

ОТБОРОЧНЫЙ ТУР ДЕКАБРЬ, 5-9 классы

ЗАДАНИЕ 1

1.1. Цезий и кислород образуют соединение необычного состава, в котором массовая доля одного из элементов составляет 96.14%. Установите формулу соединения. **(10 баллов)**

Решение. Пусть формула соединения Cs_xO_y . Цезий – намного более тяжелый элемент, чем кислород, поэтому логично предположить, что 96.14% – массовая доля цезия, тогда

$$\omega(\text{Cs}) = 0.9614 = \frac{133x}{133x + 16y},$$

откуда $x = 3y$. Формула соединения – Cs_3O .

Ответ: Cs_3O .

1.2. Цезий и кислород образуют соединение необычного состава, в котором массовая доля одного из элементов составляет 97.08%. Установите формулу соединения. **(10 баллов)**

Решение. Пусть формула соединения Cs_xO_y . Цезий – намного более тяжелый элемент, чем кислород, поэтому логично предположить, что 97.08% – массовая доля цезия, тогда

$$\omega(\text{Cs}) = 0.9708 = \frac{133x}{133x + 16y},$$

откуда $x = 4y$. Формула соединения – Cs_4O .

Ответ: Cs_4O .

1.3. Серебро и углерод образуют соединение необычного состава, в котором массовые доли элементов отличаются в 4 раза. Установите формулу соединения. **(10 баллов)**

Решение. Пусть формула соединения Ag_xC_y . Массовые доли элементов – 80% и 20%. Серебро – намного более тяжелый элемент, чем углерод, поэтому логично предположить, что 80% – массовая доля серебра:

$$\omega(\text{Ag}) = 0.8 = \frac{108x}{108x + 12y},$$

откуда $9x = 4y$. Простейшее решение в целых числах: $x = 4$, $y = 9$. Формула соединения – Ag_4C_9 .

Ответ: Ag_4C_9 .

1.4. Марганец и углерод образуют соединение необычного состава, в котором массовая доля одного из элементов составляет 93.22%. Установите формулу соединения. **(10 баллов)**

Решение. Пусть формула соединения Mn_xC_y . Марганец – более тяжелый элемент, чем углерод, поэтому логично предположить, что 93.22% – массовая доля марганца:

$$\omega(\text{Mn}) = 0.9322 = \frac{55x}{55x + 12y},$$

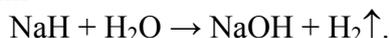
откуда $x = 3y$. Формула соединения – Mn_3C .

Ответ: Mn_3C .

ЗАДАНИЕ 2

2.1. Сколько граммов гидрида натрия надо растворить в 100 г воды для получения 10%-ного раствора щелочи? **(10 баллов)**

Решение. Уравнение реакции:



Пусть в воде растворили x моль NaH , тогда в растворе образовалось x моль NaOH и выделилось x моль H_2 . Выразим массу щелочи и массу раствора:

$$m(\text{NaOH}) = 40x \text{ (г)},$$

$$m(\text{р-ра}) = 100 + m(\text{NaH}) - m(\text{H}_2) = 100 + 22x.$$

Массовая доля щелочи:

$$\omega(\text{NaOH}) = 0.1 = 40x / (100 + 22x),$$

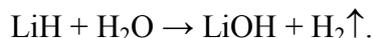
отсюда $x = 0.265$ моль. Масса гидрида равна

$$m(\text{NaH}) = 0.265 \cdot 24 = 6.36 \text{ г}.$$

Ответ: 6.36 г.

2.2. Сколько граммов гидрида лития надо растворить в 200 г воды для получения 15%-ного раствора щелочи? **(10 баллов)**

Решение. Уравнение реакции:



Пусть в воде растворили x моль LiH , тогда в растворе образовалось x моль LiOH и выделилось x моль H_2 . Выразим массу щелочи и массу раствора:

$$m(\text{LiOH}) = 24x \text{ (г)},$$

$$m(\text{р-ра}) = 200 + m(\text{LiH}) - m(\text{H}_2) = 200 + 6x.$$

Массовая доля щелочи:

$$\omega(\text{LiOH}) = 0.15 = 24x / (200 + 6x),$$

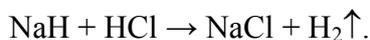
отсюда $x = 1.3$ моль. Масса гидрида равна

$$m(\text{LiH}) = 1.3 \cdot 8 = 10.4 \text{ г.}$$

Ответ: 10.4 г.

