

**ЗАДАНИЯ**

**1.** Масса колбы, заполненной смесью метана и кислорода, равна 57,5 г. Та же колба, заполненная метаном, имеет массу 57,0 г, а та же колба с кислородом — 59,0 г. Все газы находятся при одинаковых условиях. Достаточно ли в первой колбе кислорода для полного сгорания всего метана? Ответ подтвердите расчетом.

**2.** Предельный углеводород состава  $C_4H_{10}$  пропустили над алюмохромовым катализатором при температуре  $450^\circ C$ , при этом получили два газа А и Б. Газ Б пропустили через водный раствор серной кислоты с массовой долей 60%, в результате получена смесь жидких продуктов В и Г (н.у.). После выделения из раствора и очистки, вещества В и Г ввели в реакцию с газом А в присутствии никелевого катализатора и получили один продукт — углеводород Д, который представляет собой один из эталонов автомобильного топлива.

а) Изобразите структурные формулы упомянутых веществ, напишите уравнения реакций.

б) Что показывает октановое число автомобильного топлива?

**3.** При взаимодействии 3,50 г смеси двух углеводородов, представляющих собой геометрические изомеры, с бромистым водородом было получено 7,55 г монобромпроизводного. Изобразите структурные формулы углеводородов, удовлетворяющих данному условию, и продуктов их реакции с бромистым водородом. Ответ обоснуйте.

**4.** Образец металла массой 2,3 г, сожгли в кислороде. Продукт сжигания полностью растворили в 200 г соляной кислоты с массовой долей 10%. На нейтрализацию избытка кислоты потребовалось 86,0 г раствора едкого натра с массовой долей 10%. Затем образец того же металла той же массы сожгли на воздухе и продукт реакции также растворили в 200 г 10%-ной  $HCl$ . На нейтрализацию избытка кислоты в этом случае потребовалось 52,5 г 10%-ного раствора  $NaOH$ .

а) Какой металл был взят?

б) Чем вызвано различие результатов двух экспериментов? Напишите уравнения реакций.

в) Рассчитайте массы веществ, получающихся при растворении продуктов сгорания в соляной кислоте.

**5.** При сжигании 0,552 г летучего неорганического бинарного соединения элемента X образовалось 1,08 г воды. Определите простейшую формулу соединения. Совпадает ли молекулярная формула соединения с его простейшей формулой? Напишите уравнения реакций горения, взаимодействия с водой и с хлором для этого соединения.

**6.** Основным способом извлечения самородного (элементного) золота из руд является цианидное выщелачивание, при котором измельченную руду выдерживают в растворе, содержащем цианид натрия, через который пропускают кислород. Раствор после цианирования направляется в электролизёр для выделения растворенного золота на стальных катодах. Недостатком этого метода является образование большого количества сточных вод, содержащих цианид-ионы.

а) Какие химические реакции лежат в основе извлечения золота?

б) Какие еще способы перевода металлического золота в раствор вы знаете?

в) Предложите методы обезвреживания сточных вод, содержащих цианид-ионы. Напишите уравнения реакций.

## РЕКОМЕНДАЦИИ К РЕШЕНИЮ

1. Пусть  $M$  – масса пустой колбы.  $v$  — число моль газа, которое находится в сосуде при данных условиях.

$$\text{Тогда } M + 16 v = 57,$$

$$M + 32 v = 59.$$

Отсюда  $v = 0,125$

Масса колбы получается из любого и двух уравнений  $M = 55$  г.

Теперь у нас есть 2,5 г. смеси метана и кислорода, и требуется определить ее состав

$v_1$  – число моль метана       $v_2$  – число моль кислорода

$$v_1 + v_2 = 0,125$$

$$16 v_1 + 32 v_2 = 2,5$$

Отсюда  $v_1 = 0,09375$ ,  $v_2 = 0,125 - 0,09375 = 0,03125$ .

Так как на сгорание метана по реакции  $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$  требуется 2 моль кислорода на один моль метана, то очевидно, что кислорода на полное сгорание не хватит.

### Другой способ

В некоторых работах встречается такое остроумное решение:

Пусть  $k$  — доля колбы, заполненная метаном в смеси метана с кислородом, тогда кислородом заполнена часть  $1 - k$ .

