

Всероссийская олимпиада школьников по химии
Муниципальный этап (решение)
11-й класс

Задание 1

К 40 л смеси, состоящей из азота и аммиака, добавили 20 л хлороводорода, после чего плотность газовой смеси по воздуху стала равна 0,871. Вычислите объёмные доли газов в исходной смеси.

Решение задания № 1

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
Составлено уравнение реакции: $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$	1 балл
Определён состав конечной газовой смеси и вычислена её средняя молярная масса: $M_{\text{ср}} = 0,871 \cdot 29 = 25,259$ (г/моль). Смесь состоит из N_2 ($M = 28$ г/моль) и NH_3 ($M = 17$ г/моль). Следовательно, аммиак в исходной смеси находился в избытке. Если бы в избытке находился HCl , средняя молярная масса превышала 28 г/моль	1 балл
Пусть в исходной смеси: $V \text{NH}_3 = x$ л, $V \text{N}_2 = y$ л. Тогда в конечной газовой смеси (по уравнению реакции): $V \text{NH}_3 = (x-20)$ л, $V \text{N}_2 = y$ л. Система уравнений: $x + y = 40$ $\frac{17(x-20)+28y}{x-20+y} = 25,259$ $x = 25, y = 15$	2 балла
Объёмные доли газов: $\varphi \text{NH}_3 = \frac{25}{40} = 0,625$ (или 62,5 %), $\varphi \text{N}_2 = \frac{15}{40} = 0,375$ (или 37,5 %)	1 балл
Итого	5 баллов

Задание 2

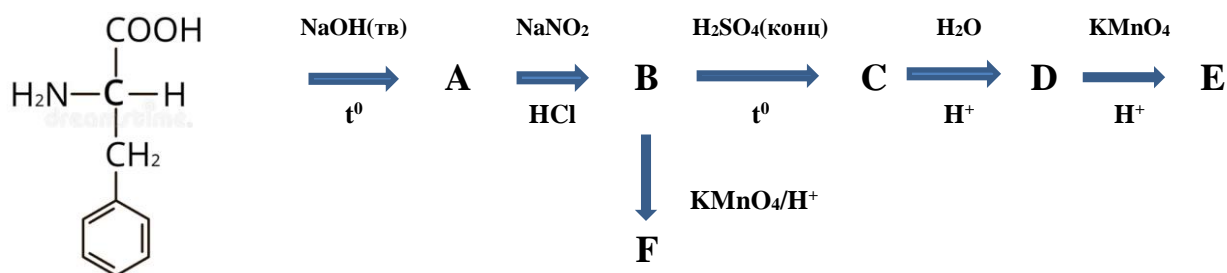
В раствор сульфата меди (II) на некоторое время поместили цинковую пластину. После того, как пластину вынули из раствора, оказалось, что в полученном растворе при добавлении избытка раствора гидроксида натрия образуется 9,8 г осадка, а при добавлении к тому же раствору сульфида аммония – 29 г осадка. Определите, насколько изменилась масса пластинки после того, как её вынули из раствора. Напишите уравнения протекающих реакций.

Решение задания № 2

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
Уравнения реакций: (1) $\text{CuSO}_4 + \text{Zn} = \text{Cu} + \text{ZnSO}_4$ (2) $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ (3) $\text{ZnSO}_4 + 4\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{Na}_2\text{SO}_4$ (4) $\text{CuSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{S} = \text{CuS} + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (5) $\text{ZnSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{S} = \text{ZnS} + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	5 баллов (по 1 баллу за уравнение реакции с коэффициентами)
Расчёты по уравнению реакции (2): вычислим количество вещества, образовавшегося $\text{Cu}(\text{OH})_2$ и израсходованного CuSO_4 : $n \text{Cu}(\text{OH})_2 = \frac{9,8}{98} = 0,1$ (моль); по уравнению (2): $n \text{CuSO}_4 = n \text{Cu}(\text{OH})_2 = 0,1$ (моль)	1 балл
Расчёты по уравнениям реакций 4 и 5: По уравнению (4): $n \text{CuS} = n \text{CuSO}_4 = 0,1$ (моль), $m \text{CuS} = 0,1 \cdot 96 = 9,6$ (г). По уравнению (5): $m \text{ZnS} = 29 - 9,6 = 19,4$ (г), $n \text{ZnS} = \frac{19,4}{97} = 0,2$ (моль), $n \text{ZnSO}_4 = n \text{ZnS} = 0,2$ (моль)	1 балл
Изменение массы пластинки: по уравнению (1): $n\text{Zn} = n\text{Cu} = n \text{ZnSO}_4 = 0,2$ (моль), $m (\text{пластинки})_{\text{конеч}} = m (\text{пластинки})_{\text{исх}} - m\text{Zn} + m\text{Cu} =$ $= m (\text{пластинки})_{\text{исх}} - 0,2 \cdot 65 + 0,2 \cdot 64 =$ $= m (\text{пластинки})_{\text{исх}} - 0,2$ (г). Ответ: масса пластинки уменьшится на 0,2 г	1 балл
Итого	8 баллов

