

**Задания и решения интернет-тура LXVIII  
Московской олимпиады школьников по химии  
2011-2012 учебного года**

**11 класс**

**Вариант I.**

1. При полном сгорании 0,1 моль углеводорода образовалось 11,2 л (н.у.) углекислого газа и 10,8 г воды. Сколько изомерных углеводородов удовлетворяют условию задачи? В ответе запишите только число изомеров.

**Решение:** Определим количество  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  образовавшихся при сжигании углеводорода:

$$n(\text{CO}_2) = 11,2/22,4 = 0,5 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 10,8/18 = 0,6 \text{ моль}$$

Поскольку исходного углеводорода было 0,1 моль, можно заключить, что он содержит  $0,5/0,1 = 5$  атомов углерода и  $2 \times 0,6/0,1 = 12$  атомов водорода. Иными словами исходный углеводород имеет формулу  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  и может существовать в виде трех изомеров: пентан, 2-метилбутан и 2,2-диметилпропан.

**Ответ: 3**

2. Отгадайте вещества А и В, напишите уравнение реакции и расставьте недостающие коэффициенты:



В ответе запишите только одно число - сумму всех коэффициентов (не забудьте единичные коэффициенты).  
только число изомеров.

**Решение:** Поскольку в реакции образовалось два оксида проще всего предположить, что одно из исходных веществ – кислород. Тогда второе вещество (согласно закону сохранения) имеет состав  $\text{SiH}_4$ . Уравнение:  $\text{SiH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

**Ответ: 6**

3. Напишите формулу соединения, образованного ионами с электронной конфигурацией  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  и имеющего минимальную молярную массу. В ответе запишите только формулу, (например  $\text{SO}_2$ ).

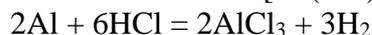
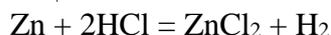
**Решение:** Ионы с такой электронной конфигурацией – это катионы металлов 4-периода:  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sc}^{3+}$  и т.д., а также анионы 3-периода:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{P}^{3-}$ . Из всех сочетаний катион-анион минимальной массой обладает  $\text{CaS}$ .

**Ответ: CaS**

4. Образец сплава цинка с алюминием массой 20 г растворили в избытке соляной кислоты. При этом выделилось

14 л газа (н.у.). Какой объем газа выделится при растворении такого же по массе образца сплава в горячем растворе концентрированной щелочи? В ответе запишите только число литров округлив до целого (например: 11).

**Решение:** Запишем уравнения растворения цинка и алюминия в щелочи и кислоте:

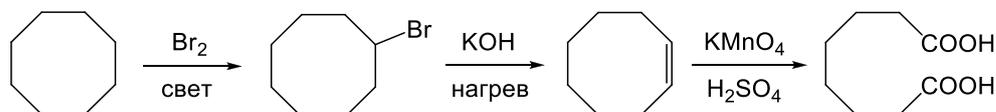


Все эти реакции, по сути, являются окислением металла (цинка или алюминия) с одновременным восстановлением протонов до молекулярного водорода. Поэтому при реакции с кислотой и щелочью выделяется одинаковый объем газа.

**Ответ: 14**

5. Химик Вова получил из циклооктана пробковую кислоту (1,8-октандиовую кислоту  $\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ). Для этого он использовал следующие реагенты: 1)  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , нагрев; 2)  $\text{Br}_2$  на свету; 3)  $\text{KOH}$ , нагрев. Расставьте эти реагенты в том порядке, в котором их использовал Вова. В ответе запишите только номера реагентов, не разделяя их запятыми или пробелами (например, 123).

**Решение:**



**Ответ: 231**

б. Один миллимоль неорганического вещества **X** растворили в воде. Для полной нейтрализации полученного раствора потребовалось восемь миллимоль  $\text{NaOH}$ . При последующем добавлении избытка нитрата серебра образовалась смесь осадков с общей массой 1,14 г. Определите вещество **X**. В ответе запишите только его формулу (например,  $\text{NH}_3$ ).

