

Олимпиада по химии 1997-1998 учебный год 10 класс

Задача 1

Хлорофилл является важным пигментом, обуславливающим зеленый цвет листьев растений. При сжигании 89,2 мг хлорофилла в избытке кислорода получаются только следующие четыре вещества: 242 мг газа, которым обычно газировать напитки, 64,8 мг жидкости, составляющей основу этих напитков, 5,60 мг газа, которого больше всего в земной атмосфере и 4,00 мг белого порошка, который является оксидом легкого широко используемого металла, составляющего приблизительно 2,3 % земной коры.

Вопросы:

1. О каких веществах идет речь?
2. Рассчитайте формулу хлорофилла, учитывая, что его молекула содержит только один атом металла.
3. Напишите уравнение реакции горения хлорофилла.
4. Содержит ли хлорофилл хлор? Откуда взялось название "хлорофилл"?
5. Приведите пример природного вещества, содержащего фрагмент структуры сходного строения.

Решение 1

1. Напитки газировать углекислым газом, сами напитки состоят большей частью из воды, самый распространенный газ в земной атмосфере - азот, а порошок является оксидом магния. (2 балла).

2. Рассчитываем соотношения элементов в молекуле:

$$n(\text{CO}_2) = 242/44 = 5,5 \text{ ммоль}, m(\text{C}) = 5,5 \cdot 12 = 66 \text{ мг.}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 64,8 / 18 = 3,6 \text{ ммоль}, m(\text{H}) = 3,6 \cdot 2 = 7,2 \text{ мг.}$$

$$n(\text{N}_2) = 5,60 / 28 = 0,2 \text{ ммоль.}$$

$$n(\text{MgO}) = 4,00 / 40 = 0,1 \text{ ммоль}, m(\text{Mg}) = 0,1 \cdot 24 = 2,4 \text{ мг.}$$

$$m(\text{O}_2) = 89,2 - 66 - 7,2 - 5,6 - 2,4 = 8 \text{ мг}, n(\text{O}) = 8/16 = 0,5 \text{ ммоль.}$$

Соотношение C : H : N : Mg = 5,5 : 7,2 : 0,4 : 0,5 : 0,1 = 55 : 72 : 4 : 5 : 1, откуда формула хлорофилла: $\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{N}_4\text{O}_5\text{Mg}$ (5 баллов).



4. Греческое слово "Хлорос" означает "зеленый". Отсюда названия и хлора и хлорофилла. (0,5 балла).

5. Самые известные - краситель крови гем (гемоглобин) и производные гема и хлорофилла.

(1,5 балла).

Всего - 10
баллов.

Задача 2

В лаборатории торгинспекции проанализировали фальсифицированную водку "Кристалл". В результате ее фракционной перегонки выделен плохо растворимый в воде продукт X, кипящий на 30°C выше, чем этанол. При реакции раствора содержащего 0,37 г продукта X в 10 мл гексана с избытком металлического натрия выделилось около 60 мл горючего газа (1 атм, 20°C).

Продукт X взаимодействует с избытком концентрированной серной кислоты при нагревании: при этом получается легко сжижаемый газ Y.

При реакции Y с хлороводородом образуется монохлорид Z. При анализе продуктов радикального бромирования Z удалось обнаружить только одно монохлормонобромпроизводное.

Определите состав и возможное строение X, Y, Z; приведите уравнения реакций и условия их проведения.

Решение 2

1. X скорее всего относится к одноатомным спиртам¹. (1 балл)

¹ **Примечание:** сивушные масла - побочные продукты брожения, поэтому они могут быть только первичными спиртами.

2. $2\text{R} - \text{CH}_2\text{OH} + 2\text{Na} (\rho) 2\text{RCH}_2\text{ONa} + \text{H}_2$;

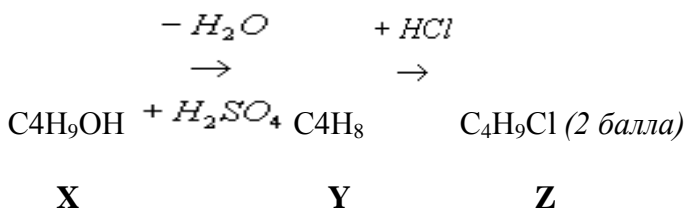
Приводим объем водорода к н.у.: $60(273/293) = 56$ мл.

$$\frac{0,056\text{л}}{22,4\text{ л/моль}} = \frac{0,37\text{г}}{2M\text{ г/моль}}$$

Молекулярную массу определим из пропорции:

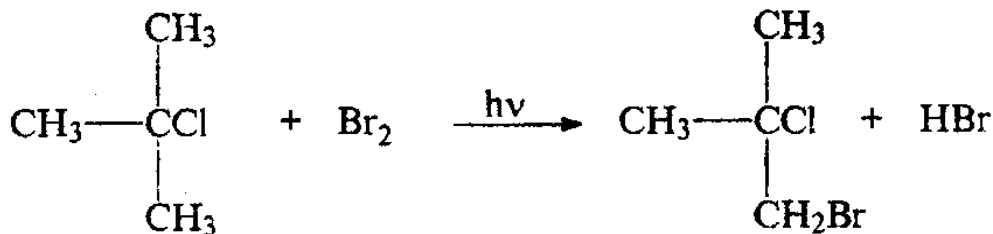
отсюда $M = 74$ г/моль. Эту молярную массу имеют бутиловые спирты $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$. (2 балла)

3. Реакции:



Указание условий (температура, катализатор, давление) - 1 балл.

4. Углеводород C_4 , имеющий только одно монохлормонобромзамещенное -



изобутан.

Тогда Y - изобутилен, а X может быть либо 2-метилпропанол-1,

либо 2-метилпропанол-2. (2 балла)

5. Наиболее вероятный состав X - 2-метилпропанол-1, поскольку так называемые сивушные масла, являются первичными спиртами. (2 балла)

Всего - 10 баллов

Задача 3

В книге Б. Конарева "Любознательным о химии" можно прочитать об истории открытия двух соединений: "В 1814 г. на улицах Лондона появилось газовое освещение. Светильный газ хранили под давлением в специальных железных баллонах, которые держали в подвалах. В зимнее время, особенно в сильные холода, газ не давал яркого света. Владельцы газового завода обратились за помощью к знаменитому физику и химику Майклу Фарадею. Тот установил, что при охлаждении часть светильного газа собирается на дне баллонов в виде прозрачной жидкости. В ней Фарадей нашел новый углеводород и дал ему название "карбюрированный водород". 16 июня 1825 г. ученый докладывал о своем открытии Лондонскому королевскому обществу. Как оказалось, вещество имело формулу..."Здесь мы прерываем цитату и задаем Вам несколько вопросов:

1. Какова формула "карбюрированного водорода" и каково его современное название, если по данным Фарадея массовая доля углерода в нем 92,3%, а пары в 39 раз тяжелее водорода?
2. Какова формула другого открытого Фарадеем углеводорода, содержащего 85,7% углерода и с плотностью по азоту 2?
3. Рассчитайте, при каких объемных соотношениях смеси паров этих углеводородов с воздухом будут наиболее взрывчатыми.
4. Оцените приблизительный линейный размер молекулы "карбюрированного водорода", если современное значение плотности этого вещества примерно $0,9 \text{ г/см}^3$.
5. Знаменитый физик А. Столетов так отзывался о Фарадее: "Никогда со времен Галилея свет не видел стольких поразительных и разнообразных открытий, вышедших из одной головы, и едва ли скоро увидит другого Фарадея...". А что Вы знаете об открытиях Фарадея, в частности - в химии? Какие новые термины он ввел в науку? Приведите пример (один).

Решение 3

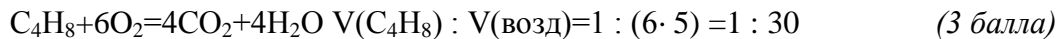
1. $\text{C} : \text{H} = 92,3/12 : 7,7/1 = 7,7 : 7,7 = 1 : 1$ или CH

$M = 39 \cdot 2 = 78 \text{ г/моль}$; C_6H_6 - бензол. (2 балла)

2. $C : H = 85,7/12 : 14,3/1 = 7,14 : 14,3 = 1 : 2$ или CH_2 ;

$$M = 28 \cdot 2 = 56 \text{ г/моль}; C_4H_8 - \text{бутилен (2 балла)}$$

3. $C_6H_6 + 7,5 O_2 = 6 CO_2 + 3 H_2O$ $V(C_6H_6) : V(O_2) = 1 : 7,5$ или $V(C_6H_6) : V(\text{возд}) = 1 : 37,5$



4. Объем, который занимает 1 моль бензола $V_{\text{моль}} = 78/0,9 = 87 \text{ см}^3/\text{моль}$

или $87/6 \cdot 10^{23} \text{ см}^3/\text{молек}$,

$$l \approx \sqrt[3]{V}, \quad l \approx \sqrt[3]{\frac{87}{6 \cdot 10^{23}}} = 5,2 \cdot 10^{-8} \text{ см} \quad (2 \text{ балла})$$

5. Открытие бензола и бутилена, получение жидких галогеноводородов, хлора, сероводорода, аммиака, изучение состава природного каучука, получение этилсерной кислоты, изготовление специального свинцового и оптического стекла. Новые термины: электролиз, электролит, электрод, катод, анод, катион, анион, диэлектрик.

