

Задания заочного тура Олимпиады школьников «Агро» по химии 2024-25

1. Соль Мора – кристаллическое соединение зеленоватого цвета, широко применяется в промышленности, быту и сельском хозяйстве. Одно из применений в ветеринарии – использование в качестве средства для увеличения числа кровяных телец.
 - 1) Приведите формулу и укажите действующее вещество соли Мора.
 - 2) За счет какого компонента соли Мора обеспечивается его использование в качестве средства для повышения числа кровяных телец?
 - 3) Опишите пять вариантов применения соли Мора в промышленности, быту и сельском хозяйстве.
 - 4) Каковы условия хранения соли Мора?
 - 5) Рассчитайте массовую долю оставшегося в образце железа после длительного хранения соли Мора, если при проведении весового анализа 0,6048 г образца соли (обработка гидроксидом аммония с последующим прокаливанием) получили 0,2098 г оксида железа (III)?

(15 баллов)
2. Тиосульфат натрия (натрий серноватистокислый пятиводный) находит широкое применение в пищевой промышленности (добавка E539) как антиокислитель, консервант и антислеживающий реагент. В медицине и фармакологии — антидот при отравлениях тяжелыми металлами (серебро, ртуть и пр.) и их соединениями, бромом, цианидами, лидокаином; наружное средство против воспалений, ожогов, чесоточных клещей, грибковых заболеваний кожи; препарат, стимулирующий эндокринную систему и систему тканевых макрофагов (особых эпителиальных клеток).
 - 1) Рассчитайте массу $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, необходимую для приготовления 500 мл 5% раствора тиосульфата натрия.
 - 2) Напишите уравнения реакций тиосульфата натрия с растворами HCl , I_2 , Cl_2 , FeCl_3 , AgNO_3 .
 - 3) Почему препарат используют при лечении чесотки, при отравлении галогенами, цианидами и другими ядами?

(15 баллов)
3. Из крезолов в ветеринарии чаще применяют сырой крезол (техническая карболовая кислота, неочищенная карболовая кислота) как антимикробное и противопаразитическое и дезинфекционное средство. Крезол представляет собой желтовато-бурую жидкость своеобразного пригорелого запаха, мало растворима в воде, хорошо растворяется в мыле. Крезол применяется в виде крезоловой воды, которая применяется для дезинфекции загрязненных деревянных, металлических предметов, кожи.
 - 1) Напишите структурные формулы возможных крезолов, дайте им названия.
 - 2) Напишите уравнения реакции получения из толуола бензилового спирта и пара-крезола. Изомерами или гомологами они являются?

3) Какое из этих соединений реагирует со щелочью? Почему? Напишите уравнения реакций.

(15 баллов)

4. Олеум широко используется в таких промышленных процессах, как производство серной кислоты, синтезе ряда ценных органических веществ, где выступает в роли сульфлирующего и обезвоживающего реагента.

200 г 15% олеума смешали с 30% раствором серной кислоты с плотностью 1,224 г/мл. Какую массу 30% раствора нужно взять для получения 50% раствора серной кислоты?

(15 баллов)

5. Пирометаллургия – это старейшая область металлургии. Использование огня позволяло древним людям плавить и отливать металлические изделия из найденных самородков и руды. Пирометаллургия представляет собой совокупность металлургических процессов, протекающих при высоких температурах (700–2000 °С). Является основой производства чугуна и стали, свинца, меди, цинка и других металлов.

Рассчитайте молярные массы оксида и металла, если на восстановление 1,19 г оксида металла потребовалось 336 мл водорода. Назовите металл (валентность II).

(15 баллов)

6. В природе широко распространены процессы гидролиза. Процесс усвоения пищи животными невозможен без гидролиза белков, жиров, углеводов и нуклеиновых кислот. При гидролизе солей возникает необходимая для протекания тех или иных реакций среда. В тканях животных осуществляется автоматическое регулирование внутренней среды с определенным значением водородного показателя. В почве за счет гидролиза солей поддерживается определенная реакция среды. Процесс выветривания горных пород также является следствием гидролиза.

Напишите уравнения реакций гидролиза гидрофосфата натрия и дигидрофосфата натрия в молекулярном, полном ионном и сокращенном ионном виде. Какая среда в растворе каждой из этих солей? Ответ обоснуйте.