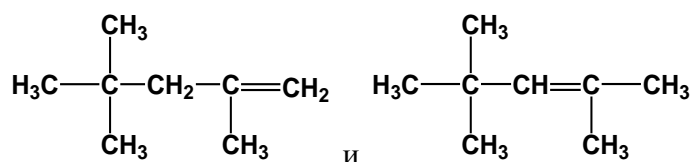
$$\text{Тогда } 57 k + (1 - k)59 = 57,5$$

Решая уравнение, легко получаем  $k = 0,75$ , то есть метана (по объему и соответственно по количеству вещества) в три раза больше, чем кислорода, следовательно, кислорода недостаточно.

2. Первая реакция представляет собой дегидрирование

газ А – водород, газ Б – изобутен

Вторая реакция – димеризация, дает два изомерных октена – В и Г:



Третья реакция – гидрирование обоих октенов, которое дает один продукт – изооктан (2,2,4-триметилпентан)

Октановое число моторного топлива характеризует способность топлива к детонации, которая является вредной, и ее следует избегать.

Октановое число показывает стойкость к детонации (т.е. степень сжатия топлива, при которой топливо детонирует). Изооктан считается неспособным к детонации, ОЧ = 100. Второй эталон — н-

гептан  $ОЧ = 0$ , его стойкость к детонации считается нулевой. Детонационные свойства реального бензина измеряют по аналогии: одноцилиндровый мотор с переменной степенью сжатия доводят до появления детонации исследуемого топлива. Затем подбирается смесь двух эталонных углеводородов. Процентное содержание изооктана в смеси, детонирующей при той же степени сжатия, что и исследуемое топливо, и будет являться октановым числом ( $ОЧ$ ) топлива.

### 3.

Пусть молярная масса любого из исходных углеводородов  $M$ , масса продукта с одним атомом брома –  $M + 81$  (присоединение  $HBr$ ).

Тогда  $M$  г дают  $(M + 81)$  г продукта

3,5 г дают 7,55 г продукта.

Решая пропорцию, получаем  $M = 70$ , то есть формула углеводорода  $C_5H_{10}$

Далее следует определить структурную формулу углеводорода.

(1) Углеводород может представлять собой алкен, в данном случае, пентен. Для пентена возможно существование нескольких изомеров: пентен-1, пентен-2, 2-метилбутен-1, 2-метилбутен-2, 3-метилбутен-2.

Так как исходные вещества – два геометрических изомера, то подходит только пентен-2, так как в других случаях цис-транс изомеров нет.

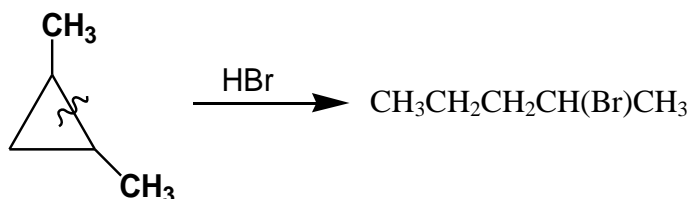
(2) Второй вариант – циклоалкан. Формулу  $C_5H_{10}$  имеет циклопентан, метилциклобутан, 1,1-диметилциклопропан и 1,2-диметилпропан. Только в последнем случае существуют геометрические изомеры. Таким образом, второй ответ задачи — это 1,2-диметилпропан.

Структурные формулы бромпроизводных:

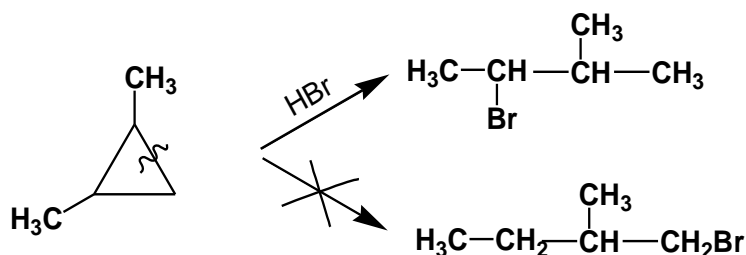
(1) При бромировании пентена-2 будет получено оба возможных монобромпроизводных, так как правило Марковникова не дает однозначного выбора:



(2) Первый вариант: разрыв связи по симметричному положению дает только один продукт:



Другой вариант разрыва связи в принципе может привести к двум продуктам, однако по правилу Марковникова реально образуется только один из них:



Таким образом, в случае 1,2-диметилциклопропана присоединение  $HBr$  также приводит к двум продуктам: 2-бромпропану и 2-бром-3-метилбутану.

4. а) В первом случае образовался оксид металла. При его растворении в соляной кислоте получен хлорид этого же металла.

200 г раствора HCl содержат 20 г или 0,548 моль HCl. На нейтрализацию избытка кислоты затрачено  $86 \times 0,1 = 8,6$  г, т.е. 0,215 моль NaOH.