2.3. Сколько граммов гидрида натрия надо растворить в 100 г 10%-ной соляной кислоты, чтобы получить раствор, в котором массовые доли соли и кислоты равны? **(10 баллов)**

Решение. Уравнение реакции:



Пусть в кислоте растворили x моль NaN, тогда израсходовано x моль HCl, образовалось x моль NaCl, а в полученном растворе массы оставшегося HCl и образовавшегося NaCl равны:

$$100 \cdot 0.1 - 36.5x = 58.5x,$$

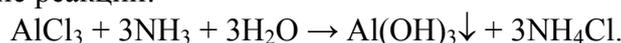
отсюда $x = 0.105$ моль. Масса гидрида равна

$$m(\text{NaN}) = 0.105 \cdot 24 = 2.5 \text{ г.}$$

Ответ: 2.5 г.

2.4. Сколько граммов хлорида алюминия надо добавить к 250 г 10%-ного раствора аммиака, чтобы получить раствор, в котором массовые доли соли и аммиака равны? **(10 баллов)**

Решение. Уравнение реакции:



Пусть к раствору добавили растворили x моль AlCl_3 , тогда израсходовано $3x$ моль NH_3 , образовалось $3x$ моль NH_4Cl , а в полученном растворе массы оставшегося NH_3 и образовавшегося NH_4Cl равны:

$$250 \cdot 0.1 - 17 \cdot 3x = 53.5 \cdot 3x,$$

отсюда $x = 0.118$ моль. Масса хлорида алюминия равна

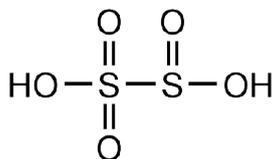
$$m(\text{AlCl}_3) = 0.118 \cdot 133.5 = 15.8 \text{ г.}$$

Ответ: 15.8 г.

ЗАДАНИЕ 3

3.1. В молекуле некоторого соединения атомы серы имеют разные валентности. Предложите формулу одного из таких соединений, изобразите его структурную формулу и определите степени окисления всех элементов. **(12 баллов)**

Решение. Например, $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_5$ – дисернистая кислота:

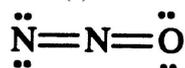


Степени окисления: H^{+1} , O^{-2} , S^{+3} и S^{+5} .

Также удовлетворяет условиям задачи тиосульфат натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

3.2. В молекуле некоторого соединения атомы азота имеют разные валентности. Предложите формулу одного из таких соединений, изобразите его структурную формулу и определите степени окисления всех элементов. **(12 баллов)**

Решение. Например, N_2O – оксид азота(I):

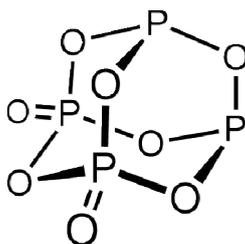


Степени окисления: O^{-2} , N^0 и N^{+2} .

Также удовлетворяет условиям задачи нитрит аммония NH_4NO_2 .

3.3. В молекуле некоторого соединения атомы фосфора имеют разные валентности. Предложите формулу одного из таких соединений, изобразите его структурную формулу и определите степени окисления всех элементов. **(12 баллов)**

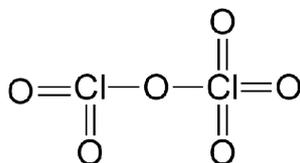
Решение. Например, P_4O_8 – октаоксид тетрафосфора:



Степени окисления: O^{-2} , P^{+3} (два атома) и P^{+5} (два атома).

3.4. В молекуле некоторого соединения атомы хлора имеют разные валентности. Предложите формулу одного из таких соединений, изобразите его структурную формулу и определите степени окисления всех элементов. **(12 баллов)**

Решение. Например, Cl_2O_6 – гексаоксид дихлора:



Степени окисления: O^{-2} , Cl^{+5} и Cl^{+7} .

ЗАДАНИЕ 4

4.1. Какие два вещества вступили в реакцию, если в результате образовались следующие вещества (коэффициенты не указаны)? Напишите полные уравнения реакций. **(13 баллов)**

- а) $KHCO_3$
- б) $Mg(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + H_2O$
- в) $KCl + P_2O_5$
- г) $H_3PO_3 + HI$

Решение. а) $KOH + CO_2 \rightarrow KHCO_3$

б) $4Mg + 10HNO_3 \rightarrow 4Mg(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$

в) $5KClO_3 + 6P \rightarrow 5KCl + 3P_2O_5$

г) $PI_3 + 3H_2O \rightarrow H_3PO_3 + 3HI$

4.2. Какие два вещества вступили в реакцию, если в результате образовались следующие вещества (коэффициенты не указаны)? Напишите полные уравнения реакций. (13 баллов)

- а) NaHSO_4
- б) $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3$
- в) $\text{KBr} + \text{SO}_2$
- г) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$

Решение. а) $\text{NaOH} + \text{SO}_3 \rightarrow \text{NaHSO}_4$
б) $\text{Mg}_3\text{N}_2 + 8\text{HNO}_3 \rightarrow 3\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NH}_4\text{NO}_3$
в) $2\text{KBrO}_3 + 3\text{S} \rightarrow 2\text{KBr} + 3\text{SO}_2$
г) $\text{SO}_2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$

4.3. Какие два вещества вступили в реакцию, если в результате образовались следующие вещества (коэффициенты не указаны)? Напишите полные уравнения реакций. (13 баллов)

- а) $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{KCl} + \text{CO}_2$
- б) $\text{ZnSO}_4 + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
- в) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2$
- г) $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{HCl}$

Решение. а) $\text{FeCl}_3 + 3\text{KHCO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{CO}_2\uparrow + 3\text{KCl}$
или $2\text{FeCl}_3 + 3\text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{CO}_2\uparrow + 6\text{KCl}$,
б) $3\text{Zn} + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{ZnSO}_4 + \text{S}\downarrow + 4\text{H}_2\text{O}$
в) $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{SiO}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2\uparrow$
г) $\text{PCl}_5 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{HCl}$

4.4. Какие два вещества вступили в реакцию, если в результате образовались следующие вещества (коэффициенты не указаны)? Напишите полные уравнения реакций. (13 баллов)

- а) $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{KCl} + \text{CO}_2$
- б) $\text{KCl} + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- в) $\text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2$
- г) $\text{CO}_2 + \text{HCl}$

Решение. а) $\text{AlCl}_3 + 3\text{KHCO}_3 \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{CO}_2\uparrow + 3\text{KCl}$
б) $\text{KClO}_3 + 6\text{HI} \rightarrow \text{KCl} + 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
в) $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 \xrightarrow{t^\circ} \text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2\uparrow$
г) $\text{COCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{HCl}$
или $\text{HCOOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{HCl}$.

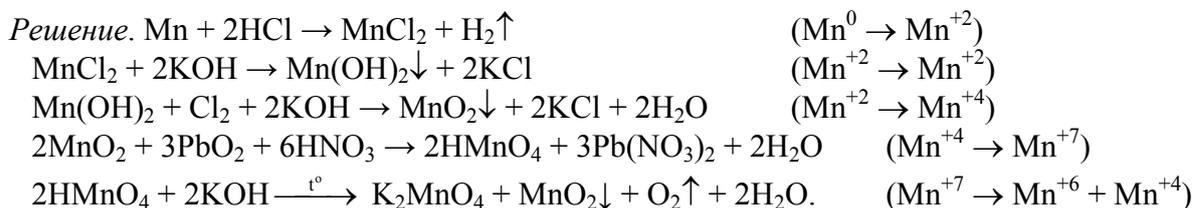
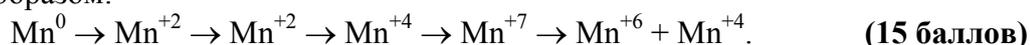
ЗАДАНИЕ 5

5.1. Напишите уравнения реакций, в которых степень окисления железа меняется следующим образом:

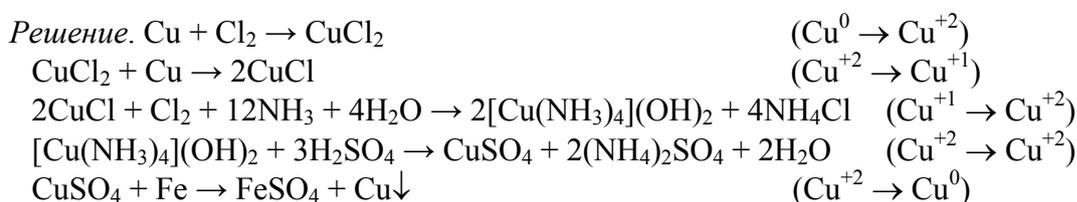
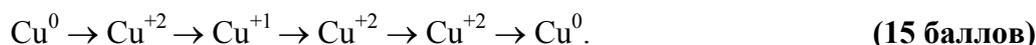


Решение. $\text{Fe} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$ ($\text{Fe}^0 \rightarrow \text{Fe}^{+2}$)
 $2\text{FeCl}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{FeCl}_3$ ($\text{Fe}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+3}$)
 $\text{FeCl}_3 + 3\text{KOH} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{KCl}$ ($\text{Fe}^{+3} \rightarrow \text{Fe}^{+3}$)
 $2\text{FeCl}_3 + 3\text{Cl}_2 + 16\text{KOH} \rightarrow 2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 12\text{KCl} + 8\text{H}_2\text{O}$ ($\text{Fe}^{+3} \rightarrow \text{Fe}^{+6}$)
 $\text{K}_2\text{FeO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaFeO}_4\downarrow + 2\text{KCl}$ ($\text{Fe}^{+6} \rightarrow \text{Fe}^{+6}$)

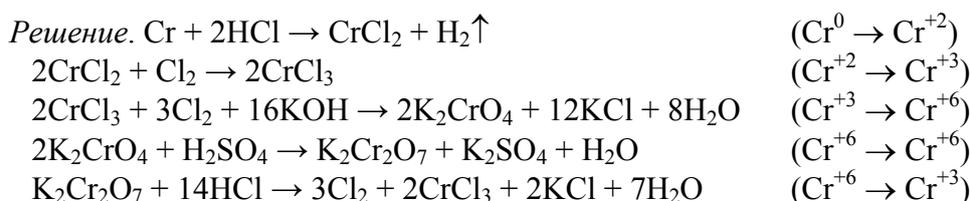
5.2. Напишите уравнения реакций, в которых степень окисления марганца меняется следующим образом:



5.3. Напишите уравнения реакций, в которых степень окисления меди меняется следующим образом:



5.4. Напишите уравнения реакций, в которых степень окисления хрома меняется следующим образом:



ЗАДАНИЕ 6

6.1. Автомобили, двигатели которых работают на водороде, называют более «зелеными», т. е. экологически более чистыми, чем те, которые используют углеводородное топливо. Сравним эти двигатели.

1) Сколько кубометров водорода (н. у.) потребуется для работы в течение одного часа автомобильного двигателя мощностью 75 кВт?

2) Сколько кубометров углекислого газа (н. у.) выделится в атмосферу при производстве такого количества водорода из метана в реакции с парами воды?

3) Сколько литров сжиженного газа (примем, что это – пропан, плотность 550 г/л) потребуется для часовой работы такого же двигателя, и сколько при этом образуется углекислого газа (в м³, н. у.)?

Известно, что КПД водородного двигателя – 20%, КПД двигателя на газе – 40%, теплота сгорания водорода – 240 кДж/моль, теплота сгорания пропана – 2200 кДж/моль. **(20 баллов)**

Решение. 1) Рассмотрим водородный двигатель. Работа, совершенная двигателем:

$$A = Wt = 75 \text{ кВт} \cdot 3600 \text{ с} = 2.7 \cdot 10^5 \text{ кДж.}$$

Необходимая теплота:

$$Q = A / \eta = 2.7 \cdot 10^5 / 0.2 = 1.35 \cdot 10^6 \text{ кДж.}$$

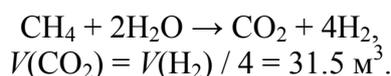
Количество вещества водорода:

$$\nu(\text{H}_2) = Q / Q_m = 1.35 \cdot 10^6 \text{ кДж} / 240 \text{ кДж/моль} = 5625 \text{ моль.}$$

