

Межрегиональная предметная олимпиада Казанского федерального университета
по предмету «Химия»
Очный тур
2016-2017 учебный год

9 класс



I. Задача про коэффициенты реакций (20 баллов)

Завершите уравнения окислительно-восстановительных реакций, указав их продукты и расставив стехиометрические коэффициенты с помощью методов электронного или электронно-ионного баланса (метода полуреакций):

1. $\text{HBr}_{(\text{конц.})} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})} \rightarrow$
2. $\text{W} + \text{HF}_{(\text{конц.})} + \text{HNO}_{3(\text{конц.})} \rightarrow$
3. $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{разб.})} \rightarrow$
4. $\text{NaIO}_3 + \text{NaOH}_{(\text{конц.})} + \text{Cl}_2 \rightarrow$
5. $\text{Se} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_{2(\text{конц.})} \rightarrow$
6. $\text{Br}_2 + \text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
7. $\text{PbO}_2 + \text{S} \rightarrow$
8. $\text{HBrO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{XeF}_2 \rightarrow$
9. $\text{I}_2 + \text{KrF}_2 \rightarrow$
10. $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SeO}_3 \rightarrow$



II. Своя игра с темой «Химические элементы» (20 баллов)

Припишите каждое из нижеследующих утверждений одному из химических элементов (один элемент – одно соответствие): F, Li, Na, Be, Sn, Mg, B, Al, Pt, C, Si, Ga, N, P, Tc, Cu, Ag, Nh, W и Au.

1. Этот элемент образует водородные соединения общей формулы $\text{Э}_x\text{H}_{2x+2}$ (если $x \geq 3$, вещества при комнатной температуре жидкие), взрывающиеся и горящие при контакте с кислородом или парами воды.
2. Для компенсации своей электронной недостаточности этот элемент формирует многоцентровые многоэлектронные связи.
3. Фосфат (но не сульфат) этого элемента труднорастворим. Элемент входит в состав реагента Гриньяра.
4. Фосфат (но не сульфат) этого элемента труднорастворим. Соли этого элемента окрашивают пламя в красный цвет.
5. Благородный металл, растворяющийся в концентрированной серной кислоте.
6. Активный металл, который защищен от внешней среды пассивирующим слоем.
7. Малораспространённый в земной коре элемент, образующий гидриды и хлориды с ковалентными химическими связями $\text{Э}-\text{H}$ и $\text{Э}-\text{Cl}$.
8. Этот элемент характеризуется довольно прочными двойными связями $\text{Э}=\text{Э}$, его аллотропные модификации различаются цветом.
9. Практически все соли, в состав которых входит этот элемент, растворимы (или как минимум малорастворимы) в воде.

10. Этот элемент может образовывать линейные и разветвленные цепи, содержащие как одинарные, так и двойные связи.
11. Простое вещество, образованное этим элементом, является одним из исходных веществ для процесса Габера.
12. Этот элемент может растворяться в водном растворе цианида натрия при пропускании кислорода (такой метод растворения этого элемента был разработан племянником героя войны 1812 года).
13. Ионы, образованные этим элементом, дают зеленую окраску пламени, элемент может применяться для обнаружения галогенов в органических соединениях, в том числе и полимерах.
14. Этот элемент был получен в количестве трех атомов путем холодного слияния атомных ядер и в количестве нескольких десятков атомов – путем горячего слияния атомных ядер.
15. Этот металл может быть расплавлен теплом человеческого тела, но закипает при высокой температуре, поэтому и применяется вместо ртути в кварцевых термометрах, предназначенных для измерения высоких температур.
16. Нобелевскую премию по химии 1906 года могли дать Д.И. Менделееву за открытие Периодического закона, но (в немалой степени из-за интриг в Королевской шведской Академии) дали А. Муассану за способ получения этого элемента.
17. В традициях Школы Александрийской алхимии небесным покровителем этого элемента была планета Юпитер.
18. С 1843 года этот элемент «открывали» около десятка раз, пока в 1937 году не стало ясно, что он вообще не встречается в земной коре.
19. Из-за токсичности свинца и вреда, который он может нанести окружающей среде, в настоящее время некоторые производители охотничьих боеприпасов стали заменять его этим тяжелым металлом.
20. Именно этот металл используется в катализаторах, которые способствуют окислению угарного газа, содержащегося в выхлопе автомобиля, до менее опасного диоксида углерода.



