

10 класс

1. Минерал. Ценный минерал **A**, который используется при получении алюминия, содержит натрий (массовая доля 32.86%), а также алюминий и фтор.

1. Выведите формулу минерала **A**.

2. В чем заключается способ получения алюминия при помощи этого минерала? Приведите соответствующие реакции.

3. Приведите геометрическое строение комплексного иона, который входит в состав минерала **A**, укажите тип гибридизации центрального атома.

2. Твердое, жидкое, газообразное. Вещество **A** является газом при 25°C. Оно широко употребляется в народном хозяйстве: при соединении металлических изделий, для получения уксусной кислоты и т.д. Строение ядовитой жидкости **B**, кристаллизующейся при 5°C, вызывало в XIX веке большое количество дискуссий; **B** применяется в качестве растворителя, а также в качестве исходного вещества для синтеза самых разных органических соединений. Твердый материал **C** – полупроводник черного или серого цвета.

1. Определите строение соединений **A**, **B**, **C**, если все они бинарные, а содержание одного из элементов в каждом из них в 11.9 раз больше второго. Приведите структурные формулы соединений **A**, **B**, **C**, назовите их.

2. Как в промышленности получают зашифрованные соединения? Объясните примеры использования соединения **A** в народном хозяйстве, запишите уравнения реакций.

3. Элемент. Водные растворы соединений **A** и **B**, содержащие элемент **X**, по-разному изменяют окраску лакмусовой бумаги. Соединения **A** и **B**, взаимодействуя между собой, образуют соединение **B** с массовой долей элемента **X** 35%. При взаимодействии металлического цинка с разбавленным раствором соединения **A** тоже образуется соединение **B**, которое разлагается при нагревании, образуя простое вещество элемента **X**, газ **Г** и соединение **Д**. При сжигании **B** в **Г** также получается простое вещество элемента **X** и вещество **Д**.

1. О каких веществах идет речь? Запишите уравнения соответствующих реакций.

2. Запишите структурные формулы соединений **A** и **B**. Укажите валентность, степень окисления и степень гибридизации неконцевых атомов в этих структурах.

4. Электролиз. Через последовательно соединенные электролизеры с инертными электродами пропускают электрический ток. В первом электролизере содержится раствор хлорида бария, а во втором сульфита калия (количества веществ равны). Ток пропускают до отрицательной реакции на хлорид-ионы в первом электролизере. Для этого потребовалось пропустить ток силой 32.17 А в течение 50 минут. Полученные после окончания электролиза растворы смешали.

1. Какие процессы проходят в электролизерах? Какие качественные реакции на хлорид-ионы Вы знаете? Запишите уравнения реакций.

2. Какой была молярная концентрация веществ в электролизерах до электролиза, если объем раствора хлорида бария был равен 0.455 л, а сульфита калия – 0.375 л? Чему была равна массовая доля растворенных веществ до электролиза, если плотности растворов принять равными единице?

3. Какое количество веществ выделилось на электродах электролизеров до смешивания растворов? Какая масса осадка образовалась после смешения растворов (считать осаждение полным)? Используйте постоянную Фарадея: $1F = 96485 \text{ Кл} \cdot \text{моль}^{-1}$.

5. Интересный углеводород. Газообразный углеводород **A** – простейший представитель своего класса – проявляет значительную химическую активность. Углеводород **A** с избытком брома образует вещество **Б**; с водородом в присутствии никелевого катализатора – вещество **В**, а с избытком хлороводорода образует вещество **Г**. Углеводород **A** присоединяет воду в присутствии катализатора с образованием ацетона. Углеводород **A** подвергается внутримолекулярной перегруппировке в щелочной среде, а продукт перегруппировки образует нерастворимые осадки с солями тяжелых металлов. Димеризация **A** при нагревании и освещении приводит к образованию смеси двух циклических продуктов с массовой долей углерода 90.0%.

1. Назовите углеводород **A** и приведите его структурную формулу, если известно, что димеризация алкинов в описанных условиях не проходит.

2. Назовите вещества **Б**, **В**, **Г** и приведите их графические формулы.

3. Как можно получить углеводород **A**?

4. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.

