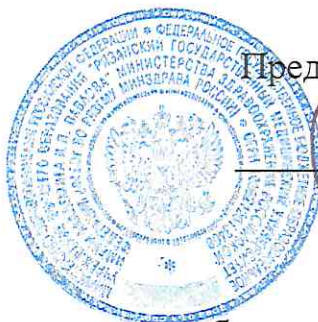




УТВЕРЖДАЮ
Председатель открытой олимпиады
школьников по химии
профессор Р.Е. Калинин
20.01.2026

Вопросы и ответы на задания отборочного этапа олимпиады школьников по химии (2025-2026 учебный год)

Задача 1 (10 баллов)

Квасцами называют двойные соли – сульфаты, кристаллизующиеся в виде кристаллогидратов. Квасцы формы $A^{1+}B^{3+}(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ содержат 51,76% кислорода по массе и 4,53% водорода по массе. Определите их формулу.

Решение

Если водород содержится только в кристаллизационной воде, то $M(\text{в-ва}) = 24 / 0,0453 = 530$ г/моль. С другой стороны, согласно массовой доле кислорода $M(\text{в-ва}) = 20 \cdot 16 / 0,5176 = 618$ г/моль.

Следовательно, водород содержится также в составе катионов и X – это NH_4^+ . Проверим для $NH_4B^{3+}(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$: $M = 28 / 0,0453 = 618$ г/моль.

Рассчитаем $M(B) = 618 - 12 \cdot 18 - 18 - 192 = 192$ г/моль. Это иридий Ir. Формула квасцов: $NH_4Ir(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$.

Ответ: $NH_4Ir(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$

Расчет молярных масс – 2 балла

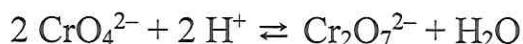
Предположение о катионе аммония – 4 балла

Расчет молярной массы металла – 2 балла

За итоговую формулу квасцов – 2 балла

Задача 2 (14 баллов)

Константа равновесия, описываемого уравнением



составляет $4,2 \cdot 10^{14}$.

В растворе с исходной концентрацией по хромату 1 моль/л 15% всего хрома находится в виде дихромата, а 85% – в виде хромата. Определите pH этого раствора.

Дополнение

Константа равновесия для обратимой реакции $a A + b B \rightleftharpoons c C + d D$ записывается в виде:

$$K = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

где $[A]$, $[B]$, $[C]$, $[D]$ – молярные концентрации веществ A, B, C, D, соответственно; а, в, с, d – стехиометрические коэффициенты

Водородный показатель pH рассчитывается по формуле: $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)$, где с – молярная концентрация.

Решение

$$K = \frac{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]}{[\text{CrO}_4^{2-}]^2 \cdot [\text{H}^+]^2}$$

В расчете на 1 литр: $\nu(\text{CrO}_4^{2-})_{\text{непрореаг}} = 1 \cdot 0,85 = 0,85$ моль

$\nu(\text{CrO}_4^{2-})_{\text{прореаг}} = 1 \cdot 0,15 = 0,15$ моль $\Rightarrow \nu(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 0,15 / 2 = 0,075$ моль

$$4,2 \cdot 10^{14} = \frac{0,075}{0,85^2 \cdot [\text{H}^+]^2}$$

Решаем: $[\text{H}^+]^2 = 0,0247 \cdot 10^{-14}$ и $[\text{H}^+] = 0,157 \cdot 10^{-7}$

$\text{pH} = -\lg 0,157 \cdot 10^{-7} = 7,8$

Ответ: 7,8.

