9 класс

Задача 1. 20 баллов

Вариант 1. В газовых плитах многоквартирных домов обычно используется природный газ – метан, в то время как на дачах приготовление пищи происходит с использованием бутана, пропана или их смеси. Напишите термохимические уравнения реакций горения метана и пропана. Исходя из справочных данных, рассчитайте, при полном сгорании одинаковой массы какого газа, метана или пропана, выделяется больше тепла? $Q_{обр}(H_2O_{(г)})$ = 242 кДж/моль, $Q_{обр}(CO_{2(г)})$ = 394 кДж/моль, $Q_{обр}(CH_{4(г)})$ = 75 кДж/моль, $Q_{обр}(C_2H_{6(г)})$ = 85 кДж/моль, $Q_{обр}(C_3H_{8(г)})$ = 105 кДж/моль, $Q_{обр}(C_4H_{10(г)})$ = 126 кДж/моль.

Решение.

Термохимическое уравнения горения метана:

$$CH_{4(г)} + 2O_{2(г)} = CO_{2(г)} + 2H_2O_{(г)} + Q_1 \text{ (1 балл)}$$

$$Q_1 = Q_{обр}(H_2O_{(г)})\cdot 2 + Q_{обр}(CO_{2(г)}) - Q_{обр}(CH_{4(г)}) = 803 \text{ кДж/моль (2 балла)}$$

$$CH_{4(г)} + 2O_{2(г)} = CO_{2(г)} + 2H_2O_{(г)} + 803 \text{ кДж/моль (2 балла)}$$

Термохимическое уравнения горения пропана:

$$C_3H_{8(г)} + 5O_{2(г)} = 3CO_{2(г)} + 4H_2O_{(г)} + Q_2 \text{ (1 балл)}$$

$$Q_2 = Q_{обр}(H_2O_{(г)})\cdot 4 + Q_{обр}(CO_{2(г)})\cdot 3 - Q_{обр}(C_3H_{8(г)}) = 2045 \text{ кДж/моль (2 балла)}$$

$$C_3H_{8(г)} + 5O_{2(г)} = 3CO_{2(г)} + 4H_2O_{(г)} + 2045 \text{ кДж/моль (2 балла)}$$

Рассчитаем, сколько тепла выделится при сгорании 1 кг метана и пропана.

$$n(CH_4) = 1000 \text{ г} / 16 \text{ г/моль} = 62.5 \text{ моль (2 балла)}$$

$$Q_{сгорания}(1 \text{ кг } CH_4) = n(CH_4)\cdot Q_1 = 62.5 \text{ моль}\cdot 803 \text{ кДж/моль} = 50.19 \text{ МДж (2 балла)}$$

$$n(C_3H_8) = 1000 \text{ г} / 44 \text{ г/моль} = 22.7 \text{ моль (2 балла)}$$

$$Q_{сгорания}(1 \text{ кг } C_3H_8) = n(C_3H_8)\cdot Q_2 = 22.7 \text{ моль}\cdot 2045 \text{ кДж/моль} = 46.42 \text{ МДж (2 балла)}$$

$$Q_{сгорания}(1 \text{ кг } CH_4) > Q_{сгорания}(1 \text{ кг } C_3H_8) \text{ (2 балла)}$$

Следовательно, больше тепла выделится при полном сгорании одинаковой массы метана

Ответ.

$CH_{4(г)} + 2O_{2(г)} = CO_{2(г)} + 2H_2O_{(г)} + 803$ кДж/моль

$C_3H_{8(г)} + 5O_{2(г)} = 3CO_{2(г)} + 4H_2O_{(г)} + 2045$ кДж/моль

Больше тепла выделится при полном сгорании одинаковой массы метана.

