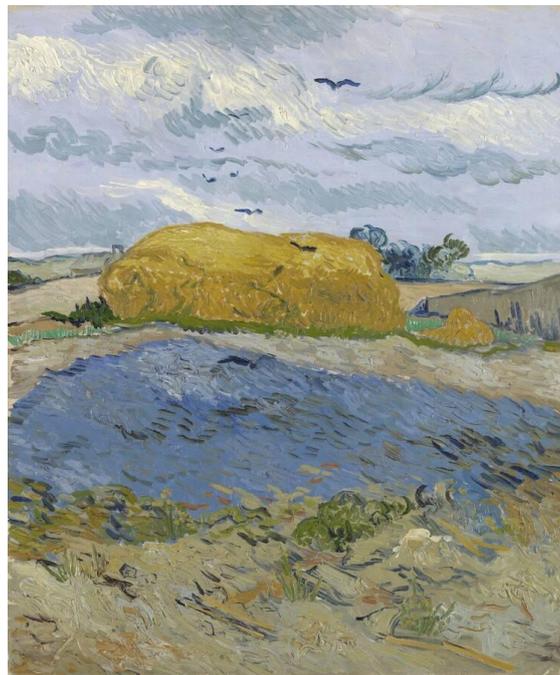


Задача 1. Химия постимпрессионизма или почему не стоит облизывать картины Ван Гога (20 баллов)

Ван Гог известен своими картинами, полными насыщенных ярких цветов. К сожалению, некоторые из использованных художником пигментов со временем или потускнели, или радикально изменили свою окраску. Попробуем разобраться в процессах деградации пигментов на примере пейзажа «Стога сена под дождливым небом».



Для написания картин так называемого «Оверсюр-Уазского периода» Ван Гог использовал оранжево-красный пигмент *minium*, представляющий собой оксидный минерал. Этот пигмент под действием света и воздуха постепенно превращается в белое вещество **D**. Исследования показали, что это превращение происходит в несколько стадий: вначале *minium* претерпевает фотохимическое восстановление, превращаясь в вещество **A** (реакция 1), которое затем под действием воздуха превращается в основной минерал **B** (реакция 2), который продолжает поглощать газы из воздуха вплоть до полного превращения в гидроцеррусит (минерал **C**, реакция 3). На последней стадии старения пигмента гидроцеррусит превращается в среднюю соль **D** (реакция 4). Интересно, что при нагревании немногим выше 300°C вещество **D** разлагается с выделением бесцветного газа, практически не имеющего запаха и не поддерживающего горение, назад в вещество **A** (реакция 5).

Все описанные вещества были подвергнуты химическому анализу; данные анализа приведены в таблице.

Вещество	<i>minium</i>	B	C
Массовая доля металла, %	90,66	81,83	80,14
Массовая доля кислорода, %	9,34	15,17	16,50

- 1) Пользуясь результатами анализов, приведенных в таблице, определите состав пигмента и веществ **A-D**.
- 2) Напишите уравнения пяти упомянутых в задаче реакций.
- 3) Напишите уравнения взаимодействия пигмента *minium* с а) азотной кислотой; б) концентрированной соляной кислотой.

Задача 2. ЭТА ЗАРАЗНЫЙ ГУГЕНОТ (20 баллов)

Для проведения определённых синтезов лаборатория заказала три баллона с газами. Однако, курьерская служба перепутала адреса доставки, и в лаборатории привезли три одинаковых неподписанных баллона, содержащих газы (А, В, С).

В качестве первого опыта в лаборатории провели эксперимент по определению плотности газов. Оказалось, что все они совпадают, и при нормальных условиях равны 1,25 г/л.

Далее порция каждого из газов объёмом 0,42 л при н.у. была смешана с таким же объёмом кислорода и помещена каждая в свою колбу объёмом 0,84 л (соответственно смесь газа А с кислородом в первую колбу, смесь газа В с кислородом во вторую колбу, соответственно смесь газа С с кислородом в третью колбу). Через каждую смесь пропустили мощный электрический разряд. После протекания всех химических реакций, содержимое в каждой колбе охладили до 0 °С.

В первой колбе итоговое давление совпало с исходным, а после синтеза в колбе осталось только одно вещество.

Во второй колбе давление упало в 1,5 раза и сконденсировалась бесцветная жидкость.

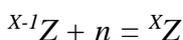
В третьей колбе итоговое давление уменьшилось на одну четверть по сравнению с начальным.

