

Химия 10 класс

1. Концентрация фосфорной кислоты в растворе 11 моль/дм³. Плотность раствора 1,53 г/см³. Какова массовая доля фосфорной кислоты в этом растворе? **(5 баллов)**

ОТВЕТ: Пусть $V(\text{р-ра}) = 1 \text{ дм}^3$, тогда $n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 11 \text{ моль}$ (**1 балл**); $m(\text{р-ра}) = 1000 \cdot 1,53 = 1530 \text{ г}$ (**1 балл**); $m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 11 \cdot 98 = 1078 \text{ г}$ (**1 балл**); $\omega(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1078 \cdot 100 / 1530 = 70,46 \%$ (**2 балла**). ИТОГО **5 баллов**

2. Медный купорос при прокаливании потерял 71,3% массы. Напишите формулу продукта прокаливании. **(5 баллов)**

ОТВЕТ: Медный купорос имеет формулу $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Рассчитаем массу, оставшуюся при прокаливании 1 моль купороса. $m = 249,5 \cdot 0,287 = 71,6 \text{ (г)}$. Учитывая, что медь не образует летучих соединений, вычтем её массу, останется около 8 г. Это соответствует половине моль кислорода, то есть после прокаливании остался оксид меди(I), Cu_2O . *Ответ без расчета оценивался в 2 балла.*

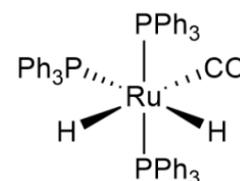
3. При проведении вольтамперометрического определения ионов металлов получают полярограммы, на которых концентрация металла в растворе (С) пропорциональна высоте полярографической волны (h):

$$C = K \cdot h$$

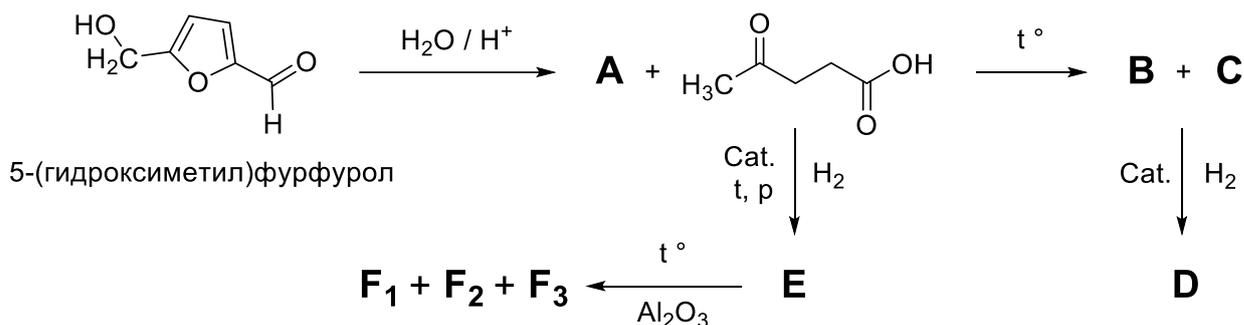
Для определения содержания ионов цинка воспользовались методом стандартного раствора. На полярограмме 100 см³ стандартного раствора хлорида цинка с концентрацией $1 \cdot 10^{-4} \text{ г/см}^3$ высота волны оказалась равна 55 мм. Навеску сплава, содержащего цинк, массой 0,521 г растворили в хлороводородной кислоте. При полярографировании 100 см³ полученного раствора высота волны составила 48 мм. По приведенным данным рассчитайте массовую долю в сплаве. **(20 баллов)**

ОТВЕТ: $C(\text{ZnCl}_2) = 1 \cdot 10^{-4} \cdot 48 / 55 = 8,73 \cdot 10^{-5} \text{ г/см}^3$ (**6 баллов**); $m(\text{Zn}) = C(\text{ZnCl}_2) \cdot V \cdot M(\text{Zn}) / M(\text{ZnCl}_2) = 8,73 \cdot 10^{-5} \cdot 100 \cdot 65 / 136 = 4,17 \cdot 10^{-3} \text{ г}$ (**6 баллов**); $\omega(\text{Zn}) = 4,17 \cdot 10^{-3} / 0,521 = 0,0080 = 0,80 \%$ (**8 баллов**). ИТОГО **20 баллов**. В случае решения без пересчета концентрации (или массы) хлорида цинка на цинк (ответ 1,68 %) максимум **15 баллов**.