**Решение:** Вещество **X**, которое при растворении в воде образует кислоту, очевидно, состоит из неметаллов.

Нерастворимыми солями серебра являются:  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$ ,  $\text{AgI}$ ,  $\text{Ag}_2\text{S}$ ,  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$  и  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$ , поэтому вещество **X** должно содержать  $\text{Cl}$ ,  $\text{Br}$ ,  $\text{I}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{C}$  или  $\text{P}$ . Поскольку нейтрализацию раствора одного миллимоль **X** требуется очень много щелочи (8 миллимоль), следует заключить что **X** - это галогенид фосфора. В этом случае:  $\text{PNa}_5 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{HNa}$  (где  $\text{HNa} = \text{Cl}$ ,  $\text{Br}$  или  $\text{I}$ ). Предположим, что **X** - это  $\text{PCl}_5$ , тогда масса осадка равна:

$$m(\text{Ag}_3\text{PO}_4) = 1 \times 419 = 419 \text{ мг}$$

$$m(\text{AgCl}) = 5 \times 1 \times 143 = 715 \text{ мг}$$

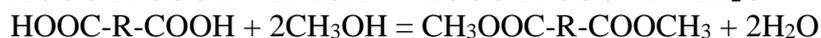
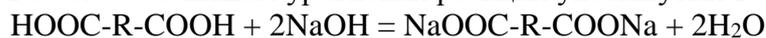
суммарно = 1,13 г, что совпадает с условием с точность до

округления.

**Ответ:  $\text{PCl}_5$**

7. На нейтрализацию 5,7 г двухосновной органической кислоты (дикарбоновой кислоты) было израсходовано 100 мл раствора NaOH с концентрацией 1,0 моль/л. Определите массу продукта, полученного при взаимодействии такой же порции кислоты с избытком метилового спирта в кислой среде. В ответе запишите только число граммов округлив до целого.

**Решение:** Запишем уравнения реакций упомянутых в задаче:



Для решения этой задачи нет необходимости определять химическую формулу кислоты – достаточно лишь знать ее молярную массу. Количество моль кислоты равно:  $(1,0 \text{ моль/л} \times 0,1 \text{ л})/2 = 0,05 \text{ моль}$ , а ее молярная масса:  $5,7/0,05 = 114 \text{ г/моль}$ . При образовании метилового эфира дикарбоновой кислоты ее молярная масса увеличивается на:  $2 \times 15 (\text{CH}_3) - 2 \times 1 (\text{H}) = 28 \text{ г/моль}$ . Таким образом, масса продукта равна:  $(114 \text{ г/моль} + 28 \text{ г/моль}) \times 0,05 = 7,1 \text{ г}$ .

**Ответ: 7**

## Вариант II.

1. При полном сгорании 0,1 моль углеводорода образовалось 6,72 (н.у.) углекислого газа и 5,4 г воды. Сколько изомерных углеводородов удовлетворяют условию задачи? В ответе запишите только число изомеров.

**Решение:** Определим количество  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  образовавшихся при сжигании углеводорода:

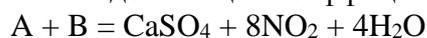
$$n(\text{CO}_2) = 6,72/22,4 = 0,3 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 5,4/18 = 0,3 \text{ моль}$$

Поскольку исходного углеводорода было 0,1 моль, можно заключить, что он содержит  $0,3/0,1 = 3$  атома углерода и  $2 \times 0,3/0,1 = 6$  атомов водорода. Иными словами исходный углеводород имеет формулу  $\text{C}_3\text{H}_6$  и может существовать в виде двух изомеров: пропен и циклопропан.

**Ответ: 2**

2. Отгадайте вещества А и В, напишите уравнение реакции и расставьте недостающие коэффициенты:



В ответе запишите только одно число - сумму всех коэффициентов (не забудьте единичные коэффициенты).

**Решение:** Оксид азота вероятно образовался в результате реакции с азотной кислотой. Исходя из этого предположения (и соблюдая равенство количества атомов азота в правой и

левой части), составим уравнение:  $A + 8HNO_3 = CaSO_4 + 8NO_2 + 4H_2O$ . Согласно закону сохранения получаем, что вещество А имеет состав: CaS.

Уравнение:  $CaS + 8HNO_3 = CaSO_4 + 8NO_2 + 4H_2O$

**Ответ: 22**

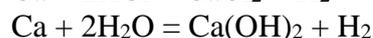
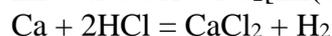
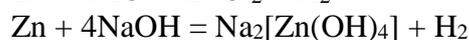
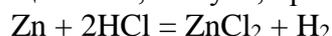
3. Напишите формулу соединения, образованного ионами с электронной конфигурацией  $1s^2 2s^2 2p^6$  и имеющего минимальную молярную массу. В ответе запишите только формулу, (например  $SO_2$ ).

**Решение:** Ионы с такой электронной конфигурацией – это катионы металлов 3-периода:  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ , а также анионы 3-периода:  $F^-$ ,  $O^{2-}$ ,  $N^{3-}$ . Из всех сочетаний катион-анион минимальной массой обладает  $MgO$ .

**Ответ: MgO**

4. Образец сплава цинка с кальцием массой 20 г растворили в избытке соляной кислоты. При этом выделилось 10 л газа (н.у.). Какой объем газа выделится при растворении такого же по массе образца сплава в горячем растворе концентрированной щелочи? В ответе запишите только число литров округлив до целого (например: 11).

