

Всероссийская олимпиада школьников по химии 2016-2017 год

II (муниципальный этап), 11 класс

Решения

1. В пяти пронумерованных пробирках имеются растворы сульфида натрия, хлорида алюминия, нитрата свинца (II), бензоата натрия и муравьиной кислоты. Используя только универсальную индикаторную бумагу со шкалой и один, имеющийся в пробирках раствор, определите содержимое каждой пробирки. Напишите молекулярные и сокращенные ионные уравнения реакций. (15 баллов)

	УИБ	Na ₂ S // признаки реакций
Na ₂ S	сильнощелочная среда, запах сероводорода	
AlCl ₃	кислая среда	↓ белый Al(OH) ₃ , ↑ H ₂ S, без цвета и с запахом «тухлых яиц»
Pb(NO ₃) ₂	кислая среда	↓ черный PbS
C ₆ H ₅ COONa	слабощелочная среда	
HCOOH	кислая среда	↑ H ₂ S, без цвета и с запахом «тухлых яиц»

Все соли подвергаются гидролизу, поэтому имеют разную реакцию среды, а кислота имеет кислую среду (pH < 7).

Информация для определения степени гидролиза.

Ряды анионов и катионов:

1. Степень протекания гидролиза анионов увеличивается в ряду:



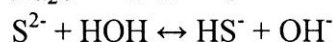
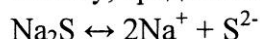
Чем слабее кислота, тем в большей степени гидролизована соль.

2. Степень протекания гидролиза катионов увеличивается в ряду:

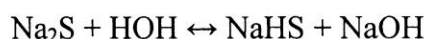


Чем слабее основание, тем в большей степени гидролизована соль.

Na₂S – соль сильного основания и слабой кислоты, в водном растворе гидролизована по аниону, среда сильнощелочная.

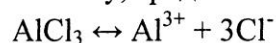


0,5 балла

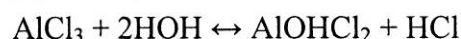


0,5 балла

AlCl₃ – соль слабого основания и сильной кислоты, в водном растворе гидролизована по катиону, среда кислая

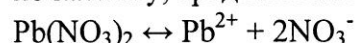


0,5 балла

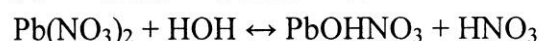


0,5 балла

Pb(NO₃)₂ – соль слабого основания и сильной кислоты, в водном растворе гидролизована по катиону, среда кислая

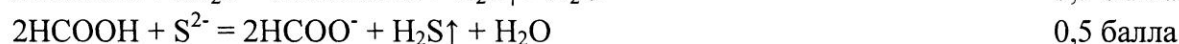
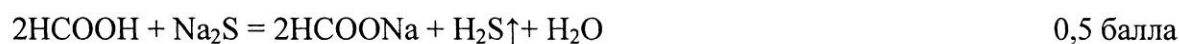
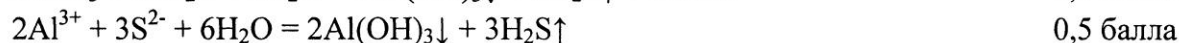
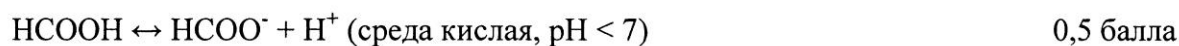
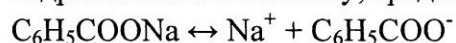


0,5 балла



0,5 балла

C_6H_5COONa – соль сильного основания и слабой кислоты, в водном растворе гидролизována по аниону, среда слабощелочная.



за выбор реактива – сульфида натрия – 1,5 балла

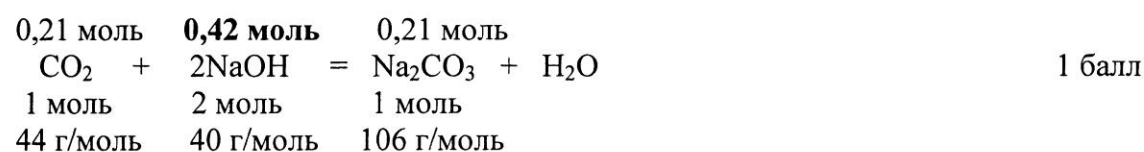
за предложенный рациональный план (таблица) 2 балла

