Заключительный этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету Химия

8, 9 классы

Вариант 1

1. Метилмеркаптан CH_3SH представляет собой одно из самых сильнопахнущих веществ. Его запах проявляется при разбавлении в воздухе его паров в 10^{10} раз (по объему, н.у.). За 1 вдох человек вдыхает 3,5 литра воздуха (н.у.). Какую массу метилмеркаптана должен вдохнуть человек, чтобы почувствовать запах?

2. Имеется кубик из чистой меди с ребром, равным 1мм (плотность меди 8,9 г/см^3). Сколько атомов содержится в таком кубике?

3. Изобразите электронную конфигурацию частицы, возникающей в результате удаления из атома калия всех валентных электронов. С атомом какого инертного газа, катионами и анионами каких элементов сходна такая частица по электронному строению? Изобразите электронные конфигурации полученной частицы, инертного газа и ионов.

4. Запишите окончание окислительно-восстановительной реакции, приведите схему электронного баланса и напишите полное молекулярное уравнение:

$$NaOCl + KI + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + K_2SO_4 + \ldots + \ldots$$

5. Как с помощью одного реактива распознать следующие вещества: силикат натрия; карбонат натрия; сульфат натрия; сульфат кальция?

6. В лаборатории имеется смесь карбоната и гидрокарбоната калия. Известно, что образец такой смеси массой 5,76 г может полностью прореагировать с 15,21 мл 15% (по массе) раствора соляной кислоты (ρ =1,12 г/мл). Определите массы солей в образце смеси.

7. Ситуационная задача. *Можно ли представить себе автомобиль, работающий на металлическом сплаве или на гидриде металла?* Подобные проекты высокоэффективного и, главное, экологически чистого (не загрязняющего окружающую среду) «водородного» автомобиля уже разработаны. Гидриды лития и кальция разлагаются водой с выделением водорода. Подсчитано, что гидрид кальция массой 98 кг, эквивалентен по получаемой в водородном двигателе энергии запасу бензина объемом 40 л. Бензин, часто рассматривают как изооктан с примесями, имеющий примерную общую формулу C_8H_{18} ($\rho \approx 0{,}75$ г/мл).

Установлено, что лантано-никелевый сплав, отвечающий соединению $LaNi_5$, способен поглощать значительное количество водорода и выделять его при сравнительно слабом нагреве. Такого рода сплавы также начинают применять в водородных двигателях. «Водородная емкость» такого сплава составляет ≈ 8 атомов водорода на «молекулу» $LaNi_5$.

Приведите химические уравнения реакций разложения гидридов лития и кальция водой. Запишите уравнение реакции горения бензина состава C_8H_{18} в кислороде воздуха, учитывая, что образуются оксид углерода (IV) и вода. Рассчитайте, объем водорода (л, н.у.), образующегося из 98 кг гидрида кальция.

Определите массу лантано-никелевого сплава состава $LaNi_5$, способного поглотить весь объем образовавшегося из 98 кг гидрида кальция водорода.

Заключительный этап Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету Химия

Критерии оценивания задания 1		
Решение содержит следующие элементы *(элемент решения сделан верно и полно)*		***Максимальный балл за элемент решения*** *(баллы за каждый верный элемент решения суммируются)*
1	Рассчитан объем вдыхаемого меркаптана	3
2	Рассчитано количество вдыхаемого меркаптана	3
3	Вычислена масса меркаптана	4

Критерии оценивания задания 2		
Решение содержит следующие элементы *(элемент решения сделан верно и полно)*		***Максимальный балл за элемент решения*** *(баллы за каждый верный элемент решения суммируются)*
1	Рассчитан объем кубика металла	2
2	Рассчитана масса кубика металла	2
3	Рассчитано количество металла	3
4	Рассчитано число атомов металла	3

Критерии оценивания задания 3		
Решение содержит следующие элементы *(элемент решения сделан верно и полно)*		***Максимальный балл за элемент решения*** *(баллы за каждый верный элемент решения суммируются)*
1	Приведена электронная конфигурация исходной частицы	2
2	Приведена электронная конфигурация инертного газа	2
3	Приведена электронная конфигурация катиона	3
4	Приведена электронная конфигурация аниона	3

