Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ»

Схема заполнения

Для билета

Для билета

Вариант задания 1

Задача 1

1) 1 грамм (AgI) – 1013 центров кристаллизации

$AgI \rightarrow Ag^+ \quad I^-$

$n(AgI)_{1г} = \frac{1}{M} = \frac{1}{235}$ моль $= \frac{N(Ag^+)_{1г}}{6{,}022 \cdot 10^{23}} \Rightarrow N(Ag^+)_{1г} = 2{,}563 \cdot 10^{21} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ столько ионов Ag^+ содержится в 1013 ц.к., тогда

в 1 ц.к. : $N(Ag^+) = \frac{2{,}563 \cdot 10^{21}}{1013} = 2{,}53 \cdot 10^{18}$

2) $\left.\begin{array}{l} m(\text{нл}) = 10\,000\text{т} \\ m(\text{нл})_{\text{с.}} = 12\text{т} \end{array}\right\} n_{\text{с.}} = \frac{10000}{12} = 833{,}333 \Rightarrow$ нужно 834 самолёта

Ответ: 1) $2{,}53 \cdot 10^{18}$

2) 834 самолёта

Задача 2

Свинцовый сурик – Pb_3O_4 (состав $2PbO \cdot PbO_2$)

$Pb_3O_4 + Fe \longrightarrow Fe_2O_3 + Pb$

$3Pb_3O_4 + 28HNO_{3(р)} \longrightarrow 9Pb(NO_3)_3 + NO + 14H_2O$

$2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow Pb_3O_4 + 2CO_2 + H_2O$

$PbO + 2HNO_3 \hookrightarrow Pb(NO_3)_2 + H_2O$

Можно использовать оборот листа для записи решений

Задача 3

1) $Na_2SO_4 + C \rightarrow Na_2SO_3 + CO$

2) $Na_2SO_3 + SiO_2 \rightarrow Na_2SiO_3 + SO_2$

Химизм процессов:

$SiO_2 + 4HF \rightarrow SiF_4 + 2H_2O$ (растворяется в HF, так как у Si очень сильное сродство к F, как и у B – диагональное сходство)

$2NaOH + SiO_2 \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2O$

(Na_2SiO_3 раств. в конц. щелочи)

$Na_2SiO_3 + 2H_2O \rightleftharpoons 2NaOH + H_2SiO_3$

$CaSiO_3 + 2H_2O \rightleftharpoons Ca(OH)_2 + H_2SiO_3$

$SiO_2 + HNO_3 \not\rightarrow$

(при длит-м действии H_2O образуется слабая кислота H_2SiO_3 = осадок, поэтому при добавлении ф-ф в р-ре будут только $CaSiO_3$, Na_2SiO_3, $NaOH$, $Ca(OH)_2$ – щелочные среды)

1) Общее уравнение (1 р-я – спекание):

$Na_2CO_3 + CaCO_3 + 2SiO_2 \rightarrow Na_2SiO_3 + CaSiO_3 + 2CO_2$

примерная формула стекла – $CaO \cdot Na_2O \cdot 6SiO_2$

Задача 4

m (керамики) = 1 кг = 1000 г

Пусть $\omega(Al_2O_3) = 2{,}146x$ (%), тогда $\omega(ZrO_2) = x$.

$\omega(Al)_{в\ Al_2O_3} = \frac{27 \cdot 2}{27 \cdot 2 + 48} = 0{,}5294$

$\omega(Zr)_{в\ ZrO_2} = \frac{91}{91 + 32} = 0{,}7398$

тогда $\omega(Al_2O_3)_{в\ см.} = \frac{2{,}146x}{0{,}5294} = 4{,}0536x$

$\omega(ZrO_2)_{в\ см.} = \frac{x}{0{,}7398} = 1{,}3517x$

$4{,}0536x + 1{,}3517x = 1$

$x = 0{,}18500 - x = \omega(Al) \Rightarrow \omega(Al_2O_3) = 4{,}0536 \cdot 0{,}185 = 0{,}7500$

$\omega(ZrO_2) = 1{,}3517 \cdot 0{,}185 = 0{,}2500$

тогда $m(Al_2O_3) = 1000\ г \cdot 0{,}75 = 750\ г$

$m(ZrO_2) = 1000 \cdot 0{,}25 = 250\ г$

Отв: $m(Al_2O_3) = 750\ г$

$m(ZrO_2) = 250\ г$

Задача 5.