6. Кислота. Органическая кислота **A** в присутствии серной кислоты образует с этиловым спиртом малорастворимое в воде вещество **Б**, имеющее фруктовый запах, причем молярная масса **Б** в 1.47 раза больше молярной массы **A**. Водный раствор вещества **A** объемом 10.0 л, имеющий концентрацию 0.01 моль/л, содержит $6.26 \cdot 10^{22}$ частиц без учета молекул воды.

1. Расшифруйте соединения **A** и **Б**, запишите уравнение получения соединения **Б**. Как можно с помощью качественных реакций отличить водный раствор вещества **A** от водных растворов: а) метанола; б) серной кислоты; в) гидроксида натрия.

2. Установите значение степени диссоциации вещества **A**.

7. Задание экспериментального тура. Простое вещество **X** широко распространено в природе. Это неметалл, встречается в виде нескольких аллотропных модификаций.

На природное соединение железа и вещества **X** подействовали раствором хлороводородной кислоты. Выделившийся газ **A** с запахом тухлых яиц пропустили через подкисленный раствор перманганата калия (опыт №1).

В опыте №2 газ **A** пропустили через раствор, содержащий ионы свинца (II). После окончания реакции в пробирку добавили раствор пероксида водорода. Данные процессы широко используются в реставрационной практике.

1. Опишите наблюдения.

2. Определите зашифрованные вещества, приведите уравнения реакций, которые протекают, в ионном виде.

3. Назовите 3 аллотропные модификации элемента **X**.

4. В каких конкретно реставрационных работах применяют процессы, протекающие в опыте №2?

10 клас

1. Мінерал. Цінний мінерал **A**, який використовується для отримання алюмінію, містить Натрій (масова частка 32.86%), а також Алюміній та Флуор.

1. Виведіть формулу мінералу **A**.

2. В чому суть способу добування алюмінію за допомогою цього мінералу? Наведіть відповідні реакції.

3. Наведіть геометричну будову комплексного іона, що входить до складу мінералу **A**, вкажіть тип гібридизації центрального атома.

2. Тверде, рідке, газувате. Речовина **A** є газом при 25°C. Вона широко використовується в народному господарстві: при з'єднанні металевих виробів, для отримання оцтової кислоти і т.д. Будова отруйної рідини **B**, що кристалізується при 5°C, викликала в XIX столітті велику кількість дискусій; **B** застосовується у якості розчинника, а також у якості вихідної речовини для синтезу найрізноманітніших органічних сполук. Твердий матеріал **C** – напівпровідник чорного або сірого кольору.

1. Визначте будову сполук **A**, **B**, **C**, якщо усі вони бінарні, а вміст одного з елементів в кожному з них у 11.9 разів більше другого. Наведіть структурні формули сполук **A**, **B**, **C**, назвіть їх.

2. Як у промисловості отримують зашифровані сполуки? Поясніть приклади використання сполуки **A** в народному господарстві, запишіть рівняння реакцій.

3. Елемент. Водні розчини сполук **A** та **B**, що містять елемент **X**, по-різному змінюють забарвлення лакмусового папірця. Сполуки **A** та **B** при взаємодії один з одним утворюють сполуку **B** з масовою часткою елемента **X** 35%. При взаємодії металевого цинку з розведеним розчином сполуки **A** також утворюється сполука **B**, яка розкладається при нагріванні, утворюючи просту речовину елемента **X**, газ **Г** та сполуку **Д**. При спалюванні **B** в **Г** також утворюється проста речовина елемента **X** та сполука **Д**.

1. Про які речовини йде мова? Запишіть рівняння відповідних реакцій.

2. Запишіть структурні формули сполук **A** та **B**. Вкажіть валентність, ступінь окиснення та тип гібридизації некінцевих атомів у цих структурах.

4. Електроліз. Через послідовно з'єднані електролізери з інертними електродами пропускають електричний струм. У першому електролізері міститься розчин Барію хлориду, а у другому – Калію сульфату (кількість речовини однакова). Струм пропускають до негативної реакції на хлорид-іони в першому електролізері. Для цього знадобилось пропустити струм з силою 32.17 А протягом 50 хвилин. Отримані після завершення електролізу розчини змішали.

1. Які процеси відбуваються в електролізерах? Які якісні реакції на хлорид-іони Ви знаєте? Запишіть рівняння реакцій.