За запись выражения константы равновесия – 2 балла

За расчет концентрации хромата – 2 балла

За расчет концентрации дихромата – 4 балла

За алгебраическое уравнения и его решение – по 2 балла, итого 4 балла

За расчет pH – 2 балла

Задача 3 (10 баллов)

Каменный уголь содержит углерод и в качестве примесей серу и негорючие минеральные вещества. При сжигании образца каменного угля получили 0,2 г золы и 2,87 г смеси оксидов углерода (IV) и серы (IV). Определите массовую долю серы в образце каменного угля, если масса исходного образца составляла 1 г. Сколько тонн сернистого газа в год выделяется при работе тепловой электростанции, потребляющей 1 миллион тонн такого угля в год?

Решение

Поэтому в 1 г угля содержится 0,27 г негорючих примесей и $1 - 0,2 = 0,8$ г серы и углерода.



Если углерода x моль, а серы y моль, то $\nu(\text{CO}_2) = x$ моль, а $\nu(\text{SO}_2) = y$ моль. Получаем систему уравнений: $12x + 32y = 0,8$ и $44x + 64y = 2,87$. Решаем: $x = 0,0635$, $y = 0,00119$ моль, $m(\text{S}) = 0,00119 \cdot 32 = 0,038$ г

$\omega(\text{S}) = 0,038 / 1 = 0,038$ или 3,8%

При сжигании 1 млн т угля сгорает $1\,000\,000 \cdot 0,038 = 38\,000$ т серы и образуется $38\,000 / 32 \cdot 64 = 76\,000$ т сернистого газа в год.

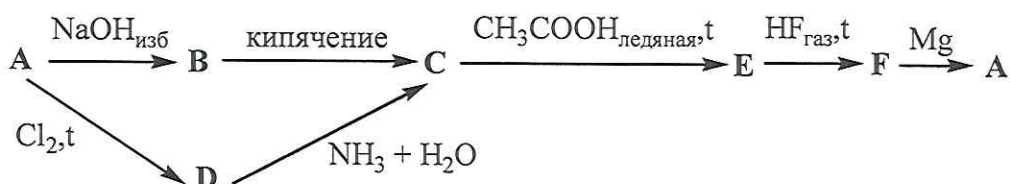
Ответ: $\omega(\text{S}) = 0,038$ или 3,8%, 76 000 т сернистого газа в год

За два уравнения сгорания – 2 балла

За расчет массы серы и угля – 1 балл
 За систему уравнений – 2 балла
 За решение системы – 2 балла
 За расчет массовой доли серы – 1 балл
 За расчет массы сернистого газа – 2 балла

Задача 4 (20 баллов)

Металл А растворяется в избытке раствора гидроксида натрия с образованием раствора В, при кипячении которого выпадает белый осадок С. Этот же осадок можно получить при добавлении раствора аммиака к веществу D, содержащему 88,8% по массе хлора, – легколетучему продукту хлорирования металла А. Нагревание вещества С с ледяной уксусной кислотой приводит к образованию легколетучего вещества Е, при нагревании которого в токе фтороводорода можно получить F – вещество, которое обычно используют для магний-термического получения металла А.

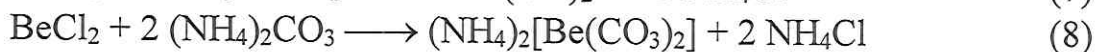
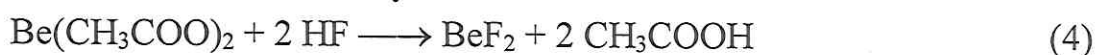
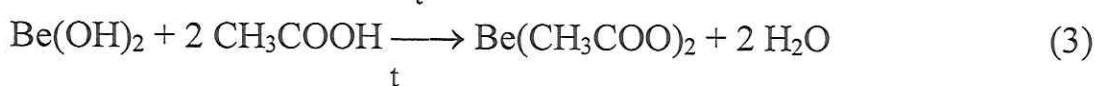
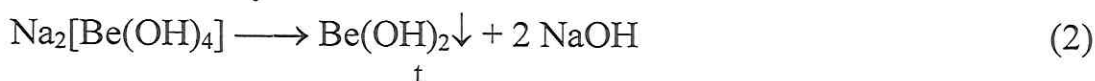
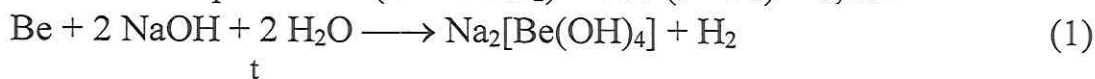


Что будет происходить при добавлении избытка раствора карбоната аммония к веществу D?

Приведите все реакции, расшифруйте и назовите все вещества. Подтвердите выбор металла расчетом.

Решение

Это бериллий: $\omega(\text{Cl в BeCl}_2) = 71 / (9 + 71) = 0,888$



А – бериллий, В – тетрагидроксобериллат натрия, С – гидроксид бериллия, Е – ацетат бериллия, F – фторид бериллия, D – хлорид бериллия

Ответ: Be.

За предположение о бериллии и расчет – 3 балла

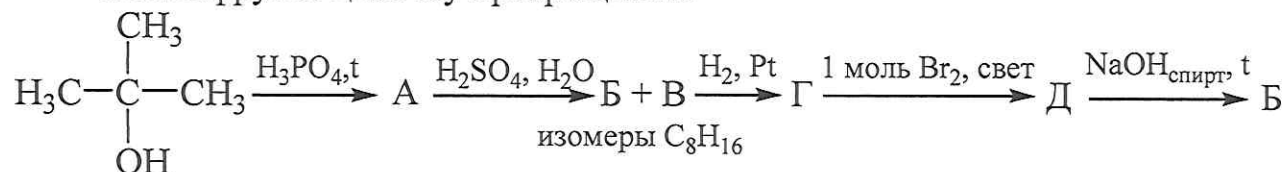
За реакции 3,4,5,6,7 – по 1 баллу, итого 5 баллов

За реакции 1,2,8 – по 2 балла, итого 6 баллов

За расшифровку и название веществ – по 1 баллу, итого 6 баллов

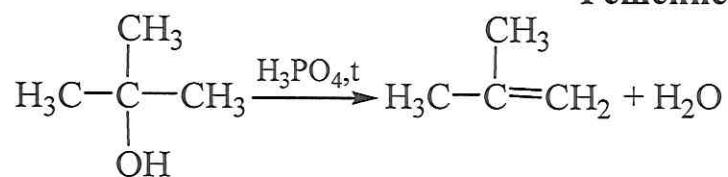
Задача 5 (15 баллов)

Расшифруйте цепочку превращений:

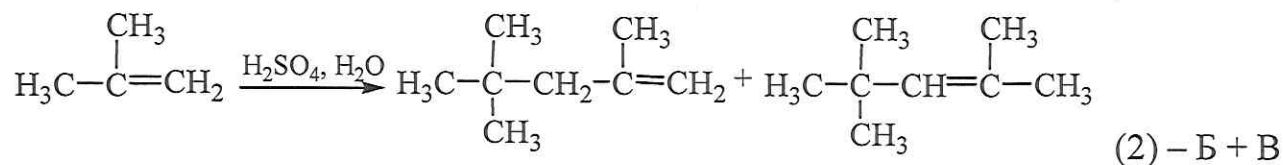


Приведите все реакции, расшифруйте и назовите все вещества.

