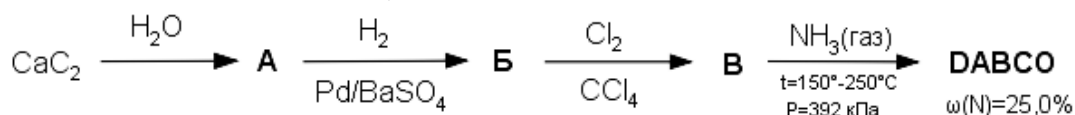
**Задание 1.**

«Широкие возможности DABCO»

Азоторганические соединения всё больше и больше привлекают внимание современных ученых. Комбинируя атомы азота и различные органические заместители, можно получать огромное количество соединений, имеющих самые разнообразные свойства: способность образовывать прочные и устойчивые полимеры, каталитическая, биологическая активность и др.

Давно отмечено, что азоторганические соединения способны выступать в роли лигандов и, несомненно, играют огромную роль в развитии координационной химии. Одним из представителей таких органических соединений является вещество, часто обозначаемое химиками как «DABCO». Схема его синтеза из карбида кальция представлена справа.



Дополнительно известно, что DABCO относят к бициклическим соединениям, а все атомы водорода в его молекуле эквивалентны (в его ЯМР  $^1\text{H}$  спектре имеется 1 сигнал). На образование одной молекулы DABCO требуется 3 молекулы соединения **В** и две молекулы  $\text{NH}_3$ .

1. Установите структурные формулы соединений **А–В** и DABCO. Назовите соединения **А–В** по номенклатуре ИЮПАК. Попробуйте расшифровать аббревиатуру «DABCO»?

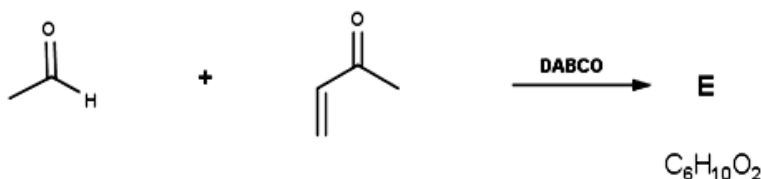
В настоящее время существует несколько кислотно-основных теорий. Для органической и координационной химии наиболее значимой является теория кислот и оснований Льюиса.

2. Сформулируйте понятие кислоты и основания по Льюису. К какому классу можно отнести DABCO согласно этой теории? Кратко (не более 1-2 предложений) поясните свой ответ.

Молекула DABCO может выступать в качестве лиганда при образовании комплексных соединений.

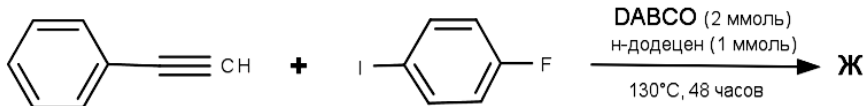
3. Что такое лиганд? Сколько донорных атомов (указать, атомами какого элемента они являются) имеет молекула DABCO?

Благодаря своим кислотно-основным свойствам DABCO способен катализировать некоторые классы реакций в органической химии. Одна из таких реакций представлена справа.



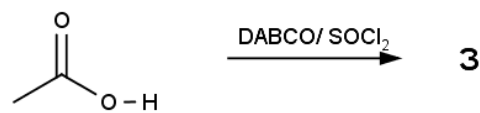
4. Приведите структурную формулу и название (ИЮПАК) соединения **Е**.

В 2009 году в журнале "Organic and Biomolecular Chemistry" была опубликована статья, в которой описывается катализ реакций кросс-сочетания. В этой работе была обнаружена способность DABCO катализировать реакцию Соногашира:



5. Приведите структурную формулу соединения **Ж**.

DABCO значительно облегчает жизнь химикам-органикам. В довольно мягких условиях в присутствии DABCO из карбоновых кислот можно получить их производные, которые, в свою очередь, играют важную роль в синтетической химии, например:



Дополнительно известно, что все атомы водорода в молекуле соединения **З** эквивалентны, а число атомов углерода в ней в два раза больше, чем в исходной молекуле уксусной кислоты.

6. Приведите структурную формулу **З**.

7. При взаимодействии **З** с 2-гидроксibenзойной кислотой в присутствии концентрированной серной кислоты при нагревании образуется вещество **И**. Это соединение широко используется в качестве лекарственного средства и обладает противовоспалительным, жаропонижающим, болеутоляющим, кровоостанавливающим действием. Приведите структурную формулу соединения **И**, а также укажите наиболее распространенное торговое название лекарственного препарата, о котором идет речь.

## **Задание 2.** «Радиоизотопное датирование».

В геологии, палеонтологии и археологии для определения возраста различных объектов чрезвычайно широко используются методы, основанные на радиоактивном распаде химических элементов. Именно с их помощью была проведена абсолютная датировка различных событий истории Земли.

Для определения возраста объектов биологического происхождения обычно используется радиоуглеродный анализ, основанный на определении в объекте соотношения радиоактивного изотопа углерода  $^{14}\text{C}$  и стабильных изотопов  $^{12}\text{C}$  и  $^{13}\text{C}$ . Изотоп  $^{14}\text{C}$  постоянно образуется в верхних слоях атмосферы на высоте 12-15 км при столкновении вторичных нейтронов космического излучения с ядрами  $^{14}\text{N}$  атмосферного азота. Из-за активного обмена веществом с окружающей средой содержание  $^{14}\text{C}$  в живых организмах примерно такое же, как и в атмосфере. После гибели организма углеродный обмен прекращается, и концентрация радиоактивного изотопа постепенно падает в результате его распада, сопровождающегося выделением  $\beta^-$ -частиц (электронов).

**1.** Запишите уравнения ядерных реакций образования  $^{14}\text{C}$  в атмосфере и его последующего распада.

Радиоактивный распад является реакцией первого порядка (скорость реакции прямо пропорциональна концентрации реагента). Это означает, что концентрация распадающегося изотопа экспоненциально убывает в соответствии с уравнением  $C(t) = C_0 \cdot e^{-kt}$ , где  $C(t)$  – концентрация распадающегося изотопа в момент времени  $t$ ,  $C_0$  – начальная концентрация этого изотопа,  $k$  – константа скорости распада. Кинетику радиоактивного распада удобно характеризовать периодом полураспада  $\tau_{1/2}$  – временем, за которое распадается половина от исходного количества изотопа.

**2.** Выведите выражение, связывающее константу скорости  $k$  и период полураспада  $\tau_{1/2}$ .

В Эйросской пещере (Испания) нашли зуб пещерного медведя, радиоактивность которого составила 5,43 % от радиоактивности окружающей среды (в расчёте на равное количество углерода).

**3.** Вычислите возраст останков пещерного медведя, если период полураспада  $^{14}\text{C}$  составляет 5730 лет.

Для установления возраста горных пород часто используется уран-свинцовый метод датирования, основанный на превращении изотопов  $^{238}\text{U}$  и  $^{235}\text{U}$  в стабильные изотопы  $^{206}\text{Pb}$  и  $^{207}\text{Pb}$ . Эти превращения являются рядами последовательных распадов с выделением  $\alpha$ -частиц и  $\beta^-$ -частиц.

**4.** Запишите суммарные уравнения распада ядер  $^{238}\text{U}$  и  $^{235}\text{U}$  до  $^{206}\text{Pb}$  и  $^{207}\text{Pb}$ .

Из найденных на Земле метеоритов наиболее изученным (и наиболее древним) считается метеорит Альенде, упавший в 1969 году в Мексике. Для определения его возраста был использован уран-свинцовый метод. Были найдены следующие соотношения концентраций изотопов:  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} = 1,03$  и  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U} = 89,1$ .

Период полураспада ядер  $^{238}\text{U}$  и  $^{235}\text{U}$  (они претерпевают  $\alpha$ -распад) равен 4,47 млрд. и 0,704 млрд. лет соответственно. Отметим, что в цепочках распадов обоих изотопов урана первая стадия протекает гораздо медленнее последующих, поэтому можно считать скорость всего процесса равной скорости первой стадии.

**5.** Вычислите возраст метеорита Альенде.

Еще один способ определения возраста геологических объектов основан на радиоактивном распаде изотопа  $^{40}\text{K}$ . Этот изотоп может параллельно вступать в две ядерные реакции:  $\beta^-$ -распад (период полураспада 1,47 млрд. лет) и захват орбитального электрона ядром (K-захват, период полураспада 11,93 млрд. лет).

**6.** Напишите уравнения этих ядерных реакций.

**7.** Рассчитайте, какая доля распадающегося изотопа  $^{40}\text{K}$  подвергается  $\beta^-$ -распаду.

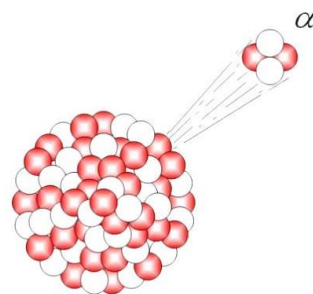
**8.** Рассчитайте общий период полураспада  $^{40}\text{K}$  по обеим реакциям.

Для определения возраста измеряют содержание одного из продуктов распада ядра  $^{40}\text{K}$  в породе.