(15 баллов)

7. С веществом X_1 , являющимся солью, провели пламенную реакцию, наблюдали пламя желтого цвета. После воздействия на эту соль концентрированной серной кислотой из соли выделилось вещество X_2 , которое способно реагировать с медицинским спиртом с образованием вещества X_3 , со свежим фруктовым запахом. Если сжечь вещества X_2 и X_3 , то в два раза меньше углекислого газа образуется при сгорании вещества X_2 .

1) Приведите формулы веществ X_1 , X_2 , X_3 .

2) Напишите уравнения всех описываемых реакций.

Ответы Олимпиада по химии (Агро) заочный тур 24-25

Задание 1.

- 1) формула $\text{FeSO}_4 \times (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \times 6\text{H}_2\text{O}$. Основным действующим веществом являются ионы железа Fe^{2+} .
- 2) Железо входит в состав гемоглобина и железосодержащих ферментов, участвующих в тканевом окислении. Его недостаток в рационе вызывает снижение синтеза гемоглобина, что приводит к анемии, потере аппетита, замедлению роста, повышенной восприимчивости к заболеваниям.
- 3) Применение находят во многих отраслях. 1 – в химии – для анализа концентрации вещества в растворах (для перманганата калия – чтобы установить титр, при объемном определении ванадия, хрома, эфира и этилового спирта). 2 – Соль нашла применение также в деревообработке – сильно концентрированный ее раствор используют для пропитки древесины, чтобы предотвратить гниение. 3 – соль Мора можно применять в качестве пищевой добавки в животноводстве для увеличения количества кровяных телец, повышая уровень гемоглобина в крови. 4 – для определения уробилина в лабораторной диагностике; 5 – в дозиметре Фрике, роль соли Мора заключается в том, что она помогает измерять высокие дозы гамма-излучения.
- 4) Хранение соли Мора: в сухом помещении, без доступа влаги и кислот, при температуре, не превышающей 40°C .

5)

Дано:

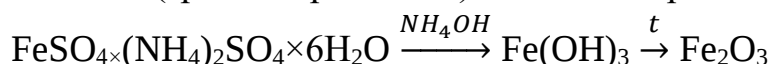
$$m(\text{FeSO}_4 \times (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \times 6\text{H}_2\text{O}) = 0,6048 \text{ г}$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,2098 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Fe}^{2+}) = ?$$

Решение:

1. Весовой (гравиметрический) анализ содержания железа проводят по схеме:



2. Найдем количество вещества Fe_2O_3

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{m(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{M(\text{Fe}_2\text{O}_3)} = \frac{0,2098}{160} = 0,0013 \text{ моль}$$

3. $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2n(\text{Fe}^{2+}) = 2 \cdot 0,0013 \text{ моль} = 0,0026 \text{ моль}$

4. Рассчитаем массу ионов железа:

$$m_{\text{в-ва}}(\text{Fe}^{2+}) = n \cdot M = 0,0026 \cdot 56 = 0,1456 \text{ г.}$$

5. Найдем массовую долю железа в соли Мора:

$$\omega(\text{Fe}^{2+}) = \frac{m(\text{Fe}^{2+})}{m(\text{соли Мора})} 100\% = \frac{0,1456}{0,6048} 100\% = 24,1\%$$

Ответ: $\omega(\text{Fe}^{2+}) = 24,1\%$.

(15 баллов)

Задание 2.

А) Задача

Дано:

$V(\text{раствора}) = 500 \text{ мл}$

$\omega(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 5\% = 0,05$

$m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = ?$

$M(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 158 \text{ г/моль}$

$M(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 248 \text{ г/моль}$

Решение:

1. Используя справочные данные, рассчитаем массу раствора тиосульфата натрия :

$$m(\text{р-ра}) = \rho \cdot V = 1,04 \text{ г/мл} \cdot 500 \text{ мл} = 520 \text{ г}$$

2. Найдем массу вещества тиосульфата натрия в этом растворе:

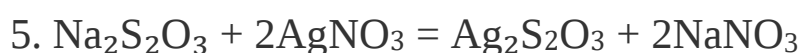
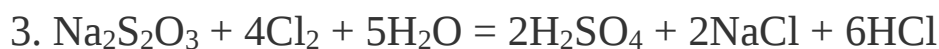
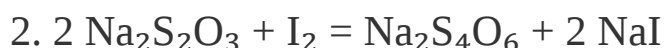
$$m_{\text{в-ва}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = \omega \cdot m(\text{р-ра}) = 0,05 \cdot 520 = 26 \text{ г.}$$

3. Пересчитаем массу тиосульфата натрия на массу кристаллогидрата:

$$\frac{m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{M(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)} = \frac{m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}{M(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O})},$$

$$\text{Тогда } m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \frac{26 \cdot 248}{158} = 40,81 \text{ г}$$

Б) Уравнения реакций

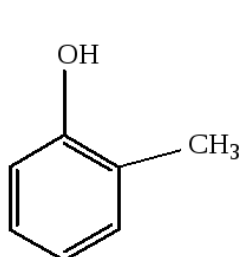




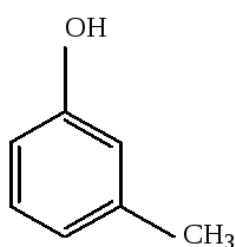
В) Использование тиосульфата натрия (20% раствор) при чесотке обусловлено его способностью расщепляться в кислой среде на серу и сернистый ангидрид, которые при взаимодействии с чесоточным клещом губительно влияют на него.

Тиосульфат натрия при отравлении галогенами, цианидами и другими ядами оказывает дезинтоксикационное действие, действуя как [комплексообразующее](#) средство. При отравлении соединениями [As](#), [Hg](#), [Pb](#) образует неядовитые [сульфиды](#) и роданиды.

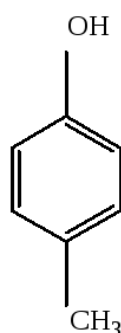
Задание 3.



о-крезол



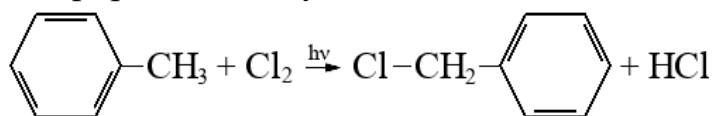
м-крезол



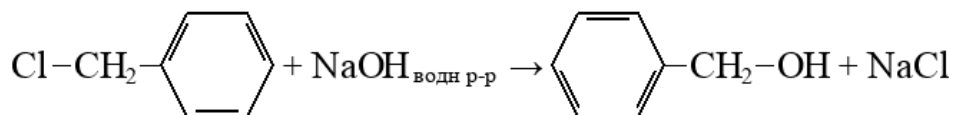
п-крезол

Получение бензилового спирта из толуола возможно в две стадии:

1) Хлорирование толуола

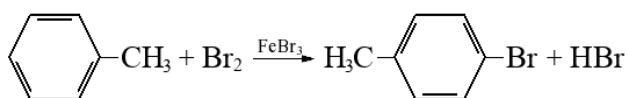


2) Щелочной гидролиз галогеналканов:



п-крезол из толуола возможно получить в две стадии:

1) Каталитическое галогенирование толуола: (Реакция дает смесь орто- и пара- замещенных продуктов, показан лишь один из компонентов смеси.

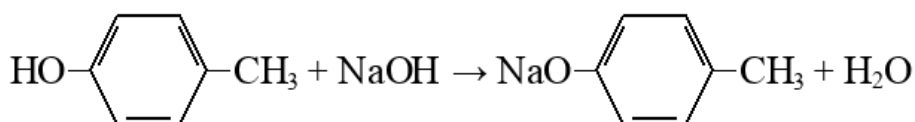


2) Сплавление с гидроксидом натрия (твердый), получаем смесь продуктов (п-крезол + м-крезол + о-крезол)



Бензиловый спирт и крезол являются изомерами состава $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$, так имеют одинаковую молекулярную формулу, но разное строение и относятся к разным классам органических соединений.

Крезол может вступать в реакцию с гидроксидом натрия, т.к. его кислотные свойства выражены сильнее за счет непосредственного контакта гидроксогруппы с ароматическим кольцом и вовлечения неподеленной пары электронов кислорода в сопряжении.



Задание 4.

Дано:

$m(\text{олеума}) = 200 \text{ г}$

$\omega(\text{олеума}) = 15\%$

$\rho_{\text{р-ра}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,224 \text{ г/мл}$

$\omega_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 30\%$

$\omega_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 50\%$

$m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{30\%} = ?$

Решение:

- Олеум, или дымящаяся серная кислота, является раствором оксида серы (VI) в серной кислоте.
- Найдем содержание SO_3 в олеуме и растворах кислоты:
 А) 100 г олеума содержит 15 г SO_3 , (физический смысл массовой доли)
 а 200 г олеума содержат **30 г SO_3** .

Тогда чистой серной кислоты в олеуме $200 - 30 = 170 \text{ г}$.

Рассчитаем, сколько SO_3 содержится в 170 г серной кислоты, входящей в состав олеума.

98 г H_2SO_4 содержит 80 г SO_3 , (соотношение молярных масс)

170 г H_2SO_4 содержит x г SO_3

$X = 170 \cdot 80 : 98 = 138,78 \text{ г. SO}_3$

Таким образом, в олеуме содержится $30 + 138,78 = 168,78$ г SO_3 .

Б) Рассчитаем содержание SO_3 в 30% серной кислоте, где в 100 г раствора содержится 30 г чистой серной кислоты

98 г H_2SO_4 содержит 80 г SO_3 , (соотношение молярных масс)

30 г H_2SO_4 содержит y г SO_3

$$y = 30 \cdot 80 : 98 = 24,49 \text{ г } \text{SO}_3.$$

В) Рассчитаем содержание SO_3 в 50% серной кислоте, где в 100 г раствора содержится 50 г чистой серной кислоты

98 г H_2SO_4 содержит 80 г SO_3 , (соотношение молярных масс)

50 г H_2SO_4 содержит z г SO_3

$$z = 50 \cdot 80 : 98 = 40,82 \text{ г } \text{SO}_3.$$

3. Обозначим массу 30% раствора серной кислоты **a (г)**, тогда масса оксида серы (VI) в этой порции раствора будет $\frac{24,49 \cdot a}{100}$ г.
4. Обозначим массу 50% раствора серной кислоты **b (г)**, тогда масса оксида серы (VI) в этой порции раствора будет $\frac{40,82 \cdot b}{100}$ г.
5. Составим системы уравнений для расчета масс растворов кислоты:
$$\begin{cases} 200 + a = b & (\text{масса олеума} + \text{масса } 30\% \text{ H}_2\text{SO}_4 = \text{масса } 50\% \text{ H}_2\text{SO}_4) \\ 168,78 + \frac{24,49 \cdot a}{100} = \frac{40,82 \cdot b}{100} & (\text{масса SO}_3 \text{ в олеуме} + \text{масса SO}_3 \text{ в } 30\% \text{ H}_2\text{SO}_4 = \text{масса SO}_3 \text{ в } 50\% \text{ H}_2\text{SO}_4) \end{cases}$$
6. Решая систему уравнений, находим $a = 533,62$ г. – это масса 30% H_2SO_4 , которую необходимо добавить к 200 г олеума для получения 50% H_2SO_4 .
Ответ: $m_{\text{р-ра}}(\text{H}_2\text{SO}_4)_{30\%} = 533,62$ г.

Задание 5.

Дано:

$m(\text{MeO}) = 1,19$ г

$V(\text{H}_2) = 336$ мл

$M(\text{MeO}) = ?$

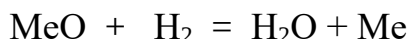
$M(\text{Me}) = ?$

Решение:

- 1) Найдем количество вещества водорода

$$n(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} = \frac{0,336}{22,4} = 0,015 \text{ моль}$$

2) Составим уравнение реакции, учитывая что металл двухвалентный, формула оксида будет MeO:



3) $n(\text{H}_2) = n(\text{MeO}) = 0,015 \text{ моль}$

4) Рассчитаем молярную массу оксида железа

$$n = \frac{m}{M}, \quad M(\text{MeO}) = \frac{m}{n} = \frac{1,19}{0,015} = 79,3 \text{ г/моль}$$

Молярная масса кислорода 16 г, значит молярная масса атома металла:

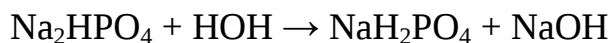
$$M(\text{Me}) = 79,3 - 16 = 63,3 \text{ г/моль}$$

Ответ: это медь Cu.

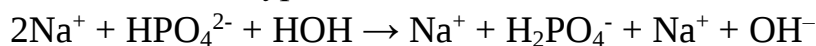
(15 баллов)

Задание 6.

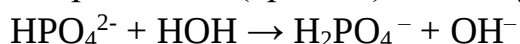
Молекулярное уравнение гидролиза гидрофосфата натрия:



Полное ионное уравнение

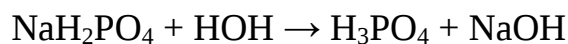


Сокращенное (краткое) ионное уравнение

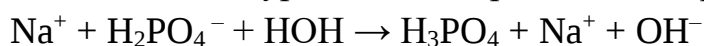


В результате гидролиза в растворе образовались гидроксид-ионы OH^- , поэтому среда слабощелочная ($\text{pH} > 7$).

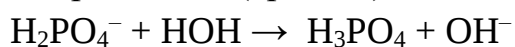
Молекулярное уравнение гидролиза дигидрофосфата натрия:



Полное ионное уравнение гидролиза дигидрофосфата натрия



Сокращенное (краткое) ионное уравнение



В результате гидролиза в растворе образовались гидроксид-ионы OH^- , однако за счет образования в растворе ортофосфорной кислоты и ее частичной диссоциации по уравнению :

$\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$ среда раствора **будет слабокислой ($\text{pH} < 7$)**. В данном случае гидролиз по аниону оказывает меньшее влияние, чем диссоциация ортофосфорной кислоты.

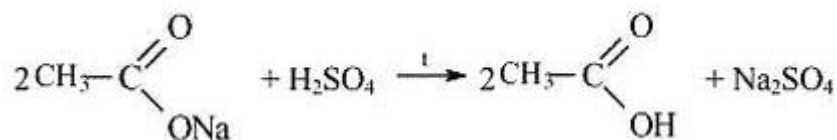
(15 баллов)

Задание 7.

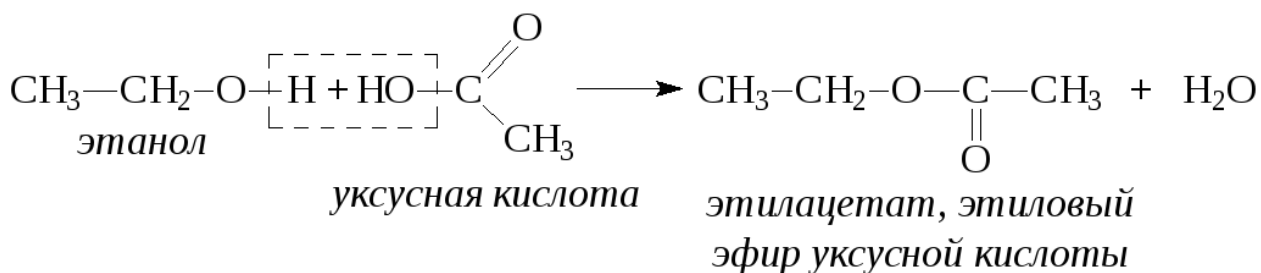
В желтый цвет пламя окрашивают соли натрия.

Ацетат натрия и серная кислота вступают в реакцию, в результате которой образуются уксусная кислота (вещество X₂) и сульфат натрия:

$2\text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}_2\text{SO}_4$. Или



Взаимодействие уксусной кислоты с этанолом (Реакция этерификации) с образованием сложного эфира этилацетата (X₃):



Реакция горения уксусной кислоты описывается уравнением:



Исходя из условия задачи, сложный эфир содержит количество атомов углерода в 2 раза больше, чем образуется при горении этанола, следовательно, в состав сложного эфира входит 4 атома углерода, два из них принадлежат остатку спирта этанола, два – остатку уксусной кислоты:

Реакция горения этилацетата (этилового эфира уксусной кислоты) выглядит так: $\text{CH}_3\text{COO}-\text{C}_2\text{H}_5 + 5\text{O}_2 = 4\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$.