Задание 3

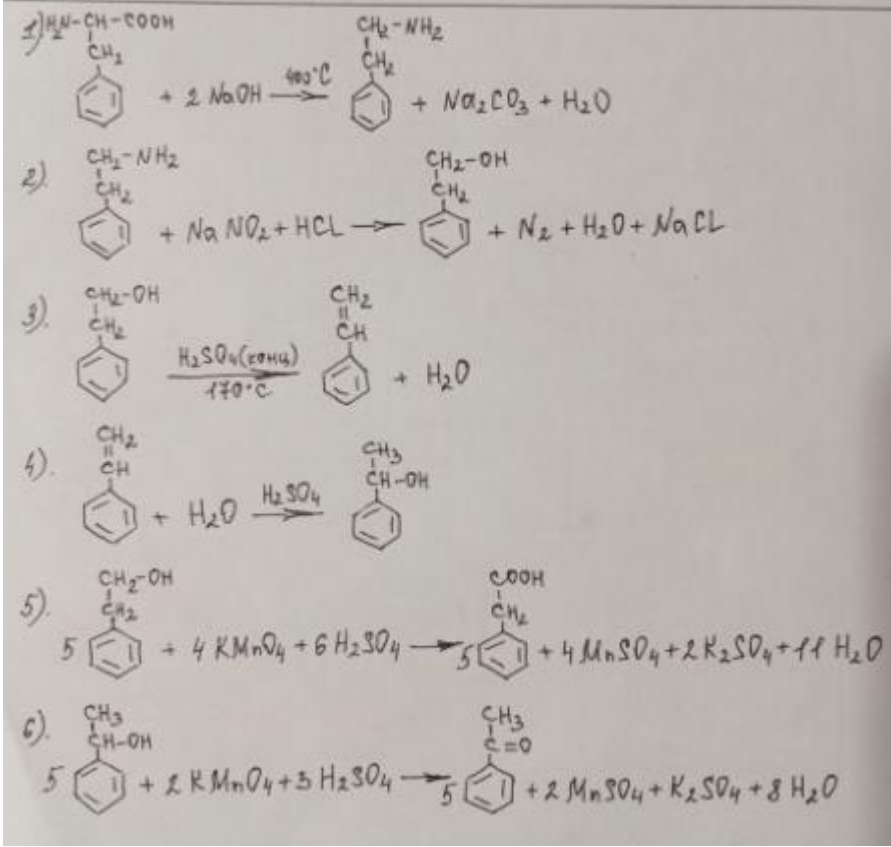
Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ, указывайте преимущественно образующиеся продукты.

Назовите неизвестные вещества А–F, представленные в цепочке.

Решение задания № 3

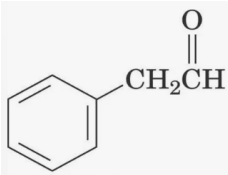
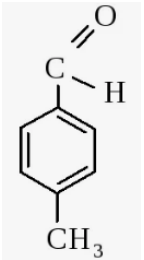
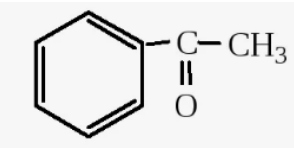
Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
<p>Уравнения реакций:</p> 	<p>6 баллов (по 1 баллу за уравнение реакции с коэффициентами)</p>
<p>Названия веществ: А – 2-фенилэтиламин, β-фенилэтиламин; В – 2-фенилэтанол, β-фенилэтанол; С – фенилэтен, стирол; Д – 1-фенилэтанол (α-гидроксиэтилбензол); Е – фенилэтановая кислота, фенилуксусная кислота; F – 1-фенилэтанон, ацетофенон</p>	<p>3 балла (по 0,5 балла за название каждого вещества)</p>
<p>Итого</p>	<p>9 баллов</p>

Задание 4

Неизвестный альдегид массой 7,2 г нагрели со смесью, полученной при действии избытка щёлочи на 35,84 г бромида меди (II). Образовавшийся осадок отфильтровали и выдержали при 150 °С до постоянной массы, которая составила 11,84 г. Определите возможную структурную формулу альдегида и предложите формулы трёх его изомеров.

Решение задания № 4

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
<p>Составлены уравнения реакций: (1) $\text{CuBr}_2 + 2\text{NaOH} \Rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{NaBr}$ (2) $\text{R-CHO} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \Rightarrow \text{R-COOH} + \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$ (3) $\text{Cu}(\text{OH})_2 \Rightarrow \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$</p>	<p>3 балла</p>

