

Всероссийская олимпиада школьников по химии
Школьный этап, 10 класс
04 октября 2017 года

Решение задач.

Задание 1.

Навеску гидрокарбоната натрия массой 42 г нагрели. Полученный твёрдый остаток растворили в избытке соляной кислоты, выделился газ объёмом 6,72 л (н.у.). Сколько процентов гидрокарбоната натрия разложилось. Составьте необходимые уравнения реакций и приведите полное решение задачи.

Решение и указание к оцениванию:

Элемент решения		Балл
1.	$2 \text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \quad (1)$	2
	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2 \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \quad (2)$	2
	$\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \quad (3)$	3
2	$n(\text{NaHCO}_3) = 42/84 = 0,5 \text{ (моль)}$	2
3	Пусть в реакцию (1) вступило x моль гидрокарбоната натрия, тогда в реакции (1) образовалось $0,5x$ моль карбоната натрия	2
4	$n(\text{CO}_2) = 6,72/22,4 = 0,3 \text{ моль.}$	2
5	$84x + 84(0,3 - 0,5x) = 42$ $x = 0,4 \text{ моль}$	6
6	$m(\text{NaHCO}_3) = 0,4 \cdot 84 = 33,6 \text{ г.}$ $w(\text{NaHCO}_3) = 33,6 / 42 = 0,8 \text{ или } 80\%$	4

Итого: 23 балла

Задание 2.

При хлорировании навески смеси железа, меди и алюминия потребовалось 17,92 л хлора при (н.у.). Такая же навеска смеси металлов взаимодействует с 300 г 12,17 % раствора соляной кислоты, а при обработке этой же навески металлов раствором щёлочи расходуется 8 г гидроксида натрия. Вычислите массовые доли металлов в исходной смеси. Составьте необходимые уравнения реакций и приведите полное решение задачи.

Решение и указание к оцениванию:

Элемент решения	Балл
-----------------	------

1.	$2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3$ (1) $\text{Cu} + \text{Cl}_2 = \text{Cu Cl}_2$ (2) $2\text{Al} + 3\text{Cl}_2 = 2 \text{Al Cl}_3$ (3) $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$ (4) $2 \text{Al} + 6\text{HCl} = 2 \text{AlCl}_3 + 3 \text{H}_2$ (5) $2 \text{Al} + 2 \text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}\{\text{Al}(\text{OH})_4\} + 3\text{H}_2$ (6)	1 1 1 1 1 2
2	$n(\text{NaOH}) = n(\text{Al}) = 8/40 = 0,2$ моль.	2
3	$m(\text{HCl}) = 36,51\text{г}$ $n(\text{HCl})_{\text{общ}} = 1$ моль по (5) $n(\text{HCl}) = 0,6$ моль $n(\text{HCl}) = 1 - 0,6 = 0,4$ моль $n(\text{HCl}) = n(\text{Fe}) = 0,2$ моль	4
4	$n_{\text{общ.}}(\text{Cl}_2) = 17,92/22,4 = 0,8$ моль по (3) $n(\text{Cl}_2) = 0,3$ моль по (1) $n(\text{Cl}_2) = 0,3$ моль $n_{\text{ост.}}(\text{Cl}_2) = 0,8 - (0,3 + 0,3) = 0,2$ моль $n(\text{Cl}_2) = n(\text{Cu}) = 0,2$ моль	4
5	$m(\text{Al}) = 0,2 \times 27 = 5,4\text{г}$ $m(\text{Fe}) = 0,2 \times 56 = 11,2\text{г}$ $m(\text{Cu}) = 0,2 \times 64 = 12,8\text{г}$ $m_{\text{смеси}} = 29,4\text{г}$ $w(\text{Al}) = 18,4\%$ $w(\text{Fe}) = 38\%$ $w(\text{Cu}) = 43,6\%$	6

Итого: 23 балла

Задание 3.

Даны вещества:

а) 2,2- диметилпропан, б) н-пентан, в) 2-метилбутан, г) циклопентан.

1. Сколько разных монохлорпроизводных может образоваться при их хлорировании?
2. Составьте структурные формулы исходных веществ и их хлорпроизводных.
3. Назовите хлорпроизводные алканов.
4. Какие из этих хлорпроизводных имеют оптические изомеры?

Решение и указание к оцениванию:

Элемент решения		Балл
1	За правильно составленные формулы исходных веществ по 1 баллу	4
2	а) 1-хлор-2,2-диметилпропан (один)	2
3	б) 1-хлорпентан, 2-хлорпентан и 3-хлорпентан (три)	6
4	в) 1-хлор-2-метилбутан, 2-хлор-3-метилбутан, 1-хлор-3-метилбутан и 2-хлор-2-метилбутан (четыре)	8
5	г) хлорциклопентан (один)	2
6	Оптическая изомерия есть у 2-хлорпентана, 1-хлор-2-метилбутана и 2-хлор-3-метилбутана	3

Итого: 25 баллов.