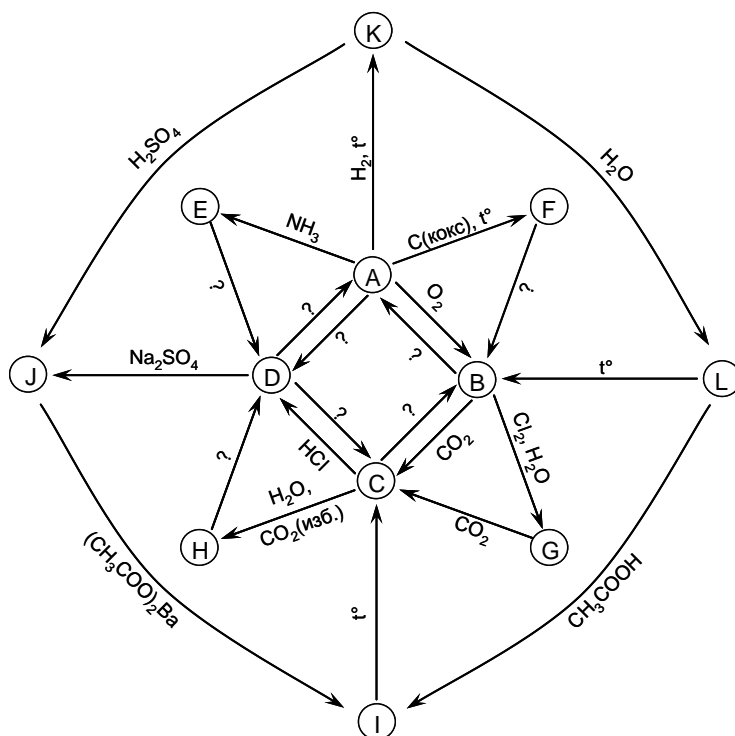
**9.** Как Вы думаете, содержание какого из двух продуктов распада ядра  $^{40}\text{K}$  измеряют геологи, и почему именно его?

Изотопная распространённость  $^{40}\text{K}$  составляет 0,0117 %, массовая доля калия в организме человека примерно равна 0,25 %.

**10.** Оцените, сколько атомов  $^{40}\text{K}$  находится в организме человека массой 70 кг. А сколько таких атомов подвергается радиоактивному распаду в нашем организме в течение 70 лет жизни?



**Задание 3.** На схеме приведены превращения одного хорошо известного Вам металла **A**. Это пятый по распространенности элемент в земной коре (3,4% масс.). Он широко встречается как в живой, так и в неживой природе. Он является неотъемлемым компонентом известняка, мрамора, мела, апатитов и гипса. Им богата костная и зубная ткани. Его много в молоке и рыбе. Массовая доля металла в соединении **B** составляет 71,5 %, в **E** – 55,6 %, в **F** – 62,5 %.



1. Установите элемент **A**, напишите формулы веществ **B–L**. Составы соединений **E** и **F** подтвердите расчетом.

2. Напишите уравнения реакций, представленных на схеме (всего 24 уравнения).

**Задание 4.** «Краски – однородные суспензии пигментов или их смесей с наполнителями в пленкообразователях, дающие после высыхания твердые непрозрачные покрытия».

Химическая энциклопедия

Основой всех красок являются пигменты – порошкообразные красящие вещества, нерастворимые в средах, используемых для нанесения краски. Пигменты используются человеком с древнейших времен. Сначала люди использовали такие подручные материалы, как сажу (чёрный пигмент), цветные глины, различные минералы, получая из них пигменты измельчением, просеиванием и отмучиванием. Некоторые из этих натуральных пигментов были слишком дороги или малостойки и поэтому были постепенно заменены искусственными пигментами, которые в конце концов почти полностью вытеснили натуральные. Знание состава пигментов, использованных человеком в различные исторические эпохи, даёт возможность провести атрибуцию картины и установить время её создания. По химической природе пигменты можно разделить на две большие группы – органические и неорганические. О последних и пойдет речь в этой задаче.



Одним из самых важных для живописи является белый пигмент, так как при написании картин все остальные краски обязательно смешивают с ним. Древнейший белый пигмент, дошедший до наших дней в произведениях станковой живописи, имеет состав  $A \cdot 2B$  (молярное соотношение 1:2). Он имеет чистый белый цвет и обладает высочайшей кроющей способностью. Однако сейчас он практически не используется, так как и **A**, и **B** (существующие также и по отдельности) представляют собой соединения высокотоксичного металла **M**. Пигмент практически нерастворим в воде, но легко растворяется в разбавленной азотной кислоте [реакция 1]. В ходе растворения 15,5 г пигмента в  $HNO_3$ (разб) выделилось 896 мл газа **Г** с плотностью 1,964 г/л (н.у.), и получился только раствор вещества **B** в  $HNO_3$ (разб). Если к этому раствору добавить раствор плавиковой кислоты, то выпадет 14,70 г осадка [2], а если раствор серной кислоты – то 18,18 г осадка [3]. Известно, что в соединениях **A–B** металл **M** имеет одинаковую степень окисления, растворение **A** в кислотах происходит без выделения газа.

1. Установите металл **M**, напишите названия веществ **A–Г**, уравнения реакций [1-3].

Максимум чувствительности человеческого зрения при дневном освещении соответствует световой волне с длиной 556 нм. Это значение попадает в диапазон длин волн, соответствующих зелёной части спектра. Один из самых известных зеленых пигментов, «ринманова зелень», который также называют «зелёный Д», имеет состав  $E \cdot xЖ$  ( $x = 5-100$ ). Соединения **E** и **Ж** – оксиды металлов **Д** и **З**, соответственно. В навеске металла **З** массой 1,086 г содержится  $10^{22}$  атомов, массовая доля **Д** в зелени состава  $E \cdot 5Ж$  составляет 12,23 %. Дополнительно известно, что ядро атома **Д** содержит нечётное число протонов, а его степень окисления в оксиде **E** равна +2.

2. Установите металлы **Д** и **З**, формулы оксидов **Е** и **Ж**. Как можно отличить пигмент состава **Е\*5Ж** от пигмента **Е\*50Ж**?

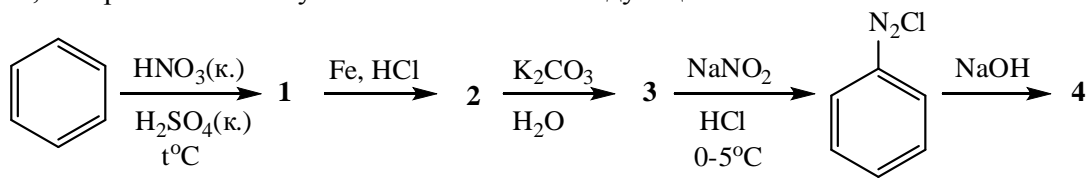
Соединение сложного состава **И\*К\*20Л** является примером пигмента жёлтого цвета. Вещества **И**, **К** и **Л** – оксиды разных металлов. Навеска оксида **И** массой 2,92 г взаимодействует с  $\text{HNO}_3$  (конц.) в мольном отношении 1:4 с выделением бурого газа и образованием нерастворимого остатка. Масса остатка после его сушки составила 3,24 г (массовая доля металла 75,3 %). Восстановление 1,87 г оксида **К** водородом привело к образованию 0,45 мл  $\text{H}_2\text{O}$  (н.у.) и металла, атом которого содержит четное число протонов. Массовая доля вещества **Л** в желтом пигменте составляет 81,35 %. Отдельно взятое вещество **Л** является невероятно стойким ослепительно белым пигментом. Оно широко используется для производства белил, пластмасс, ламинированной бумаги, и даже добавляется в зубную пасту.

3. Установите формулы оксидов **И**, **К** и **Л**.

4. Напишите уравнения следующих реакций: а)  $\text{A} + \text{H}_2\text{O}_{2(\text{конц.})} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \dots$ ; б)  $\text{B} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \dots$ ; в)  $\text{B} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \dots$ ;  
 г)  $\text{Г} + \text{C} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \dots$ ; д)  $\text{Д} + \text{HCl} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \dots$ ; е)  $\text{Е} + \text{O}_2 \xrightarrow{500^\circ\text{C}} \dots$ ; ж)  $\text{Ж} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ; з)  $\text{З} + \text{NaOH} \rightarrow \dots$ ;  
 и)  $\text{И} + \text{HNO}_{3(\text{конц.})} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \dots$ ; к)  $\text{К} + \text{H}_2 \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \dots$ ; л)  $\text{Л} + \text{HF}_{(\text{конц.})} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \dots$ ; м)  $\text{М} + \text{HNO}_{3(\text{разб.})} \xrightarrow{t, ^\circ\text{C}} \dots$ ;

### Задание 5. «Предшественники органических красителей»

Ароматические соли диазония – соединения общей формулы  $[\text{RN}_2]^+ \text{Hal}^-$ , где **R** – ароматический радикал, а **Hal** – галоген. Эти соединения химически очень активны и неустойчивы при комнатной температуре, поэтому их получают при охлаждении и обычно не выделяют в чистом виде, а сразу же используют в дальнейшем синтезе. Основным способом получения растворов этих солей является обработка ароматического амина нитритом щелочного металла в кислой среде при  $\sim 0^\circ\text{C}$ . В щелочной среде соли диазония образуют, как правило, более устойчивые диазотаты. Примером диазотата является соединение **4**, которое можно получить из бензола по следующей схеме.

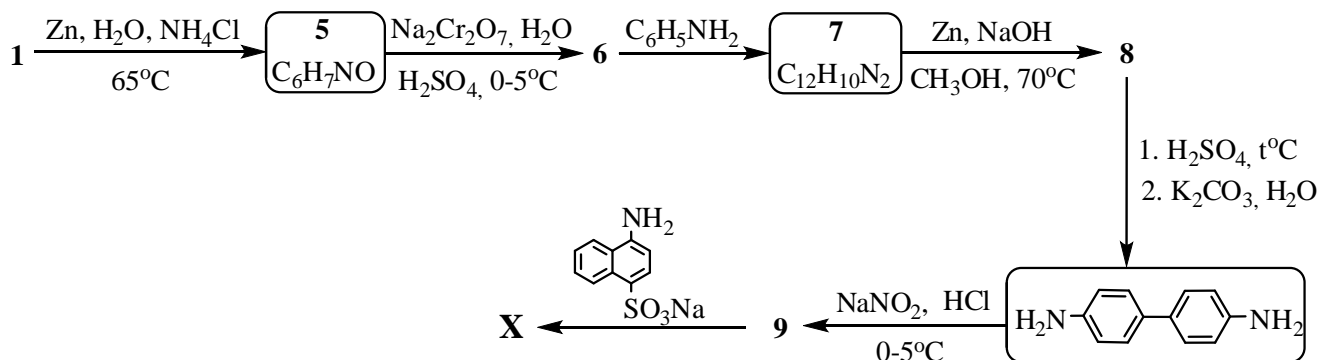


1. Приведите структурные формулы соединений **1-4**.

2. Превращение вещества **1** в **3** известно сегодня как именная реакция. Для осуществления этой реакции ее автор впервые использовал раствор сульфида аммония. Назовите фамилию ученого, именем которого названа эта реакция.

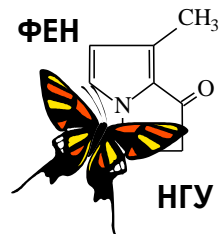
3. Для катиона фенилдиазония  $[(\text{C}_6\text{H}_5)\text{N}_2]^+$  приведите две резонансные структуры, которые показывают строение диазо-группы.

Соли диазония применяются для самых разнообразных синтезов, среди которых одними из самых важных являются синтезы азокрасителей и индикаторов. Примером кислотно-основного индикатора ряда азосоединений является конго красный (вещество **X**), переход окраски которого происходит от сине-фиолетовой (в кислой среде) к красной (в нейтральной среде). Ниже представлена схема синтеза этого индикатора из соединения **1**.



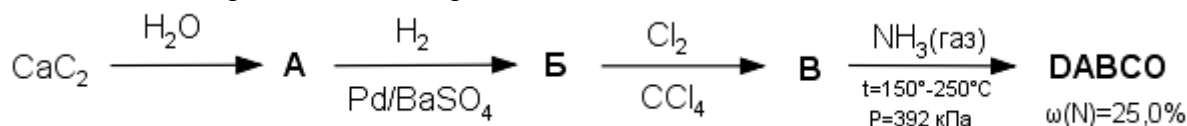
4. Приведите структурные формулы соединений **5-9** и индикатора **X**.

5. Какую среду покажет конго красный в водном растворе соединения **2**? Кратко (1-2 предложения) поясните свой ответ.

**Задание 1.** «Широкие возможности DABCO»

Азоторганические соединения всё больше и больше привлекают внимание современных ученых. Комбинируя атомы азота и различные органические заместители, можно получать огромное количество соединений, имеющих самые разнообразные свойства: способность образовывать прочные и устойчивые полимеры, каталитическая, биологическая активность и др.

Давно отмечено, что азоторганические соединения способны выступать в роли лигандов и, несомненно, играют огромную роль в развитии координационной химии. Одним из представителей таких органических соединений является вещество, часто обозначаемое химиками как «DABCO». Схема его синтеза из карбида кальция представлена ниже.



Дополнительно известно, что DABCO относят к бициклическим соединениям, а все атомы водорода в его молекуле эквивалентны (в его ЯМР  $^1\text{H}$  спектре имеется 1 сигнал). На образование одной молекулы DABCO требуется 3 молекулы соединения В и две молекулы  $\text{NH}_3$ .

1. Изобразите структурные формулы соединений А–В и DABCO. Назовите соединения А–В по номенклатуре ИЮПАК. Попробуйте расшифровать аббревиатуру «DABCO»?

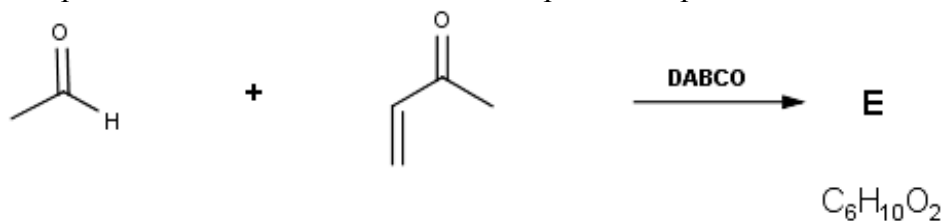
В настоящее время существует несколько кислотно-основных теорий. Для органической и координационной химии наиболее значимой является теория кислот и оснований Льюиса.

2. Сформулируйте понятие кислоты и основания по Льюису. К какому классу можно отнести DABCO согласно этой теории? Кратко (не более 1-2 предложений) поясните свой ответ.

Молекула DABCO может выступать в качестве лиганда при образовании комплексных соединений с ионами переходных металлов.

3. Что такое лиганд? Сколько донорных атомов (указать, атомами какого элемента они являются) имеет молекула DABCO?

Благодаря своим кислотно-основным свойствам DABCO способен катализировать некоторые классы реакций в органической химии. Одна из таких реакций представлена ниже.



4. Приведите структурную формулу и название (ИЮПАК) соединения Е.

**Задание 2.** «Радиоизотопное датирование».

В геологии, палеонтологии и археологии для определения возраста различных объектов чрезвычайно широко используются методы, основанные на радиоактивном распаде химических элементов. Именно с их помощью была проведена абсолютная датировка различных событий истории Земли.

Для определения возраста объектов биологического происхождения обычно используется радиоуглеродный анализ, основанный на определении в объекте соотношения радиоактивного изотопа углерода  $^{14}\text{C}$  и стабильных изотопов  $^{12}\text{C}$  и  $^{13}\text{C}$ . Изотоп  $^{14}\text{C}$  постоянно образуется в верхних слоях атмосферы на высоте 12-15 км при столкновении вторичных нейтронов космического

излучения с ядрами  $^{14}\text{N}$  атмосферного азота. Из-за активного обмена веществом с окружающей средой содержание  $^{14}\text{C}$  в живых организмах примерно такое же, как и в атмосфере. После гибели организма углеродный обмен прекращается, и концентрация радиоактивного изотопа постепенно падает в результате его распада, сопровождающегося выделением  $\beta^-$ -частиц (электронов).

1. Запишите уравнения ядерных реакций образования  $^{14}\text{C}$  в атмосфере и его последующего распада.

Радиоактивный распад является реакцией первого порядка (скорость реакции прямо пропорциональна концентрации реагента). Это означает, что концентрация распадающегося изотопа экспоненциально убывает в соответствии с уравнением

$$C(t) = C_0 \cdot e^{-kt},$$

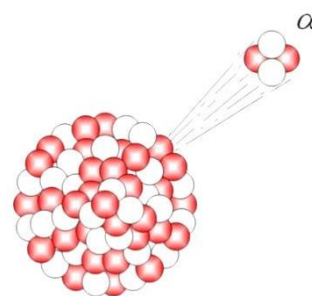
где  $C(t)$  – концентрация распадающегося изотопа в момент времени  $t$ ,  $C_0$  – начальная концентрация этого изотопа,  $k$  – константа скорости распада. Кинетику радиоактивного распада удобно характеризовать периодом полураспада  $\tau_{1/2}$  – временем, за которое распадается половина от исходного количества изотопа.

2. Выведите выражение, связывающее константу скорости  $k$  и период полураспада  $\tau_{1/2}$ .

В Эйросской пещере (Испания) нашли зуб пещерного медведя, радиоактивность которого составила 5,43 % от радиоактивности окружающей среды (в расчёте на равное количество углерода).

3. Вычислите возраст останков пещерного медведя, если период полураспада изотопа  $^{14}\text{C}$  составляет 5730 лет.

Для установления возраста горных пород часто используется уран-свинцовый метод датирования, основанный на превращении изотопов  $^{238}\text{U}$  и  $^{235}\text{U}$  в стабильные изотопы  $^{206}\text{Pb}$  и  $^{207}\text{Pb}$ . Эти превращения являются рядами последовательных распадов с выделением  $\alpha$ -частиц (ядер  $^4\text{He}$ ) и  $\beta^-$ -частиц.



4. Запишите суммарные уравнения распада изотопов  $^{238}\text{U}$  и  $^{235}\text{U}$  до изотопов свинца.

Из найденных на Земле метеоритов наиболее изученным (и наиболее древним) считается метеорит Альенде, упавший в 1969 году в Мексике. Для определения его возраста был использован уран-свинцовый метод. Были найдены следующие соотношения концентраций изотопов:  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} = 1,03$  и  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U} = 89,1$ .

Период полураспада ядер  $^{238}\text{U}$  и  $^{235}\text{U}$  (они претерпевают  $\alpha$ -распад) равен 4,47 млрд. и 0,704 млрд. лет соответственно. Отметим, что в цепочках распадов обоих изотопов урана первая стадия протекает гораздо медленнее последующих, поэтому можно считать скорость всего процесса равной скорости первой стадии.

5. Вычислите возраст метеорита Альенде.

Еще один способ определения возраста геологических объектов основан на радиоактивном распаде изотопа  $^{40}\text{K}$ . Этот изотоп может параллельно вступать в две ядерные реакции:  $\beta^-$ -распад (период полураспада 1,47 млрд. лет) и захват орбитального электрона ядром (K-захват, период полураспада 11,93 млрд. лет).

6. Напишите уравнения этих ядерных реакций.

7. Рассчитайте, какая доля распадающегося изотопа  $^{40}\text{K}$  подвергается  $\beta^-$ -распаду.

8. Рассчитайте общий период полураспада  $^{40}\text{K}$  по обеим реакциям.

Для определения возраста измеряют содержание одного из продуктов распада ядра  $^{40}\text{K}$  в породе.

9. Как Вы думаете, содержание какого из двух продуктов распада ядра  $^{40}\text{K}$  измеряют геологи, и почему именно его?

