**Задание 1. (авторы А.С. Романов, И.А. Трофимов)**

1. Тройка красного, зелёного и синего диодов называется «пиксель». Яркость каждого диода независима от другого, следовательно количество возможных цветов $N_{total} = N_{красн} \cdot N_{зелен} \cdot N_{син} = 256^3 = 2^{24} = 16777216$.

2. Судя по протеканию реакции азота с металлом, скорее всего **X** представляет собой нитрид неизвестного металла. С помощью рисунка фрагмента структуры **X** можно установить стехиометрию нитрида. Все малые атомы связаны только с большими, а все большие только с малыми и при этом КЧ у обоих атомов равно 4, поэтому отношение атомов равно 1:1. Также можно подсчитать число атомов в 1 элементарной ячейке. Четыре малых атома в верхней и нижней тупоугольной грани принадлежат элементарной ячейке на 1/6 своего объёма, в верхней и нижней остроугольной грани 6 малых атома принадлежат на 1/12 своего объёма и 1 малый атом полностью принадлежит элементарной ячейке. Тогда их число равно $4 \cdot 1/6 + 4 \cdot 1/12 + 1 = 2$ шт. Большие атомы лежащие на рёбрах с тупым углом принадлежит элементарной ячейке на 1/3 объёма, атомы лежащие на рёбрах с острым углом принадлежат элементарной ячейке на 1/6 своего объёма, тогда с учётом одного внутреннего большого атома их число равно $2 \cdot 1/3 + 2 \cdot 1/6 + 1 = 2$ шт. В итоге соотношение атомов в **X** равно $2:2 = 1:1$. Теперь воспользуемся массовым содержанием углерода в **Q**: $M(Q) = 12x/0,3130 = 38,33x$, где x – число атомов углерода в **Q**. При $x = 3$ получаем $M(Q) = 115$ г/моль, что за вычетом трех молярных масс CH_3 -групп дает 70 г/моль, что соответствует **M – Ga, Q – Ga(CH₃)₃, X – GaN**.

Уравнения реакций [1–4]: [1] $2Ga + 2NH_3 \xrightarrow{950^\circ C} 2GaN + 3H_2$; [2] $2Ga + N_2 \xrightarrow{t^\circ} 2GaN$;

[3] $Ga(CH_3)_3 + NH_3 \xrightarrow{1000^\circ C} GaN + 3CH_4$; [4] $2Ga + 3Hg(CH_3)_2 \xrightarrow{100^\circ C} 2Ga(CH_3)_3 + 3Hg$.

3. Рассчитаем молярную массу **E** при условии, что из его фосфата образуется сульфат состава $E_2(SO_4)_3$: $M(E_2(SO_4)_3) = 5,000 \cdot 233 \cdot 3/7,500 = 466$ г/моль, что за вычетом трех молярных масс иона SO_4^{2-} и делением на 2 дает $M(E) = 89$ г/моль, а значит, **E – иттрий Y**. Определим вещество **G**: $M(G) = 23x/0,2788 = 82,5x \rightarrow x = 2$, $M(G) = 165$ г/моль. Зеленый цвет вещества **G** намекает на присутствие манганат-ионов в расплаве, что и подтверждается расчетом молярной массы, **G – Na₂MnO₄**. Значит **D** это не марганец, поскольку последний выпадает в осадок в виде гидроксида в реакции [11], а раствор содержит **D**. С помощью формулы вещества $Y_3D_5O_{12}$ можно установить степень окисления **D** = $(24-15)/3 = +3$. Исходя из частой встречаемости **D** в минералах и тому, что этот металл – один из трёх самых распространённых элементов (а это O, Si, Al), можно сделать вывод о том, что **D – алюминий Al**.