(Любое число примеров из приведенных 1 балл)

Всего - 10 баллов

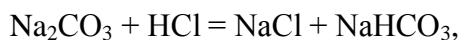
Задача 4

Юный химик взял два стаканчика одинаковой массы. В первый он налил раствор, содержащий 1 моль карбоната натрия в 1 кг раствора (раствор I), во второй - раствор, содержащий 1 моль HCl в 1 кг раствора (р-р II). Масса каждого из растворов составляет 100 г. В первый стаканчик Юный химик очень медленно и при тщательном перемешивании добавил 100 г раствора II, а во второй - такую же массу раствора I (при тех же условиях). Каково будет соотношение масс стаканчиков после окончания реакции?

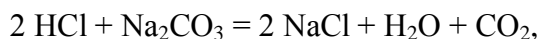
Решение 4

В обоих случаях мольное отношение реагентов - 1:1. (1 балл)

В первом стаканчике протекает реакция:



во втором сначала протекает реакция:



а после того, как вся соляная кислота израсходуется, избыточный карбонат натрия разлагаться не будет. (4 балла)

Поэтому масса содержимого первого стаканчика (из которого ничего не выделяется) составит 200 г, то есть сумму масс раствора Na_2CO_3 , бывшего там изначально и прилитого раствора HCl. (1 балл)

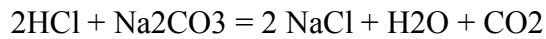
Масса содержимого второго стаканчика будет равна тем же 200 граммам за вычетом

массы выделившегося CO_2 . То есть масса второго стаканчика будет меньше массы первого стаканчика на массу выделившегося CO_2 . Рассчитаем ее. (1 балл)

Количество HCl во втором стаканчике

$$v(HCl) = 1 \text{ (моль/кг)} \cdot 0,1 \text{ (кг)} = 0,1 \text{ моль.} \quad (1 \text{ балл})$$

$$0,1 \text{ моль} \quad \quad \quad 1x \text{ г}$$



$$2 \text{ моль} \quad \quad \quad 44 \text{ г/моль}$$

Составим пропорцию: $\frac{0,1}{2} = \frac{x}{44}$

$$\text{Решая ее получим } x = 2,2 \text{ г.} \quad (2 \text{ балла})$$

Ответ: Первый стаканчик будет тяжелее второго на 2,2 г. Всего - 10 баллов.

Задача 5

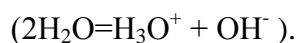
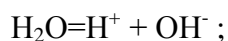
При полной нейтрализации 200 мл соляной кислоты с массовой долей 0,0352 ($\rho=1036 \text{ кг/м}^3$) раствором KOH выделилось 11,18 кДж теплоты (условия стандартные).

В реакции нейтрализации 500 мл 0,1 М этановой кислоты при тех же условиях выделилось 2,38 кДж.

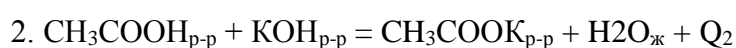
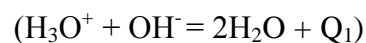
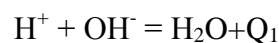
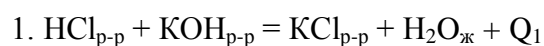
1. Определите молярную теплоту диссоциации воды. Ответ обоснуйте.
2. Предложите способ (теоретический или экспериментальный) определения молярной теплоты диссоциации воды.
3. Как меняется величина ионного произведения воды ($K_w = [OH^-][H^+]$) с ростом температуры? Ответ обоснуйте.

Решение 5

I. Диссоциация воды: (1 балл)



Запишем уравнения реакций в молекулярном и сокращенно-ионном виде: (2 балла)





Как видно из сокращенно-ионных уравнений теплота диссоциации воды равна по величине, но обратна по знаку теплоте нейтрализации реакции (1). Тепловой эффект реакции (2) помимо теплоты нейтрализации включает в себя теплоту, которую следует затратить на диссоциацию CH_3COOH и теплоту гидратации ацетат-иона, которые не компенсируют друг друга. Поэтому расчеты ведем по уравнению(1). (2 балла)

$$V(\text{р-ра HCl}) = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

$$m(\text{р-ра HCl}) = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \cdot 1036 \text{ кг/м}^3 = 0,2072 \text{ кг}$$

$$m(\text{HCl}) = 0,2072 \cdot 0,0352 = 0,07293 \text{ кг}$$

$$M(\text{HCl}) = 36,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$n(\text{HCl}) = 7,29 \cdot 10^{-3} / 36,5 \cdot 10^{-3} = 0,1998 \text{ моль} \approx 0,2 \text{ моль}$$

$$0,2 \text{ моль} - 11,18 \text{ кДж}$$

$$1 \text{ моль} - x \text{ кДж}$$

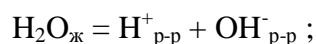
$$x = 55,9 \text{ кДж/моль}$$

Молярная теплота диссоциации воды:

$$Q_{\text{дисс}} = - 55,9 \text{ кДж/моль. (2 балла)}$$

II. а) Для экспериментального определения молярной теплоты диссоциации можно определять теплоту нейтрализации разбавленного раствора любой сильной кислоты концентрированным раствором любого сильного основания в калориметре.

б) Теоретически по закону Гесса, пользуясь табличными величинами стандартных энтальпий или теплот образования. Например:



$$\Delta H_{\text{р-ции}} = \Delta_f H^\circ(\text{H}^+) + \Delta_f H^\circ(\text{OH}^-) - \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}_{\text{ж}}) =$$

$$= 0 + (-229,94) - (-285,54) = 55,6 \text{ кДж/моль} ;$$

$$Q_{\text{р}} = -\Delta H ;$$

$$Q_{\text{дисс}} = - 55,6 \text{ кДж/моль} .$$

Отличие теоретически рассчитанного значения теплоты диссоциации от экспериментального определяется погрешностью опыта.

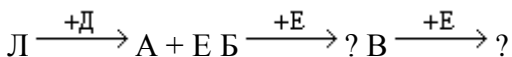
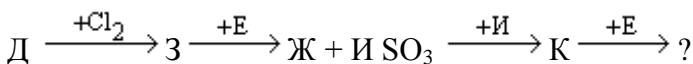
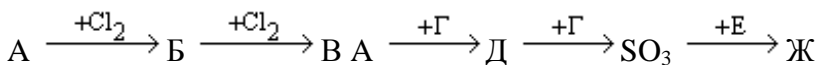
(Только а - 2 балла; только б - 2 балла: а и б - 2 балла.)

По принципу Ле-Шателье, с ростом температуры равновесие смещается в сторону экзотермической реакции, т.е. вправо, таким образом ионное произведение воды возрастает. (1 балл) Всего - 10 баллов

**Областная олимпиада школьников по химии 2000 учебный год
10 класс**

Задача 1.

Вам дана схема превращений элементарного вещества А:

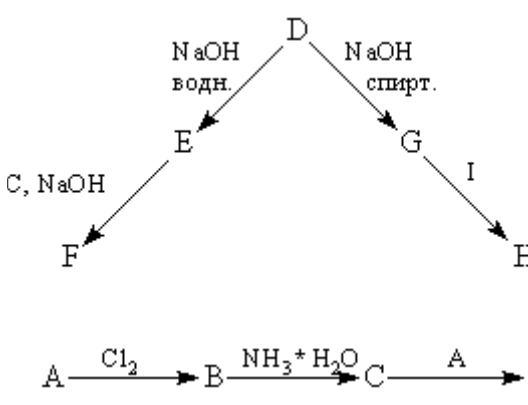


Определите вещества А-Л, напишите уравнения реакций.

Задача 2.

Навеску железного купороса массой 60 г растворили в 200 мл воды, затем к раствору прибавили 200 мл 1М раствора серной кислоты. Половину полученного раствора оттитровали 0,5М раствором перманганата калия. На титрование пошло 43,2 мл перманганата. Другую половину раствора поместили в сосуд вместимостью 2 л, заполненный кислородом при давлении 99 кПа и температуре 25°C. Затем сосуд герметично закрыли и оставили до тех пор, пока давление в сосуде не перестало изменяться. Рассчитайте количество воды в формуле железного купороса. Определите молярную концентрацию соединений в сосуде после окончания изменения давления. Плотность раствора принять за единицу. Что будет происходить с последним раствором, если в него поместить медную пластинку?

Задача 3.



Вещества А, В, С, D, E, F, G, H, I генетически связаны между собой следующим образом.

Определите вещества А – I, напишите уравнения реакций, если известно: А- простое вещество красного цвета; H – нерастворимое в воде, взрывчатое в сухом состоянии бинарное соединение; раствор С имеет ярко-синий цвет.

Задача 4.

Алкен А массой 5,6 г прореагировал с 8,1 г бромистого водорода. Полученное вещество Б обработали металлическим натрием, при этом получили углеводород В. Изобразите структурную формулу алкена А. Укажите все возможные изомеры. Приведите все возможные структуры веществ Б и В. Зависит ли строение Б и В от условий реакции А с HBr? Ответ поясните.

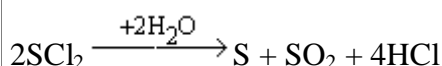
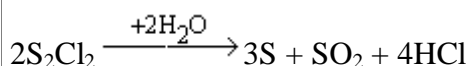
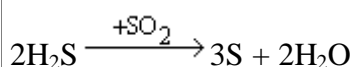
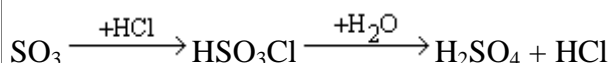
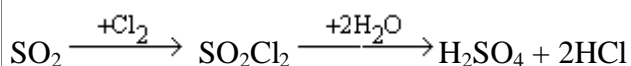
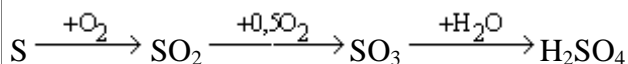
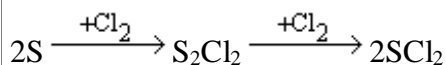
Задача 5.

Имеется смесь алкана и кислорода с относительной плотностью по водороду 16,67. После полного сгорания алкана и приведения полученной смеси к стандартным условиям, получили смесь газов с относительной плотностью по водороду 19. Определите формулу алкана.

**Областная олимпиада школьников по химии 2000 учебный год
10 класс Решение 1**

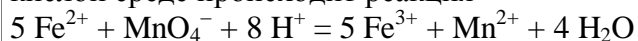
Из второй цепочки следует, что А - сера, Г - O₂, Д - SO₂. Е - скорее всего,

вода, поскольку $\text{SO}_3 \xrightarrow{+\text{E}} \text{Ж}$ - один продукт. То же следует из реакции
 $\text{Л} \xrightarrow{+\text{SO}_2} \text{S} + \text{E}$ - самый очевидный восстановитель SO_2 до серы - H_2S .
 Тогда схема примет следующий вид (с указанием стехиометрических коэффициентов):



Решение 2

При титровании раствора железного купороса перманганатом калия в кислой среде происходит реакция



$\nu(\text{MnO}_4^-) = 0,0432 \cdot 0,5 = 0,0216$ моль. Тогда $\nu(\text{FeSO}_4) = 0,108$ моль.

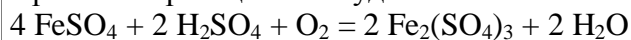
В половине навески купороса было воды $m(\text{H}_2\text{O}) = 30 - 0,108 \cdot 152 = 13,584$ г.

$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 13,584 / 18 = 0,755$ моль.

$\nu(\text{FeSO}_4) / \nu(\text{H}_2\text{O}) = 0,108 / 0,755 = 1:7$

Состав железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Уравнение реакции в сосуде



Определим, достаточно ли кислорода для этой реакции. Приведем объем кислорода к н. у.

$$V = \frac{2 \cdot 273 \cdot 99}{298 \cdot 101,3} = 1,79 \text{ л. } \nu(\text{O}_2) = 0,08 \text{ моль.}$$

Легко видно, что в реакцию с 0,108 моль сульфата железа (II) вступает 0,054 моль серной кислоты и 0,027 моль кислорода. Значит, кислород был взят в избытке. Расчет проводим по сульфату железа (II).

Серной кислоты в растворе было 0,1 моль, осталось 0,046 моль. Сульфата железа (III) получилось 0,054 моль.

Объем взятого раствора составляет $(200+200)/2=200$ мл, полученной в

реакции водой можно пренебречь, т.к. ее объем всего лишь 0,0972 мл (но ее можно и учесть).

Концентрации в полученном растворе сульфата железа (III) $0,054/0,2 = 0,27$ моль/л, серной кислоты $0,046/0,2=0,23$ моль/л.

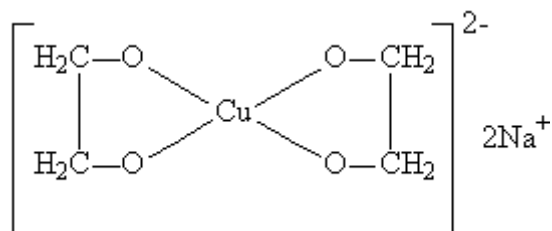
Если к раствору добавить медь, то происходит ее окисление по реакции $Fe_2(SO_4)_3 + Cu = CuSO_4 + 2FeSO_4$

Учитывая, что кислород в избытке, возможно окисление $4 FeSO_4 + 2 H_2SO_4 + O_2 = 2 Fe_2(SO_4)_3 + 2 H_2O$

Решение 3

Ключ к решению задачи – вещество D. При взаимодействии галоидопроизводных алканов с щелочами в водной и спиртовой среде образуются спирты и непредельные углеводороды, соответственно. Вещество H бинарное, взрывчатое – это ацетиленид металла. Вещество A красного цвета – медь. Тогда

- A – Cu
 B – $CuCl_2$
 C – $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$
 D – CH_2Cl-CH_2Cl
 F –



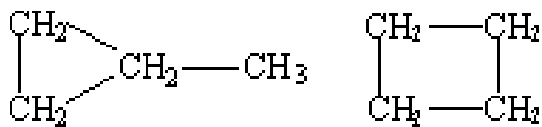
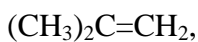
- E – CH_2OH-CH_2OH
 G – C_2H_2
 H – Cu_2C_2
 I – $[Cu(NH_3)_2]OH$

Уравнения реакций:

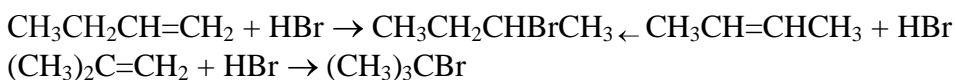
- $Cu + Cl_2 = CuCl_2$
- $CuCl_2 + 6 NH_3 \cdot H_2O = [Cu(NH_3)_4](OH)_2 + 4 H_2O + 2NH_4Cl$
- $[Cu(NH_3)_4](OH)_2 + Cu = 2[Cu(NH_3)_2]OH$
- $CH_2Cl-CH_2Cl + 2 NaOH = CH_2OH-CH_2OH + 2 NaCl$
- $2NaOH + 2CH_2OH-CH_2OH + [Cu(NH_3)_4](OH)_2 = Na_2[CuC_4H_8O_4] + 4H_2O + 4NH_3$
- $CH_2Cl-CH_2Cl + 2 NaOH_{спирт} = C_2H_2 + 2 NaCl + 2 H_2O$
- $C_2H_2 + 2[Cu(NH_3)_2]OH = Cu_2C_2 + 4 NH_3 + 2 H_2O$

Решение 4

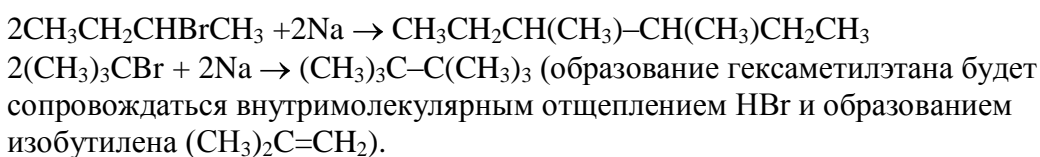
По уравнению реакции $C_nH_{2n} + HBr \rightarrow C_nH_{2n+1}Br$ прореагировало $n(HBr)=8,1/81=0,1$ моль HBr с 0,1 моль алкена (5,6 г), отсюда следует, что $M(C_nH_{2n})=56$, а его молекулярная формула C_4H_8 . Существует 6 веществ, имеющих эту молекулярную формулу – 4 алкена и 2 изомерных им циклоалкана: $CH_3CH_2CH=CH_2$, $CH_3CH=CHCH_3$ (цис- и транс-изомеры),