1) $V_к = S \cdot h = 14 \cdot 2,8 = 39,2\ м^3$

$c''(Hg) = \frac{3}{39,2} = 0,07653\ \frac{мг}{м^3}$

концентрация Hg $\left(\frac{мг}{м^3}\right)$

$\frac{c''(Hg)}{c''(Hg)_{допустимая}} = \frac{0,07653}{0,0003} = 255,1$ раз

2) $m(FeCl_3)_{р-р} = 2 \cdot 1,1816 = 2,3632$ г

$m(FeCl_3) = 2,3632 \cdot 0,2 = 0,47264$ г

$n(FeCl_3) = \frac{0,47264}{56 + 35,5 \cdot 3} = 2,9 \cdot 10^{-3}$ моль

$n(Hg) = \frac{m}{M} = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{201} = 1,4925 \cdot 10^{-5}$ моль

$\frac{n(FeCl_3)}{n(Hg)} = 194,3$ — это больше чем отн. по реакции (2:1) $\Rightarrow$ достаточно.

$FeCl_3 + \frac{1}{2}Hg \rightarrow \frac{1}{2}HgCl_2 + FeCl_2$

3) $FeCl_3 \cdot 6H_2O$

$\omega(FeCl_3) = \frac{0,47264 + 0,6x}{2,3632 + x} = 0,2$

$\omega(FeCl_3)_{ист} = \frac{162,5}{162,5 + 18 \cdot 6} = 0,6$, пусть $m(FeCl_3 \cdot 6H_2O) = x$ г, тогда $m(FeCl_3)_{кр} = 0,6x$ г

подставим в уравнение выше $\Rightarrow$

$\omega(FeCl_3)_{ист} = \frac{162,5}{162,5 + 18 \cdot 6} = 0,6$, пусть $m(ист) = X$ г, тогда $m(FeCl_3)_{кр} = 0,6x$ г

$m(FeCl_3) = 0,47264 = 0,6x$ (т.к. в 2 мл 20% р-ре содержится только чистый $FeCl_3$)

$x = 0,7877$ г

Ответ: 1) [illegible] в 253,1 раз
2) достаточно
3) 0,7877 г

Задача 6.

$Ce(NO_3)_4 \rightarrow CeO_2 + NO_2 + O_2$

$Ce(NO_3)_4 \rightarrow CeO_2 + 4NO_2 + O_2$

$Th(NO_3)_4 \rightarrow ThO_2 + 4NO_2 + O_2$

$Ce(OH)_4 \xrightarrow{t^\circ} CeO_2 + 2H_2O$ или $CeO_2 \cdot 2H_2O \rightarrow CeO_2 + 2H_2O$

$Th(OH)_4 \rightarrow ThO_2 + 2H_2O$ или $ThO_2 \cdot 2H_2O \rightarrow ThO_2 + 2H_2O$

Пусть $m(\text{сплав}) = 100$ г, тогда $m(CeO_2) = 1$ г

$m(ThO_2) = 99$ г

$n(CeO_2) = n(Ce(NO_3)_4) = \frac{1}{140+32} = 5{,}814 \cdot 10^{-3}$ моль $\Rightarrow$

$\Rightarrow m(Ce(NO_3)_4) = 5{,}814 \cdot 10^{-3} \cdot (140 + 62 \cdot 4) = 2{,}2558$ г