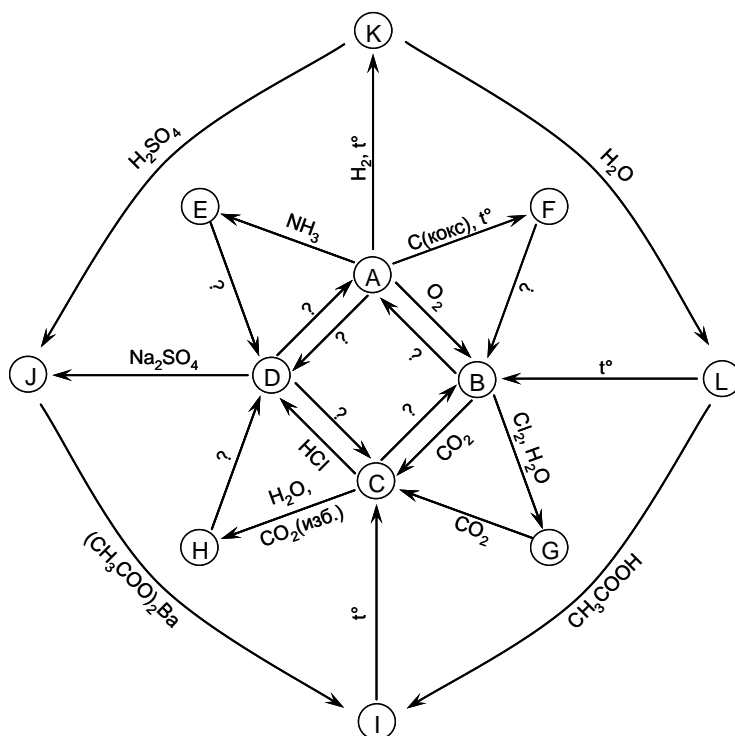
Изотопная распространённость  $^{40}\text{K}$  составляет 0,0117 %, массовая доля калия в организме человека примерно равна 0,25 %.

10. Оцените, сколько атомов  $^{40}\text{K}$  находится в организме человека массой 70 кг. А сколько таких атомов подвергается радиоактивному распаду в нашем организме в течение 70 лет жизни?

**Задание 3.** На схеме приведены превращения одного хорошо известного Вам металла **A**. Это пятый по распространенности элемент в земной коре (3,4% масс.). Он широко встречается как в живой, так и в неживой природе. Он является неотъемлемым компонентом известняка, мрамора, мела, апатитов и гипса. Им богата костная и зубная ткани. Его много в молоке и рыбе. Массовая доля металла в соединении **B** составляет 71,5 %, в **E** – 55,6 %, в **F** – 62,5 %.

1. Установите элемент **A**, напишите формулы веществ **B–L**. Составы соединений **E** и **F** подтвердите расчетом.

2. Напишите уравнения реакций, представленных на схеме (всего 24 уравнения).



**Задание 4.** «Краски – однородные суспензии пигментов или их смесей с наполнителями в пленкообразователях, дающие после высыхания твердые непрозрачные покрытия».

Химическая энциклопедия



Основой всех красок являются пигменты – порошкообразные красящие вещества, нерастворимые в средах, используемых для нанесения краски. Пигменты используются человеком с древнейших времен. Сначала люди использовали такие подручные материалы, как сажу (чёрный пигмент), цветные глины, различные минералы, получая из них пигменты измельчением, просеиванием и отмучиванием. Некоторые из этих натуральных пигментов были слишком дороги или малостойки и поэтому были постепенно заменены искусственными пигментами, которые в конце концов почти полностью вытеснили натуральные. Современные пигменты зачастую представляют собой сложные шедевры химической технологии. Знание состава пигментов, использованных человеком в различные исторические эпохи, даёт возможность провести атрибуцию картины и установить время её создания. По химической природе пигменты можно разделить на две большие группы – органические и неорганические. О последних и пойдет речь в этой задаче.

Одним из самых важных для живописи является белый пигмент, так как при написании картин все остальные краски обязательно смешивают с ним. Древнейший белый пигмент, дошедший до наших дней в произведениях станковой живописи, имеет состав  $A \cdot 2B$  (мольное соотношение 1:2). Он имеет чистый белый цвет и обладает высочайшей кроющей способностью. Однако сейчас он практически не используется, так как и **A**, и **B** (существующие также и по отдельности) представляют собой соединения высокотоксичного металла **M**. Пигмент практически нерастворим в воде, но легко растворяется в разбавленной азотной кислоте [реакция 1]. В ходе растворения 15,5 г пигмента в  $HNO_3$ (разб) выделилось 896 мл газа **Г** с плотностью 1,964 г/л (н.у.), и получился только раствор вещества **B** в разбавленной азотной кислоте. Если к этому раствору добавить раствор плавиковой кислоты, то выпадет 14,70 г осадка [2], а если раствор серной кислоты – то 18,18 г осадка [3]. Известно, что в соединениях **A-B** металл **M** имеет одинаковую степень окисления, растворение **A** в кислотах происходит без выделения газа.

1. Установите металл **M**, напишите названия веществ **A-Г**, уравнения реакций [1-3].

Максимум чувствительности человеческого зрения при дневном освещении соответствует световой волне с длиной 556 нм. Это значение попадает в диапазон длин волн, соответствующих зелёной части спектра. Один из самых известных зеленых пигментов, «ринманова зелень», который

также называют «зелёный Д», имеет состав  $E \cdot x \cdot Ж$  ( $x = 5-100$ ). Соединения **Е** и **Ж** – оксиды металлов **Д** и **З**, соответственно. В навеске металла **З** массой 1,086 г содержится  $10^{22}$  атомов, массовая доля **Д** в зелени состава  $E \cdot 5 \cdot Ж$  составляет 12,23 %. Дополнительно известно, что ядро атома **Д** содержит нечётное число протонов, а его степень окисления в оксиде **Е** равна +2.

2. Установите металлы **Д** и **З**, формулы оксидов **Е** и **Ж**. Как можно отличить пигмент состава  $E \cdot 5 \cdot Ж$  от пигмента  $E \cdot 5 \cdot 0 \cdot Ж$ ?

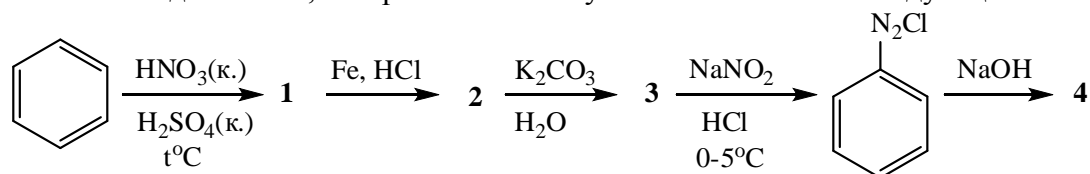
Соединение сложного состава  $I \cdot K \cdot 20 \cdot Л$  является примером пигмента жёлтого цвета. Вещества **И**, **К** и **Л** – оксиды разных металлов. Навеска оксида **И** массой 2,92 г взаимодействует с  $HNO_3$  (конц.) в мольном отношении 1:4 с выделением бурого газа и образованием нерастворимого остатка. Масса остатка после его сушки составила 3,24 г (массовая доля металла 75,3 %). Восстановление 1,87 г оксида **К** водородом привело к образованию 0,45 мл  $H_2O$  (н.у.) и металла, атом которого содержит четное число протонов. Массовая доля вещества **Л** в желтом пигменте составляет 81,35 %. Отдельно взятое вещество **Л** является невероятно стойким ослепительно белым пигментом. Оно широко используется для производства белил, пластмасс, ламинированной бумаги, и даже добавляется в зубную пасту.

3. Установите формулы оксидов **И**, **К** и **Л**.

4. Напишите уравнения следующих реакций: а)  $A + H_2O_{2(конц.)} \xrightarrow{t, ^\circ C} \dots$ ; б)  $B \xrightarrow{t, ^\circ C} \dots$ ; в)  $B \xrightarrow{t, ^\circ C} \dots$ ; г)  $G + C \xrightarrow{t, ^\circ C} \dots$ ; д)  $D + HCl \xrightarrow{t, ^\circ C} \dots$ ; е)  $E + O_2 \xrightarrow{500^\circ C} \dots$ ; ж)  $Ж + NH_3 + H_2O \rightarrow \dots$ ; з)  $З + NaOH \rightarrow \dots$ ; и)  $I + HNO_{3(конц.)} \xrightarrow{t, ^\circ C} \dots$ ; к)  $K + H_2 \xrightarrow{t, ^\circ C} \dots$ ; л)  $L + HF_{(конц.)} \xrightarrow{t, ^\circ C} \dots$ ; м)  $M + HNO_{3(разб.)} \xrightarrow{t, ^\circ C} \dots$ ;

### Задание 5. «Предшественники органических красителей»

Ароматические соли диазония – соединения общей формулы  $[RN_2]^+ Hal^-$ , где **R** – ароматический радикал, а **Hal** – галоген. Эти соединения химически очень активны и неустойчивы при комнатной температуре, поэтому их получают при охлаждении и обычно не выделяют в чистом виде, а сразу же используют в дальнейшем синтезе. Основным способом получения растворов этих солей является обработка ароматического амина нитритом щелочного металла в кислой среде при  $\sim 0^\circ C$ . В щелочной среде соли диазония образуют, как правило, более устойчивые диазотаты. Примером диазотата является соединение **4**, которое можно получить из бензола по следующей схеме.