за указание признаков реакций по 0,5 балла ($0,5 \cdot 8 = 4$ балла)

за уравнения реакций (молекулярные и ионные) по 0,5 балла (7,5 баллов)

15 баллов

2. При полном окислении смеси этана и пропана выделилось 157,8 кДж теплоты. Для полного поглощения выделившегося оксида углерода (IV) потребовалось 96,6 мл 15%-го раствора гидроксида натрия ($\rho = 1,16$ г/мл). Определите объемные и массовые доли газов в исходной смеси, массовую долю карбоната натрия в растворе. Теплоты сгорания этана и пропана соответственно равны 1560 кДж/моль и 2220 кДж/моль. (10 баллов)



$$v(NaOH) = (96,6 \text{ мл} \cdot 1,16 \text{ г/мл} \cdot 0,15) / 40 \text{ г/моль} = \mathbf{0,42 \text{ моль}} \quad 0,5 \text{ балла}$$

$$vCO_2 = \frac{1}{2}v(NaOH) = 0,21 \text{ моль} \quad 0,5 \text{ балла}$$

$$\begin{array}{llll} 2x + 3y = 0,21 \cdot 780 & 1560x + 2340y = 163,8 & x = 0,03 & \\ 1560x + 2220y = 157,8 & 1560x + 2220y = 157,8 & y = 0,05 & 2 \text{ балл} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \nu(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,03 \text{ моль} \\ \nu(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,05 \text{ моль} \end{array}$$

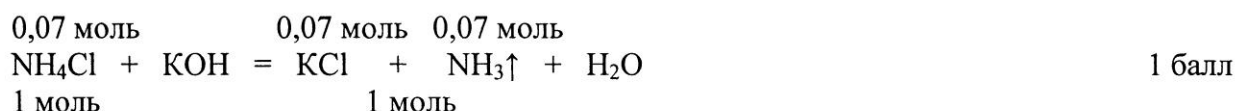
$$\begin{array}{ll} \varphi\%(\text{C}_2\text{H}_6) = (0,03 / 0,08) \cdot 100\% = 37,5\% & 0,5 \text{ балла} \\ \varphi\%(\text{C}_3\text{H}_8) = (0,05 / 0,08) \cdot 100\% = 62,5\% & 0,5 \text{ балла} \\ m(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,03 \text{ моль} \cdot 30 \text{ г/моль} = 0,9 \text{ г} & \\ m(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,05 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 2,2 \text{ г} & \\ m(\text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_3\text{H}_8) = 0,9 \text{ г} + 2,2 \text{ г} = 3,1 \text{ г} & \\ \omega\%(\text{C}_2\text{H}_6) = (0,9 \text{ г} / 3,1 \text{ г}) \cdot 100\% = 29,03\% & 0,5 \text{ балла} \\ \omega\%(\text{C}_3\text{H}_8) = (2,2 \text{ г} / 3,1 \text{ г}) \cdot 100\% = 70,97\% & 0,5 \text{ балла} \\ m(\text{раствора Na}_2\text{CO}_3) = 0,21 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} + 96,6 \text{ мл} \cdot 1,16 \text{ г/мл} = 121,296 \text{ г} & \\ \omega\%(\text{Na}_2\text{CO}_3) = (0,21 \text{ моль} \cdot 106 \text{ г/моль} / 121,296 \text{ г}) \cdot 100\% = 18,35\% & 2 \text{ балла} \end{array}$$

10 баллов

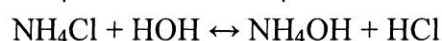
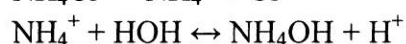
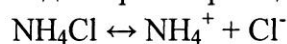
3. При взаимодействии соли с раствором нитрата серебра образуется 10,045 г белого осадка, который темнеет на свету или при нагревании с выделением желто-зеленого газа. При взаимодействии исходной соли с раствором гидроксида калия выделяется 1,19 г газа, занимающего объем 1,712 л газа (25°C, 101325 Па). Определите молекулярную формулу соли, назовите ее. Какую реакцию среды имеет водный раствор данной соли (напишите молекулярное и ионное уравнение)? Напишите уравнение реакций взаимодействия соли с нитритом калия при нагревании, гидроксидом кальция при нагревании. (10 баллов)

