Отборочный (заочный) онлайн-этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету Химия

10, 11 классы

Вариант 1

1. Смесь кислорода с озоном называют озонированным кислородом. После разложения всего озона, объем смеси увеличился на 5%. Вычислите содержание озона (в % по объему) в исходной смеси.

2. Напишите формулы всех веществ, образующихся в химической реакции. Подберите коэффициенты в схеме химической реакции. В ответе укажите сумму коэффициентов в правой части химического уравнения.

$$PH_3 + AgNO_3 + H_2O \rightarrow Ag + H_3PO_4 + ...$$

3. Имеется 15 л смеси алкена с избытком водорода (н.у.). После пропускания этой смеси над нагретым платиновым катализатором, её объем уменьшился до 9,4 л. При пропускании той же смеси через избыток бромной воды масса склянки увеличилась на 14 г. Определите состав алкена. В ответе укажите молекулярную формулу алкена.

4. Образец оксида меди (II) массой 10,0 г растворили в 150 мл раствора (ρ = 1,1 г/мл) с массовой долей серной кислоты 15%. Рассчитайте массовую долю (%) сульфата меди (II) в полученном растворе.

5. Смесь металлов, состоящую из 39 г цинка и 11,2 г железа нагрели с избытком серы. Полученные продукты реакции растворили в избытке раствора соляной кислоты. Выделившийся газ полностью поглотили раствором (ρ =1,12 г/см^3), с массовой долей сульфата меди (II) 12%. Какой объем (мл) раствора сульфата меди был затрачен на поглощение этого газа?

6. Имеется смесь пропена и водорода, имеющая относительную плотность по водороду 7. Эту смесь пропустили над нагретым платиновым катализатором. После этого относительная плотность смеси по водороду оказалась равной 8,75. Определите количество (моль) образовавшегося пропана.

7. Смесь этана и пропана объемом 6,272 л (н.у.) сожгли в избытке кислорода. Продукты сгорания пропустили через избыток известковой воды. При этом образовалось 72 г осадка. Определите объем (л) пропана в исходной смеси (н.у.).

Отборочный (заочный) онлайн-этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету Химия

Критерии оценивания заданий:

Максимальная сумма баллов за 7 заданий варианта составляет 100 баллов.
Распределение баллов по заданиям следующее:

Номер задания	10 класс	11 класс
1	10	10
2	10	10
3	10	10
4	15	15
5	15	15
6	20	20
7	20	20

За каждое задание выставляется либо максимальный балл в случае правильного ответа, либо 0, если ответ отсутствует или неверный.

Отборочный (заочный) онлайн-этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету Химия

Решение варианта 1

1. Уравнение химической реакции $2\ O_3 \rightarrow 3\ O_2$

2 л — 3 л

Предположим, что у нас есть 100 л озонированного кислорода.

По условию задания, увеличение объема после разложения всего озона в смеси

100 л – 100 % объема

X л – 105 % объема $\Rightarrow X = \frac{100\ л \cdot 105\%}{100\%} = 105$ л. Увеличение объема $\Delta V = 5$ л.

Увеличение объема смеси происходит при разложении озона, тогда исходя из

уравнения реакции 2 л O_3 – 3 л O_2 или $\Delta V = 1$ л

по условию Y л O_3 – $\Delta V = 5$ л

$Y = \frac{2\ л \cdot 5\ л}{1} = 10$ л.

увеличение объема при распаде озона равно половине исходного объема озона.

Объёмная доля содержания озона φ

$\varphi = \frac{V_{O_3} \cdot 100\%}{V_{смеси}} = \frac{10 \cdot 100\%}{100} = 10\%$

Ответ. 10

2. $PH_3 + 8\ AgNO_3 + 4\ H_2O \rightarrow 8\ Ag + H_3PO_4 + 8\ HNO_3$

$P^{-3} - 8\ \bar{e} \rightarrow P^{+5}$ | 1

$Ag^{+} + 1\ \bar{e} \rightarrow Ag^{0}$ | 8

Ответ: 17

3. Уравнение реакции гидрирования алкена

$C_nH_{2n} + H_2 \rightarrow C_nH_{2n+2}$ H_2 - в избытке

X л — X л — X л

Пусть прореагировало X л C_nH_{2n} и X л H_2 и образовалось X л C_nH_{2n+2}

Состав смеси после реакции гидрирования $(15 - 2X) + X = 9{,}4 \Rightarrow X = 5{,}6$ л,

т.е. смесь содержала 5,6 л алкена $C_nH_{2n} \Rightarrow \nu(C_nH_{2n}) = V/V_M = 5{,}6/22{,}4 = 0{,}25$ моль.

