

**Задание 1. МРТ головного мозга**

Магнитно-резонансная томография (МРТ) – одно из главных открытий современной медицины. Метод позволяет изучать организм человека, используя за основу насыщенность клеток молекулами воды и водорода. Как известно, атомы водорода очень чувствительны к сильному магнитному полю из-за своего строения. Принцип схож с работой ЯМР  $^1\text{H}$  спектров.

1. Объясните, как строение атома водорода сделало его основой работы МРТ? (1 балл)

Томограф – ключевое устройство в процедуре МРТ. Он создает сильное магнитное поле, заставляя атомы водорода менять пространственное положение, тем самым удается получить 2D – анатомическое изображение человека. Само магнитное поле генерируется при помощи электромагнитов.

2. С какой силой однородное магнитное поле, генерируемое электромагнитом, действует на проводник (в нашем случае проводник – человеческое тело со средним ростом 182 см), если сила тока в нем 275 мА? Пациент расположен под углом 45 градусов к вектору магнитной индукции. Магнитная индукция составляет 0,5 Тл. (2 балла)  
– Необходимые данные:  $F = IBL\sin(\alpha)$

Краун – эфиры также нашли огромное применение в лечении различных онкологий и в том числе в процедуре МРТ. Само название краун происходит от английского «Crown», потому что их структура напоминает корону. Главная особенность краун – эфиров в том, что их особое строение позволяет образовывать комплексы с ионами металлов. При этом, обычные краун – эфиры хорошо выступают в роли лигандов для щелочных и щелочно – земельных металлов, а циклические полиамины могут связываться с ионами переходных металлов.

3. Если человек отравился свинцом, то какое вещество будет более эффективным для выведения его из организма - обычный краун - эфир или циклический полиамин? Почему? (2 балла)

Чтобы обеспечить более четкое изображение и рельеф органов или кровотоков, используется контрастное вещество. Оно вводится в полый орган или кровоток и обеспечивает контрастное усиление и визуализацию исследуемого фрагмента. В процедуре МРТ контрастным веществом выступает тетраэтакраун эфир циклен, который является аналогом краун – эфира 12-краун-4, где число 12 обозначает общее число атомов за исключением водорода, а число 4 – количество гетероатомов (к ним относятся все атомы за исключением водорода и углерода). Отличие тетраэтакраун эфира циклена заключается в том, что атомы кислорода заменены на атомы азота.

4. Изобразите структурное строение 12-краун-4 и тетразакраун эфира циклена. (3 балла)

У МРТ есть внушительный список противопоказаний, среди которых есть как и относительные, так и абсолютные, при наличии которых исследование не допустимо. За пример противопоказания возьмем небезызвестный аппарат Илизарова. Он представляет собой металлическую конструкцию, крепко закрепленную к неисправному суставу. При проведении МРТ наличие этого устройства может нанести непоправимый ущерб пациенту.

5. Объясните, почему аппарат Илизарова недопустим во время процедуры МРТ? Почему такие металлы, как никель или железо, притягиваются к магнитам, а золото – нет? Обоснуйте свой ответ, основываясь на электронной конфигурации атомов. (4 балла)

### Задание 2. Его что, вправду открыл Колумб?

Массовая доля **X** в соединении **Y** составляет 98.93%. Известно, что вещество **Y** представляет собой серые кристаллы, нерастворимые в воде, которые окисляются при нагревании на воздухе, образуя вещество **A**, которое применяют для выделения чистого **X** при помощи алюминотермии.

1. Определите **X**, **Y** и **A**, напишите описанные уравнения реакций. (4 балла)

Элемент **X** также содержится в особом классе соединений, используемых в оптоволокне. Класс соединений представляет смешанный оксид двух металлов. В данном случае рассматривается вещество **B**.

2. Предложите формулу вещества **B**, если известно, что массовая доля **X** в веществе **B** составляет 62,85%, а вторым металлом **C** является элемент щелочной группы, который при горении при обычных условиях образует оксид с типичной кислороду степенью окисления. (4 балла)

Также элемент **X** используется в составе различных интерметаллидов. Один из самых дорогих интерметаллидов, содержащий в составе **X** – вещество **D**. Оно представляет собой сложное соединение из 4 металлов: **X**, **E**, **F** и **G**. Их массовые доли равны 47,47%, 14,30%, 13,74% и 24,49% соответственно.

3. Предложите формулу **D**, используя следующие данные: (3 балла)
- Элемент **E** содержится в двухосновной, слабой и нерастворимой в воде кислоте;
  - Элемент **F** ранее уже упоминался в задаче как способ получения чистого **X**;
  - **D** имеет брутто – формулу состава **XEFG**.