Белый осадок, который темнеет на свету или при нагревании с выделением желто-зеленого газа, это хлорид серебра. 0,5 балла
Со щелочами с выделением газа взаимодействуют соли аммония. 0,5 балла

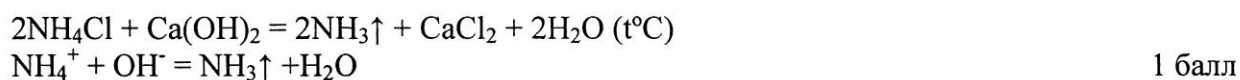
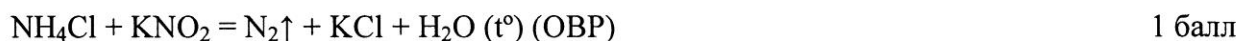
$$\begin{array}{ll} \nu(\text{газа}) = (1,712 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 101325 \text{ Па}) / (298 \text{ К} \cdot 8,314 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}) = 0,07 \text{ моль} & 1 \text{ балл} \\ M(\text{газа}) = 1,19 \text{ г} / 0,07 \text{ моль} = 17 \text{ г/моль} \rightarrow \text{NH}_3 - \text{аммиак} & 1 \text{ балл} \\ \nu(\text{AgCl}) = 10,045 \text{ г} / 143,5 \text{ г/моль} = 0,07 \text{ моль} \rightarrow \nu(\text{Cl}^-) = 0,07 \text{ моль} & 1 \text{ балл} \\ \nu(\text{NH}_3) : \nu(\text{Cl}^-) = 0,07 \text{ моль} : 0,07 \text{ моль} = 1 : 1 \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} - \text{хлорид аммония} & 1 \text{ балл} \end{array}$$



NH₄Cl - соль слабого основания (NH₄OH или NH₃·H₂O) и сильной кислоты (HCl), в водном растворе гидролизована по катиону, среда кислая (pH < 7).



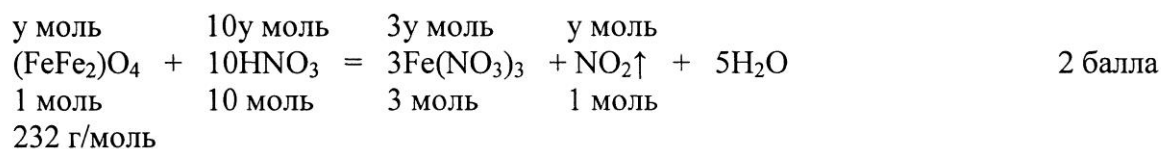
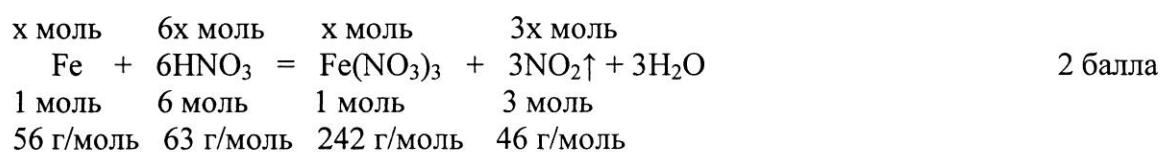
1 балл



Если все решено правильно и сделаны правильные вычисления, то оценка 10 баллов.

10 баллов

4. Смесь порошков железа и оксида дижелеза (III) – железа (II) массой 8 г полностью реагирует с 65,43 г 53,93%-го раствора азотной кислоты с выделением оксида азота (IV) и образованием насыщенного при 20°C раствора нитрата железа (III). Вычислите массовые доли компонентов в исходной смеси, растворимость нитрата железа (III) (в г/л, ответ округлите до целого числа). (10 баллов)



$$v(\text{HNO}_3) = 65,43 \text{ г} \cdot 0,5393 / 63 \text{ г/моль} = 0,56 \text{ моль} \quad 0,5 \text{ балла}$$

Составляем систему уравнений: первое - по количеству вещества азотной кислоты, а второе - по массе железа и оксида дижелеза (III) – железа (II) и решаем.