Объем водорода:

$$V(\text{H}_2) = \nu \cdot V_m = 5625 \text{ моль} \cdot 0.0224 \text{ м}^3/\text{моль} = 126 \text{ м}^3.$$

2) Объем углекислого газа:



3) Рассмотрим двигатель на сжиженном газе. Необходимая теплота:

$$Q = A / \eta = 2.7 \cdot 10^5 / 0.4 = 6.75 \cdot 10^5 \text{ кДж.}$$

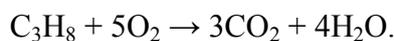
Количество вещества пропана:

$$\nu(\text{C}_3\text{H}_8) = Q / Q_m = 6.75 \cdot 10^5 \text{ кДж} / 2200 \text{ кДж/моль} = 307 \text{ моль.}$$

Объем пропана:

$$V(\text{C}_3\text{H}_8) = \nu \cdot M / \rho = 307 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} / 550 \text{ г/л} = 24.5 \text{ л.}$$

Объем углекислого газа:



$$\nu(\text{CO}_2) = 3 \cdot 307 = 921 \text{ моль.}$$

$$V(\text{CO}_2) = \nu \cdot V_m = 921 \text{ моль} \cdot 0.0224 \text{ м}^3/\text{моль} = 20.6 \text{ м}^3.$$

Получается, что двигатель, работающий на сжиженном газе, более экологичен, чем водородный, в отношении выделения углекислого газа.

Ответ: 1) 126 м³, 2) 31.5 м³, 3) 24.5 л, 20.6 м³.

6.2. Автомобили, двигатели которых работают на водороде, называют более «зелеными», т. е. экологически более чистыми, чем те, которые используют углеводородное топливо. Сравним эти двигатели. Возьмем 50 л жидкого водорода (плотность 71 кг/м³) и 50 л жидкого пропана (плотность 550 кг/м³).

1) Сколько времени сможет работать на каждом из этих видов топлива автомобильный двигатель мощностью 50 кВт?

2) Сколько кубометров углекислого газа (н. у.) выделится в атмосферу:

а) при производстве такого количества водорода из метана в реакции с водой;

б) при сгорании такого количества пропана?

Известно, что КПД водородного двигателя – 20%, КПД двигателя на газе – 40%, теплота сгорания водорода – 240 кДж/моль, теплота сгорания пропана – 2200 кДж/моль. **(20 баллов)**

Решение. 1) Рассмотрим водородный двигатель. Количество вещества водорода:

$$\nu(\text{H}_2) = m / M = 50 \text{ л} \cdot 71 \text{ г/л} / 2 \text{ г/моль} = 1775 \text{ моль.}$$

Теплота сгорания:

$$Q = \nu Q_m = 1775 \text{ моль} \cdot 240 \text{ кДж/моль} = 4.26 \cdot 10^5 \text{ кДж.}$$

Работа, совершенная двигателем:

$$A = \eta Q = 0.2 \cdot 4.26 \cdot 10^5 = 8.52 \cdot 10^4 \text{ кДж.}$$

Время работы двигателя:

$$t = A / W = 8.52 \cdot 10^4 \text{ кДж} / 50 \text{ кВт} = 1704 \text{ с} = 28.4 \text{ мин.}$$

Теперь рассмотрим двигатель на природном газе. Количество вещества пропана:

$$\nu(\text{C}_3\text{H}_8) = m / M = 50 \text{ л} \cdot 550 \text{ г/л} / 44 \text{ г/моль} = 625 \text{ моль.}$$

Теплота сгорания:

$$Q = \nu Q_m = 625 \text{ моль} \cdot 2200 \text{ кДж/моль} = 1.375 \cdot 10^6 \text{ кДж.}$$

Работа, совершенная двигателем:

$$A = \eta Q = 0.4 \cdot 1.375 \cdot 10^6 = 5.5 \cdot 10^5 \text{ кДж.}$$

Время работы двигателя:

$$t = A / W = 5.5 \cdot 10^5 \text{ кДж} / 50 \text{ кВт} = 11000 \text{ с} = 3.06 \text{ ч.}$$