4. Использование возобновляемых ресурсов для получения органических реагентов и топлива является важным направлением преобразования природопользования. Одним из первичных производных, получаемых из углеводов, является 5-(гидроксиметил)фурфурол, при кислотном гидролизе которого можно получить эквимолярное количество соединения **A** (жидкость) и левулиновой кислоты. При сильном нагреве левулиновая кислота превращается в смесь изомерных соединений **B** и **C**, не проявляющих кислотных свойств, каталитическое гидрирование которых приводит к одному и тому же продукту **D**. При гидрировании левулиновой кислоты в жестких условиях получается производное **E**, способное при дегидратации давать три изомерных продукта. Изобразите структуру всех зашифрованных соединений. Слева представлен один из катализаторов гидрирования. Напишите степень окисления рутения в нем и все его

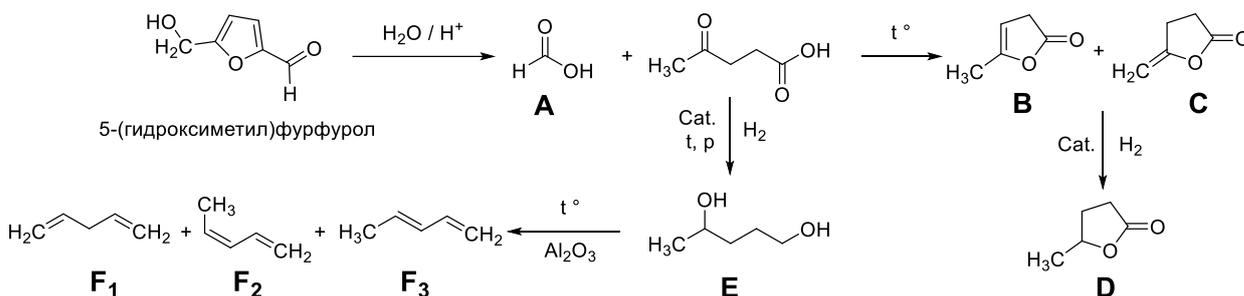


пространственные изомеры.

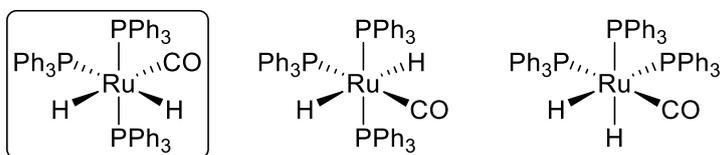


(20 баллов)

ОТВЕТ: Если вычесть из формулы 5-(гидроксиметил)фурфурола формулу леулиновой кислоты, окажется, что не хватает одного углерода, но есть лишний водород. Можно предположить, что должна присоединиться вода, но при добавлении одной молекулы для **A** получится формула CO, это не жидкость, при добавлении двух молекул получится H₂CO₂, что соответствует муравьиной кислоте. При нагревании леулиновой кислоты её карбоксильная группа должна прореагировать, в данном случае легче всего будет протекать присоединение к кетогруппе с последующим отщеплением воды. Жесткое гидрирование леулиновой кислоты приводит к двухатомному спирту, дегидратация которого дает 1,4- и 1,3-пентадиен. Последний может быть в форме *цис*- или *транс*-изомера. (структуры **A–C** и **F** оцениваются в 2 балла, **E** и **D** – по 1 баллу)



Для указанного катализатора можно изобразить ещё два пространственных изомера (по 2 балла, при изображении одинаковых вариантов в разной ориентации по 1 баллу):



В структуре катализатора фрагменты CO и PPh₃ представляют нейтральные частицы, а водороды – анионы H⁻, тогда степень окисления рутения +2 (2 балла).