$$\begin{array}{llll} 6x + 10y = 0,56 \cdot 23,2 & 139,2x + 232y = 12,992 & x = 0,06 & \\ 56x + 232y = 8 & 56x + 232y = 8 & y = 0,02 & 2 \text{ балла} \end{array}$$

$$v(\text{Fe}) = 0,06 \text{ моль}$$

$$v((\text{FeFe}_2)\text{O}_4) = 0,02 \text{ моль}$$

$$\omega\%(\text{Fe}) = (0,06 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} / 8 \text{ г}) \cdot 100\% = 42\% \quad 0,5 \text{ балла}$$

$$\omega\%((\text{FeFe}_2)\text{O}_4) = (0,02 \text{ моль} \cdot 232 \text{ г/моль} / 8 \text{ г}) \cdot 100\% = 58\% \quad 0,5 \text{ балла}$$

$$m(\text{раствора Fe(NO}_3)_3) = m(\text{смеси}) + m(\text{раствора HNO}_3) - m(\text{газа})$$

$$m(\text{раствора Fe(NO}_3)_3) = 8 \text{ г} + 65,43 \text{ г} - 0,2 \text{ моль} \cdot 46 \text{ г/моль} = 64,23 \text{ г} \quad 0,5 \text{ балла}$$

$$\omega\%(\text{Fe(NO}_3)_3) = (0,12 \text{ моль} \cdot 242 \text{ г/моль} / 64,23 \text{ г}) \cdot 100\% = 45,21\% \quad 0,5 \text{ балла}$$

$$\omega\%(\text{H}_2\text{O}) = 100\% - 45,21\% = 54,79\%$$

$$S^{20}(\text{Fe(NO}_3)_3) = (45,21 \text{ г} / 54,79 \text{ г}) \cdot 1000 = 825 \text{ г/л}$$

или

$$m(\text{Fe(NO}_3)_3) = 0,12 \text{ моль} \cdot 242 \text{ г/моль} = 29,04 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 64,23 \text{ г} - 29,04 \text{ г} = 35,19 \text{ г} \rightarrow V(\text{H}_2\text{O}) = 0,03519 \text{ л}$$

$$S^{20}(\text{Fe(NO}_3)_3) = (29,04 \text{ г} / 35,19 \text{ г}) \cdot 1000 = 825 \text{ г/л}$$

или

$$S^{20}(\text{Fe(NO}_3)_3) = 29,04 \text{ г} / 0,03519 \text{ л} = 825 \text{ г/л}$$

За вычисление растворимости нитрата железа (III) любым способом 1,5 балла

10 баллов

5. При окислении органического вещества раствором перманганата калия в присутствии серной кислоты из органических веществ образовалась только предельная одноосновная карбоновая кислота, массовая доля водорода в которой равна 6,(6)%. Выведите молекулярную формулу этой кислоты.

Какие четыре вещества, относящиеся к различным классам органических веществ, удовлетворяют условию задачи, напишите уравнения реакций окисления их раствором перманганата калия в присутствии серной кислоты? (10 баллов)



$$0,0(6) = (2 + 2n) / (14n + 46) \quad 1 \text{ балл}$$

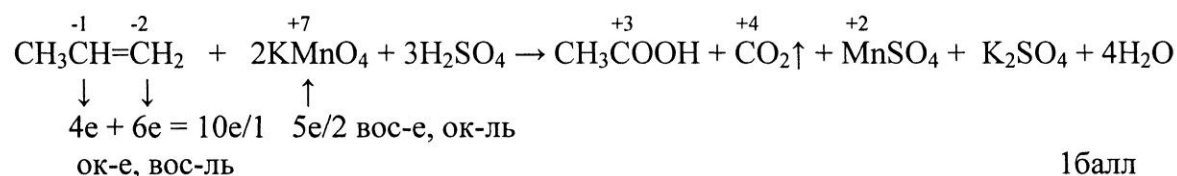
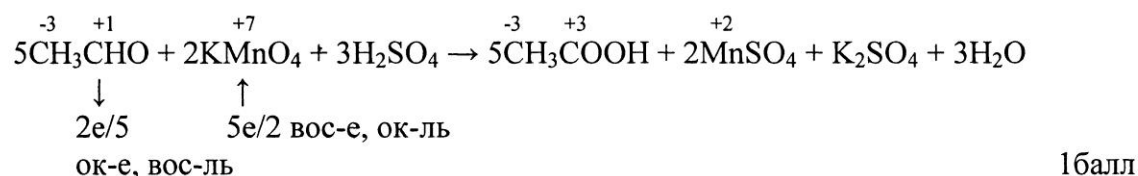
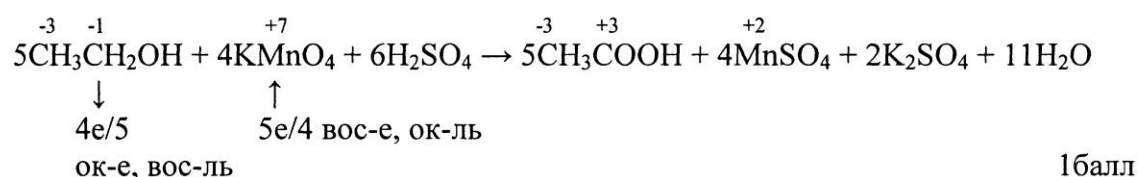
$$0,9333324n + 3,0666636 = (2 + 2n)$$

