

# ЛХП МОСКОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

2005/2006 уч. год

9 класс

## ЗАДАНИЯ

1. Напишите 5-6 уравнений реакций получения селената рубидия  $Rb_2SeO_4$  из различных исходных веществ, относящихся к разным классам. Для каждой реакции укажите условия, при которых она идет до конца.

2. Рабочая пчела приносит за один вылет в улей до 40 мг цветочного нектара, содержащего 9% глюкозы  $C_6H_{12}O_6$  и 12,5% сахарозы  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Сколько молекул глюкозы и сколько молекул сахарозы может принести пчела в улей за один вылет?

3. Из приведенного списка выберите три пары веществ, из которых в лаборатории можно получить водород в результате химической реакции:

K, Cd, Fe, Cu, Al, Si,  $HNO_3(20\%)$ ,  $HCl(20\%)$ ,  $H_2O$ ,  $NaOH(20\%)$ ,  $H_3PO_4(20\%)$ ,  $H_2O_2(20\%)$ .

В трех выбранных Вами парах ни одно вещество не должно повторяться.

Для каждой пары:

1) Напишите уравнения реакции, укажите условия

2) Укажите возможные примеси в водороде и способы очистки от них.

3) Какая пара веществ самая удобная для получения водорода в лаборатории и почему?

4. Вещество А, представляющее собой бесцветные кристаллы массой  $m$  г (при н.у.), добавили к некоторому количеству 10 %-ной соляной кислоты. После добавления А массовая доля кислоты стала равна 5 %.

К полученному 5 %-ному раствору соляной кислоты затем добавили гидроксид натрия до полной нейтрализации. После выпаривания нейтрального раствора и высушивания остатка получен единственный продукт, представляющий 16,03 г хлорида натрия.

1) Что представляет собой вещество А? Определите его состав и массу.

2) Приведите второе решение данной задачи, соответствующее ее условию.

3) Существует ли третье решение данной задачи?

5. Для полного сжигания некоторого количества угля потребовалось 1,12 л озонированного кислорода (смесь кислорода с озоном). При этом получено 1,288 л углекислого газа (единственный продукт). Объемы газов даны при  $57^\circ C$  и 1 атм.

1) Сколько % озона (по объему) содержится в кислороде? Напишите уравнения реакций.

2) Вместо углерода для сжигания использовали серу. Возможно ли строгое решение задачи в этом случае? Дайте обоснованный ответ.

6. Для первых жидкостных реактивных двигателей использовали в качестве горючего этиловый спирт  $C_2H_6O$ , в качестве окислителя – 100 %-ную азотную кислоту. Продуктами реакции между горючим и окислителем были углекислый газ, вода и азот.

1) Напишите уравнение реакции горения описанного ракетного топлива.

2) Какой объем газов образуется при  $1092^\circ C$  и 1 атм при сжигании 10 кг топлива, состоящего из спирта и азотной кислоты, взятых точно в соотношении, соответствующем уравнению реакции?

## РЕКОМЕНДАЦИИ К РЕШЕНИЮ

1.  $\text{Rb}_2\text{O} + \text{SeO}_3 = \text{Rb}_2\text{SeO}_4$  очень осторожно, при охлаждении  
 $\text{Rb}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SeO}_4 = \text{Rb}_2\text{SeO}_4 + \text{H}_2\text{O}$  очень осторожно, при охлаждении  
 $2 \text{RbOH} + \text{SeO}_3 = \text{Rb}_2\text{SeO}_4 + \text{H}_2\text{O}$  очень осторожно, при охлаждении  
 $2 \text{RbOH} + \text{H}_2\text{SeO}_4 = \text{Rb}_2\text{SeO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$  осторожно, при охлаждении  
 $\text{RbOH} + \text{RbHSeO}_4 = \text{Rb}_2\text{SeO}_4 + \text{H}_2\text{O}$  в растворе идет спокойно  
 $\text{Rb}_2\text{O}_2 + \text{SeO}_2 = \text{Rb}_2\text{SeO}_4$  в растворе

2. Молярная масса  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  - 180 г/моль и  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  - 342 г/моль

В 40 мг нектара будет глюкозы:  $40 * 0,09 = 3,6$  мг ; сахарозы:  $40 * 0,125 = 5$  мг

Количество молей сахаров: глюкозы  $3,6 * 10^{-3} / 180 = 2 * 10^{-5}$  моль;

сахарозы  $5 * 10^{-3} / 342 = 1,46 * 10^{-5}$  моль

Молекул: глюкозы  $6,02 * 10^{23} * 2 * 10^{-5} = 12 * 10^{18} = \mathbf{1,2 * 10^{19}}$  молекул

сахарозы  $6,02 * 10^{23} * 1,46 * 10^{-5} = \mathbf{8,8 * 10^{18}}$  молекул

3. 1) Не пригодны для получения водорода в лаборатории: К (слишком активен), Си (не выделяет водород с кислотами),  $\text{HNO}_3$  (20 %) (почти не выделяет водород при реакции с металлами),  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (20 %) (дает нерастворимые соли, замедляющие реакцию),  $\text{H}_2\text{O}_2$  (20 %) (не выделяет водород).

Реакции:  $\text{Cd} + 2 \text{HCl} = \text{CdCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$

Лучше  $\text{Fe} + 2 \text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$

$\text{Al} + \text{NaOH} + 3 \text{H}_2\text{O} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 1,5 \text{H}_2 \uparrow$

$\text{Si} + 2 \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2 \text{H}_2 \uparrow$

$\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} = \text{FeO} + \text{H}_2 \uparrow$  (в раскаленной железной трубке – способ Лавуазье)

2) Примеси: пары воды и  $\text{HCl}$  ; очистка любым поглотителем воды, лучше щелочным, например,  $\text{CaO}$ .

3) Лучшие пары:  $\text{Fe} / \text{HCl}$  – в отличие, от кадмия, продукты не ядовиты

$\text{Si} / \text{NaOH}$  – реакция идет интенсивнее и больше водорода на 1 грамм реагентов

4. 1) Определим исходную массу хлороводорода. При полной нейтрализации получено 16,03 г  $\text{NaCl}$  или  $16,03/58,5 = 0,274$  моль. Масса  $\text{HCl}$ :  $36,5 * 0,274 = 10,00$  г. Следовательно, масса исходного раствора:  $10/0,1 = 100$  г

Вещество А может быть тем же гидроксидом натрия  $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

С X г гидроксида натрия реагирует X(36,5/40) г соляной кислоты. Чтобы определить массу  $\text{NaOH}$ , которая нужна для получения раствора  $\text{HCl}$  с массовой долей 5%,

составим уравнение:  $[10 - (36,5/40)X]/(100 + X) = 0,05$  Отсюда  $X = \mathbf{5,1948}$  г  $\text{NaOH}$

2) Веществом А может быть и вода в виде льда. Тогда, чтобы из 100 г 10%-го раствора получить 5%-ный раствор, к нему нужно добавить **100 г льда**.

3) Веществом А может быть любой реагент, взаимодействующий с соляной кислотой с образованием хлорида натрия в качестве единственного твердого продукта.

Например, карбонат натрия:  $2 \text{HCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 = 2 \text{NaCl} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

С Y г карбоната натрия реагирует (73/106)Y соляной кислоты и выделяется (44/106)Y г углекислого газа. Расчет Y по уравнению:

$$[10 - (73/106)Y]/[100 + Y - (44/106)Y] = 0,05 \quad \mathbf{Y \text{ равно } 6,965 \text{ г } \text{Na}_2\text{CO}_3}$$

Аналогичное решение с сульфитом:  $2 \text{HCl} + \text{Na}_2\text{SO}_3 = 2 \text{NaCl} + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

$$[10 - (73/126)Z]/[100 + Z - (64/126)Z] = 0,05 \quad \mathbf{Z \text{ равно } 8,278 \text{ г } \text{Na}_2\text{SO}_3}$$

Формально соответствуют условию оксид и гидрид натрия, хотя их реакция с соляной кислотой будет происходить слишком бурно; возможно добавление сульфида натрия. В случае гидрида и сульфида нужно учесть потерю общей массы за счет выделения газа. Ответы: **4,074 г Na<sub>2</sub>O ; 3,191 г NaH ; 5,186 г Na<sub>2</sub>S**.

Многие привели формальное решение – добавка хлорида натрия. К 100 г 10%-ного раствора соляной кислоты нужно добавить 100 г хлорида натрия, а чтобы в итоге было 16,03 г NaCl, добавка будет **13,78 г NaCl** к 13,78 г раствора HCl. Решение только формальное, потому что вся добавленная соль не растворится.

5. 1) Реакции:  $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$



Только озон дает увеличение объема газообразного продукта (в 1,5 раза). Следовательно, все увеличение объема газа связано с озоном, причем озона в смеси было по объему в 2 раза больше, чем увеличение объема углекислого газа:  $1,288 - 1,12 = 0,168 \text{ л}$  ;  $0,336 \text{ л}$  озона. **Содержание озона:**  $(0,336/1,12)*100\% = 30\%$

2) При горении серы в кислороде без катализатора получается в основном SO<sub>2</sub>, но образуется также и SO<sub>3</sub> :  $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$  ;  $\text{S} + 1,5 \text{O}_2 = \text{SO}_3$  .

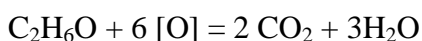
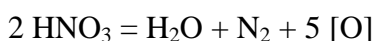
При горении серы в озоне SO<sub>3</sub> является основным продуктом:  $\text{S} + \text{O}_3 = \text{SO}_3$

SO<sub>3</sub> , в отличие от SO<sub>2</sub> , не является газом, и объем газообразных продуктов должен уменьшаться.

Следовательно, строго решить задачу при сжигании серы невозможно.

6. 1)  $5 \text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 12 \text{HNO}_3 = 10 \text{CO}_2 + 21 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{N}_2$

Такую реакцию лучше уравнивать по кислородному балансу:



Первое уравнение умножаем на 6, второе – на 5.

2)  **$5 \text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 12 \text{HNO}_3 = 10 \text{CO}_2 + 21 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{N}_2$**

$$230 \qquad 756$$

При 0 °С и 1 атм из (230 + 756) = 986 г топлива получится газов (если воду считать паром):

$$22,4*10 + 22,4*21 + 22,4*6 = 828,8 \text{ л} .$$

При повышении температуры объем газа увеличивается пропорционально абсолютной температуре (в градусах Кельвина).  $1092^{\circ}\text{C}$  соответствует  $(1092 + 273) = 1365 \text{ K}$ , или в  $1365/273 = 5$  раз больше, чем при н.у.

Следовательно, из 986 г топлива при  $1092^{\circ}\text{C}$  выделится 4144 л газов, а из 10 кг:

$$4144 \cdot (10000/986) = \mathbf{42028 \text{ л газов}}$$