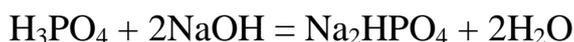


Контрольная работа 1

7. Вычислите количество вещества эквивалента и молярную массу эквивалента H_3PO_4 в реакциях образования: а) гидроортофосфата; б) дигидроортофосфата; в) ортофосфата, если масса ортофосфорной кислоты во всех реакциях 12,38 г.

Решение

а) Реакция образования гидроортофосфата:



В этой реакции 1 моль фосфорной кислоты эквивалентен двум молям однокислотного основания NaOH . Следовательно, количество вещества эквивалента фосфорной кислоты равно:

$$n_{\text{э}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{1}{2} \text{ моль.}$$

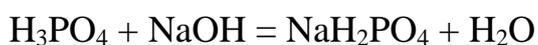
Молярная масса эквивалента:

$$M_{\text{э}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = n_{\text{э}}(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot M(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{1}{2} \cdot 98,00 = 49,00 \text{ г/моль.}$$

Количество фосфорной кислоты, вступившей в реакцию:

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4)}{M_{\text{э}}(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{12,38}{49,00} = 0,253 \text{ моль.}$$

б) Реакция образования дигидроортофосфата:



В этой реакции 1 моль фосфорной кислоты эквивалентен одному молю однокислотного основания NaOH . Следовательно, количество вещества эквивалента фосфорной кислоты равно:

$$n_{\text{э}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1 \text{ моль.}$$

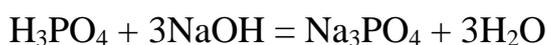
Молярная масса эквивалента:

$$M_{\text{э}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = n_{\text{э}}(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1 \cdot 98,00 = 98,00 \text{ г/моль.}$$

Количество фосфорной кислоты, вступившей в реакцию:

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4)}{M_{\text{э}}(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{12,38}{98,00} = 0,126 \text{ моль.}$$

в) Реакция образования ортофосфата:



В этой реакции 1 моль фосфорной кислоты эквивалентен трем молям однокислотного основания NaOH . Следовательно, количество вещества эквивалента фосфорной кислоты равно:

$$n_{\text{э}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{1}{3} \text{ моль.}$$

Молярная масса эквивалента:

$$M_3(\text{H}_3\text{PO}_4) = n_3(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot M(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{1}{3} \cdot 98,00 = 32,67 \text{ г/моль.}$$

Количество фосфорной кислоты, вступившей в реакцию:

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4)}{M_3(\text{H}_3\text{PO}_4)} = \frac{12,38}{32,67} = 0,379 \text{ моль.}$$

Ответ: а) $\frac{1}{2}$ моль; 49,00 г/моль; 0,253 моль; б) 1 моль; 98,00 г/моль; 0,126 моль; в) $\frac{1}{3}$ моль; 32,67 г/моль; 0,379 моль.

23. Во сколько раз в земной коре атомов кислорода больше, чем атомов кремния? Массовые доли кислорода и кремния равны 0,47 и 0,295 соответственно.

Решение

Вычислим количества вещества атомов в расчете на единицу массы земной коры.

$$n(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{0,47}{16,00} = 2,9375 \cdot 10^{-2} \text{ моль.}$$

$$n(\text{Si}) = \frac{m(\text{Si})}{M(\text{Si})} = \frac{0,295}{28,0855} = 1,0504 \cdot 10^{-2} \text{ моль.}$$

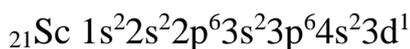
Число атомов кислорода больше числа атомов кремния в $\frac{2,9375 \cdot 10^{-2}}{1,0504 \cdot 10^{-2}} = 2,8$ раз.

Ответ: число атомов кислорода больше в 2,8 раз.

39. Напишите электронные формулы атомов элементов с порядковыми номерами 21 и 23. Сколько свободных 3d-орбиталей в атомах этих элементов?

Решение

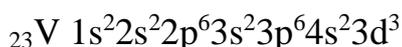
Элемент № 21 — скандий.



	s	p			d				
n=1	↑↓								
n=2	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓					
n=3	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑				
n=4	↑↓								

Формирующий электрон располагается на d-подуровне, поэтому скандий относится к семейству d-элементов. Четыре свободных 3d-орбитали.

Элемент № 23 — ванадий.



	s	p			d				
n=1	↑↓								
n=2	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓					
n=3	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑	↑		
n=4	↑↓								

Формирующий электрон располагается на d-подуровне, поэтому ванадий относится к семейству d-элементов. Две свободных 3d-орбитали.

