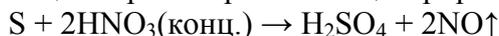


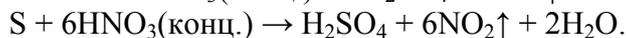
Вариант 3

1. Ион XO_4^{2-} содержит 50 электронов. Определите неизвестный элемент и напишите уравнение взаимодействия X в виде простого вещества с горячей концентрированной азотной кислотой. (6 баллов)

Решение. Неизвестный элемент X содержит $50 - 4 \cdot 8 - 2 = 16$ электронов, что соответствует атому серы. Реакция серы с горячей концентрированной азотной кислотой:

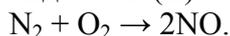


или



2. Чему равна теплота образования оксида азота(II), если при взаимодействии 84 г азота и 64 г кислорода поглотилось 360.8 кДж тепла? (6 баллов)

Решение. Реакция образования оксида азота(II) из простых веществ:



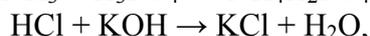
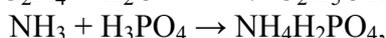
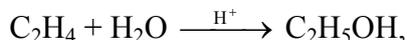
Количества веществ равны $\nu(\text{N}_2) = 3$ моль, $\nu(\text{O}_2) = 2$ моль, значит, кислород был в недостатке. Из двух молей кислорода образуются четыре моля NO , следовательно, теплота образования NO равна

$$Q_{\text{обр}}(\text{NO}) = \frac{-360.8}{4} = -90.2 \text{ кДж/моль}.$$

Ответ: -90.2 кДж/моль.

3. Какие осушители ($\text{H}_3\text{PO}_4(\text{конц.})$, KOH , безводный CaCl_2) нельзя использовать для обезвоживания и количественного выделения каждого из газов: HCl , Cl_2 , NH_3 , C_2H_4 ? Ответ обоснуйте, напишите уравнения соответствующих реакций. (8 баллов)

Решение. Безводный хлорид кальция может использоваться для обезвоживания всех указанных газов. Концентрированной фосфорной кислотой нельзя сушить C_2H_4 и NH_3 . Щелочью нельзя сушить HCl и Cl_2 . Уравнения возможных реакций:



или



4. При добавлении к 0.5 л бутана (25°C , 1 атм) неизвестного газа объем газовой смеси увеличился в 3 раза, а ее плотность составила 1.786 г/л. Определите неизвестный газ. Как изменится плотность газовой смеси при добавлении к ней 1 л аммиака?

Решение. Рассчитаем среднюю молярную массу смеси:

$$pV = \nu RT, \quad \nu = \frac{m}{M},$$

отсюда

$$M = \frac{\rho RT}{p} = \frac{1.786 \cdot 8.31 \cdot 298}{101.3} = 43.66 \text{ г/моль}.$$

Поскольку объем газовой смеси увеличился в три раза, был добавлен 1 л газа, и объем полученной смеси стал равен 1.5 л.

$$M_{\text{cp}} = \frac{M_1 V_1 + M_2 V_2}{V_1 + V_2},$$

$$43.66 = \frac{58 \cdot 0.5 + M_2 \cdot 1}{1.5}.$$

Получаем $M_2 = 36.5$ г/моль, что соответствует хлороводороду HCl . При добавлении к смеси 1 л аммиака идет реакция с образованием твердой соли:

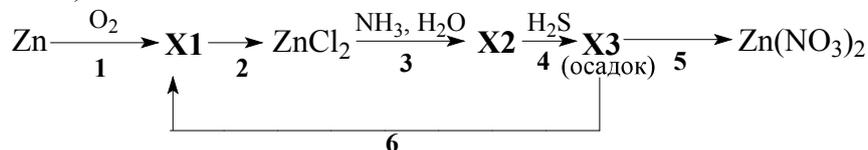
$$c(\text{HNO}_3) = 0.253 / 2 = 0.126 \text{ моль/л,}$$

$$[\text{H}^+] \approx c(\text{HNO}_3) = 0.126 \text{ моль/л,}$$

$$\text{pH} = -\lg(0.126) = 0.90.$$

Ответ: 0.253 моль/л, 0.6, 0.9.

7. Приведите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме (все неизвестные вещества содержат цинк). Расшифруйте неизвестные вещества, укажите условия протекания реакций (12 баллов).



Решение. Приведем один из возможных вариантов решения:

- 1) $2\text{Zn} + \text{O}_2 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{ZnO}$;
- 2) $\text{ZnO} + 2\text{HCl}(\text{p-p}) \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$;
- 3) $\text{ZnCl}_2 + 4\text{NH}_3(\text{p-p, изб.}) \rightarrow [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$;
- 4) $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{ZnS}\downarrow + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 2\text{NH}_3$;
- 5) $\text{ZnS} + 10\text{HNO}_3(\text{конц}) \xrightarrow{t^\circ} \text{Zn(NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 8\text{NO}_2\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$;
- 6) $2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2\uparrow$.

Ответ: X1 – ZnO; X2 – $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$; X3 – ZnS.

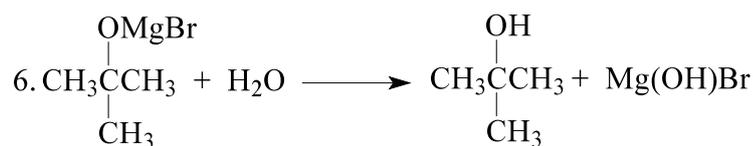
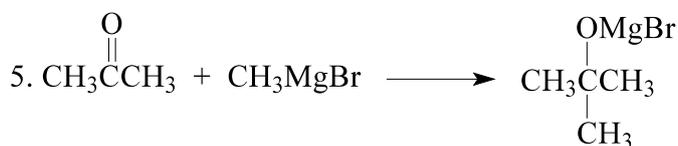
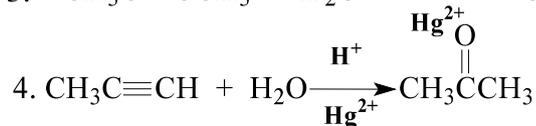
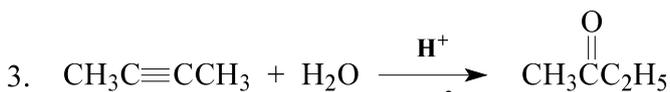
8. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:



Вещества В и С – гомологи.

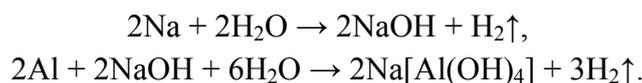
Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций. (12 баллов)

Решение. Приведем один из возможных вариантов решения:



9. Смесь натрия и алюминия массой 21.1 г полностью растворили в 100 мл воды. Объем выделившегося при этом водорода составил 12.32 л (н. у.). Рассчитайте массовые доли металлов в исходной смеси. Какой объем 0.5 М раствора соляной потребуется добавить к полученному раствору, чтобы масса выпавшего осадка была максимальной? Рассчитайте массу выпавшего осадка. (14 баллов)

Решение. Уравнения реакций взаимодействия смеси металлов с водой:



Обозначим количество натрия за x моль, а количество алюминия – за y моль, тогда

$$m(\text{смеси}) = m(\text{Na}) + m(\text{Al}) = x \cdot M(\text{Na}) + y \cdot M(\text{Al}) = 23x + 27y = 21.1.$$

По условию задачи металлы растворены, т. е. они полностью прореагировали. Найдем количество выделившегося водорода:

$$v(\text{H}_2) = \frac{12.32}{22.4} = 0.55 \text{ моль},$$

с другой стороны,

$$v(\text{H}_2) = 0.5x + 1.5y = 0.55.$$

Составим и решим систему из двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} 23x + 27y = 21.1, \\ 0.5x + 1.5y = 0.55. \end{cases}$$

Решение системы: $x = 0.8$, $y = 0.1$ (моль). Массы металлов в смеси составляют

$$m(\text{Na}) = 0.8 \cdot 23 = 18.4 \text{ г},$$

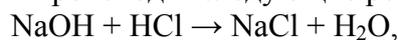
$$m(\text{Al}) = 0.1 \cdot 27 = 2.7 \text{ г}.$$

Массовые доли металлов в смеси:

$$\omega(\text{Na}) = \frac{m(\text{Na})}{m(\text{смеси})} = \frac{18.4}{21.1} = 0.872 \text{ (или 87.2\%)},$$

$$\omega(\text{Al}) = 0.128 \text{ (или 12.8\%)}.$$

При добавлении соляной кислоты происходят следующие реакции:



Чтобы масса осадка $\text{Al}(\text{OH})_3$ была максимальной, необходимо, чтобы при подкислении раствора комплекс был полностью разрушен, но гидроксид алюминия не вступил в реакцию с соляной кислотой.

$$v(\text{HCl}) = v(\text{NaOH}) + v(\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = 0.7 + 0.1 = 0.8 \text{ моль}.$$

$$V(\text{р-ра HCl}) = \frac{v}{c} = \frac{0.8}{0.5} = 1.6 \text{ л}.$$

Определим массу осадка гидроксида алюминия:

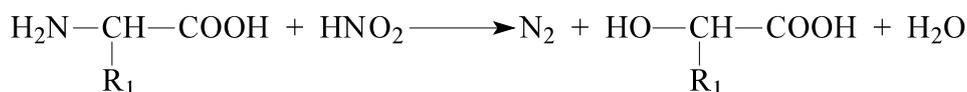
$$v(\text{Al}(\text{OH})_3) = v(\text{Al}) = 0.1 \text{ моль},$$

$$m(\text{Al}(\text{OH})_3) = v \cdot M = 0.1 \cdot 78 = 7.8 \text{ г},$$

Ответ: 87.2% Na, 12.8% Al, 1.6 л, 7.8 г.

