

ЗАДАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА

заключительного этапа

олимпиады школьников Северо-Кавказского федерального университета

«45 Параллель» по химии 2023-2024 года

8 Класс

Задание 1.

Смесь двух термически неустойчивых оксидов металлов поместили в пробирку, закрепленную в лапке штатива вертикально, и осторожно нагрели до прекращения выделения газа. После охлаждения в пробирке собралась тяжелая серебристая жидкость массой 11,13 г. Сильное нагревание этой жидкости в открытой пробирке привело к уменьшению массы содержимого до 1,08 г, при этом количество вещества в пробирке уменьшилось в 6 раз.

1. Установите качественный и количественный состав (в масс. %) исходной смеси оксидов. Ответ подтвердите расчетами.
2. Приведите еще три способа получения газа, образовавшегося при нагревании смеси оксидов

Решение:

1. Газ, образующийся при разложении оксидов – очевидно, кислород. Остаток после разложения оксидов – по всей видимости, металлы, их образующие. Жидкий при стандартных условиях металл, образующий сплавы (в том числе, и жидкие) с другими металлами – ртуть. Таким образом, одним из оксидов, подвергнутых разложению, являлся оксид ртути (II), HgO.

При нагревании ртуть довольно легко переходит в газообразное состояние. Значит, 1,08 г – это масса второго металла, образовавшегося при разложении смеси оксидов. Поскольку при удалении ртути из смеси количество вещества уменьшается в 6 раз, то $\nu(\text{металла}) : \nu(\text{Hg}) = 1 : 5$

$$\nu(\text{Hg}) = (11,13 - 1,08) / 201 = 0,05 \text{ моль} \Rightarrow \nu(\text{металла}) = 0,05 / 5 = 0,01 \text{ моль}$$

$$M(\text{металла}) = 1,08 / 0,01 = 108 \text{ г/моль} - \text{это Ag.}$$

Таким образом, исходная смесь оксидов содержала HgO и Ag₂O.

$$\nu(\text{HgO}) = \nu(\text{Hg}) = 0,05 \text{ моль} \Rightarrow m(\text{HgO}) = 0,05 \times 217 = 10,85 \text{ г}$$

$$\nu(\text{Ag}_2\text{O}) = \frac{1}{2} \nu(\text{Ag}) = 0,005 \text{ моль} \Rightarrow m(\text{Ag}_2\text{O}) = 0,005 \times 232 = 1,16 \text{ г}$$

$$\omega(\text{HgO}) = 10,85 / (10,85 + 1,16) = 0,903 \text{ или } 90,3\% \Rightarrow \omega(\text{Ag}_2\text{O}) = 9,7\%$$

За определение ртути в качестве одного из металлов, образующих оксид – 3 балла

Расчетное определение серебра как второго металла – 5 балла

Верное нахождение массы оксида ртути (II) – 2 балла

Верное нахождение массы оксида серебра – 4 балла

Верное вычисление массовой доли – 3 балла

За каждый разумный способ получения кислорода – по 1 баллу

Максимальный балл за задачу – 20 баллов

Задание 2.

Очень тяжёлый газ **X** образуется при взаимодействии двух простых веществ, **Y** и **Z**, взятых в мольном соотношении 1:24. Он тяжелее воздуха в 5 с небольшим раз, а массовая доля одного из элементов в нём примерно равна 22 %. Газ **X** – очень инертный, он не реагирует ни с кислородом, ни с водой, ни с кислотами, ни со щелочами, но способен взаимодействовать с сильными восстановителями. С активными металлами **X** вступает в реакцию замещения, а реакция **X** с сероводородом даёт простое вещество **Y** и газ, который почти в 1,5 раза легче воздуха.

1. Определите молекулярную формулу газа **X**. Составьте его структурную формулу.
2. Запишите уравнения реакции синтеза **X** и его реакций с литием и с сероводородом.

Решение и критерии оценивания:

1. Начнём с молярной массы: $M(\text{X}) \approx 5 \cdot 29 = 145$ г/моль. Масса одного из элементов в моле **X**: $145 \cdot 0,22 \approx 32$ г. Можно предположить, что это – сера. Тогда оставшиеся 113 г приходятся на долю второго элемента. Небольшим перебором легко убедиться, что это – фтор, а формула газа – SF_6 ($M = 146$ г/моль).

7 баллов

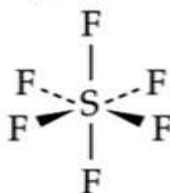
(из них – 1 балл за примерную молярную массу)

Проверка:

$$D_{\text{возд.}}(\text{SF}_6) = 146 / 29 = 5,03 \approx 5.$$

$$\omega(\text{S}) = 32 / 146 = 0,219 \approx 0,22 = 22 \%$$

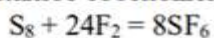
Структурная формула SF_6 :



1 балл

2. Уравнения реакций.

