

Предисловие

Одним из наиболее эффективных путей совершенствования процесса обучения в высшей школе является реализация дидактического принципа сознательности и активности обучаемых при руководящей роли преподавателя. Данное учебное пособие предназначено для самостоятельной работы по аналитической химии студентам направления подготовки «Фармация».

В пособии представлены план изучения темы, теоретическая часть, вопросы для проработки темы, вопросы для самоконтроля, тестовые задания. Это позволяет в условиях дефицита времени, отведенного на изучение дисциплины, успешно управлять развитием познавательной деятельности студентов.

Предлагаемые экспериментальные задания *исследовательского характера* позволяют студенту работать в индивидуальном темпе, вырабатывать экспериментальные умения и навыки, способствуют развитию самостоятельности при проведении исследования, формируют опыт профессиональной деятельности.

ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ОСНОВА ДЕЙСТВИЙ (ООД)

При подготовке к лабораторной работе студент обязан:

- изучить рекомендованную литературу и методику эксперимента (аналитические реакции ионов и систематический ход анализа их смесей);
 - осуществить самоконтроль подготовки к занятиям по вопросам для проработки темы (письменно), указанным в данном пособии;
 - освоить основные правила техники безопасности при работе в химической лаборатории и выполнения каждого конкретного задания;
 - подготовить лабораторный журнал, в котором указывается: дата, тема, частные реакции катионов (анионов) аналитической группы.
- **К лабораторной работе в химической аналитической лаборатории допускаются студенты, подготовленные к ее выполнению.**
- **Записи в отдельных листах не допускается.**

В журнале записывают схему проведения анализа, результаты работы и уравнения химических реакций,

сопровождающих проделанные опыты, результаты индивидуальных заданий (граф-схема анализа, наблюдаемые признаки реакций, уравнения реакций идентификации ионов).

По окончании занятия в лабораторном журнале студента преподаватель выставляет соответствующий балл (согласно разработанным критериям балльно-рейтинговой системы), дату и роспись.

Баллы: _____

Дата: _____

Подпись преподавателя

Лабораторная работа 9

АНАЛИЗ СМЕСИ КАТИОНОВ I-VI АНАЛИТИЧЕСКИХ ГРУПП

Цель. Знать химико-аналитические свойства катионов и уметь проводить анализ смеси катионов I-VI аналитических групп дробным и систематическим анализом.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Дробный метод анализа

Предварительные испытания. При анализе смеси катионов всех аналитических групп следует обратить внимание на окраску и реакцию среды раствора. Отсутствие окраски означает, что в растворе нет катионов Cr^{3+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} . Нейтральная реакция раствора показывает, что катионы Sn^{2+} , Sn^{4+} , Bi^{3+} , Hg^{2+} отсутствуют. В отдельных пробах раствора проводят реакции с серной и хлороводородной кислотами, а также с хлоридом олова. Если при прибавлении к отдельной пробе исследуемого раствора серной кислоты осадка не образуется, то в растворе отсутствуют катионы Pb^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} и Ca^{2+} . Если не выпадает осадок при пробе с хлороводородной кислотой, то катионов Ag^+ , Hg^{2+} , Pb^{2+} нет. Если при добавлении к отдельной порции раствора

гидроксида натрия и хлорида олова SnCl_2 не появляется черный осадок, то катионы Bi^{3+} , Hg^{2+} , $[\text{Hg}_2]^{2+}$ отсутствуют.

Анализ смеси катионов шести групп с отделением осадка

Отделяют осадок и анализируют отдельно осадок и раствор.

Открытие катиона Pb^{2+} . Осадок промывают 6 каплями горячей дистиллированной воды, центрифугируют и приливают несколько капель калия иодида KI .

Открытие иона Sb^{3+} . Осадок после отделения катиона Pb^{2+} промывают 10 каплями 2 н. хлороводородной кислотой. Центрифугат пипеткой перенесут в другую пробирку и разбавляют пятью объемами воды. Если в данном случае образуется осадок, то его отделяют и обрабатывают 2 каплями сероводородной воды. При наличии катиона Sb^{3+} появляется оранжевое окрашивание.

Обнаружение катионов Ag^+ и $[\text{Hg}_2]^{2+}$. После удаления хлорида свинца и гидроксида сурьмы катионы $[\text{Hg}_2]^{2+}$ и Ag^+ откройте известными реакциями.