74. Марганец образует соединения, в которых он проявляет степень окисления +2, +3, +4, +6, +7. Составьте формулы его оксидов и гидроксидов, отвечающих этим степеням окисления. Напишите уравнения реакций, доказывающих амфотерность гидроксида марганца (IV).

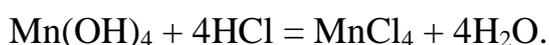
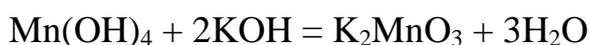
Решение

Составим таблицу кислородсодержащих соединений марганца в различных степенях окисления:

степень окисления	+2	+3	+4	+6	+7
оксид	MnO оксид марганца (II)	Mn ₂ O ₃ оксид марганца (III)	MnO ₂ оксид марганца (IV)	MnO ₃ оксид марганца (VI)	Mn ₂ O ₇ оксид марганца (VII)
гидроксид	Mn(OH) ₂ гидроксид марганца (II)	MnO(OH) гидроксид марганца (III)	Mn(OH) ₄ гидроксид марганца (IV)	H ₂ MnO ₄ марганцовистая кислота	HMnO ₄ марганцовая кислота

По мере увеличения заряда марганца кислотные свойства оксидов и гидроксидов увеличиваются.

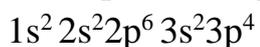
Гидроксид марганца (IV) проявляет амфотерные свойства, он реагирует с кислотами и со щелочами:



111. Распределите электроны атома серы по квантовым ячейкам. Сколько неспаренных электронов имеют ее атомы в нормальном и возбужденном состояниях? Чему равна валентность серы, обусловленная неспаренными электронами?

Решение

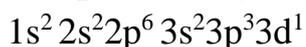
Электронное строение атома серы:



	s	p			d				
n=1	↑↓								
n=2	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓					
n=3	↑↓	↑↓	↑	↑					

В основном состоянии атом серы имеет 2 неспаренных электрона, валентность серы равна 2.

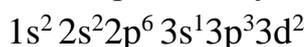
В первом возбужденном состоянии:



	s	p			d				
n=1	↑↓								
n=2	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓					
n=3	↑↓	↑	↑	↑	↑				

4 неспаренных электрона, валентность атома в этом состоянии равна 4.

Во втором возбужденном состоянии:



	s	p			d				
n=1	↑↓								
n=2	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓					
n=3	↑	↑	↑	↑	↑	↑			

6 неспаренных электронов, валентность атома в этом состоянии равна 6.

124. Ковалентный радиус атома йода равен $1,33 \cdot 10^{-10}$ м. Рассчитайте приблизительные ядерные расстояния в молекулах йода и иодида водорода, если ковалентный радиус водорода равен $0,30 \cdot 10^{-10}$ м.

Решение

В молекуле I_2 межатомное расстояние $r(I-I)$ равно удвоенному ковалентному радиусу $r(I)$.

$$r(I-I) = 2r(I) = 2 \cdot 1,33 \cdot 10^{-10} = 2,66 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$$

В молекуле HI межатомное расстояние $r(\text{H-I}) = r(\text{H}) + r(\text{I}) = 0,3 \cdot 10^{-10} + 1,33 \cdot 10^{-10} = 1,63 \cdot 10^{-10}$ м.

Ответ: $r(\text{I-I}) = 2,66 \cdot 10^{-10}$ м; $r(\text{H-I}) = 1,63 \cdot 10^{-10}$ м.

144. Кристаллический хлорид аммония образуется при взаимодействии газообразных аммиака и хлороводорода. Напишите термохимическое уравнение этой реакции, предварительно вычислив ее тепловой эффект. Сколько теплоты выделится, если в реакции было израсходовано 10 л аммиака в пересчете на нормальные условия?

Решение

Уравнение реакции:



Согласно следствию из закона Гесса, тепловой эффект реакции равен:

$$\Delta H^\circ_{\text{р}} = \sum n \Delta H^\circ_{\text{прод.}} - \sum n \Delta H^\circ_{\text{исх.}},$$

где n – стехиометрические коэффициенты; ΔH° – стандартные энтальпии образования продуктов и исходных веществ.

Записываем справочные данные.

$$\Delta H^\circ(\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{к})}) = -315,39 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H^\circ(\text{NH}_{3(\text{г})}) = -46,19 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H^\circ(\text{HCl}_{(\text{г})}) = -92,31 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{р}} = \Delta H^\circ(\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{к})}) - \Delta H^\circ(\text{NH}_{3(\text{г})}) - \Delta H^\circ(\text{HCl}_{(\text{г})})$$

$$\Delta H^\circ_{\text{р}} = -315,39 - (-46,19) - (-92,31) = -176,89 \text{ кДж.}$$

Термохимическое уравнение реакции:



Если в реакции участвует 1 моль аммиака (22,4 л), то выделяется 176,89 кДж теплоты, тогда при участии 10 л аммиака выделяется $176,89 \cdot \frac{10}{22,4} = 78,97$ кДж теплоты.