Зашифрованные в схеме вещества и элементы:

Шифр	D	E	F	G	H	I
Формула	Al	Y	$Y_2(SO_4)_3$	Na_2MnO_4	$Al_2(SO_4)_3$	$NaAlO_2$ или $Na_{(1+2x)}AlO_{(2+x)}$
Шифр	K	L	N	O	T	W
Формула	$Y(NO_3)_3$	Mn	$Na[Al(OH)_4]$	$Al(OH)_3$	$MnSO_4$	$Al(NO_3)_3$

Уравнения реакций [5–15]:

[5] $2YPO_4 + 3H_2SO_4 \xrightarrow{140^\circ C} Y_2(SO_4)_3 + 2H_3PO_4$; [6] $Y_2(SO_4)_3 + 3Ba(NO_3)_2 \rightarrow 2Y(NO_3)_3 + 3BaSO_4 \downarrow$;

[7] $MnAl_2O_4 + 4NaOH + O_2 \xrightarrow{t^\circ} Na_2MnO_4 + 2NaAlO_2$ (допустимо указывать $Na_{(1+2x)}AlO_{(2+x)}$) + $2H_2O \uparrow$;

[8] $Na_2MnO_4 + 2Na_2SO_3 + 2H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + 3Na_2SO_4 + 2H_2O$;

[9] $2NaAlO_2 + 4H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + Al_2(SO_4)_3 + 4H_2O$;

[10] $Al_2(SO_4)_3 + 8NaOH_{(изб)} \rightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 3Na_2SO_4$;

[11] $MnSO_4 + 2NaOH \rightarrow Mn(OH)_2 \downarrow + Na_2SO_4$;

[12] $4Mn(OH)_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4Mn(OH)_3 \downarrow$ (допустимо указывать в продуктах $MnOOH$, MnO_2 или $Mn(OH)_4$);

[13] $Na[Al(OH)_4] + H_2S \rightarrow Al(OH)_3 \downarrow + H_2O + NaHS$ (Na_2S минус 0,5 б., $NaOH$ 0 б.);

[14] $Al(OH)_3 + 3HNO_3 \rightarrow Al(NO_3)_3 + 3H_2O$;

[15] $9Y(NO_3)_3 + 15Al(NO_3)_3 + 20C_6H_8O_7 \xrightarrow{t^\circ} 3Y_3Al_5O_{12} + 12CO_2 \uparrow + 80H_2O \uparrow + 36N_2 \uparrow$.

4. Искомая фраза – «Light of knowledge» (свет знаний).

Система оценивания:

- | | |
|--|-------------------|
| 1. Пиксель, расчёт количества цветов – по 0,5 б. | 0,5+0,5 = 1 б. |
| 2. Вещества M, Q, X – по 1 б., уравнения реакций [1–4] – по 1 б. | 3·1+4·1 = 7 б. |
| 3. Символы элементов D, E, L , формулы веществ F – I, K, N, O, T, W и уравнения реакций [5–15] – по 1 б. | 12·1+11·1 = 23 б. |
| 4. Фраза со словами <i>Light</i> и <i>Knowledge</i> – 1 б. | 1 б. |
| Всего: | 32 балла |

Задание 2. (авторы А.С. Романов, И.А. Трофимов)

1. Брожение используется в хлебопечении, виноделии, производстве кисломолочных продуктов и многих других областях пищевой промышленности. Жидкость, выделенная Бюхнером из дрожжей, представляет собой раствор ферментов. Уравнение сбраживания глюкозы: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow$.

2. Рассчитаем сначала количество вещества глюкозы и найдем теоретическое количество углекислого газа, а затем и выход реакции: $n(C_6H_{12}O_6) = \frac{25,00 \cdot 0,93}{180} = 0,1292$ моль $\Rightarrow n_{\text{теор}}(CO_2) = 0,1292 \cdot 2 = 0,2584$ моль. $n_{\text{прак}}(CO_2) = n(BaCO_3) = \frac{41,98}{197} = 0,2131$ моль $\Rightarrow \eta = \frac{0,2131}{0,2584} = 82,5\%$. Найдем массу этанола и массу раствора для нахождения его массовой доли: $m(C_2H_5OH) = 0,2131 \cdot 46 = 9,803$ г, $m(CO_2) = 0,2131 \cdot 44 = 9,376$ г, $m(p - pa) = 25,00 + 150 - 9,376 = 165,6$ г $\Rightarrow \omega(C_2H_5OH) = \frac{9,803}{165,6} = 5,92\%$. Рассчитаем объём, который занимает 9,803 г чистого этанола и отыщем его объёмную долю в растворе: $V(C_2H_5OH) = \frac{9,803}{0,789} = 12,42$ мл $\Rightarrow$

$\varphi(C_2H_5OH) = \frac{V_{C_2H_5OH}}{V_{C_2H_5OH} + V_{H_2O}} = \frac{12,42}{12,42 + 150} = 7,65\%$. Участник олимпиады может рассчитать объёмную долю этанола иначе: $\varphi(C_2H_5OH) = \frac{12,42 \cdot 0,988}{165,6} = 7,41\%$, такой способ расчёта также принимается за правильный.