$n(ThO_2) = n(Th(NO_3)_4) = \frac{99}{232+32} = 0{,}375$ моль $\Rightarrow$

$\Rightarrow m(Th(NO_3)_4) = 0{,}375 \cdot (232 + 62 \cdot 4) = 180$ г

$\Sigma m(NO_3^-) = 180 + 2{,}2558 = 182{,}2558$ г

Теперь посчитаем для гидроксидов:

$n(CeO_2) = \frac{1}{140+32} = 5{,}814 \cdot 10^{-3}$ моль $= n(Ce(OH)_4)$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow m(Ce(OH)_4) = 5{,}814 \cdot 10^{-3} \cdot (140 + 17 \cdot 4) = 1{,}2093$ г

$n(ThO_2) = n(Th(OH)_4) = 0{,}375$ моль $\Rightarrow$

$\Rightarrow m(Th(OH)_4) = 0{,}375 \cdot (232 + 17 \cdot 4) = 112{,}5$ г

$\Sigma m(OH^-) = 112{,}5 + 1{,}2093 = 113{,}7093$ г

$\frac{\Sigma m(NO_3^-)}{\Sigma m(OH^-)} = \frac{182{,}2558}{113{,}7093} = 1{,}6028 \approx 1{,}6$ раз

Ответ: в 1,6 раз

olymp.bmstu.ru

Задача 7.

1) $NH_3 + H_3PO_4 \rightarrow NH_4H_2PO_4$ — 1 соль

$NH_3 + HNO_3 \rightarrow NH_4NO_3$ — 2 соль

3 соль — KCl

m(удобрения) $= 1000 \cdot 10^3$ г

$\omega(K_2O) = \omega(P_2O_5) = \omega(N) =$ примерно $18{,}18\%$ } тогда:

$m(K_2O) = m(P_2O_5) = m(N) = 1000 \cdot 10^3 \cdot 0{,}1818 = 181\,800$ г

KCl:
$m(K_2O) = \frac{181\,800}{39 \cdot 2 + 16} = 1934{,}04$ моль $\Rightarrow n(K) = 1934{,}04 \cdot 2 = 3868{,}08$ моль

$\Rightarrow n(KCl) = n(K) = 3868{,}08$ моль $\Rightarrow m(KCl) = n \cdot M = 288171{,}96$ г

$NH_4H_2PO_4$:
$n(P_2O_5) = \frac{181\,800}{31 \cdot 2 + 16 \cdot 5} = 1280{,}28$ моль $\Rightarrow n(P) = 1280{,}28 \cdot 2 = 2560{,}56$ моль $\Rightarrow n(NH_4H_2PO_4) \Rightarrow$

$\Rightarrow m(NH_4H_2PO_4) = 2560{,}56 \cdot (14 + 6 + 31 + 64) = 294464{,}7887$ г

NH_4NO_3:
тогда $m(NH_4NO_3) = 1000 \cdot 10^3 - 288171{,}96 - 294464{,}7887 =$

$= 417363{,}2513$ г

Теперь проверим эти массы по $\omega(N)$:

$$\omega(N) = \frac{m(NH_4NO_3) \cdot \omega(N) \text{ в } NH_4NO_3 + m(NH_4H_2PO_4) \cdot \omega(N) \text{ в } NH_4H_2PO_4}{1000 \cdot 10^3} =$$

$$= \frac{417363{,}2513 \cdot \frac{14 \cdot 2}{14 \cdot 2 + 4 + 48} + 294464{,}7887 \cdot \frac{14}{14 + 6 + 31 + 64}}{1000 \cdot 10^3} =$$

(погрешность небольшая)

$= 0{,}1819 \Rightarrow$ расчёт верный, вещества содержащиеся в удобрении определены верно.

