

Задача 2. (20 баллов)

Первоначальный объем смеси угарного газа и кислорода равен 67,2 л (н.у.). После сгорания всего угарного газа и приведения системы к нормальным условиям объем газов составил 56 л. Полученные газообразные вещества пропустили через 200 г 20 % раствора гидроксида натрия.

Задания: определите, проведя необходимые расчеты:

1. Состав исходной газовой смеси в объемных и массовых долях.
2. Плотность исходной смеси газов по водороду.
3. Объем газа после взаимодействия с гидроксидом натрия.
4. Тип образовавшейся соли и ее массовую долю в растворе.

Решение и критерии оценки

Решение и критерии оценки	Баллы
1. Уравнение протекающей реакции: $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$ - 1 балл $\Delta V = 67,2 - 56 = 11,2$ л – объем вступившего в реакцию O_2 – 2 балла Объем вступившего в реакцию CO и объем образовавшегося CO_2 одинаковы и равны 22,4 л - 1 балл	4 балла
Состав исходной смеси: Определение объемной доли газов - 2 балла $V(\text{CO}) = 22,4$; $n(\text{CO}) = 1$ моль $V(\text{O}_2) = 67,2 - 22,4 = 44,8$ л; $n(\text{O}_2) = 2$ моль $\varphi(\text{CO}) = 22,4/67,2 \cdot 100 = 33,3\%$ $\varphi(\text{O}_2) = 100 - 33,3 = 66,7\%$ Определение массовой доли - 3 балла $m(\text{O}_2) = 2 \text{ моль} \cdot 32 \text{ г/моль} = 64 \text{ г}$ $m(\text{CO}) = 1 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 44 \text{ г}$ $\omega(\text{CO}) = 44/(64+44) \cdot 100\% = 40,7\%$ $\omega(\text{O}_2) = 100 - 40,7 = 59,3\%$	5 баллов
2. Определение плотности по водороду Молярная масса смеси: $M = (28 + 2 \cdot 32)/3 = 30,67 \text{ г/моль}$ – 2 балла $D_{\text{H}_2} = 30,67/2 = 15,335$ - 1 балл	3 балла
3. Объем вступающего со щелочью газа (CO_2) = 22,4 л, т.е. 1 моль. Определение количества щелочи: $n(\text{NaOH}) = (200 \cdot 0,2)/40 = 1$ моль Вывод: весь CO_2 прореагирует, останется только кислород. - 1 балл Расчет объема: $V(\text{O}_2) = 56 - 22,4 = 33,6$ л - 1 балл	2 балла
4. $\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{NaHCO}_3$ – 1 балл $n(\text{NaHCO}_3) = n(\text{CO}_2) = n(\text{NaOH}) = 1$ моль, $m(\text{NaHCO}_3) = 1 \cdot 84 \text{ г/моль} = 84 \text{ г}$ – 1 балл $m(\text{р-ра}) = 200 + 44 = 244 \text{ г}$ $\omega(\text{NaHCO}_3) = 84/244 \cdot 100\% = 34,4\%$ – 4 балла	6 баллов

Задача 3. (20 баллов)

На неизвестную соль подействовали раствором гидроксида металла, окрашивающего бесцветное пламя в желтый цвет. При этом наблюдалось выпадение осадка голубого цвета (реакция 1). Осадок отделили, просушили и разделили на две равные части. К фильтрату добавили раствор нитрата серебра, при этом наблюдалось образование белого творожистого осадка (реакция 2). Одну часть голубого осадка прокалили и зафиксировали изменение цвета с голубого на черный (реакция 3). Другую часть осадка поместили в колбу с разбавленным раствором серной кислоты. Осадок растворился, а раствор окрасился в голубой цвет (реакция 4). Часть раствора перелили в фарфоровую чашку, поставили ее на печь и нагревали до испарения всей воды. На стенках чашки появились кристаллы голубого цвета (реакция 5), однако при дальнейшем прокаливании наблюдалось их обесцвечивание (реакция 6).

Задание:

1. Напишите уравнения протекавших химических реакций 1-6 с указанием их признаков.
2. Как называется голубое кристаллическое вещество (приведите тривиальное название), обесцветившееся при более сильном нагревании?
3. Какие области его применения Вам известны?
4. Сколько граммов этого вещества и воды нужно взять для приготовления 200 г раствора с массовой долей безводной соли 5 % ?

Решение и критерии оценки

Решение и критерии оценки	Баллы
1) Каждое уравнение реакции с указанием признаков – по 2 балла для реакций 1-4 и по 1 баллу для реакций 5, 6. 1. $\text{CuCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl}$ – выпадение голубого осадка 2. $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl}\downarrow + \text{NaNO}_3$ – образование белого творожистого осадка 3. $\text{Cu}(\text{OH})_2 = \text{CuO}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ – образование черного осадка 4. $\text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ – растворение осадка и образование раствора голубого цвета 5. $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O} = \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ образование кристаллогидрата голубого цвета, 6. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = \text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ при нагревании кристаллогидрат теряет воду и образуются бесцветные кристаллы CuSO_4	10 баллов
2) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – медный купорос	1 балл
3) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ применяется в сельском хозяйстве и гальванотехнике.	1 балл
Масса безводной соли в растворе: $m = 200 \cdot 0,05 = 10$ г $n(\text{CuSO}_4) = 10/160 = 0,0625$ моль $n(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,0625$ моль $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250 \cdot 0,0625 = 15,625$ г $m(\text{H}_2\text{O}) = 200 - 15,625 = 184,375$ г	8 баллов

Задача 4. (20 баллов)

Алюминий и сплавы на его основе находят широкое применение в различных отраслях промышленности и строительстве. Одним из высокопрочных сплавов является система Al-Zn-Mg. Установите состав данного сплава, если известно, что при обработке образца массой 41,75 г избытком 10 % раствора гидроксида натрия выделяется 22,4 л газа (н.у.), а при полном растворении такого же кусочка сплава в соляной кислоте выделяется 33,6 л газа (н.у.). Рассчитайте объем 10 % раствора соляной кислоты (плотность 1,12 г/мл), необходимый для полного растворения указанного кусочка сплава.