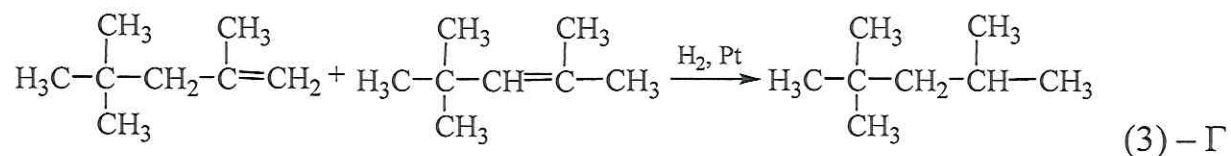
Решение



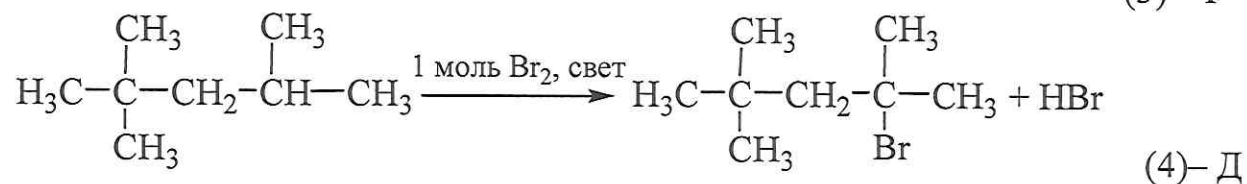
(1) вещество А



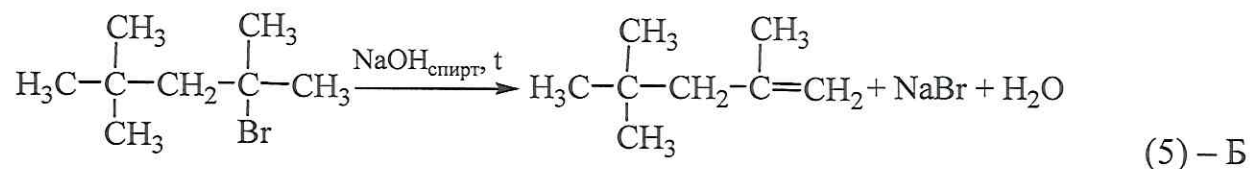
(2) – Б + В



(3) – Г



(4) – Д



(5) – Б

А – метилпропен, Б – 2,4,4-триметилпентен-1, В – 2,4,4-триметилпентен-2, Г – 2,4,4-триметилпентан, Д – 2-бром-2,4,4-триметилпентан

За каждую реакцию – по 2 балла, итого 10 баллов

За расшифровку и название – по 1 баллу, итого 5 баллов

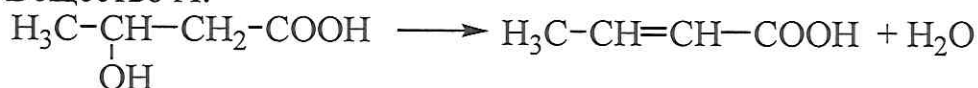
Задача 6 (13 баллов)

Вещества А, В и С с общей формулой $C_4H_8O_3$ принадлежат к одному и тому же классу органических соединений. При нагревании веществ А и В образуются соответственно изомерные вещества Д и Е. Вещество Д обесцвечивает, а вещество Е не обесцвечивает раствор брома в тетрахлориде углерода. При нагревании вещества С образуется вещество Р, имеющее молярную массу вдвое большую, чем у веществ Д или Е. Установите строение веществ А – Р. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.

Решение

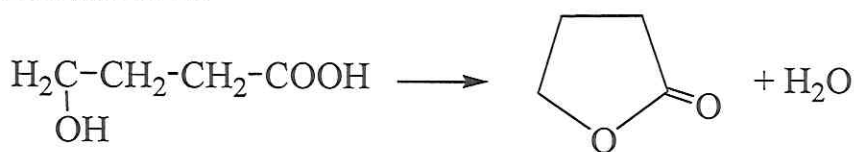
Это гидроксидбутановые кислоты.

