

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19)

RU

(11)

2 240 555

(13)

C2

(51) МПК

[G01N 31/16 \(2000.01\)](#)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: [2002123270/04](#), 29.08.2002

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.08.2002

(43) Дата публикации заявки: 10.03.2004 Бюл. № 7

(45) Опубликовано: 20.11.2004 Бюл. № 32

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: ВЕЛИЧКО В.В., СУПРУЛОВИЧ
В.И., УСАИТЕНКО Ю.И. Журнал
неорганической химии. - 1974, т. 19, № 4, с.
1004-1008.

RU 2142133 C1, 27.11.1999.

RU 2004905 C1, 15.12.1993.

RU 2090878 C1, 20.09.1997.

RU 2141110 C1, 10.11.1999.

US 4906580 A, 06.03.1990.

US 4939153 A, 03.07.1990. ЛОПАТИН Б.А.

Теоретические основы электрохимических
методов анализа. - М.: ВШ, 1975, с. 41 и 42.

БУДАНОВ В.В., ВОРОБЬЕВ Н.К.

Практикум по физической химии. М.:
Химия, 1986, с. 280 и 281.

Адрес для переписки:

656099, г.Барнаул, пр. Ленина, 61, комн.801,
Алтайский государственный университет,
отдел информации, Н.А. Богатыревой

(72) Автор(ы):

**Чеботарев В.К. (RU),
Щербакова Л.В. (RU),
Краев Ю.К. (RU),
Мосунова А.Е. (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Алтайский государственный университет
(RU)**

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОИЗВЕДЕНИЙ РАСТВОРИМОСТИ И ИОННЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ МАЛОРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ И КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способам определения термодинамических, реальных, условных констант равновесия неорганических и органических веществ, которые применяются в теоретической и практической областях химии. Способ определения условных произведений растворимости и ионных произведений малорастворимых солей и комплексных соединений включает потенциметрическое титрование, причем в процессе индивидуального потенциметрического титрования достигают предельной степени протекания аналитической реакции путем синхронного уменьшения концентраций компонентов до предельного состояния, при исчезновении скачка потенциала титрования рассчитывают молярную концентрацию компонента, образующего малорастворимое соединение в точке стехиометричности, определяют равновесную концентрацию определяемого вещества в точке стехиометричности и растворимость малорастворимого соединения на основании

$$M_{T.c.} = \frac{(100 - C_{пред.}) \cdot M_{опр} \cdot V_{опр.}}{(V_{опр} + V_{титр}) \cdot 100\%} \quad \text{и} \quad S_{M_nA_m} = \frac{(100 - C_{пред.}) \cdot M_{опр} \cdot M_{титр}}{(n \cdot M_{опр} + m \cdot M_{титр}) \cdot 100\%},$$

соотношений, где $C_{пред.}$ – предельная степень протекания индивидуальной аналитической реакции; $M_{T.c.}$ – равновесная концентрация определяемого вещества в точке стехиометричности, моль/л; $S_{M_nA_m}$ – растворимость малорастворимого вещества, моль/л; $M_{опр}$ – исходная молярная концентрация определяемого компонента, моль/л; $V_{опр}$ – объем определяемого компонента, мл; $V_{титр}$ – объем титранта, мл; $M_{титр}$ – молярная концентрация титранта, моль/л; n, m – стехиометрические коэффициенты и исходя из $M_{T.c.}$ и $S_{M_nA_m}$ определяют соответственно условное произведение растворимости и ионное произведение с учетом значений m и n для данной соли. Достигается упрощение способа и возможность оценки погрешности определения. 5 табл.

Изобретение относится к способам определения различных термодинамических констант неорганических и органических веществ, в частности определения условных констант равновесия химических реакций, т.е. произведений растворимости малорастворимых веществ (PR^y) и ионных произведений малорастворимых комплексных соединений ($ИП^y$).