Отметим, что на самом деле последняя величина называется «объёмная концентрация» и выражает объём чистого вещества, который можно выделить из 100 мл раствора. По ГОСТ крепость спиртовых растворов выражают именно при помощи объёмной концентрации. Объёмная доля в свою очередь выражает объём чистого вещества V_1 , которое смешивали с объёмом V_2 других чистых веществ, причем $V_1 + V_2 = 100$ [V], для жидких растворов $V_1 + V_2 \neq V_{p-ра}$, поскольку разные молекулы в жидкости взаимодействуют друг с другом с различной энергией. Равенство $V_1 + V_2 = V_{p-ра}$ выполняется лишь для идеальных газов ($T \gg T_{кр}$, $P \ll P_{кр}$) и идеальных растворов, которых строго говоря не существует, но смеси многих веществ схожей химической природы (напр. метанол и изопропанол) могут быть очень близки к идеальным растворам и для них с хорошей точностью $V_1 + V_2 \approx V_{p-ра}$.

Более концентрированный раствор этанола можно получить при помощи перегонки (дистилляции) забродившей фракции. Бытовое название более концентрированного раствора этанола – самогон.

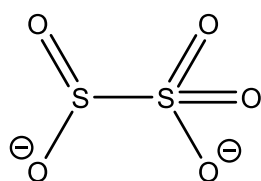
3. Эта деталь называется ректификационной колонной. С её помощью можно значительно повысить эффективность процесса дистилляции, за счёт непрерывного теплообмена между жидкой и паровой фазами внутри колонны. Собственное название получаемого продукта – спирт-ректификат. Однако, при помощи одной лишь дистилляции с ректификационной колонной при атмосферном давлении можно получить только азеотропный раствор (мольный состав раствора равен мольному составу паров) составом 95,57% спирта по массе. Практически безводный этанол можно получить при использовании химических осушителей, таких как безводный сульфат меди(II) или при помощи других химических реакций с водой, например путём добавления небольшого количества сложного эфира к спирту, а затем натрия, то можно добиться удаления воды, так как она будет затрачиваться на реакцию гидролиза сложного эфира. Наконец, можно использовать перегонку с ректификационной колонной при пониженном давлении, например ниже 70 мм. рт. ст. этанол не образует азеотропной смеси с водой. Безводный спирт называется абсолютным.

4. Уксусная кислота является одноосновной, поэтому со щелочью реагирует в соотношении 1 к 1, рассчитаем массовую концентрацию кислоты: $C_m(CH_3COOH) = \frac{7,33 \cdot 0,0500 \cdot 60}{200} = 0,110$ г/100 мл.

5. При нагревании виноградного сока с соляной кислотой происходит гидролиз олигосахаридов, в частности сахарозы: $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6$ (α -глюкоза) + $C_6H_{12}O_6$ (β -фруктоза). Сначала глюкозу окисляют иодом в щелочной среде: $R-CHO$ (или $C_6H_{12}O_6$) + I_2 + $3NaOH \rightarrow R-COONa$ (или $C_6H_{11}O_7Na$) + $2NaI$ + $2H_2O$. Одновременно с этим избыток иода диспропорционирует в щелочной среде: [1] $6NaOH + 3I_2 \rightarrow 5NaI + NaIO_3 + 3H_2O$. При добавлении серной кислоты происходит обратный предыдущему процесс – сопропорционирование в кислой среде: [2] $5NaI + NaIO_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow 3Na_2SO_4 + 3I_2 + 3H_2O$. Наконец, иод количественно вступает в реакцию с тиосульфатом натрия: [3] $I_2 + 2Na_2S_2O_3 \rightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6$. Рассчитаем количество вещества иода, ушедшего на окисление глюкозы: $n(I_2) = 25,00 \cdot 0,08250 - \frac{24,84 \cdot 0,1000}{2} = 0,8205$ ммоль. Тогда $C_m(C_6H_{12}O_6) = \frac{0,8205 \cdot 180}{10} = 14,77$ г/100 мл.