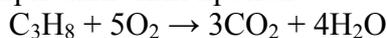
2) а) Объем углекислого газа в случае производства водорода из метана:



$$\nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{H}_2) / 4 = 444 \text{ моль.}$$

$$V(\text{CO}_2) = \nu \cdot V_m = 444 \text{ моль} \cdot 0.0224 \text{ м}^3/\text{моль} = 9.94 \text{ м}^3.$$

б) Объем углекислого газа при сжигании пропана:



$$\nu(\text{CO}_2) = 3 \cdot 625 = 1875 \text{ моль.}$$

$$V(\text{CO}_2) = \nu \cdot V_m = 1875 \text{ моль} \cdot 0.0224 \text{ м}^3/\text{моль} = 42 \text{ м}^3.$$

Ответ: 1) 28.4 мин и 3.06 ч, 2) а) 9.94 м³, б) 42 м³.

6.3. Автомобили, двигатели которых работают на водороде, называют более «зелеными», т. е. экологически более чистыми, чем те, которые используют углеводородное топливо. Сравним эти двигатели. Возьмем по одному килограмму жидкого водорода и жидкого пропана (плотность 550 кг/м³).

1) Сколько времени сможет работать на каждом из этих видов топлива автомобильный двигатель мощностью 60 кВт?

2) Сколько кубометров углекислого газа (н.у.) выделится в атмосферу:

а) при производстве такого количества водорода из метана в реакции с водой;

б) при сгорании такого количества пропана?

Известно, что КПД водородного двигателя – 20%, КПД двигателя на газе – 40%, теплота сгорания водорода – 240 кДж/моль, теплота сгорания пропана – 2200 кДж/моль. **(20 баллов)**

Решение. 1) Рассмотрим водородный двигатель. Количество вещества водорода:

$$\nu(\text{H}_2) = m / M = 1000 \text{ г} / 2 \text{ г/моль} = 500 \text{ моль.}$$

Теплота сгорания:

$$Q = \nu Q_m = 500 \text{ моль} \cdot 240 \text{ кДж/моль} = 1.2 \cdot 10^5 \text{ кДж.}$$

Работа, совершенная двигателем:

$$A = \eta Q = 0.2 \cdot 1.2 \cdot 10^5 = 2.4 \cdot 10^4 \text{ кДж.}$$

Время работы водородного двигателя:

$$t = A / W = 2.4 \cdot 10^4 \text{ кДж} / 60 \text{ кВт} = 400 \text{ с} = 6.7 \text{ мин.}$$

Теперь рассмотрим двигатель на природном газе. Количество вещества пропана:

$$\nu(\text{C}_3\text{H}_8) = m / M = 1000 \text{ г} / 44 \text{ г/моль} = 22.7 \text{ моль.}$$

Теплота сгорания:

$$Q = \nu Q_m = 22.7 \text{ моль} \cdot 2200 \text{ кДж/моль} = 5 \cdot 10^4 \text{ кДж.}$$

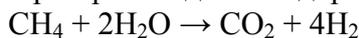
Работа, совершенная двигателем:

$$A = \eta Q = 0.4 \cdot 5 \cdot 10^4 = 2 \cdot 10^4 \text{ кДж.}$$

Время работы двигателя на природном газе:

$$t = A / W = 2 \cdot 10^4 \text{ кДж} / 60 \text{ кВт} = 333 \text{ с} = 5.6 \text{ мин.}$$

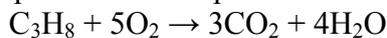
2) а) Объем углекислого газа при производстве водорода:



$$\nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{H}_2) / 4 = 125 \text{ моль.}$$

$$V(\text{CO}_2) = \nu \cdot V_m = 125 \text{ моль} \cdot 0.0224 \text{ м}^3/\text{моль} = 2.8 \text{ м}^3.$$

б) Объем углекислого газа при сжигании пропана:



$$\nu(\text{CO}_2) = 3 \cdot 22.7 = 68.1 \text{ моль.}$$

$$V(\text{CO}_2) = \nu \cdot V_m = 68.1 \text{ моль} \cdot 0.0224 \text{ м}^3/\text{моль} = 1.5 \text{ м}^3.$$

Ответ: 1) 6.7 мин и 5.6 мин, 2) а) 2.8 м³, б) 1.5 м³.