10. Для сжигания 15.55 г смеси двух природных аминокислот потребовалось 21.56 л кислорода (н. у.). Определите состав и строение аминокислот, если известно, что при обработке азотистой кислотой одной из аминокислот массой 7.3 г выделилось 2.24 л газа (н. у.), а для полной этерификации 13.2 г второй аминокислоты потребовалось 4.6 мл этилового спирта (плотность 0.8 г/мл). Рассчитайте массовые доли аминокислот в исходной смеси. (14 баллов)

Решение. Установим строение аминокислот. Первая из них реагирует с азотистой кислотой:



Количество выделившегося азота:

$$v(\text{N}_2) = \frac{2.24}{22.4} = 0.1 \text{ моль},$$

и при условии наличия в первой аминокислоте только одной аминогруппы

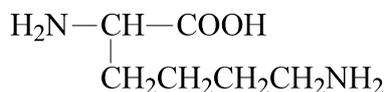
$$v(\text{аминокислоты}) = v(\text{N}_2) = 0.1 \text{ моль.}$$

$$\text{Тогда } M(\text{аминокислоты}) = \frac{m}{v} = \frac{7.3}{0.1} = 73 \text{ г/моль, откуда } M(\text{R}_1) = 73 - 74 < 0, \text{ что}$$

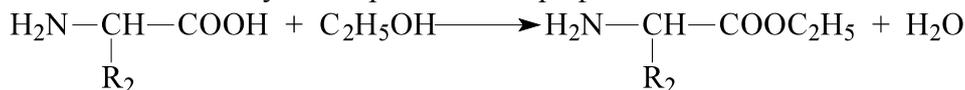
невозможно – следовательно, радикал R_1 должен содержать группу, способную вступать в реакцию с азотистой кислотой. В таком случае $v(\text{аминокислоты}) = 0.5v(\text{N}_2) = 0.05$ моль и

$$\text{тогда } M(\text{аминокислоты}) = \frac{m}{v} = \frac{7.3}{0.05} = 146 \text{ г/моль, откуда } M(\text{R}_1) = 146 - 74 = 72 \text{ г/моль.}$$

Следовательно, первая аминокислота – лизин:



Вторая аминокислота вступает в реакцию этерификации:



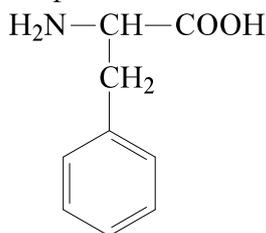
Количество этанола равно

$$v(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{4.6 \cdot 0.8}{46} = 0.08 \text{ моль,}$$

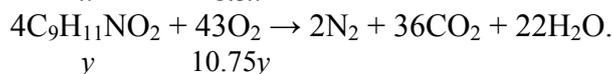
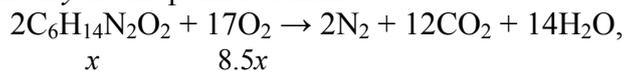
и при условии наличия в составе второй аминокислоты только лишь одной группы, способной вступать в реакцию этерификации, $v(\text{аминокислоты}) = v(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0.08$ моль и

$$\text{тогда } M(\text{аминокислоты}) = \frac{13.2}{0.08} = 165 \text{ г/моль, откуда } M(\text{R}_2) = 165 - 74 = 91 \text{ г/моль.}$$

Следовательно, вторая аминокислота – фенилаланин:



Запишем уравнения сжигания исходной смеси аминокислот, считая, что в ней содержится x моль лизина и y моль фенилаланина:



Найдем количество кислорода:

$$v(\text{O}_2) = \frac{21.56}{22.4} = 0.9625 \text{ моль.}$$

Составим и решим систему уравнений:

$$\begin{cases} 146x + 165y = 15.55, \\ 8.5x + 10.75y = 0.9625. \end{cases}$$

Находим $x = y = 0.05$ (моль). Тогда массы аминокислот в смеси:

$$m(\text{лизина}) = 0.05 \cdot 146 = 7.3 \text{ г,}$$

$$m(\text{фенилаланина}) = 0.05 \cdot 165 = 8.25 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{лизина}) = \frac{7.3}{15.55} = 0.469 \text{ (или 46.9\%),}$$

$$\omega(\text{фенилаланина}) = \frac{8.25}{15.55} = 0.531 \text{ (или 53.1\%).}$$

Ответ: 46.9% лизина и 53.1% фенилаланина.