**Решение:** Запишем уравнения растворения цинка и кальция в щелочи и кислоте. В случае взаимодействия кальция с водной щелочью, по сути, происходит реакция водой:

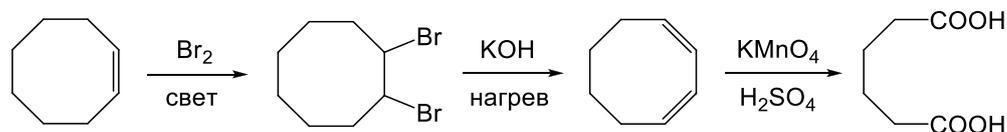


Все эти реакции, по сути, являются окислением металла (цинка или кальция) с одновременным восстановлением протонов до молекулярного водорода. Поэтому при реакции с кислотой и щелочью выделяется одинаковый объем газа.

**Ответ: 10**

5. Химик Дима получил из циклооктена 1,6-гександиовую кислоту ( $HOOCCH_2CH_2CH_2CH_2COOH$ ). Для этого он использовал следующие реагенты: 1) KOH, нагрев; 2)  $KMnO_4$ ,  $H_2SO_4$ , нагрев; 3)  $Br_2$ . Расставьте эти реагенты в том порядке, в котором их использовал Дима. В ответе запишите только номера реагентов, не разделяя их запятыми или пробелами (например, 123).

**Решение:**



**Ответ: 312**

6. Один миллимоль неорганического вещества **X** растворили в воде. Для полной нейтрализации полученного раствора потребовалось восемь миллимоль NaOH. При последующем добавлении избытка нитрата серебра образовалась смесь осадков с общей массой 1,36 г. Определите вещество **X**. В ответе запишите только его формулу (например, NH<sub>3</sub>).

**Решение:** Вещество **X**, которое при растворении в воде образует кислоту, очевидно, состоит из неметаллов. Нерастворимыми солями серебра являются: AgCl, AgBr, AgI, Ag<sub>2</sub>S, Ag<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> и Ag<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, поэтому вещество **X** должно содержать Cl, Br, I, S, C или P. Поскольку нейтрализацию раствора одного миллимоль **X** требуется очень много щелочи (8 миллимоль), следует заключить что **X** - это галогенид фосфора. В этом случае:  $PNa_5 + 4H_2O = H_3PO_4 + 5HNa$  (где HNa = Cl, Br или I). Предположим, что **X** – это PCl<sub>5</sub>, тогда масса осадка равна:

$$m(Ag_3PO_4) = 1 \times 419 = 419 \text{ мг}$$

$$m(AgCl) = 5 \times 1 \times 143 = 715 \text{ мг}$$

суммарно = 1,13 г – не совпадает с условием.

Предположим, что **X** – это PBr<sub>5</sub>, тогда масса осадка равна:

$$m(Ag_3PO_4) = 1 \times 419 = 419 \text{ мг}$$

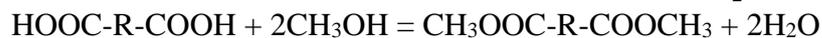
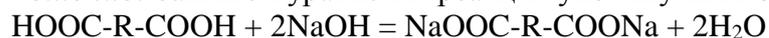
$$m(AgBr) = 5 \times 1 \times 188 = 940 \text{ мг}$$

суммарно = 1,36 г, что совпадает с условием.

**Ответ: PBr<sub>5</sub>**

7. На нейтрализацию 4,5 г двухосновной органической кислоты (дикарбоновой кислоты) было израсходовано 100 мл раствора NaOH с концентрацией 1,0 моль/л. Определите массу продукта, полученного при взаимодействии такой же порции кислоты с избытком метилового спирта в кислой среде. В ответе запишите только число граммов округлив до целого.

**Решение:** Запишем уравнения реакций упомянутых в задаче:



Для решения этой задачи нет необходимости определять химическую формулу кислоты – достаточно лишь знать ее молярную массу. Количество моль кислоты равно:  $(1,0 \text{ моль/л} \times 0,1 \text{ л})/2 = 0,05 \text{ моль}$ , а ее молярная масса:  $4,5/0,05 = 90 \text{ г/моль}$ . При образовании метилового эфира дикарбоновой кислоты ее молярная масса увеличивается на:  $2 \times 15 (CH_3) - 2 \times 1 (H) = 28 \text{ г/моль}$ . Таким образом, масса продукта равна:  $(90 \text{ г/моль} + 28 \text{ г/моль}) \times 0,05 = 5,9 \text{ г}$ .

**Ответ: 6**