Вариант 2. В газовых плитах многоквартирных домов обычно используется природный газ – метан, в то время как на дачах приготовление пищи происходит с использованием бутана, пропана или их смеси. Напишите термохимические уравнения реакций горения метана и бутана. Исходя из справочных данных, рассчитайте, при полном сгорании одинаковой массы какого газа, метана или бутана, выделяется больше тепла? $Q_{обр}(H_2O_{(г)})$ = 242 кДж/моль, $Q_{обр}(CO_{2(г)})$ = 394 кДж/моль, $Q_{обр}(CH_{4(г)})$ = 75 кДж/моль, $Q_{обр}(C_2H_{6(г)})$ = 85 кДж/моль, $Q_{обр}(C_3H_{8(г)})$ = 105 кДж/моль, $Q_{обр}(C_4H_{10(г)})$ = 126 кДж/моль

Ответ.

$CH_{4(г)} + 2O_{2(г)} = CO_{2(г)} + 2H_2O_{(г)}$ + 803 кДж/моль

$C_4H_{10(г)} + 6.5O_{2(г)} = 4CO_{2(г)} + 5H_2O_{(г)}$ + 2660 кДж/моль

Больше тепла выделится при полном сгорании одинаковой массы метана.

Задача 2. 20 баллов

Предложите формулу соединения, состоящего минимум из трех элементов, названия которых начинаются на одну и ту же букв *русского* алфавита, но их символы при этом, начинаются на различные буквы *латинского* алфавита. Напишите 5 реакций разного типа с участием этого соединения.

Решение.

Наиболее известными в 8 классе соединениями, состоящими минимум из трех атомов, являются соли килородсодержащих кислот. Сами кислоты и основания не подходят под условия задачи, поскольку водород и кислород начинаются на разные буквы. Таким образом нужно найти два элемента (металл и неметалл) начинающиеся на букву «К». Наиболее простым вариантом представляются кремний и калий (кальций) а само соединение - силикат калия K_2SiO_3 или кальция $CaSiO_3$. *(5 баллов)* Естественно, возможны и другие варианты решения.

Возможные реакции разного типа с участием первого соединения:

$K_2SiO_3 + 2HCl = 2KCl + H_2SiO_3\downarrow$ (взаимодействие с кислотой) *(3 балла)*

$K_2SiO_3 + CO_2 + H_2O = K_2CO_3 + H_2SiO_3\downarrow$ (взаимодействие с кислотным оксидом) *(3 балла)*

$K_2SiO_3 + 2LiCl = Li_2SiO_3\downarrow + 2KCl$ (взаимодействие с солью) *(3 балла)*

$3K_2SiO_3 + 2AlCl_3 + 6H_2O = 6KCl + 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2SiO_3\downarrow$ (совместный гидролиз) *(3 балла)*

$K_2SiO_3 + Ba(OH)_2 = BaSiO_3\downarrow + 2KOH$ (взаимодействие о щелочью) *(3 балла)*

Задача 3. 20 баллов

Вариант 1. Смесь фосфористой и фосфорной кислот обработали стехиометрическим количеством йода, необходимого для ее окисления. На последующую нейтрализацию полученной смеси (до получения средних солей) было потрачено 100 г 4,4% раствора NaOH. Определить содержание кислот в исходной смеси в мас%, если на нейтрализацию исходной смеси было потрачено 72,7 г раствора щелочи такой же концентрации.

Решение. В исходной смеси окисляется только фосфорная кислота по уравнению:

$H_3PO_3 + I_2 + H_2O = H_3PO_4 + 2HI$ *(3 балла)*

Таким образом в конечной смеси будут две кислоты: фосфорная и иодоводородная.

