0,1 \text{ моль} = 9880 \text{ Дж}$$

Доля пероксида водорода, разложившегося через 15 минут от начала эксперимента составит

$$\frac{7200}{9880} = 0,728 (\approx 73\%)$$

### Критерии оценивания

- |  |              |
|--|--------------|
| 1. За уравнение реакции  | – 0,5 балла  |
| 2. За расчет теплового эффекта реакции                                   | - 2 балла    |
| 3. За нахождение теплоты, выделившейся при разложении пероксида водорода | - 8 баллов : |
| - использование формул для теплоемкости                                  | - 1 балл     |
| - использование закона Джоуля-Ленца                                      | - 1 балл     |
| - составление выражения, основанного на равенстве теплоемкостей          | - 2 балла    |
| - за расчет  | - 4 балла.   |
| 4. За нахождение максимальной теплоты                                    | - 1 балл     |
| 5. За нахождение доли разложившегося пероксида водорода                  | - 1 балл     |
| Итого : 12,5 баллов  |              |

### 10-5

1) При гидролизе карбида кальция наблюдается выделение ацетилена (вещество 1), которое вступает в реакцию Зелинского в классических условиях с образованием бензола (вещество 2). Ацетилен способен вступать в реакцию гидратации с образованием этанола (уксусный альдегид, вещество 7). Альдегид содержит в себе атом углерода в промежуточной степени окисления и способен вступать в окислительно-восстановительные реакции, проявляя свойства восстановителя. Уксусный альдегид окисляется до уксусной кислоты (вещество 8). Использование хлористого тионила – классический способ получения хлорангидридов (вещество 9) из карбоновых кислот.

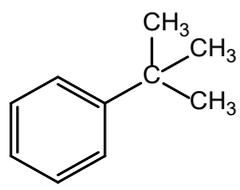
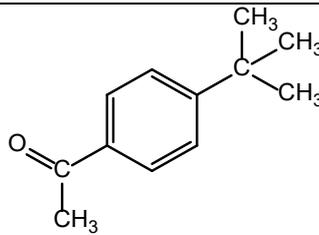
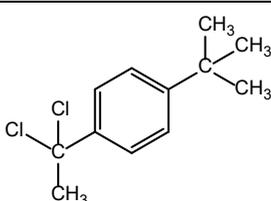
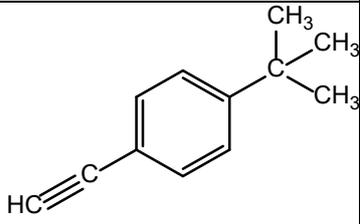
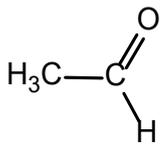
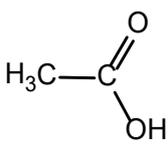
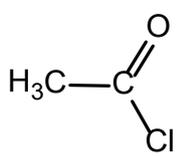
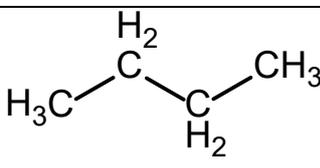
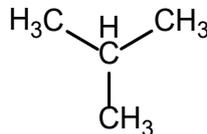
Брутто-формула вещества 10 намекает на сдваивание двух молекул ацетилена – образуется диацетилен. Диацетилен является непредельным соединением, которое может гидрироваться до более насыщенных (алкенов, алканов). Достаточно жесткие условия реакции и дальнейшая обработка соединения хлоридом алюминия позволяет установить структуру вещества 11 – н-бутан, который изомеризуется в изобутан (вещество 12).

Радикальное бромирование алканов отличается повышенной селективностью. При бромировании наблюдается замещение с образованием наиболее устойчивого радикала. Бромирование изобутана приводит к образованию *трет*-бутилбромида, поскольку промежуточно образуется более устойчивый третичный радикал.

Обработка бензола *трет*-бутилбромидом в присутствии кислоты Льюиса ( $\text{AlCl}_3$ ) – пример реакции алкилирования по Фриделю-Крафтсу. *Трет*-бутил часто используют в качестве защитной группы благодаря достаточно большим размерам заместителя (стерические затруднения). При ацилировании *трет*-бутилбензола существует два положения для введения ацетильного фрагмента – орто- и пара-. Из-за стерических затруднений в орто-положении ацильный фрагмент оказывается в пара-положении по отношению к трет-бутилу.

Одним из способов получения геминальных галогенидов является использование пентахлорида фосфора. Фосфор благодаря своему родству к кислороду превращается в оксихлорид фосфора (V). В условиях реакции отщепления галогеноводородов для соединения 5 возможен один вариант отщепления атомов водорода – от ближайшей метильной группы. При этом образуется ацетиленовый фрагмент в молекуле 6. Превращение вещества 6 в X – реакция Зелинского с катализатором, предложенным Реппе. В условии это соединение упоминается как «комплексное соединение никеля».

Таким образом, структуры веществ:

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
$\text{HC}\equiv\text{CH}$			
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
			
<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
	$\text{HC}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{CH}$		
<b>13</b>		<b>X</b>	