6. Ферменты – белковые молекулы, молекулы РНК или их комплексы, ускоряющие химические реакции в живых системах. От промышленных катализаторов они отличаются высокой специфичностью (подходят как правило только для одного субстрата) и эффективностью (быстрая конверсия), а также способностью работы только в очень ограниченном диапазоне внешних условий (температур, давлений и кислотности среды).

7. Оборудование может быть загрязнено различными микроорганизмами из окружающей среды, которые могут продуцировать в ходе брожения соединения, ухудшающие качество и безопасность итогового продукта. Брутто-формулы компонентов Антиформина: хлорная известь – $CaOCl_2$ или $CaCl_2 \cdot Ca(OCl)_2$, кальцинированная сода – Na_2CO_3 , каустическая сода – $NaOH$. Для получения $NaOH$ необходимо приготовить раствор поваренной



пиросульфит-анион

соли в воде и провести электролиз с диафрагмой: $2NaCl + 2H_2O \xrightarrow{\text{эл-лиз}} 2NaOH + Cl_2 + H_2$. В этом процессе также образуется и хлор, который понадобится нам для синтеза хлорной извести при охлаждении по уравнению: $2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 \xrightarrow{\text{холод}} CaCl_2 + Ca(OCl)_2$ (или $CaOCl_2$) + $2H_2O$. Ещё нужно синтезировать углекислый газ и гидроксид кальция из известняка, это можно осуществить его прокаливанием при высоких температурах: $CaCO_3 \xrightarrow{t^\circ} CaO + CO_2$. Гидроксид кальция образуется при взаимодействии негашеной извести с водой: $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$. Получить кальцинированную соду можно двумя способами, взаимодействием $NaOH_{\text{тв}}$ и CO_2 с последующим нагреванием смеси для удаления воды: $2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 \cdot xH_2O + (2-x)H_2O$, $Na_2CO_3 \cdot xH_2O \xrightarrow{t^\circ} Na_2CO_3 + xH_2O$. Второй способ заключается в пропускании избытка углекислого газа через водный раствор $NaOH$, так как недостаток CO_2 контролировать значительно труднее, нежели его избыток: $NaOH + CO_2 \rightarrow NaHCO_3$. Затем осуществляют «кальцинирование», то есть прокаливание полученной пищевой соды: $2NaHCO_3 \xrightarrow{t^\circ} Na_2CO_3 + H_2O$. Данный способ является значительно более рациональным, чем первый, однако первый всё равно оценивается полным баллом. Определим формулу консерванта при помощи информации о массовых содержаниях серы и кислорода. Для этого определим соотношение этих элементов в данной соли: $n(S):n(O) = \frac{28,82}{32} : \frac{36,04}{16} = 0,9006 : 2,2525 = 2 : 5$. Предположим, что в состав консерванта входит два атома серы, тогда его молярная масса вычисляется по формуле: $M = \frac{32 \cdot 2}{0,2882} = 222$ г/моль. Вычитая из молярной массы консерванта две молярные массы серы и пять молярных масс кислорода в остатке получаем 78 г/моль, что соответствует двум молярным массам калия => **формула консерванта – $K_2S_2O_5$** . Структурная формула аниона приведена на рисунке выше.

8. Основной компонент пирита представляет собой дисульфид железа(II) – $Fe^{+2}S_2^{-1}$, его формулу можно отыскать при помощи известной массовой доли серы. Сначала пирит следует сжечь на воздухе для получения сернистого газа: $4FeS_2 + 11O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3$ (или Fe_3O_4) + $8SO_2$. Далее следует пропустить избыток сернистого газа через водный раствор едкого кали: $KOH + SO_2 \rightarrow KHSO_3$. При выпаривании данного раствора гидросульфит не кристаллизуется, поскольку является неустойчивым, но вместо него в твердую фазу выделяется пиросульфит: $2KHSO_3 \xrightarrow{\text{выпаривание}} K_2S_2O_5 + H_2O$. Концентрированными серной и азотной кислотой дисульфид железа(II) окисляется следующим образом: $FeS_2 + 18HNO_3 \rightarrow 2H_2SO_4 + Fe(NO_3)_3 + 15NO_2 \uparrow + 7H_2O$, $2FeS_2 + 14H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 15SO_2 \uparrow + 14H_2O$.

