

Задания заключительного тура

Всероссийского конкурса научных работ школьников «Юниор» 2014-2015 учебного года

секция биологии и экологии, 9 класс

1. Сколько времен надо прожить с человеком, чтобы узнать его, ориентируясь на русскую поговорку: "Человека узнаешь, когда пуд соли с ним съешь"? Суточная потребность взрослого человека в хлорид-ионе, поступающим в организм в основном с поваренной солью, составляет около 0,215 моль. Один пуд составляет 16,38 кг.
2. При сгорании в кислороде металлического лития образуется "нормальный" оксид Li_2O , а при сгорании металлического калия – надпероксид KO_2 или K_2O_4 . Это вещество используется для регенерации воздуха в дыхательных аппаратах.
 - а). Почему при сгорании калия, в отличие от лития, получается соединение с "избыточным" кислородом?
 - б). Напишите уравнение реакции, благодаря которой надпероксид калия используется в дыхательных аппаратах.
3. Негашеную известь получают в шахтных печах, загружая в них шихту, состоящую из смеси угля и известняка. В каком соотношении следует смешать эти вещества, чтобы процесс протекал без подвода теплоты извне? При расчете необходимо учесть, что потери теплоты составляют 40%. Стандартные теплоты образования CaO , CO_2 и CaCO_3 равны соответственно 635,5 кДж/моль; 393,5 кДж/моль и 1207,0 кДж/моль.
4. Смесь хрома, меди и алюминия обработали концентрированной азотной кислотой. Выделившийся газ занял объем 5,6 л (н.у.). Такое же количество смеси обработали без доступа воздуха концентрированной соляной кислотой. Объем выделившегося газа составил 5,6 л (н.у.). Солянокислый раствор может поглотить 0,56 л(н.у.) кислорода. Определите состав смеси и ее массу.

Решения

1. Массовая доля хлорид-ионов в хлориде натрия (поваренной соли) равна:

$$\omega(\text{Cl}^-) = m(\text{Cl}^-) / M(\text{NaCl}) = 35,5/58,5 = 0.607 \text{ (или } 60,7\%).$$

Количество молей хлорид-ионов в пуде соли равно

$$\nu(\text{Cl}^-) = \omega(\text{Cl}^-) \cdot m(\text{NaCl})/M(\text{Cl}) = 0,607 \cdot 16380/35,5 = 280,075 \text{ моль,}$$

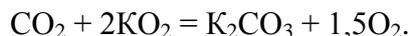
Один человек должен съесть за время совместного проживания половину от этого количества 140,037 моль. С учетом суточной потребности в хлорид ионе время совместного проживания составит:

$$\tau = 140,037/0,215 = 651,3 \text{ суток или } 1 \text{ год } 9 \text{ месяцев и } 10 \text{ дней.}$$

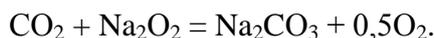
2. а). Литий и калий существенно отличаются диаметром атомов и ионов. К тому же атомы щелочных металлов – самые крупные атомы в соответствующем периоде. Атом кислорода – один из самых маленьких. Поэтому при переходе от лития к натрию и калию основными продуктами горения металла в кислороде будут Li_2O , Na_2O_2 , KO_2 – в этом ряду на один ион щелочного металла с возрастающим диаметром приходится все больше кислорода.

Кристаллические решетки, состоящие из ионов K^+ (диаметр 0,266 нм) и O_2^- (наибольший размер этого двухатомного иона 0,260 нм), вполне устойчивы. Ион лития Li^+ имеет диаметр 0,136 нм, для него устойчивым будет соединение с ионом кислорода O^{2-} (диаметр иона 0,132 нм).

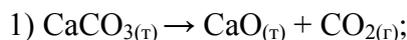
б). В дыхательных аппаратах происходит обмен углекислого газа на кислород:



При использовании чистого надпероксида калия выделяется много кислорода (1,5 моль). Поэтому в дыхательных смесях надпероксид калия смешан с пероксидом натрия, который выделяет меньше кислорода на моль углекислого газа:



3. В печи происходят две химические реакции:



При разложении известняка поглощается 178 кДж/моль теплоты (ΔH_1^0):

$$\Delta H_1^0 = \Delta_f H^0_{CaO} + \Delta_f H^0_{CO_2} - \Delta_f H^0_{CaCO_3} = (-635,5) + (-393,5) - (-1207,0) = 178 \text{ кДж/моль},$$

при горении угля выделяется 393,5 кДж/моль (ΔH_2^0):

$$\Delta H_2^0 = \Delta_f H^0_{CO_2} = -393,5 \text{ кДж/моль}.$$

Для полного разложения 1 моль $CaCO_3$ требуется 178 кДж, это количество теплоты выделится при сгорании 0,4524 моль угля:

$$v(C) = 178/393,5 = 0,4524 \text{ моль}.$$

Поскольку потери теплоты составляют 40%, минимальное количество и массу угля следует увеличить на 40 % или в 1,4 раза:

$$v(C) = 1,4 \cdot 0,4524 = 0,6333 \text{ моль}, \text{ что соответствует массе } 12 \cdot 0,6333 = 7,6 \text{ г}.$$

Масса 1 моль $CaCO_3$ равна 100,1 г. Следовательно, массовая доля угля в шихте должна быть:

$$\omega(C) = 7,6/(7,6+100,1) = 0,0706 \text{ или } 7,06\% \text{ угля}.$$

Таким образом, массовая доля угля в шихте $\omega(C)=7,06\%$.

4. Концентрированная азотная кислота пассивирует хром и алюминий, поэтому газ выделяется по реакции и это диоксид азота:



Найдем:

а) Число моль NO_2

$$v(NO_2) = V(NO_2)/V_M = 5,6/22,4 = 0,25 \text{ моль}.$$

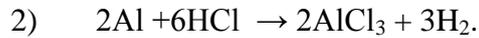
б) Число моль Cu в два раза меньше в соответствии со стехиометрией реакции,

$$v(Cu) = 0,125 \text{ моль}.$$

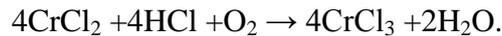
в) Отсюда масса меди $m_{Cu} = 0,125 \cdot 63,6 = 7,95 \text{ г}$.

Взаимодействие с соляной кислотой протекает по уравнениям:





Найдем число моль водорода $\nu(\text{H}_2) = 5,6/22,4 = 0,25$ моль. Поглощение кислорода солянокислым раствором происходит по реакции:



Число моль кислорода, поглощенного раствором:

$$\nu(\text{O}_2) = V(\text{O}_2)/V_M = 0,56/22,4 = 0,025 \text{ моль}.$$

Следовательно, число моль CrCl_2 будет в четыре раза больше в соответствии со стехиометрией реакции:

$$\nu(\text{CrCl}_2) = 4 \cdot 0,025 = 0,1 \text{ моль}.$$

По уравнению (1) число моль Cr , вступившего в реакцию, будет равно 0,1 моль, поэтому масса хрома $m_{\text{Cr}} = 0,1 \cdot 52 = 5,2$ г. Число моль водорода, выделившегося в реакции (1), также равно 0,1. Следовательно, в реакции (2) выделилось $0,25 - 0,1 = 0,15$ моль H_2 , а число моль алюминия, которые вступили в реакцию 2 будет равно 0,1. Отсюда масса алюминия: $m_{\text{Al}} = \nu(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}) = 0,1 \cdot 27 = 2,7$ г.

Таким образом, смесь состоит из 7,95 г меди, 5,2 г хрома и 2,7 г алюминия.