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

8, 9 классы
Вариант 2

1. Этилмеркаптан C_2H_5SH представляет собой одно из самых сильнопахнущих веществ. Его запах проявляется при разбавлении в воздухе его паров в 10^{11} раз (по объему, н.у.). За 1 вдох человек вдыхает 3,5 литра воздуха (н.у.). Какую массу этилмеркаптана должен вдохнуть человек, чтобы почувствовать запах?

2. Имеется кубик из чистого серебра с ребром, равным 1мм (плотность серебра 10,5 г/см^3). Сколько атомов содержится в таком кубике?

3. Изобразите электронную конфигурацию частицы, возникающей в результате удаления из атома скандия всех валентных электронов. С атомом какого инертного газа, катионами и анионами каких элементов сходна частица Sc^{+3} по электронному строению. Изобразите их электронные конфигурации.

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

$$KNO_2 + KClO_3 \rightarrow KCl + \ldots$$

5. Как с помощью одного реактива распознать следующие вещества: хлорид аммония; карбонат кальция; гидросульфат калия; карбонат калия?

6. В лаборатории имеется смесь карбоната калия и гидрокарбоната натрия. Известно, что образец такой смеси массой 4,44 г может полностью прореагировать с 20,9 мл 10% (по массе) раствора соляной кислоты (ρ =1,05 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 120 кг, эквивалентен по получаемой в водородном двигателе энергии запасу бензина объемом 50 л. Бензин часто рассматривают как изооктан с примесями и имеющим 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 $\approx$ 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 120 кг гидрида кальция.

Определите массу лантано-никелевого сплава состава $LaNi_5$, способного поглотить весь объем образовавшегося из 120 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

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

Решение варианта 2

1. Объем этилмеркаптана, который должен вдохнуть человек, чтобы почувствовать запах составляет $V(C_2H_5SH) = V(\text{легких})\ (л) / 10^{10} = 3{,}5 / 10^{11} = 3{,}5 \cdot 10^{-11}$ (л).

В этом объёме содержится следующее количество метилмеркаптана

$\nu(C_2H_5SH) = \nu(C_2H_5SH)\ (л)/22{,}4\ (л/моль) = 3{,}5 \cdot 10^{-11}/22{,}4 \approx 1{,}56 \cdot 10^{-12}$ (моль)

Это количество имеет массу *$M(C_2H_5SH) = 62$ г/моль*

$m(C_2H_5SH) = \nu(C_2H_5SH) \cdot M(C_2H_5SH) = 1{,}56 \cdot 10^{-12} \cdot 62 = 9{,}67 \cdot 10^{-11}$ (г)

Ответ. $m(CH_3SH) = 9{,}67 \cdot 10^{-11}$ (г)

2. Объем кубика серебра (Ag) с ребром 1 мм (0,1 см) равен

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

Масса кубика серебра $m(Ag) = V(Ag) \cdot \rho(Ag) = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 10{,}5 = 1{,}05 \cdot 10^{-2}$ г

Количество вещества серебра, содержащееся в таком кубике

$\nu(Ag) = m(Ag) / M(Ag) = 1{,}05 \cdot 10^{-2} / 108 \approx 9{,}7 \cdot 10^{-5}$ моль *$M(Ag) = 108$ г/моль*

Число атомов серебра, содержащееся в таком кубике

$n(Ag) = \nu(Ag) \cdot N_A = 9{,}7 \cdot 10^{-5} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23} \approx 5{,}85 \cdot 10^{19}$ атомов

Ответ. $n(Ag) \approx 5{,}85 \cdot 10^{19}$ атомов

3. Электронное строение скандия $_{+21}Sc\ 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$

Электронное строение катиона скандия $_{+21}Sc^{+3}\ 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

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. $3\ KNO_2 + KClO_3 \rightarrow KCl + 3\ KNO_3$

$$\begin{array}{l|l} N^{+3} - 2\,\bar{e} \rightarrow N^{+5} & 3 \\ Cl^{+5} + 6\,\bar{e} \rightarrow Cl^{-1} & 1 \end{array}$$

5. Ко всем веществам добавить воду

l) $CaCO_3 + H_2O \rightarrow$ в воде не растворяется, это карбонат кальция;

2) $CaCO_3 + KHSO_4 \rightarrow CaSO_4 + K_2SO_4 + H_2O + CO_2\uparrow$ – раствор вещества, который при взаимодействии с $CaCO_3$ дает образование газа – гидросульфат калия ($KHSO_4$);

3) $K_2CO_3 + KHSO_4 \rightarrow K_2SO_4 + H_2O + CO_2\uparrow$– раствор вещества, который при взаимодействии с раствором гидросульфата калия дает образование газа – карбонат калия (K_2CO_3); карбонат кальция ($CaCO_3$) был определен ранее п. 1) и в этом испытании не участвует.

4) вещество, раствор которого не реагирует с растворами других веществ – хлорид аммония (NH_4Cl).

6. Пусть исходная смесь содержит $\nu(K_2CO_3) = x$ моль и $\nu(CaCO_3) = y$ моль.

Уравнения реакций задания

x моль 2x моль

$K_2CO_3 + 2HCI \rightarrow 2KCI + CO_2\uparrow + H_2O$ **(1)**

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

y моль y моль

$NaHCO_3 + HCI \rightarrow NaCI + CO_2\uparrow + H_2O$ **(2)**

1 моль 1 моль *$M(NaHCO_3) = 84$ г/моль*

Масса смеси составляет $x \cdot 138 + y \cdot 84 = 4,44$ **(3)**

Масса 10% раствора соляной кислоты, вступившего в реакцию

$m_{р\text{-}р}(HCl) = V_{р\text{-}р}(HCl) \cdot \rho = 20,9 \cdot 1,05 = 21,945$ г

Масса соляной кислоты, вступившей в реакцию

$m(HCl) = \frac{m_{р\text{-}р}(HCl) \cdot \omega(HCl)}{100\%} = \frac{21,945 \cdot 10}{100} \approx 2,1945$ г

Общее количество соляной кислоты, вступившей в реакцию

$\nu(HCl) = \frac{m(HCl)}{M(HCl)} = \frac{2,1945}{36.5} \approx 0,06$ моль

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

$\nu(HCl) = (2x + y) \approx 0,06$ моль **(4)**

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

$$\begin{cases} 138x + 84y = 4,44 \\ (2x + y) = 0,06 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 138x + 84(0,06 - 2x) = 4,44 \\ y = 0,06 - 2x \end{cases} \Rightarrow 138x + 5,04 - 168x = 4,44$$

$30x = 0,6 \Rightarrow x = 0,02;\ y = 0,02$

$m(K_2CO_3) = 2,76$ г; $m(NaHCO_3) = 1,68$ г.

Ответ. $m(K_2CO_3) = 2,76$ г; $m(NaHCO_3) = 1,68$ 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 $\nu(CaH_2) = 120000/42 \approx 2857$ моль

2857 моль $2 \cdot 2857 = 5714$ моль

$V(H_2) = \nu \cdot V_M = 5714 \cdot 22,4 = 127993,6$ 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 5714 моль H_2

$X = \frac{1 \cdot 5714}{4} = 1428,5$ моль $= \nu(LaNi_5) \Rightarrow$

$m(LaNi_5) = \nu(LaNi_5) \cdot M(LaNi_5) \approx 1428,5 \cdot 434 = 619,969$кг ≈ 620 кг.

Ответ: $V(H_2) = 127993,6$л (н.у.). $m(LaNi_5) = 620$ кг