Ответ: 78,97 кДж теплоты.

169. Расположите указанные соединения: Fe, Fe₂O₃, Fe₃O₄, FeO в порядке увеличения энтропии. Обоснуйте этот ряд.

Решение

Запишем значения энтропии для указанных веществ.

$$S^0(\text{Fe}) = 27,15 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

$$S^0(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 87,45 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

$$S^0(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 146,2 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

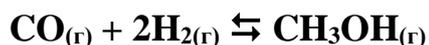
$$S^0(\text{FeO}) = 60,75 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$$

Ряд соединений в порядке увеличения энтропии:



С увеличением молярной массы соединений в данном ряду увеличивается энтропия.

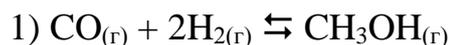
200. Дана система реакций, протекающих в газовой фазе:



Как повлияет на соотношение продуктов этих реакций: а) увеличение давления, б) увеличение концентрации водорода?

Решение

Направление смещения равновесия определяется правилом Ле-Шателье: если на равновесную систему оказать внешнее воздействие, то равновесие сместится в сторону ослабления воздействия.



В левой части 3 моль газообразных веществ, а в правой части — 1 моль.

Увеличение давления смещает равновесие вправо.

Увеличение концентрации водорода смещает равновесие вправо.



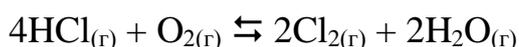
Реакция протекает в жидкой фазе. Увеличение давления не влияет на равновесие.

Увеличение концентрации водорода также не влияет на равновесие, так как водород не участвует в этой реакции.

217. Равновесие гомогенной системы $4\text{HCl}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}_{(г)} + 2\text{Cl}_{2(г)}$ установилось при следующих концентрациях реагирующих веществ (моль/л): $[\text{H}_2\text{O}]_p = 0,14$; $[\text{Cl}_2]_p = 0,14$; $[\text{HCl}]_p = 0,20$; $[\text{O}_2]_p = 0,32$. Вычислите исходные концентрации хлороводорода и кислорода.

Решение

Гомогенная система:



$$[\text{HCl}] = 0,20 \text{ моль/л}$$

$$[\text{O}_2] = 0,32 \text{ моль/л}$$

$$[\text{Cl}_2] = 0,14 \text{ моль/л}$$

$$[\text{H}_2\text{O}] = 0,14 \text{ моль/л}$$

Константа равновесия:

$$K_p = \frac{[H_2O]^2 [Cl_2]^2}{[HCl]^4 [O_2]} = \frac{0,14^2 \cdot 0,14^2}{0,20^4 \cdot 0,32} = 0,75.$$

По уравнению реакции из 1 моль HCl образуется в сумме 1 моль продуктов, поэтому:

$$[HCl]_0 = [HCl] + [H_2O] + [Cl_2] = 0,20 + 0,14 + 0,14 = 0,48 \text{ моль/л.}$$

По уравнению реакции из 1 моль O₂ в сумме образуется 4 моль продуктов. Поэтому:

$$[O_2]_0 = [O_2] + \frac{1}{4} \cdot ([H_2O] + [Cl_2]) = 0,32 + 0,25 \cdot (0,14 + 0,14) = 0,39 \text{ моль/л.}$$

Ответ: $K_p = 0,75$; $[HCl]_0 = 0,48$ моль/л; $[O_2]_0 = 0,39$ моль/л.

Контрольная работа 2

7. Какое количество воды и нитрата калия необходимо для приготовления 400 г 20%-ного раствора?

Решение

По условию масса раствора равна 400 г.

Концентрация раствора равна 20%.

Вычисляем массу нитрата калия в растворе.

$$m(KNO_3) = m_p \cdot \frac{C\%}{100\%} = 400 \cdot \frac{20}{100} = 80 \text{ г.}$$

Вычисляем массу воды.

$$m(H_2O) = m_p - m(KNO_3) = 400 - 80 = 320 \text{ г.}$$

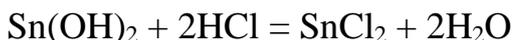
Ответ: 80 г KNO₃ и 320 г воды.