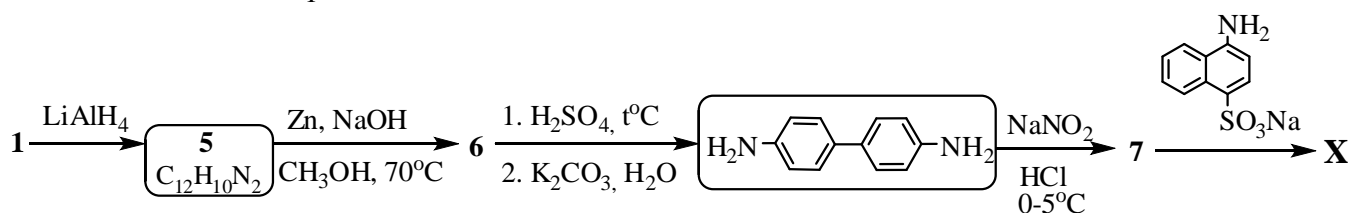


1. Приведите структурные формулы соединений **1-4**, а также названия соединений **1-3**.

2. Превращение вещества **1** в **3** известно сегодня как именная реакция. Для осуществления этой реакции ее автор впервые использовал раствор сульфида аммония. Назовите фамилию ученого, именем которого названа эта реакция.

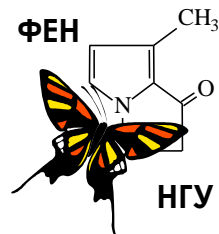
3. Для катиона фенилдиазония  $[(C_6H_5)N_2]^+$  приведите две резонансные структуры, которые показывают строение диазо-группы.

Соли диазония применяются для самых разнообразных синтезов, среди которых одними из самых важных являются синтезы азокрасителей и индикаторов. Примером кислотно-основного индикатора ряда азосоединений является конго красный (вещество **X**). Ниже представлена схема синтеза этого индикатора из соединения **1**.



4. Приведите структурные формулы соединений **5-7** и индикатора **X**.



**Задание 1.**

"Металлы – простые вещества, обладающие в обычных условиях характерными свойствами: высокой электро- и теплопроводностью, отрицательным температурным коэффициентом электропроводности, способностью хорошо отражать электромагнитные волны (блеск и непрозрачность), пластичностью."

Большая Советская Энциклопедия.

Вашему вниманию предлагается кроссворд, в котором зашифрованы названия различных металлов. Разгадайте этот кроссворд. Ответы перепишите в рабочую тетрадь в формате «номер – слово».

1. Самый известный из радиоактивных (не имеющих стабильных изотопов) металлов.
2. Щелочноземельный металл, об открытии которого Пьер и Мария Кюри сообщили 26.12.1898 г.
3. Этот элемент IVA группы обычно относят к металлам, однако образованное им простое вещество является полупроводником.

4. Самый «положительный» металл.

5. Металл, имеющий выраженный красно-оранжевый цвет.

6. Самый распространенный в природе металл. Его можно добывать прямо из глины.

7. Этот металл является тезкой всей Периодической системы.

8. Настолько тугоплавкий металл, что из него делают нити накаливания в лампочках.

9. Наоборот, самый легкоплавкий металл.

10. Очень легкий и прочный металл, из которого делают подводные лодки, бронезилеты и медицинские протезы.

11. Драгоценный металл. В его честь названо семейство благородных металлов в гр. VIII Б.

12. Этот активный металл почти в 2 раза легче воды.

13. А этот металл является тезкой всей России. Его символ Вы найдете на любом российском сайте.

14. Еще один благородный металл, прославившийся еще и тем, что он самый тяжелый.

15. Многие искренне заблуждаются, думая, что этот лантаноид назван в честь центра одной из областей России, известной на весь мир своими «Жигулями» и «Ладами».

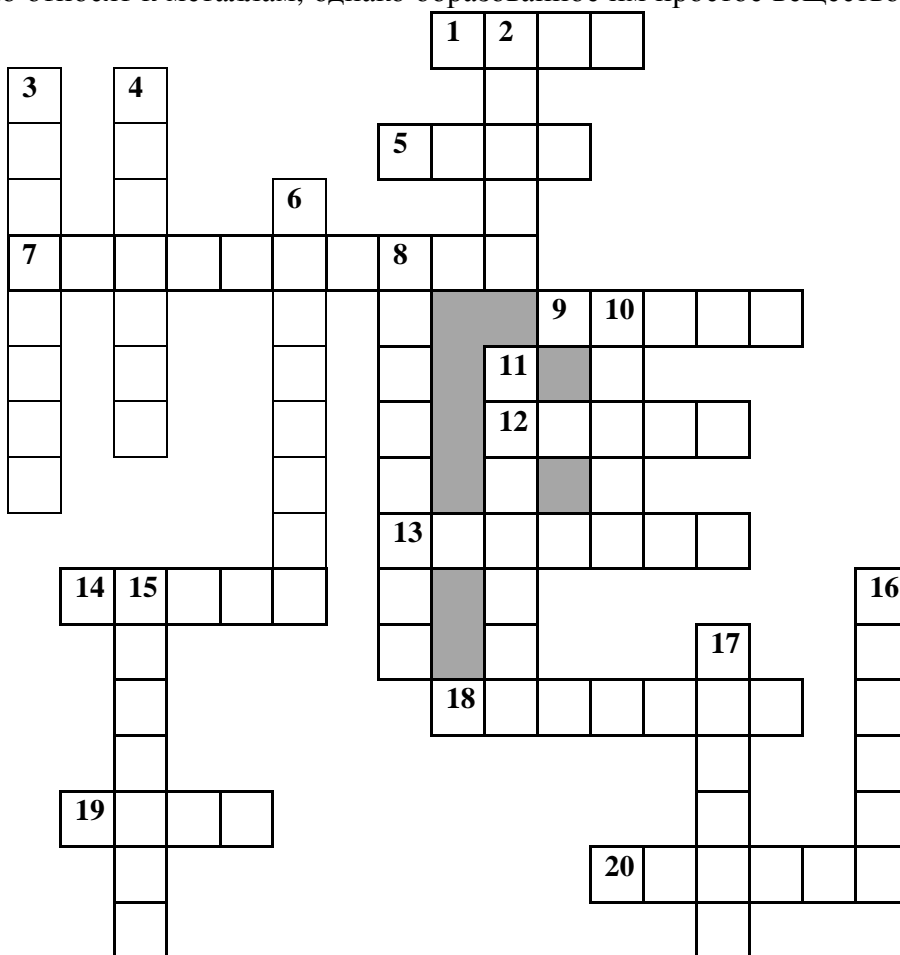
16. Этот металл так широко используется человеком, что для многих его название и слово «металл» - практически синонимы.

17. Во многих странах, в т. ч. и в России, из этого металла и его сплавов чеканят монеты.

18. Этот металл входит в состав обычного школьного мелка.

19. Один из наиболее твердых металлов; им покрывают другие металлы для увеличения прочности.

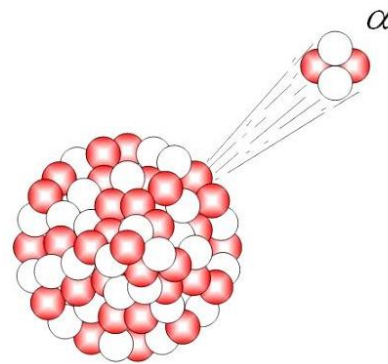
20. Самый известный и заслуженный из благородных металлов. Пятая часть всех его мировых запасов хранится в государственных резервах.



## Задание 2. «Радиоизотопное датирование».

В геологии, палеонтологии и археологии для определения возраста различных объектов чрезвычайно широко используются методы, основанные на радиоактивном распаде химических элементов. Именно с их помощью была проведена абсолютная датировка различных событий истории Земли.

Для определения возраста объектов биологического происхождения обычно используется радиоуглеродный анализ, основанный на определении в объекте соотношения радиоактивного изотопа углерода  $^{14}\text{C}$  и стабильных изотопов  $^{12}\text{C}$  и  $^{13}\text{C}$ .



1. Дайте определение понятию «изотопы». Сколько протонов, нейтронов и электронов содержит атом  $^{14}\text{C}$ ?

Природный углерод состоит в основном из стабильных изотопов  $^{12}\text{C}$  и  $^{13}\text{C}$ , а доля радиоактивного изотопа  $^{14}\text{C}$  составляет всего лишь около  $10^{-10}\%$ .

2. Используя значение атомной массы углерода, приведённое в выданной Вам периодической системе, рассчитайте долю (в ат. %) изотопа  $^{13}\text{C}$  в природе. Содержанием  $^{14}\text{C}$  можно пренебречь.

Изотоп  $^{14}\text{C}$  постоянно образуется в верхних слоях атмосферы на высоте 12-15 км при столкновении вторичных нейтронов космического излучения с ядрами  $^{14}\text{N}$  атмосферного азота.

3. Запишите уравнение ядерной реакции образования изотопа  $^{14}\text{C}$  в атмосфере.

\*Уравнение ядерной реакции является правильным, если в правой и левой его половинах соблюдается равенство общего массового числа и равенство общего числа зарядов, например  $^{14}_7\text{N} + {}^4_2\alpha = {}^1_1\text{p} + {}^{17}_8\text{O}$ . Помимо ядер атомов, в уравнениях ядерных реакций часто фигурируют нейтроны ( ${}^1_0\text{n}$ ), протоны ( ${}^1_1\text{p}^+$ ), электроны ( ${}^0_{-1}\beta^-$ ),  $\alpha$ -частицы ( ${}^4_2\alpha$ ) и позитроны ( ${}^0_1\beta^+$ ).

Из-за активного обмена веществом с окружающей средой содержание  $^{14}\text{C}$  в живых организмах примерно такое же, как и в атмосфере. После гибели организма углеродный обмен прекращается, и концентрация радиоактивного изотопа постепенно падает в результате его распада, сопровождающегося выделением  $\beta^-$ -частиц (электронов).

4. Запишите уравнение реакции  $\beta^-$ -распада изотопа  $^{14}\text{C}$ .

Концентрация распадающегося изотопа зависит от времени следующим образом:

$$C(t) = C_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{\tau}}$$
, где  $C(t)$  – концентрация распадающегося изотопа в момент времени  $t$ ,  $C_0$  – концентрация этого изотопа в начальный момент времени,  $\tau$  – период полураспада (время, за которое распадается половина от исходного количества изотопа).