Запишем уравнения нейтрализации этих кислот:

$H_3PO_4 + 3NaOH = Na_3PO_4 + 3H_2O$ *(2 балла)*

$HI + NaOH = NaI + H_2O$ *(2 балла)*

Обозначив за *x* – количество фосфорной кислоты в исходном растворе, а за *y* – количество фосфористой кислоты, можно составить первое уравнение:

$3(x+y) + 2y = 0.11$ *(2 балла)*

Уравнение реакций нейтрализации исходной смеси кислот щёлочью:

$H_3PO_3 + 2NaOH = Na_2HPO_4 + 2H_2O$ (фосфористая кислота – двухосновная!) *(3 балла)*

$HI + NaOH = NaI + H_2O$ *(2 балла)*

Из второго условия можно составить второе уравнение:

$3x + 2y = 0.08$ *(1 балл)*

Решая эту систему уравнений, находим количества кислот в исходной смеси:

$x = 0.02$ моль, $y = 0.01$ моль. *(1 балл)*

Тогда масса кислот в исходной смеси:

$m(H_3PO_4) = 0,02 \cdot 98 = 1,96$ г, *(1 балл)*

$m(H_3PO_3) = 0,01 \cdot 82 = 0,82$ г, *(1 балл)*

и определим их массовые доли

$\omega(H_3PO_4) = 1,96/(1,96 + 0,82) = 0,705$ (70,5%), *(1 балл)*

$\omega(H_3PO_3) = 0,82/(1,96 + 0,82) = 0,295$ (29,5%). *(1 балл)*

Ответ: $\omega(H_3PO_4)$ = 70,5%, $\omega(H_3PO_3)$ = 29,5%.

Вариант 2. Смесь фосфорноватистой и фосфористой кислот обработали стехиометрическим количеством йода, необходимого для ее окисления. На последующую нейтрализацию полученной смеси (до получения средних солей) было потрачено 532 г 20% раствора КОН. Определить содержание кислот в исходной смеси в мас%, если на нейтрализацию исходной смеси было потрачено 364 г раствора щелочи такой же концентрации.

Ответ: $\omega(H_3PO_4)$ = 85,6%, $\omega(H_3PO_2)$ = 14,4%.

Вариант 3. Смесь фосфорноватистой и фосфористой кислот обработали стехиометрическим количеством йода, необходимого для ее окисления. На последующую нейтрализацию полученной смеси (до получения средних солей) было потрачено 923 г 5% раствора RbOH. Определить содержание кислот в исходной смеси в мас%, если на нейтрализацию исходной смеси было потрачено 205 г раствора щелочи такой же концентрации.

Ответ: $\omega(H_3PO_3)$ = 48,2%, $\omega(H_3PO_2)$ = 51,8%.

Задача 4. 20 баллов

Вариант 1. Через нагретый водный раствор, содержащий 20,0 г *кальцинированной соды*, пропустили газ, полученный взаимодействием 200 мл 40% *муриевой кислоты* (плотность 1,2 г/мл) с 5,00 г *черной магнезии*. Раствор осторожно выпарили. В каких пределах может меняться масса полученного осадка?

Решение.

1. *Названия веществ:*

Кальцинированная сода – Na_2CO_3 (безводная) *(2 балла)*

Муриевая кислота – соляная кислота (раствор HCl в воде) *(2 балла)*

Черная магнезия- MnO_2 *(2 балла)*

2. *Реакции:*

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$ *(2 балла)*

$$Cl_2 + Na_2CO_3 = NaCl + NaClO + CO_2$$

$$3Cl_2 + 3Na_2CO_3 = 5NaCl + NaClO_3 + 3CO_2$$ *(2 балла)*

(в нагретом растворе эти реакции пойдут параллельно)

$$3NaClO = 2NaCl + NaClO_3$$ (при упаривании) *(2 балла)*

3. *Расчет:*

$$n(MnO_2) = 5:87 = 0{,}0575 \text{ моль}$$ *(1 балл)*

$$n(HCl) = 200 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}4/36{,}5 = 2{,}63 \text{ моль}$$ *(1 балл)*

Очевидно, что кислота в избытке.

