

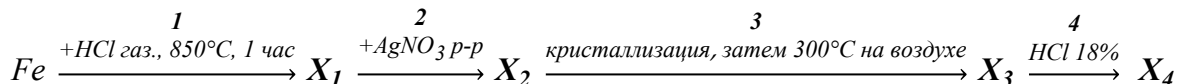
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
РЕГИОНАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ

**КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ
ВЫПОЛНЕННЫХ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА
для 9 классов муниципального этапа всероссийской олимпиады
школьников по химии
2025 - 2026 учебный год**

По теоретическому туру максимальная оценка результатов участника возрастной группы (9 классы) определяется арифметической суммой всех баллов, полученных за выполнение заданий и не должна превышать 100 баллов.

ЗАДАНИЕ 1 Решение

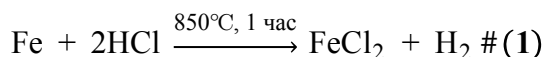
Дана схема химических превращений:



где $\text{X}_1 - \text{X}_4$ – вещества, содержащие железо.

- 1) Запишите уравнения **реакций 1 – 4**, определите вещества $\text{X}_1 - \text{X}_4$.
- 2) Рассчитайте массовую долю X_4 в растворе, который получится при растворении 4 г X_3 в 65 мл 18%-ой соляной кислоты ($d = 1,09$ кг/л).

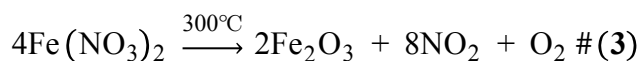
1) Запишем уравнения реакций. Действием газообразного хлороводорода на металлическое железо при высокой температуре можно получить безводный хлорид железа(II):



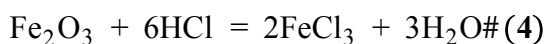
Добавление полученного хлорида железа(II) к раствору нитрата серебра приводит к образованию нитрата железа(II) (в растворе):



Дальнейшее нагревание кристаллического нитрата железа(II) приводит к его термическому разложению с образованием оксида железа(III) (на воздухе):



Растворение полученного оксида железа(III) в соляной кислоте приводит к образованию раствора хлорида железа(III):



Таким образом, вещества $\text{X}_1 - \text{X}_4$:

Вещество	X_1	X_2	X_3	X_4
Формула	FeCl_2	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$	Fe_2O_3	FeCl_3

- 2) Определим количества вещества $\text{X}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ и соляной кислоты:

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{m(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{M(\text{Fe}_2\text{O}_3)} = \frac{4}{160} = 0,025 \text{ (моль)}$$

$$m(\text{HCl 18\%}) = d(\text{HCl 18\%}) \cdot V(\text{HCl 18\%}) = 65 \cdot 1,09 = 70,85 \text{ (г)}$$

$$m(\text{HCl}) = m(\text{HCl 18\%}) \cdot \omega(\text{HCl}) = 70,85 \cdot 0,18 = 12,753 \text{ (г)}$$

$$n(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} = \frac{12,753}{36,5} \approx 0,349 \text{ (моль)}$$

По уравнению (4) Fe_2O_3 реагирует с HCl в отношении 1:6, в таком случае соляная кислота в ходе опыта взята в избытке ($0,349 \text{ моль} \gg 0,15 \text{ моль} = 0,025 \cdot 6$), оксид растворится целиком. Определим количество и массу образующегося хлорида железа(III):

$$n(\text{FeCl}_3) = n(\text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot 2 = 0,025 \cdot 2 = 0,05 \text{ (моль)}$$

$$m(\text{FeCl}_3) = n(\text{FeCl}_3) \cdot M(\text{FeCl}_3) = 0,05 \cdot 162,5 = 8,125 \text{ (г)}$$

Вычислим массу раствора и массовую долю хлорида железа(III) в нём:

$$m(\text{FeCl}_3 \text{ p-p}) = m(\text{HCl } 18\%) + m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 70,85 + 4 = 74,85 \text{ (г)}$$

$$\omega(\text{FeCl}_3) = \frac{m(\text{FeCl}_3)}{m(\text{FeCl}_3 \text{ p-p})} = \frac{8,125}{74,85} \approx 0,1086 \Leftrightarrow 10,86\%$$

Таким образом, массовая доля FeCl_3 в растворе составляет 10,86%.