Известно, что элемент **X** получил свое первоначальное название – Колумбий (**Cb**) благодаря месту открытия. Однако, когда был открыт элемент тантал, его часто путали с **X**. После этого **X** переименовали, но связь между элементами осталась посредством древнегреческого мифа.

4. Предложите причины, по которым элемент **X** путали с танталом. (1 балл)

### Задание 3. Химическая радуга

Химик Алихан захотел сделать радугу из переходных металлов, поэтому он решил проводить эксперимент с разными металлами чтобы в итоге собрать все цвета радуги химическим способом.

Алихан взял 52.9 грамм хлорида переходного металла **A**, который растворил в 1 литре воды до полного насыщения. Вода сразу же окрасилась в красный цвет. Чтобы получить красные кристаллы кристаллогидрата соли, Алихан высушил раствор. Масса кристаллогидрата на 29.34 грамм больше изначальной массы соли. Молекулы воды заняли все не занятые хлором места в октаэдрической структуре комплекса.

1. Найдите переходный металл **A**, формулу кристаллогидрата его хлорида и растворимость хлорида **A** в моль/литр. Нарисуйте 2 изомера кристаллогидрата.

Алихан решил не останавливаться на этом и залил концентрированный раствор аммиака в раствор с хлоридом **A**. В растворе выделился голубой нерастворимый гидроксид **B**. Выделив немного **B** из раствора, Алихан решил нейтрализовать аммиак и начал заливать концентрированный раствор  $\text{HCl}$ . Немного перестаравшись, Алихан с удивлением получил новое синие соединение **C**, с тетраэдрической структурой аниона.

2. Найдите и нарисуйте структуры **B** и **C**.

Покончив с **A**, Алихан взял другой переходный металл **X**. Гидроксид **X** (массовая доля **X** равна 50.49%) сам по себе зелёный. Окислив зелёный гидроксид **X** пероксидом водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) в щелочной среде, Алихан получил жёлтое соединение **Y** (реакция 1). Добавив к **Y**  $\text{HCl}$  раствор становится оранжевым образуя соединение **Z** (реакция 2). Чтобы получить последний, фиолетовый цвет, Алихан добавил избыток аммиака к хлориду **X** чтобы получить комплексное соединение **L** с интересной природой. **L** имеет 1 хлор во внешней комплексной сфере, и 2 во внутренней. Транс изомер **L** имеет зелёный цвет, а Цис изомер имеет нужный нам фиолетовый цвет.

3. Найдите **X**, **Y**, **Z** и **L**, напишите реакции 1 и 2, нарисуйте транс и цис изомеры комплекса **L** с обозначением цвета каждого.

Вот Алихан и получил свою химическую радугу.

4. Соберите химическую радугу Алихана или составьте свою, приняв, что синий и голубой это один цвет. (Подсказка: Каждый охотник желает знать где сидит фазан).

#### Задание 4. Свинец... дубль два

Металл **A** впервые был открыт в 1778 году шведским химиком Карлом Шееле. Этот металл известен с древности, ведь самый распространенный его минерал **C** (структура показана в рис.1.) в древности путали с минералом свинца галенитом (структура показана в рис.2.) из-за их внешней схожести. По этой причине название этого минерала с древнегреческого переводится как "свинец".

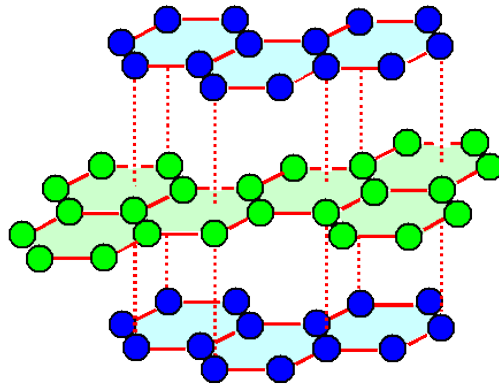


Рис.1.

Зёленые - **A**, Синие - **B**

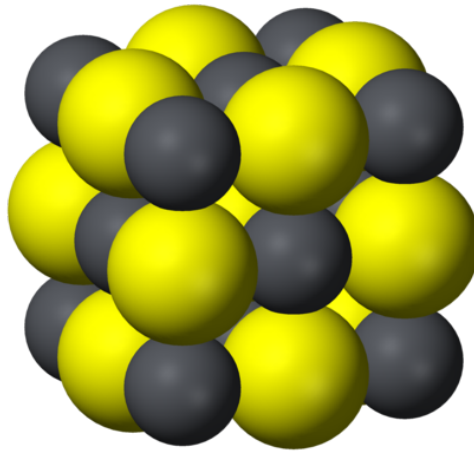


Рис.2.