6.4. Автомобили, двигатели которых работают на водороде, называют более «зелеными», т. е. экологически более чистыми, чем те, которые используют углеводородное топливо. Сравним эти двигатели.

1) Сколько килограммов водорода потребуется для работы в течение двух часов автомобильного двигателя мощностью 75 кВт?

2) Сколько кубометров углекислого газа (н. у.) выделится в атмосферу при производстве такого количества водорода из метана в реакции с парами воды?

3) Сколько килограммов сжиженного газа (примем, что это – пропан) потребуется для двухчасовой работы такого же двигателя, и сколько при этом образуется углекислого газа (в м³, н. у.)?

Известно, что КПД водородного двигателя – 20%, КПД двигателя на газе – 40%, теплота сгорания водорода – 240 кДж/моль, теплота сгорания пропана – 2200 кДж/моль. **(20 баллов)**

Решение. 1) Работа, совершенная водородным двигателем:

$$A = Wt = 75 \text{ кВт} \cdot 7200 \text{ с} = 5.4 \cdot 10^5 \text{ кДж.}$$

Необходимая теплота:

$$Q = A / \eta = 5.4 \cdot 10^5 / 0.2 = 2.7 \cdot 10^6 \text{ кДж.}$$

Количество вещества водорода:

$$\nu(\text{H}_2) = Q / Q_m = 2.7 \cdot 10^6 \text{ кДж} / 240 \text{ кДж/моль} = 11250 \text{ моль.}$$

Масса водорода:

$$V(\text{H}_2) = \nu \cdot M = 11250 \text{ моль} \cdot 0.002 \text{ кг/моль} = 22.5 \text{ кг.}$$

2) Найдем объем углекислого газа:



$$\nu(\text{CO}_2) = \nu(\text{H}_2) / 4 = 2813 \text{ моль.}$$

$$V(\text{CO}_2) = \nu \cdot V_m = 2813 \text{ моль} \cdot 0.0224 \text{ м}^3/\text{моль} = 63 \text{ м}^3.$$

3) Теперь рассмотрим двигатель на сжиженном газе. Необходимая теплота:

$$Q = A / \eta = 5.4 \cdot 10^5 / 0.4 = 1.35 \cdot 10^6 \text{ кДж.}$$

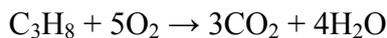
Количество вещества пропана:

$$\nu(\text{C}_3\text{H}_8) = Q / Q_m = 1.35 \cdot 10^6 \text{ кДж} / 2200 \text{ кДж/моль} = 613.6 \text{ моль.}$$

Масса пропана:

$$m(\text{C}_3\text{H}_8) = \nu \cdot M = 613.6 \text{ моль} \cdot 0.044 \text{ кг/моль} = 27 \text{ кг.}$$

Найдем объем углекислого газа:



$$\nu(\text{CO}_2) = 3 \cdot 613.6 = 1841 \text{ моль.}$$

$$V(\text{CO}_2) = \nu \cdot V_m = 1841 \text{ моль} \cdot 0.0224 \text{ м}^3/\text{моль} = 41 \text{ м}^3.$$

Получается, что двигатель на сжиженном газе более экологичен, чем водородный в отношении выделения углекислого газа.

Ответ: 1) 22.5 кг, 2) 63 м³, 3) 27 кг и 41 м³.