В Эйросской пещере (Испания) нашли зуб пещерного медведя, радиоактивность которого оказалась примерно в 16 раз меньше, чем радиоактивность окружающей среды (в расчёте на равное количество углерода).

5. Оцените возраст останков пещерного медведя, если период полураспада изотопа  $^{14}\text{C}$  составляет 5730 лет.

Для установления возраста горных пород часто используется уран-свинцовый метод датирования, основанный на превращении изотопов  $^{238}\text{U}$  и  $^{235}\text{U}$  в стабильные изотопы  $^{206}\text{Pb}$  и  $^{207}\text{Pb}$ . Эти превращения являются рядами последовательных распадов с выделением  $\alpha$ - и  $\beta^-$ -частиц.

6. Запишите суммарные уравнения распада изотопов  $^{238}\text{U}$  и  $^{235}\text{U}$  до соответствующих изотопов свинца.

Из найденных на Земле метеоритов наиболее изученным (и наиболее древним) считается метеорит Альенде, упавший в 1969 году в Мексике. Для определения его возраста был использован уран-свинцовый метод. Соотношение концентраций  $^{206}\text{Pb} : ^{238}\text{U}$  в метеорите оказалось приблизительно равно 1 : 1.

Период полураспада ядра  $^{238}\text{U}$  (оно претерпевает  $\alpha$ -распад) равен 4,47 млрд. лет. Отметим, что в цепочке распада  $^{238}\text{U}$  первая стадия протекает гораздо медленнее последующих, поэтому можно считать скорость всего процесса равной скорости первой стадии.

7. Запишите уравнение реакции  $\alpha$ -распада ядра  $^{238}\text{U}$ . Оцените возраст метеорита Альенде.

Еще один способ определения возраста геологических объектов основан на радиоактивном распаде изотопа  $^{40}\text{K}$ . Этот изотоп может параллельно вступать в две ядерные реакции:  $\beta^-$ -распад и захват орбитального электрона ядром (К-захват).

8. Напишите уравнения этих ядерных реакций.

Для определения возраста измеряют содержание одного из продуктов распада ядра  $^{40}\text{K}$  в горной породе.

9. Как Вы думаете, содержание какого из двух продуктов распада ядра  $^{40}\text{K}$  измеряют геологи, и почему именно его?

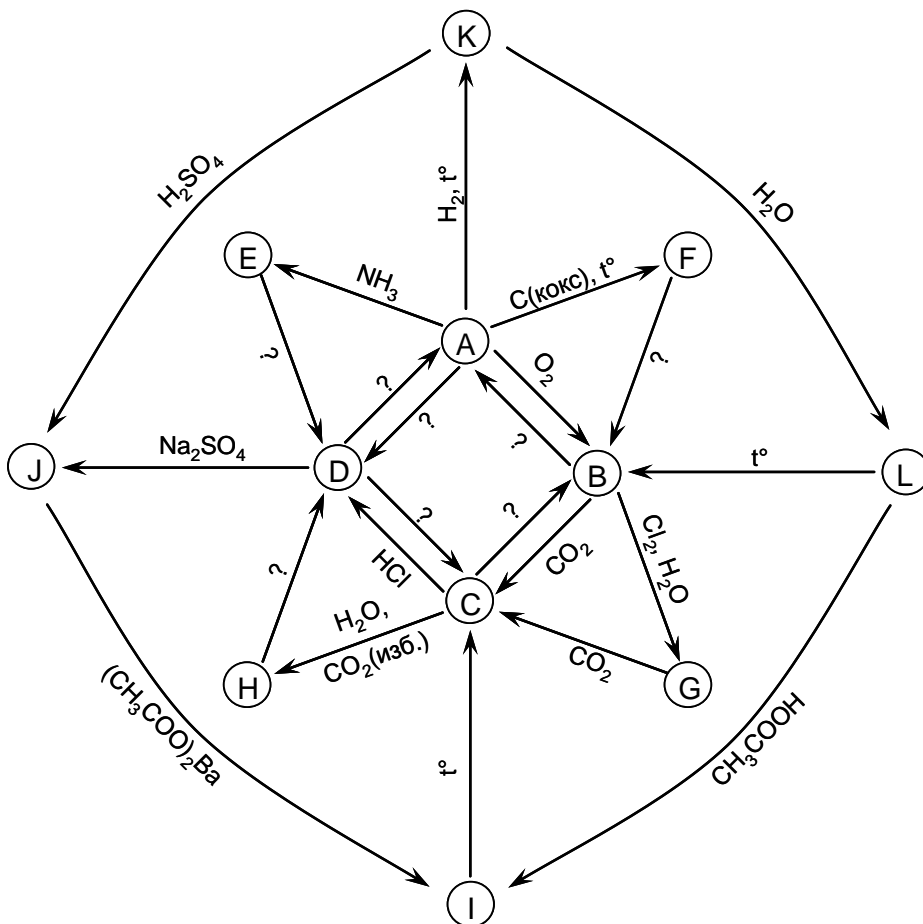
Изотопная распространённость  $^{40}\text{K}$  составляет 0,0117 %, массовая доля калия в организме человека примерно равна 0,25 %.

10. Оцените, сколько атомов  $^{40}\text{K}$  находится в организме человека массой 70 кг.

**Задание 3.** На схеме приведены превращения одного хорошо известного Вам металла А. Это пятый по распространенности элемент в земной коре (3,4% масс.). Он широко встречается как в живой, так и в неживой природе. Он является неотъемлемым компонентом известняка, мрамора, апатитов и гипса. Им богата костная и зубная ткани. Его много в молоке и рыбе. Массовая доля металла в соединении В составляет 71,5 %, в Е – 55,6 %, в F – 62,5 %.

1. Установите элемент А, напишите формулы веществ В–L. Составы соединений Е и F подтвердите расчетом.

2. Напишите уравнения реакций, представленных на схеме (всего 24 уравнения).



**Задание 4.** «Краски – однородные суспензии пигментов или их смесей с наполнителями в пленкообразователях, дающие после высыхания твердые непрозрачные покрытия».

Химическая энциклопедия

Основой всех красок являются пигменты – порошкообразные красящие вещества, нерастворимые в средах, используемых для нанесения краски. Пигменты используются человеком с древнейших времен. Сначала люди использовали такие подручные материалы, как сажу (чёрный пигмент), цветные глины, различные минералы, получая из них пигменты измельчением, просеиванием и отмучиванием. Некоторые из этих натуральных пигментов были слишком дороги или малостойки и поэтому были постепенно заменены искусственными пигментами, которые в конце концов почти полностью вытеснили натуральные. Современные пигменты зачастую представляют собой сложные шедевры химической технологии. Знание состава пигментов, использованных человеком в



различные исторические эпохи, даёт возможность провести атрибуцию картины и установить время её создания. По химической природе пигменты можно разделить на две большие группы – органические и неорганические. О последних и пойдет речь в нашей задаче.

Одним из самых важных для живописи является белый пигмент, так как при написании картин все остальные краски обязательно смешивают с ним. Древнейший белый пигмент, дошедший до наших дней в произведениях станковой живописи, имеет состав **A\*2B** (молярное соотношение 1:2). Он имеет чистый белый цвет и обладает высочайшей кроющей способностью. Однако сейчас он практически не используется, так как и **A**, и **B** (существующие также и по отдельности) представляют собой соединения высокотоксичного металла **M**. Пигмент практически нерастворим в воде, но легко растворяется в разбавленных хлорной [реакция 1] и азотной [2] кислотах. В ходе растворения 15,5 г пигмента в  $\text{HNO}_3(\text{разб.})$  выделилось 896 мл газа **Г** (н.у.) с плотностью по водороду 22, и получился только раствор вещества **B** (азотнокислой соли **M**) в разбавленной азотной кислоте. Если к этому раствору добавить раствор фтороводородной (плавиковой) кислоты, то выпадет 14,70 г осадка [3], а если раствор серной кислоты – то 18,18 г осадка [4]. Известно, что в соединениях **A-B** металл **M** имеет степень окисления +2, растворение **A** в кислотах происходит без выделения газа.

1. Установите металл **M**, напишите названия веществ **A-Г**, уравнения реакций [1-4].

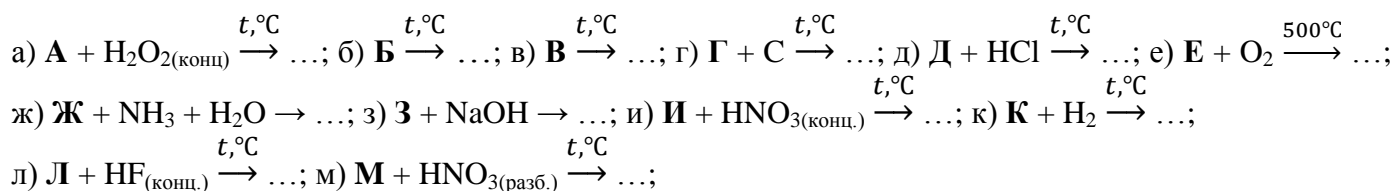
Максимум чувствительности человеческого зрения при дневном освещении соответствует световой волне с длиной 556 нм. Это значение попадает в диапазон длин волн, соответствующих зелёной части спектра. Один из самых известных зеленых пигментов, «ринманова зелень», который также называют «зелёный **D**», имеет состав **E\*xЖ** ( $x = 5-100$ ). Соединения **E** и **Ж** – оксиды металлов **D** и **З**, соответственно. В навеске металла **З** массой 1,086 г содержится  $10^{22}$  атомов, массовая доля **D** в зелени состава **E\*5Ж** составляет 12,23 %. Дополнительно известно, что ядро атома **D** содержит нечётное число протонов, а его степень окисления в оксиде **E** равна +2.