31. Составьте молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций взаимодействия в растворах между: а) Sn(OH)₂ и HCl; б) BeSO₄ и KOH; в) NH₄Cl и Ba(OH)₂.

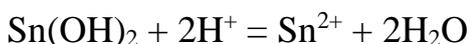
Решение

а) Sn(OH)₂ и HCl

Молекулярное уравнение:



Ионно-молекулярное уравнение:



б) BeSO₄ и KOH

Молекулярное уравнение:

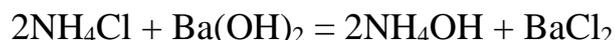


Ионно-молекулярное уравнение:



в) NH_4Cl и $\text{Ba}(\text{OH})_2$

Молекулярное уравнение:



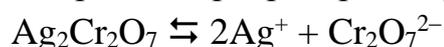
Ионно-молекулярное уравнение:



48. Произведение растворимости дихромата серебра $\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ равно $2,0 \cdot 10^{-7}$. Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов 0,01 Н растворов AgNO_3 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$?

Решение

Дихромат серебра в растворе частично диссоциирует:



$$\text{PP}(\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = [\text{Ag}^+]^2[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = 2,0 \cdot 10^{-7}.$$

Молярная концентрация AgNO_3 равна нормальной:

$$C_{\text{M}}(\text{AgNO}_3) = 0,01 \text{ M}.$$

Молярная концентрация $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ равна половине нормальной, так как это соль двухосновной хромовой кислоты:

$$C_{\text{M}}(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,005 \text{ M}.$$

После смешивания растворов концентрация растворов уменьшается в 2 раза:

$$[\text{Ag}^+] = 0,005 \text{ M}$$

$$[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = 0,0025 \text{ M}$$

$$[\text{Ag}^+]^2[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = 0,005^2 \cdot 0,0025 = 6,25 \cdot 10^{-8}.$$

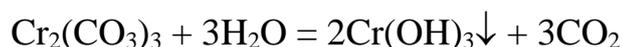
Произведение концентраций меньше величины ПР, поэтому осадок не выпадает.

Ответ: осадок не выпадает.

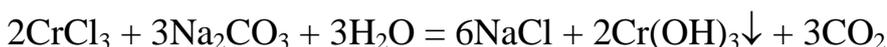
74. При сливании растворов CrCl_3 и Na_2CO_3 образуется осадок гидроксида хрома (III). Объясните причину этого явления и напишите соответствующие уравнения в молекулярном и ионном виде.

Решение

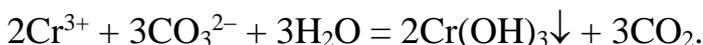
Причина образования гидроксида хрома (III) при сливании растворов CrCl_3 и Na_2CO_3 заключается в том, что соль $\text{Cr}_2(\text{CO}_3)_3$, которая должна образоваться в реакции обмена, подвергается полному гидролизу, так как она образована слабым основанием и слабой кислотой:



Уравнение реакции:



Ионно-молекулярное уравнение:



99. Чему равна временная жесткость воды, в 1 л которой содержится 0,146 г гидрокарбоната магния?

Решение

Рассчитаем жесткость воды, если в 1 л ее растворено 0,146 г гидрокарбоната магния.

Жесткость воды определяют по формуле:

$$Ж = \frac{m}{M_э \cdot V},$$

где m – масса вещества, обуславливающего жесткость, или применяемого для устранения жесткости;

$M_э$ – эквивалентная масса этого вещества;

V – объем воды.

$M_э(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2) = 73,17$ г/моль.

$$Ж = \frac{m(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2)}{M_э(\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2) \cdot V} = \frac{0,146}{73,17 \cdot V} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л} = 2,0 \text{ ммоль/л}.$$

Ответ: жесткость воды 2,0 ммоль/л.

118. Напишите окислительно-восстановительную реакцию, подберите коэффициенты, составив ионно-электронный баланс. Какие свойства проявляет нитрит калия в данном процессе: $\text{Zn} + \text{KNO}_2 + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{NH}_3$.

Решение



Электронно-ионный баланс:



Уравнение реакции:



В данной реакции нитрит калия – окислитель.

175. Потенциал электрода Pt, H₂ | [NaOH] = x моль/л равен -767 мВ. Какова нормальность раствора едкого натра?

Решение

Потенциал водородного электрода равен:

$$E = -0,059\text{pH}.$$

Вычисляем pH.

$$\text{pH} = -\frac{E}{0,059} = -\frac{-0,767}{0,059} = 13.$$

Следовательно, рОН = 14 – рН = 14 – 13 = 1.