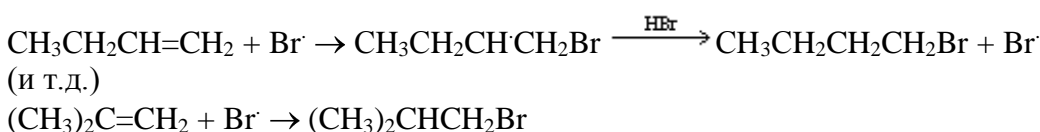
Алкены присоединяют HBr в соответствии с правилом Марковникова (ионный механизм реакции):



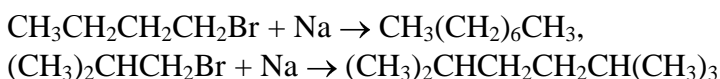
При взаимодействии двух изомерных бромбутанов с натрием получают два изомерных октана:



Если проводить присоединение HBr в присутствии органических пероксидов, окисляющих HBr, $\text{ROOR} \rightarrow 2\text{RO}\cdot$, $\text{RO}\cdot + \text{HBr} \rightarrow \text{ROH} + \text{Br}\cdot$, то реакция присоединения будет протекать по цепному свободнорадикальному механизму с обращением правила Марковникова:



Эти два изомерных бромида по реакции Вюрца дадут два других изомера октана:



Решение 5

По окончании полного сгорания алкана смесь состоит из углекислого газа, воды и кислорода. Вода при ст. условиях – жидкость. Значит, в конечной смеси имеются два газа – кислород и углекислый газ. Найдем процентное содержание углекислого газа и кислорода в конечной смеси в объемных процентах.

Пусть процентное содержание кислорода равно x , тогда

$$\frac{32x + 44(100 - x)}{100} = 19 \cdot 2 = 38 \text{ (г/моль), отсюда}$$

$$\omega_{O_2} = \omega_{CO_2} = 50 \%$$

Предположим, что перед началом реакции был 1 моль смеси газов. Пусть $n(C_nH_{2n+2}) = y$ моль, тогда $n(O_2) = (1 - y)$ моль.

Составим уравнение реакции горения алкана:

	C_nH_{2n+2}	$\frac{3n+1}{2}$ + O_2	$=nCO_2$	$+(n+1)$ H_2O
Исх. кол-во вещ-в, моль	y	$1 - y$	0	
Кол-во прореагировавших вещ-в, моль	y	$(1,5n+0,5)y$		
Конечное кол-во вещ-в, моль	0	$1 - 1,5ny - 1,5y$	ny	

После реакции $n(O_2) = n(CO_2)$, следовательно,

$$1 - 1,5ny - 1,5y = ny$$

$$1 = 1,5y + 2,5ny$$

$$y = \frac{1}{2,5n + 1,5}$$

С другой стороны

$$\frac{M(\text{алкана}) \cdot n(\text{алкана}) + M(O_2) \cdot n(O_2)}{n(\text{алкана}) + n(O_2)}$$

$$= d_{H_2} \cdot M(H_2)$$

$$(14n + 2)y + 32(1 - y) = 33,34$$

$$14ny + 2y + 32 - 32y = 33,34$$

$$y(14n - 30) = 1,34$$

Подставив в это выражение значение для y, находим $n = 3$. Следовательно, алкан – пропан.

Область 2003-2004 учебный год

Условия заданий

ДЕСЯТЫЙ КЛАСС

Задача 10-1.

Навеску минерала германита массой 1,956г обожгли на воздухе. Газ, полученный при обжиге, был количественно поглощен 160 мл 0,05М подкисленного раствора $KMnO_4$. Масса твердого остатка составила 1,716 г. Другую навеску этого минерала массой 1,956 г обработали кипящей азотной кислотой и разбавили, получив при этом синий раствор и белый осадок массой 0,523 г. В состав минерала входят три элемента.

1. Определите состав минерала.

2. Напишите уравнения реакций обжига и с азотной кислотой. Напишите уравнение реакции газа с перманганатом.

3. Кто и когда открыл германий?

ЗАДАЧА 10-2.

Имеется углеводород C_6H_{12} , который:

- легко реагирует с бромом, особенно в присутствии $FeBr_3$;
- легко присоединяет HI ;
- гидрируется на никелевом катализаторе в 3-метилпентан;
- не реагирует на холоду с раствором $KMnO_4$

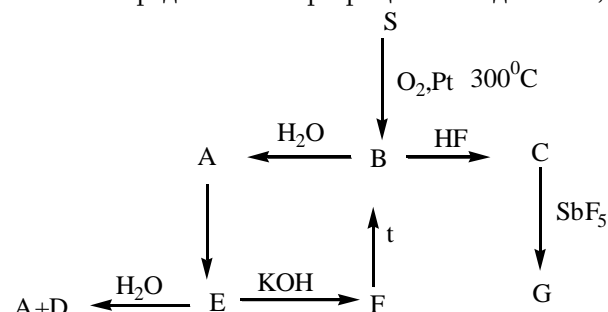
1. Определите углеводород.
2. Напишите уравнения реакций.
3. Напишите графические формулы соединений, получившихся в реакциях а, б, в.

ЗАДАЧА 10-3.

Слили раствор, содержащий 20г $NaOH$, и раствор, содержащий 29,4 г H_2SO_4 . После окончания реакции полученный раствор испарили при температуре, не превышающей $32^\circ C$, и получили твердый остаток А. Этот остаток А прокалили при $1 < 500^\circ C$ и его масса уменьшилась на 49,5% (остаток Б). Остаток Б прокалили при $t > 600^\circ C$ и потеря массы составила 4г. Определите массу и состав остатков А и Б. Напишите уравнения всех реакций.

ЗАДАЧА 10-1.

На схеме представлены превращения соединений, содержащих в себе серу:



Определите неизвестные вещества и напишите уравнения реакций, если:

- окисление серы происходит в присутствии платины, как катализатора.
- в результате электролиза концентрированного раствора А образуется кислота Е, гидролиз которой даст кислоты А и D.
- Е, D, F- сильные окислители
- При нейтрализации Е образуется малорастворимая соль, нагревание которой, помимо других продуктов, даёт В и соль кислоты А.
- С присоединяет SbF_5 с образованием одной из самых сильных кислот G.
- Превращение F в В происходит при температуре выше $600^\circ C$.

ЗАДАЧА 10-5.

При полном сгорании 12,84 г вещества В образовалось 8,1 л CO_2 (измеренного при температуре $25^\circ C$ и давлении 110 кПа), 2,16 г воды и 8,28 г карбоната калия. Вещество В можно получить щелочным гидролизом препарата А, широко используемого в медицине. В 35,55 мг вещества В содержится 10^{20} молекул.

1. Определите формулы веществ А и В.
2. Изобразите графические формулы, веществ А и В.
3. Какое тривиальное название имеет препарат А и для каких целей его назначают пациентам медики?
4. Напишите уравнение реакции получения В из А.

Решения.

Десятый класс.

Задача 10-1 (автор А.С.Белов)

Из названия минерала и вопросов задачи ясно, что минерал содержит германий. Газ, получившийся при обжиге минерала, обесцвечивающий перманганат калия – SO_2

Реакция



$$n(KMnO_4) = 0.16 \cdot 0.05 = 0.008 \text{ моль}$$

$$n(SO_2) = 0.02 \text{ моль}$$

SO_2 при обжиге минералов получается из сульфидов. Значит в состав германита входит сера.

При взаимодействии минералов с азотной кислотой обычно получают растворимые в воде соли.

Некоторые элементы, в частности германий, дают нерастворимые оксиды.

При обжиге германита массой 1,956 г. получается GeO_2 , масса которого составляет 0,523 г. и 0,02 моль SO_2 . Отсюда найдем массу неизвестного элемента (X) в навеске

$$m(\text{X}) = 1.956 - 0.363 - 0.64 = 0.953 \text{ г.}$$

$$n(\text{X}):n(\text{S}):n(\text{Ge}) = 0.953/M(\text{X}):0.64/32:0.363/72.6 = y:0.02:0.005 = 200y:4:1$$

Можно найти X методом перебора значений у

$200y=1$, тогда $M(\text{X})=190,6$ ближе всего осмий, но его нитраты и сульфаты не имеют окраски

$200y=2$, тогда $M(\text{X})=95,3$, ближе всего молибден, но его растворы бесцветны

$200y=3$, тогда $M(\text{X})=63,5$, медь, растворы нитратов и сульфатов которой имеют голубую окраску.