2) $m(NH_4NO_3) = 417363,2513г \Rightarrow n(NH_4NO_3) = \frac{417363,2513}{14 \cdot 2 + 4 + 48} =$

$= 5217,04$ моль $= n(NH_3)_1$

$n(NH_4H_2PO_4) = 2560,56$моль $= n(NH_3)_2$

$\Sigma n(NH_3) = 5217,04 + 2560,56 = 7777,6$моль

$V(NH_3) = V_{м.у.} \cdot \Sigma n(NH_3) = 7777,6 \cdot 22,4 = 174218,24л$

Ответ: 1) $m(KCl) = 288171,96г = 288,17196кг$

$m(NH_4H_2PO_4) = 294464,7887г = 294,4647887кг$

$m(NH_4NO_3) = 417363,2513г = 417,3632513кг$

2) $V(NH_3) = 174218,24л$

Вариант задания 1

Задача 7

$NH_3 + H_3PO_4 \rightarrow NH_4H_2PO_4$ — 1 соль

$NH_3 + HNO_3 \rightarrow NH_4NO_3$ — 2 соль

$\omega(K_2O) = 18,18\% = \omega(N_2) = \omega(P_2O_5)$

$\omega(K)_{в\ K_2O} = \frac{39 \cdot 2}{39 \cdot 2 + 16} = 0,8298 \Rightarrow \omega(K) = \frac{0,1818}{0,8298} = 0,2191$

$\omega(P)_{в\ P_2O_5} = \frac{31 \cdot 2}{31 \cdot 2 + 16 \cdot 5} = 0,4366 \Rightarrow \omega(P) = \frac{0,1818}{0,4366} = 0,4164$

$\omega(N)_{в\ N_2} = 0,5 \Rightarrow \omega(N)_{в\ уд.} = \frac{0,1818}{0,5} = 0,3636$

$m_{удобрения} = 1\ т = 1000\ кг = 1000 \cdot 10^3\ г$

$m(K) = 1000 \cdot 10^3 \cdot 0,2191 = 219100\ г$

$n(K) = \frac{219100}{39} = 5617,95\ моль = n(KCl) \Rightarrow$

$\Rightarrow m(KCl) = 5617,95 \cdot (39 + 35,5) = 418537,275\ г$

$m(P) = 1000 \cdot 10^3 \cdot 0,4164 = 416400\ г$

$n(P) = n(NH_4H_2PO_4) = \frac{416400}{31} = 13432,258\ моль \Rightarrow$

$\Rightarrow m(NH_4H_2PO_4) = 13432,258 \cdot (14 + 6 + 31 + 64) = 1544709,677\ г$

$m(NH_4NO_3) = 1000 \cdot 10^3 - 418537,275 - 1544709,677 =$

$= m(K_2O) = m(P_2O_5) = m(N_2) = 1000 \cdot 10^3 \cdot 0,1818 = 181800\ г$

$n(K_2O) = \frac{181800}{39 \cdot 2 + 16} = 1934,04\ моль \Rightarrow n(KCl) = 1934,04\ моль$

$n(K) = 3868,08 \Rightarrow n(KCl) = 3868,08\ моль$

$n(P_2O_5) = \frac{181800}{31 \cdot 2 + 16 \cdot 5} = 1280,28\ моль \Rightarrow n(NH_4H_2PO_4) = 1280,28\ моль$

$n(P) = 2560,56\ моль \Rightarrow n(NH_4H_2PO_4) = 2560,56\ моль$

$m(KCl) = 1934,04 \cdot (39 + 35,5) = 144085,98\ г$

$m(NH_4H_2PO_4) = 1280,28 \cdot (14 + 6 + 31 + 64) = 147232,2\ г$

$m(NH_4NO_3) = 1000 \cdot 10^3 - 147232{,}2 - 144085{,}98 =$

$= 708681{,}82$ г

Проверим $\omega(N_2)$:

$$\omega(N) = \frac{708681{,}82 \cdot \frac{14 \cdot 2}{14 \cdot 2 + 4 + 48} + 147232{,}2 \cdot \frac{14}{14 + 6 + 31 + 64}}{1000 \cdot 10^3} =$$

$= 0{,}26596$