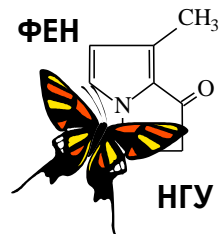
2. Установите металлы **D** и **З**, формулы оксидов **E** и **Ж**. Как можно отличить пигмент состава **E\*5Ж** от пигмента **E\*50Ж**?

Соединение сложного состава **I\*K\*20Л** является примером пигмента жёлтого цвета. Вещества **I**, **K** и **Л** – оксиды разных металлов. Навеска оксида **I** массой 2,92 г взаимодействует с  $\text{HNO}_3(\text{конц.})$  в молярном отношении 1:4 с выделением бурого газа и образованием нерастворимого остатка. Масса остатка после его сушки составила 3,24 г (массовая доля металла 75,3 %). Восстановление 1,87 г оксида **K** водородом привело к образованию 0,45 мл  $\text{H}_2\text{O}$  (н.у.) и металла, атом которого содержит четное число протонов. Массовая доля вещества **Л** в желтом пигменте составляет 81,35 %. Отдельно взятое вещество **Л** является невероятно стойким ослепительно белым пигментом. Оно широко используется для производства белил, пластмасс, ламинированной бумаги, и даже добавляется в зубную пасту.

3. Установите формулы оксидов **I**, **K** и **Л**.

4. Напишите уравнения следующих реакций:



**Задание 1.**

"Металлы – простые вещества, обладающие в обычных условиях характерными свойствами: высокой электро- и теплопроводностью, отрицательным температурным коэффициентом электропроводности, способностью хорошо отражать электромагнитные волны (блеск и непрозрачность), пластичностью."

Большая Советская Энциклопедия.

Вашему вниманию предлагается кроссворд, в котором зашифрованы названия различных металлов. Разгадайте этот кроссворд. Ответы перепишите в рабочую тетрадь в формате «номер – слово».

- Самый известный из радиоактивных (не имеющих стабильных изотопов) металлов.
- Щелочноземельный металл, об открытии которого Пьер и Мария Кюри сообщили 26.12.1898 г.
- Этот элемент IVA группы обычно относят к металлам, однако образованное им простое вещество является полупроводником.

4. Самый «положительный» металл.

5. Металл, имеющий выраженный красно-оранжевый цвет.

6. Самый распространенный в природе металл. Его можно добывать прямо из глины.

7. Этот металл является тезкой всей Периодической системы.

8. Настолько тугоплавкий металл, что из него делают нити накаливания в лампочках.

9. Наоборот, самый легкоплавкий металл.

10. Очень легкий и прочный металл, из которого делают подводные лодки, бронезилеты и медицинские протезы.

11. Драгоценный металл. В его честь названо семейство благородных металлов в гр. VIII Б.

12. Этот активный металл почти в 2 раза легче воды.

13. А этот металл является тезкой всей России. Его символ Вы найдете на любом российском сайте.

14. Еще один благородный металл, прославившийся еще и тем, что он самый тяжелый.

15. Многие искренне заблуждаются, думая, что этот лантаноид назван в честь центра одной из областей России, известной на весь мир своими «Жигулями» и «Ладами».

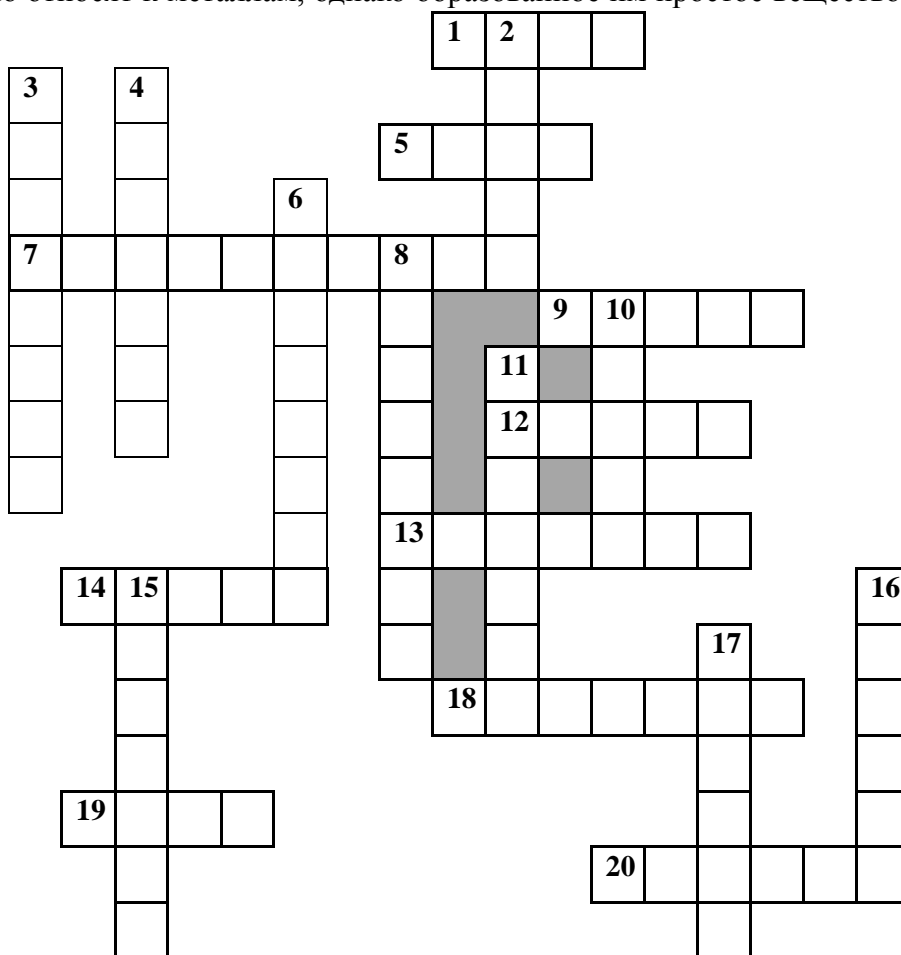
16. Этот металл так широко используется человеком, что для многих его название и слово «металл» - практически синонимы.

17. Во многих странах, в т. ч. и в России, из этого металла и его сплавов чеканят монеты.

18. Этот металл входит в состав обычного школьного мелка.

19. Один из наиболее твердых металлов; им покрывают другие металлы для увеличения прочности.

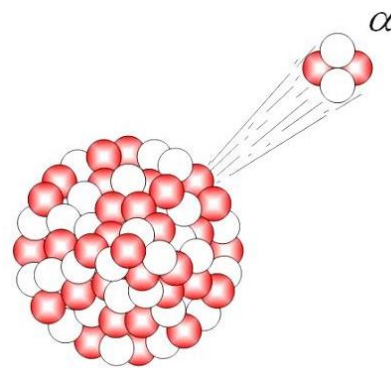
20. Самый известный и заслуженный из благородных металлов. Пятая часть всех его мировых запасов хранится в государственных резервах.



## Задание 2. «Радиоизотопное датирование».

В геологии, палеонтологии и археологии для определения возраста различных объектов чрезвычайно широко используются методы, основанные на радиоактивном распаде химических элементов. Именно с их помощью была проведена абсолютная датировка различных событий истории Земли.

Для определения возраста объектов биологического происхождения обычно используется радиоуглеродный анализ, основанный на определении в объекте соотношения радиоактивного изотопа углерода  $^{14}\text{C}$  и стабильных изотопов  $^{12}\text{C}$  и  $^{13}\text{C}$ .



1. Дайте определение понятию «изотопы». Сколько протонов, нейтронов и электронов содержит атом  $^{14}\text{C}$ ?

Природный углерод состоит в основном из стабильных изотопов  $^{12}\text{C}$  и  $^{13}\text{C}$ , а доля радиоактивного изотопа  $^{14}\text{C}$  составляет всего лишь около  $10^{-10}\%$ .

2. Используя значение атомной массы углерода, приведённое в выданной Вам периодической системе, рассчитайте долю (в ат. %) изотопа  $^{13}\text{C}$  в природе. Содержанием  $^{14}\text{C}$  можно пренебречь.

Изотоп  $^{14}\text{C}$  постоянно образуется в верхних слоях атмосферы на высоте 12-15 км при столкновении вторичных нейтронов космического излучения с ядрами  $^{14}\text{N}$  атмосферного азота.

3. Запишите уравнение ядерной реакции образования изотопа  $^{14}\text{C}$  в атмосфере.

*\*Уравнение ядерной реакции является правильным, если в правой и левой его половинах соблюдается равенство общего массового числа и равенство общего числа зарядов, например  $^{14}_7\text{N} + {}^4_2\alpha = {}^1_1\text{p} + {}^{17}_8\text{O}$ . Помимо ядер атомов, в уравнениях ядерных реакций часто фигурируют нейтроны ( ${}^1_0\text{n}$ ), протоны ( ${}^1_1\text{p}$ ), электроны ( ${}^0_{-1}\beta^-$ ),  $\alpha$ -частицы ( ${}^4_2\alpha$ ) и позитроны ( ${}^0_1\beta^+$ ). Верхний левый индекс обозначает массу частицы, а нижний левый – ее заряд.*

Из-за активного обмена веществом с окружающей средой содержание  $^{14}\text{C}$  в живых организмах примерно такое же, как и в атмосфере. После гибели организма углеродный обмен прекращается, и концентрация радиоактивного изотопа постепенно падает в результате его распада, сопровождающегося выделением  $\beta^-$ -частиц (электронов).

4. Запишите уравнение реакции  $\beta^-$ -распада изотопа  $^{14}\text{C}$ .

Концентрация распадающегося изотопа зависит от времени следующим образом:

$$C(t) = C_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{\tau}},$$

где  $C(t)$  – концентрация распадающегося изотопа в момент времени  $t$ ,  $C_0$  – концентрация этого изотопа в начальный момент времени,  $\tau$  – период полураспада (время, за которое распадается половина от исходного количества изотопа).