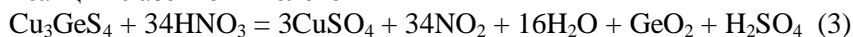
Брутто-формула минерала германита Cu_3GeS_4

Состав минерала $\text{CuS} \cdot \text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{GeS}_2$

Реакция обжига



Реакция с азотной кислотой



Винклер открыл германий в 1886 г.

Система оценок:

Уравнения реакций 1 и 2 – по 1 баллу

Уравнение 3 – 2 балла

Расчет количества SO_2 – 1 балл

Установление брутто-формулы минерала – 3 балла

Установление состава минерала – 1 балл

Открытие германия – 1 балл

ЗАДАЧА 10-2

Судя по брутто-формуле, углеводород может быть алкеном или циклоалканом. По свойству г) алкен отпадает – любой алкен обесцвечивает раствор KMnO_4 . Значит, циклоалкан. Но тогда по свойствам а) и б) мы имеем дело с малым циклом – с производным циклопропана или циклобутана.

В этом случае все решает свойство в) – при гидрировании, очевидно, с разрывом малого цикла, образуется единственный продукт, стало быть, молекула максимально симметрична. Из структурной формулы 3-метилпентана очевидно, что перемычка должна быть между атомами 2 и 4. Тогда исходный углеводород – 1,2,3-триметилциклопропан.

Продукты реакции также очевидны.

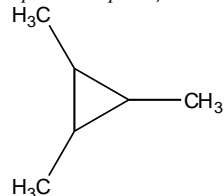
Система оценок:

Обоснование формулы C_6H_{12} – 2 балла

Графическая формула C_6H_{12} – 2 балла

Графические формулы продуктов 1-3 по 1 баллу

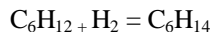
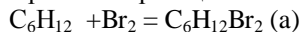
Уравнения реакций по 1 баллу



Продукты реакции также очевидны:

С бромом: (1) 2,4-дибром-3-метилпентан, С иодоводородом: (2) 2-иод-3-метилпентан, С водородом (3): 3-метилпентан

Уравнения реакций:



Система оценок:

Обоснование формулы C_6H_{12} – 2 балла

Графическая формула C_6H_{12} – 2 балла

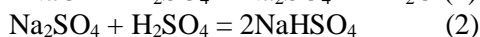
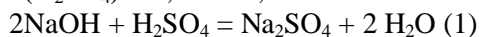
Графические формулы продуктов 1-3 по 1 баллу

Уравнения реакций по 1 баллу

Задача 10-3 (автор С.А.Круподер)

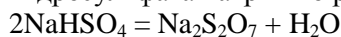
$$n(\text{NaOH}) = 20/40 = 0,5 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 29,4/98 = 0,3 \text{ моль}$$



По уравнению 1 в реакцию вступает 0,5 моль NaOH и 0,25 моль H_2SO_4 , значит, получилось 0,25 моль Na_2SO_4 и осталось 0,05 моль H_2SO_4 . В реакцию 2 вступают 0,05 моль H_2SO_4 и 0,05 моль Na_2SO_4 и образуется 0,1 моль NaHSO_4 . Таким образом, в получившемся растворе содержится 0,1 моль NaHSO_4 и $0,25 - 0,005 = 0,2$ моль Na_2SO_4

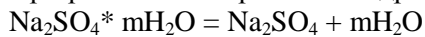
Прокаливание при относительно невысокой температуре $t < 500^{\circ}\text{C}$ должно приводить к разложению гидросульфата натрия по реакции



что дает потерю массы $n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 0,05 \cdot 18 = 0,9$ г, которая явно меньше указанной в условии цифры. Это, а также низкие температуры испарения раствора, позволяют заключить, что после испарения образуется кристаллогидрат. Примем массу остатка А за X, тогда

$$0,1 \cdot M(\text{NaHSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}) + 0,2 \cdot M(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot m\text{H}_2\text{O}) = X$$

При разложении кристаллогидрата сульфата натрия происходит реакция



При разложении кристаллогидрата гидросульфата натрия



Для сульфата натрия известен кристаллогидрат $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, тогда

Потеря в массе составила

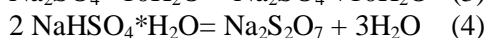
$$(2+0,1n+0,05) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 0,495X$$

$$36 + 1,8n + 0,9 = (12 + 1,8n + 64,4) \cdot 0,495 = 0,89n + 37,82$$

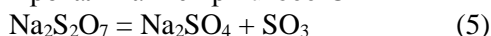
$$0,91n = 0,92$$

откуда $n=1$

Уравнения реакций



Прокаливание при $t > 600^{\circ}\text{C}$



Состав остатка А: $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ и $\text{NaHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

$$\text{Масса остатка А: } m = 0,2M(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) + 0,1M(\text{NaHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 0,2 \cdot 322 + 0,1 \cdot 138 = 78,2 \text{ г}$$

Система оценок

*За уравнения реакций 5*1 балл*

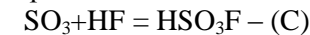
*За установление сульфата и гидросульфата 0.5балла*2*

За установление глауберовой соли 2 балла

За установление кристаллогидрата гидросульфата 2балла

Задача 10-4 (автор О.В.Чернов)

При окислении S на Pt при 300°C образуется SO_3 , тогда (B)- SO_3

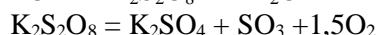
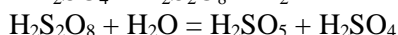
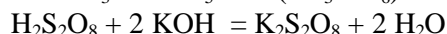
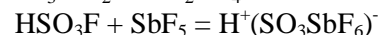
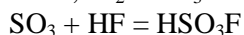
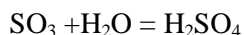
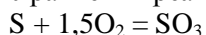


Понятно что (A) – H_2SO_4 . При электролизе концентрированного раствора H_2SO_4 образуется

пероксодисерная кислота $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$ – (E), в результате гидролиза которой образуется H_2SO_5 – (D).

Малорастворимая соль F – $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ при нагревании сначала отщепляет кислород с образованием $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$, а затем SO_3 с образованием K_2SO_4 . При взаимодействии HSO_3F с SbF_5 образуется кислота $\text{H}^+(\text{SO}_3\text{SbF}_6)^-$

Уравнения реакций:



Система оценок

За каждое верное вещество по (A,B,D,F) 0,5 балла

За каждую реакцию по 0,5 балла

За вещества E и C по 1 баллу

За молекулярную формулу G 1 балл

За формулу G 2 балла

Задача 10-5 (автор О.В.Архангельская)

1. Брутто-формула вещества В : $\text{C}_x\text{H}_y\text{K}_z\text{O}_i$ (0,25 балла)

$$(\text{CO}_2) = PV/RT = 110 \cdot 8,1/8,31 \cdot 298 = 0,36 \text{ моль} = n_1(\text{C})$$

$$(\text{H}_2\text{O}) = 2,16/18 = 0,12 \text{ моль} \rightarrow n(\text{H}) = 0,24$$

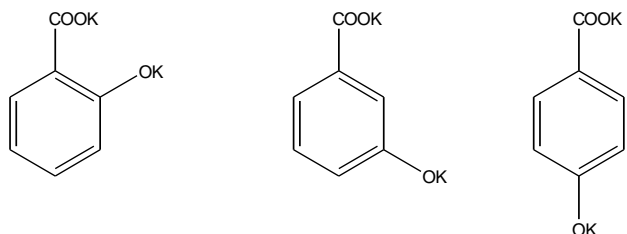
$$(\text{K}_2\text{CO}_3) = 8,28/138 = 0,06 \text{ моль} = n_2(\text{C}) \rightarrow n(\text{K}) = 0,12$$

$$n(\text{C}) = n_1(\text{C}) + n_2(\text{C}) = 0,36 + 0,06 = 0,42 \text{ моль}$$

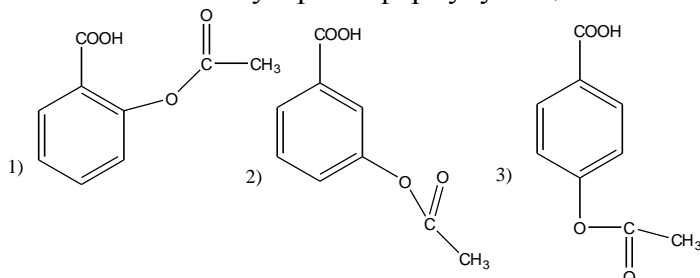
$$m(\text{O}) = 12,84 - 0,42 \cdot 12 - 0,24 - 0,12 \cdot 39 = 2,88 \quad n(\text{O}) = 2,88/16 = 0,18 \text{ моль}$$

$x:y:z:i = 0,42:0,24:0,12:0,18 = 7:4:2:3$, отсюда простейшая формула : $\text{C}_7\text{H}_4\text{K}_2\text{O}_3$. Предположим, что простейшая формула совпадает с истинной.