Критерии оценивания:

Пункт	Критерий оценивания	Балл
1)	- записаны уравнения реакций <i>реакций 1 – 4</i> - определены вещества $\text{X}_1 - \text{X}_4$	2 балла за каждое уравнение, в сумме 8 баллов 2 балла за каждое вещество, в сумме 8 баллов
2)	рассчитана массовая доля хлорида железа(III) в полученном растворе	4 балла за массовую долю
В сумме:		20 баллов

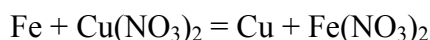
Оценка задания. Максимальная оценка за правильно выполненное задание - 20 баллов.

ЗАДАНИЕ 2. Решение

В 148,00 мл 5%-го раствора нитрата меди(II) поместили железную пластинку массой 5,39 г. После окончания реакции пластинку вынули из раствора, промыли, высушили и взвесили. Ее масса оказалась равной 5,71 г.

- 1) Определите плотность исходного раствора нитрата меди(II).
- 2) Рассчитайте объём водорода ($p = 753 \text{ мм рт. ст.}, t = 25^\circ\text{C}$), который выделится при взаимодействии такой же железной пластинки с 49 г 5%-ого раствора серной кислоты.

- 1) Запишем уравнение протекающей реакции:



Изменение массы пластинки связано с растворением железа и одновременным осаждением меди на её поверхности. Очевидно, что нитрат меди(II) находится в недостатке (в противном случае пластинка бы растворилась целиком и медь выпала бы в виде осадка). Пусть в реакцию

вступило x моль нитрата меди(II). Тогда выражение для изменения массы пластинки можно записать следующим образом:

$$\Delta m_{\text{пласт.}} = |m(\text{Fe}) - m(\text{Cu})| = |M(\text{Fe}) \cdot n(\text{Fe}) - M(\text{Cu}) \cdot n(\text{Cu})| = |x \cdot 56 - x \cdot 64| = 8 \cdot x$$

А с другой стороны:

$$\Delta m_{\text{пласт.}} = m_{\text{после реакции}} - m_{\text{до реакции}} = 5,71 - 5,39 = 0,32 \text{ г}$$

Решая простейшее уравнение, найдём количество нитрата меди(II):

$$8 \cdot x = 0,32 \Rightarrow x = n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,04 \text{ (моль)}$$

Далее рассчитаем массу нитрата меди (II) и массу его раствора, используя значение массовой доли:

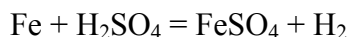
$$m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) \cdot M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,04 \cdot 188 = 7,52 \text{ (г)}$$

$$m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \text{ 5\%}) = \frac{m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2)}{\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2)} = \frac{7,52}{0,05} = 150,4 \text{ (г)}$$

Определим плотность раствора нитрата меди(II):

$$d(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \text{ 5\%}) = \frac{m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \text{ 5\%})}{V(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \text{ 5\%})} = \frac{150,4}{148} = 1,0162 \text{ (г/мл)}$$

2) Запишем уравнение протекающей реакции:



Рассчитаем количество серной кислоты, которое вступит в реакцию:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = \omega(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m(\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 5\%}) = 0,05 \cdot 49 = 2,45 \text{ (г)}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{2,45}{98} = 0,025 \text{ (моль)}$$

Сравнив с количеством железа, рассчитанным в предыдущем пункте ($n(\text{Fe}) = 0,04$ моль), можно сделать вывод о том, что кислоты недостаточно для полного растворения пластинки. Следовательно, количество водорода, выделившегося в ходе реакции, пропорционально количеству вступившей серной кислоты:

$$n(\text{H}_2) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,025 \text{ моль}$$