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-1} \text{ моль/л}.$$

NaOH — сильный электролит, поэтому $C(\text{NaOH}) = [\text{OH}^-] = 0,1 \text{ моль/л}$.

Ответ: 0,1 моль/л.

210. На сколько уменьшится масса серебряного анода, если электролиз раствора AgNO₃ проводить при силе тока 2 А в течение 38 мин 20 с? Составьте электронные уравнения процессов, происходящих на графитовых электродах.

Решение

Запишем выражение закона Фарадея:

$$m = \frac{M_э \cdot I \cdot t}{F},$$

где $M_э$ — молярная масса эквивалента, г/моль;

I — сила тока, А;

t — время электролиза, с;

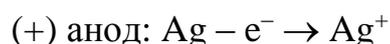
F — число Фарадея, равное 96485 Кл/моль.

При электролизе серебряный анод растворяется, а серебро выделяется на катоде в том же количестве.

$$M_э(\text{Ag}) = 107,9 \text{ г/моль}.$$

$$m = \frac{107,9 \cdot 2 \cdot (38 \cdot 60 + 20)}{96485} = 5,14 \text{ г}.$$

Электронные уравнения процессов:



Ответ: масса анода уменьшится на 5,14 г.

236. Какой металл целесообразней выбрать для протекторной защиты от коррозии свинцовой оболочки кабеля: цинк, магний или хром? Почему?

Составьте электронные уравнения анодного и катодного процессов атмосферной коррозии. Каков состав продуктов коррозии?

Решение

Протекторная защита осуществляется путем присоединения к защищаемому металлу протектора — более активного металла (с меньшим значением E^0), который легче окисляется и тем самым предохраняет основной металл от коррозии.

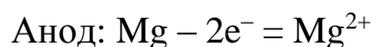
Для защиты от коррозии свинцового кабеля лучше выбрать магний, так как разница между потенциалами свинца и магния максимальна (по сравнению с другими указанными в задании металлами):

$$E^0(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}) = -0,126 \text{ В}$$

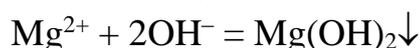
$$E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,764 \text{ В}$$

$$E^0(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -2,37 \text{ В}$$

$$E^0(\text{Cr}^{2+}/\text{Cr}) = -0,91 \text{ В}$$

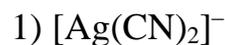


Уравнение реакции:

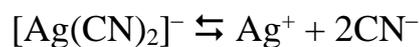


269. Напишите выражения для констант нестойкости следующих комплексных ионов: $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$, $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$, $[\text{Ag}(\text{SCN})_2]^-$, зная, что они соответственно равны $1,0 \cdot 10^{-21}$; $6,8 \cdot 10^{-8}$; $2,0 \cdot 10^{-11}$, укажите, в каком растворе, содержащем эти ионы, при равной молярной концентрации ионов Ag^+ больше?

Решение



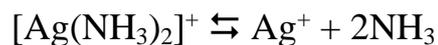
Диссоциация:



$$K_{\text{нест}} = \frac{[\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^2}{[[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-]} = 1,0 \cdot 10^{-21}$$



Диссоциация:



$$K_{\text{нест}} = \frac{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2}{[[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+]} = 6,8 \cdot 10^{-8}$$



Диссоциация:



$$K_{\text{нест}} = \frac{[Ag^+][SCN^-]^2}{[[Ag(SCN)_2]^-]} = 2,0 \cdot 10^{-11}$$

Чем меньше константа нестойкости, тем прочнее комплексный ион, тем меньше степень его диссоциации.

Все 3 комплексных иона имеют одинаковый состав: комплексообразователь с зарядом +1 и два лиганда. Поэтому для сравнительного анализа прочности комплексного иона можно непосредственно сравнивать константы нестойкости.

Из сравнения констант нестойкости видно, что самый прочный комплексный ион $[Ag(CN)_2]^-$. Значит, в этом растворе меньше всего ионов Ag^+ . Наименее прочный комплексный ион — $[Ag(NH_3)_2]^+$. Здесь ионов Ag^+ будет больше, чем в остальных растворах.

Литература

1. Гельфман М. И., Юстратов В. П. Неорганическая химия. – СПб.: Лань, 2007. – 528 с.
2. Глинка Н. Л. Общая химия. – М.: КноРус, 2009. – 752 с.
3. Князев Д. А., Смарыгин С. Н. Неорганическая химия. – М.: Дрофа, 2004. – 592 с.
4. Коровин Н. В. Общая химия. – М.: Высшая школа, 2008. – 560 с.
5. Пустовалова Л. М., Никанорова И. Е. Общая химия. – М.: Феникс, 2006. – 480 с.