9. Рассчитаем время, за которое автомобиль преодолеет указанное расстояние: $t = \frac{3300}{205} = 16,1$ часов = 57960 с. Мощность двигателя составляет $136 \cdot 0,736 = 100,1$ кДж/с, теперь можно рассчитать энергию необходимую для преодоления расстояния: $Q = 100,1 \cdot 57960 = 5801,8$ МДж. Уравнение реакции сгорания этанола: $C_2H_5OH_{(p-p)} + 3O_{2(r)} = 2CO_{2(r)} + 3H_2O_{(r)}$. Теперь по закону Гесса найдем теплоту сгорания этанола: $Q_{сгор} = 3Q_f(H_2O_{(r)}) + 2Q_f(CO_2) - Q_f(C_2H_5OH_{(p-p)}) = 1277,6$ кДж/моль. Необходимо учесть, что часть выделяемой теплоты будет тратиться на испарение воды, которая содержится в исходном топливе. Для дальнейшего расчёта удобно перевести полученную мольную теплоту сгорания в удельную теплоту сгорания: $Q_{сгор,уд} = \frac{1277,6 \cdot 1000}{46} = 27774$ кДж/кг этанола. Один килограмм топлива содержит 0,955 кг этанола и 45 г воды, которую необходимо будет испарить. При испарении 45 г воды будет затрачиваться $45 \cdot 44/18 = 110$ кДж энергии, а при сгорании 0,955 кг этанола выделится $27774 \cdot 0,955 = 26524$ кДж. Тогда при сгорании 1 кг топлива выделится $26524 - 110 = 26414$ кДж энергии. Рассчитаем объём топлива, необходимый для преодоления такого расстояния: $V(\text{топлива}) = \frac{5801,8 \cdot 10^3}{26414 \cdot 0,809} = 271,5$ л или 8,2 л/100 км.

В качестве предостережения отметим, что в России на законодательном уровне закреплено, что максимальная скорость легкового автомобиля в черте города не должна превышать 60 км/ч, а на автомагистралях – 110 км/ч. Скорость автомобиля 205 км/ч в условии задачи указана, чтобы можно было соотнести максимальную мощность двигателя и максимальную скорость автомобиля.

Система оценивания:

- | | |
|--|---|
| 1. Каждый продукт питания – по 1 б., указание на раствор ферментов – 1 б., уравнение сбраживания – 1 б. | $2 \cdot 1 + 1 + 1 = 4$ б. |
| 2. Выход реакции – 1 б., массовая и объёмная доли этанола по 1 б., указание на дистилляцию и самогон – по 1 б. | $1 + 2 \cdot 1 + 1 + 1 = 5$ б. |
| 3. Название детали, спирт-ректификат, способ получения ~100% спирта и его название – по 1 б. | $1 + 1 + 1 + 1 = 4$ б. |
| 4. Массовая концентрация уксусной кислоты – 2 б. | 2 б. |
| 5. 3 уравнения реакций – по 1 б., массовая концентрация глюкозы – 2 б. | $3 \cdot 1 + 2 = 5$ б. |
| 6. Определение фермента – 1 б., три отличия по 0,5 б. | $1 + 3 \cdot 0,5 = 2,5$ б. |
| 7. Микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности – по 0,5 б., брутто-формулы веществ – по 1 б., рациональные способы получения – по 2 б., если способ нерациональный – 1 б., если не указаны условия проведения реакции – минус 0,5 б за способ получения. Брутто- и структурная формула консерванта – по 1 б., расчёт – 0,5 б. | $2 \cdot 0,5 + 3 \cdot 1 + 3 \cdot 2 + 2 \cdot 1 + 0,5 = 12,5$ б. |
| 8. Рациональный способ получения пиросульфита – 3 б., степени окисления элементов – по 0,5 б., уравнения реакций с кислотами – по 2 б. | $3 + 2 \cdot 0,5 + 2 \cdot 2 = 8$ б. |
| 9. Уравнение реакции сгорания этанола – 1 б., расчёт объёма топлива – 6 б. | $1 + 6 = 7$ б. |
| Всего: | 50 баллов |

Задание 3. (автор А.С. Романов)

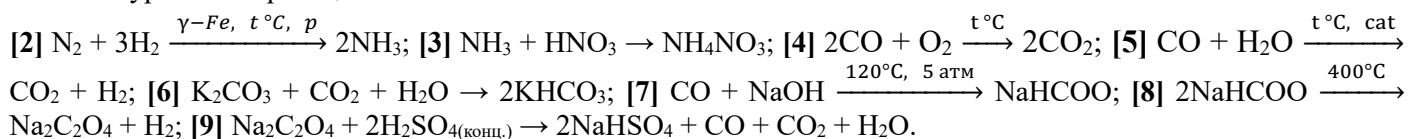
1. Вещество **C** можно вычислить сразу, поскольку $m(C) = 2,24 - 1,12 = 1,12$ г, тогда $M(C) = 1,12/0,04 = 28$ г/моль, что соответствует **C = Si**. Ясно, что формулу вещества **A** можно представить в виде BSi_n , где **B** – элемент, которые образует простое вещества **B**, а n – дробное или целое число. Тогда индексы $1 : n$ соотносятся как $1,12/M(B) : 0,04 = 28n/M(B) : n \Rightarrow M(B) = 28n$. Подставляя $n = 2$, получаем **B = Fe** и **A = FeSi₂**, дисилицид железа. Уравнение реакции: **[1]** $Fe + 2Si \rightarrow FeSi_2$.

2. Из массового содержания кислорода получим формулы для расчёта молярных масс веществ:

Шифр	E	F	G
M, г/моль	$22n$	$28n$	$18n$

Поскольку **F** содержит всего 2 атома в одной формульной единице, то $n = 1$ и тогда на второй атом приходится 12 г/моль, что соответствует углероду, и тогда **F = CO**. Аналогично можно расшифровать и **E = CO₂**, который образуется при сжигании угарного газа в кислороде. Ясно, что у участников Олимпиады с собой может быть только бутылочка с водой, поэтому **G = H₂O**. Поскольку **D** синтезируют из простых веществ, то оно является бинарным (двухэлементным), к тому же оно газообразное и содержит 4 атома на одну формульную единицу. Эта информация и наличие в схемах **[X]** и **[Y]** соли аммония наводит на мысль, что **D = NH₃**.

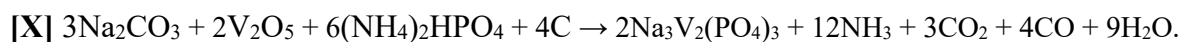
Запишем уравнения реакций:



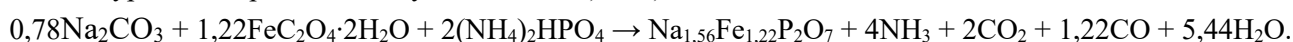
Нитрат аммония, который образуется в ходе реакции **[3]**, широко применяется в качестве **удобрения** или **взрывчатого вещества** при горных работах. Структурная формула и геометрическая форма молекулы воды приведена на рисунке справа. В твёрдой воде присутствуют **ковалентные полярные** и **водородные связи**. Можно отметить и присутствие связей Ван дер Ваальса, но указывать их наличие не требуется.



3. Запишем схему реакции **[X]**: $3Na_2CO_3 + 2V_2O_5 + 6(NH_4)_2HPO_4 + 4C \rightarrow 2X + NH_3 + CO_2 + CO + H_2O$, ясно, что весь натрий, фосфор и ванадий содержатся в **X**. Предполагая, что весь фосфор перешёл в **X** в виде фосфата, получаем (учитывая, что **X** – четырехэлементное вещество) коэффициенты: 12 перед NH_3 , 9 перед H_2O ; слева 43 кислорода, справа $2x + z + 9 + 2X = 43$, причем по углероду $x + z = 7$, тогда $x + 2X = 27$. Если весь фосфор перешел в **X** в виде фосфата, то он должен содержать $6 \cdot 4/2 = 12$ атомов кислорода и тогда $x = 3$. Написав уравнение реакции, получаем **X = Na₃V₂(PO₄)₃**.



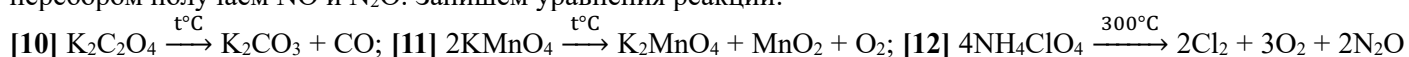
Проведем аналогичные рассуждения для реакции **[Y]**: $0,78Na_2CO_3 + 1,22FeC_2O_4 \cdot 2H_2O + 2(NH_4)_2HPO_4 \rightarrow Y + NH_3 + CO_2 + CO + H_2O$, слева азота 4, тогда коэффициент перед NH_3 равен 4. Слева водорода $18 + 1,22 \cdot 4$, тогда коэффициент перед водой справа равен $(18 + 1,22 \cdot 4 - 12)/2 = 5,44$. Слева углерода 3,22, справа $x + z = 3,22$. Кислорода слева 17,66, справа $2x + z + 5,44 + Y = 17,66 \Rightarrow x + Y = 9$. Формульная единица вещества **Y** содержит 1,56 атом натрия, 1,22 атома железа, 2 атома фосфора и неизвестное количество атомов кислорода. Если фосфор содержится в виде PO_4^{3-} , то степень окисления железа равна $(6 - 1,56)/1,22 = 3,64$, что не соответствует условию. Однако, если убрать 1 атом кислорода, что будет соответствовать содержанию пиррофосфат-иона $P_2O_7^{4-}$, то степень окисления железа равна $(4 - 1,56)/1,22 = 2$. Отсюда получаем $x = 2$ и записав уравнение реакции, получаем **Y = Na_{1,56}Fe_{1,22}P₂O₇**.



Для $Na_3V_2(PO_4)_3$ степень окисления ванадия вычисляется по уравнению электронейтральности: $3 + 2x - 9 = 0 \Rightarrow x = 3$; для $Na_{1,56}Fe_{1,22}P_2O_7$ можно поступить аналогично: $1,56 + 1,22x - 4 = 0 \Rightarrow x = 2$.

4. По обсуждению проблемы локализации и автолокализации химических реакций в твердой фазе можно понять, что топохимия – раздел химии, изучающий реакции с твердыми веществами, протекающими на границе раздела (локально) твердой фазы с другой фазой. Можно подумать, что все реакции с твердыми телами – топохимические, однако, не стоит забывать, что реакция может протекать и внутри фазы твердого тела, а также по всей поверхности (не локально) твердого тела. Кстати, типичным примером топохимической реакции является коррозия железных изделий на воздухе, которая начинается на поверхности в области (локально), где повреждена защитная плёнка оксида или где присутствует дефект кристаллической решетки. Возникнув в каком-то месте, реакция продолжается в соседних областях кристалла (автолокализация процесса).

Запишем соотношение $M(NO_x)/M(NO_y) = 1,47 = (14 + 16x)/(14 + 16y) \Rightarrow 6,58 = 16x - 23,52y$, простым перебором получаем NO и N_2O . Запишем уравнения реакций:



+ 8H₂O; [13] 2NH₄ClO₄ $\xrightarrow{380^{\circ}\text{C}}$ Cl₂ + O₂ + 2NO + 4H₂O. Отметим, что в качестве побочных продуктов в реакциях [12] и [13] образуются (в малых количествах) и ClO₂, HCl, N₂, NOCl, NO₂.

Дорогие участники Олимпиады! Вы можете ознакомиться с упомянутыми в задаче работами по ссылкам:

Kosova, N. V. Perspective Cathode Materials for Sodium-Ion Batteries / N. V. Kosova, D. O. Semykina // Chemistry for Sustainable Development. – 2021. – Vol. 29, No. 3. – P. 333-345. – DOI 10.15372/CSD2021311. – EDN IGVHCl.

Boldyrev, V. V. (2006). Thermal decomposition of ammonium perchlorate. Thermochimica Acta, 443(1), 1–36. doi:10.1016/j.tca.2005.11.038

Система оценивания:

- | | |
|---|---------------------------|
| 1. Формулы веществ A – C , уравнение реакции [1] и название вещества A – по 1 б. | 3·1+1+1 = 5 б. |
| 2. Формулы веществ D – G , уравнения реакций [2] – [9], применение NH ₄ NO ₃ – по 1 б. Структурная формула, геометрическая форма и типы связей – по 0,5 б. | 4·1+8·1+1 + 0,5·4 = 15 б. |
| 3. Формулы веществ X, Y и уравнения реакций [X], [Y] – по 2 б., степени окисления ванадия и железа – по 1 б. | 2·2+2·2+2·1 = 10 б. |
| 4. Определение топохимии – 4 б., уравнения реакций [10] – [13] по 1 б. | 4+4·1 = 8 б. |
| Всего: | 38 баллов |