Известными способами являются:

Метод линеаризации кривой титрования (аналог) [1]. Экспериментально-расчетный метод, позволяющий использовать в инструментальной титриметрии реакции, выход которых не достигает 100%. Наряду с точкой стехиометричности (т.с.), метод позволяет оценивать константу равновесия аналитической реакции, т.е. PR , $ИП$, константу устойчивости, константу ионизации продуктов реакции. Кривые титрования приводят к линейному виду с помощью специальных переменных, функциональный вид которых зависит от способа индикации т.с.

Линеаризация кривой титрования возможна при условии, что ионная сила раствора в процессе титрования сохраняется неизменной.

Помимо ионной силы, при комплексонометрическом титровании необходимо поддерживать на постоянном уровне рН раствора.

Данный метод не учитывает возможности применения электродов третьего рода при использовании потенциметрического титрования в качестве индикации, т.е. возможно применение лишь индикаторных электродов II (I) рода.

Прямая потенциметрия и потенциметрическое титрование в присутствии "посредника" (прототип) [2]. В данном случае при титровании смеси "посредник" – Me^{n+} (посредником служит ион одноименный с материалом индикаторного

электрода) на потенциометрических кривых фиксируются два скачка. Первый из них соответствует полному связыванию "посредника", второй – Me^{n+} . Участок кривой между первым и вторым скачками, характеризующий частичное связывание металла в виде малорастворимого осадка, использовали для расчета его ИП. Для различных точек этого участка по уравнению Нернста находят равновесную концентрацию ионов "посредника", далее из выражения $IП = \frac{[Me^{n+}]}{[лиганд]}$ рассчитывают равновесную концентрацию лиганда, определяют концентрацию несвязанного (свободного) металла при заданной концентрации лиганда и вычисляют ИП определяемого компонента. Ограничением является невозможность титрования с двумя скачками смеси двух определяемых компонентов.

Общими признаками прототипа и заявляемого метода определения ПР и ИП является использование потенциометрического титрования.

К недостаткам прототипа относится использование двухкомпонентной смеси. Если смесь не титруется, то определение невозможно. Кроме того, предварительно необходимо определить ПР или ИП посредника, первого определяемого компонента.

Сущность изобретения заключается в том, что в основе способа определения $ПР^Y$ или $ИП^Y$ используют индивидуальные потенциометрические титрования и предельную степень протекания индивидуальной аналитической реакции ($C_{пред}$).

В процессе индивидуального потенциометрического титрования достигают предельной степени протекания аналитической реакции путем синхронного уменьшения концентраций компонентов до предельного состояния, при исчезновении скачка потенциала титрования рассчитывают молярную концентрацию компонента, образующего малорастворимое соединение в точке стехиометричности (т.с.), определяют равновесную концентрацию определяемого вещества в точке стехиометричности и растворимость малорастворимого соединения на основании соотношений

$$M_{т.с.} = \frac{(100 - C_{пред}) \cdot M_{опр} \cdot V_{опр}}{(V_{опр} + V_{титр}) \cdot 100\%} \quad \text{и}$$

$$S_{M_nA_m} = \frac{(100 - C_{пред}) \cdot M_{опр} \cdot M_{титр}}{(n \cdot M_{опр} + m \cdot M_{титр}) \cdot 100\%},$$

где $C_{пред}$ - предельная степень протекания индивидуальной аналитической реакции;

$M_{т.с.}$, $S_{M_nA_m}$ - равновесная концентрация определяемого вещества в точке стехиометричности (растворимость малорастворимого вещества), моль/л; [3-4]

$M_{опр}$ - исходная молярная концентрация определяемого компонента, моль/л;

$V_{опр}$ - объем определяемого компонента, мл;

$V_{титр}$ - объем титранта, мл;

$M_{титр}$ - молярная концентрация титранта, моль/л;

n , m - стехиометрические коэффициенты

и рассчитывают условные произведения растворимости и ионные произведения из соотношений

$$ПР_{M_nA_m} = (M^{n+})^n \cdot (A^{m-})^m = (n \cdot S_{M_nA_m})^n \cdot (m \cdot S_{M_nA_m})^m$$