Высокое содержание углерода, наличие трех атомов кислорода и двух атомов калия дает возможность предположить, что молекула В имеет ароматическое кольцо с двумя заместителями –COOK и –OK. Итак формулой В может быть любой из трех изомеров:

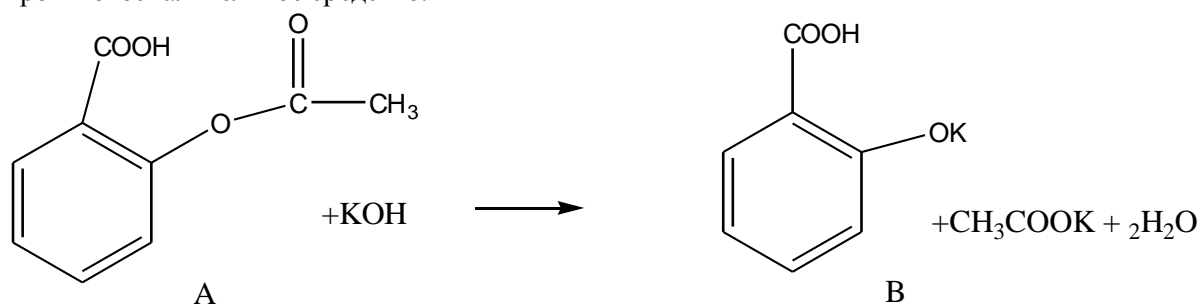


Исходя из того, что А превращается в В при щелочном гидролизе, можно изобразить возможные молекулярные формулы вещества А:



$M(A) = 29,9 \cdot 10^{-3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} / 10^{20} = 180 \text{ г/моль}$, что совпадает с молярной массой приведенных изомеров. Значит предположение о совпадении истинной и простейшей формулы вещества В подтверждено. Формула 1) отвечает формуле медицинского препарата аспирина (ацетилсалициловая кислота). То есть это и есть формула вещества А.

Аспирин (тривиальное название) применяется в медицине, как жаропонижающее или противовоспалительное средство.



10 класс

Задача 10-1. В опыте по определению теплоты сгорания этилацетата был сожжен образец массой m . После полного сгорания повышение температуры в калориметре составило $2,81^\circ$. В калибровочном опыте сожгли такой же по массе образец уксусной кислоты, при этом температура повысилась на $1,60^\circ$. Теплота сгорания $\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{ж}}$: $Q_{\text{сг}} = 208,84 \text{ ккал/моль}$.

1. Дайте определение теплоты сгорания. 2. Рассчитайте теплоту сгорания этилацетата. (При расчетах считать, что повышение температуры (ΔT) прямо пропорционально зависит от количества выделившейся теплоты $Q = K\Delta T$).

3. Напишите термохимические уравнения сгорания $\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{ж}}$ и $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5_{\text{ж}}$.

4. В другом опыте сожгли образцы одинаковой массы m двух изомеров трихлорэтана.

Энтальпия образования изомера (I) $\Delta_f H^\circ = -138,5 \text{ кДж/моль}$.

Энтальпия образования изомера (II) $\Delta_f H^\circ = -141,84 \text{ кДж/моль}$.

В каком случае повышение температуры в калориметре будет больше: при сгорании изомера (I) или изомера (II)? Ответ обоснуйте. Напишите уравнение реакции горения трихло-этана.

Считать, что при сгорании изомеров образуются одинаковые продукты.

5. Нарисуйте графические формулы и назовите изомеры трихлорэтана.

Задача 10-2. «Завтрак Ридера». До введения в практику рентгенологии желудка рентгеноконтрастного вещества А для этой цели по предложению немецкого исследователя Ридера использовали манную кашу с порошком металлического Б. Этот состав и получил название «завтрак Ридера». Однако он не обеспечивал хорошей контрастности рентгеновского снимка и не давал достаточно интенсивную тень. К тому же Б в организме частично переходит в соединения, которые в больших количествах ядовиты.

Вещество А, встречающееся в природе в виде минерала барита, не растворяется в разбавленных кислотах.

Металл Б растворяется только в разбавленной азотной кислоте и царской водке. В первом случае получается нитрат, а во втором - хлорид металла. В других кислотах и щелочах металл Б нерастворим.

1. Установите вещество А. Напишите реакцию взаимодействия А с углем при нагревании.
2. Установите металл Б, если массовая доля металла в соли, полученной при растворении металла в азотной кислоте составляет 52,91%.
3. Напишите реакцию взаимодействия металла Б с азотной кислотой и царской водкой.
4. Почему вещество А используют как рентгеноконтрастное вещество?

Задача 10-3. Зависимость константы скорости (k) химической реакции от температуры (Т) и энергии активации (E_a) выражается уравнением Аррениуса: $k = Ae^{-E_a/RT}$, А - предэкспоненциальный множитель, не зависящий от температуры, e - основание натурального логарифма, R - газовая постоянная. Используя данные таблицы:

Реакция	E _a кДж/моль		Катализатор
	Без катализатора	С катализатором	
C ₂ H ₄ + H ₂ = C ₂ H ₆	180	40	Платина (1)
		8	Медь на угле(2)

- ответьте на следующие вопросы:
1. Каково название реакции?
 2. Как называется механизм этой реакции?
 3. Дайте определение катализатора.
 4. Как называется вещество, уменьшающее скорость реакции?
 5. Какой из приведенных катализаторов эффективнее (в большее число раз ускоряет скорость химической реакции)? Дайте обоснованный ответ, не производя вычислений.
 6. Во сколько раз возрастет скорость химической реакции при использовании в качестве катализатора платины? (При Т = 25°C).
 7. Во сколько раз возрастет скорость химической реакции при использовании в качестве катализатора меди на угле? (При Т = 25°C).
 8. Зависит ли скорость реакции от количества взятого катализатора?

Задача 10-4. Навеску массой 4,46 г, состоящую из смеси двух металлов, один из которых хром, сожгли в избытке кислорода. Увеличение массы в результате реакции составило 1,6 г. Другую такую же навеску полностью растворили в растворе соляной кислоты, в результате чего выделилось 1467 мл водорода (25°C, нормальное давление). 1. Определите неизвестный металл и его массовую долю в смеси. Обоснуйте однозначность решения. 2. Напишите уравнения указанных реакций.

Задача 10-5.

Кристаллическая решетка –математическая абстракция -регулярное периодическое расположение точек (узлов) в пространстве.

Большинство твердых веществ находятся в кристаллическом состоянии. Кристаллы - твердые вещества, характеризующиеся упорядоченным расположением в пространстве ионов, атомов или молекул. Расположение атомов, молекул или ионов в кристалле можно описывать на основе представления о кристаллической решетке.

Кристаллическая решетка построена из повторяющихся одинаковых структурных единиц - элементарных ячеек (ЭЯ), индивидуальных для каждого кристалла.

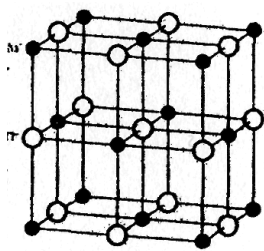


Рис.1.

Каждый ион натрия окружен 6 хлорид-ионами, а каждый хлорид-ион окружен 6 ионами натрия, т.е. $KЧ(Na^+) = KЧ(Cl^-) = 6$.

Имеется прямая связь между ЭЯ и стехиометрией соединения. Известно, что стехиометрическая формула хлорида натрия - $NaCl$. Следовательно, в ЭЯ соотношение числа атомов натрия и хлора должно быть 1:1.

На первый взгляд это не так. Для расчета стехиометрического состава по ЭЯ необходимо учитывать, что в кристаллической решетке много повторяющихся ЭЯ, соприкасающихся гранями, ребрами и вершинами. Поэтому

- ион в вершине куба обобществляется 8 ЭЯ.
- ион на грани куба обобществляется 4 ЭЯ.
- ион в центре грани куба обобществляется 2 ЭЯ.
- ион в центре куба принадлежит только данной ЭЯ.

В данной кристаллической решетке: $N(Na^+) : N(Cl^-) = (12 \cdot 1/4 + 1) : (8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2) = 4 : 4 = 1 : 1$.

1. Какие из перечисленных веществ имеют кристаллическое строение: железо, белый фосфор, сульфат бария, стекло, графит? 2. Определите координационные числа Cs^+ и Cl^- в элементарной ячейке кристаллической решетки хлорида цезия (рис.2).

3. Покажите, что отношение $Cs : Cl$ равно 1:1.