III. Задача про разноцветные вещества (20 баллов)

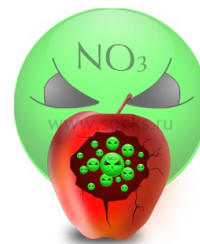
Металл **X** образует три оксида: **A**, **B** и **C**. Соединение **B** зеленое и применяется в качестве пигмента при изготовлении масляных красок. Степень окисления элемента **X** одинакова в гидроксиде **D** и оксиде **B**. Соединение **E** получают, растворяя **D** в соляной кислоте. При растворении гидроксида **D** в растворе гидроксида калия образуется изумрудно-зелёное вещество **F**. Окрашенное в желтый цвет вещество **G** можно получить в результате реакции **F** с бромом в щелочной среде или в результате сплавления **B** с KClO_3 и KOH . В обеих реакциях помимо желтого вещества **G** образуется соответствующий галогенид калия. При подкислении раствор **G** меняет цвет с желтого на оранжевый и образуется вещество **H**. При добавлении к концентрированному раствору **H** концентрированной серной кислоты выпадают темно-красные игольчатые кристаллы **C**.

Растворы солей, в которых **X** принимает ту же степень окисления, что и в оксиде **A**, обычно отличаются синей или сине-фиолетовой окраской, которая при длительном стоянии на воздухе или при кипячении без создания инертной атмосферы переходит в зелёную.

?1. Определите элемент **X** и соединения **A** - **H**.

Оксид **В** в качестве основного минералообразующего вещества входит в состав минерала *эсколаита*.

?2. Вычислите, сколько килограмм металла **X** можно получить восстановлением оксида **В**, содержащегося в 1 тонне *эсколаита*, если в этом месторождении минерала 23% пустой породы, а степень восстановления **X** из оксида составляет 95%.



IV. Задача про нитраты и нитриты (20 баллов)

Нитраты щелочных металлов содержат азот в максимально возможной степени окисления (+5), но при этом являются слабыми окислителями в водном растворе. Нитриты щелочных металлов являются более сильными окислителями в растворе, чем нитраты.

Тем не менее, в твердой фазе нитраты являются сильными окислителями: сплавление с нитратом калия применяется для окисления многих веществ. Традиционно в уравнении реакции записывают, что продуктом восстановления нитрата является соответствующий нитрит.

?1. Запишите уравнения реакций: а) восстановления нитрита натрия раствором йодида натрия в разбавленной серной кислоте, б) окисления свинца до его оксида путем сплавления с нитратом натрия.

Образование нитритов в подобных реакциях нередко ставится под сомнение вследствие того, что нитриты разлагаются при более низких температурах, чем начинается разложение нитратов и реакция нитрата с восстановителем. В связи с этим появились исследования в области термической устойчивости нитритов.

Нитриты, как выяснилось, либо разлагаются на оксид металла и смесь оксидов азота (NO и NO_2), либо образуют при нагревании нитраты в смеси с оксидом металла и газообразным оксидом азота(II).

?2. Запишите уравнения реакций разложения нитрита натрия по обоим описанным путям.

?3. Запишите реакцию нитрата натрия со свинцом с учетом того, что нитрит натрия неустойчив и разлагается. Считайте, что единственным газообразным продуктом является NO .

Как известно, нитрат натрия разлагается при нагревании с образованием нитрита натрия. С учетом уже описанных процессов эта реакция немного преобразуется.

?4. Запишите уравнение реакции разложения нитрата натрия с образованием нитрита (традиционный вариант) и уравнение с учетом разложения нитрита.

Кроме того, существует ряд нитритов и нитратов, которые разлагаются по совершенно иному пути, такие как нитрат **А** (массовая доля кислорода равна 53,65%) и нитрит **Б** (массовая доля кислорода равна 20,80%). При разложении **А** образуется только два вещества – газообразное **В** и твердое **Г**, причем **В** и **Г** имеют формулу одинакового количественного состава, но содержат различные элементы. При разложении **Б** также образуются два вещества, одно из которых – окрашенный газ **В**, а другое – твердое вещество **Д**.

?5. Определите вещества **А** – **Д** и запишите уравнения разложения этих нитрата и нитрита.

?6. Предложите еще две формулы нитратов или нитритов, при разложении которых получается ровно два вещества. Запишите уравнения их разложения.



V. Задача про стоматологию (20 баллов)

Известно, что кости и зубная эмаль человека состоят из органической фракции (в основном представленной белком коллагеном) и неорганической фракции – так называемого «*костного минерала*», представляющего собой основную соль, содержащую 39,89% кальция, 41,41% кислорода и 18,50% еще одного химического элемента X (по массе). Гидроксигруппы этой соли обеспечивают эффективную связь *костного минерала* с матрицей коллагена.

?1. Определите эмпирическую формулу *костного минерала*, назовите его по правилам химической номенклатуры.

Твердость *костного минерала* составляет 5 единиц по шкале твердости Мооса.

?2. Каким веществам, имеющим совершенно одинаковый качественный состав, в шкале Мооса соответствует твердость в 1 единицу и в 10 единиц?

В середине XX века было обнаружено, что замещение гидроксигруппы *костного минерала* на определенный галогенид-ион увеличивает его твердость и устойчивость к действию кислот, после чего для понижения риска развития кариеса в зубные пасты, а в некоторых странах и в водопроводную воду, стали добавлять натриевую соль этого галогена. Взаимодействие *костного минерала* с этим галогенидом натрия приводит к образованию средней соли, содержащей 39,74% кальция, 3,77% галогена (обеспечивающего защиту от кариеса), 38,07% кислорода и 18,43% элемента X (по массе).

?3. Определите эмпирическую формулу галогенированного *костного минерала*, назовите его по правилам химической номенклатуры.

До недавнего времени отходы костей, образующиеся при переработке пищи, использовались в сельском хозяйстве. Однако в настоящее время делаются попытки использовать кости в качестве сырья для получения других продуктов. Так, в поиске новых материалов для солнцезащитных составов в 2014 году Клара Пиччирилло получила компонент для солнцезащитного крема, обрабатывая кости трески раствором хлорида железа(II) в течение трех часов при температуре 65-70 °С с последующей сушкой материала в течение 12 часов и его прокаливанием при 700 °С в течение одного часа. В результате этих операций были получены поглощающие ультрафиолет многофазные материалы, представляющие собой смесь *гематита*, *костного минерала* и легированного железом *костного минерала*, представляющего собой кислую соль и имеющего следующий состав: 33,33% кальция, 5,16% железа, 41,39% кислорода и 20,03% элемента X (по массе).

?4. Запишите эмпирическую формулу *гематита* и еще двух соединений, имеющих аналогичный *гематиту* качественный состав, назовите все три соединения по правилам химической номенклатуры.

?5. Определите эмпирическую формулу легированного железом *костного минерала*.

?6. Определите степень окисления железа в легированном железом *костном минерале*.

В настоящее время в коммерчески доступных солнцезащитных кремах используется поглощающий ультрафиолетовое излучение оксид, содержащий столько же кислорода (по массе), сколько содержится в оксиде магния.

?7. Запишите формулу оксида, использующегося в солнцезащитных кремах, назовите его по правилам химической номенклатуры, а также приведите название минерала, образованного этим оксидом.