Критерии оценивания задания 4		
Решение содержит следующие элементы *(элемент решения сделан верно и полно)*		***Максимальный балл за элемент решения*** *(баллы за каждый верный элемент решения суммируются)*
1	Приведена схема химической реакции	5
2	Приведен электронный баланс	5
3	Расставлены коэффициенты в уравнении реакции	5

Критерии оценивания задания 5		
Решение содержит следующие элементы *(элемент решения сделан верно и полно)*		***Максимальный балл за элемент решения*** *(баллы за каждый верный элемент решения суммируются)*
1	Сделан выбор реактива для идентификации веществ	3
2	Написано уравнение первой реакции с объяснением	3
3	Написано уравнение второй реакции с объяснением	3
4	Написано уравнение третьей реакции с объяснением	3
5	Написано уравнение четвертой реакции с объяснением	3

Критерии оценивания задания 6		
Решение содержит следующие элементы *(элемент решения сделан верно и полно)*		***Максимальный балл за элемент решения*** *(баллы за каждый верный элемент решения суммируются)*
1	Написаны уравнения взаимодействия солей с кислотой	4
2	Составлено уравнение для массы смеси в общем виде	4
3	Составлено уравнение количества вступившей в реакцию кислоты в общем виде	4
4	Составлена и решена система уравнений	4
5	Рассчитаны массы солей в образце смеси	4

Критерии оценивания задания 7		
Решение содержит следующие элементы *(элемент решения сделан верно и полно)*		***Максимальный балл за элемент решения*** *(баллы за каждый верный элемент решения суммируются)*
1	Уравнение реакции разложения гидрида лития	4
2	Уравнение реакции разложения гидрида кальция	4
3	Уравнение горения бензина	4
4	Расчёт объема водорода	4
5	Определение массы лантано-никелевого сплава	4

Решение варианта 1

1. Объем метилмеркаптана, который должен вдохнуть человек, чтобы почувствовать запах составляет $V(CH_3SH) = V(\text{легких})\ (л) /10^{10} = 3,5 /10^{10} = 3,5 \cdot 10^{-10}$ (л).

В этом объёме содержится следующее количество метилмеркаптана

$\nu(CH_3SH) = V(CH_3SH) /V_M = V(CH_3SH)\ (л)/22,4\ (л/моль) = 3,5 \cdot 10^{-10}/22,4 \approx 1,56 \cdot 10^{-11}$ (моль)

Это количество имеет массу

$m(CH_3SH) = \nu(CH_3SH) \cdot M(CH_3SH) = 1,56 \cdot 10^{-11} \cdot 48 = 7,5 \cdot 10^{-10}$ (г) *$M(CH_3SH) = 48$ г/моль*

Ответ. $m(CH_3SH) = 7,5 \cdot 10^{-10}$ (г)

2. Объем кубика меди (Cu) с ребром 1 мм (0,1 см) равен

$V(Cu) = (0,1)^3 = 0,001 = 1 \cdot 10^{-3}$ см^3

Масса кубика меди $m(Cu) = V(Cu) \cdot \rho(Cu) = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 8,9 = 8,9 \cdot 10^{-3}$ г

Количество вещества меди, содержащееся в таком кубике

$\nu(Cu) = m(Cu) / M(Cu) = 8,9 \cdot 10^{-3} / 64 \approx 1,4 \cdot 10^{-4}$ моль *$M(Cu) = 64$ г/моль*

Число атомов меди, содержащееся в таком кубике

$n(Cu) = \nu(Cu) \cdot N_A = 1,4 \cdot 10^{-4} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \approx 8,4 \cdot 10^{19}$ атомов

Ответ. $n(Cu) \approx 8,4 \cdot 10^{19}$ атомов

3. Электронное строение калия $_{+19}K\ 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

Электронное строение катиона калия $_{+19}K^{+1}\ 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

Электронное строение аргона $_{+18}Ar\ 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

Электронное строение катиона кальция $_{+20}Ca^{+2}\ 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

Электронное строение аниона хлора $_{+17}Cl^{-1}\ 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

4. $NaOCl + 2\,KI + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + K_2SO_4 + NaCl + H_2O$

$Cl^{+1} + 2\,\bar{e} \rightarrow Cl^{-1}$ | 1

$2\,I^{-1} - 2\,\bar{e} \rightarrow I_2^0$ | 1

5. Ко всем веществам добавить раствор соляной кислоты

1) $Na_2SiO_3 + 2\,HCl \rightarrow 2\,NaCl + H_2SiO_3\downarrow$ – образуется студенистый осадок кремниевой кислоты

2) $Na_2CO_3 + 2\,HCl \rightarrow 2\,NaCl + CO_2\uparrow + H_2O$ – выделяется газ

3) $Na_2SO_4 + HCl \rightarrow$ образуется прозрачный раствор соли, реакция не идет

4) $CaSO_4 + HCl \rightarrow$ исходная соль не растворяется, образуется смесь, содержащая осадок исходной соли.

