

**Заключительный этап академического соревнования Олимпиады школьников
«Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело»
специализация «Химические технологии»
(общеобразовательный предмет химия), весна 2024 год**

10, 11 классы

Вариант 1

Задача 1 (5 баллов). На основе понятий валентности и степени окисления приведите графические формулы хлорида аммония и гидроортофосфата магния. Укажите характер химических связей в каждом соединении, валентности и степени окисления элементов.

Задача 2 (5 баллов). Для полной нейтрализации некоторого количества гидроксида натрия потребовалось m граммов бромоводорода. Вычислите массу серной кислоты (г), необходимую для замены бромоводорода в реакции нейтрализации.

Задача 3 (10 баллов). В четырех пробирках без этикеток находятся водные растворы уксусной кислоты, ацетальдегида, этанола и соляной кислоты. Массовая доля всех растворов составляет ~10%. Как различить все эти соединения используя один реактив. Ответ обоснуйте и приведите уравнения химических реакций.

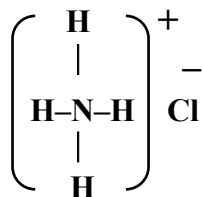
Задача 4 (15 баллов). Технический пропанол содержит 5% (по объему) примесей и имеет плотность 0,79 г/мл. Взаимодействие технического пропанола с металлическим калием приводит к выделению водорода, которым можно полностью гидрировать 25,4 г бутадиена-1,3. Определите объем технического пропанола, вступившего в реакцию.

Задача 5 (15 баллов). При хранении красный фосфор, подвергается неконтролируемому окислению кислородом воздуха с образованием декаоксида тетрафосфора (V) P_4O_{10} . Этот оксид способен поглощать влагу из воздуха с образованием тетраметафосфорной кислоты $(HPO_3)_4$. Для очистки красного фосфора от примеси этой кислоты, его промывают водным раствором кальцинированной соды, которая нейтрализует тетраметафосфорную кислоту с образованием гидроортофосфата натрия. Растворы щелочей для этих целей не используют, т.к. возможна реакция с образованием фосфина PH_3 и гипофосфита натрия NaH_2PO_2 . После промывания, фосфор высушивают в атмосфере инертных газов. Приведите уравнения всех четырех перечисленных реакций. Для окислительно-восстановительных реакций приведите схемы электронного баланса. Рассчитайте массу кальцинированной соды (г), которая потребуется для нейтрализации тетраметафосфорной кислоты, если содержание декаоксида тетрафосфора в образце красного фосфора массой 10 г составляет ~1 % (по массе)?

Решение варианта 1

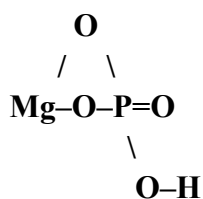
1. *Валентность* – количество химических связей, образованных атомом в соединении.

Степень окисления – условный заряд атома, вычисленный в предположении, что вещества состоят из ионов.



Атом	Н	Н	Cl
Валентность	1	4	1
Степень окисления	+1	+3	+1

Три связи N–H – ковалентные полярные; одна связь N–H – донорно-акцепторная; связь N–Cl ионная.



Атом	Mg	Н	Р	О
Валентность	2	1	5	2
Степень окисления	+2	+1	+5	-2

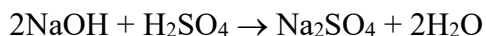
Связи Mg–O – ионные, остальные связи - ковалентные полярные.

2. Определим количество гидроксида натрия



1 моль — 1 моль

X моль — X моль = $v(\text{HBr}) = m/81$ моль $\Rightarrow v(\text{NaOH}) = m/81$ моль



2 моль – 1 моль

X моль — X/2 моль = $v(\text{H}_2\text{SO}_4) = m/2 \cdot 81$ моль $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \text{ г/моль}$

Масса серной кислоты $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = (m/2 \cdot 81) \cdot 98 \approx 0,6 m$.

Ответ. $m(\text{H}_2\text{SO}_4) \approx 0,6 m$

3. Один из вариантов решения.

Все соединения можно различить, используя один реактив - аммиачный раствор оксида серебра. При приливании реактива происходят следующие изменения растворов:

№ раствора	состав раствора	изменение реакционной смеси
1	уксусная кислота	бурый осадок – оксида серебра
2	ацетальдегид	реакция «серебряного зеркала»
3	этанол	без изменений
4	соляная кислота	белый осадок – хлорида серебра

1. $4\text{CH}_3\text{COOH} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow 4\text{CH}_3\text{COONH}_4 + \text{Ag}_2\text{O} \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ (без избытка уксусной кислоты)

t°

2. $\text{CH}_3\text{-CH=O} + 2\text{Ag}[(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{-COONH}_4 + 3\text{NH}_3 + 2\text{Ag} \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

3. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH} + \text{Ag}[(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow$ нет реакции

4. $3\text{HCl} + \text{Ag}[(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow 2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{AgCl} \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

4. $2\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} + 2\text{K} \rightarrow 2\text{C}_3\text{H}_7\text{OK} + \text{H}_2 \uparrow$