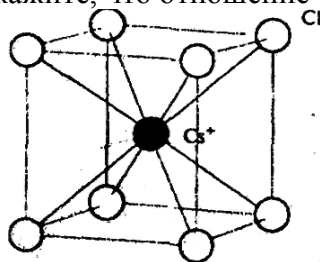


Рис.2.

Задача 10-6. Соединение А (формула $C_7H_6O_2$) плохо растворяется в воде, но хорошо растворяется в водном растворе гидроксида натрия с образованием соли Б (формула $C_7H_5O_2Na$). В результате взаимодействия соли Б с бромной водой было выделено соединение В, в котором массовая доля брома составляет 64,0%. Восстановлением 6,1 г соединения А водородом на платиновом катализаторе при $20^\circ C$ получено 5,4 г соединения Г.

1. Установите формулу соединения А. Решение обоснуйте.
2. Напишите уравнение реакции А со щелочью и укажите вещество Б.
3. Напишите реакцию вещества Б с бромной водой в общем виде и установите формулу вещества В.
4. Определите выход в реакции получения вещества Г.
5. Изобразите структурные формулы веществ А, Б, В и Г.

Решения.

Задача 10-1. (Автор - Копылов Н. С). 1. Теплота сгорания - теплота, выделяющаяся при сгорании 1 моль индивидуального вещества при стандартных условиях. В случае, если топливо имеет сложный состав (древесина, газ, нефть) тепловой эффект приводят на 1 кг или $1 м^3$.

2. В результате сгорания навески $CH_3COOC_2H_5$ ($AcOEt$) выделилась теплота

$$Q_1 = \frac{Q_{сг}(AcOEt) \cdot m}{M(AcOEt)} = K \Delta T_1,$$

где $Q_{сг}$ - искомая теплота сгорания $AcOEt$.

При сгорании CH_3COOH ($AcOH$) выделилась теплота:

$$Q_1 = \frac{Q_{\alpha}(\text{AcOH}) \cdot m}{M(\text{AcOH})} = K \Delta T_2.$$

Выражая из этого равенства K :

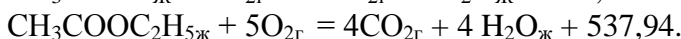
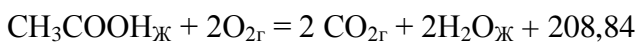
$$K = \frac{Q_{\alpha}(\text{AcOH}) \cdot m}{M(\text{AcOH}) \cdot \Delta T_2}$$

и подставляя в первое, получаем:

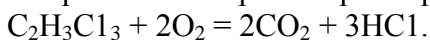
$$\frac{Q_{\alpha}(\text{AcOEt})}{M(\text{AcOEt})} = \frac{Q_{\alpha}(\text{AcOH}) \cdot \Delta T_1}{M(\text{AcOH}) \cdot \Delta T_2}$$

или

$$Q_{\alpha}(\text{AcOEt}) = \frac{Q_{\alpha}(\text{AcOH}) \cdot M(\text{AcOEt}) \cdot \Delta T_1}{M(\text{AcOH}) \cdot \Delta T_2} = \frac{208,84 \cdot 88 \cdot 2,81}{60 \cdot 1,6} = 537,94 \text{ ккал / моль.} \quad 3.$$



4. Уравнение сгорания трихлорэтана:



При сгорании изомеров образуются одинаковые вещества в одинаковых количествах, поэтому величина теплоты сгорания определяется величиной энтальпии образования изомеров:

$$\Delta H_{\text{сг}} = 2\Delta_f H(\text{CO}_2) + 3\Delta_f H(\text{HCl}) - \Delta_f H(\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}_3)^1$$

или

$$Q_{\text{сг}} = 2Q_{\text{обр}}(\text{CO}_2) + 3Q_{\text{обр}}(\text{HCl}) - Q_{\text{обр}}(\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}_3).$$

¹ Возможно образование и других продуктов сгорания, например, COCl_2 , C_1Cl_2 .

Для изомера (I) теплота сгорания будет выше, т.е теплота образования его меньше, а, значит, больше повышение температуры, чем для изомера (II).

5. $\text{CHCl}_2\text{-CH}_2\text{Cl}$ - 1,1,2-трихлорэтан,

$\text{CHCl}_3\text{-CH}_3$ - 1,1,1 -трихлорэтан.

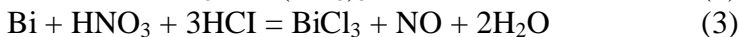
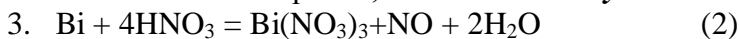
Задача 10-2. (Автор - Лебедева О. К.). 1. Из названия минерала следует, что в его состав входит барий. По химическим свойствам из условия задачи, следует, что A - *сульфат бария*.



2. Установите металл B по его массовой доле в нитрате:

валентность	1	2	3	4
Металл	Ga	-	Bi	-

У галлия при взаимодействии с азотной кислотой получают нитраты в более высокой степени окисления. Таким образом, металл B - *висмут*.



4. Использование сульфата бария в качестве рентгеноконтрастного вещества основано на его способности поглощать рентгеновское и гамма излучение.

Задача 10-3. (Автор - Архангельская О. В.). 1. Реакция гидрирования

2. Реакция электрофильного присоединения (A_E).

3. Катализатор - вещество, изменяющее скорость химической реакции или вызывающее ее, но не входящее в состав продуктов (Химическая Энциклопедия).

4. Ингибитор.

5. E , реакции с использованием меди на угле меньше E , реакции с использованием платины. Поэтому, согласно уравнению Аррениуса, эффективнее медь на угле.

$$6. \quad k = Ae^{-E_a/RT} \quad k_1 = Ae^{-E_{a,1}/RT} \quad \frac{k_1}{k} = e^{\frac{1}{RT}(E_{a,1}-E_a)} = e^{\frac{180000-40000}{8,31 \cdot 298}} = 3,50 \cdot 10^{24}$$

$$7. \quad \frac{k_1}{k} = e^{\frac{1}{RT}(E_{a,1}-E_a)} = e^{\frac{180000-8000}{8,31 \cdot 298}} = 1,46 \cdot 10^{30}$$

8. Ответы «да» или «нет» - неправильные. Скорость химической реакции будет зависеть от количества катализатора только в том случае, когда будет изменяться площадь поверхности катализатора. А это может произойти и при увеличении, и при уменьшении, и без изменения количества катализатора

Хром вступает в следующие реакции:



Для второго компонента смеси запишем реакции в общем виде:



$$n(\text{O}_2) = \frac{1,6}{32} = 0,05 \text{ (моль)},$$

$$n(\text{H}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{101,325 \cdot 1,467}{8,314 \cdot 298} = 0,06 \text{ (моль)}.$$

Предположим, что степень окисления второго металла в Me_2O_x и MeCl_y

одинаковая

Составим систему уравнений, выражающих $n(\text{O}_2)$ и $n(\text{H}_2)$ через количества и валентности металлов (см. уравнения 1-4):

$$\begin{cases} n(\text{O}_2) = \frac{3}{4}n(\text{Cr}) + \frac{x}{4}n(\text{Me}) = 0,05 \\ n(\text{H}_2) = n(\text{Cr}) + \frac{y}{2}n(\text{Me}) = 0,06 \end{cases}$$

Решая систему относительно $n(\text{Cr})$, получаем $n(\text{Cr}) = 0,08$ (моль).

Выходит, что количество хрома превышает количество водорода. Это невозможно, поэтому остается принять, что второй металл, подобно хрому, в реакциях (3-4) проявляет разные степени окисления ($x \neq y$, точнее $x > y$, поскольку кислород - более сильный окислитель, чем соляная кислота).

$$\begin{cases} n(\text{O}_2) = \frac{3}{4}n(\text{Cr}) + \frac{x}{4}n(\text{Me}) = 0,05 \\ n(\text{H}_2) = n(\text{Cr}) + \frac{y}{2}n(\text{Me}) = 0,06 \\ m(\text{смеси}) = 52 \cdot n(\text{Cr}) + M(\text{Me}) \cdot n(\text{Me}) = 4,46 \end{cases}$$

Из системы уравнений можно выразить искомые величины через параметры x и y :

$$n(\text{Cr}) = \frac{0,12x - 0,2y}{2x - 3y}, \quad n(\text{Me}) = \frac{0,04}{2x - 3y},$$

$$M(\text{Me}) = \frac{4,46 \cdot (2x - 3y) - 52 \cdot (0,12x - 0,2y)}{0,04} = 67x - 7,3y.$$

Перебор различных значений x и y приводит к следующим результатам (в таблице приведены значения молярной массы металла):

X \ Y	2	3	4	5	6	7	8
1	59,5 (Co-Ni)	126, 5 I	193, 5 (Ir-Pt)	260, 5 (Lr-Rf)	327, 5 ?	394, 5 ?	461, 5 I
2	-	-	119 (Sn)	186 (Re)	253 (Es-Fra)	320 ?	387 ?
3	-	-	-	111, 5 (Ag-Cd)	178, 5 (Hf)	245, 5 (Pu-Cm)	312, 5 ?
4	-	-	-	-	104 (Rh-Pd)	171 (Tm-Yb)	238 (U)

В полях с прочерком задача не имеет положительных конечных решений. Формально x может принимать и дробные значения (в случае смешанных оксидов, таких как $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3$), однако поиск подобных решений не приводит к разумным результатам. Единственный приемлемый вариант - олово. Другие найденные элементы не проявляют приписанных им степеней окисления в указанных химических реакциях или вообще не являются металлами. К тому же большинство из них столь экзотичны, что вряд ли кто-нибудь будет смешивать их с хромом.