ЗАДАНИЕ 7

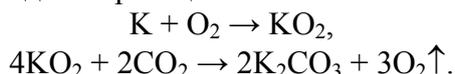
7.1. Простые вещества **А** и **Б** бурно реагируют между собой с образованием продукта **В**. При обработке **В** углекислым газом выделяется вещество **Б** и образуется продукт **Г**, содержащий 8.70% углерода и 34.78% кислорода по массе. Назовите неизвестные вещества, напишите уравнения реакций. Ответ подтвердите расчетами. **(20 баллов)**

Решение. Продукт **Г** – карбонат калия. Подтвердим расчетом – в карбонате калия

$$\omega(\text{C}) = 12 / 138 = 0.087 \text{ (или 8.7\%)},$$

$$\omega(\text{O}) = 3 \cdot 16 / 138 = 0.3478 \text{ (или 34.78\%)}$$

Уравнения описанных в задании реакций:



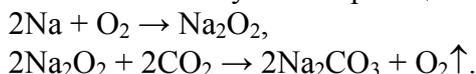
Ответ: **А** – К, **Б** – O₂, **В** – KO₂, **Г** – K₂CO₃.

7.2. Простые вещества **А** и **Б** бурно реагируют между собой с образованием продукта **В**. При обработке **В** углекислым газом выделяется вещество **Б** и образуется продукт **Г**, содержащий 11.3% углерода и 45.3% кислорода по массе. Назовите неизвестные вещества, напишите уравнения реакций. Ответ подтвердите расчетами. **(20 баллов)**

Решение. Продукт **Г** – карбонат натрия. Подтвердим расчетом – в карбонате натрия:

$$\begin{aligned} \omega(\text{C}) &= 12 / 106 = 0.113 \text{ (или 11.3\%)}, \\ \omega(\text{O}) &= 3 \cdot 16 / 106 = 0.453 \text{ (или 45.3\%)}. \end{aligned}$$

Уравнения описанных в условии реакций:



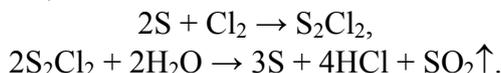
Ответ: **А** – Na, **Б** – O₂, **В** – Na₂O₂, **Г** – Na₂CO₃.

7.3. Твердое простое вещество **А** массой 6.4 г обработали хлором и получили единственный продукт **Б**, жидкий при обычных условиях. При внесении **Б** в избыток воды образуется 4.8 г вещества **А**, а из получившегося сильноокислого раствора при нагревании выделяется газ **В**, имеющий плотность по воздуху 2.2. Определите неизвестные вещества, напишите уравнения реакций. Ответ подтвердите расчетами. **(20 баллов)**

Решение. Найдем молярную массу газа **В**:

$$M(\text{В}) = 2.2 \cdot 29 = 64 \text{ г/моль},$$

подходит SO₂. Уравнения реакций:



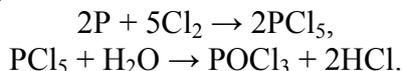
Подтвердим расчетами по уравнениям:

$$\begin{aligned} \nu_1(\text{S}) &= 6.4 / 32 = 0.2 \text{ моль}, \\ \nu(\text{S}_2\text{Cl}_2) &= 0.2 / 2 = 0.1 \text{ моль}, \\ \nu_2(\text{S}) &= 0.1 \cdot 3 / 2 = 0.15 \text{ моль}, \\ m_2(\text{S}) &= 0.15 \cdot 32 = 4.8 \text{ г} - \text{совпадает с условием задачи.} \end{aligned}$$

Ответ: **А** – S, **Б** – S₂Cl₂, **В** – SO₂.

7.4. Твердое простое вещество **А** массой 1.00 г реагирует с избытком газа **Б**, образуя кристаллический продукт **В** массой 6.73 г. Вещество **В** реагирует с водой в мольном соотношении 1 : 1, образуя дымящую на воздухе жидкость **Г**, содержащую 10.42% кислорода по массе. Определите неизвестные вещества и напишите уравнения реакций. Ответ подтвердите расчетами. **(20 баллов)**

Решение. Уравнения реакций:



Массовая доля кислорода в POCl₃ (жидкость **Г**):

$$\omega(\text{O}) = 16 / 153.5 = 0.1042 = 10.42\%.$$

Подтвердим расчетами по уравнениям:

$$\nu(\text{P}) = 1.00 / 31 = 0.0323 \text{ моль} = \nu(\text{PCl}_5).$$

$m(\text{PCl}_5) = 0.0323 \cdot 208.5 = 6.73 \text{ г}$ – совпадает с условием задачи.

Ответ: **А** – P, **Б** – Cl₂, **В** – PCl₅, **Г** – POCl₃.