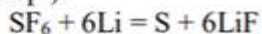
1) Мольное соотношение 1 : 24 требует записать формулу серы как S_8 :



4 балла

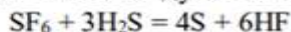
(1 балл за уравнение с формулой S)

2) Реакция замещения приводит к образованию простого вещества – это сера (не фтор!):



4 балла

3) При восстановлении SF_6 сероводородом образуются сера (вещество **Y**) и HF, который легче воздуха почти в 1,5 раза ($M(\text{возд.}) / M(\text{HF}) = 29 / 20 = 1,45 \approx 1,5$):



4 балла

(здесь писать формулу S_8 не требуется)

Всего за задачу – 20 баллов.

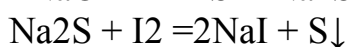
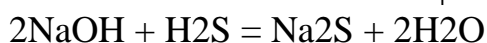
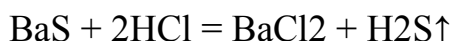
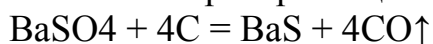
Задание 3.

Для получения растворимых солей бария используют природный минерал барит, состоящий в основном из сульфата бария. Тонко измельчённый минерал смешивают с коксом и нагревают в течение некоторого времени при

температуре около 900 °С. При этом образуются два продукта: твёрдое вещество и газ, горящий на воздухе голубым пламенем. После охлаждения твёрдого продукта реакции его растворяют в разбавленной соляной кислоте. Растворение сопровождается выделением бесцветного газа, который можно поглотить раствором едкого натра до получения средней соли. При добавлении к полученной соли раствора иода выделяется осадок, приобретающий при стоянии желтоватый цвет. Запишите уравнения всех описанных химических процессов.

Решение:

Решение и критерии оценивания:



Каждое уравнение – 4 балла (1 балл, если правильные вещества, но неверные коэффициенты) Всего за задачу – 20 баллов.

Задание 4.

Гитарные струны часто делают из бронзы. Бронза — это сплав из меди (80 % по массе) и олова. Считая, что гитарная струна весит примерно 10 г, рассчитайте число атомов меди и олова в ней. Какой длины станет такая струна, если её вытянуть до толщины в один атом? Радиусы атомов меди и олова считайте равным $1,5 \cdot 10^{-10}$ м.

Решение

В струне массой 10 г

a. 8 г меди и 2 г олова (3 балла)

b. $8/64=0,125$ моль меди и $2/119=0,0168$ моль олова (2*1 балл = 6 балла)

c. Таким образом, число атомов меди равно $0,125 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 7,525 \cdot 10^{22}$, а олова $0,0168 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,011 \cdot 10^{22}$ (2*1балл = 6 балла)

d. Длина равна Общее число атомов, т.е. $8,536 \cdot 10^{22}$ (1 балл) умножить на радиус атома и на 2 (т.е. на диаметр) $3 \cdot 10^{-10}$ м, получится $25,608 \cdot 10^{12}$ м (5 балл)

Итого 20 баллов

ЗАДАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА

заключительного этапа

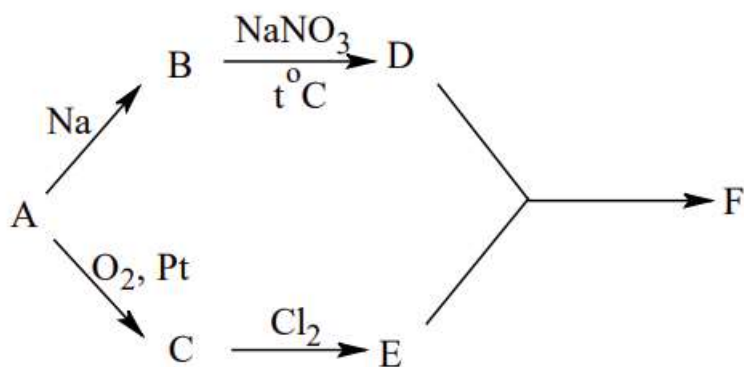
олимпиады школьников Северо-Кавказского федерального университета

«45 Параллель» по химии 2023-2024 года

9 Класс

Задание 1.

Необычное бинарное соединение **F** было выделено в твёрдом виде только в 1993 году. Данное вещество образуется при взаимодействии твёрдого бинарного вещества **D** ($\omega(\text{Na}) = 35,38\%$) и газообразного вещества **E**. Схема синтеза **F** из вещества **A** ($\rho_{\text{н.у.}} = 0,759 \text{ г/л}$), объёмы производства которого достигают двухсот млн. тонн, приведена на схеме ниже:



- 1) Определите все зашифрованные вещества. Для веществ **A** и **D** приведите необходимый расчёт.
- 2) Напишите уравнения реакций (5 реакций).
- 3) Как называется вещество **F**.
- 4) Приведите структурную формулу вещества **F**.