Тогда в результате реакции получилось 0,0575 моль хлора

$$n(Na_2CO_3) = 20/106 = 0{,}189 \text{ моль}$$ *(1 балл)*

При пропускании хлора через раствор соды возможно два предельных варианта:

А) газ пропускают очень быстро – он не успевает прореагировать – при упаривании получают 0,189 моль $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$, что составляет 54,054 г. *(2,5 балла)*

Б) хлор полностью прореагировал – тогда при выпаривании получается 0,019 моль хлората натрия, 0,096 моль хлорида натрия и 0,1315 моль $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$. Масса смеси составляет 45,25 г *(2,5 балла)*

Ответ: масса остатка составит от 45,25 до 54,05 г

Вариант 2. Через нагретый водный раствор, содержащий 15,0 г *поташа*, пропустили газ, полученный взаимодействием 200 мл 40% *муриевой кислоты* (плотность 1,2 г/мл) с 10,00 г *хромпика*. Раствор осторожно выпарили. В каких пределах может меняться масса полученного осадка?

Решение.

1. *Названия веществ:*

Поташ – K_2CO_3

Муриевая кислота – соляная кислота (раствор HCl в воде)

Хромпик – CrO_3

2. *Реакции:*

$$2CrO_3 + 12HCl = 2CrCl_3 + 3Cl_2 + 6H_2O$$

$$Cl_2 + K_2CO_3 = KCl + KClO + CO_2$$

$$3Cl_2 + 3K_2CO_3 = 5KCl + KClO_3 + 3CO_2$$

(в нагретом растворе эти реакции пойдут параллельно)

$$3KClO = 2KCl + KClO_3 \text{ (при упаривании)}$$

3. *Расчет:*

$$n(CrO_3) = 10:100 = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(HCl) = 200 \cdot 1,2 \cdot 0,4/36,5 = 2,63 \text{ моль}$$

Очевидно, что кислота в избытке.

Тогда в результате реакции получилось 0,15 моль хлора

$$n(K_2CO_3) = 15/138 = 0,11 \text{ моль}$$

При пропускании хлора через раствор поташа возможно два предельных варианта:

А) газ пропускают очень быстро – он не успевает прореагировать – при упаривании получают 0,11 моль K_2CO_3, что составляет 15,0 г.

Б) поташ полностью прореагировал – тогда при выпаривании получается 0,037 моль хлората калия, 0,183 моль хлорида калия. Масса смеси составляет 18,18 г

Ответ: масса остатка составит от 15,0 до 18,18 г

Вариант 3. Через нагретый водный раствор, содержащий 15,0 г *каустического поташа*, пропустили газ, полученный взаимодействием 200 мл 40% *муриевой кислоты* (плотность 1,2 г/мл) с 20,00 г *бертолетовой соли*. Раствор осторожно выпарили. В каких пределах может меняться масса полученного осадка?

Решение.

1. *Названия веществ*:

Каустический поташ – KOH

Муриевая кислота – соляная кислота (раствор HCl в воде)

Бертолетова соль – $KClO_3$

2. *Реакции*:

$$KClO_3 + 6HCl = KCl + 3Cl_2 + 3H_2O$$

$$Cl_2 + 2KOH = KCl + KClO + H_2O$$

$$3Cl_2 + 6KOH = 5KCl + KClO_3 + 3H_2O$$

(в нагретом растворе эти реакции пойдут параллельно)

$$3KClO = 2KCl + KClO_3 \text{ (при упаривании)}$$

3. *Расчет:*

$$n(KClO_3) = 20:122,5 = 0,163 \text{ моль}$$

$$n(HCl) = 200 \cdot 1,2 \cdot 0,4/36,5 = 2,63 \text{ моль}$$

Очевидно, что кислота в избытке.

Тогда в результате реакции получилось 0,0575 моль хлора

$$n(KOH) = 15/56 = 0,268 \text{ моль}$$

При пропускании хлора через раствор соды возможно два предельных варианта:

А) газ пропускают очень быстро – он не успевает прореагировать – при упаривании получают 15 г KOH.