Используя уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона), найдём объём водорода:

$$pV(\text{H}_2) = n(\text{H}_2)RT$$

$$V(\text{H}_2) = \frac{n(\text{H}_2)RT}{p} = \frac{0,025 \cdot 8,314 \cdot (25 + 273)}{753 \cdot 133,32} \approx 6,1699 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^3\text{)} = 616,99 \text{ (мл)}$$

Критерии оценивания:

Пункт	Критерий оценивания	Балл
1)	- записано уравнение взаимодействия пластинки с нитратом меди(II) в растворе - рассчитана плотность раствора нитрата меди(II)	2 балла 8 баллов, за правильные промежуточные вычисления при неправильном или отсутствующем ответе – до 4 баллов
2)	- записано уравнение взаимодействия пластинки с раствором серной кислоты - рассчитан объём водорода при указанных условиях	2 балла 8 баллов, за правильные промежуточные вычисления при неправильном или отсутствующем ответе – до 4 баллов; если объём был рассчитан при н.у., то 0,5 балла.
В сумме:		20 баллов

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

ЗАДАНИЕ 3. Решение

Зеленоватый кристаллогидрат хлорида X металла M ($\omega(\text{H}_2\text{O}) = 30,38\%$) гигроскопичен и хорошо растворим в воде. При действии избытка раствора нитрата серебра на водный раствор, содержащий 2,475 г (в пересчёте на безводный хлорид) X, выпадает 4,305 г осадка. Если к водному раствору, содержащему 2,475 г нитрата серебра, добавить избыток раствора X, то выпадет 2,089 г осадка.

При нагревании до 500°C в токе водорода кристаллогидрат X превращается в Y. Y содержит в составе M, хлор и кислород ($\omega(\text{M}) = 73,25\%$, $\omega(\text{Cl}) = 18,44\%$). Молярная масса Y не превышает 200 г/моль.

- 1) *Определите металл M и хлорид X. Запишите формулу кристаллогидрата хлорида X.*
- 2) *Рассчитайте, какая масса осадка выпадет, если слить растворы, содержащие 2,475 г безводного X и 2,475 г нитрата серебра.*

3) *Определите формулу Y, ответ подтвердите расчётом. Напишите уравнение реакции превращения кристаллогидрата X в вещество Y. Для чего пропускают ток водорода?*

1) Определим формулу хлорида X. В обоих случаях в результате взаимодействия хлорида X с нитратом серебра в осадок выпадает хлорид серебра, что можно подтвердить расчётом. Определим количество хлорида серебра в каждом из двух описанных в задаче случаях. В первый раз в недостатке находится хлорид X:

$$n_1(\text{AgCl}) = \frac{m(\text{AgCl})}{M(\text{AgCl})} = \frac{4,305}{143,5} = 0,03 \text{ (моль)}$$

Во второй раз – нитрат серебра:

$$n_2(\text{AgCl}) = \frac{m(\text{AgCl})}{M(\text{AgCl})} = \frac{2,089}{143,5} = 0,015 \text{ (моль)}$$

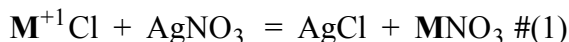
Определим количество нитрата серебра, вступившее в реакцию:

$$n(\text{AgNO}_3) = \frac{m(\text{AgNO}_3)}{M(\text{AgNO}_3)} = \frac{2,475}{170} = 0,015 \text{ (моль)}$$

Это подтверждает наше предположение о природе осадка.

Задачу можно решить, например, используя эквиваленты. Будем варьировать степень окисления металла в хлориде для первой реакции.

Пусть хлорид X содержит M в степени окисления +1. Тогда уравнение взаимодействия хлорида металла с нитратом серебра имеет вид:



В таком случае $n(\text{MCl}) = n(\text{AgCl}) = 0,03$ моль, тогда молярная масса X:

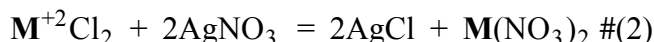
$$M(\text{MCl}) = \frac{m(\text{MCl})}{n(\text{MCl})} = \frac{2,475}{0,03} = 82,5 \text{ (г/моль)}$$

Тогда, вычитая молярную массу хлора из молярной массы X можно определить молярную массу металла M:

$$M(\text{M}) = M(\text{MCl}) - M(\text{Cl}) = 82,5 - 35,5 = 47 \text{ (г/моль)}$$

Такое значение молярной массы близко к молярной массе титана, однако он не может быть одновалентным в таких условиях. Продолжаем далее.