Задание 4 (С.А.Серяков)

Одна из самых острых проблем, стоящих перед мировым сообществом в XXI веке – обеспеченность энергетическими ресурсами, главным из которых по сей день остаётся ископаемое сырьё: уголь, нефть и газ. Ещё в конце XIX века Д. И. Менделеев вывел уравнение для расчёта удельной теплоты сгорания топлива по массовому содержанию (%) элементов в его составе:

$$Q(\text{кДж/кг}) = 339,3 \cdot \omega_{\text{C}} + 1256 \cdot \omega_{\text{H}} - 109 \cdot (\omega_{\text{O}} - \omega_{\text{S}}) - 25,2 \cdot (9 \cdot \omega_{\text{H}} + \omega_{\text{W}}).$$

Переменными величинами в уравнении являются соответствующие массовые доли (в %) элементов (С, Н, О и S) и воды (W).

1.Используя формулу Менделеева, определите вещество, обладающее наивысшей удельной теплотой сгорания. Объясните свой выбор.

2.Какой из видов топлива, о которых идет речь в задаче, будет обладать наибольшей удельной теплотой сгорания?

3.В таблице приведен состав топлива.

Состав, %	С	Н	О	S	W
нефть	83	10,4	0,7	2,8	3
уголь	55,2	3,8	5,8	3,2	8

Природный газ состоит в основном из метана.

Проведя необходимые расчеты, определите тепловые эффекты (кДж/кг) сгорания нефти, угля и природного газа.

3.Выразите объём кислорода V (л, н. у.), необходимый для полного сжигания 1 кг топлива через массовые доли (в %) элементов С, Н, О и S.

Решение:

1. Наибольший коэффициент в формуле Менделеева – у массовой доли водорода, поэтому наивысшей теплотой сгорания будет обладать топливо, содержащее 100 % водорода, т. е. H_2 .

2. Наивысшую теплоту сгорания будет иметь углеводород, в котором массовая доля водорода – наибольшая, т. е. метан CH_4 (75 % C, 25 % H).

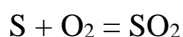
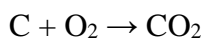
3. Рассчитаем удельные теплоты сгорания топлив:

$$Q_{\text{сгор(газ)}} = 339,3 \cdot 75 + (1256 - 25,2 \cdot 9) \cdot 25 = 51200 \text{ кДж/кг} = 51,2 \text{ МДж/кг}.$$

$$Q_{\text{сгор(нефть)}} = 339,3 \cdot 83 + 1256 \cdot 10,4 - 109 \cdot (0,7 - 2,8) - 25,2 \cdot (9 \cdot 10,4 + 3) = 39018 \text{ кДж/кг} \approx 39 \text{ МДж/кг}$$

$$Q_{\text{сгор(уголь)}} = 339,3 \cdot 55,2 + 1256 \cdot 3,8 - 109 \cdot (5,8 - 3,2) - 25,2 \cdot (9 \cdot 3,8 + 8) = 22155 \text{ кДж/кг} \approx 22,2 \text{ МДж/кг}.$$

4. Уравнения реакций полного сгорания:



В пересчете на простые вещества топливо массой 1000 г содержит ($\omega C/1,2$) моль C, ($5\omega H$) моль H_2 , ($\omega S/3,2$) моль S и ($\omega O/3,2$) моль O_2 . Согласно уравнениям сгорания углерода, водорода и серы, для сжигания такого количества простых веществ требуется:

$n(O_2) = (\omega C/1,2) + 0,5(5\omega H) + (\omega S/3,2)$ моль кислорода, но ($\omega O/3,2$) моль O_2 уже содержится в топливе (в виде атомов), поэтому объем кислорода, необходимого для полного сжигания топлива, равен:

$$V(O_{2,л}) = 22,4 \cdot ((\omega C/1,2) + 0,5(5\omega H) + (\omega S/3,2) - (\omega O/3,2)) = 18,7\omega C + 56\omega H + 7(\omega S - \omega O)$$

Элемент решения	Балл
Вывод о водороде	3
Вывод о метане	4
Вычисление теплоты сгорания каждого топлива (по 3 балла)	9
Уравнения сгорания топлива по элементам (по 1 баллу)	3
Формула для расчета объема кислорода	10
Итого	29