6. Пусть исходная смесь содержит $\nu(K_2CO_3) = x$ моль и $\nu(KHCO_3) = y$ моль.

Уравнения реакций задания

x моль 2x моль

$K_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2KCl + CO_2\uparrow + H_2O$ **(1)**

1 моль 2 моль *$M(K_2CO_3) = 138$ г/моль*

y моль y моль

$KHCO_3 + HCl \rightarrow KCl + CO_2\uparrow + H_2O$ **(2)**

1 моль 1 моль *$M(KHCO_3) = 100$ г/моль*

Масса смеси составляет $x \cdot 138 + y \cdot 100 = 5,76$ г **(3)**

Масса 15% раствора соляной кислоты, вступившего в реакцию

$m_{р\text{-}р}(HCl) = V_{р\text{-}р}(HCl) \cdot \rho = 15,21 \cdot 1,12 = 17,0352$ г

Масса соляной кислоты, вступившей в реакцию

$m(HCl) = \frac{m_{р-р}(HCl)\cdot\omega(HCl)}{100\%} = \frac{17{,}0352\cdot 15}{100} \approx 2{,}56$ г

Общее количество соляной кислоты, вступившей в реакцию

$\nu(HCl) = \frac{m(HCl)}{M(HCl)} = \frac{2{,}56}{36.5} \approx 0{,}07$ моль

Это количество соляной кислоты реагирует по двум уравнениям реакций **(1)** и **(2)**

$\nu(HCl) = (2x + y) \approx 0{,}07$ моль **(4)**

Из уравнений **(3)** и **(4)** составим систему уравнений

$$\begin{cases} 138x + 100y = 5{,}76 \\ (2x + y) = 0{,}07 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 138x + 100(0{,}07 - 2x) = 5{,}76 \\ y = 0{,}07 - 2x \end{cases} \Rightarrow 138x + 7 - 200x = 5{,}76$$

$62x = 1{,}24 \Rightarrow x = 0{,}02;\ y = 0{,}03$

$m(K_2CO_3) = 2{,}76$ г; $m(KHCO_3) = 3$ г.

Ответ. $m(K_2CO_3) = 2{,}76$ г; $m(KHCO_3) = 3$ г.

7. Уравнения реакций разложения гидридов лития и кальция:

$LiH + H_2O \rightarrow LiOH + H_2\uparrow$,

$CaH_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 2H_2\uparrow$.

Уравнение горения бензина в кислороде воздуха

$2\ C_8H_{18} + 25\ O_2 \rightarrow 16\ CO_2 + 18\ H_2O$.

Расчет объема образующегося водорода

$CaH_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 2H_2\uparrow$.		*$M(CaH_2) = 42$ г/моль;*
1 моль	2 моль	$\nu(CaH_2) = 98000/42 \approx 2333$ моль
2333 моль	$2 \cdot 2333 = 4666$ моль	

$V(H_2) = \nu \cdot V_M = 4666 \cdot 22{,}4 = 104518{,}4$ л (н.у.).

Определение массы лантано-никелевого сплава, способного поглотить весь объем образовавшегося водорода:

1 молекула $LaNi_5$, поглощает 8 атомов H или 4 молекулы H_2

1 моль $LaNi_5$, поглощает 8 г-атомов H или 4 моль H_2 *$M(LaNi_5) = 139 + 59 \cdot 5 = 434$ г/моль*

X моль $LaNi_5$ поглощает 4666 моль H_2

$X = \frac{1\cdot 4666}{4} = 1166{,}5$ моль $= \nu(LaNi_5) \Rightarrow$

$m(LaNi_5) = \nu(LaNi_5) \cdot M(LaNi_5) \approx 1166{,}5 \cdot 434 = 506{,}261$кг

Ответ: $V(H_2) = 104518{,}4$ л (н.у.). $m(LaNi_5) = 506{,}261$кг.