Пусть хлорид X содержит M в степени окисления +2. Тогда уравнение взаимодействия хлорида металла с нитратом серебра имеет вид:



В таком случае $n(\text{MCl}_2) = \frac{1}{2}n(\text{AgCl}) = 0,015$ моль, тогда молярная масса X:

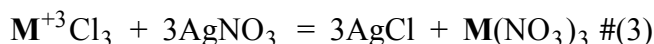
$$M(\text{MCl}_2) = \frac{m(\text{MCl}_2)}{n(\text{MCl}_2)} = \frac{2,475}{0,015} = 165 \text{ (г/моль)}$$

Тогда, вычитая молярную массу хлора из молярной массы X можно определить молярную массу металла M:

$$M(\mathbf{M}) = M(\mathbf{MCl}_2) - 2 \cdot M(\text{Cl}) = 165 - 2 \cdot 35,5 = 94 \text{ (г/моль)}$$

Такое значение молярной массы близко к молярной массе ниобия, однако он не может быть двухвалентным в таких условиях. Продолжаем далее.

Пусть хлорид **X** содержит **M** в степени окисления +3. Тогда уравнение взаимодействия хлорида металла с нитратом серебра имеет вид:



В таком случае $n(\mathbf{MCl}_3) = \frac{1}{3}n(\text{AgCl}) = 0,01$ моль, тогда молярная масса **X**:

$$M(\mathbf{MCl}_3) = \frac{m(\mathbf{MCl}_3)}{n(\mathbf{MCl}_3)} = \frac{2,475}{0,01} = 247,5 \text{ (г/моль)}$$

Тогда, вычитая молярную массу хлора из молярной массы **X** можно определить молярную массу металла **M**:

$$M(\mathbf{M}) = M(\mathbf{MCl}_3) - 3 \cdot M(\text{Cl}) = 247,5 - 3 \cdot 35,5 = 141 \text{ (г/моль)}$$

Такое значение молярной массы соответствует празеодиму. Празеодим, как и большинство лантанидов, образует большое количество довольно устойчивых соединений в степени окисления +3.

Таким образом, **M** – Pr, **X** – PrCl₃.

Определим состав кристаллогидрата с $\omega(\text{H}_2\text{O}) = 30,38\%$. Пусть в составе кристаллогидрата x молекул воды. Тогда формула для массовой доли воды в нём принимает вид:

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{PrCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O})} = \frac{x \cdot M(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{PrCl}_3) + x \cdot M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{x \cdot 18}{247,5 + x \cdot 18} = 0,3038$$

Преобразовав, получаем:

$$18 \cdot x = 0,3038 \cdot (247,5 + 18 \cdot x)$$

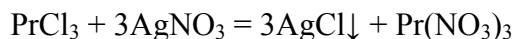
$$18x = 75,1905 + 5,4684x$$

$$12,5316x = 75,1905$$

$$x = 6$$

Следовательно, формула кристаллогидрата хлорида **X** – PrCl₃ · 6H₂O

2) Уравнение реакции выглядит следующим образом:



Рассчитаем количества хлорида празеодима(III) и нитрата серебра:

$$n(\text{PrCl}_3) = \frac{m(\text{PrCl}_3)}{M(\text{PrCl}_3)} = \frac{2,475}{247,5} = 0,01 \text{ (моль)}$$

$$n(\text{AgNO}_3) = \frac{m(\text{AgNO}_3)}{M(\text{AgNO}_3)} = \frac{2,475}{170} = 0,015 \text{ (моль)}$$

Очевидно, нитрат серебра в недостатке, рассчитаем массу осадка, опираясь на его количество:

$$n(\text{AgCl}) = n(\text{AgNO}_3) = 0,015 \text{ (моль)}$$

$$m(\text{AgCl}) = n(\text{AgCl}) \cdot M(\text{AgCl}) = 0,015 \cdot 143,5 = 2,1525 \text{ (г)}$$