Решение:

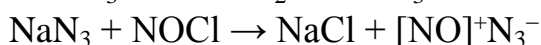
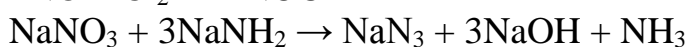
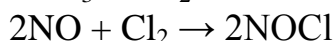
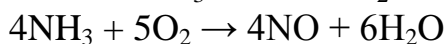
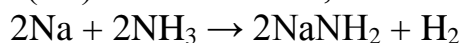
1-2) Уравнения реакций и вещества:

A	B	C	D	E	F
NH ₃	NaNH ₂	NO	NaN ₃	NOCl	NON ₃ (N ₄ O)

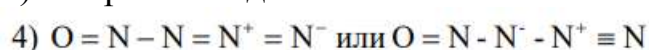
Проверка:

$$M(\text{A}) = 0,759 \times 22,4 = 17 \text{ г/моль}$$

$$\omega(\text{Na})\text{D} = 23/65 = 35,38\%$$



3) Нитрозилазид



Критерии оценивания:

За каждое уравнение – 1 балл (без верных коэффициентов – 0,5 балла)

За каждое вещество А – F – 2 балла (если А и D не подтверждены расчётом, за эти два вещества – 0 баллов)

Название – 1 балл

Структура – 2 балла

Итого: 20 баллов

Задание 2.

Образец бесцветного газа Y разделили на две равные части. При пропускании первой части через избыток раствора нитрата свинца выпадает желтый осадок массой 78,37 г. Вторую часть смешали с бесцветным газом X, при этом объемные доли компонентов полученной смеси оказались равны, а массовая доля газа X составила 1/3.

1. Определите вещества X и Y, учитывая, что оба газа окрашивают раствор лакмуса в красный цвет. 2. Определите массу осадка, полученного при пропускании полученной газовой смеси через избыток известковой воды. Приведите в ответе уравнения всех описанных в задаче реакций.
3. Напишите не более 2 уравнений химических реакций, приводящих к получению газа X, и не более 2 уравнений химических реакций, иллюстрирующих его химические свойства.

Решение

1. Газ Y по описанию химических свойств - иодоводород, осадок - иодид свинца. (3 балла) Если объемные веществ в смеси равны, а массовая доля вещества Y вдвое больше, то молярная масса X вдвое меньше, чем у иодоводорода (2 балла), и составляет $128/2 = 64$ г/моль. (1 балл) Количества вещества газов при этом равны. Так как реакция иодоводорода с известковой водой к образованию осадка не приводит, то реагирует с образованием осадка именно газ X, скорее всего с кислотными свойствами (1 балл). По описанию и молярной массе подходит сернистый газ SO₂. (2 балла, всего за вывод формулы X с логичным обоснованием 6 баллов)

2. $2\text{HI} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbI}_2 + 2\text{HNO}_3$ (1 балл)

$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (1 балл)

$\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{HI} \rightarrow \text{CaI}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (1 балл)

$n(\text{PbI}_2) = 78,37/461 = 0,17$ моль, тогда $n(\text{HI}) = 0,34$ моль (1 балл) так как объемные доли равны, то $n(\text{SO}_2) = 0,34$ моль. (1 балл) $n(\text{CaSO}_3) = n(\text{SO}_2) = 0,34$ моль (1 балл) $m = 0,34 \cdot 120 = 40,8$ г (1 балл) 3. Засчитываем любые два первых написанных и имеющие химический смысл уравнений по каждому из пунктов (получение и свойства), допустим $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$ $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ $\text{SO}_2 + \text{CaO} \rightarrow \text{CaSO}_3$ Каждое уравнение 1 балл, всего 4 балла (2 балла за реакции получения, 2 балла за иллюстрацию свойств).

Итого: 20 баллов

Задание 3.

В древнегреческой литературе часто встречается сплав с таинственным названием орихалк. Из этого жёлтого «испускавшего огнистое блистание» металла были сделаны стены акрополя Атлантиды и щит Геракла. Сегодня многие учёные уверены, что этот легендарный металл существовал на самом деле. Выдвигается много различных гипотез, и согласно одной из самых популярных орихалк является сплавом двух металлов, встречающимся, как было открыто в конце XX века, и в виде самородков. Большой знаток древнегреческих мифов Петя решил экспериментально установить состав орихалка. Для этого он растворил 2 грамма сплава в концентрированной азотной кислоте. Сплав растворился без осадка, при этом выделилось 1,4 литра газа (реакции 1,2). Затем он добавил к раствору избыток щёлочи, в результате чего из раствора выделился осадок голубого цвета (реакции 3,4). Петя отделил этот осадок от раствора, прокалил (реакция 5) и взвесил. Масса вещества после прокаливания оказалась равной 2 граммам. Приливая к оставшемуся раствору соляную кислоту, Петя наблюдал выпадение белого осадка (реакция 6) и последующее его растворение (реакция 7).

1) Помогите Пете узнать возможный состав легендарного древнегреческого сплава. Определите двухвалентные металлы, входящие в состав сплава, и их массовые доли.

2) Запишите уравнения всех перечисленных реакций.

3) Как сегодня называется сплав, состоящий из определённых вами металлов?

Решение

1) Зная, что оба металла являются двухвалентными, мы можем записать реакции 1 и 2 в виде $M + 4 HNO_3 = M(NO_3)_2 + 2 H_2O + 2 NO_2$. Зная, что выделилось 1,4л газа, мы можем определить, что выделилось $1,4/22,4 = 0,0625$ моль NO_2 , значит растворилось $0,0625/2=0,03125$ моль двух металлов. При добавлении щелочи выделился осадок голубого цвета, что указывает на медь: $Cu(NO_3)_2 + 2 NaOH = Cu(OH)_2 + 2 NaNO_3$. После прокаливания ($Cu(OH)_2 = CuO + H_2O$) масса оксида меди оказалась равной 2г. Считая, что вся медь из сплава перешла в оксид, получим, что меди было $2г/79,55г/моль = 0,02514$ моль $\Rightarrow 0,02514$ моль $\cdot 63,55г/моль = 1,6г$. Тогда второго металла было 0,4г и $0,03125 - 0,02514 = 0,00611$ моль. Тогда его молярная масса равна $0,4г/0,00611г/моль = 65,4г/моль$, что соответствует цинку. В таком случае массовая доля меди составляет $1,6г/2г = 80\%$, цинка – 20%. (3 балла)

2) $Cu + 4 HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2 H_2O + 2 NO_2$ (2 балла)

$Zn + 4 HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2 H_2O + 2 NO_2$ (2 балла)

$Cu(NO_3)_2 + 2 KOH = Cu(OH)_2 + 2 KNO_3$ (2 балла)

$Zn(NO_3)_2 + 4 KOH = K_2[Zn(OH)_4] + 2 KNO_3$ (2 балла)

$Cu(OH)_2 = CuO + H_2O$ (2 балла)

$K_2[Zn(OH)_4] + HCl = 2 KCl + Zn(OH)_2$ (2 балла)

$Zn(OH)_2 + 2 HCl = ZnCl_2 + 2 H_2O$ (2 балла)

3) Латунь (3 балла)

Итого: 20 баллов

Задание 4.

Химический элемент образует два газообразных оксида. Один из них при объеме 11,2 л (н.у.) имеет массу 22 г, объемная доля этого газа в воздухе 0,04%. Второй газообразный оксид ядовит, предельно допустимая концентрация (ПДК) этого газа в воздухе 30 мг/м³. Масса одной молекулы второго газа составляет $4,651 \cdot 10^{-26}$ кг.

- 1) Установите химические формулы газообразных оксидов и назовите их.
- 2) Сколько молекул первого оксида содержится а) в 1 л воздуха; б) в помещении площадью 10 м² и высотой 2,5 м?
- 3) Сколько молекул второго оксида может содержаться в 1 л воздуха в соответствии с его ПДК? Во сколько раз превышена ПДК, если в помещении площадью 10 м² и высотой 2,5 м находится $1,613 \cdot 10^{24}$ молекул этого газа.
- 4) Опишите роль данных газообразных оксидов в природе.
- 5) Напишите уравнения химических реакций образования, описанных в задании, оксидов из простых веществ и взаимного превращения их друг в друга.

Решение

1. Найдено количество вещества для первого газа $n(\text{газа}) = 11,2 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,5 \text{ моль}$

Найдена молярная масса первого газа $M(\text{газа}) = m/n = 22 \text{ г} / 0,5 \text{ моль} = 44 \text{ г/моль}$

Найдена молярная масса второго газа m (молекулы) = $4,651 \cdot 10^{-26} \text{ кг} = 4,651 \cdot 10^{-23} \text{ г/молекула}$
 $M = 4,651 \cdot 10^{-23} \text{ г/молекула} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ молекул/моль} = 28 \text{ г/моль}$

$M(\text{элемента}) = M(\text{газа}_2) - M(\text{O}) = 28 - 16 = 12 \text{ г/моль}$

Элемент — это С.

CO₂-первый оксид. Название (любое из представленных): углекислый газ, диоксид углерода, оксид углерода (IV)

CO –второй оксид. Название (любое из представленных): угарный газ, монооксид углерода, оксид углерода (II)

4 балла

2. Рассчитан объем CO₂ в 1л воздуха $V(\text{CO}_2) = \varphi \cdot V(\text{воздуха}) / 100\% = 0,04\% \cdot 1 \text{ л} / 100\% = 0,0004 \text{ л}$

Рассчитано количество вещества CO₂ в 1л воздуха $n(\text{CO}_2) = 0,0004 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 1,786 \cdot 10^{-5} \text{ моль}$

Рассчитано число молекул CO₂ в 1л воздуха $N(\text{CO}_2) = n \cdot N_A = 1,786 \cdot 10^{-5} \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ молекул/моль} = 1,075 \cdot 10^{19} \text{ молекул}$

Рассчитан объем воздуха в помещении $V(\text{воздуха}) = S \cdot h = 10 \cdot 2,5 = 25 \text{ м}^3 = 25 \cdot 10^3 \text{ л}$
 Рассчитано число молекул в помещении $N(\text{CO}_2) = 1,075 \cdot 10^{19} \cdot 25 \cdot 10^3 = 26,875 \cdot 10^{22} = 2,687 \cdot 10^{23}$

4 балла

3. ПДК (СО в воздухе) = 30 мг/м³ = 3 · 10⁻⁵ г/л
 Рассчитано количество вещества СО в 1л воздуха $n(\text{СО}) = 3 \cdot 10^{-5} \text{ г} / 28 \text{ г/моль} = 1,071 \cdot 10^{-6} \text{ моль}$

Рассчитано число ПДК молекул СО в 1л воздуха $N(\text{СО}) (\text{ПДК}) = n \cdot N_a = 1,071 \cdot 10^{-6} \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ молекул/моль} = 6,45 \cdot 10^{17} \text{ молекул}$

Рассчитано число молекул СО в помещении в 1л $N(\text{СО}) = 1,613 \cdot 10^{24} / 25 \cdot 1000 = 0,0645 \cdot 10^{21} = 6,45 \cdot 10^{19} \text{ молекул}$

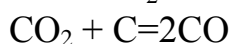
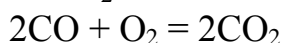
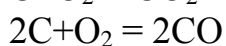
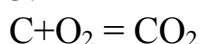
Превышение ПДК $6,45 \cdot 10^{19} / 6,45 \cdot 10^{17} = 100 \text{ раз}$

4 балла

4. Роль углекислого газа в жизнедеятельности биосферы состоит, прежде всего, в поддержании фотосинтеза, который осуществляется растениями. Являясь парниковым газом, диоксид углерода в воздухе влияет на теплообмен планеты с окружающим пространством. Угарный газ (СО) часто называют «молчаливым убийцей». Он не имеет ни цвета, ни вкуса, ни запаха, не вызывает вообще никаких ощущений. Образуется при неполном сгорании любого топлива. При этом угарный газ быстро смешивается с воздухом без потери своих отравляющих свойств. Для человека угарный газ — сильнейший яд. Поступая в организм при дыхании, он проникает из легких в кровеносную систему, где соединяется с гемоглобином. В результате кровь утрачивает способность переносить и доставлять тканям кислород, и организм очень быстро начинает испытывать его недостаток. В первую очередь страдает головной мозг, но возможно поражение и других органов — в зависимости от общего состояния здоровья.

4 балла

5.



4 балла

Итого: 20 баллов

ЗАДАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА

заключительного этапа

олимпиады школьников Северо-Кавказского федерального университета

«45 Параллель» по химии 2023-2024 года

10 Класс

Задание 1.

Красно-коричневое бинарное соединение **A** содержит элемент **X**, который проявляет в соединениях только одну степень окисления, отличную от нуля (массовая доля **X** составляет 32,53%). Данное соединение можно получить взаимодействием благородного металла **M** с сильным окислителем **B**, в котором массовая доля **X** равна 31,2% (реакция 1). Вещество **B** получают взаимодействием соответствующих простых веществ в особых условиях (реакция 2). При нагревании **B** разлагается с образованием двух газов **B** и **Г** (реакция 3). Газ **B** химически инертен и используется при анестезии. Вещество **B** является настолько сильным окислителем, что окисляет даже воду (реакция 4), а органические вещества разрушает полностью (реакция 5).

- 1) Определите элемент **X**, металл **M**, а также соединения **A-Г**.
- 2) Напишите уравнения всех указанных реакций. В качестве примера, иллюстрирующего взаимодействие вещества **B** с органическими соединениями, напишите уравнение реакции **B** с метаном.
- 3) Укажите условия, при которых образуется соединение **B**?

Решение:

Скорее всего, **X** – это фтор, поэтому **A** можно найти расчетом – AuF_5 . **B** по расчету – KrF_2 . **B** – Kr, **Г** – F_2 .

Реакции:

- 1) $2\text{Au} + 5\text{KrF}_2 = 5\text{Kr} + 2\text{AuF}_5$;
- 2) $\text{Kr} + \text{F}_2 = \text{KrF}_2$;
- 3) $\text{KrF}_2 = \text{Kr} + \text{F}_2$;
- 4) $2\text{KrF}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Kr} + 4\text{HF} + \text{O}_2$;
- 5) $4\text{KrF}_2 + \text{CH}_4 = 4\text{Kr} + \text{CF}_4 + 4\text{HF}$.

KrF_2 может быть получен либо в условиях активации электрическим зарядом, либо нагреванием, либо фотохимическим методом.

Критерии: Элемент **X** – 1 балл; Вещества **A** и **B** – по 3 балла (без расчета – по 0,5 баллов, всего 6 баллов) Вещества **B** и **Г** – по 1 баллу (всего 2 балла); 5 реакций – по 2 балла (без коэффициентов – по 1 баллу, всего 10 баллов) Получение **B** – 1 балл. **Всего: 20 баллов.**

Задание 2.

Из циклопентена двумя разными способами были получены два вещества **X** и **Y**, которые имели одинаковый состав $C_5H_{10}O_2$. Оба вещества имеют очень близкие физические и химические свойства и при окислении образуют одну и ту же кислоту **Z**. Однако соединение **X** способно растворять свежесажженный гидроксид меди (II) в щелочной среде, а соединение **Y** в подобную реакцию не вступает.

1. Изобразите структурные формулы соединений **X** и **Y** и кислоты **Z**
2. Напишите способы получения соединений **X** и **Y**.
3. Напишите уравнение реакции соединения **X** со свежесажженным гидроксидом меди (II) в щелочной среде.
4. Объясните, почему **Y** не вступает в эту реакцию.

Решение:

- 1) вещества — цис- и транс-1,2-циклопентандиолы кислота — $HOOC(CH_2)_3COOH$ (5 баллов)
- 2) получение цис-диола: окисление циклопентена действием $KMnO_4$ в щелочной среде получение транс-диола: окисление циклопентена кислородом в присутствии Ag с образованием циклопентеноксида, затем раскрытие эпoxidного цикла в кислой среде (5 баллов)
- 3) реакция с $Cu(OH)_2$ с образованием хелата (5 баллов)
- 4) транс-расположение OH - групп не дает возможности образоваться хелатному циклу (5 баллов)

Всего: 20 баллов

Задание 3.

Для исследования состава минерала его навеску массой 12,18 г полностью растворили в 60 мл воды и добавили 120 г раствора карбоната натрия с массовой долей 10%. При этом выпал осадок карбоната металла массой 5,04 г, содержащего 57,14% кислорода. Оставшийся раствор содержал только хлорид и карбонат натрия, а массовая доля катионов натрия в этом растворе была 2,78%. Определите формулу минерала. Ответ подтвердите рассуждением и расчетом.

Решение

- (1). Карбонат металла с 57,14 % кислорода, определяем эквивалент металла:
 $M_2CO_3 \quad 48 : (2x + 60) = 0,5714$
 $x = 12$. Подходит двухвалентный металл = магний, $M = 24$ (можно сразу предположить валентность = 2, так как в осадок выпадает карбонат, что характерно для двухвалентных металлов, соответственно четырехвалентный титан подходит по массе, но не подходит по химии)
- (2). 5,04 г составляют 0,06 моль карбоната магния. В исходном минерале, кроме магния, были хлорид-ионы.
 0,06 моль хлорида магния = 5,7 г.

Минерала было взято больше (12,18 г), значит, он содержит не только хлорид магния, но еще что-то.

(3) Это может быть соль натрия, так как других катионов нет. Проверим содержание натрия: Раствор карбоната содержит 12 г карбоната натрия, что составляет 5,2 г натрия. Сколько натрия находится в растворе после выпадения осадка?

Масса раствора: $12,18 + 60 + 120 - 5,04 = 187,14$ г. Масса катионов натрия (на основании их массовой доли) = 5,2 г.

Таким образом, в конечном растворе находится только натрий, добавленный в виде карбоната. Минерал натрия не содержит.

(4). Остается предположить, что минерал - кристаллогидрат. Формула кристаллогидрата: Масса воды в составе минерала: $12,18 - 5,7 = 6,48$ г.

Количество вещества $6,48 : 18 = 0,36$.

Так как соли 0,06 моль, а воды 0,36 моль, то формула минерала $MgCl_2 \cdot 6H_2O$.

Определение металла в составе минерала (магний): 4 балла
Вычисление состава кристаллогидрата любым способом: до 12 баллов
Проверка наличия катионов натрия в составе минерала: 4 балла

Максимальная оценка **20 баллов**

Задание 4.

Соединение **А** было получено Вёлером из неорганических веществ, что стало очередным аргументом против теории витализма (реакция 1). Из него можно получить важнейшие органические вещества. Например, в одну стадию можно получить углеводороды **Б**, **В**, **Г**, **Д** с одинаковой массовой долей углерода (реакции 2 – 5), при этом соединения **В** и **Г** являются изомерами. Из соединения **Б** (содержит на 2 углерода меньше, чем соединение **Г**) в одну стадию получают галогенуглеводород **Е** (реакция 6), в состав которого, кроме углерода и водорода, входит еще один элемент, массовая доля которого равна 40,11%. Одним из продуктов гидрирования **Б** (реакция 7) является соединение **Ж**, которое является мономером одного из важнейших полимеров (реакция 8). Соединение **Г** является высокосимметричным и ненасыщенным, преимущественно вступает в реакции электрофильного замещения. Вещество **В**, молекула которого тоже симметрична и ненасыщенна, преимущественно вступает в реакции присоединения, а не замещения. Молекула соединения **Д** содержит на 2 углерода больше, чем молекула соединения **В**, соединения **Г** и **Д** имеют циклическое строение. Определите соединения **А – Ж** (запишите структурные формулы), напишите уравнения реакций 1 – 8 и уравнение реакции окисления вещества **В** перманганатом калия в кислой среде при нагревании. Как называют полимеры мономеров **Е** и **Ж**?

Решение: Начать решение задачи можно с соединения **Г**, описание которого явно намекает на бензол. Тогда соединение **А** – ацетилен, из которого получают все перечисленные углеводороды. Сам ацетилен Вёлер получил из карбида кальция

Б – C_4H_4 (винилацетилен)

В – C_6H_6 (дивинилацетилен)

Г – бензол

Д – C_8H_8 (циклооктатетраен)

Из винилацетилена получают хлоропрен (Е) (по расчету), который является мономером для неопрена.

При неполном гидрировании получают бутадиен-1,3 – мономер бутадиенового каучука (каучуки – общее название, загаданное в условии).

Критерии: Определение веществ А – Д – по 1 баллу (итого 5 баллов);

Определение вещества Е – 2 балла (без расчета – 0 баллов); Определение Ж –

1 балл; Реакции 1 – 8 – по 1 баллу (итого 8 баллов); Реакция окисления – 3

балла; Название полимеров (общее или для каждого из соединений Е и Ж в отдельности) – 1 балл.

Итого: 20 баллов.

ЗАДАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА

заключительного этапа

олимпиады школьников Северо-Кавказского федерального университета

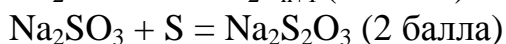
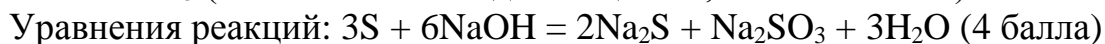
«45 Параллель» по химии 2023-2024 года

11 Класс

Задание 1.

Как всегда, в канун олимпиад у юного химика Васи что-то пошло не так, а вам как обычно предстоит понять, в чем же дело. На этот раз горе-экспериментатор изучал взаимодействие серы с гидроксидом натрия. Однако, помимо обещанных учебником продуктов **А** и **Б**, у Васи образовалось еще два продукта **В** и **Г**, причем известно, что вещество **В** состоит из двух элементов, а вещество **Г** из трех. Определите вещества **А-Г** и приведите их названия, если известно, что вещество **А** имеет тот же качественный состав, что и вещество **В**. Что Вася сделал не так в этот раз? Приведите уравнения реакций образования веществ **А-Г**.

Решение:



Побочные продукты образовались из-за того, что Вася взял избыток серы. (4 балла)

Критерии оценивания: Формулы веществ **А-Г** – по 2 баллу (всего 8 баллов)

Уравнение реакции диспропорционирования серы в щелочи – 4 балла

Уравнение реакции образования дисульфида натрия (или другого полисульфида) – 2 балла

Уравнение реакции образования тиосульфата

натрия – 2 балла Вывод о том, что сера взята в избытке – 4 балла

Неуравненные реакции оценивать половиной баллов

Итого 20 баллов

Задание 2.

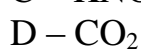
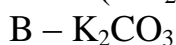
Вещество **А** состоит из трех элементов. При взаимодействии вещества **А** с водным раствором гидроксида калия получается смесь двух солей **В** и **С**. Полученный раствор обработали избытком водного раствора иодоводорода. Наблюдали выделение бесцветных газов **Д** и **Е**, которые собрали методом вытеснения воды. Плотность по водороду полученной газовой смеси составила 16,4 (растворимостью газов **Д** и **Е** в воде пренебречь). Если для

сбора газов вместо воды использовать раствор щелочи, то в приемнике собирается только газ **Е**, приобретающий на воздухе оранжевую окраску. Определите вещества **А–Е** и запишите уравнения описанных в задаче реакций, если известно, что молярная масса **В** больше молярной массы **С**.

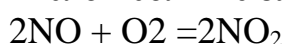
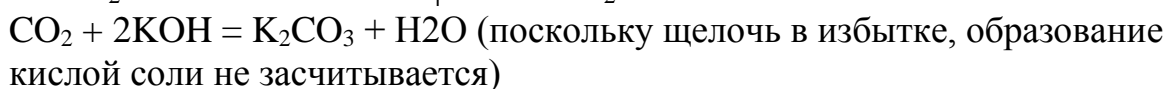
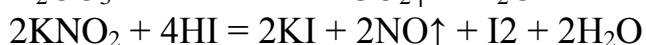
Решение:

Бесцветный газ **Е**, приобретающий на воздухе оранжевую окраску NO . Средняя молярная масса газовой смеси составляет $15,6 \times 2 = 32,8$ г/моль, следовательно, второй газ в смеси имеет молярную массу больше 32,8 г/моль. Поскольку газ **Д** образуется под действием кислоты и поглощается раствором щелочи, бесцветный и плохо растворим в воде (т.к. может быть собран методом вытеснения воды), логично предположить, что газ **Д** – CO_2 . В таком случае газы **Д** и **Е** образуются в соотношении 1:4. Таким образом, вещество **В** – K_2CO_3 , а вещество **С** – KNO_2 . Вещество **А** содержит углерод и азот в соотношении 1:4. Поскольку при реакции со щелочью образуются оксосоли, логично предположить, что третий элемент в составе **А** это кислород. Указанному составу соответствует тетранитрометан $\text{C}(\text{NO}_2)_4$.

Формулы веществ:



Уравнения реакции:



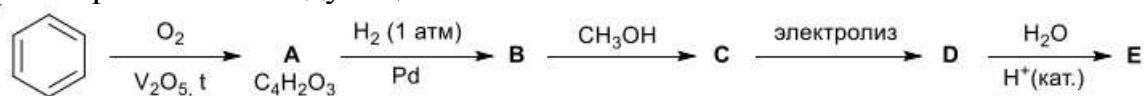
Критерии оценивания Формулы веществ **А–Е** – по 2 балла (всего 10 баллов)

Уравнения реакций – по 2 балла (всего 10 баллов) Неверно уравненные реакции оцениваются в 1 балл Расчеты отдельными баллами не оцениваются.

Итого 20 баллов

Задание 3.

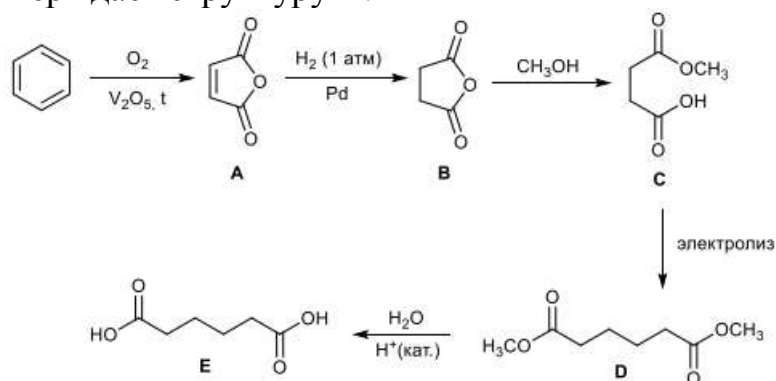
Соединение **Е**, применяемое в полимерной промышленности, можно синтезировать по следующей схеме:



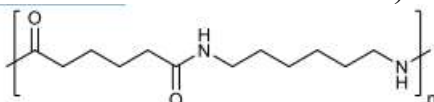
Приведите структурные формулы веществ **А–Е**, а также название и структуру известного полимера, получаемого из вещества **Е**, если известно, что соединение **Е** содержит 6,85 % водорода.

Решение

На первой стадии происходит окисление бензола до малеинового ангидрида (соединение **A**), далее малеиновый ангидрид гидрируется, давая янтарный ангидрид (соединение **B**). Янтарный ангидрид в отсутствие катализаторов раскрывается метанолом, давая метилэфи́р янтарной кислоты (соединение **C**). Под действием электрического тока происходит реакция Кольбе и образуется диметиладипинат (соединение **D**). Кислотный гидролиз соединения **D** дает адипиновую кислоту (соединение **E**). Массовая доля водорода подтверждает структуру **E**.



Основным применением адипиновой кислоты является производство нейлона-66 (анида) (название «нейлон» также засчитывать):



Критерии оценивания: Структуры соединений **A-E** – по 2 балла (всего 10 баллов) Название полимера (нейлон, нейлон-66, анид) – 5 балла Структура полимера – 5 балла

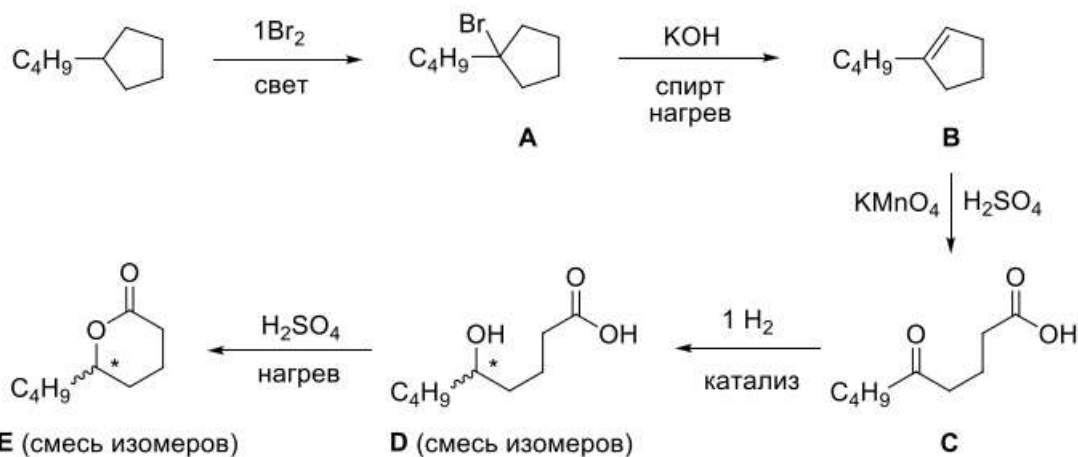
Итого – 20 баллов

Задание 4.

Гетероциклическое соединение **E** состава $C_9H_{16}O_2$ обладает сладковатым фруктовым запахом и часто используется в качестве пищевой добавки. Его можно синтезировать по следующей схеме:



Расшифруйте схему превращений и напишите структуры веществ **A-E**. Объясните почему запах полученного таким образом вещества **E** заметно слабее, чем запах **E** выделенного из природных источников.



При восстановлении кетона С водородом спирт D образуется в виде смеси двух энантиомеров (асимметрический атом углерода отмечен на схеме звездочкой). Поэтому синтетический лактон E, в отличие от природного вещества, будет также представлять смесь энантиомеров, один из которых пахнет заметно слабее.

Каждое вещество в цепочке, кроме E – 2 балла (всего 8 баллов). Вещество E – 6 балла. Ответ о слабом запахе E (синтетический продукт представляет собой смесь энантиомеров, природный – один энантиомер) – 6 баллов.

Максимум по задаче: 20 баллов.