2. Якою була молярна концентрація речовин в електролізерах до електролізу, якщо об'єм розчину Барію хлориду був 0.455 л, а Калію сульфату – 0.375 л? Чому дорівнювала масова частка розчинених речовин до електролізу, якщо густину розчинів прийняти рівною одиниці?

3. Яка кількість речовин виділилась на електродах електролізерів до змішування розчинів? Яка маса осаду утворилась після змішування розчинів (вважати осадження повним)? Використовуйте сталу Фарадея: $1F = 96485 \text{ Кл} \cdot \text{моль}^{-1}$.

5. Цікавий вуглеводень. Газоподібний вуглеводень **A** – найпростіший представник свого класу – виявляє значну хімічну активність. Вуглеводень **A** з надлишком бром утворює речовину **B**; з воднем у присутності нікелевого каталізатора – речовину **B**, а з надлишком хлороводню утворює **Г**. Вуглеводень **A** приєднує воду в присутності каталізатора з утворенням

ацетону. Вуглеводень **A** піддається внутрішньомолекулярному перегрупуванню в лужному середовищі, а продукт перегрупування утворює нерозчинні осадки з солями важких металів. Димеризація **A** при нагріванні та освітленні призводить до утворення суміші двох циклічних продуктів з масовою часткою Карбону 90.0%.

1. Назвіть вуглеводень **A** та наведіть його структурну формулу, якщо відомо, що димеризація алкінів в умовах, що описані, не відбувається.
2. Назвіть речовини **B**, **B**, **Г** та наведіть їх графічні формули.
3. Як можна отримати вуглеводень **A**?
4. Напишіть рівняння усіх зазначених реакцій.

6. Кислота. Органічна кислота **A** в присутності сульфатної кислоти утворює з етиловим спиртом малорозчинну у воді речовину **B**, що має фруктовий запах, причому молярна маса **B** в 1.47 разів більше молярної маси **A**. Водний розчин сполуки **A** об'ємом 10.0 л, що має концентрацію 0.01 моль/л, містить $6.26 \cdot 10^{22}$ частинок без урахування молекул води.

1. Розшифруйте сполуки **A** та **B**, запишіть рівняння реакції отримання сполуки **B**. Як можна за допомогою якісних реакцій відрізнити водний розчин речовини **A** від водних розчинів: а) метанолу; б) сульфатної кислоти; в) гідроксиду Натрію.
2. Встановіть значення ступеню дисоціації речовини **A**.

7. Завдання експериментального туру. Проста речовина **X** широко розповсюджена в природі. Це неметал, зустрічається у вигляді декількох алотропних модифікацій.

На природну сполуку Феруму та речовини **X** подіяли розчином хлороводневої кислоти. Газ з запахом тухлих яєць **A**, що виділився, пропустили крізь підкислений розчин перманганату Калію (дослід №1).

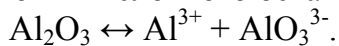
В досліді №2 газ **A** пропустили через розчин, що містить іони Плюмбуму (II). Після закінчення реакції в пробірку додали розчин пероксиду водню. Дані процеси широко використовуються в реставраційній практиці.

1. Опишіть спостереження.
2. Визначте зашифровані речовини, наведіть рівняння реакцій, що перебігають, в іоному вигляді.
3. Назвіть 3 алотропні модифікації елемента **X**.
4. В яких саме реставраційних роботах використовують процеси, що перебігають у досліді №2?

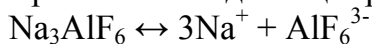
Решения-10

1. Минерал. 1. Рассчитаем суммарную массовую долю алюминия и фтора в минерале. Она равна $100\% - 32.86\% = 67.14\%$. Молекула минерала электронейтральна, степень окисления натрия равна +1, алюминия – +3, а фтора – –1. Обозначим массовую долю алюминия за $x\%$, тогда массовая доля фтора равна $(67.14 - x)\%$. Составим уравнение: $32.86 \cdot (1/23) + x \cdot (3/27) = (67.14 - x) \cdot (1/19)$. Решая уравнение с одним неизвестным, находим, что x равен 12.85% . Отсюда массовая доля фтора равна $(67.14 - 12.85)\% = 54.29\%$. Найдем соотношения индексов при атомах натрия, алюминия и фтора: $(32.86/23) : (12.85/27) : (54.29/19) = 1.429 : 0.476 : 2.857 = 3 : 1 : 6$. Формула минерала – Na_3AlF_6 (криолит).