$$1,0666676n = 1,0666636$$

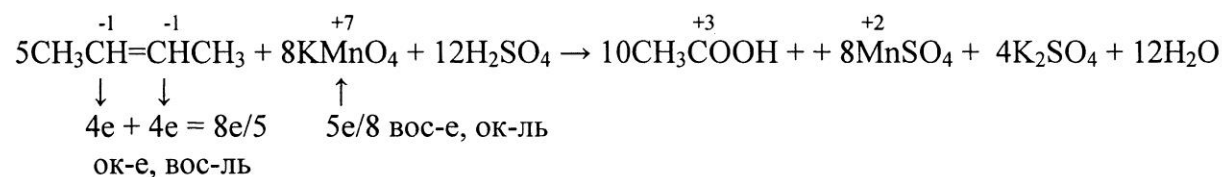
$$n = 1 \quad 1 \text{ балл}$$

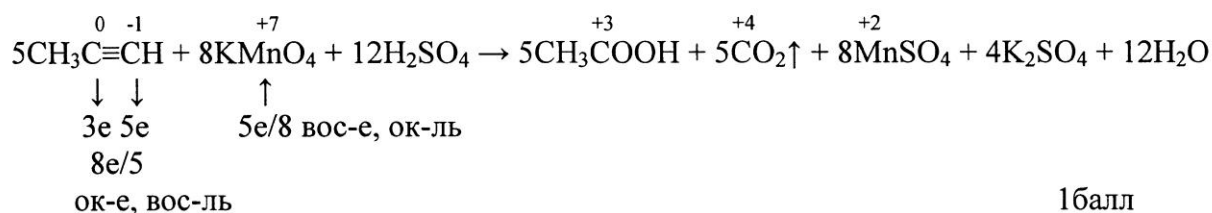
CH₃COOH - уксусная (этановая) кислота 1 балл

Из органических веществ только уксусная кислота образуется при окислении этанола, этанала, пропена или бутена-2, пропина или бутина-2 раствором перманганата калия в присутствии серной кислоты.

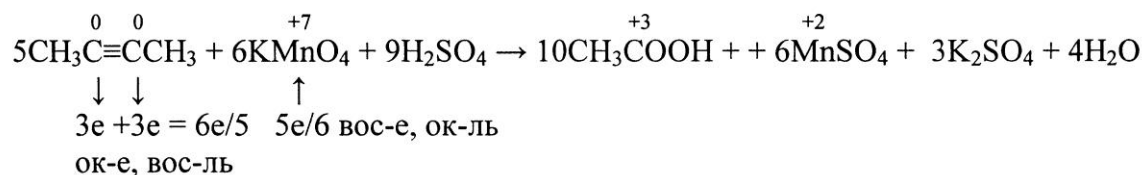


или





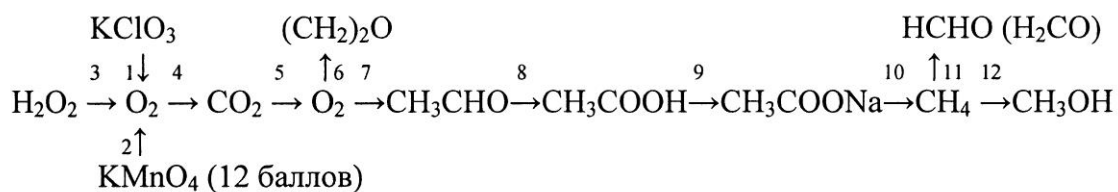
или



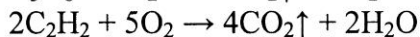
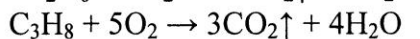
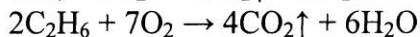
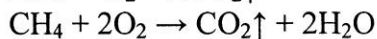
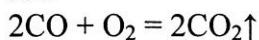
Если указаны только вещества, то по 0,5 балла за каждое органическое вещество.

