

У Российская дистанционная олимпиада школьников

ОТВЕТЫ

1. Лаборанту для анализа был выдан бесцветный кристаллический порошок, окрашивающий пламя газовой горелки в желтый цвет. **6,80** г порошка лаборант растворил в небольшом количестве воды и разделил полученный раствор на две равные части. При действии избытка раствора нитрата серебра на первую порцию раствора было получено **6,20** г светло-желтого осадка, частично растворяющегося в водном растворе аммиака. При пропускании избытка хлора через вторую порцию раствора удалось получить **2,05** г простого вещества. Что представляет собой исходное анализируемое вещество? Каков его качественный и количественный состав.

Анализируемое вещество представляет собой смеси **NaCl (28,75 масс.%)** и **NaI (71,25 масс.%)**.

n – количество вещества NaCl в смеси, m – количество вещества NaX (X – бром или йод) в смеси), X – малярная масса галогена. Решаем систему уравнений:

$$(23+35,5)*n+(23+X)*m=6,80 \text{ г.}$$

$$(108+35,5)*n/2+(108+X)*m/2=6,20 \text{ г.}$$

$$2X*m/4=2,05 \text{ г.}$$

В результате находим: $n=0,0334$; $m=0,0323$; $X=127$ г/моль. X – йод.

Масса NaCl равна 1,955 г, масса NaI равна 4,845 г.

Ответ: Массовая доля NaCl равна $1,955:6,8=0,2875$; массовая доля NaI равна $4,845:6,8=0,7125$.

2. В замкнутом сосуде смешали водород, кислород и хлор. Плотность полученной газовой смеси по гелию равна **3,2375**. В смеси в **14** раз больше водорода, чем хлора (по объему). Смесь газов взорвали и охладили. Определите состав (в масс.%) полученного раствора.

Возьмем 1 моль исходной смеси. Молярная масса этой смеси равна $M(\text{смеси})=3,2375*4=12,95$ г/моль и равна ее массе. Количество вещества Cl_2 обозначим x моль, O_2 – y моль, H_2 – **14x** моль. Составляем систему уравнений:

$$x + 14x + y = 1$$

$$71x + 2*14x + 32y = 12,95$$

Решая уравнения, находим: $x=n(\text{Cl}_2)=0,05$ моль, $y=n(\text{O}_2)=0,25$ моль, $14x=n(\text{H}_2)=0,7$ моль.

После взрыва образуется 0,5 моль воды, 0,1 моль HCl. В остатке – 0,15 моль непрореагировавшего водорода.

Масса раствора равна $18*0,5 + 36,5*0,1 = 9,0+3,65=12,65$ г.

Ответ: Массовая доля HCl равна $3,65:12,65=0,2885$ (**28,85 %**). Массовая доля воды составит **71,15 %**.

3. В **3** литрах насыщенного при **293** К водного раствора фосфата натрия плотностью **1,06** г/мл содержится **6,3** моль ионов натрия. Рассчитайте, какую массу кристаллогидрата фосфата натрия, содержащего **12** молекул воды, можно растворить при этой температуре в **130** г раствора с массовой долей фосфата натрия, равной **3,00 %**.

Молярные массы фосфата натрия и его кристаллогидрата равны 164 и 380 г/моль соответственно.

Масса 3 л насыщенного раствора фосфата натрия равна $3*1,06=3,18$ кг.

Количество вещества в этом растворе составляет $6,3:3=2,1$ моль или $2,1*164=344,4$ г Na_3PO_4 .

Массовая доля безводной соли в насыщенном растворе равна $W(\text{Na}_3\text{PO}_4)=344,4/3180=0,1083$.

В 130 г 3 масс.% раствора фосфата натрия содержится $130*0,03=3,90$ г соли.

Примем за X – количество вещества кристаллогидрата $\text{Na}_3\text{PO}_4*12\text{H}_2\text{O}$, которое можно растворить в 130 г 3% раствора. Составляем уравнение:

$$(3,9+164X)/(130+380X)=0,1083,$$

решая которое получаем $X=0,08287$ моль, что составляет $380*0,08287=31,49$ г кристаллогидрата.

Ответ: **31,49** г $\text{Na}_3\text{PO}_4*12\text{H}_2\text{O}$.

4. Характеристики бинарных соединений **I**, **II** и **III**, которые содержат один и тот же элемент **A** и элементы **X**, **Y** и **Z** представлены в таблице.

Соединение	Химическая формула	Общее число атомов в 5,00 г соединения
I	AX_3	$6,88 \cdot 10^{22}$
II	AY_3	$6,65 \cdot 10^{22}$
III	AZ_3	$2,34 \cdot 10^{22}$

Установите формулы веществ **I**, **II** и **III**. Элемент **X** находится в пятой группе периодической системы элементов Д.И. Менделеева.

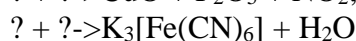
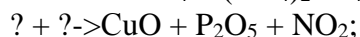
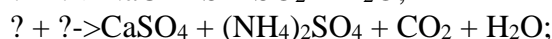
В таблице приведены результаты расчетов количества вещества и молярных масс соединений.

Соединение	Химическая формула	Количество вещества (моль)	Молярная масса (г/моль)	Полученная формула вещества
I	AX_3	$0,688/6,02 = 0,0286$	$5 / 0,0286 = 175$	CsN_3 (азид цезия)
II	AY_3	$0,665/6,02 = 0,0275$	$5 / 0,0274 = 182$	CsO_3 (озонид цезия)
III	AZ_3	$0,234/6,02 = 0,00972$	$5 / 0,00972 = 514$	$Cs[I(I_2)]$ (триодид цезия)

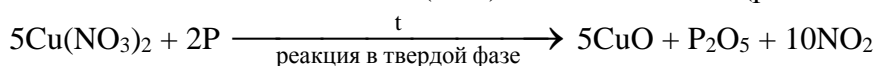
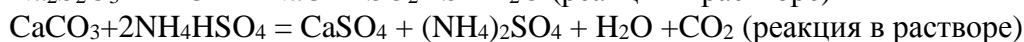
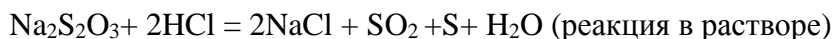
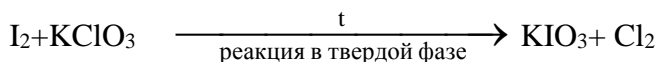
Поскольку элемент **X** находится в **V** группе, единственным подходящим вариантом является $A=Cs$, $X=N$. Поскольку цезий входит в состав всех соединений с учетом молярных масс получаем $AY_3=CsO_3$, а $AZ_3=CsI_3$.

Ответ: CsN_3 , CsO_3 , а $AZ_3=CsI_3$

5. Какие два вещества вступили в химическую реакцию и при каких условиях, если в ее результате получены следующие продукты (указаны без коэффициентов). Напишите уравнения этих реакций.



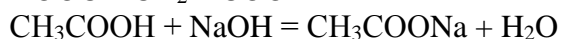
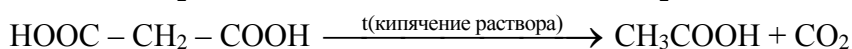
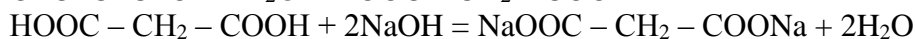
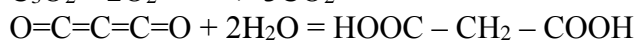
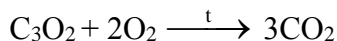
Ответ:



6. Бесцветный удушливый газ **A** ($25^\circ C$, 1 атм) сожгли в избытке кислорода. В результате было получено единственное газообразное вещество **B**, объем которого при тех же внешних условиях оказался в три раза больше объема газа **A**. Газ **A** растворяется в воде с образованием истинного раствора, имеющего кислую реакцию. После кипячения раствор сохраняет кислую реакцию, но на его нейтрализацию расходуется в два раза меньше щелочи, чем на нейтрализацию раствора до его кипячения. Определите химические формулы веществ **A** и **B** и напишите уравнения всех протекающих химических реакций.

Ответ: А – «недоокись углерода» C_3O_2 , Б – CO_2 .

Уравнения реакций:



7. **0,243** моль смеси двух изомерных углеводородов обработали раствором брома в четыреххлористом углероде. После удаления растворителя и избытка брома масса остатка составила **44,41** г, а массовая доля брома как элемента в нем равна **54,04** %. Определите структурные формулы изомеров, если известно, что каждый из них содержит только один тип sp^3 -гибридных атомов углерода (только первичные, вторичные или третичные).

В результате реакции присоединилось $44,41 \cdot 0,5404 = 24,0$ г брома или 0,15 моль Br_2 .

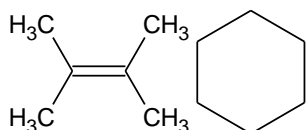
Поскольку количество вещества изомеров больше количества вещества брома, в смеси присутствуют два изомера, принадлежащие к различным классам – алкен и циклоалкан.

Молярная масса углеводорода $M = [44,41 - (44,41 \cdot 0,5404)] / 0,243 = 84$ г/моль/.

Формулы углеводородов C_6H_{12} : **2,3-диметил-2-бутен** и **циклогексан**.

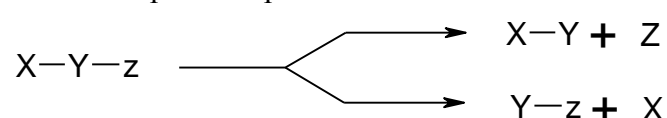
В обоих углеводородах все sp^3 гибридные атомы углерода одинаковы

Ответ:



8. В результате гидролиза трипептида была получена смесь двух аминокислот и двух дипептидов. Массовые доли азота и кислорода в одной из аминокислот составляют **9,52** % и **43,54** % соответственно, а в другой – **7,73** % и **26,52** %. Определите возможное строение трипептида, если известно, что отношение молярных масс дипептидов **1,1667** : **1**.

Схема гидролиза трипептида:

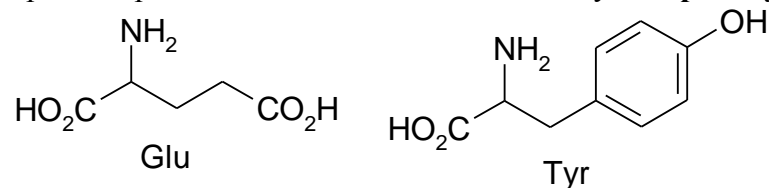


В конечной смеси две концевые аминокислоты. Рассчитываем их молярные массы:

$M_z = 14 : 0,0952 = 147$ г/моль. $M_x = 14 : 0,0773 = 191$ г/моль.

В первой из них на каждый атом азота приходится четыре атома кислорода ($147 \cdot 0,4354 : 16 = 4$), что при молярной массе 147 г/моль соответствует **аминоглутаровой (глутаминовой) кислоте (Glu)**.

Для второй кислоты на каждый атом азота приходится три атома кислорода ($181 \cdot 0,2625 : 16 = 3$), что при молярной массе 181 г/моль соответствует **тироzinу (Tyr)**.



Установим состав центральной аминокислоты на основании масс дипептидов. Если ее молекулярная масса M г/моль, то выполняется соотношение $(M+181-18)/(M+147-18) = 1,1667$, откуда $M = 75$ г/моль, что соответствует **глицину, NH_2CH_2COOH (Gly)**.

Поскольку глицин занимает центральную позицию, исходный трипептид имел одно из двух возможных строений: **Tyr-Gly-Glu** или **Glu-Gly-Tyr**.

9. Продукт некаталитического восстановления **0,1** моль ароматического углеводорода окислили при длительном нагревании подкисленным раствором перманганата калия. Объем газа выделившегося в этой реакции, составил **4,48** л (н.у.). По окончании реакции окисления в полученном растворе было обнаружено только одно органическое соединение – одноосновная карбоновая кислота с массовой долей кислорода, равной **53,33%**. Определите строение исходного углеводорода и продукта его восстановления, если известно, что масса продукта восстановления в **1,0256** раз больше массы исходного соединения.

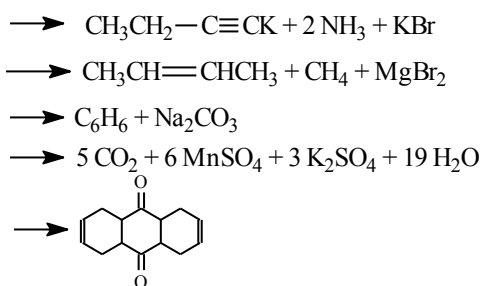
Молярная масса карбоновой кислоты $M=2 \cdot 16 / 0,5333 = 60$ г/моль – уксусная кислота.
Соотношение $\text{CH}_3\text{COOH}:\text{CO}_2=1:2$.

При восстановлении углеводородов атомы водорода переносятся парами: $\text{X} + n\text{H}_2 = \text{XH}_{2n}$. В результате получаем $(\text{X}+2n)/\text{X}=1,0256$, откуда $\text{X} = 78,1n$ г/моль.

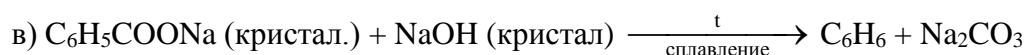
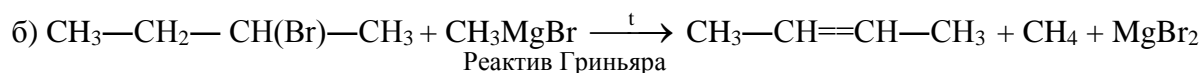
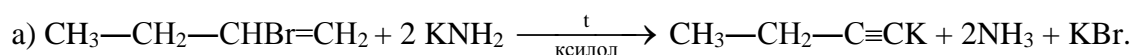
Таким образом, углеводород – **бензол**, а продукт его восстановления (например, по Берчу) – **циклогексадиен-1,4**. Последний при окислении в качестве промежуточного продукта дает малоновую кислоту, которая распадается с образованием равных количеств оксида углерода(IV) и уксусной кислоты.

Ответ: бензол, циклогексадиен-1,4.

10. Какие вещества **и при каких условиях** вступили в химические реакции, если в результате были получены следующие продукты? Напишите уравнения этих химических реакций.



Ответ:



д) Реакция Дильса – Альдера (протекает при нагревании):