2. Алюминий в основном получают электролизом. В качестве электролита служит расплав, содержащий 85–90% криолита и 10–15% оксида алюминия – глинозема. Такая смесь плавится при температуре около 1000°C . При растворении в расплавленном криолите глинозем ведет себя как соль алюминия и алюминиевой кислоты и диссоциирует на катионы алюминия и анионы кислотного остатка алюминиевой кислоты.

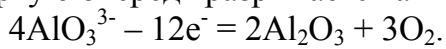


Криолит тоже диссоциирует:



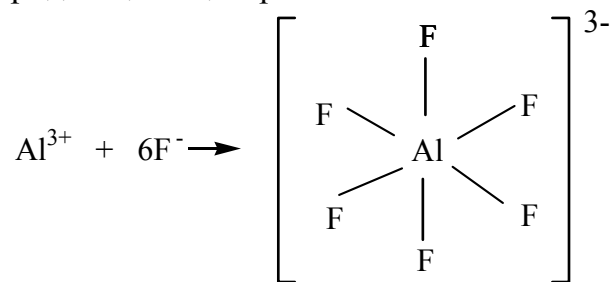
При пропускании электрического тока катионы алюминия и натрия движутся к катоду – графитовому корпусу ванны, покрытому на дне слоем расплавленного алюминия, получаемого в процессе электролиза. Так как алюминий менее активен, чем натрий, то он восстанавливается в первую очередь. Восстановленный алюминий в расплавленном состоянии собирается на дне ванны, откуда его периодически выводят.

Анионы AlO_3^{3-} и AlF_6^{3-} движутся к аноду – графитовым стержням или болванкам. На аноде в первую очередь разряжается анион AlO_3^{3-} .



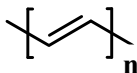
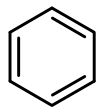
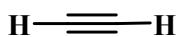
Оксид алюминия вновь диссоциирует, и процесс повторяется. Расход глинозема все время восполняется. Количество криолита практически не меняется.

3. Комплексный ион имеет октаэдрическое строение, которое определяется d^2sp^3 гибридизацией центрального атома.



2. Твердое, жидкое, газообразное.

1. Скорее всего, речь идет об органических веществах. Тогда, наиболее вероятно, более легкий элемент в их составе – водород, а более тяжелый – углерод. $\omega(\text{H}) = 1.008/12.9 = 7.8\%$, $\omega(\text{C}) = 92.2\%$, т.е. общая формула соединений **A**, **B**, **C** – C_nH_n .

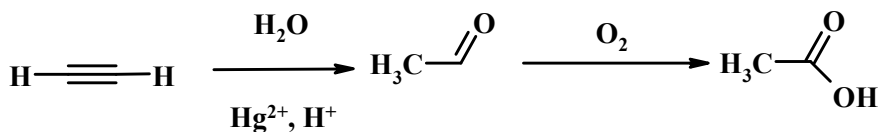
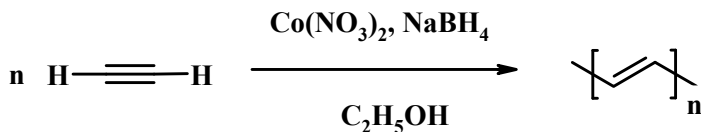
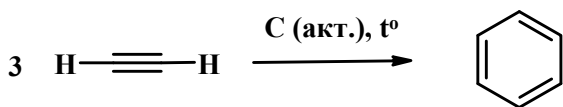
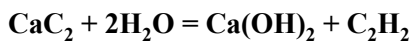


A (ацетилен)

B (бензол)

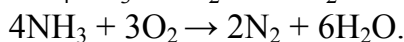
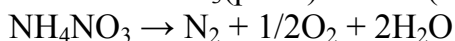
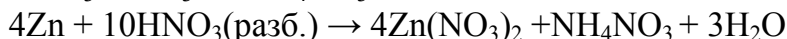
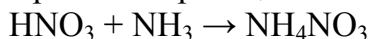
C (полиацетилен)

2. Бензол, как правило, получают в процессе переработки нефти и каменного угля, лабораторные способы его получения имеют лишь теоретическое значение.

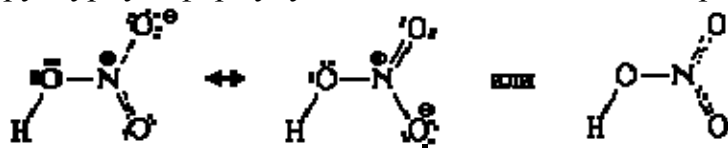


3. Элемент. 1. Элемент X – азот; A – HNO₃; B – NH₃; B – NH₄NO₃; Г – O₂; Д – H₂O; простое соединение элемента X – N₂.

Уравнения реакций:

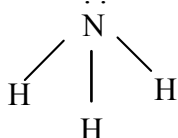


2. Структурную формулу азотной кислоты можно представить таким образом:



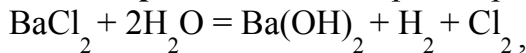
Орбитали атома азота имеют гибридизацию sp^2 , степень окисления (+5), валентность (IV).

Структурная формула аммиака:



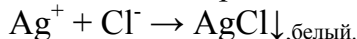
Орбитали атома азота имеют гибридизацию sp^3 , степень окисления (-3), валентность (III).

4. Электролиз. 1. В электролизерах проходят реакции:



$\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2$ (пока не закончится окисление сульфита, кислород выделяться не будет).

Качественная реакция на хлорид ионы:



Осадок растворяется в аммиака и выпадает снова при подкислении азотной кислотой.

2. Электролизеры соединены последовательно; через них протекает одинаковое количество электричества. На электролиз раствора BaCl_2 пошло 2 моль электронов ($2\text{Cl}^- + 2e^- = \text{Cl}_2$), те же 2 моль электронов окислили 1 моль K_2SO_3 в сульфат-ион во втором электролизере (можно представить как $\text{SO}_3^{2-} - 2e^- = \text{SO}_3$, затем $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$). Таким образом, по закону Фарадея можно найти количество вещества Ba(OH)_2 и K_2SO_4 в конце электролиза:

$$n = (I \cdot t) / n_e F = 32.17 \cdot 3000 / 2 \cdot 96500 = 0.5 \text{ моль.}$$

Исходя из условия задачи, такое же количество вещества было K_2SO_3 и $BaCl_2$.

Можно рассчитать их молярные концентрации:

$$c(BaCl_2) = n/V = 0.5/0.455 = 1.10 \text{ (моль/л)}, c(K_2SO_3) = 0.5/0.375 = 1.33 \text{ (моль/л)}.$$

Найдем массовую долю веществ до электролиза:

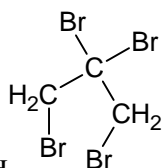
Масса раствора в первом электролизере 455 г, во втором – 375 г (т.к. плотность растворов равна 1 г/мл).

$$\omega = m(BaCl_2)/m(p-pa) = n(BaCl_2) \cdot M_r(BaCl_2)/455 = 0.5 \cdot 208.23/455 = 0.229 = 22.9\%,$$

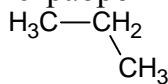
$$\omega = m(K_2SO_3)/m(p-pa) = n(K_2SO_3) \cdot M_r(K_2SO_3)/375 = 0.5 \cdot 158.21/375 = 0.211 = 21.1\%.$$

3. При смешении растворов выпадает осадок сульфата бария (0.5 моль, 116.5 г).

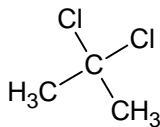
5. Интересный углеводород. 1. А – аллен $H_2C=C=CH_2$



2. Б – 1,2,2,3-тетрабромпропан

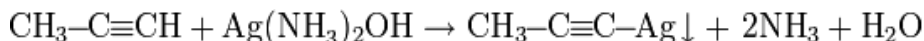
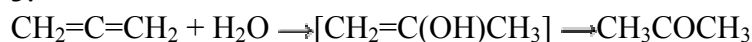


В – пропан

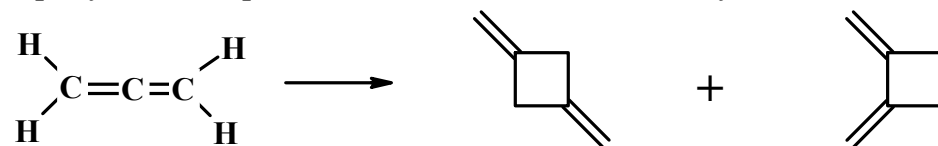


Г – 2,2-дихлорпропан

3.

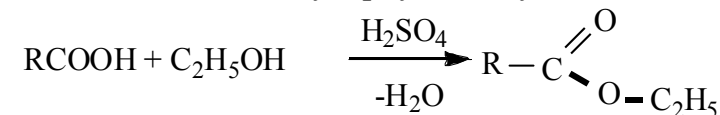


Продукты димеризации – 1,2-диметиленциклобутан и 1,3-диметиленциклобутан:

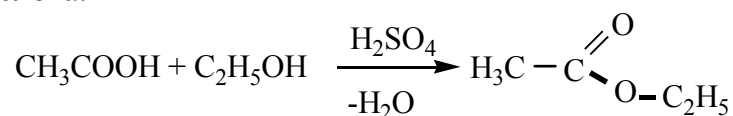


Задача 6.

1. Рассчитаем молекулярную массу А. Упоминается реакция этерификации, ее общая схема:



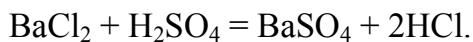
$(M(R) + 73.07)/(M(R) + 45.02) = 1.47$, откуда $M(R) \approx 15$ (метильная группа). А – уксусная кислота.



а, в) добавить к растворам карбонат натрия. В растворе уксусной кислоты выделится газ:



б) добавить к обоим растворам раствор хлорида бария. В серной кислоте образуется осадок сульфата бария:



2. Запишем уравнение диссоциации (обозначим уксусную кислоту HAc):



Тогда в соответствии с уравнением получим:

$$N_a = N_{(\text{ионов})} / 2,$$

где N_a — число протиссоциировавших молекул HAc; $N_{(\text{ионов})}$ — число ионов в растворе.

Тогда общее число частиц в растворе N_0 :

$$N_0 = n \cdot N_A = c \cdot V \cdot N_A = 0.01 \text{ моль/л} \cdot 10 \text{ л} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 0.602 \cdot 10^{23} = 6.02 \cdot 10^{22},$$

где n — количество моль вещества A в растворе, N_A — постоянная Авогадро, c — концентрация вещества A, V — объем раствора вещества A.

Известно, что $N = N_b + N_{(\text{ионов})} = 6.26 \cdot 10^{22}$, где N — суммарное количество непротиссоциировавших молекул N_b и образовавшихся ионов, тогда:

$$N_a = N_0 - N_b = 6.02 \cdot 10^{22} - (N - N_{(\text{ионов})}) = 6.02 \cdot 10^{22} - 6.26 \cdot 10^{22} + 2 \cdot N_a;$$

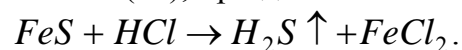
$$6.26 \cdot 10^{22} - 6.02 \cdot 10^{22} = 2 \cdot N_a - N_a;$$

$$N_a = 0.24 \cdot 10^{22}.$$

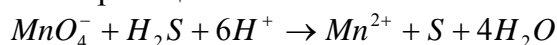
Тогда степень диссоциации α HAc равна:

$$\alpha = N_a / N_0 = 0.24 \cdot 10^{22} / 6.02 \cdot 10^{22} = 0.0399 = 3.99 \text{ \%}.$$

7. Задание экспериментального тура. 1–4. Зашифрованный элемент – сера (S), существует в виде ромбической (S_8), моноклинной (S_8) и пластической (S_∞) серы. Низшая степень окисления (–2), при действии на сульфид железа хлороводородной кислоты протекает реакция:



Выделившийся газ – сероводород. При пропускании его через подкисленный раствор перманганата калия происходит обесцвечивание последнего в следствие протекания химической реакции:



можно допустить также: $6\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{S} + 8\text{H}^+ \rightarrow 6\text{Mn}^{2+} + 5\text{SO}_3^{2-} + 9\text{H}_2\text{O}$

Во втором опыте сначала образуется черный осадок сульфида свинца (II), который растворяется в растворе пероксида водорода с образованием белого осадка сульфата свинца (II). С данными процессами можно столкнуться при работе с картинами, написанными красками, в состав которых входили свинцовые белила. Под воздействием сероводорода, содержащегося в воздухе, картины со временем чернели, и освободить их от темного налета можно, протирая их пероксидом водорода.