3) Выведем формулу вещества Y. Определим массовую долю кислорода:

$$\omega(\text{O}) = 100\% - \omega(\text{Cl}) - \omega(\text{Pr}) = 100\% - 18,44\% - 73,25\% = 8,31\%$$

Пусть формула Y – $\text{Pr}_x\text{O}_y\text{Cl}_z$. Тогда справедливо, что:

$$n(\text{Pr}) : n(\text{O}) : n(\text{Cl}) = x : y : z$$

Пусть молярная масса Y равна m г/моль. Определим молекулярную формулу вещества:

$$\omega(\text{Pr}) = \frac{n(\text{Pr}) \cdot M(\text{Pr})}{M(\text{Pr}_x\text{O}_y\text{Cl}_z)} \Rightarrow n(\text{Pr}) = \frac{\omega(\text{Pr}) \cdot M(\text{Pr}_x\text{O}_y\text{Cl}_z)}{M(\text{Pr})} = \frac{0,7325 \cdot m}{141} \approx 5,2 \cdot 10^{-3} \cdot m \text{ (моль)}$$

$$\omega(\text{O}) = \frac{n(\text{O}) \cdot M(\text{O})}{M(\text{Pr}_x\text{O}_y\text{Cl}_z)} \Rightarrow n(\text{O}) = \frac{\omega(\text{O}) \cdot M(\text{Pr}_x\text{O}_y\text{Cl}_z)}{M(\text{O})} = \frac{0,0831 \cdot m}{16} \approx 5,2 \cdot 10^{-3} \cdot m \text{ (моль)}$$

$$\omega(\text{Cl}) = \frac{n(\text{Cl}) \cdot M(\text{Cl})}{M(\text{Pr}_x\text{O}_y\text{Cl}_z)} \Rightarrow n(\text{Cl}) = \frac{\omega(\text{Cl}) \cdot M(\text{Pr}_x\text{O}_y\text{Cl}_z)}{M(\text{Cl})} = \frac{0,1844 \cdot m}{35,5} \approx 5,2 \cdot 10^{-3} \cdot m \text{ (моль)}$$

$$n(\text{Pr}) : n(\text{O}) : n(\text{Cl}) = x : y : z$$

$$(5,2 \cdot 10^{-3} \cdot m) : (5,2 \cdot 10^{-3} \cdot m) : (5,2 \cdot 10^{-3} \cdot m) = x : y : z$$

$$1 : 1 : 1 = x : y : z$$

Таким образом, простейшая формула – PrOCl . Проверим, вычислив молярную массу:

$$M(\text{PrOCl}) = M(\text{Pr}) + M(\text{O}) + M(\text{Cl}) = 141 + 16 + 35,5 = 192,5 \text{ (г/моль)} < 200 \text{ (г/моль)}$$

Следовательно, Y – это PrOCl , оксихлорид празеодима.

Напишем уравнении реакции:



Водород не может восстанавливать празеодим(+3) в таких условиях, однако при пиролизе (особенно на воздухе) может происходить образование смешанного оксида празеодима (+3,+4) Pr_6O_{11} , чему препятствует добавление водорода в систему.

Критерии оценивания:

Пункт	Критерий оценивания	Балл
1)	определён металл М, записаны формулы безводного хлорида Х и его кристаллогидрата	3 балла за металл, 3 балла за безводный хлорид и 3 балла за формулу кристаллогидрата; без подтверждения формулы расчётом – по 1,5 балла
2)	определена масса осадка	2 балла
3)	- выведена формула Y - записано уравнение реакции	4 балла; если ответ не подтверждён расчётом, то 2 балла 4 балла

	пирогидролита Y • указано, зачем пропускают ток водорода в процессе пирогидролита	• 1 балл.
В сумме:		• 20 баллов

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

ЗАДАНИЕ 4. Решение

Процесс осмоса представляет собой просачивание растворителя через полупроницаемую мембрану, не пропускающую растворённое вещество, и разделяющую два раствора одного и того же вещества с различными концентрациями либо чистый растворитель и раствор, обеспечивая приближение системы к равновесию в результате выравнивания концентраций по обе стороны перегородки. Осмос играет большое значение во многих биологических процессах.