Всё содержимое второй и третьей колбы смешали и пропустили через 100 г 10%-ного раствора гидроксида натрия.

- 1) Определите зашифрованные газы, ответ подтвердите расчётом или логическими рассуждениями.
- 2) Приведите все уравнения описанных реакций.
- 3) Укажите качественный состав раствора, полученного в последнем опыте, и определите массовые доли всех соединений в нём.
- 4) Предложите ещё один газ D, плотность которого при н.у. отличается менее чем на 2% от плотности зашифрованных газов. Приведите уравнение его взаимодействия с кислородом.
- 5) Приведите уравнение реакции газа С с горячим концентрированным раствором гидроксида натрия. Как называется продукт этой реакции?

Задача 3. Демоны проходят даже сквозь стены (20 баллов)

Радиоактивный изотоп X_Z не встречается в природе из-за малого периода полураспада. Тем не менее человек его получает в промышленных количествах, так как он имеет важные практические применения. Для его получения единственный стабильный изотоп этого же элемента облучают нейтронами, при этом масса атома увеличивается на 1 а.е.м.:



Изотоп X_Z распадается, испуская один электрон из ядра (β -частицу), в результате образуется стабильный изотоп элемента **Y**.

Металл **Y** хорошо растворяется в соляной кислоте с образованием соли **A** изумрудно-зеленого цвета. Кроме того, металл **Y** может реагировать с угарным газом с образованием вещества **B** (массовая доля элемента **Y** в **B** — 34,38%).

Металл **Z** также хорошо растворяется в соляной кислоте с образованием соли **C** светло-розового цвета. При добавлении к полученному раствору избытка гидроксида натрия выпадает осадок соединения **D** светло-розового цвета. После фильтрования и прокаливания осадка на воздухе образуется оксид **E** (массовая доля элемента **Z** в **E** — 73,42%).

- 1) Определите элементы **Y** и **Z**, ответ подтвердите расчетами.
- 2) Определите вещества **A–E**, напишите уравнения всех описанных реакций.
- 3) О каком изотопе X_Z идет речь в начале задачи? Предположите, как он может быть использован в пищевой промышленности.

Задача 4. Три богатыря (20 баллов)

Три богатыря возвращались из леса в деревню и случайно обнаружили литровую бутылку с прозрачной жидкостью, на которой не было ничего написано. Молодой и легкомысленный Алёша без лишних слов открыл емкость и глотнул, однако тут же поморщился. «Что за соленая гадость?» - воскликнул добрый молодец. Богатыри приняли решение исследовать содержимое раствора, ведь его могла приготовить злая Баба-Яга.

Придя в лабораторию, Алёша быстро схватил банку с ацетатом цинка-уранила $ZnUO_2(CH_3COO)_4$, ведь он только вчера прочитал, что это один из немногих реактивов, с помощью которых можно устанавливать количество натрия. Добавив избыток реактива к 10 мл раствора **X** из бутылки, он наблюдал выпадение желтого осадка ацетата уранила-цинка-натрия. Взвесив его количество (8,42 г) и проведя быстрые расчеты, он воскликнул: «Все ясно! В раствор **X** положили 32,04 грамма хлорида натрия!»

Более мудрый Добрыня Никитич решил провести еще пару опытов: для начала он добавил небольшое количество соляной кислоты в аликвоту раствора и наблюдал выделение газа. Далее Добрыня добавил к 10 мл раствора избыток хлорида бария. В пробирке выпал белый осадок, который легко растворяется в кислотах с выделением газа без запаха. Добрыня взвесил массу осадка (0,117 г) и изрек: «Алёша, ты был неправ! В растворе **X** содержится 28,566 грамм хлорида натрия и 6,295 грамм вещества **Y**!»

Дремавший Илья Муромец проснулся от крика Добрыни и тоже решил принять участие в аналитических экспериментах. Он также добавил к аликвоте раствора **X** немного кислоты, но решил осторожно, с соблюдением техники безопасности, понюхать выделяющиеся газы. Илья обнаружил, что из раствора выделяется газ с резким кислым запахом. Тогда он сначала добавил к 10 мл раствора **X** хлорид бария, отделил раствор от выпавшего осадка, а затем добавил к оставшемуся раствору хлорид железа (III). При этом Илья наблюдал образование раствора соли **A** темно-красного цвета. При кипячении пробирки богатыри заметили образование темно-красных кристаллов **Z** (масса 0,1043 г, брутто-формула $FeH_5C_2O_4$). «Ну вот теперь все окончательно ясно», — улыбнулся Илюша и объяснил более молодым коллегам что было в растворе **X** и какие вещества добавлялись при его приготовлении.

Вопросы:

- 1) Определите химический состав кристаллов ацетата уранила-цинка-натрия, полученных Алёшей.
- 2) Установите состав осадка, полученного Добрыней, а также вещество **Y**, которое он предположил в растворе **X**.
- 3) Какие газы выделялись при добавлении к аликвотам раствора **X** кислот?
- 4) Установите рациональные формулы солей **A** и **Z**, если известно, что соль **A** средняя, а соль **Z** таковой не является. Напишите реакцию, происходящую при кипячении раствора **A**.
- 5) Предположите, какие три вещества могли быть использованы при изготовлении раствора **X** и рассчитайте их массы, если известно, что все три являются пищевыми добавками.
- 6) Рассчитайте массовые доли веществ, содержащихся в растворе **X**, найденном богатырями.

Задача 5. Как sudoku, только кемоку (20 баллов)

Вечерело.

Загадочно улыбаясь, учитель химии выдал Саше и Маше семь пробирок с растворами, подписанных буквами А, Б, В, Г, Д, Е, Ж. К пробиркам прилагался листочек со списком реактивов. Как оказалось, в каждой из пробирок был 0,1 М раствор одного из веществ: фторида натрия, гидроксида бария, сульфата цинка, нитрата серебра, гидроксида натрия, хлорида кальция или сульфита калия. В разных пробирках — разные вещества.

Учитель попросил Сашу и Машу выяснить, что находится в каждой из пробирок, не используя при этом никаких дополнительных реактивов, и дал им доступ к неограниченным запасам чистых пробирок и пипеток из лаборантской. Все пробирки с веществами выглядели совершенно одинаково: прозрачные растворы без единого намека на содержимое.

Чтобы получить хоть какую-то информацию, Саша и Маша начали попарно смешивать растворы из пробирок — по 0,5 мл из каждой. Если в результате смешивания растворов выпадал осадок, они отмечали это в табличке стрелочкой вниз. Завершив эксперименты, школьницы отправились домой, в надежде разгадать ребус дома. По пути Маша вспомнила, что в паре случаев осадок не был белым, но она забыла это записать. Саша тоже вспомнила, что видела осадок темного цвета, но тоже не записала это, понадеявшись на память.

Оказалось, что записанных данных не хватило для решения загадки учителя. На следующий день учитель пообещал зачесть школьницам решение за полный балл, если они завершат его, смешав ровно два раствора.

- 1) Используя таблицу, определите как можно больше растворов в пробирках. Кратко поясните решение.
- 2) Опишите последний эксперимент, который поможет девочкам завершить решение задачи. Укажите, какие растворы и в каких пропорциях необходимо смешать. Какие наблюдения позволят вам решить задачу?
- 3) Запишите уравнения всех возможных химических реакций между этими растворами.

	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
А		↓	↓	↓	↓		↓
Б	↓		↓	↓			
В	↓	↓		↓	↓		↓
Г	↓	↓	↓		↓	↓	↓
Д	↓		↓	↓		↓	↓
Е				↓	↓		
Ж	↓		↓	↓	↓		

Задача 6. Какой ты Смешарик? (20 баллов)

П: Тут такое дело... Провёл я два эксперимента со сплавлением переходного металла **X** и желтого неметалла **Y**. Думал воспроизводимость реакции подтвердить, а в итоге вышло совсем наоборот: в первом случае получил **A** (реакция 1), а во втором **B** (реакция 2).

К: Да вообще химия достаточно сложная наука: то получаешь не совсем то, что хочешь; то получаешь, а уже не хочешь; а то и вовсе не знаешь, чего хочешь на самом деле.

П: Ну, я прикинул, что там получиться могло и решил химическими методами свои догадки проверить. Кинул я эти продукты в воду: в стакане с **A** выпал осадок **A₁** (реакция 3), который растворился как в соляной кислоте с образованием **A₂** (реакция 4), так и в щелочи с образованием **A₃** (реакция 5).

К: А с **B** что у тебя произошло?

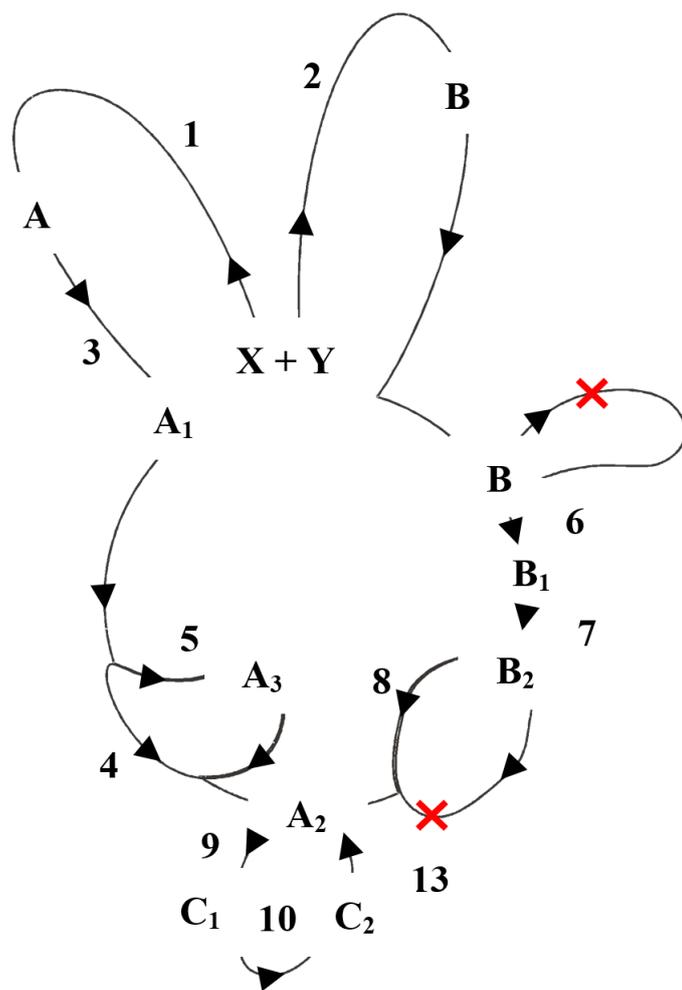
П: Там всё гораздо интереснее. Все реакции с **B** и последующими веществами проводил в инертной атмосфере (без кислорода). В воде **B** не растворился. С щелочью он не реагирует, зато растворяется в соляной кислоте с образованием **B₁** (реакция 6). А вот **B₁** уже с щёлочью прореагировал с образованием желтого осадка **B₂** (реакция 7). Думал осадок растворить в избытке щёлочи, как и в первом случае, а он возьми и не растворись: видимо основные свойства сильнее. От горя я **B₂** залил соляной кислотой и убрал из инертной атмосферы. На воздухе, как я и предполагал, из **B₂** получилось соединение **A₂** (реакция 8).

П: Вот это да...

К: Это ещё что. Решил я из **A₂** снова получить осадок **A₁** — уж больно мне зелёный цвет его нравится. Начал в лаборатории искать водный раствор аммиака, нашёл только баллон с надписью NH_3 . “Ну, какая разница?” — подумал я и начал пропускать его через раствор соли **A₂**. Через некоторое время раствор окрасился в желтый цвет.

П: Эм, не мог же аммиак окислить **X** до высшей степени окисления, чтобы раствор желтым стал. Это вообще бред какой-то.

К: Вот и я так подумал. Погуглил, и оказалось, что я получил вещество **C₁** (реакция 9), там аж шесть эквивалентов аммиака! Только вот оно мне не надо, поэтому я решил нагреванием получить обратно **A₂**, но как обычно что-то пошло не так... Упарил почти до конца и получил зелёные кристаллы **C₂** (реакция 10). Интересно, что, если к растворам **C₁** и **A₂** по каплям добавить избыток AgNO_3 , выпадет одинаковое количество белого осадка (реакции 11, 12), а с **C₂** такой фокус не пройдёт: с AgNO_3 реакция не идёт. Но я не отчаялся, продолжил нагревание и всё-таки получил вещество **A₂** назад (реакция 13).



Вопросы:

- 1) Определите вещества **X**, **Y**, **A** и **B**, если мольные доли **Y** в **A** и **B** соотносятся, как 0.6 : 0.5 соответственно, а массовая доля **Y** в **A** на 0.1 больше, чем в **B**. Свой ответ подтвердите соответствующим расчётом. Запишите уравнения *реакций 1 и 2*.
- 2) Определите вещества **A₁₋₃**, **B_{1,2}**. Запишите уравнения *реакций 3-8*.
- 3) Определите вещества **C₁**, **C₂**. Запишите уравнения *реакций 9-13*.
- 4) В чём различие **A₂** из *реакций 4, 8* и **A₂** из *реакции 13*?