Уравнение реакции бромирования алкена

$C_nH_{2n} + Br_2 \rightarrow C_nH_{2n}Br_2$

$\Delta m_{склянки} = 14$ г $= m(C_nH_{2n})$

Молярная масса алкена $M(C_nH_{2n}) = m/\nu(C_nH_{2n}) = 56$ г/моль

$M_r(C_nH_{2n}) = n \cdot A_r(C) + 2n \cdot A_r(H) = n \cdot 12 + 2n \cdot 1 = 14n = 56 \Rightarrow n = 4$

Ответ. C_4H_8

4. Уравнение химической реакции и определение вещества в избытке

$CuO + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + H_2O$

1 моль – 1 моль

Проверка на «избыток-недостаток»

$\nu(CuO) = m(CuO)/M(CuO) = 10/80 = 0{,}125$ моль *M(CuO) = 80 г/моль*

$m_{р\text{-}р}(H_2SO_4) = \rho \cdot V_{р\text{-}р}(H_2SO_4) = 1{,}1 \cdot 150 = 165$ г

$m(H_2SO_4) = \frac{m_{р-р}(H_2SO_4) \cdot w}{100\%} = \frac{165 \cdot 15}{100} = 24{,}75$ г

$\nu(H_2SO_4) = m(H_2SO_4)/M(H_2SO_4) = 24{,}75/98 \approx 0{,}253$ моль *$M(H_2SO_4) = 98$ г/моль*

$\nu(H_2SO_4) = 0{,}253$ моль $> \nu(CuO) = 0{,}125$ моль $\Rightarrow$ серная кислота в избытке, поэтому расчет делается по оксиду меди.

Расчет массы продукта реакции

$CuO + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + H_2O$

1 моль ——— 1 моль

$\nu(CuO) = \nu(CuSO_4) = 0{,}125$ моль

$m(CuSO_4) = \nu(CuSO_4) \cdot M(CuSO_4) = 0{,}125 \cdot 160 = 20$ г *$M(CuSO_4) = 160$ г/моль*

Расчет массовой доли продукта реакции

$m_{\text{конечный р-р}} = m_{р\text{-}р}(H_2SO_4) + m(CuO) = 165 + 10 = 175$ г

$w(CuSO_4) = \frac{m(CuSO_4)}{m_{\text{конечный р-р}}} \cdot 100\% = \frac{20}{175} \cdot 100 \approx 11{,}43\ \%$

Ответ. 11,43

5.

Уравнение реакции металлов с серой и расчет количества образовавшихся веществ $\nu = \frac{m}{M}$

$\nu(Zn) = 39/65 = 0{,}6$ моль *M(Zn) = 65 г/моль*

$\nu(Fe) = 11{,}2/56 = 0{,}2$ моль *M(Fe) = 56 г/моль*

$Zn + S \rightarrow ZnS$ $\nu(ZnS) = \nu(Zn) = 0{,}6$ моль

$Fe + S \rightarrow FcS$ $\nu(FeS) = \nu(FeS) = 0{,}2$ моль

Уравнение реакции сульфидов с соляной кислотой и расчет количества образовавшихся веществ

$ZnS + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2S\uparrow$ $\nu(ZnS) = \nu_1(H_2S) = 0{,}6$ моль

$FeS + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2S\uparrow$ $\nu(FeS) = \nu_2(H_2S) = 0{,}2$ моль

Общее количество сероводорода по двум реакциям

$\nu(H_2S) = \nu_1(H_2S) + \nu_2(H_2S) = 0{,}6 + 0{,}2 = 0{,}8$ моль

Уравнение реакции сероводорода с сульфатом меди и расчет массы образовавшегося осадка

$H_2S + CuSO_4 \rightarrow CuS\downarrow + H_2SO_4$

$\nu(H_2S) = \nu(CuSO_4) = 0{,}8$ моль

$m(CuSO_4) = 160 \cdot 0{,}8 = 128$ г *$M(CuSO_4) = 160$ г/моль*

Расчет массы и объема раствора сульфата меди

$m_{р\text{-}р}(CuSO_4) = \frac{m(CuSO_4)}{w(CuSO_4)} \cdot 100\% = \frac{128}{12} \cdot 100 \approx 1066{,}67$ г

$V_{р\text{-}р}(CuSO_4) = \frac{m_{р-р}(CuSO_4)}{\rho} = \frac{1066{,}67}{1{,}12} = 952{,}38$ мл

Ответ. 952,38

6. Сначала следует определить состав исходной смеси.