Открытие катионов Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+} и Pb^{2+} . Эти катионы обнаруживают в осадке после отделения катионов Ag^+ и $[\text{Hg}_2]^{2+}$. Для чего осадок после обработки раствором аммиака промывают дистиллированной водой два раза по 4-5 капель..

После этого осадок несколько раз обрабатывают горячим 30%-ным раствором ацетата аммония до полного удаления катиона Pb^{2+} и хлоридмеркураммония. Отделив катионы II группы и катион Pb^{2+} , осадок исследуют на катионы III группы.

Анализ смеси без отделения осадка

Раствор с осадком тщательно взболтайте, 3 мл смеси исследуйте, а остальное сохраните для контрольных определений.

Проведите предварительные испытания из отдельных порций капельным методом:

на Fe^{2+} с гексацианоферратом(III) калия в кислой среде,

на Fe^{3+} с гексацианоферратом(II) калия в кислой среде,

на NH_4^+ нагреванием с гидроксидом натрия.

После предварительных испытаний к 2 мл смеси добавляют 6 капель 2 н. раствора азотной кислоты, перемешивают, нагревают на водяной бане, охлаждают, добавляют 5 капель концентрированной соляной кислоты, дают постоять 3 мин. и центрифугируют. В осадке могут быть катионы II и III групп в виде солей PbCl_2 , PbSO_4 , AgCl , Hg_2Cl_2 , BaSO_4 , SrSO_4 , CaSO_4 . В центрифугате могут находиться катионы всех шести групп. Осадок анализируют отдельно.

Анализ смеси без осадка

Предварительное определение катионов Fe^{2+} , Fe^{3+} и NH_4^+ проводят из отдельных проб.

Отделение и открытие катионов Pb^{2+} , Ag^+ , $[\text{Hg}_2]^{2+}$ проводят так же, как при анализе смеси катионов первых трех групп. В состав центрифугата (I) будут входить катионы I, III, IV, V и VI групп. Выделение и обнаружение катионов III группы: центрифугат после отделения хлоридов PbCl_2 , Hg_2Cl_2 и AgCl обрабатывают 8 каплями 2 н. раствора серной кислоты, нагревают 4 мин, охлаждают и исследуют.

Открытие катионов I группы NH_4^+ , K^+ , Na^+ . 1 мл центрифугата после отделения катионов III группы нейтрализуют концентрированным раствором аммиака до слабощелочной реакции, добавляют 6 капель карбоната аммония. Перемешивают смесь, осадок отделяют центрифугированием. Раствор упаривают досуха и прокаливают до полного удаления следов катиона NH_4^+ (проба с реактивом Несслера). Полученный после прокаливания осадок растворяют в 5 каплях дистиллированной воды и определяют катионы K^+ и Na^+ .

Выделение и открытие катионов IV, V и VI групп. Центрифугат после отделения катионов III группы

нейтрализуют натрия гидроксидом до щелочной реакции на лакмус, наполовину упаривают и проводят анализ по схеме систематического хода анализа или дробным методом катионов III группы.

? Вопросы для проработки темы

1. Какие факторы влияют на растворимость соединений?
2. Почему при выделении осадка следует избегать значительного избытка осадителя?
3. Каковы условия образования и растворения осадков?
4. Растворимость каких соединений зависит от кислотности раствора и почему: $Mg(OH)_2$, $CaCO_3$, ZnS , $AgCl$?

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

■ Упражнения и задачи

1. Какова растворимость гидроксида магния, если произведение растворимости его равно $6,0 \cdot 10^{-10}$?
2. Какая из солей начнет осаждаться первой при постепенном добавлении нитрата серебра к раствору, в котором концентрации Cl^- CrO_4^{2-} равны 0,1 моль/л?
3. Выпадает ли осадок при смешивании равных объемов сантимольярных растворов нитрата свинца и хлорида натрия?

4. Во сколько раз растворимость хромата серебра в сантимольном растворе нитрата серебра отличается от его растворимости в воде?
5. Вычислить рН буферного раствора, полученного добавлением 100 мл 0,5 М раствора уксусной кислоты к 400 мл 0,1 М раствора ацетата натрия.
6. Какую массу ацетата натрия надо добавить к 500 мл воды, чтобы получить раствор с рН 8,52?
7. Какой объем раствора формиата натрия с массовой долей 1% необходимо добавить к 100 мл 0,1 М муравьиной кислоты, чтобы получить раствор с рН 4,0?

Задание.

Проведите систематический анализ контрольной смеси № ___ катионов I-VI аналитических групп. Запишите граф-схему анализа, уравнения химических реакций и сделайте вывод.



Соблюдайте правила техники безопасности!

? Контрольные вопросы

1. При действии раствора серной кислоты выпадает осадок. Какие катионы присутствуют в растворе?
2. Если при действии раствора хлороводородной кислоты выпадает осадок, то какие катионы присутствуют в растворе?
3. Как влияет повышение температуры на растворимость выпавших хлоридов?
4. Какие катионы с раствором щелочи дают осадки?
5. Если подействовать избытком раствора щелочи на контрольный раствор, то выпадет осадок. Каков состав этого осадка?
6. Как удаляют катион аммония из раствора?
7. Если к раствору добавляют избыток раствора аммиака, осадок сначала выпадает, а потом растворяется, то точно можно утверждать о наличии каких катионов?
8. Какие катионы имеют окраску?
9. Какие катионы проявляют восстановительные свойства?
10. Какие катионы проявляют окислительные свойства?
11. На основании значений стандартных окислительно-восстановительных потенциалов (табл.3) предложите три

примера окисления катиона Fe^{2+} и рассчитайте константы равновесия этих реакций. Сделайте вывод, каким реагентом катион железа(II) будет окисляться в первую очередь.

12. Пользуясь значениями констант растворимости (табл.2) хлоридов обоснуйте, какой из хлоридов выпадает в первую очередь при действии на смесь катионов соляной кислоты?

13. Как реагируют растворимые соли катионов VI группы:

- а) с раствором NaOH ;
- б) с разбавленным раствором NH_3 ;
- в) с концентрированным NH_3 в избытке?

14. Какие реакции проходят при взаимодействии CuSO_4 с $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ в зависимости от количества реагента?

15. Почему при обнаружении катиона Cd^{2+} в виде сульфида используют сероводородную воду, а не раствор Na_2S ?

16. Как можно обнаружить ионы:

- а) Cd^{2+} в присутствии ионов Cu^{2+} и Hg^{2+} ,
- б) Co^{2+} в присутствии ионов Cu^{2+} и Hg^{2+} ,
- в) Cu^{2+} в присутствии ионов Ni^{2+} ?

17. При приготовлении контрольного образца, смешали растворы нитратов катионов VI группы, при этом выпал желтый осадок. Объясните наблюдаемый эффект.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Действием KI в кислой среде ($E^0(I_2/2I) = 0,54 \text{ В}$) восстанавливается ион...

- 1) $\text{Cr}^{3+} \rightarrow \text{Cr}^{2+}$; $E^0 = -0,41 \text{ В}$
- 2) $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}^+$; $E^0 = +0,86 \text{ В}$
- 3) $\text{Sn}^{4+} \rightarrow \text{Sn}^{2+}$; $E^0 = +0,15 \text{ В}$
- 4) $2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2$; $E^0 = 0,00 \text{ В}$

2. Восстановить перманганат MnO_4^- ($E^0(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ В}$) в кислой среде может...

- 1) KBrO_3 ; $E^0(2\text{BrO}_3^-/\text{Br}_2) = 1,52 \text{ В}$
- 2) $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$; $E^0(2\text{CO}_2/\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = 0,49 \text{ В}$
- 3) H_2O_2 ; $E^0(\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,77 \text{ В}$
- 4) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$; $E^0(\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{SO}_4^{2-}) = 2,0 \text{ В}$

3. Окислить перманганатом MnO_4^- ($E^0(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ В}$) в кислой среде можно...

- 1) KBrO_3 ; $E^0(2\text{BrO}_3^-/\text{Br}_2) = 1,52 \text{ В}$
- 2) $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$; $E^0(2\text{CO}_2/\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) = 0,49 \text{ В}$
- 3) H_2O_2 ; $E^0(\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,77 \text{ В}$
- 4) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$; $E^0(\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{SO}_4^{2-}) = 2,0 \text{ В}$

4. Закончить уравнение реакции образования комплекса Fe^{3+} с цианидом...



- 1) $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$
- 2) $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{2-}$
- 3) $[\text{Fe}(\text{CN})_4]^{3-}$
- 4) $[\text{Fe}(\text{CN})_4]^{2-}$

5. С точки зрения теории Бренстеда основанием в водном растворе является ион...

- 1) натрия
- 2) гексаакваалюминия
- 3) аммония
- 4) сульфид

6. С точки зрения теории Льюиса основанием является...

- 1) фторид бора(III)
- 2) ион серебра
- 3) ион аммония
- 4) аммиак

7. Летучие соли кальция окрашивают бесцветное пламя горелки в ___ цвет.

- 1) кирпично-красный
- 2) желтый
- 3) желто-зеленый
- 4) карминово-красный

8. Степень ионизации серной кислоты наибольшая в растворителе...

- 1) аммиак
- 2) этанол
- 3) вода
- 4) уксусная кислота

9. Наиболее высокое значение ионной силы имеет сантимольярный раствор...

- 1) хлорида натрия
- 2) хлорида бария
- 3) фосфата натрия
- 4) сульфата железа(III)

10. Ион аммония перед открытием других ионов удаляют...

- 1) нагреванием
- 2) прокаливанием
- 3) действием реактива Несслера
- 4) подкислением

11. Установите соответствие между катионами и реактивами для их обнаружения. Запишите последовательность цифр.

<i>Катион</i>	<i>Реактив</i>
1) K^+	А) $NaHC_4H_4O_6$
2) Pb^{2+}	Б) C_9H_6NOH
3) Na^+	В) $K[Sb(OH)_6]$
	Г) KI

- 1) АБВ
- 2) БАВ
- 3) АВВ
- 4) АБВ

12. Открытие катионов бария в присутствии катионов Ca^{2+} и Sr^{2+} проводят...

- 1) дихроматом калия в уксуснокислой среде
- 2) дихроматом калия в солянокислой среде
- 3) избытком раствора серной кислоты
- 4) концентрированным раствором аммиака

13. Наиболее высокое значение ионной силы создает децимолярный раствор ...

- 1) нитрата калия
- 2) хлорида цинка
- 3) фосфата натрия
- 4) сульфата железа(II)

14. Реакция обнаружения K^+ гидротартратом натрия проводится при рН...

- 1) < 7
- 2) 7
- 3) > 7

15. Катионы кальция и бария можно разделить действием...

- 1) оксалата аммония
- 2) серной кислоты
- 3) гипсовой воды
- 4) хромата калия

16. Реакция обнаружения K^+ гидротартратом натрия проводится при рН...

- 1) <7
- 2) 7
- 3) >7

17. С точки зрения теории Бренстеда основанием в водном растворе является...

- 1) катион натрия
- 2) ион гексаакваалюминия
- 3) катион аммония
- 4) сульфид-анион

18. Наибольшую степень ионизации в воде имеет 0,1 М раствор кислоты...

- 1) уксусной
- 2) щавелевой
- 3) азотистой
- 4) циановодородной

19. Сантимолярный раствор слабой одноосновной кислоты (pK_a 6) имеет рН ...

- 1) 10,0
- 2) 8,0
- 3) 6,0
- 4) 4,0

20. Обнаружению ионов Ag^+ соляной кислотой не мешают катионы...

- 1) Cu^+
- 2) Hg^{2+}
- 3) Mg^{2+}
- 4) Pb^{2+}

21. Реакция обнаружения K^+ гексанитрокобальтатом(III) натрия сопровождается...

- 1) появлением желтой окраски раствора
- 2) образованием белого кристаллического осадка
- 3) выпадением желтого кристаллического осадка
- 4) появлением черных кубических кристаллов

22. Наиболее высокое значение ионной силы создает децимолярный раствор соли...

- 1) нитрата калия
- 2) хлорида цинка
- 3) фосфата натрия
- 4) сульфата железа(II)

23. Раствор, содержащий Al^{3+} , имеет рН...

- 1) < 7
- 2) 7
- 3) > 7

24. Синяя лакмусовая бумажка под действием капли раствора препарата X изменяет окраску на красную, следовательно, X содержит...

- 1) катион натрия
- 2) ион гексаакваалюминия
- 3) катион аммония
- 4) сульфид-анион

25. Красная лакмусовая бумажка под действием капли раствора препарата X изменяет окраску на синюю, следовательно, X содержит...

- 1) катион натрия
- 2) ион гексаакваалюминия
- 3) катион аммония
- 4) сульфид-анион

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ И СООТНОШЕНИЯ, СВЯЗЫВАЮЩИЕ ИХ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

<i>Величина</i>	<i>Соотношение или обозначение</i>	<i>Размернос ть</i>
Масса вещества X	$m(X)$	г
Число частиц вещества X	$N_o(X)$	
Число Авогадро	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$	моль ⁻¹
Количество вещества X	$n(X) = N_o(X)/N_A$	моль
Молярная масса вещества X	$M(X) = m(X)/N_o(X)$	г/моль
Молярная концентрация	$\tilde{n}(\tilde{O}) = \frac{n(\tilde{O})}{V(\delta - \delta\tilde{a})}$	моль/дм ³
Объем раствора вещества X	$V(p\text{-ра } X)$	дм ³
Фактор эквивалентности	$f_{\text{экв.}} = 1/z = 1/N_o(H^+)$ $f_{\text{экв.}} = 1/z = 1/N_o(e^-)$	
Молярная масса эквивалента вещества	$M(1/z X) = M(X) \cdot 1/z$	г/моль
Количество эквивалента вещества X	$n(f_{\text{экв.}} X), n(1/z X)$	моль
Молярная концентрация эквивалента вещества	$\tilde{n}(1/z \tilde{O}) = \frac{n(1/z \tilde{O})}{V(\delta - \delta\tilde{a})}$	моль/дм ³
Титр вещества X	$\tilde{O}(\tilde{O}) = \frac{m(\tilde{O})}{V(\delta - \delta\tilde{a})}$	г/см ³
Титр рабочего вещества X по определяемому веществу Y	$\tilde{O}(\tilde{O}/Y) = \frac{m(Y)}{V(\delta - \delta\tilde{a} X)}$	г/см ³

Массовая доля вещества в растворе		$\omega(\tilde{O}) = \frac{m(\tilde{O})}{m(\delta - \delta\grave{a})}$	
Плотность раствора		$\rho(\delta - \delta\grave{a}) = \frac{m(\delta - \delta\grave{a})}{V(\delta - \delta\grave{a})}$	г/см ³
Взаимосвязь молярной концентрации и молярной концентрации эквивалентов	между и	$c(X) = c(1/z X) \cdot 1/z.$	моль/дм ³
Взаимосвязь молярной концентрации и массовой доли вещества в растворе	между и долей	$c(\tilde{O}) = \frac{\rho(\delta - \delta\grave{a}) \cdot \omega(\tilde{O}) \cdot 10^3}{M(\tilde{O})}$	моль/дм ³
Закон эквивалентов		$n(1/z X) = n(1/z Y)$	
Предел обнаружения		$c_{i\delta\grave{a}\grave{a}} = \frac{m(\tilde{O})}{m(\delta - \grave{e}\grave{y})}$	
Предельная концентрация, растворитель – вода	если	$c_{i\delta\grave{a}\grave{a}} = \frac{m(\tilde{O})}{V(H_2\tilde{I})}$	г/см ³
Предельное разбавление		$V_{пред.} = 1 / c_{пред.}$	см ³ /г
Минимальный объем		$V_{min.}$	см ³
Открываемый минимум		$m = c_{пред.} \cdot V_{min.} \cdot 10^6$	мкг
Растворы электролитов			
Активность вещества X		$a(X) = \gamma \cdot c(X)$	моль/дм ³
Коэффициент активности		γ	
Ионная сила раствора		$I = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n c_i Z_i^2 = \frac{1}{2} (c_1 z_1^2 + c_2 z_2^2 + \dots + c_n z_n^2)$	
Взаимосвязь между γ и I		$-\lg \gamma = \frac{A \cdot z^2 \sqrt{I}}{1 + Ba\sqrt{I}}$	

В водном растворе:

$$I < 0.01 \quad -\lg \gamma = 0.5 \cdot z^2 \sqrt{I}$$

$$0.01 < I < 0.1 \quad -\lg \gamma = \frac{0.5 \cdot z^2 \sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}}$$

$$0.1 < I < 1 \quad -\lg \gamma = 0.5 \cdot z^2 \left(\frac{\sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}} - 0.2I \right)$$

Степень диссоциации $\alpha = \frac{N_{\text{ион.}}}{N_{\text{общ.}}} = \frac{c_{\text{ион.}}}{c_0}$

Константа диссоциации, $K_{\text{дис.}} = \frac{c \cdot \alpha}{1 - \alpha}$,
если $\alpha < 0.005$

$$K_{\text{дис.}} = c \cdot \alpha$$

Константа кислотности
 $\text{HA} + \text{SH} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{SH}_2^+$
растворитель

$$K_a = \frac{a_{\text{A}^-} a_{\text{SH}_2^+}}{a_{\text{HA}}}$$

Константа основности
 $\text{A}^- + \text{SH} \rightleftharpoons \text{HA} + \text{S}^-$
растворитель

$$K_b = \frac{a_{\text{AH}} a_{\text{S}^-}}{a_{\text{A}^-}}$$

Константа автопротолиза
растворителя
 $2\text{SH} \rightleftharpoons \text{SH}_2^+ + \text{S}^-$

$$K_S = K_a K_b = a(\text{H}_2\text{S}^+) a(\text{S}^-) \approx [\text{H}_2\text{S}^+$$

Ионное произведение воды $K_{\text{H}_2\text{O}} = K_a K_b = a(\text{H}_3\text{O}^+) a(\text{OH}^-) \approx [\text{H}_3\text{O}^+] [\text{OH}^-] \approx [\text{H}^+] [\text{OH}^-]$

при 25°C

$$K_{\text{H}_2\text{O}} = 10^{-14}$$
$$14 = \text{pH} + \text{pOH}$$

Силовой показатель константы $\text{p}K = -\lg K$

Силовой показатель концентрации вещества X $\text{p}X = -\lg c(X)$

Водородный показатель $pH = -\lg a(H_3O^+) \cong \lg[H_3O^+] \cong \lg[H^+]$

Вычисление α и pH растворов протолитов

	$\alpha \rightarrow 1$
Сильная кислота (НА)	$pH = \lg a(H_3O^+)$ $= \lg a(H^+) \approx \lg c(НА)$
если $c(НА) < 10^{-6}$ моль/дм ³	$[H^+] = c(НА) + K_{H_2O} / [H^+]$ $[H^+] = \frac{c + \sqrt{c^2 + 4K_{H_2O}}}{2}$
Сильное основание (В)	$\alpha \rightarrow 1, pOH = -\lg a(OH^-) = -\lg a(OH^-)$ $pH = 14 - pOH$
если $c(В) < 10^{-6}$ моль/дм ³	$[OH^-] = \frac{c + \sqrt{c^2 + 4K_{H_2O}}}{2}$
Слабая кислота $K_a < 10^{-4}$	$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{c}}$ $[H^+] = \sqrt{K_a c}$ $pH = \frac{1}{2} pK_a - \frac{1}{2} \lg c$
Слабое основание $K_b < 10^{-4}$	$\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{c}}$ $[OH^-] = \sqrt{K_b c}$ $pH = 14 - \frac{1}{2} pK_b + \frac{1}{2} \lg c$
Кислота средней силы	$\alpha = \frac{-K_a + \sqrt{K_a^2 + 4K_a c}}{2c}$ $[H^+] = \frac{-K_a + \sqrt{K_a^2 + 4K_a c}}{2}$

Основание средней силы

$$\alpha = \frac{-K_b + \sqrt{K_b^2 + 4K_b c}}{2c}$$

$$[OH^-] = \frac{-K_b + \sqrt{K_b^2 + 4K_b c}}{2}$$

Влияние одноименного иона

Слабая кислота и сильная кислота (НА)

$$\alpha = \frac{K_a}{c(HA)}$$

$$pH = -\lg c(HA)$$

Слабое основание и сильное основание (В)

$$\alpha = \frac{K_b}{c(B)}$$

$$pH = 14 + \lg c(B)$$

Буферные растворы

Слабая кислота (НА) и ее соль (A⁻)
(слабая кислота и ее сопряженное основание)

$$\alpha = \frac{K_a}{c(\tilde{n}i\ddot{e}\ddot{e})}$$

$$[H^+] = K_a \frac{c(HA)}{c(A^-)}$$

$$pH = pK_a - \lg \frac{\tilde{n}(HA)}{\tilde{n}(A^-)} = pK_a - \lg \frac{n(HA)}{n(A^-)}$$

Слабое основание (В) и его соль (BH⁺)
(слабое основание и его сопряженная кислота)

$$\alpha = \frac{K_b}{c(\tilde{n}i\ddot{e}\ddot{e})}$$

$$[OH^-] = K_b \frac{c(B)}{c(BH^+)}$$

$$pH = 14 - pK_b + \lg \frac{\tilde{n}(B)}{\tilde{n}(BH^+)} =$$

$$14 - pK_b + \lg \frac{n(B)}{n(BH^+)}$$

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru