

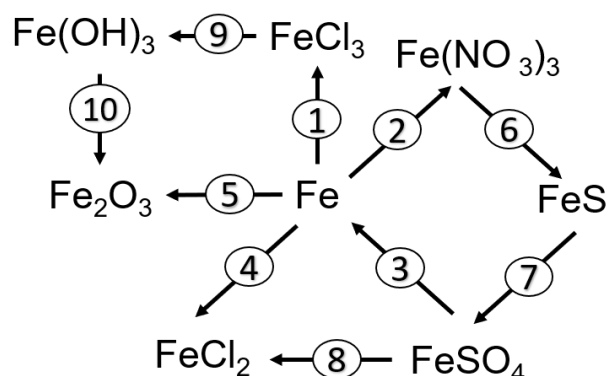
ОТКРЫТЫЕ СОРЕВНОВАНИЯ ПО ХИМИИ

Младшая группа (9 и 10 класс)

Кохтла-Ярве, Курессааре, Нарва, Пярну, Таллинн и Тарту

5. октября 2019

1. Напишите для каждой обозначенной на схеме реакции одно подходящее уравнение. 10 б



2. Химик Хелери попала в лабораторию на практику. Для выполнения задания руководитель дал ей HCl, BaCl₂, Na₂CO₃, NaCl, Na₂SO₄ и AgNO₃ в виде растворов с концентрацией 0,1 моль/дм³. Приступая к работе Хелери обнаружила, что на бутылочках с реактивами вместо формул были обозначения **A, B, C, K, L, M**. К тому времени руководитель, которого можно было попросить о помощи, уже покинул лабораторию. Однако это не спугнуло юного химика, и для определения содержимого бутылочек она решила их поочередно смешать. Результаты всех реакций она занесла в таблицу, где – означает, что реакция не произошла, ↓ означает, что выпал осадок, ↑ означает, что выделился газ.

Раствор	A	B	C	K	L	M
A	X					
B	↓	X				
C	↓	–	X			
K	↓	–	–	X		
L	↓	–	–	↓	X	
M	↓	–	↑	↓	–	X

- a) Соедини обозначения с соответствующими формулами растворов. (6)
 b) Напиши формулы имеющихся растворов, которые приобретают красный цвет, если к ним добавить индикатором **i)** фенолфталеин или **ii)** лакмус. (2) 8 б

3. Основной компонент воздуха газ **X** реагирует в присутствии катализатора с самым лёгким газом **A**, в результате чего образуется газ **B** с резким запахом (**реакция I**). Для получения нужного количества газа **A** проводят конверсионную реакцию метана с встречающимся «на каждом шагу»

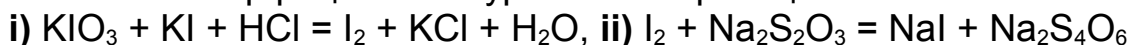
газом **С** при высокой температуре, в результате чего выделяется кислотный оксид **D** (**реакция II**). При реакции газа **B** с другим распространенным компонентом воздуха **E** образуется сначала бесцветный газ **F** (**реакция III**), при последующем окислении которого образуется бурый газ **G** (**реакция IV**). В реакции веществ **G** и **С** образуются кислоты **H** и **I**. Слабая кислота **I** нестабильна, поэтому легко разлагается на соединения **С**, **F** и **H** (**реакция V**). Соль **J** получают при реакции кислоты **H** и газа **B**, и при нагревании её до 250 °С она разлагается на два оксида: **С** и **K** (**реакция VI**).

а) Напиши формулы соединений **X** и **A–K**. (6)

б) Напиши уравнения реакций **I–VI**. (6) 12 б

4. Таблетки йодата калия используют для предотвращения накопления радиоактивного йода в щитовидной железе. Мари нашла одну такую таблетку и решила узнать содержание йодата калия в ней. Для этого Мари измельчила таблетку массой 400 мг, пересыпала порошок в колбу объёмом 100,00 см³ и заполнила колбу водой до отметки. Для дальнейшего анализа она отпипетировала 10,00 см³ полученного раствора в новую колбу. В результате добавления HCl и KI раствор окрасился в тёмно-коричневый цвет. Мари оттитровала полученный раствор 0,0500 М раствором Na₂S₂O₃ до появления светло-жёлтой окраски. Затем она добавила 2,00 см³ 0,01% раствор крахмала и продолжила титрование до полного обесцвечивания раствора. Мари провела три титрования. В среднем на каждое титрование ушло 19,64 см³ р-ра Na₂S₂O₃. К сведению, 1 М = 1 моль/дм³.

а) Расставь коэффициенты в уравнениях реакций: (2)



б) Найди молярную концентрацию KIO₃ (М) в 100,00 см³ колбе. (3)

в) Рассчитай процентное содержание KIO₃ в найденной таблетке. (2) 7 б

5. Наша вселенная состоит в основном из водорода. Все прочие элементы были образованы из водорода и их средняя концентрация во вселенной неоднородна.

а) Рассчитай среднюю концентрацию атомов водорода (атомов/м³) во вселенной, если средняя плотность вселенной $5 \cdot 10^{-30}$ г/см³ и $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ частиц/моль. (2)

Водород в галактиках собирается в молекулярные облака, которые состоят из охлаждённого водорода и в этих облаках образуются новые звезды. В молекулярных облаках водород находится в молекулярном виде.

б) Рассчитай концентрацию (с) молекул водорода в молекулярном облаке (молекул/м³), если давление в облаке $2,1 \cdot 10^{-10}$ Па и температура -258 °С. Известно: $c = n/V$, $pV = nRT$, где $R = 8,314$ Па·м³/(моль·К). (2)

в) Рассчитай, во сколько раз концентрация молекул водорода выше в сухом воздухе, чем в молекулярном облаке, если молярный объём

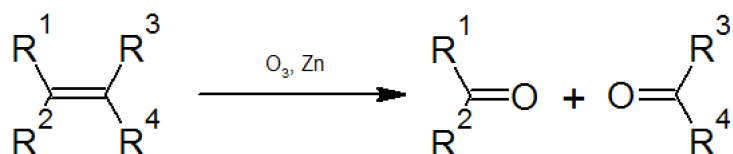
воздуха 22,4 дм³/моль и 1 моль воздуха содержит $5,3 \cdot 10^{-7}$ моль водорода. (2)

Солнце состоит в основном из плазмы – четвертого агрегатного состояния вещества, в котором атомы присутствует в ионизированном виде.

d) Рассчитай молярную концентрацию протонов на Солнце (моль/см³), если радиус Солнца 695 700 км, масса $1,99 \cdot 10^{30}$ кг и объем можно посчитать по формуле $V = 4/3 \cdot \pi \cdot r^3$. (2)

e) Рассчитай, во сколько раз должен радиус Солнца (при той же массе) быть больше, чтобы концентрация протонов на Солнце равнялась молярной концентрации протонов в нейтральной воде (10^{-7} моль/дм³). (2) **10 6**

6. Озонолиз – метод окислительного разрыва двойной связи при помощи озона (см рисунок). В присутствии слабого восстановителя (например цинка) из третичного углерода получается кетон и из вторичного углерода – альдегид.



где R¹⁻⁴ могут обозначать водород или другие фрагменты.

Алкены **A1**, **A2** и **A3** (с брутто-формулой C₄H₈) являются структурными изомерами – у них одна и та же брутто-формула, но разное расположение атомов в структуре. При озонолизе **A1** получают вещества **B** и **C**. При озонолизе **A2** получают только вещество **D**. При озонолизе **A3** получают вещества **B** и **E**, принадлежащие к одному классу веществ. Если же при озонолизе использовать окислитель (например H₂O₂) вместо слабого восстановителя, то взамен вещества **D** получается соединение **F**, раствор которого используется для приготовления пищи.

a) Напишите систематические названия веществ **A1**, **A2** и **A3**. (3)

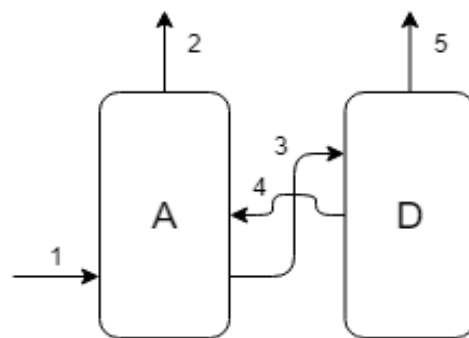
b) Нарисуйте графические структурные формулы для веществ **B–E**. (4)

c) Брутто-формулу C₄H₈ могут иметь также два алкана. Нарисуй их графические структурные формулы. (2)

При помощи озонолиза можно превращать алкены в спирты. Для этого нужно использовать восстановитель, который может стать донором гидрид-иона (H⁻).

d) Выбери реагент, с помощью которого можно при помощи озонолиза получать спирты: NaBH₄, Li, NaHCO₃, HCl, NH₄OH (1) **10 6**

7. Снижение выброса парниковых газов в атмосферу является одной из самых важных целей этого столетия во имя избежания климатической катастрофы. Одной из возможностей удаления CO_2 из выхлопных газов электростанций является абсорбция CO_2 при помощи 2-аминоэтанола (МЕА). На схеме показана система абсорбции-десорбции с пронумерованными потоками, при помощи которой выхлопные газы электростанции очищают от CO_2 (**поток 1**, $m_1 = 2108$ т/час). Молярный состав **потока 1** — CO_2 (5,6%), N_2 (83,5%) и O_2 (10,9%). Очищенные газы покидают абсорбционную колонну через **поток 2**, а обогащённый CO_2 МЕА и вода через **поток 3**. Через **поток 4** идёт смесь воды и МЕА с низким содержанием CO_2 . Чистый CO_2 покидает процесс для дальнейшего складирования через **поток 5**. Известно, что в **потоках 3 и 4** содержание МЕА соответственно равно 24,4% и 26,0% и $m_4/m_1 = 1,1$ (по массе).



- Напиши структуру МЕА и покажи, с какой функциональной группой реагирует CO_2 в процессе. (2)
- Найди скорость потока (т/час) для компонентов **потока 1**. (3)
- Сколько тонн CO_2 удаляется из выхлопных газов в час? (3)
- На сколько процентов очистка снижает выброс CO_2 в сравнении с выбросом необработанных выхлопных газов (**поток 1**) в атмосферу? (1)
- Перед попаданием смеси в абсорбционную колонну выхлопные газы должны быть очищены от SO_2 и NO_x . Назови одну возможную причину, почему это нужно. (1) **10 б**

8. Соединение **A** — широко используемый химикат в очистке воды и органическом синтезе. Его производят из бинарного оксида **B**, известного как пиролюзит, в составе которого атомы металла и кислорода находятся в отношении 1:2. Вещество **B** можно окислить кислородом в присутствии основания **C**. В результате этого превращения получают вещество **D**, содержащее элементы K, Mn и O (содержание по массе соответственно 39,7%, 27,9% и 32,4%) и известное вещество **E** (**реакция I**). При электролитическом окислении вещества **D** в присутствии вещества **E** получают вещество **A**, попутно получают побочные вещества **C** и **F** (**реакция II**). При окислении кислородом самого лёгкого газа **F** получают снова вещество **E** (**реакция III**). При добавлении к веществу **A** сильной кислоты **G** получается взрывчатое вещество **H**, вещество **E** и соль **I**, содержание калия в которой 44,9% (**реакция IV**). Также можно использовать вещество **A**, например, для окисления хлороводородной кислоты, где помимо других продуктов реакции выделяется зеленовато-желтый газ **J** и кислая соль **K** (**реакция V**), где степень окисления марганца равна II.

- Определите при помощи вычислений вещество **D**. (1)
- Напишите формулы веществ **A–C** и **E–K**. (5)
- Напишите уравнения реакций I–V. (6) **12 б**

9. Нарисуй точечные структуры O_2 , CO , ClO^- , O_3 , SO_2 , N_2O , I_3^- , BF_3 , NO_3^- , PO_4^{3-} и PCl_5 так, чтобы для элементов второго периода выполнялось правило октета, а формальные заряды имели наименьшие возможные значения. Согласно правилу октета атом обменивается или делится электронами до тех пор, пока не получит восьми электронов. Формальный заряд атома = *число валентных электронов в свободном атоме – число несвязанных электронов в связанном атоме – $\frac{1}{2}$ число связанных электронов в связанном атоме*. Поделённые электронные пары (связи) обозначь чёрточкой, а неподеленные электроны – точками. **11 б**