ν(смеси) = $\nu(C_3H_6) + \nu(H_2)$ *$M(C_3H_6)$ = 42 г/моль*

Пусть 1 моль смеси содержит X моль пропена C_3H_6 и (1–X) моль H_2. *$M(H_2)$ = 2 г/моль*

Тогда $D(H_2) = \frac{\nu(C_3H_6)\cdot M(C_3H_6)+\nu(H_2)\cdot M(H_2)}{M(H_2)} = 21\cdot x + 1\cdot(1-x) = 7$

x = 0,3; 1-x = 0,7;

Исходная смесь имела состав $\nu(C_3H_6)$ = 0,3 моль; $\nu(H_2)$ = 0,7 моль;

Пусть A моль C_3H_6 вступило в реакцию, тогда состав конечной смеси:

$\nu'(C_3H_6)$ = 0,3 – A моль; $\nu'(H_2)$ = 0,7 – A моль; $\nu'(C_3H_8)$ = A моль; *$M(C_3H_8)$ = 44 г/моль*

Вычислим общее число молей в конечной смеси газов

ν'(смеси) = 0,3 – A + 0,7 – A + A = 1 – A

Тогда плотность конечной смеси будет

$D'(H_2) = \frac{\nu(C_3H_6)\cdot M(C_3H_6)+\nu(H_2)\cdot M(H_2)+\nu(C_3H_8)\cdot M(C_3H_8)}{\nu(\text{смеси})\cdot M(H_2)} = \frac{(0{,}3-A)\cdot 42+(0{,}7-A)\cdot 2+A\cdot 44}{(1-A)\cdot 2} = \frac{6{,}3-21A+0{,}7-A+22A}{(1-A)} =$

8,75

$8{,}75 = \frac{7}{(1-A)} \Rightarrow 1-A = 0{,}8;\ A = 0{,}2 \Rightarrow \nu'(C_3H_8) = 0{,}2$ моль

Ответ. 0,2

7. Уравнения химических реакций горения этана и пропана:

$2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2\uparrow + 6\,H_2O$

2 моль —— 4 моль

$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2\uparrow + 4H_2O$

1 моль —— 3 моль

Пусть X моль CO_2 выделилось при горении этана C_2H_6,

Y моль CO_2 —— при горении пропана C_3H_8.

Тогда $\nu(C_2H_6)$ = X:2 = 0,5 · X, $\nu(C_3H_8)$ = Y:3 = Y/3.

Общий объем исходной смеси выражается уравнением

0,5·X · 22,4 + Y/3 · 22,4 = 6,272

Уравнение химической реакции взаимодействия оксида углерода (IV) с известковой водой

$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O$

1 моль –1 моль $\Rightarrow$ $\nu(CO_2) = \nu(CaCO_3)$

$\nu(CaCO_3)$= 72/100 = 0,72 моль; *$M(CaCO_3)$ = 100 г/моль*

Тогда имеем X + Y = 0,72

Составляем систему уравнений:

$$\begin{cases} 0{,}5X\cdot 22{,}4 + Y/3\cdot 22{,}4 = 6{,}272 \\ X + Y = 0{,}72 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 0{,}5\cdot(0{,}72-Y)\cdot 22{,}4 + Y/3\cdot 22{,}4 = 6{,}272 \\ X = 0{,}72 - Y \end{cases}$$

8,064 – 11,2 Y + (≈7,47 Y) = 6,272

3,73 Y = 1,792

Y ≈ 0,48 моль; X = 0,24 моль – количество образовавшегося CO_2

Тогда $\nu(C_3H_8)$ = Y/3 = 0,16 моль $\Rightarrow$ $V(C_3H_8)$ = 0,16 · 22,4 = 3,584 л

Ответ. 3,584