Осмотическое давление (π) – это минимальное гидростатическое давление, которое надо приложить к раствору, чтобы предотвратить проникновение чистого растворителя к данному раствору через мембрану.

Существование осмоса обуславливает использование изотонических растворов в медицине: осмотическое давление таких растворов равно осмотическому давлению ($\approx 740 - 780$ кПа при $36,6^\circ\text{C}$) плазмы крови человека. Если осмотическое давление раствора ниже осмотического давления плазмы крови, то такой раствор называют гипотоническим. Растворы, в которых осмотическое давление выше осмотического давления плазмы крови, называют гипертоническими.

Рассчитать осмотическое давление (в кПа) раствора вещества X можно по следующей формуле:

$$\pi = i(X) \cdot \frac{n(X)}{V_{p-ра}} \cdot R \cdot T,$$

где $i(X)$ – безразмерный изотонический коэффициент вещества X, $n(X)$ – количество растворённого вещества X (в моль), $V_{p-ра}$ – объём раствора (в литрах), R – универсальная газовая постоянная, T – абсолютная температура (выраженная в Кельвинах).

*Изотонические коэффициенты i веществ, использованных в задаче, приведены в **Справочных данных**.*

1) В 100,00 г воды растворили 3,73 г хлорида калия, получив раствор с плотностью 1,005 кг/л при некоторых условиях. Определите осмотическое давление такого раствора при

36,6°C и укажите каким по отношению к плазме крови человека (гипо-, изо- или гипертоническим) он является.

2) В качестве изотонического физиологического раствора в медицине широко используют 0,9%-ый раствор хлорида натрия. Рассчитайте осмотическое давление такого раствора при 36,6°C. Плотность раствора примите равной 1,052 кг/л.

3) Кроме 0,9%-ого раствора хлорида натрия в медицине находит применение и физиологический изотонический раствор глюкозы. Определите массовую долю глюкозы $C_6H_{12}O_6$ в её изотоническом растворе с таким же осмотическим давлением, которое возникает в 0,9%-ом растворе хлорида натрия при 36,6°C. Плотность раствора примите равной 1,051 кг/л.

1) Найдём количество хлорида калия в приготовленном растворе:

$$n(KCl) = \frac{m(KCl)}{M(KCl)} = \frac{3,73}{74,5} \approx 0,050 \text{ (моль)}$$

Вычислим объём раствора:

$$V_{p-ra} = \frac{m_{p-ra}}{d_{p-ra}} = \frac{m(H_2O) + m(KCl)}{d_{p-ra}} = \frac{100 + 3,73}{1005} = 0,103 \text{ (л)}$$

Рассчитаем осмотическое давление:

$$T = 36,6 + 273 = 309,6 \text{ (K)}$$

$$\pi = i(KCl) \cdot \frac{n(KCl)}{V_{p-ля}} \cdot R \cdot T = 1,87 \cdot \frac{0,050}{0,103} \cdot 8,314 \cdot 309,6 \approx 2336,605 \text{ (кПа)}$$

Поскольку полученное осмотическое давление значительно больше осмотического давления плазмы крови человека, то такой раствор будет по отношению к ней гипертоническим.

2) Найдём массу и количество хлорида натрия в 1 л раствора:

$$m_{p-ra} = d_{p-ra} \cdot V_{p-ra} = 1,052 \cdot 1000 = 1052 \text{ (г)}$$

$$\omega(NaCl) = \frac{m(NaCl)}{m_{p-ra}} \Leftrightarrow m(NaCl) = m_{p-ra} \cdot \omega(NaCl) = 1052 \cdot 0,009 = 9,468 \text{ (г)}$$

$$n(NaCl) = \frac{m(NaCl)}{M(NaCl)} = \frac{9,468}{58,5} = 0,162 \text{ (моль)}$$