10 баллов

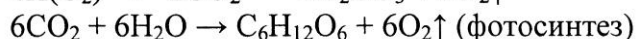
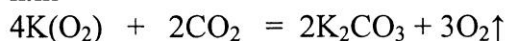
6. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения, укажите условия протекания реакций:



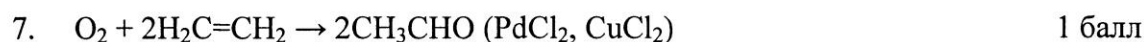
или



или



эпоксидэтан, оксид этилена

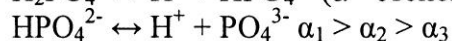
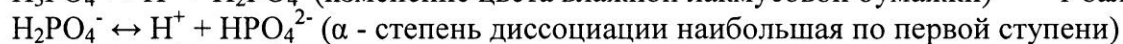


8. $2\text{CH}_3\text{CHO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COOH}$ (kat) 1 балл
или
 $5\text{CH}_3\text{CHO} + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
 $3\text{CH}_3\text{CHO} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
 $\text{CH}_3\text{CHO} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{Cu}_2\text{O}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ($t^\circ\text{C}$)
9. $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$ 1 балл
или
 $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$
 $2\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{Na} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\uparrow$
 $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COONa} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
10. $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_4\uparrow + \text{Na}_2\text{CO}_3$ ($t^\circ\text{C}$) 1 балл
11. $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{HCHO} + \text{H}_2\text{O}$ (t° , p, kat) 1 балл
метаналь, формальдегид
12. $2\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{OH}$ (t° , p, kat) 1 балл
метанол, метиловый спирт

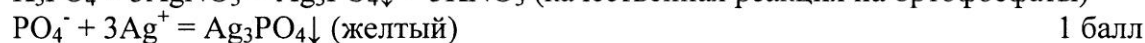
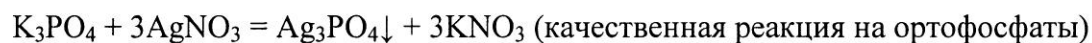
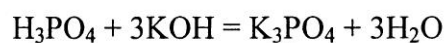
12 баллов

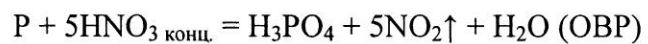
7. В химической лаборатории хранится склянка с кристаллическим порошкообразным веществом красного цвета. Красное вещество горит в атмосфере кислорода с образованием белого вещества. Водный раствор белого вещества вызывает покраснение лакмусовой бумажки, а также реагирует с максимальным объемом раствора гидроксида калия. При взаимодействии образовавшейся соли с нитратом серебра выпадает желтый осадок. Красное вещество окисляется концентрированной азотной кислотой. Аллотропная модификация красного вещества реагирует с гидроксидом натрия с образованием двух веществ, в состав которых входит элемент, образующий несколько аллотропных модификаций. Какое вещество хранится в склянке? Напишите уравнения реакций (молекулярные, сокращенные (краткие) ионные и окислительно-восстановительные), проведенных для распознавания вещества. Объясните, почему краснеет лакмусовая бумажка? (10 баллов)

Красное кристаллическое вещество – красный фосфор (одна из аллотропных модификаций фосфора). 2 балла

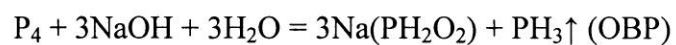


или





1 балл



2 балла

1 балл за уравнение реакции ставится, если написаны молекулярные, сокращенные (краткие) ионные и окислительно-восстановительные.

10 баллов

В зачет идут 6 задач. Задача 2 или 7 на выбор. Для набора баллов можно решать обе.

Всего 67 баллов (50% → 33,5 балла)