$n \text{CuBr}_2 = \frac{35,84}{224} = 0,16$ (моль). По реакции (1): $n \text{Cu}(\text{OH})_2 = n \text{CuBr}_2 = 0,16$ моль	1 балл
Предположим, что остаток после прокаливания состоит только из Cu_2O , тогда $n \text{Cu}_2\text{O} = \frac{11,84}{144} = 0,082$ (моль). Этого быть не может, т. к. по уравнению (2) должно образоваться $0,16/2 = 0,08$ (моль). Значит $\text{Cu}(\text{OH})_2$ был взят в избытке и при выдерживании осадка при 150°C образовался ещё CuO	1 балл
Пусть $n \text{R-CHO} = x$ моль, тогда по реакции (2): $n \text{Cu}(\text{OH})_{2(\text{прореаг})} = 2x$ моль, а $n \text{Cu}_2\text{O}_{(\text{обр})} = x$ моль и $n \text{Cu}(\text{OH})_{2(\text{ост})} = (0,16 - 2x)$ моль; по реакции (3): $n \text{CuO} = n \text{Cu}(\text{OH})_{2(\text{ост})} = (0,16 - 2x)$ моль, $144x + (0,16 - 2x) \cdot 80 = 11,84$ $x = 0,06$ моль	2 балла
$M \text{R-CHO} = \frac{7,2}{0,06} = 120$ (г/моль), $M (\text{R-}) = 120 - 29 = 91$ (г/моль). Радикал C_xH_y , тогда $12x + y = 91$. Так как x и y – целые числа, то решение уравнения: $x = 7, y = 7$. Радикал C_7H_7 -	1 балл
Альдегид C_7H_7 -CHO	1 балл
Возможные изомеры: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	3 балла
Ответ: C_7H_7 -CHO	
Итого	12 баллов

Задание 5

В трёх склянках без этикеток находятся различные вещества, окрашивающие пламя в жёлтый цвет. При взаимодействии первого вещества с соляной кислотой выделяется 2,24 л газа (н. у.) с неприятным запахом, при пропускании которого через раствор нитрата свинца выпадает осадок чёрного цвета. При приливании раствора хлорида бария к раствору третьего вещества выпадает 25,3 г жёлтого осадка. При приливании раствора хлорида бария к раствору второй соли выпадает 69,9 г белого осадка. Определите, какие вещества и в каком количестве (по массе) находятся в каждой склянке. Приведите уравнения описанных реакций.

Решение задания № 5

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
<p>Определено содержимое пробирок: катион Na^+ окрашивает пламя в жёлтый цвет № 1 – Na_2S № 2 – Na_2CrO_4 № 3 – Na_2SO_4</p>	2 балла (по 0,5 балла за верное определение катиона и формулы веществ)
<p>Составлены уравнения реакций: 1. $\text{Na}_2\text{S} + 2\text{HCl} = \text{H}_2\text{S} + 2\text{NaCl}$ 2. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{S} = \text{PbS} + 2\text{HNO}_3$ 3. $\text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaCrO}_4 + 2\text{NaCl}$ 4. $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4 + 2\text{NaCl}$</p>	4 балла (по 1 баллу за уравнение реакции с коэффициентами)
<p>Вычислено количество (по массе) каждого вещества в склянке: По уравнению (1): $n \text{H}_2\text{S} = 2,24/22,4 = 0,1$ (моль), $n \text{Na}_2\text{S} = n \text{H}_2\text{S} = 0,1$ (моль), $m \text{Na}_2\text{S} = 0,1 \cdot 78 = 7,8$ (г). По уравнению (3): $n \text{BaCrO}_4 = 25,3/253 = 0,1$ (моль), $n \text{Na}_2\text{CrO}_4 = n \text{BaCrO}_4 = 0,1$ (моль), $m \text{Na}_2\text{CrO}_4 = 0,1 \cdot 162 = 16,2$ (г). По уравнению (4): $n \text{BaSO}_4 = 69,9/233 = 0,3$ (моль), $n \text{Na}_2\text{SO}_4 = n \text{BaSO}_4 = 0,3$ (моль), $m \text{Na}_2\text{SO}_4 = 0,3 \cdot 142 = 42,6$ (г)</p>	3 балла (по 1 баллу за каждое вещество)
Итого	9 баллов

Задание 6

Осуществите следующие взаимодействия.

К раствору сульфата алюминия добавили избыток раствора гидроксида натрия. В полученный раствор небольшими порциями прилили соляную кислоту. В образовавшийся раствор добавили раствор карбоната натрия.

В ответе укажите признаки соответствующих химических реакций. Приведите уравнения реакций в молекулярном и ионном виде.

Решение задания № 6

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
<p>(1) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 8\text{NaOH} = 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ $\text{Al}^{3+} + 4\text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_4^-$ (2) $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 4\text{HCl} = \text{NaCl} + \text{AlCl}_3 + 4\text{H}_2\text{O}$ $\text{Al}(\text{OH})_4^- + 4\text{H}^+ = 4\text{H}_2\text{O}$ (3) $2 \text{AlCl}_3 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 2 \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{CO}_2 + 6 \text{NaCl}$ $2\text{Al}^{3+} + 3\text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} = 2 \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{CO}_2$</p>	6 баллов (по 1 баллу за уравнение реакции с коэффициентами)
<p>Признаки реакций: (1) образование осадка, который в избытке щёлочи</p>	2 балла (по 0,5 балла за верный

растворяется; (2) изменений нет; (3) выпадение осадка и выделение бесцветного газа	признак)
Итого	8 баллов

Всего: $5 + 8 + 9 + 12 + 9 + 8 = 51$ балл.