Рассчитаем осмотическое давление:

$$\pi = i(NaCl) \cdot \frac{n(NaCl)}{V_{p-ля}} \cdot R \cdot T = 1,80 \cdot \frac{0,162}{1} \cdot 8,314 \cdot 309,6 \approx 750,583 \text{ (кПа)}$$

3) Используя ранее полученное значение осмотического давления 0,9%-ого раствора хлорида натрия (при 36,6°C), определим количество глюкозы в 1 л раствора с таким же осмотическим давлением:

$$\pi = i(C_6H_{12}O_6) \cdot \frac{n(C_6H_{12}O_6)}{V_{p-ra}} \cdot R \cdot T$$

⇕

$$n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{\pi \cdot V_{p-pa}}{i(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \cdot R \cdot T} = \frac{750,583 \cdot 1}{1 \cdot 8,314 \cdot 309,6} = 0,292 \text{ (моль)}$$

Вычислим массу раствора:

$$m_{p-pa} = d_{p-pa} \cdot V_{p-pa} = 1,051 \cdot 1000 = 1051 \text{ (г)}$$

Определим массу и массовую долю глюкозы:

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \cdot n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 108 \cdot 0,292 = 52,56 \text{ (г)}$$

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{m_{p-pa}} = \frac{52,56}{1051} \approx 0,05 \Leftrightarrow 5\%$$

Критерии оценивания:

Пункт	Критерий оценивания	Балл
1)	- рассчитано осмотическое давление раствора хлорида калия - указано, что раствор является гипертоническим	5 баллов, за правильные промежуточные вычисления при неправильном или отсутствующем ответе – до 2 баллов 2 балла
2)	рассчитано осмотическое давление изотонического физраствора NaCl при заданной температуре	7 баллов, за правильные промежуточные вычисления при неправильном или отсутствующем ответе – до 3 баллов
3)	рассчитана массовая доля глюкозы в изотоническом растворе с осмотическим давлением 0,9%-ого раствора хлорида натрия	6 баллов, за правильные промежуточные вычисления при неправильном или отсутствующем ответе – до 3 баллов
В сумме:		• 20 баллов

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

ЗАДАНИЕ 5. Решение

Девятиклассник Серёжа придя утром в школу приготовил в пяти пронумерованных склянках практически бесцветные растворы равной концентрации (0,01 моль/л) следующих солей:

хлорид алюминия, сульфат цинка, иодид бария, нитрат свинца(II), сульфид калия

Вспомнив об этих растворах после уроков, он с удивлением обнаружил, что потерял бумажку, на которую выписал в какой склянке раствор какого вещества находится. Учительница химии пожурела Серёжу и отправила его идентифицировать содержимое склянок, выдав ему для распознавания следующий набор реактивов:

10%-ный водный раствор аммиака, твёрдый гидроксид натрия,
раствор иодида калия (0,01 моль/л), раствор нитрата серебра (0,01 моль/л)

Кроме перечисленных реактивов в распоряжении Серёжи имеется набор чистых пробирок в штативе, дистиллированная вода, стеклянные палочки и несколько полосок индикаторной бумаги.

Серёжа может использовать только предложенные реактивы и вещества из пронумерованных склянок (после однозначной идентификации содержимого склянки, подтверждённой не менее чем двумя разными реакциями). Помогите Серёже – предложите схему распознавания веществ в склянках, подтвердив каждое из веществ **не менее чем двумя качественными реакциями (на каждое из пяти веществ не менее 2-х различных уравнений)**. Напишите уравнения реакций и укажите признаки, которыми они сопровождаются.

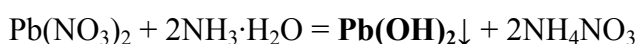
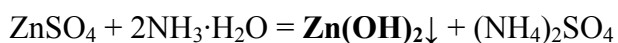
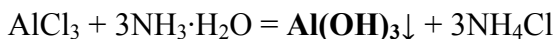
Задание подразумевает **большое число возможных путей решения**. Засчитывается любой из вариантов решения, удовлетворяющий критериям задания. Предложим один из них:

1) Пусть Серёжа сначала определит с помощью индикаторной бумаги кислотность растворов в каждой из пронумерованных склянок:

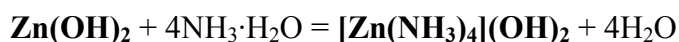
Вещество	AlCl ₃	ZnSO ₄	BaI ₂	Pb(NO ₃) ₂	K ₂ S
Среда	Кислая	Кислая	Нейтральная	Кислая	Щелочная

Определив кислотность среды растворов, Серёжа разбивает их на соответствующие группы.