Вещество А:



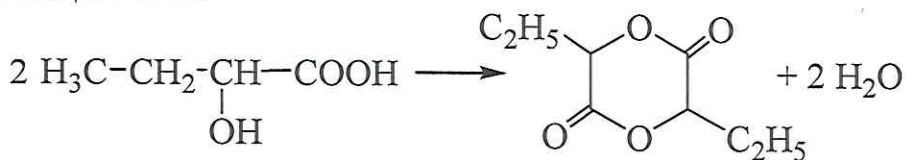
вещество D (1)

Вещество В:

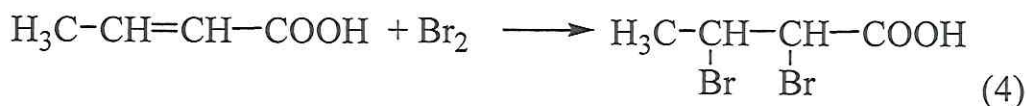


вещество E (2)

Вещество С:



вещество Р (3)



В роли А допустимо использовать 3-гидрокси-2-метилпропановую кислоту.

За определение строения веществ А – Р – по 1 баллу, итого 6 баллов

За реакции 1,2,3 – по 2 балла, итого 6 баллов

За реакцію 4 – 1 балл

Задача 7 (8 баллов)

Для ацилирования смеси фруктозы и мальтозы массой 35,1 г потребовалось 91,8 г уксусного ангидрида. Какой максимальный объем водного раствора с массовой долей брома 3% (плотность 1,02 г/мл) может обесцветить исходная смесь углеводов?

Решение



Молекула фруктозы содержит пять гидроксильных групп, молекула мальтозы – восемь гидроксильных групп

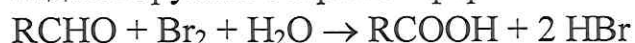
$$v(\text{уксусного ангидрида}) = 91,8 / 102 = 0,9 \text{ моль}$$

Пусть смесь содержит x моль фруктозы и y моль мальтозы

Тогда: $180x + 342y = 35,1$ и $5x + 8y = 0,9$

$x = 0,1$, $y = 0,05$

Только мальтоза может реагировать с бромной водой за счет окисления альдегидной группы открытой формы



$\nu(Br_2) = \nu(\text{мальтозы}) = 0,05$ моль, $m(Br_2) = 0,05 \cdot 160 = 8$ г, $m(p\text{-ра}) = 8 / 0,03 = 267$ г, $V(p\text{-ра}) = 267 / 1,02 = 261,4$ мл

Ответ: 261,4 мл

За составление системы уравнений – 4 балла

За решение системы – 2 балла

За расчет объема бромной воды – 2 балла

Тестовые задания (10 баллов)

1. Сколько электронов и нейтронов содержит ион $[^{109}\text{Ag}(^{14}\text{NH}_3)_2]^+$?

а) 66 и 77 б) 67 и 77 в) 66 и 76 г) 67 и 76

2. В каком молярном соотношении должны прореагировать гидроксид калия и ортофосфорная кислота, чтобы в результате реакции образовалась смесь гидрофосфата и дигидрофосфата калия в молярном соотношении 1 : 2?

а) 1,33 : 1 б) 1,5 : 1 в) 2 : 1 г) 2,5 : 1

3. При температуре 60°C первая реакция идет в 3 раза быстрее второй. Найдите отношение скоростей реакций при температуре 30°C , если температурные коэффициенты первой и второй реакций составляют 3 и 2 соответственно.

а) 1,24 : 1 б) 1,45 : 1 в) 1 : 1,125 г) 1 : 1,35

4. Для полного сгорания некоторого объема углеводорода потребовался объем кислорода в 1,75 раза больший, чем объем кислорода, необходимый для полного сгорания такого же объема предыдущего члена гомологического ряда. Установите формулу низшего гомолога.

а) CH_4 б) C_2H_6 в) C_2H_4 г) C_6H_6

5. В молекуле какого предельного вторичного амина содержится 34 электрона?

а) диметиламин б) метилэтиламин в) диэтиламин г) метилфениламин

Ответы

1	2	3	4	5
в	а	в	а	б

За каждый верный ответ – 2 балла, итого 10 баллов