2 моль $\xrightarrow{\hspace{10em}}$ 1 моль

$2\text{H}_2 + \text{C}_4\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_4\text{H}_{10}$

$M(\text{C}_4\text{H}_6) = 54 \text{ г/моль}$

2 моль \rightarrow 1 моль

$v(\text{C}_4\text{H}_6) = \frac{m(\text{C}_4\text{H}_6)}{M(\text{C}_4\text{H}_6)} = \frac{25,4}{54} \approx 0,47 \text{ моль} \Rightarrow v(\text{H}_2) = 2 \cdot v(\text{C}_4\text{H}_6) = 0,94 \text{ моль}$ $M(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 60 \text{ г/моль}$

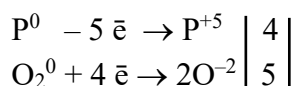
$v(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 2 \cdot v(\text{H}_2) = 0,94 \cdot 2 = 1,88 \text{ моль} \Rightarrow m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 1,88 \cdot 60 = 112,8 \text{ г}$

$V(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = \frac{m}{\rho} \approx 142,8 \text{ мл}; \varphi(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = 100 - 5 = 95\%$

$V_{\text{технич}}(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) = \frac{m(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH})}{\varphi} \cdot 100\% \approx 150,32 \text{ мл}$

Ответ. $V_{\text{технич}}(\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}) \approx 150,32 \text{ мл}$

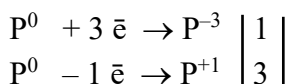
5. $4\text{P} + 5\text{O}_2 \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10}$



$\text{P}_4\text{O}_{10} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{HPO}_3)_4$

$(\text{HPO}_3)_4 + 4\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 4\text{Na}_2\text{HPO}_4 + 4\text{CO}_2 \uparrow$

$4\text{P} + 3\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PH}_3 \uparrow + 3\text{NaH}_2\text{PO}_2$



Рассчитаем массу декаоксида тетрафосфора в образце красного фосфора

$4\text{P} + 5\text{O}_2 \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10}$

$m(\text{P}_4\text{O}_{10}) = 1 \cdot 10 / 100\% = 0,1 \text{ г}$

Рассчитаем массу образовавшейся тетраметафосфорной кислоты

$\text{P}_4\text{O}_{10} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{HPO}_3)_4$

1 моль — 1 моль

$v(\text{P}_4\text{O}_{10}) = 0,1 / 284 \approx 0,00035 = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ моль} = v((\text{HPO}_3)_4)$

$M(\text{P}_4\text{O}_{10}) = 284 \text{ г/моль}$

$(\text{HPO}_3)_4 + 4\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 4\text{Na}_2\text{HPO}_4 + 4\text{CO}_2 \uparrow$

$M((\text{HPO}_3)_4) = 320 \text{ г/моль}$

1 моль — 4 моль

0,00035 моль — X моль

$X = v(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,0014 \text{ моль}$

$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль}$

$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,0014 \cdot 106 = 0,1484 \approx 0,15 \text{ г}$

Ответ. $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) \approx 0,15 \text{ г}$.

**Инженерное дело, специализация «Химические технологии»
критерии оценивания 10, 11классы**

Критерии оценивания задания 1		
<i>Решение содержит следующие элементы</i> (элемент решения сделан верно и полно)		<i>Максимальный балл за элемент решения</i> (баллы за каждый верный элемент решения суммируются)
1	Приведены структурные формулы веществ	2
2	Определены валентности всех элементов	1
3	Определены степени окисления всех элементов	1
4	Указаны типы химических связей	1

Критерии оценивания задания 2		
<i>Решение содержит следующие элементы</i> (элемент решения сделан верно и полно)		<i>Максимальный балл за элемент решения</i> (баллы за каждый верный элемент решения суммируются)
1	Рассчитано количество гидроксида натрия	2
2	Рассчитано количество серной кислоты	2
3	Рассчитана масса серной кислоты	1

Критерии оценивания задания 3		
<i>Решение содержит следующие элементы</i> (элемент решения сделан верно и полно)		<i>Максимальный балл за элемент решения</i> (баллы за каждый верный элемент решения суммируются)
1	Выбрано вещество для распознавания веществ	2
2	Приведены уравнения всех реакций	4
3	Отмечены изменения растворов во всех реакциях	4

Критерии оценивания задания 4		
<i>Решение содержит следующие элементы</i> (элемент решения сделан верно и полно)		<i>Максимальный балл за элемент решения</i> (баллы за каждый верный элемент решения суммируются)
1	Записаны уравнения химических реакций	3
2	Рассчитано количество бутадиена	3
3	Рассчитано количество водорода	3
4	Рассчитано количество спирта	3
5	Рассчитан объём технического спирта	3

Критерии оценивания задания 5

<i>Решение содержит следующие элементы</i> <i>(элемент решения сделан верно и полно)</i>		<i>Максимальный балл за элемент решения</i> <i>(баллы за каждый верный элемент решения суммируются)</i>
1	Приведены химические уравнения реакций	5
2	Приведены схемы электронного баланса реакций	5
3	Рассчитана масса кальцинированной соды	5