Б) хлор полностью прореагировал – тогда при выпаривании получается 0,019 моль хлората калия, 0,096 моль хлорида калия и 0,153 моль KOH. Масса смеси составляет 18,05 г

Ответ: масса остатка составит от 15,0 до 18,05 г

Задача 5. 20 баллов

Вещество X является компонентом ракетного топлива. Стабильно на воздухе при комнатной температуре, но активно разлагается при нагревании выше 200°C, в результате чего образуется 3 различных газа и вода по следующей реакции:

$$1)\quad 4X = 2Г_1 + 3Г_2 + 2Г_3 + 8H_2O$$

При разложении 14,1 г данного вещества плотность получаемой газовой смеси по воздуху при н.у. равна 1,6. При нагревании газа $Г_3$ он разлагается с образованием газа $Г_2$ и некого инертного газа $Г_4$, относительная плотность по воздуху смеси которых составляет 1,01.

$$2)\quad 2Г_3 = Г_2 + 2Г_4.$$

При растворении газа $Г_1$ в воде получаются две кислоты в равных количествах, одна из которых медленно разлагается на свету с образованием газа $Г_2$. При взаимодействии газа $Г_4$ с водородом образуется газ с плотностью по воздуху 0,59. Назовите вещество X.

Решение.

Рассмотрим реакцию взаимодействия между газом $Г_4$ и водородом. Дано, что в результате реакции образуется единственный газообразный продукт с плотность по воздуху равной

0,59, то есть его молярная масса составляет 29·0,59=17,1 г/моль *(1 балл)*, из чего можно сделать, что продуктом гидрирования является аммиак. Тогда газом $Г_4$ является молекулярный азот, а газ $Г_3$ является азотсодержащим соединением.

Запишем выражение для молярной массы смеси газов, образовавшейся по реакции 2:

$$M_{\text{смеси}} = \chi_{\text{газа 2}} M_{\text{газа 2}} + \chi_{\text{азота}} M_{\text{азота}} = \frac{1}{3} M_{\text{газа 2}} + \frac{2}{3} \cdot 28 = 1.01 \cdot 29 = 29{,}29 \text{ г/моль, } \textit{(3 балла)}$$

Где χ – мольная доля, а M – молярная масса соответственно. Тогда молярная масса газа $Г_2$ будет равна ~32 г/моль, из чего можно сделать вывод, что $Г_2$ – молекулярный кислород. *(2 балла)*

Единственным веществом, которое при термическом разложении даёт молекулярные азот и кислород, является оксид азота (I), таким образом $Г_3$ – N_2O. *(2 балла)*

Теперь запишем выражение для средней молекулярной массы смеси газов, образованных в результате разложения вещества X:

$$M_{\text{смеси}} = \frac{2}{7} M_{\text{газа 1}} + \frac{3}{7} M_{\text{кислорода}} + \frac{2}{7} M_{\text{оксида азота (}I\text{)}} = 1.6 \cdot 29 = 46{,}4 \text{ г/моль } \textit{(2 балла)}$$

Из этого выражения можно рассчитать молярную массу $Г_1$, которая будет равна 71 г/моль, из чего можно сделать вывод что $Г_1$ это молекулярный хлор *(2 балла)*. Данный вывод можно подтвердить по данному свойству; Cl_2 при растворении в воде действительно даёт т.н. хлорную воду, которая является смесью соляной и хлорноватистой кислот:

$$Cl_2 + H_2O \leftrightarrow HCl + HClO \textit{ (2 балла)}$$

В свою очередь HClO медленно разлагается с образованием кислорода по реакции:

$$2HClO \rightarrow 2HCl + O_2 \textit{ (2 балла)}$$

Таким образом, исходное уравнение разложения запишется как

$$4X \rightarrow 2Cl_2 + 3O_2 + 2N_2O + 8H_2O. \textit{ (2 балла)}$$

Тогда X это $N_1C_{l1}H_4O_4$ или перхлорат аммония NH_4ClO_4 с молярной массой 117,5 г/моль, *(2 балла)* которую можно проверить, т.к. дана исходная масса вещества и уравнение реакции.