и

$$ИП_{M_nA_m}^Y = (M^{n+})^n \cdot (A^{m-})^m = (n \cdot M_{т.с.})^n \cdot (m \cdot M_{т.с.})^m,$$

где $(M^{n+})^n$, $(A^{m-})^m$ - общие молярные концентрации ионов малорастворимого или внутрикомплексного соединения;

$S_{M_nA_m}$ - растворимость малорастворимого соединения;

$M_{т.с.}$ - общая молярная концентрация ионов, образующих малорастворимое внутрикомплексное соединение;

n , m - стехиометрические коэффициенты.

Степень протекания индивидуальной реакции ($C\%$) в момент равновесия показывает, какая часть определяемого вещества вступила в реакцию с титрантом в т.с. Она выражается в процентах и находится как разность между исходным (100%) и непрореагировавшим количеством вещества в точке стехиометричности ($X\%$). От величины степени протекания реакции зависит величина скачка титрования.

Различают пороговую и предельную степени протекания индивидуальной реакции.

Пороговое значение степени протекания реакции ($C_{\text{пор}}$) в т.с. равно 99,80%. При этом значении $C_{\text{пор}}$ скачок концентраций в конечной точке титрования (к.т.т.) еще можно зафиксировать. Дальнейшее уменьшение $C_{\text{пор}}$ приводит к настолько малому скачку, что зафиксировать его трудно.

Предельная степень протекания индивидуальной реакции $C_{\text{пред}}$ - это степень протекания, при которой уже нельзя проводить определения, равная 99,71%.

Данное значение $C_{\text{пред}}$ - теоретически рассчитанная или экспериментально определяемая величина. Она рассчитывается по данным кривых титрования (табл.1).

При потенциометрическом титровании с достижением $C_{\text{пред}}=99,71\%$ скачок потенциала исчезает, т.е. не фиксируется. В уравнении $C_{\text{пред}}$ остается одно неизвестное - молярная концентрация определяемого компонента в точке стехиометричности ($M_{\text{т.с.}}$). Рассчитав данную величину, находят PP^{Y} или ИП^{Y} образующегося малорастворимого соединения.

Для определения $C_{\text{пред}}$ и $K_{\text{равн}}$ используют титрование с фиксацией к.т.т. любым способом (визуальным, потенциометрическим, кондуктометрическим и т.д.).

Пользуясь классическими и потенциометрическими кривыми титрования на примере титрования хлорид-ионов ионами серебра просчитываем $C_{\text{пред}}$, $M_{\text{пред}}$ и теоретический алгоритм определения произведения растворимости ($\text{PP}_{\text{AgCl}}=1,78 \cdot 10^{-10}$ и т.д.).

Теоретический расчетный алгоритм определения заключается в синхронном уменьшении концентраций определяемого компонента и титранта методом приближения до предельной концентрации, при которой исчезает скачок титрования, достигается $C_{\text{пред}}$, рассчитывается равновесная концентрация определяемого компонента в т.с., и по нему рассчитываются PP^{Y} или ИП^{Y} образующихся малорастворимых соединений.

Погрешность определения PP^{Y} и ИП^{Y} можно регулировать шагом синхронного изменения концентраций (ΔM). При ΔM , равном от 1 до 2,3 ед во второй значащей цифре (пример для $M_{\text{пред}}=0,0092 \pm 0,0001$), определение ведется с доверительной вероятностью в 3-й значащей цифре ($\text{PP}_{\text{AgCl}}=(1,78 \pm 0,0n) \cdot 10^{-10}$). Пример, при ΔM с шагом 2,3...22 ед. во второй значащей цифре $\text{PP}_{\text{AgCl}}=(1,8 \pm 0, n) \cdot 10^{-10}$, при ΔM с шагом 22 ед., т.е. изменение в 1-й значащей цифре, появляется ошибка в 1-й значащей цифре $\text{PP}_{\text{AgCl}}=(2 \pm n) \cdot 10^{-10}$.

Выбор PP для статистической обработки из теоретического расчетного и экспериментального алгоритма ведется по трем значениям концентраций одно перед $M_{\text{пред}}$ ($C_{\text{пред}}$) и одно после, через $\Delta M=0,0005$ (табл.1).

Заявленным способом можно определить PP^{Y} или ИП^{Y} всех индивидуальных компонентов, образующих при потенциометрическом титровании малорастворимые соединения, т.е. круг определяемых PP^{Y} и ИП^{Y} значительно расширяется, а методика определения упрощается.

Осуществление изобретения достигается следующим образом: в качестве примера определения PP малорастворимых соединений данным способом взяты классические титрования нитрата серебра бромидом калия и роданидом натрия. Для фиксации т.с. используют метод потенциометрического титрования как наиболее удобный по техническому исполнению. При этом применяют установку для титрования рН-метрмилливольтметр. Индикаторным электродом служит электрод из серебра в паре с насыщенным хлорсеребряным электродом сравнения. Перемешивание

анализируемого раствора осуществляют электромагнитной мешалкой из комплекта прибора.

Титрование проводится путем последовательного синхронного уменьшения концентрации определяемого компонента и титранта до исчезновения скачка потенциала. В ходе титрования необходимо соблюдать стандартные условия: $t=25^{\circ}\text{C}$, $\Delta V=0,1$ мВ; $C_{\text{пред}}=99,71\%$, $V_{\text{аликвоты}}=10,0$ мл, $M_{\text{опр}}=M_{\text{титр}}$.

Результаты титрования нитрата серебра роданидом натрия и бромидом калия приведены в табл. 2 и 3.

Данные табл. 2, 3 показывают, что при концентрациях NaSCN и AgNO_3 , равных $(0,6-0,8) \cdot 10^{-3}$ моль/л и KBr , AgNO_3 $(0,45-0,52)$ моль/л, скачок потенциалов исчезает, т.е. его невозможно зафиксировать. Используя формулу (2) и экспериментально подобранные концентрации титранта и определяемого вещества рассчитывают растворимость и ПР роданида серебра.

Например:

$$C_{\text{Ag}^+} = C_{\text{SCN}^-} = 0,00080$$

$$99,71 = 100 - S_{\text{AgSCN}} \frac{(0,00080 + 0,00080)}{0,00080 \cdot 0,00080} \cdot 100\% \quad (3)$$

$$S_{\text{AgSCN}} = 1,16 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л};$$

$$\text{ПР}_{\text{AgSCN}} = S^2 = (1,16 \cdot 10^{-6})^2 = 1,4 \cdot 10^{-12} \text{ и т.д.}$$

По рассчитанным произведениям растворимости проводят статистическую обработку. Полученный результат $(1,1 \pm 0,2) \cdot 10^{-12}$ сравнивают со справочными данными $1,1 \cdot 10^{-12}$ [5]; $1,16 \cdot 10^{-12}$ - $1,57 \cdot 10^{-12}$ [6]; $1,0 \cdot 10^{-12}$ [7]. Для $\text{ПР}_{\text{AgBr}} = (5,3 \pm 0,8) \cdot 10^{-13}$ и справочные данные $5,3 \cdot 10^{-13}$ [5]; $(1,4-7,7) \cdot 10^{-13}$ [7]; $7,0 \cdot 10^{-13}$ [7].

Таким образом, полученные данные в сравнении со справочными определены с меньшей погрешностью.

Аналогичным образом проводят определение ионного произведения (ИП) для малорастворимых внутрикомплексных соединений. В качестве примера определены ИП^{Y} дитиокарбаминатов никеля и цинка.

Результаты титрования растворов сульфата цинка и сульфата никеля диэтилдитиокарбаминатом натрия приведены в табл. 4 и 5.

Данные таблиц свидетельствуют, что при концентрациях сульфата цинка и ДДК натрия, равных $(0,0010-0,0020)$ моль/л, и концентрациях сульфата никеля и ДДК натрия, равных $(0,00010-0,00020)$ моль/л, скачок потенциалов размазывается, т.е. его невозможно зафиксировать. Используя формулу (1) и определенные концентрации, рассчитываем $M_{\text{т.с.}}$ и ИП^{Y} , например, диэтилдитиокарбамината цинка:

$$99,71\% = 100 - \frac{M_{\text{т.с.}} (0,0018 + 0,00018)}{0,0018 \cdot 0,0018} \cdot 100\% \quad (4)$$

$$M_{\text{т.с.}} = 1,74 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л},$$

$$\text{ИП}^{\text{Y}} \text{ZnA}_2 = 4(M_{\text{т.с.}})^3 = 4(1,74 \cdot 10^{-6})^3 = 2,11 \cdot 10^{-17} = 2,1 \cdot 10^{-17}$$

$$\text{рИП ZnA}_2 = 16,68.$$

После статистической обработки получены следующие результаты: рИП

$$\text{Zn(ДДК)}_2^{\text{Y}} = 16,7 \pm 0,1. \text{ рИП}_{\text{Ni(ДДК)}_2^{\text{Y}}} = 19,6 \pm 1,1. \text{ По справочным данным рИП}$$

$$\text{Zn(ДДК)}_2^{\text{Y}} = 16,2 [7]; 16,8 [8]; 16,9 [8]; 16,6 [8]; 17,28 [8]; 16,51 [8]; \text{ рИП}$$

$$\text{Ni(ДДК)}_2^{\text{Y}} = 19,00 [7]; 19,26 [8]; 23,1 [8].$$

Таким образом, результаты сравнения позволяют сделать вывод, что найденные опытным путем ИП внутрикомплексных соединений и ПР малорастворимых соединений сравнимы со справочными данными, но погрешность определения меньше. Это свидетельствует о том, что новый способ определения ПР и ИП с

помощью степеней протекания индивидуальных реакций и дает более точные результаты, нетрудоемок и прост в исполнении.

Литература

1. Захарова Э.А., Килина З.Т. Электрохимические методы анализа. Томск: Издательство ТГУ. 1981. С. 110-116.
2. Величко В.В., Супрулович В.И., Усаитенко Ю.И. О прочности титроксиалитов некоторых металлов //Ж. неорганической химии. 1974. Т. 19. №4. С. 1004-1008.
3. Chebotarev V.K., Kraev V.K., Voronkina I.V. and others. Prognostication criterion of potential and practical use of analytical reagents in titrimetria of individual substances //Talanta. 1998. 47 P. 1043-1051.
4. Чеботарев В.К., Краев Ю.К., Воронкина И.В. Прогнозирование возможностей применения и практическое использование аналитических реагентов в титриметрии индивидуальных веществ. //Изв. Вузов. Химия и химическая технология. -1998. -т. 41. -№3. -С. 15-21.
5. Справочник химика /Под редакцией Никольского. 2-е изд. Т. III. М.: Химия, 1964. 10008 с.
6. Лазарев А.И., Харламов И.П., Яковлев Г.Я., Яковлева Е.Ф. Справочник химика-аналитика. -М.: Металлургия, 1976. -138 с.
7. Тулюна Ф.М., Павличенко В.А., Усатенко Ю.И. //Укр. хим. журнал. – 1970. -т. 26, №2, с.201-210.
8. Бьрько В.М. Дитиокарбаминаты. -М.: Наука, 1884. -342 с.

Таблица 1

Расчетные данные кривых классического титрования ионов Cl^- ионами Ag^+ с синхронным изменением концентраций определяемого вещества и титранта

$V_{\text{титр}}$, мл	M=0,0102 C=99,74		M=0,0097 C=99,73		M=0,0092 C=99,71		M=0,0087 C=99,69		M=0,0082 C=99,68	
	pAg ⁺	pAg ⁺	pAg ⁺	Δ pAg ⁺						
9,75	5,86	0,22	5,84	0,22	5,82	0,23	5,79	0,22	5,77	0,22
9,85	5,64		5,62		5,59		5,57		5,55	
		0,48		0,48		0,48		0,48		0,48
9,95	5,16	0,57	5,14	0,52	5,11	0,47	5,09	0,43	5,07	0,38
10,05	4,49		4,62		4,64		4,66		4,69	
		0,48		0,48		0,48		0,48		0,48
10,15	4,01	0,22	4,14	0,22	4,16	0,22	4,18	0,22	4,21	0,22
		0,14		0,14		0,14		0,14		0,14
10,25	3,79		3,92		3,94		3,96		3,99	
10,35	3,65		3,78		3,80		3,82		3,85	
ПР	$2,2 \cdot 10^{-10}$		$2,0 \cdot 10^{-10}$		$1,8 \cdot 10^{-10}$		$1,6 \cdot 10^{-10}$		$1,4 \cdot 10^{-10}$	

По 5 кривым титрования ПР= $1,8 \cdot 10^{-10}$, по 3 кривым титрования ПР= $1,8 \cdot 10^{-10}$.

Таблица 2

Данные кривых потенциметрического титрования 10 мл раствора нитрата серебра раствором роданида натрия

V _{титр} , мл	M=0,001 Моль/л		M=0,0008 Моль/л		M=0,00075 моль/л		M=0,00070 моль/л		M=0,00065 Моль/л		M=0,00060 Моль/л	
	Е, мВ	ΔЕ, мВ	Е, мВ	Е, мВ	Е, мВ	ΔЕ, мВ	Е, мВ	ΔЕ, мВ	Е, мВ	ΔЕ, мВ	Е, мВ	Е, мВ
9.50	331	10 12 18 30 24 13 10	321	10 14 26 23 12 10 7	321	9 18 25 27 12 10 7	316	10 12 22 21 13 10 6	314	13 14 18 21 12 7 6	316	10 13 21 23 15 10 5
9.60	321		311		312		306		301		306	
9.70	309		297		294		294		287		293	
9.80	291		271		269		272		269		272	
9.90	261		248		242		251		248		249	
10.00	237		236		230		238		236		234	
10.10	224		226		220		228		229		224	
10.20	206		219		213		222		223		219	
ПР _{AgSCN}	2,1*10 ⁻¹²		1,4*10 ⁻¹²		1,1*10 ⁻¹²		1,0*10 ⁻¹²		0,9*10 ⁻¹²		0,8*10 ⁻¹²	

Таблица 3

Результаты потенциметрического титрования 10 мл раствора нитрата серебра раствором бромида калия

V _{титр} , мл	M=0,0008 Моль/л		M=0,00052 Моль/л		M=0,00050 моль/л		M=0,00048 моль/л		M=0,00045 Моль/л	
	Е, мВ	ΔЕ, мВ	Е, мВ	Е, мВ	Е, мВ	Е, мВ	Е, мВ	Е, мВ	Е, мВ	Е, мВ
8.90	331	10 13 20 42 30 18 12 10	326	10 12 20 29 19 15 10 8	307	12 17 19 27 16 10 8	317	9 12 15 29 26 15 13 5	316	11 13 20 26 24 13 7 7
9.00	321		316		295		308		305	
9.10	308		304		278		296		292	
9.20	288		284		259		281		272	
9.30	246		255		232		252		246	
9.40	216		236		216		226		222	
9.50	198		221		206		211		209	
9.60	186		211		198		198		202	
9.70	176		203				193		195	
ПР _{AgBr}	13*10 ⁻¹³		5,7*10 ⁻¹³		5,3*10 ⁻¹³		4,8*10 ⁻¹³		4,4*10 ⁻¹³	

Таблица 4

Данные кривых потенциметрического титрования сульфата цинка
диэтилдитиокарбаминатом натрия

V _{титр} , мл	M=0,0018		M=0,0017		M=0,0016	
	Моль/л		моль/л		Моль/л	
	Е, мВ	ΔЕ, мВ	Е, мВ	ΔЕ, мВ	Е, мВ	ΔЕ, мВ
20.00	23	2 3 5 6 10 10 6 5	4	2 3 3 4 5 6 6 5	-18	3 3 3 4 4 4 5 2
20.10	21		2		-21	
20.20	19		-1		-24	
20.30	16		-4		-27	
20.40	10		-8		-31	
20.50	0		-13		-35	
20.60	-10		-19		-39	
20.70	-16		-25		-44	
20.80	-21		-30		-46	
ИП _{ZnΛ2}	$2,1 \cdot 10^{-17}$		$1,9 \cdot 10^{-17}$		$1,5 \cdot 10^{-17}$	

Таблица 5

Данные кривых потенциметрического титрования сульфата никеля
диэтилдитиокарбаминатом натрия (ДДК натрия)

V _{титр} , мл	M=0,0005		M=0,00020		M=0,00019		M=0,00018	
	Моль/л		моль/л		моль/л		моль/л	
	Е, мВ	ΔЕ, мВ	Е, мВ	ΔЕ, мВ	Е, мВ	ΔЕ, мВ	Е, мВ	ΔЕ, мВ
20.00	56	2 2 2 42 30 12 7 5	30	4 6 6 8 10 10 6 6	14	2 4 6 8 8 8 6 4	6	4 4 6 6 6 6 6 4
20.10	54		26		12		2	
20.20	52		20		8		-2	
20.30	50		14		2		-8	
20.40	8		6		-6		-14	
20.50	-22		-4		-14		-20	
20.60	-34		-14		-22		-26	
20.70	-41		-20		-28		-32	
20.80	-46		-26		-32		-36	
ИП _{NiR₂}	$4,6 \cdot 10^{-19}$		$2,9 \cdot 10^{-20}$		$2,5 \cdot 10^{-20}$		$2,1 \cdot 10^{-20}$	

Формула изобретения

Способ определения условных произведений растворимости и ионных произведений малорастворимых солей и комплексных соединений, включающий потенциметрическое титрование, отличающийся тем, что в процессе индивидуального потенциметрического титрования достигают предельной степени протекания аналитической реакции путем синхронного уменьшения концентраций компонентов до предельного состояния, при исчезновении скачка потенциала титрования рассчитывают молярную концентрацию компонента, образующего малорастворимое соединение в точке стехиометричности, определяют равновесную концентрацию определяемого вещества в точке стехиометричности и растворимость малорастворимого соединения на основании соотношений

$$M_{T.c.} = \frac{(100 - C_{пред}) \cdot M_{опр} \cdot V_{опр.}}{(V_{опр} + V_{титр}) \cdot 100\%};$$

$$S_{M_nA_m} = \frac{(100 - C_{пред}) \cdot M_{опр} \cdot M_{титр}}{(n \cdot M_{опр} + m \cdot M_{титр}) \cdot 100\%},$$

где $C_{пред}$ - предельная степень протекания индивидуальной аналитической реакции;

$M_{T.c.}$ - равновесная концентрация определяемого вещества в точке стехиометричности, моль/л;

$S_{M_nA_m}$ - растворимость малорастворимого вещества, моль/л;

$M_{опр}$ - исходная молярная концентрация определяемого компонента, моль/л;

$V_{опр}$ - объем определяемого компонента, мл;

$V_{титр}$ - объем титранта, мл;

$M_{титр}$ - молярная концентрация титранта, моль/л;

n, m - стехиометрические коэффициенты,

и исходя из $M_{T.c.}$ и $S_{M_nA_m}$ определяют соответственно условное произведение растворимости и ионное произведение с учетом значений m и n для данной соли.

ИЗВЕЩЕНИЯ

ММ4А - Досрочное прекращение действия патента Российской Федерации на изобретение из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

(21) Регистрационный номер заявки: [2002123270](#)

Дата прекращения действия патента: **30.08.2004**

Извещение опубликовано: [20.09.2006](#) БИ: 26/2006