5. Вы наверняка слышали о радиоуглеродном методе датировки исторических объектов растительного происхождения. Он связан с измерением содержания радиоактивного изотопа ¹⁴C в объекте и основан на том, что этот изотоп не меняет концентрацию в природе, так как образуется постоянно из-за космического излучения, интенсивность которого мало менялась за последние десятки тысяч лет. Живое растение активно обменивает углерод с атмосферой и имеет природное содержание, а мертвое постепенно

теряет его из-за радиоактивного распада с $T_{1/2} = 5730$ лет. Число атомов ^{14}C , оставшихся к данному моменту в образце равно $N = N_0 \cdot (1/2)^{t/T_{1/2}}$. Природное содержание ^{14}C характеризуется активностью 13,6 распадов в минуту в расчете на 1 г углерода. Активность образца, взятого из деревянного идола, составила 11,6 распадов в минуту в расчете на 1 г углерода. Учитывая погрешность измерения $\pm 0,2$ распада, определите возможный диапазон возраста идола. Какой максимальный возраст образца можно определить при такой точности? Какова мольная доля ^{14}C в природной смеси? Год примите за 365 дней. **(20 баллов)**

ОТВЕТ: Активность образца прямо пропорциональна числу радиоактивных атомов, поэтому зависимость активности от времени описывается тем же уравнением. Учитывая погрешность, реальная активность образца может иметь значение от 11,4 до 11,8. Подставим их в уравнение и рассчитаем время: $11,4 = 13,6 \cdot (1/2)^{t/5730}$; $t_1 = 5730 \cdot (\ln 13,6 - \ln 11,4) / \ln 2 = 1459$ (лет) **(4 балла)**, $t_2 = 5730 \cdot (\ln 13,6 - \ln 11,8) / \ln 2 = 1174$ (лет) **(4 балла)**. При максимальном возрасте образец будет иметь минимальную активность, которую можно определить, то есть 0,2 распада в минуту, что соответствует $t_2 = 5730 \cdot (\ln 13,6 - \ln 0,2) / \ln 2 = 34881$ (лет) **(4 балла)**. *Засчитываются также ответы 1051 год и 1579 лет, учитывающие погрешность измерения природной активности, но эту величину следует всё же считать измеренной точно, так как она одинакова для всех образцов в мире.* Для оценки мольной доли вычислим число атомов изотопа ^{14}C в пробе. Вероятность распада у каждого атома одинаковая, поэтому число распадов пропорционально общему их количеству. Так как минута очень мала по сравнению с периодом полураспада, можно принять среднюю скорость за минуту мгновенной. $-\Delta N / \Delta t = \lambda N$, где λ – вероятность распада, которая связана с периодом полураспада соотношением $\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$. Период полураспада необходимо перевести в минуты. $N(^{14}\text{C}) = 13,6 \cdot 5730 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 / \ln 2 = 5,91 \cdot 10^{10}$. Всего в 1 г углерода $N(\text{C}) = 1 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} / 12,011 = 5,01 \cdot 10^{22}$, то есть мольная доля составит $\chi(^{14}\text{C}) = 5,91 \cdot 10^{10} / 5,01 \cdot 10^{22} = 1,18 \cdot 10^{-12}$ **(8 баллов)**.

б. Если поместить некоторую соль аммония в коническую колбу и добавить умеренно концентрированного раствора соляной кислоты, то получится прозрачный раствор желтого цвета. При добавлении нескольких гранул цинка к полученному раствору, появляются пузырьки газа. Раствор постепенно меняет окраску на голубую, зеленую, и, наконец, фиолетовую при нагревании. Приведите уравнения протекающих при этом реакций. Назовите соединения, которые ответственны за окраску описанных растворов. **(30 баллов)**

ОТВЕТ: Желтый метаванадат аммония NH_4VO_3 **(3 балла)**; голубой хлорид ванадила VOCl_2 **(3 балла)**; зеленый хлорид ванадия (+3) **(3 балла)**; фиолетовый хлорид ванадия (+2) **(3 балла)**; $2\text{NH}_4\text{VO}_3 + \text{Zn} + 8\text{HCl} = 2\text{VOCl}_2 + \text{ZnCl}_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 4\text{H}_2\text{O}$ **(6 баллов)**; $2\text{VOCl}_2 + \text{Zn} + 4\text{HCl} = 2\text{VCl}_3 + \text{ZnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ **(6 баллов)**; $2\text{VCl}_3 + \text{Zn} = 2\text{VCl}_2 + \text{ZnCl}_2$ **(6 баллов)**.
ИТОГО **30 баллов**