Решение и критерии оценки

Решение и критерии оценки	Баллы
Правильно написаны уравнения реакций, протекающих в щелочи $\text{Zn} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$ (1) – 1 балл $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$ (2) – 1 балл	2 балла
Правильно написаны уравнения реакций, протекающих в кислоте $2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$ (3) – 1 балл $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$ (4) – 1 балл $\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$ (5) – 1 балл	3 балла
При взаимодействии Al и Zn с раствором щелочи и соляной кислоты выделяется одинаковое количество водорода. Поэтому разница в объемах выделяющегося H_2 обусловлена растворением магния в соляной кислоте. Определен объем водорода, выделившегося при взаимодействии магния с кислотой $V(\text{H}_2, 5) = 33,6 - 22,4 = 11,2$ л; – 1 балл $n(\text{H}_2, 5) = n(\text{Mg}) = 11,2 / 22,4 = 0,5$ моль; – 1 балл $m(\text{Mg}) = 0,5 \cdot 24 = 12$ г – 1 балл	10 баллов

$m(\text{Zn,Al}) = 41,75 - 12 = 29,75 \text{ г} - \mathbf{1 \text{ балл}}$ в реакциях (4) и (3) суммарно выделяется 1 моль водорода. Пусть x – число моль H_2 выделяется в реакции (4), тогда в реакции (3): $(1-x)$ моль $n(\text{Zn})=x$ моль; $n(\text{Al})=2(1-x)/3$ моль $m(\text{Zn})=65x$; $m(\text{Al})= 27 \cdot 2 \cdot (1-x)/3=18-18x$ $65x+18-18x=29,75$ $X=0,25$ моль – 2 балла $m(\text{Zn})= 0,25 \cdot 65 = 16,25 \text{ г}$; $m(\text{Al})=29,75-16,25=13,5 \text{ г} - \mathbf{1 \text{ балл}}$ $\omega(\text{Zn})=16,25/41,75 \cdot 100\%=38,92 \% - \mathbf{1 \text{ балл}}$ $\omega(\text{Mg})=12/41,75 \cdot 100\%=28,74 \% - \mathbf{1 \text{ балл}}$ $\omega(\text{Al})= 100-28,74-38,92=32,34 \% - \mathbf{1 \text{ балл}}$	
Определен объем соляной кислоты $n(\text{HCl})_{\text{сумм}} = 1+0,5+1,5=3$ моль – 1 балл $m(\text{HCl}) = 36,5 \cdot 3 = 109,5 \text{ г} - \mathbf{1 \text{ балл}}$ $m_{\text{р-ра}} = 109,5/0,1 = 1095 \text{ г} - \mathbf{1 \text{ балл}}$ $V_{\text{р-ра}} = 1,12 \cdot 1095 = 1226,4 \text{ мл} - \mathbf{2 \text{ балла}}$	5 баллов

Задача 5. (20 баллов)

Карбонат аммония – известная добавка, которая используется как разрыхлитель теста в пищевой промышленности. В домашних условиях карбонат аммония заменяют пищевой содой, которую гасят сметаной или уксусной кислотой.

Задание: объясните и подтвердите уравнениями реакций или расчетами:

1. За счет чего разрыхляется тесто?
2. Что происходит при нагревании соды? Приведите химические названия солей и укажите их тип.
3. Сколько граммов азота остается в тесте, если при выпечке 96 % азота улетучивается, а при приготовлении в 1 кг муки добавили 10 г карбоната аммония? Определите плотность выделяющейся газовой смеси по воздуху, считая воду жидкостью.

Решение и критерии оценивания

Решение и критерии оценки	Баллы
1. Разрыхление теста происходит за счет выделяющихся газов $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \quad (1) - \mathbf{2 \text{ балла}}$ $\text{NaHCO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{COONa} \quad (2) - \mathbf{2 \text{ балла}}$	4 балла
2. $2\text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \quad (3) - \mathbf{2 \text{ балла}}$ NaHCO_3 – гидрокарбонат натрия, кислая соль – 1 балл Na_2CO_3 - карбонат натрия, средняя соль – 1 балл	4 балла
3. Расчеты ведем по уравнению (1): $n(\text{N})=2n((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)=2 \cdot 10/96=0,208$ моль $n(\text{N})_{\text{ост}}=0,208 \cdot 0,04=0,008$ моль $m(\text{N})=0,008 \cdot 14=0,112 \text{ г} \quad - \mathbf{5 \text{ баллов}}$ Определение молярной массы смеси и плотности по воздуху: $n(\text{NH}_3)=0,208$ моль; $n(\text{CO}_2)=0,104$ моль $M(\text{NH}_3, \text{CO}_2) = (0,208 \cdot 17 + 0,104 \cdot 44)/(0,208 + 0,104) = 26 \text{ г/моль} - \mathbf{5 \text{ баллов}}$ $D = 26/29 = 0,897 - \mathbf{2 \text{ балла}}$	12 баллов