В Эйросской пещере (Испания) нашли зуб пещерного медведя, радиоактивность которого оказалась примерно в 16 раз меньше, чем радиоактивность окружающей среды (в расчёте на равное количество углерода).

5. Оцените возраст останков пещерного медведя, если период полураспада изотопа  $^{14}\text{C}$  составляет 5730 лет.

Для установления возраста горных пород часто используется уран-свинцовый метод датирования, основанный на превращении изотопов  $^{238}\text{U}$  и  $^{235}\text{U}$  в стабильные изотопы  $^{206}\text{Pb}$  и  $^{207}\text{Pb}$ . Эти превращения являются рядами последовательных распадов с выделением  $\alpha$ - и  $\beta^-$ -частиц.

6. Запишите суммарные уравнения распада изотопов  $^{238}\text{U}$  и  $^{235}\text{U}$  до соответствующих изотопов свинца.

Из найденных на Земле метеоритов наиболее изученным (и наиболее древним) считается метеорит Альенде, упавший в 1969 году в Мексике. Для определения его возраста был использован уран-свинцовый метод. Соотношение концентраций  $^{206}\text{Pb} : ^{238}\text{U}$  в метеорите оказалось приблизительно равно 1 : 1.

Период полураспада ядра  $^{238}\text{U}$  (оно претерпевает  $\alpha$ -распад) равен 4,47 млрд. лет. Отметим, что в цепочке распада  $^{238}\text{U}$  первая стадия протекает гораздо медленнее последующих, поэтому можно считать скорость всего процесса равной скорости первой стадии.

7. Запишите уравнение реакции  $\alpha$ -распада ядра  $^{238}\text{U}$ . Оцените возраст метеорита Альенде.

Еще один способ определения возраста геологических объектов основан на радиоактивном распаде изотопа  $^{40}\text{K}$ . Этот изотоп может параллельно вступать в две ядерные реакции:  $\beta^-$ -распад и захват орбитального электрона ядром (К-захват).

8. Напишите уравнения этих ядерных реакций.

Для определения возраста измеряют содержание одного из продуктов распада ядра  $^{40}\text{K}$  в горной породе.

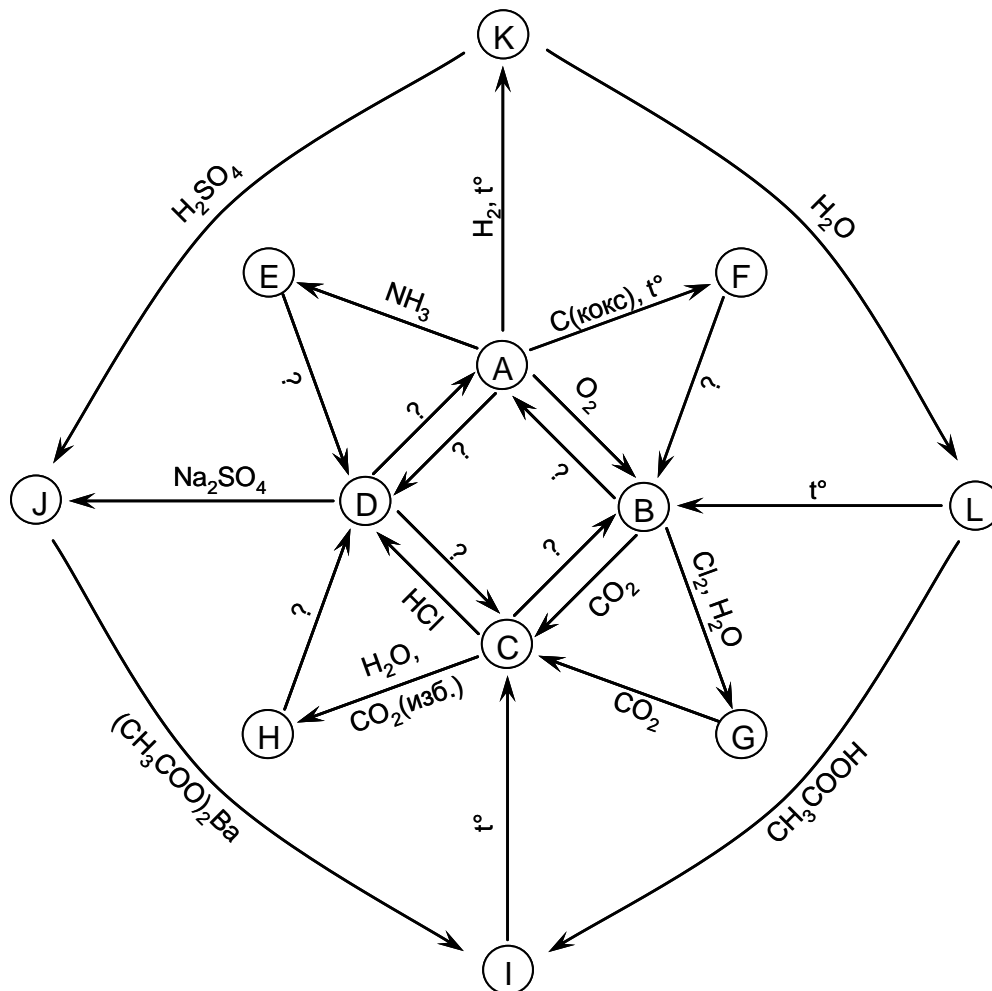
9. Как Вы думаете, содержание какого из двух продуктов распада ядра  $^{40}\text{K}$  измеряют геологи, и почему именно его?

10. Изотопная распространённость  $^{40}\text{K}$  составляет 0,0117 %. Оцените, сколько атомов  $^{40}\text{K}$  находится в организме человека массой 70 кг, если массовая доля калия в организме примерно равна 0,25 %.

**Задание 3.** На схеме приведены превращения одного хорошо известного Вам щелочноземельного металла **A**. Это пятый по распространенности элемент в земной коре (3,4% по массе). Он широко встречается как в живой, так и в неживой природе. Он является неотъемлемым компонентом известняка, мрамора, апатитов и гипса. Им богата костная и зубная ткани. Его много в молоке и рыбе. Массовая доля металла в соединении **B** составляет 71,5 %, в соединении **E** – 55,6 %, в **F** – 62,5 %.

1. Установите элемент **A**, напишите формулы веществ **B–L**. Составы соединений **E** и **F** подтвердите расчетом.

2. Напишите уравнения реакций, представленных на схеме (всего 24 уравнения).



**Задание 4.** «Краски – однородные суспензии пигментов или их смесей с наполнителями в пленкообразователях, дающие после высыхания твердые непрозрачные покрытия».

Химическая энциклопедия



Основой всех красок являются пигменты – порошкообразные красящие вещества, нерастворимые в средах, используемых для нанесения краски. Пигменты используются человеком с древнейших времен. Сначала люди использовали такие подручные материалы, как сажу (чёрный пигмент), цветные глины, различные минералы, получая из них пигменты измельчением, просеиванием и отмучиванием. Некоторые из этих натуральных пигментов были слишком дороги или малостойки и поэтому были постепенно заменены искусственными пигментами, которые в конце концов почти полностью вытеснили натуральные. Современные пигменты зачастую представляют собой сложные шедевры химической технологии. Знание состава пигментов, использованных человеком в различные исторические эпохи, даёт возможность провести атрибуцию картины и установить время её создания. По химической природе пигменты можно разделить на две большие группы – органические и неорганические. О последних и пойдет речь в нашей задаче.

Одним из самых важных для живописи является белый пигмент, так как при написании картин все остальные краски обязательно смешивают с ним. Древнейший белый пигмент, дошедший до наших дней в произведениях станковой живописи, имеет состав **A\*2B** (мольное соотношение 1:2). Он имеет чистый белый цвет и обладает высочайшей кроющей способностью. Однако сейчас он практически не используется, так как и **A**, и **B** (существующие также и по отдельности) представляют собой соединения высокотоксичного металла **M**. Пигмент практически нерастворим в воде, но легко растворяется в разбавленных хлорной [реакция 1] и азотной [2] кислотах. В ходе растворения 15,5 г пигмента в  $\text{HNO}_3(\text{разб.})$  выделилось 896 мл газа **Г** (н.у.) с плотностью по водороду 22, и получился только раствор вещества **B** (азотнокислой соли **M**) в разбавленной азотной кислоте. Если к этому раствору добавить раствор фтороводородной (плавиковой) кислоты, то выпадет 14,70 г осадка [3], а если раствор серной кислоты – то 18,18 г осадка [4]. Известно, что в соединениях **A-B** металл **M** имеет степень окисления +2, растворение **A** в кислотах происходит без выделения газа.

1. Установите металл **M**, напишите формулы и названия веществ **A-Г**, уравнения реакций [1-4].

Максимум чувствительности человеческого зрения при дневном освещении соответствует световой волне с длиной 556 нм. Это значение попадает в диапазон длин волн, соответствующих зелёной части спектра. Один из самых известных зеленых пигментов, «ринманова зелень», который также называют «зелёный **D**», имеет состав **E\*xЖ** ( $x = 5-100$ ). Соединения **E** и **Ж** – оксиды металлов **D** и **З**, соответственно. В навеске металла **З** массой 1,086 г содержится  $10^{22}$  атомов, массовая доля **D** в зелени состава **E\*5Ж** составляет 12,23 %. Дополнительно известно, что ядро атома **D** содержит нечётное число протонов, а его степень окисления в оксиде **E** равна +2.

2. Установите металлы **D** и **З**, формулы оксидов **E** и **Ж**. Как можно отличить пигмент состава **E\*5Ж** от пигмента **E\*50Ж**?

3. Напишите уравнения следующих реакций:

