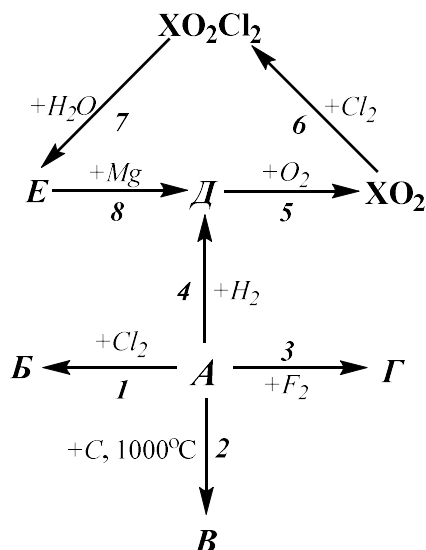


ЗАДАНИЕ 1 Решение

1. Простое вещество *A* (соответствующее химическому элементу *X*, который алхимики обозначали как « Δ ») при комнатной температуре реагирует с хлором в соотношении 1:1 (**реакция 1**) с образованием вещества *B*, представляющее собой тёмно-красную жидкость с удушливым запахом, дымящую на воздухе (часто вместе с *B* образуется X_2Cl_2). При взаимодействии паров *A* с древесным углём при очень высоких температурах (**реакция 2**) образуется высокотоксичная и легковоспламеняющаяся жидкость *B*, в чистом виде имеющая приятный запах. При реакции *A* с молекулярным фтором (**реакция 3**) может быть получен газ *Г*. Нагревая *A* с водородом (**реакция 4**), можно получить газ *Д* с неприятным характерным запахом, который, в свою очередь, сгорает в избытке кислорода (**реакция 5**) с образованием оксида XO_2 . Прямым хлорированием XO_2 (**реакция 6**) может быть получен хлорангидрид XO_2Cl_2 , при гидролизе которого (**реакция 7**) образуется аэрозоль из хлороводорода и вещества *E*. Концентрированный раствор *E* реагирует с металлическим магнием (**реакция 8**) с образованием газа *Д*.



- 1) Установите элемент *X*, если известно, что относительная плотность паров XO_2Cl_2 по углекислому газу равна 3,07. Ответ подтвердите расчётом.
- 2) Напишите уравнения **реакций 1 – 7**, установите формулы веществ *A – E*.

Зная относительную плотность паров XO_2Cl_2 по углекислому газу, установим его молярную массу:

$$D_{CO_2}(XO_2Cl_2) = \frac{M(XO_2Cl_2)}{M(CO_2)} \Rightarrow M(XO_2Cl_2) = D_{CO_2}(XO_2Cl_2) \cdot M(CO_2)$$

$$M(XO_2Cl_2) = 3,07 \cdot 44 = 135 \text{ (г/моль)}$$

С другой стороны, молярная масса XO_2Cl_2 есть сумма молярных масс всех атомов, входящих в состав этой молекулы:

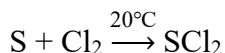
$$M(\text{XO}_2\text{Cl}_2) = M(\text{X}) + 2 \cdot M(\text{O}) + 2 \cdot M(\text{Cl})$$

Найдём молярную массу X:

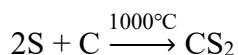
$$M(\text{X}) = M(\text{XO}_2\text{Cl}_2) - 2 \cdot M(\text{O}) - 2 \cdot M(\text{Cl}) = 135 - 2 \cdot 32 - 2 \cdot 35,5 = 32 \text{ (г/моль)}$$

Такую молярную массу имеет сера. Следовательно, элемент X – сера S.

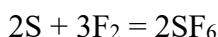
При комнатной температуре сера реагирует с хлором (*реакция 1*) с образованием, преимущественно, дихлорида серы:



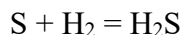
При пропускании паров серы над раскалённым древесным углём (*реакция 2*) образуется сероуглерод:



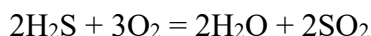
При реакции серы с избытком фтора (*реакция 3*) образуется гексафторид серы:



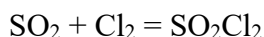
При нагревании сера взаимодействует с водородом (*реакция 4*) с выделением небольшого количества сероводорода:



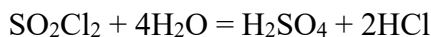
Сероводород сгорает в избытке кислорода (*реакция 5*) с образованием оксида серы(IV):



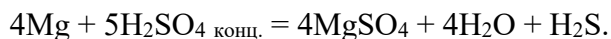
Прямое хлорирование оксида серы(IV) (*реакция 6*) приводит к образованию сульфурилхлорида:

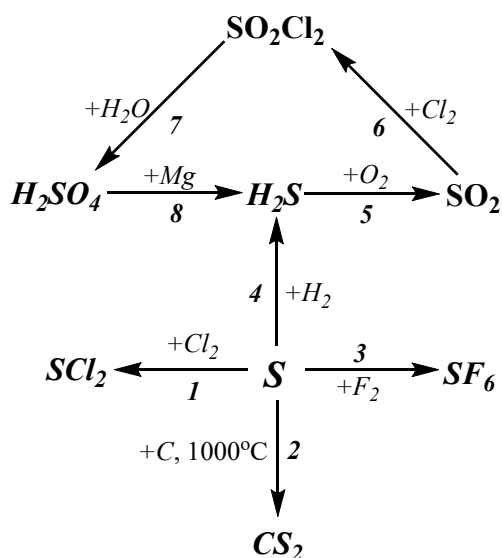


Сульфурилхлорид, являясь хлорангидридом серной кислоты, при гидролизе (*реакция 7*) образует её:



Концентрированная серная кислота взаимодействует с магнием (*реакция 8*) с образованием сероводорода:





Вещество	А	Б	В	Г	Д	Е
Формула	S	SCl ₂	CS ₂	SF ₆	H ₂ S	H ₂ SO ₄

Критерии оценивания:

Пункт	Критерий оценивания	Балл
1)	определён элемент X, ответ подтверждён расчётом	6 баллов, без подкрепления ответа расчётом 3 балла
2)	- верно составлены уравнения реакций 1 – 8; - установлены формулы веществ А – Е	- по 1 баллу за каждое уравнение (в сумме 8 баллов), 0,5 балла в случае неверных коэффициентов; - по 1 баллу за каждую формулу, 6 баллов в сумме
В сумме:		20 баллов

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.

ЗАДАНИЕ 2 Решение

Массу (в граммах) выделившегося в ходе электролиза вещества X можно найти, используя закон Фарадея:

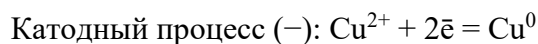
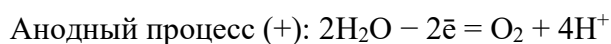
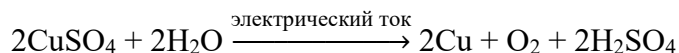
$$m(X) = \frac{M(X) \cdot I \cdot \tau}{n(\bar{e}) \cdot q(\bar{e}) \cdot N_A},$$

где $M(X)$ – молярная масса вещества X (г/моль), I – сила тока (А), τ – время электролиза (с), $n(\bar{e})$ – количество электронов, участвующих в процессе окисления или восстановления вещества X , $q(\bar{e})$ – заряд одного электрона, $q(\bar{e}) \approx 1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл, N_A – число Авогадро.

Для нанесения слоя меди толщиной 0,05 дм на сферу радиуса 1 дм проводили электролиз водного раствора сульфата меди(II).

- 1) Напишите уравнение электролиза водного раствора сульфата меди(II). На каком электроде (катоде или аноде) будет выделяться металл?
- 2) Рассчитайте массу меди, которая необходима для покрытия шара слоем указанной толщины. Формула для нахождения объёма шара: $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, $\pi \approx 3,14$, плотность меди $d(\text{Cu}) = 8,96$ кг/дм³.
- 3) Рассчитайте время, необходимое для получения слоя меди указанной толщины при значении силы тока электролиза 1,5 А.
- 4) Рассчитайте минимальную массу медного купороса ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), необходимую для приготовления раствора для покрытия шара слоем меди указанной толщины с помощью электролиза.

Запишем уравнение электролиза водного раствора сульфата меди(II):



Следовательно, металл выделяется на катоде.

Для определения массы необходимо использовать следующую формулу:

$$m(\text{Cu}) = d(\text{Cu}) \cdot V(\text{Cu})$$

Рассчитаем объём, который имеет слой меди толщиной 0,05 дм на шаре радиусом 1 дм:

$$V(\text{Cu}) = V_{\text{Cu+шар}} - V_{\text{шар}} = \frac{4}{3}\pi(R_1^3 - R_2^3) = \frac{4}{3}\pi((1+0,05)^3 - 1^3) = 0,660 \text{ (дм}^3\text{)}$$

Тогда масса меди:

$$m(\text{Cu}) = d(\text{Cu}) \cdot V(\text{Cu}) = 8,96 \cdot 0,66 = 5,914 \text{ (кг)}$$

Воспользуемся законом Фарадея, выразив из исходной формулы время:

$$\tau = \frac{n(\bar{e}) \cdot q(\bar{e}) \cdot N_A \cdot m(X)}{M(X) \cdot I}$$

Рассчитаем время:

$$\tau = \frac{2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 5914}{64 \cdot 1,5} = 1,188 \cdot 10^8 \text{ (с)}$$

Определим количество меди, которое будет восстановлено в ходе процесса электролиза:

$$n(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})} = \frac{5914}{64} = 92,406 \text{ (моль)}$$

Согласно уравнению:

$$n(\text{Cu}) = n(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$$

Найдём массу медного купороса:

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 92,406 \cdot 250 = 23101,5 \text{ (г)} = 23,102 \text{ (кг)}$$

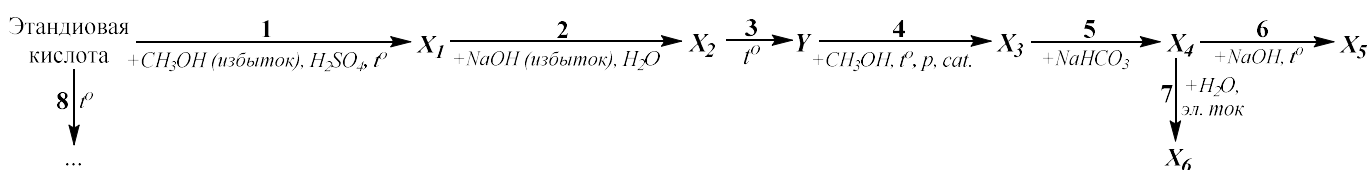
Критерии оценивания:

Пункт	Критерий оценивания	Балл
1)	• составлено уравнение электролиза.	• 5 баллов, в случае неправильных коэффициентов – 2,5 балла.
2)	• правильно рассчитана масса меди.	• 5 баллов, в случае арифметической ошибки при верной логике не более 2 баллов.
3)	• правильно рассчитано время, которое необходимо затратить на процесс электролиза.	• 5 баллов, в случае арифметической ошибки при верной логике не более 2 баллов.
4)	• верно рассчитана масса медного купороса.	• 5 баллов, в случае арифметической ошибки при верной логике не более 2 баллов.
В сумме:		• 20 баллов

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.

ЗАДАНИЕ 3 Решение

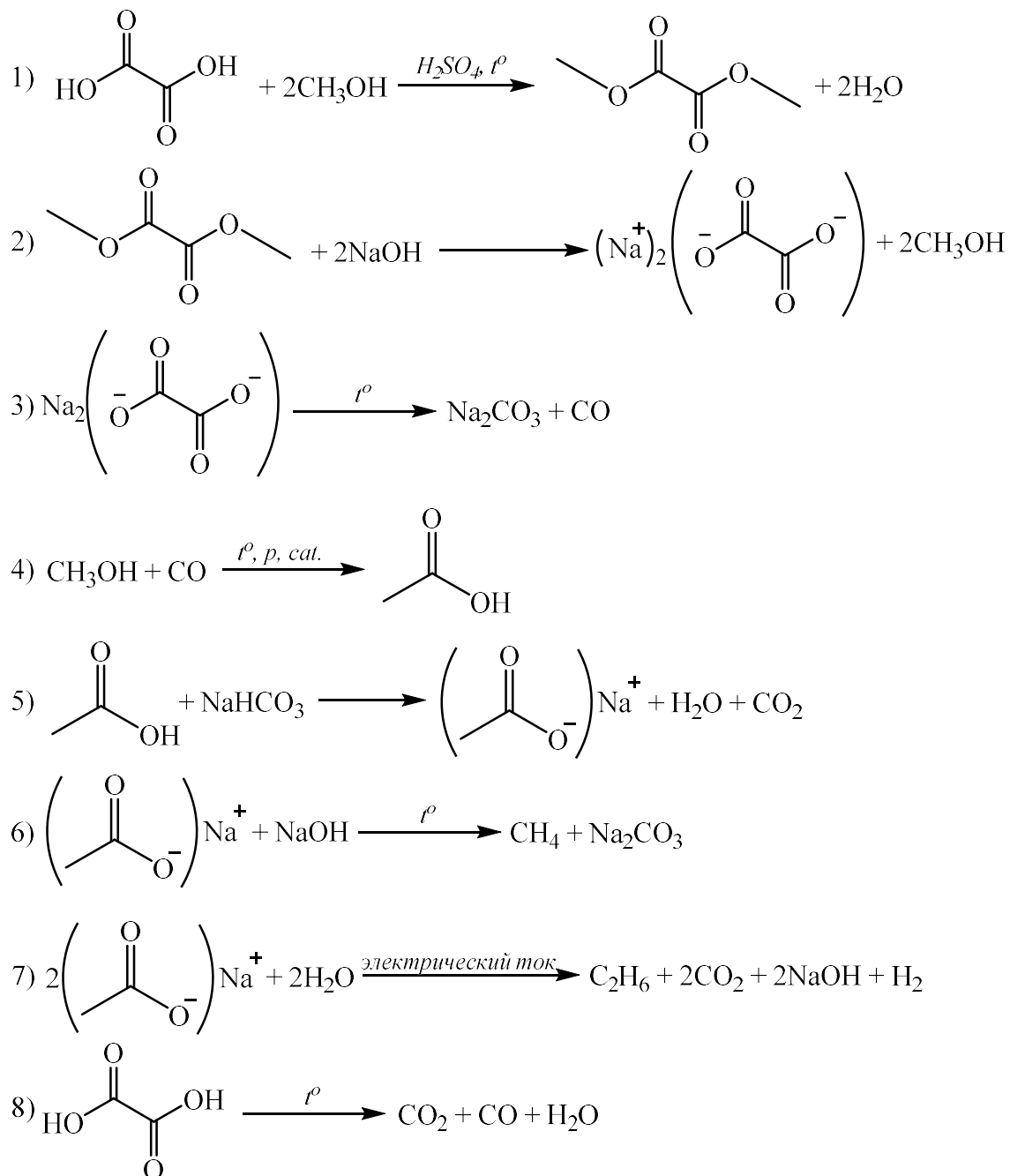
Дана цепочка химических превращений:



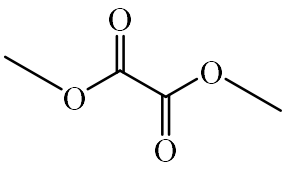
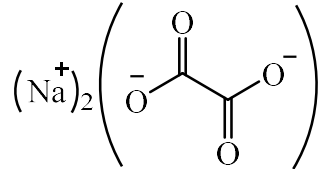
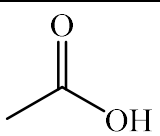
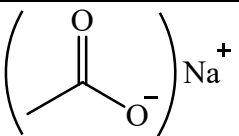
Известно, что $X_1 - X_6$ – органические вещества, Y – неорганическое соединение углерода.

- 1) Напишите уравнения реакций 1 – 8, определите и запишите структурные формулы веществ $X_1 - X_6$.
- 2) При действии на X_3 хлорида фосфора(V) образуется вещество X_7 , при этом молярная масса X_3 составляет 58,82% от молярной массы X_7 . Определите структурную формулу X_7 , напишите уравнение реакции образования X_7 из X_3 при действии хлорида фосфора(V).

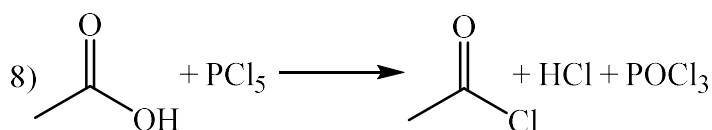
Составим уравнения химических реакций 1 – 8:



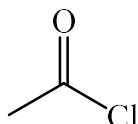
Таким образом, вещества $X_1 - X_6$:

X ₁ :		X ₂ :	
X ₃ :		X ₄ :	
X ₅ :	CH ₄	X ₆ :	C ₂ H ₆

При действии на уксусную кислоту пентахлоридом фосфора образуется ацетилхлорид – хлорангидрид уксусной кислоты:



Соответственно, X₇:



Критерии оценивания:

Пункт	Критерий оценивания	Балл
1)	- написаны уравнения реакций 1 – 6; - написано уравнение реакции 7; - определены вещества X₁ – X₆.	- по 1 баллу за уравнение, в случае неправильных коэффициентов – по 0,5 балла; 2 балла за уравнение реакции №7, в случае неверных коэффициентов – 1 балл; - по 1 баллу за формулу вещества.
2)	- составлено уравнение реакции 8; - установлена формула X₇.	3 балла, при неправильных коэффициентах 1,5 балла; 3 балла за формулу вещества.
В сумме:		20 баллов

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.

ЗАДАНИЕ 4 Решение

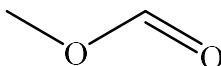
При щелочном гидролизе некоторого эфира одноосновной карбоновой кислоты образовалась смесь двух органических веществ.

- 1) Установите молекулярную формулу эфира, если известно, что одно из веществ имеет относительную плотность паров по аргону 0,8, а другое представляет собой соль кислоты, которая вступает в реакцию «серебряного зеркала». Напишите структурную формулу эфира.
- 2) Рассчитайте объём кислоты ($d = 1,2221$ кг/л) и спирта ($d = 0,7869$ кг/л), которые необходимы для получения 1 кг этого эфира реакцией этерификации с выходом продукта в 73% по массе. Напишите уравнение реакции этерификации.

1) Определим структурную формулу эфира. Одноосновная предельная карбоновая кислота, которая вступает в реакцию «серебряного зеркала» — это муравьиная кислота. Используя значение относительной плотности паров спирта по аргону, определим его молярную массу:

$$M(\text{спирта}) = D_{Ar}(\text{спирта}) \cdot M(\text{Ar}) = 0,8 \cdot 40 = 32 \text{ (г/моль)}$$

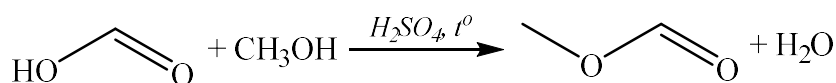
Простым подбором можно прийти к выводу о том, что спирт — метанол CH_3OH , а, значит, неизвестный эфир — метилформиат:



Рассчитаем количество метилформиата в 1 кг с учётом выхода продукта:

$$n(\text{HCOOCH}_3) = \frac{m(\text{HCOOCH}_3)}{M(\text{HCOOCH}_3) \cdot \eta} = \frac{1000}{60 \cdot 0,73} = 22,831 \text{ (моль)}$$

Согласно уравнению реакции этерификации:



$$n(\text{HCOOCH}_3) = n(\text{HCOOH}) = n(\text{CH}_3\text{OH}) = 22,831 \text{ (моль)}$$

Соответственно, масса муравьиной кислоты и метанола:

$$m(\text{HCOOH}) = n(\text{HCOOH}) \cdot M(\text{HCOOH}) = 22,831 \cdot 46 = 1050,226 \text{ (г)}$$

$$m(\text{CH}_3\text{OH}) = n(\text{CH}_3\text{OH}) \cdot M(\text{CH}_3\text{OH}) = 22,831 \cdot 32 = 730,592 \text{ (г)}$$

Определим объём:

$$V(\text{HCOOH}) = \frac{m(\text{HCOOH})}{d(\text{HCOOH})} = \frac{1050,226}{1,2221} = 859,362 \text{ (мл)}$$

$$V(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{m(\text{CH}_3\text{OH})}{d(\text{CH}_3\text{OH})} = \frac{730,592}{0,7869} = 928,443 \text{ (мл)}$$

Критерии оценивания:

Пункт	Критерий оценивания	Балл
1)	• определена структурная формула эфира.	• 5 баллов.
2)	• рассчитаны объёмы спирта и кислоты. • написано уравнение реакции этерификации	• по 5 баллов за каждый, в сумме 10 баллов; • 5 баллов, при неправильных коэффициентах – не более 1 балла.
В сумме:		• 20 баллов

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.

ЗАДАНИЕ 5 Решение

В пяти пронумерованных мерных колбах находятся бесцветные водные растворы равной концентрации следующих веществ: глюкоза, этиленгликоль, хлорид стронция, нитрат ртути(II), ацетат цинка. Используя только приведённые выше вещества, а также следующие растворы: реактив Толленса (аммиачный раствор оксида серебра), гидроксид натрия, нитрат меди(II), хлорид олова(II), предложите способ идентификации веществ в колбах. Запишите уравнения реакций, позволяющих определить вещества, и укажите их признаки.

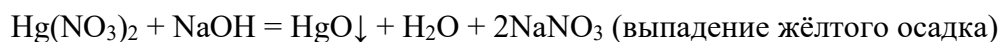
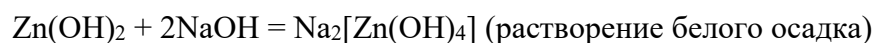
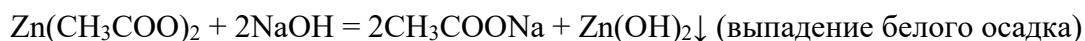
Составим таблицу:

Раствор Реагент	р-р глюкозы	р-р этиленгликоля	р-р KI	р-р $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$	р-р $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$
р-р глюкозы		X	X	X	X
р-р этиленгликоля	X		X	X	X
р-р KI	X	X		$\text{HgI}_2\downarrow$ красный растворим в избытке KI	X

p-p $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$	X	X	$\text{HgI}_2 \downarrow$ красный раствор им в избытке KI		X
p-p $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	X	X	X	X	
p-p $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$	$\text{Ag} \downarrow$ черный (при нагревании)	X	$\text{AgI} \downarrow$ желтый	X	$\text{Zn}(\text{OH})_2 \downarrow$ белый, в избытке осадителя растворяется с образованием $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$
p-p NaOH	X	X	X	$\text{HgO} \downarrow$ жёлтый	$\text{Zn}(\text{OH})_2 \downarrow$ белый, в избытке осадителя растворяется с образованием $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$
p-p $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	в сочетании с NaOH растворение осадка $\text{Cu}(\text{OH})_2$ при кипячении $\text{Cu}_2\text{O} \downarrow$ красный	в сочетании с NaOH растворение осадка $\text{Cu}(\text{OH})_2$	X	X	X
p-p SnCl_2	X	X	$\text{Hg}_2\text{Cl}_2 \downarrow$ белый $\text{Hg} \downarrow$ чёрный	X	X

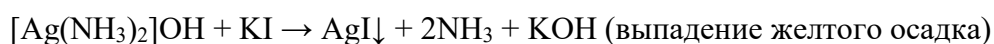
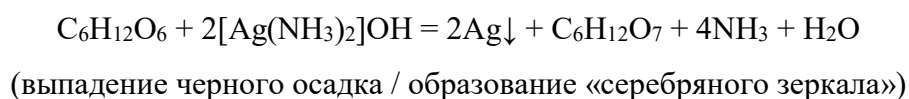
Таким образом, последовательность действий следующая:

1) Последовательно прибавляем раствор гидроксида натрия к порции каждого из анализируемых растворов:



Таким образом идентифицируем нитрат ртути(II) и ацетат цинка.

2) К пробам оставшихся трёх растворов последовательно добавляем реактив Толленса и подогреваем растворы:

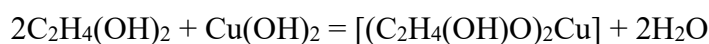


Таким образом идентифицируем глюкозу и иодид калия.

3) Для определения этиленгликоля получим осадок гидроксида меди(II):



К осадку добавляем раствор этиленгликоля:



(растворение осадка с образованием ярко-синего (до фиолетового) раствора)

Критерии оценивания:

Пункт	Критерий оценивания	Балл
1)	- предложен способ идентификации веществ в пронумерованных склянках - написаны уравнения химических реакций - указаны признаки химических реакций	14 баллов за правильную схему 7 баллов за уравнения с верными коэффициентами; 3,5 балла за уравнения с ошибками в коэффициентах. 7 баллов за верно указанные признаки химических реакций.
В сумме:		20 баллов

Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.