Жёлтые - Pb, Чёрные - **B**

1. Определите металл **A**, идеализированную формулу минерала **C** и Галенита, а также название минерала **C**. Если **C** имеет плотность  $5\text{г/см}^3$  и параметры решётки  $a = b = 0.316\text{нм}$ ,  $c = 1.229\text{нм}$ ; Галенит имеет плотность  $7,6\text{г/см}^3$  и параметры решётки  $a = b = c = 0,5936\text{нм}$ .

1) При сжигании ( $450^\circ\text{C}$ ) минерала Галенит образуется газ и красно-оранжевое вещество **D** имеющее название свинцовый сурик.

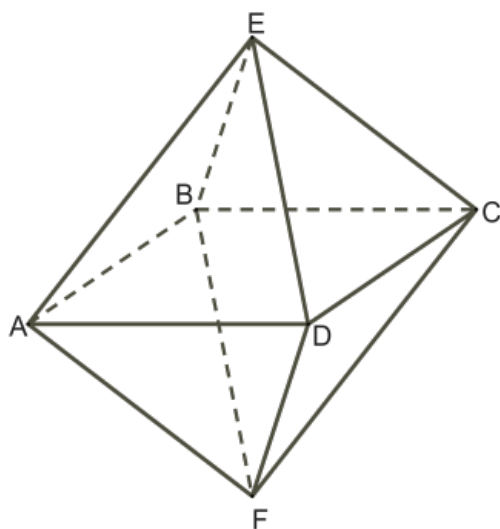
2) При сжигании минерала **C** образуется газ и вещество **E**.

2. Напишите уравнения реакций и формулы веществ **D** и **E**. Если **D**-смешанный оксид с +2 и +4 валентностями свинца в соотношении 2:1, при сжигании **C** металл окисляется полностью.

В природе встречается коллекционный восково-жёлтый минерал Вульфенит, содержащий в себе оба металла - Pb и **A**.

3. Определите идеализированную формулу данного минерала, если молекулярная масса его идеализированной формулы равна  $367.16\text{г/моль}$ .

Структура некого жёлтого хлорида металла **A** имеет полимерное строение состоящее из октаэдрических каркасов, на каждой вершине которого находится атом металла **A**. В нём на каждой грани и из каждой вершины находятся атомы хлора. При этом четыре из шести атомов хлора связанных с вершинами в одной плоскости являются мостиковыми и связывают каркасы между собой. Если данный хлорид добавить в концентрированную соляную кислоту, то полимерная структура рухнет на отдельные симметричные анионные октаэдрические кластерные структуры (вещество **F**) на каждой грани и из каждой вершины есть атомы хлора. Если к веществу **F** добавить концентрированный раствор йодоводорода, то слабосвязанные атомы хлора заменяются на атомы йода (вещество **G**).



Октаэдр, A - F вершины

4. Определите о каком хлориде металла **A** говорится. Найдите вещества **F** и **G**. Нарисуйте структуру аниона **F**.

Если добавить вещество **E** к воде образуется некая кислота **H**, если через неё пропустить аммиак и поддерживать  $\text{pH} = 9$  через буферный раствор образуется соль **I**. При выпаривании раствора соли **I**, она теряет аммиак и образует белый порошок кристаллогидрата **J** через семикратное сшивание анионов **I** с изменением координации металлов **A** и без изменения степени окисления (реакция 1). Если нагревать это вещество, то со временем оно теряет кристаллизационную воду (5.83% от общей массы). При образовании **J** промежуточным соединением является вещество **K**, которое образуется через однократное сшивание двух анионов **I** через одну вершину.

5. Найдите молекулярную формулу **I** и **J**. Нарисуйте структуру **K**. Напишите уравнения реакции 1.

В некоторых соединениях металла **A** имеются уникальные *delta* связи образованные d орбиталями металла **A**. Одно из таких соединений **M** образуется при добавлении сульфата металла **A** к ацетату натрия.

6. Определите молекулярную формулу и структуру **M**, если металлы **A** в этом соединении находятся в октаэдрических окружениях и массовая доля кислорода равна 34.4878%. Нарисуйте энергетическую МО диаграмму связи **A-A**.  
(За каждый пункт по 2 балла)