

Решение теоретического тура РХО-2006 для 9 класса

№9-1-2006респ.

Масса карбоната натрия, содержащегося в кристаллогидрате равна:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{8,6}{286} * 106 = 3,19 \text{ г}$$

растворимость равна массе безводного вещества, насыщающегося 100 г воды при данной температуре. Через растворимость можно выразить массу вещества, содержащегося в насыщенном растворе.

Пусть в 100 г воды содержится x г карбоната натрия, масса исходного раствора равна m . Тогда в исходном насыщенном растворе содержится карбонат натрия массой $\frac{x}{x+100} m$.

После растворения 2 г карбоната масса раствора – $(m + 2)$; после образования осадка кристаллогидрата масса раствора – $(m + 2 - 8,6)$. В этом растворе содержится карбонат массой $\frac{x}{x+100} (m + 2 - 8,6)$.

Общая масса карбоната натрия в кристаллогидрате и в растворе, который остался после выпадения кристаллогидрата в осадок равна массе карбоната в растворе при повышенной температуре а именно:

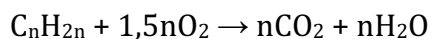
$$3,19 + \frac{x}{x+100} (m + 2 - 8,6) = \frac{x}{x+100} m + 2$$

$$3,19 - 6,6 \frac{x}{x + 100} = 2$$

Отсюда $x = 22,0$ г. Следовательно, растворимость карбоната натрия составляет 22,0 г в 100 г воды

№9-2-2006респ.

Общая молекулярная формула гомологов ряда циклопарафинов C_nH_{2n} , поэтому уравнение процесса горения можно записать следующим образом:



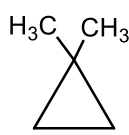
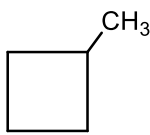
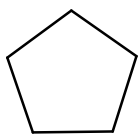
Так как объемом конденсированной воды можно пренебречь, то объем и температура системы имеют постоянные значения, поэтому в соответствии с уравнением Менделеева – Клайперона давление в сосуде пропорционально количеству газов N_1 (моль) и N_2 (моль) до и после взрыва:

$$p_1 V = \frac{m}{M} RT = N_1 RT; \quad p_2 V = N_2 RT; \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

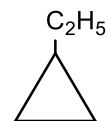
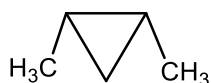
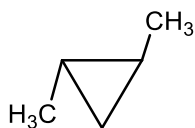
Если предположить, что в сосуде помещен циклопарафин количеством 1 моль, то $N_1 = 1 + 9,5 = 10,5$ моль. Учитывая, что при этом условии избыток кислорода составит $(9,5 - 1,2n)$ моль, получим: $N_2 = n + (9,5 - 1,5n) = (9,5 - 0,5n)$ моль. Отсюда

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{10,5}{9,5 - 0,5n} = 1,5; \quad n = 5$$

Молекулярная формула неизвестного циклопарафина C_5H_{10} . Этому элементному составу соответствует следующие изомерные циклические углеводороды:



циклопентан метилциклобутан 1,1-диметилциклопропан



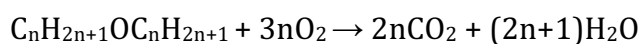
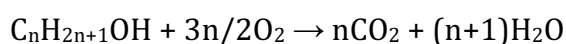
транс-1,2-диметилциклопропан

цис-1,2-диметилциклопропан

этилциклопропан

№9-3-2006респ.

Напишем в условном виде уравнения реакции горения предельного одноатомного спирта и его симметричного эфира:



Искомые величины: n - число атомов углерода в молекуле спирта, x - масса спирта в смеси и $10 - x$ - масса эфира в смеси (в граммах).

Составим уравнение, учитывая, что масса водорода в сожженной смеси спирта и эфира равна массе водорода в образовавшейся воде:

$$x \frac{(2n+2)M(H)}{M(\text{спирт})} + (10 - x) \frac{(4n+2)M(H)}{M(\text{эфира})} = m(H_2O) \cdot \frac{2M(H)}{M(H_2O)}$$

или

$$\frac{2n+2}{14n+18}x + \frac{4n+2}{28n+18}(10-x) = 12 \cdot \frac{2}{18}$$

Для удобства решения сделаем подстановку: $2n+2=y$, тогда уравнение примет вид:

$$\frac{xy}{7y+4} + (10-x) \frac{2y-2}{14y-10} = \frac{4}{3}$$

Отсюда найдем:

$$y = \frac{3x + 31 \mp \sqrt{(3x + 31)^2 - 28(6x - 20)}}{14} \quad (2)$$

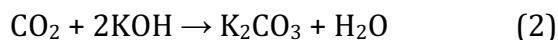
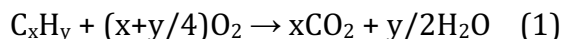
Из условия задачи следует также, что масса спирта в смеси находится в пределах 0-10 г, т.е. $0 < x < 10$. Подставив предельно возможные значения x в формулу (2), получим при $x=0$, $y=5$ (отрицательное значение y не принимается во внимание). Поскольку $y=2n+2$, или $5=2n+2$, то $n=1,5$. При $x=10$ из формулы определим: $y=8$; при подстановке этого значения в уравнение $y=2n+2$ найдем $n=3$. Таким образом, $1,5 < n < 3$. Известно, что n - целое положительное число, значит, $n=2$. Следовательно, формула спирта - C_2H_5OH и эфира - $C_2H_5OC_2H_5$.

Для определения массы этилового спирта в смеси найдем числовое значение y : $2n+2=6$ - и подставим его в уравнение (1). Отсюда вычислим $x=3,83$ г. затем определим массу эфира: $m(\text{эфира})=10-x=10-3,8=6,2$ г.

Ответ: смесь содержала 3,8 г этилового спирта и 6,2 г диэтилового эфира.

№9-4-2006респ.

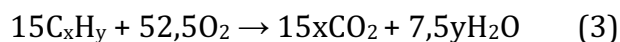
При полном сгорании углеводорода C_xH_y и последующем пропускании продуктов через раствор щелочи протекают реакции



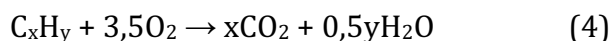
Продукты первой реакции CO_2 и H_2O полностью поглощаются раствором щелочи, поэтому газ, оставшийся после проведения эксперимента – избыточный кислород.

$$\Delta n = \left(x + \frac{y}{2}\right) - \left(1 + x + \frac{y}{4}\right) = \frac{y}{4} + 1 \text{ (моль)}$$

Из данных эксперимента следует, что с 15 см^3 углеводорода прореагировало $(120-67,5)=52,5 \text{ см}^3$ кислорода. Тогда с учетом того, что по закону Авогадро объемы реагирующих газов относятся как стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции, уравнение (1) можно представить в виде:



В расчете на 1 моль углеводорода это уравнение записывается так:



Сопоставление уравнений (1) и (4) приводит к выражению

$$x + \frac{y}{4} = 3,5 \text{ или } 4x + y = 14 \quad (5)$$

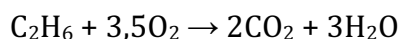
Неопределенное уравнение (5) имеет два целочисленных решения:

$$x=2, y=6 \text{ и } x=3, y=2$$

(при $x \geq 4$ значение коэффициента y отрицательны).

Первому набору коэффициентов соответствует формула углеводорода C_2H_6 , второй набор дает C_3H_2 . Углеводород состава существовать не может (нет малых циклов с тройной связью, а в открытой структуре нарушается правило валентности). Следовательно, рассматриваемый углеводород – этан C_2H_6

В соответствии с уравнением реакции сгорания этана



Из 4,5 моль реагирующих веществ образуется 5 моль продуктов реакции. Изменение количества вещества в расчете на 1 моль этана составляет 0,5 моль

№9-5-2006респ.

Пусть простейшая формула углеводорода – C_xH_y . Рассмотрим два случая

Первый случай – y четное число. В этом случае нужно найти условие, при котором формула $C_{mx}H_{my}$ соответствует реальному углеводороду только при каком-то одном значении m , т.е. условие, при котором формула $(C_{mx}H_{my})_n$ отвечает реальному углеводороду, если $n=1$, и не отвечает, если $n \neq 1$ ($m=1,2,3,\dots$; $n=1/m, 2/m, 3/m, \dots$). Чтобы формула $(C_{mx}H_{my})_n$ соответствовала некоторому углеводороду при $n=1$, должно выполняться условие

$$2mx + 2 \geq my, \text{ или } y \leq 2x + 2/m \quad (1)$$

При $n \neq 1$ формула $(C_{mx}H_{my})_n$ не соответствует никакому веществу, если

$$2mnx + 2 < mny, \text{ или } y > 2x + 2/mn, n \neq 1 \quad (2)$$

Исследуем систему неравенств (1) и (2).

1) $m=1, n=2,3,4,\dots$

Из системы неравенств (1) и (2) вытекает, что $2x + 2/n < y \leq 2x + 2$. При $n=2$ эта система имеет единственное целочисленное решение: $y=2x + 2$. При $n>2$ система имеет два целочисленных решения: а) $y=2x + 1$; б) $y=2x + 2$. Однако решение а) противоречит условию, согласно которому y – четное число.

2) $m=2; n=1/2, 3/2, 4/2, 5/2, \dots$

из системы неравенств (1) и (2) следует, что $2x + 1/n < y \leq 2x + 1$. При $n=1/2$ эта система не имеет решений. При $n>1/2$ она имеет единственное целочисленное решение: $y=2x + 1$. Однако это решение противоречит условию о четности y .

3) При $m>2$ у системы неравенств (1) и (2) нет целочисленных решений. Таким образом, система неравенств (1) и (2) имеет четное целочисленное решение лишь при $m=1$. В этом случае $y=2x + 2$, и молекулярная формула углеводорода C_xH_{2x+2} . Она соответствует общей формуле алканов и совпадает с простейшей формулой.

Второй случай: y – нечетное число. В этом случае, поскольку молекула углеводорода содержит четное число атомов водорода, нужно найти условие, при котором формула $C_{2my}H_{2my}$ соответствует реальному углеводороду только при каком – то одном значении m , т.е. условие, при котором формула $(C_{2my}H_{2my})_n$ отвечает реальному углеводороду, если $n=1$, и не отвечает, если $n \neq 1$ ($m=1,2,3,\dots; n=1/m, 2/m, 3/m,\dots$).

Чтобы формула $(C_{2my}H_{2my})_n$ соответствовала некоторому углеводороду при $n=1$, должно выполняться условие

$$2 \cdot 2mnx + 2 < 2mny, \text{ или } y > 2x + 1/mn, n \neq 1 \quad (4)$$

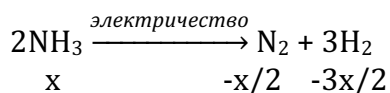
Система неравенств (3) и (4) при $m=1$ имеет единственное целочисленное решение: $y=2x + 1$. При $m>1$ у этой системы нет целочисленных решений. Таким образом молекулярная формула углеводорода – $C_{2x}H_{4x+2}$. Она соответствует общей формуле алканов и совпадает с удвоенной простейшей формулой.

Итак, молекулярная формула углеводорода можно однозначно определить по его простейшей формуле только в случае алканов.

№9-6-2006респ.

В газовой смеси, выходящей из контактного аппарата, содержится x объемов аммиака, y объемов водорода и z объемов азота, причем $x+y+z=1$ (а).

В результате распада аммиака под действием электрического разряда объем газа увеличивается

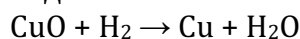


при этом в смеси будет содержаться $(y+3x/2)$ водорода и $(z+x/2)$ азота. Из условия задачи следует, что

$$\left(y + \frac{3x}{2}\right) + \left(z + \frac{x}{2}\right) = 2x + y + z = \frac{125}{100} = 1,25 \quad (б)$$

Откуда $x=0,25$

При пропускании водорода над нагретой окисью меди водород окисляется с образованием воды



Которая поглощается в трубках с безводным хлоридом кальция. В результате остается чистый азот, объем которого равен

$$z + \frac{x}{2} = \frac{25}{100} \cdot \frac{5}{4} = \frac{5}{16} = 0,3125$$

Поскольку $x=0,25$, следовательно, $z=0,3125-0,125=0,1875$, тогда $y=1-0,25-0,1875=0,5625$, т.е. в смеси после реакции содержалось 25% (0,25 моля) аммиака, 56,25 (0,5625 моля) водорода и 18,75% (0,1875 моля) азота.

0,25 моля аммиака образовалось из 0,125 моля азота и 0,375 моля водорода, т.е. до проведения синтеза в газе содержалось $0,5625+0,375=0,9375$ моля водорода и $0,1875+0,125=0,3125$ моля азота – всего $0,9375+0,3125=1,25$ моля газов, что соответствует содержанию

$$\frac{0,9375}{1,25} \cdot 100 = 75\% \text{ водорода и } \frac{0,3125}{1,25} \cdot 100 = 25\% \text{ азота.}$$

В результате полного превращения из моля смеси стехиометрического состава могла бы получиться 0,5 моля аммиака, из 1,25 моля соответственно получилось бы 0,625 моля аммиака, а было получено 0,25 моля, т.е. выход аммиака составлял

$$\frac{0,25}{0,625} \cdot 100 = 40\%$$

№9-7-2006респ.

1) Определим молярную массу эквивалента вещества А и Б:

$$q = I \cdot t = 0,1 \text{ А} \cdot 8 \text{ мин} \cdot 60 \text{ с/мин} = 48 \text{ Кл,}$$

$$M\left(\frac{1}{n}A\right) = \frac{m(A) \cdot F}{q} = \frac{0,0537 \text{ г} \cdot 96500 \text{ Кл/моль}}{48 \text{ Кл}} = 108 \text{ г/моль}$$

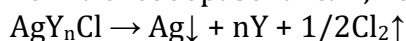
$$M\left(\frac{1}{n}B\right) = \frac{m(B) \cdot F}{q} = \frac{0,01765 \text{ г} \cdot 96500 \text{ Кл/моль}}{48 \text{ Кл}} = 35,5 \text{ г/моль}$$

Очевидно, А - серебро, а Б - хлор. Рассчитаем молярные массы эквивалентов реагентов:

$$M\left(\frac{1}{n}X\right) = \frac{m(X) \cdot F}{q} = \frac{(0,1775 \text{ г} - 0,0892) \cdot 96500 \text{ Кл/моль}}{48 \text{ Кл}} = 177,5 \text{ г/моль}$$

$$M\left(\frac{1}{n}Y\right) = \frac{m(Y) \cdot F}{q} = \frac{(0,867 \text{ г} - 0,850 \text{ г}) \cdot 96500 \text{ Кл/моль}}{48 \text{ Кл}} = 34,2 \text{ г/моль}$$

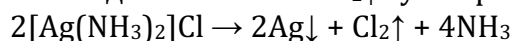
Хлорид серебра не растворим в воде. Значит, вещество Y представляет собой комплексообразователь, переводящий его в раствор.



В частице AgY_nCl на n молекул Y приходится $177,5 \text{ г/моль} - 143,5 \text{ г/моль} = 34 \text{ г/моль}$. При $n=1$ такой молекулы подобрать не удастся, при $n=2$ подходит аммиак. Тогда вещество Y - NH_3 , X - $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$

2) На катоде протекает реакция: $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + e^- \rightarrow \text{Ag}\downarrow + 2\text{NH}_3$

На аноде: $2\text{Cl}^- - 2e^- \rightarrow \text{Cl}_2\uparrow$ суммарно:



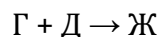
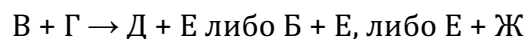
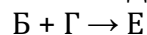
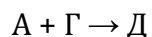
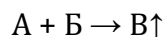
3) Считая плотность раствора равной 1,0 г/моль (что является разумным допущением – раствор довольно разбавленный), получим:

$$c(X) = \frac{0,1775 \text{ г}}{177,5 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ л}} = 10^{-3} \text{ моль/л}$$

$$c(Y) = \frac{0,85 \text{ г}}{17 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ л}} = 0,05 \text{ моль/л}$$

№9-8-2006респ.

1) Состав схему превращений:



Из условия задачи видно, что А,Б и Г не могут быть металлами, так как В (продукт реакции А и Б) и Г – газообразные вещества. Поскольку В – соединение двух неметаллов – реагирует с Г, давая те же продукты, что и А и Б по отдельности, то элемент Г – это, скорее всего неметалл высокой электроотрицательности, способный окислять как А, так и Б. поскольку Г распространен в природе, это может быть только кислород. Тогда Е – оксид элемента А, а Д и Ж – оксиды элемента Б, причем, как видно из последнего уравнения, в Ж степень окисления элемента Б выше. Если два оксида неметаллов реагирует друг с другом, давая продукт большой промышленной важности, то один из оксидов – наверняка вода (это не может быть Ж, так как элемент Б образует несколько оксидов, значит, это Е), а З – какая-либо кислота. Условиям задачи соответствует серная, азотная либо фосфорная кислота, тогда Б – сера, азот или фосфор. Азот не реагирует с кислородом ниже 1000°C, а фосфор не может образоваться при реакции с кислородом, поэтому оба эти элемента отпадают, и остается только сера.

Итак:

А – сера

Б – водород

В – сероводород

Г – кислород

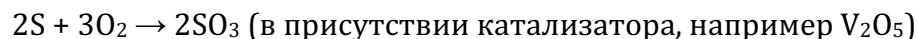
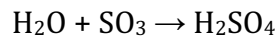
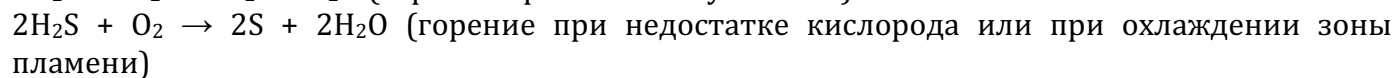
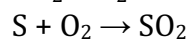
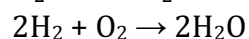
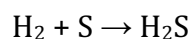
Д – SO₂

Е – H₂O

Ж – SO₃

З – H₂SO₄

Уравнение реакций:



2) Получит SO₂ из серной кислоты можно, например, при взаимодействии концентрированной кислоты с медью: $Cu + 2H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2 \uparrow + 2H_2O$

3) Водород не встречается на Земле в свободном виде потому, что он не мог сохраниться в кислородсодержащей атмосфере.