2) Далее Серёжа добавляет к порции каждого из растворов, имеющих кислую среду, раствор аммиака. Сначала в каждой из пробирок **выпадает белый осадок**:

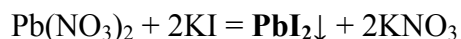


Однако, Серёжа не сдаётся и добавляет избыток раствора аммиака. В результате происходит **растворение осадка** гидроксида цинка с образованием бесцветного раствора:



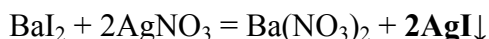
Серёже удалось однозначно определить склянку, содержащую сульфат цинка. Написав на ней формулу соли, он продолжает определять содержимое остальных склянок.

3) К новой порции каждого из двух оставшихся растворов, имеющих кислую среду, Серёжа добавляет раствор иодида калия. **Выпадает жёлтый осадок** в пробирке, содержащей раствор нитрата свинца(II):



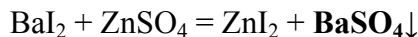
Таким образом, Серёже удалось однозначно определить склянку, содержащую нитрат свинца(II). Написав на ней формулу соли, он продолжает определять содержимое остальных склянок.

4) Взяв порцию раствора из склянки с единственным раствором, который имеет нейтральную среду, Серёжа добавляет её к порции раствора нитрата серебра из подписанной склянки:



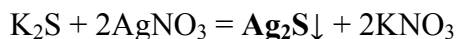
В результате реакции **выпадает жёлтый осадок** нитрата серебра.

5) Определив склянку с сульфатом цинка, Серёжа добавляет небольшое количество её содержимого к порции раствора из склянки с единственным раствором, который имеет нейтральную среду. В результате он наблюдает **выпадение белого осадка**:

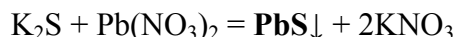


Серёже удалось однозначно определить склянку, содержащую иодид бария. Написав на ней формулу соли, он продолжает определять содержимое остальных склянок.

6) Серёжа отбирает две порции раствора, имеющего щелочную среду. К первой он прибавляет немного раствора нитрата серебра из подписанной склянки, в результате в пробирке **выпадает чёрный осадок**:



Затем, ко второй порции – идентифицированный раствор из склянки с нитратом свинца:



Реакция тоже сопровождается **выпадением чёрного осадка**.

Серёже удалось однозначно определить склянку, содержащую сульфид калия. Написав на ней формулу соли, он продолжает определять содержимое последней склянки.

7) Для однозначного определения вещества в последней склянке Серёжа отбирает из неё порцию раствора и добавляет её к порции ранее определённого раствора сульфида калия.

В результате реакции происходит **выделение газа с запахом тухлых яиц** и **выпадение белого осадка**:



В результате Серёжа определил содержимое всех склянок, подтвердив это двумя различными реакциями для каждого из пяти веществ.

Критерии оценивания:

Пункт	Критерий оценивания	Балл
1)	- для каждого из пяти веществ в пронумерованных склянках приведено не менее 2-х уравнений, позволяющих в совокупности однозначно определить содержимое склянки - для каждого уравнения указаны признаки, сопровождающие протекание реакции (выпадение (или растворение) осадка с указанием цвета, выделение газа с указанием цвета и запаха)	- по 1 баллу за каждое уравнение, в сумме не более 10 баллов и не более 2 баллов для каждого вещества (засчитываются только правильные уравнения реакций) - по 1 баллу за указание признаков реакции для каждого уравнения, в сумме не более 10 баллов и не более 1 балла для каждого уравнения (засчитываются только правильно указанные признаки реакции)
В сумме:		20 баллов

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