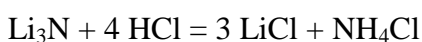
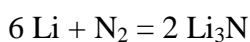
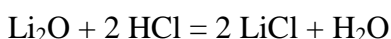
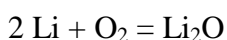
Значит избыток кислоты составлял тоже 0,215 моль. Таким образом, на образование хлорида металла затрачено  $0,548 - 0,215 = 0,333$  моль.

Таким образом, 2,3 г составляют 0,333 г-экв. металла

Молярная масса металла  $M = 6,9 n$

При  $n = 1$  металл – литий, при  $n = 2, 3, 4$  новых решений не появляется.

б) Во втором случае металл взаимодействует не только кислородом, но и с азотом.

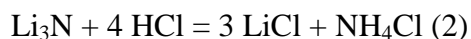


Последние две реакции объясняют различие результатов двух опытов – т.е. образование нитрида и дополнительное количество HCl на связывание азота.

3. Массы веществ. В первом опыте получено 0,333 моль LiCl, что составляет 14,12 г.

Во втором эксперименте исходное количество соляной кислоты 0,548 моль. На нейтрализацию израсходовано 5,25 г щелочи, что составляет 0,131 моль. Избыток кислоты – это тоже 0,131 моль. Тогда на растворение продуктов реакции затрачено 0,417 моль кислоты.

Уравнения реакций растворения  $\text{Li}_2\text{O} + 2 \text{HCl} = 2 \text{LiCl} + \text{H}_2\text{O}$  (1)



Пусть  $x$  моль лития – образовало оксид, а  $y$  моль лития – нитрид.

$$x + y = 0,333$$

Количество соляной кислоты на растворение оксида –  $x$  моль.

Количество соляной кислоты на растворение нитрида –  $y / 3 \cdot 4 = 4/3y$ .

$$\text{тогда } x + 4/3y = 0,417$$

Система уравнений легко решается вычитанием первого уравнения из второго

$$y/3 = 0,417 - 0,333 = 0,084$$

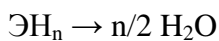
$$y = 0,252, x = 0,081.$$

Массы веществ в растворе:

масса хлорида лития в итоге та же, что и в первом случае, так как весь литий переходит в хлорид.

Масса хлорида аммония: количество вещества хлорида аммония  $y/3 = 0,084$ . Масса его – 4,49 г.

5. Исходное соединение – водородное, так как при сгорании образуется вода.



Пусть  $x$  – атомная масса элемента, тогда  $x + n/2$  г в-ва образуют  $9n$  г воды

по условию: 0,522 г дают 1,08 г воды. Решение пропорции дает  $x = 3,6n$

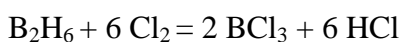
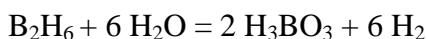
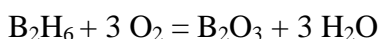
При  $n = 1$ , такого элемента нет. Если  $n = 2$ ,  $x = 7,2$  такого элемента также нет.

Если  $n = 3$ ,  $x = 10,8$ . Этот элемент бор. Если  $n = 4$ ,  $x = 14,4$  мог бы подойти азот, но он не четырехвалентный.

Таким образом, остается бор. Соединение –  $\text{BH}_3$ .

Соединение  $\text{BH}_3$  не существует в свободном виде, но существует целый ряд бороводородов. Простейшее из них (и соответствующее найденной простейшей формуле!) – это диборан  $\text{B}_2\text{H}_6$ .

Реакции

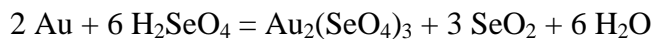
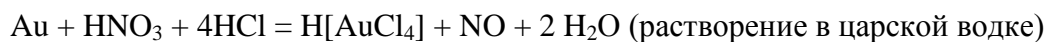
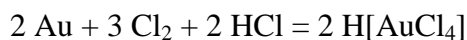


## 6.

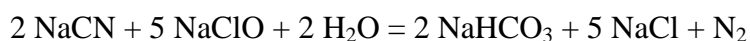
1) цианидное выщелачивание протекает по реакции:



2) Другие способы перевода золота в раствор, например



3) В реальном в технологическом процессе для разложения цианид-ионов в раствор добавляют гипохлорит, который превращает цианид в полностью нетоксичные соединения.



Другие реакции, приводящие к малотоксичным соединениям, в том числе связывание цианид-ионов в комплексы, также оценивались как правильные.