Уравнения реакций с участием олова:



При высокой избыточной концентрации соляной кислоты образуются комплексные ионы $[\text{SnCl}_4]^{2-}$

Количество вещества и массовая доля олова в смеси:

$$n(\text{Sn}) = \frac{0,04}{2x - 3y} = \frac{0,04}{2 \cdot 4 - 3 \cdot 2} = 0,02 \text{ (моль)},$$

$$\omega(\text{Sn}) = \frac{0,02 \cdot 119}{4,46} = 0,5336.$$

Задача 10-5 (Автор— Тюльков И. А.). 1. Кристаллическое строение имеют железо, белый фосфор, сульфат бария и графит. Железо имеет металлическую кристаллическую решетку, белый фосфор - молекулярную, сульфат бария - ионную, графит - атомную. Стекло является аморфным веществом².

2. Из рис. 2 условия видно, что ион цезия окружен 8 ионами хлора, следовательно, $K_4(\text{Cs}^+) = 8$. Если продолжить рисовать кристаллическую решетку хлорида цезия, то можно увидеть, что каждый хлорид-ион окружен 8 ионами цезия (см. рис. 1):

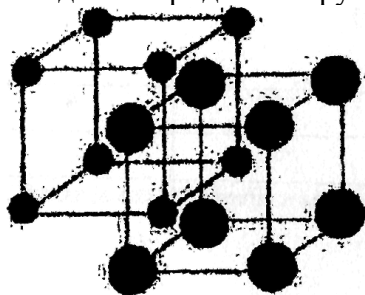


Рис. 1

Таким образом, $K_4(\text{Cl}^-) = 8$.

3. В кристаллической решетке CsCl $N(\text{Cs}^+):N(\text{Cl}^-) = 1: (8 \cdot 1/8) = 1: 1$

Задача 10-6 (Автор - Теренин В. И.). 1. Установим формулу вещества А:

- Практически равное число атомов углерода и водорода в молекуле и плохая растворимость вещества А в воде говорит о том, что А - ароматическое соединение. Любые неароматические структуры (циклические и нециклические) исходного соединения следует исключить, т.к. содержание брома в продуктах реакции таких соединений с бромной водой будет значительно больше

- По условию задачи, вещество А реагирует с водным раствором гидроксид натрия, значит в веществе имеется карбоксильная и (или) гидроксильная группы или фенольный гидроксил.

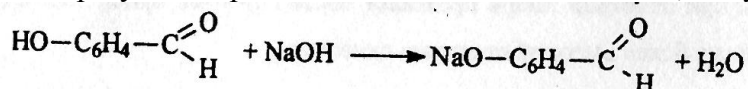
² *Аморфное состояние - твердое состояние вещества, характеризующееся изотропией физических свойств, обусловленной неупорядоченным расположением атомов и молекул. В отличие от кристаллического состояния переход из твердого аморфного состояния в жидкое происходит постепенно*

- В результате этого взаимодействия образуется соль Б, при этом только один водород, замещается на атом натрия ($C_7H_6O_2 \rightarrow C_7H_5O_2Na$).

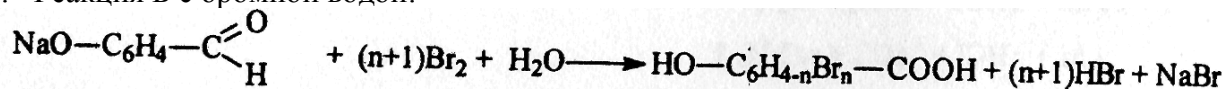
- С бромной водой при обычных условиях из ароматических соединений реагируют только фенол, анилин или их соли. Значит, вещество Б - натриевая соль замещенного фенола. Причем, исходя из бруттоформулы А, заместителем является альдегидная группа.

- Итак, формула вещества А - $HO-C_6H_4-CHO$.

2. В результате реакции вещества А со щелочью, получается вещество Б и вода:

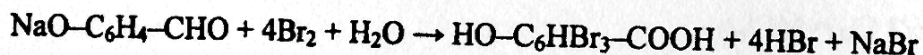


3. Реакция Б с бромной водой:



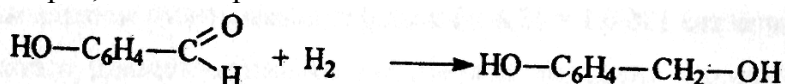
$$M(HO-C_6H_{4-n}Br_n-COOH) = 138 + 79n \quad 80n/(138 + 79n) = 0,64, \text{ отсюда } n = 3, \text{ фор-}$$

мула вещества В - $HO-C_6HBr_3-COOH$



4.

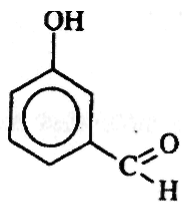
Реакция А с водородом при данных в задаче условиях - это восстановление альдегида до спирта, т.е. до образования вещества Г:



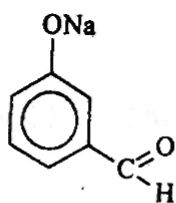
$M(HO-C_6H_4-CHO) = 122 \text{ г/моль}$, $M(HO-C_6H_4CH_2OH) = 124 \text{ г/моль}$

При 100% выходе из 6,1 г вещества А получилось бы $6,1 \cdot 124/122 = 6,2 \text{ г}$ вещества Г. Отсюда выход вещества Г равен $5,4/6,2 = 0,871 = 87,1 \%$

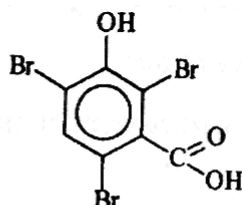
5. В веществе А группы располагаются в мета-положении, относительно друг друга, т.е. А - метагидроксибензальдегид. Только в этом случае в бензольном кольце могут заместиться ТРИ атома водорода на ТРИ атома брома. Отсюда графические формулы веществ:



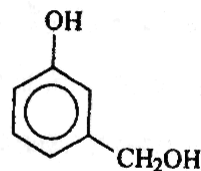
А



Б



В



Г

СИСТЕМА ОЦЕНОК

Задача 10-1.

Определение теплоты сгорания		1 балл
Расчет теплоты сгорания		4 балла
Термохимические уравнения	2-0,5	1 балл
Уравнение сгорания трихлорэтана		1 балл
Оценка ΔT		1 балл
Строение и название изомеров	2-1	2 балла
Итого за задачу		10 баллов

Задача 10-2.

Установление вещества А		2 балла
Уравнение 1		1 балл
Установление металла Б		4 балла
Уравнение 2 и 3	2·1	2 балла
Использование А		1 балл
Итого за задачу		10 баллов

Задача 10-3.

Вопрос 1	0,5 балла
Вопрос 2	1 балл
Вопрос 3	1 балл
Вопрос 4	0,5 балла
Вопрос 5	2 балла
Вопрос 6	2 балла
Вопрос 7	2 балла
Вопрос 8	1 балл
Итого за задачу	10 баллов

Задача 10-4. Уравнения реакций хрома с кислородом и кислотой	2·1	2 балла
Расчет количества водорода и кислорода	2·0,5	1 балл
Установление олова и обоснование выбора олова		5 баллов
Уравнения реакций олова с кислородом и кислотой	2-1	2 балла
Итого за задачу		10 баллов

Задача 10-5. Определение веществ, имеющих кристаллическое строение (4*1 балл) 4 балла

Определение координационного числа Cs^+		2 балла
Определение координационного числа Cl^-		2 балла
Выведение стехиометрии $CsCl$		2 балла
Итого за задачу		10 баллов

Задача 10-6.

Уравнение реакции А со щелочью		1 балл
Уравнение реакции Б с бромной водой		1
Расчет выхода вещества Г		1
Структурные формулы А - Г (4*1)		4
Установление и обоснование А		1
Установление Б		2
Итого за задачу		10 баллов