

## PŔVODNÉ OZNÁMENIA

Odraz  $\beta$  žiarenia pri zrážacích titráciách z teoretického aspektu

J. KLAS

*Katedra anorganickej chémie Slovenskej vysokej školy technickej,  
Bratislava*

Študuje sa problematika odrazu  $\beta$  žiarenia od titrovaných roztokov pri zrážacích titráciách z hľadiska koncepcie odrazu  $\beta$  žiarenia podľa R. H. Müllera. Poukazuje sa, že intenzita odrazeného  $\beta$  žiarenia môže mať stúpajúcu alebo klesajúcu tendenciu v závislosti od atómových čísel iónov titrovanej látky a titračného činidla. Titračná krivka: intenzita odrazeného  $\beta$  žiarenia ako funkcia objemu titračného činidla je nespojitá v bode ekvivalencie v prípade, že vzniká nerozpuštná zrazenina; v bode ekvivalencie nastáva zlom titračnej krivky.

Základným predpokladom predstáv o odraze  $\beta$  žiarenia R. H. Müllera, ktoré sa uplatňujú pre látky pozostávajúce z kvalitatívne rozličných atómov, je, že intenzita odrazeného  $\beta$  žiarenia je funkciou stredného atómového čísla látky. Stredné atómové číslo látky je definované ako súčet násobkov atómových čísel jednotlivých atómov (prvkov) s váhovými zlomkami, ktorými sú prvky v odrážajúcej látke zastúpené [1, 2]. Takáto závislosť sa v analytickej praxi uplatňuje zrejme ako zovšeobecnený empirický poznatok, práve tak ako lineárna závislosť (ktorá môže byť aproximatívna) intenzity odrazeného  $\beta$  žiarenia (vyjadrenej v ľubovoľných jednotkách) od stredného atómového čísla látok. Lineárna závislosť sa môže uplatňovať aspoň v určitých intervaloch atómových čísel, resp. stredných atómových čísel látok, pretože takáto závislosť stredného atómového čísla od váhových zlomkov zložiek systému, vyplývajúca z Müllerovej definície tohto pojmu, je ekvivalentná lineárnej závislosti intenzity odrazeného  $\beta$  žiarenia od tých istých váhových zlomkov (alebo váhových percent) [2]. Posledná závislosť sa bežne používa na vyhodnotenie analýz založených na odraze  $\beta$  žiarenia.

V prípade odrazu  $\beta$  žiarenia od titrovaného roztoku pri zrážacej titrácii môže sa stredné atómové číslo titrovaného roztoku vyjadriť ako funkcia objemu titračného činidla, od ktorého závisí priebeh zrážacej titrácie. V procese zrážacej titrácie sa určité ióny vylučujú z roztoku vo forme zrazeniny a ión titračného činidla, ktorý sa na reakcii nezúčastňuje, zostáva vo sfére interakcie  $\beta$  žiarenia s titrovaným roztokom. Týmito procesmi je podmienená zmena stredného atómového čísla titrovaného roztoku a tým aj charakter titračnej krivky: intenzita odrazeného  $\beta$  žiarenia ako funkcia objemu titračného činidla.

Uvedená problematika predstavuje záujem z hľadiska štúdia odrazu  $\beta$  žiarenia od špeciálneho prípadu viaczložkového systému, pretože vo všeobecnosti metóda odrazu  $\beta$  žiarenia nie je vhodná pre analýzy systémov pozostávajúcich z viac než dvoch zložiek [2, 3]. Okrem toho sa uvedená titračná krivka navrhuje na vyhodnotenie bodu ekvivalencie pri zrážacích titráciách [4].

### Teoretická časť

Ak uvažujeme reakciu



pri ktorej vzniká zrazenina AD so súčinom rozpustnosti

$$K_s = [A][D], \quad (2)$$

a z racionálnych dôvodov budeme predpokladať, že objem titrovaného roztoku sa nemení (zmena je zanedbateľne malá, alebo sa koriguje), môžeme koncentrácie jednotlivých iónov v titrovanom roztoku v závislosti od objemu titračného činidla vyjadriť rovnicami:

$$[A] = [A]_0 f(V), \quad (3)$$

$$[B] = [B]_0 V V_0^{-1}, \quad (4)$$

$$[C] = [C]_0, \quad (5)$$

$$[D] = [D]_0 \varphi(V), \quad (6)$$

kde index 0 = počiatočné koncentrácie titrovanej látky a titračného činidla:  $[A]_0 = [C]_0 = [AC]_0$ ,  $[B]_0 = [D]_0 = [BD]_0$ ,

$V$  = objem titračného činidla,

$V_0$  = objem titrovaného roztoku.

Podľa rovnice (1) vzťah medzi koncentraciami reagujúcich iónov v procese titrácie sa môže vyjadriť:

$$[A]_0 - [A] = [D]_0 V V_0^{-1} - [D]. \quad (7)$$

Dosadením rovníc (3 a 6) do rovnice (7) a označením konštanty  $[A]_0 V_0 [D]_0^{-1} = V_E$  (bod ekvivalencie) dostaneme rovnicu

$$V_E [1 - f(V)] = V - \varphi(V) V_0. \quad (8)$$

Z rovníc (2, 3 a 6) vyplýva evidentný vzťah:

$$K_s = [A]_0 [D]_0 f(V) \varphi(V) \quad (9)$$

Riešením rovníc (8 a 9) s ohľadom na  $f(V)$  alebo  $\varphi(V)$  dostaneme:

$$f(V) = \frac{[A]}{[A]_0} = 1/2 \left\{ \left( 1 - \frac{V}{V_E} \right) + \left[ \left( 1 - \frac{V}{V_E} \right)^2 + \frac{4K_s}{[A]_0^2} \right]^{1/2} \right\}, \quad (10)$$

$$\varphi(V) = \frac{[D]}{[D]_0} = 1/2 \left\{ \left( \frac{V}{V_0} - \frac{V_E}{V_0} \right) + \left[ \left( \frac{V}{V_0} - \frac{V_E}{V_0} \right)^2 + \frac{4K_s}{[D]_0^2} \right]^{1/2} \right\}. \quad (11)$$

V prípade, že meraná veličina  $i$  (opravená na pozadie) je priamo úmerná koncentrácii iónu  $[A]$  alebo  $[D]$ , meraná veličina ako funkcia objemu titračného činidla sa vyjadří:

$$i_A = c_A f(V) \quad (12)$$

alebo

$$i_D = c_D \varphi(V), \quad (13)$$

kde  $c_A$  a  $c_D$  sú konštanty úmernosti závislé od rozmernosti a jednotiek meranej veličiny, t. j. od meracieho zariadenia a spôsobu vyjadrovania nameraných hodnôt. Výsledky sa môžu vyjadriť tak, aby  $c_A = c_D = 1$ .

Ak meraná veličina je úmerná súčasne obidvom koncentráciám iónov  $[A]$  a  $[D]$ , meraná veličina ako funkcia objemu titračného činidla sa vyjadří:

$$i_{AD} = c_A f(V) + c_D \varphi(V). \quad (14)$$

Grafické znázornenie titračných kriviek podľa rovníc (12–14) sa uvádza v práci [5]. Krivky sa môžu uplatniť pre polarometrické (amperometrické) a rádiometrické titrácie.

V prípade odrazu  $\beta$  žiarenia meranou veličinou je intenzita odrazeného  $\beta$  žiarenia ( $\bar{n}$ ), ktorá závisí od stredného atómového čísla ( $\bar{Z}$ ) podľa rovnice

$$\bar{n} = k\bar{Z} + q, \quad (15)$$

kde  $k$  a  $q$  sú konštanty závislé od meracieho zariadenia a od jednotiek, v ktorých sa vyjadruje  $n$ . (Pri vyjadrovaní intenzity odrazeného  $\beta$  žiarenia v relatívnych jednotkách podľa R. H. Müllera uvedené konštanty sú tabelované v práci [1]. Konštanty sa vzťahujú na štandardizované podmienky merania intenzity odrazeného  $\beta$  žiarenia.)

Podľa definície stredného atómového čísla môže sa stredné atómové číslo titrovaného roztoku vyjadriť:

$$\bar{Z} = \frac{m_A}{m} Z_A + \frac{m_B}{m} Z_B + \frac{m_C}{m} Z_C + \frac{m_D}{m} Z_D + \frac{m_r}{m} \bar{Z}_r, \quad (16)$$

kde  $Z_A, \dots, Z_D$  sú atómové čísla iónov  $A, \dots, D$ . (V prípade, že ión pozostáva z viacerých prvkov, namiesto atómových čísel sa uplatňujú stredné atómové čísla iónov.)

$\bar{Z}_r$  = stredné atómové číslo rozpúšťadla, v ktorom prebieha reakcia podľa rovnice (1).

$m_A, \dots, m_D$  sú váhové množstvá iónov  $A, \dots, D$ , ktoré podľa (3–6) sa rovnajú:

$$m_A = [A]_0 V_0 M_A f(V), \quad (17)$$

$$m_B = [B]_0 M_B V, \quad (18)$$

$$m_C = [C]_0 V_0 M_C, \quad (19)$$

$$m_D = [D]_0 V_0 M_D \varphi(V), \quad (20)$$

kde  $M_A, \dots, M_D$  sú iónové váhy iónov A, ..., D,

$$m_r = \rho_r V_r, \quad (21)$$

$$m = \rho V_0, \quad (22)$$

kde  $\rho_r$  a  $\rho$  sú hustoty rozpúšťadla a titrovaného roztoku o objemoch  $V_r$  a  $V_0$ .

Podľa rovníc (16–22) môže sa stredné atómové číslo titrovaného roztoku vyjadriť ako funkcia objemu titračného činidla:

$$\begin{aligned} \bar{Z} = & \frac{[A]_0 M_A}{\rho} Z_A f(V) + \frac{[B]_0 M_B}{\rho} Z_B \frac{V}{V_0} + \frac{[C]_0 M_C}{\rho} Z_C + \\ & + \frac{[D]_0 M_D}{\rho} Z_D \varphi(V) + \frac{V_r \rho_r}{V_0 \rho} \bar{Z}_r. \end{aligned} \quad (23)$$

Dosadením rovnice (23) do rovnice (15) dostávame rovnicu titračnej krivky, t. j. závislosť intenzity odrazeného  $\beta$  žiarenia od objemu titračného činidla:

$$\bar{n} = K_A f(V) + K_B V V_0^{-1} + K_D \varphi(V) + K_C + K_r + q, \quad (24)$$

kde

$$K_A = k Z_A \frac{[A]_0 M_A}{\rho}, \quad (25)$$

$$K_B = k Z_B \frac{[B]_0 M_B}{\rho}, \quad (26)$$

$$K_C = k Z_C \frac{[C]_0 M_C}{\rho}, \quad (27)$$

$$K_D = k Z_D \frac{[D]_0 M_D}{\rho}, \quad (28)$$

$$K_r = k \bar{Z}_r \frac{V_r \rho_r}{V_0 \rho}. \quad (29)$$

### Diskusia

Ak budeme predpokladať, že hustota titrovaného roztoku sa málo mení, takže táto zmena nemá vplyv na intenzitu odrazeného  $\beta$  žiarenia (pri nasýtenej vrstve titrovaného roztoku), rovnicu (24) môžeme upraviť tak, že niektoré

členy vyjadríme meranou veličinou — počiatočnou intenzitou odrazeného  $\beta$  žiarenia. Hodnota tejto veličiny sa dostáva podľa (24) pri počiatočných podmienkach titrácie  $[D] = [B] = 0$  a  $[A] = [A]_0$ :

$$\bar{n}_0 = K_A + K_C + K_r + q \quad (30)$$

Dosadením rovnice (30) do rovnice (24) dostaneme rovnicu titračnej krivky:

$$\bar{n} = \bar{n}_0 - K_A[1 - f(V)] + K_B V V_0^{-1} + K_D \varphi(V). \quad (31)$$

Ak ďalej predpokladáme, že produktom reakcie (1) je nerozpustná zrazenina ( $K_s = 0$ ), podľa rovníc (9, 10 a 11) je:

$$f(V)|_{V \leq V_E} = 1 - V V_E^{-1} \quad \varphi(V)|_{V \leq V_E} = 0, \quad (32)$$

$$\varphi(V)|_{V \geq V_E} = V V_0^{-1} - V_E V_0^{-1} \quad f(V)|_{V \geq V_E} = 0, \quad (33)$$

takže intenzita odrazeného  $\beta$  žiarenia, kým sa nedosiahne bod ekvivalencie, vyjadri sa rovnicou

$$\bar{n}|_{V \leq V_E} = \bar{n}_0 + V(K_B V_0^{-1} - K_A V_E^{-1}). \quad (34)$$

Podľa tejto rovnice intenzita odrazeného  $\beta$  žiarenia bude mať stúpajúcu tendenciu, ak

$$K_B K_A^{-1} V_E V_0^{-1} > 1, \quad \text{t. j. } M_B Z_B M_A^{-1} Z_A^{-1} > 1, \quad (35)$$

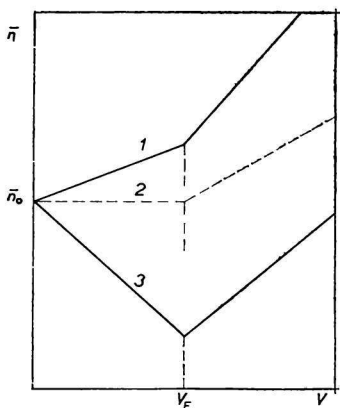
alebo klesajúcu tendenciu, ak

$$K_B K_A^{-1} V_E V_0^{-1} < 1, \quad \text{t. j. } M_B Z_B M_A^{-1} Z_A^{-1} < 1. \quad (36)$$

V bode ekvivalencie ( $V = V_E$ ,  $f(V) = \varphi(V) = 0$ ) intenzita odrazeného  $\beta$  žiarenia podľa (31) je:

$$\bar{n}|_{V = V_E} = \bar{n}_0 - K_A + K_B V_E V_0^{-1} = \bar{n}_E. \quad (37)$$

Po prekročení bodu ekvivalencie (31, 33 a 37) intenzita odrazeného  $\beta$  žiarenia sa môže vyjadriť rovnicou



Obr. 1. Titračné krivky:

intenzita odrazeného  $\beta$  žiarenia ( $\bar{n}$ ) v závislosti od objemu titračného činidla ( $V$ ) pre zrážaciu titráciu podľa rovnice  $AC + BD = AD + BC$ , pri ktorej vzniká nerozpustná zrazenina  $AD$ , znázornené pre prípady vzťahov medzi atómovými číslami iónov ( $Z$ ) a iónovými váhami ( $M$ ).

1.  $Z_A M_A Z_B^{-1} M_B^{-1} < 1$ ;
2.  $Z_A M_A Z_B^{-1} M_B^{-1} = 1$ ;
3.  $Z_A M_A Z_B^{-1} M_B^{-1} > 1$ .

$$\bar{n}|_{V \geq V_E} = \bar{n}_E + (VV_0^{-1} - V_E V_0^{-1})(K_B + K_D). \quad (38)$$

Z predchádzajúceho štúdia vyplýva, že v prípade vzniku nerozpustnej zrazeniny titračná krivka (31) sa rozpadne na dve krivky (34 a 38), ktoré sa pretínajú v bode ekvivalencie, kde obidve funkcie nadobúdajú rovnakú hodnotu  $\bar{n}_E$ . Podľa uvedeného titračná krivka (31) pri  $K_s = 0$  nie je spojitá v bode ekvivalencie, čo sa prejavuje zlomom titračnej krivky v tomto bode, na základe čoho sa môže indikovať.

Grafické znázornenie titračnej krivky podľa (31) a uvedených podmienok je na obr. 1.

Experimentálne výsledky práce [4] sú v súhlase s teoretickými závislosťami odvodenými v tejto práci podľa krivky 3 na obr. 1. Uvedené skutočnosti poukazujú na platnosť predstáv R. H. Müllera i pre odrážajúci objekt, titrovaný roztok pri zrážacej titracii.

### Záver

Výsledky štúdia poukazujú na platnosť teoretických predstáv R. H. Müllera o odraze  $\beta$  žiarenia nielen pre veľmi čisté kryštalické látky a ich jednozložkové roztoky, ale aj pre mnohozložkové heterogénne sústavy, keď týmito sú titrované roztoky pri zrážacích titraciách. Titračná krivka, ktorá vyjadruje závislosť intenzity odrazeného  $\beta$  žiarenia od objemu titračného činidla, je jednoznačnou funkciou uvedenej veličiny ako integrálna charakteristika titrovaného roztoku. Táto skutočnosť z hľadiska použitia odrazu  $\beta$  žiarenia pre analytické účely je významná tým, že vo všeobecnom prípade metódou odrazu  $\beta$  žiarenia sa môžu analyzovať iba dvojsložkové sústavy. Spomedzi iných fyzikálnochemických metód zrážacích titracii metóda odrazu  $\beta$  žiarenia charakterom titračnej krivky inklinuje ku konduktometrickým titraciám.

Pre praktické uskutočnenie titracii prichádzajú do úvahy zrážacie reakcie, pri ktorých vznikajú zrazeniny so zanedbateľnou rozpustnosťou. Zrazenina sa môže považovať prakticky za nerozpustnú, ak koncentrácie titrovanej látky a titračného činidla sú mnohonásobne (viac než  $10^2$  násobne) väčšie, než je rozpustnosť zrazeniny. Namerané hodnoty intenzity odrazeného  $\beta$  žiarenia nie je potrebné opravovať na zmenu objemu titrovaného roztoku, ak koncentrácia titračného činidla je minimálne rádovo väčšia než koncentrácia titrovanej látky.

Stanovenie bodu ekvivalencie je tým presnejšie, čím ostrejší uhol budú zvierat vetvy titračnej krivky pred bodom ekvivalencie a po bode ekvivalencie, t. j. čím menší bude zlomok  $\bar{n}_E(\bar{n}_0 + \bar{n}_{2E} - 2\bar{n}_E)^{-1}$ . Vyjadrením intenzít odrazeného  $\beta$  žiarenia ako funkcií atómových čísel a iných parametrov titracie dostávame vzťah

$$[M_C Z_C + M_B Z_B + [AC]_0^{-1}(k^{-1}qQ + \bar{Z}_{rQ_r})](M_A Z_A + M_D Z_D)^{-1},$$

podľa ktorého presnosť stanovenia bodu ekvivalencie je tým väčšia,

1. čím väčší je súčet násobkov stredných atómových čísel a iónových váh iónov vytvárajúcich zrazeninu (presnosť sa zväčšuje takisto so stúpaním koncentrácie titrovaného roztoku);

2. čím menší je súčet násobkov stredných atómových čísel a iónových váh iónov

reagujúcich látok v roztoku, čím menšie je stredné atómové číslo rozpúšťadla a jeho hustota, ako aj hustota titrovaného roztoku.

Uvedené veličiny charakterizujú zloženie titrovanej sústavy. Z hľadiska registrácie jadrového žiarenia, závislej od meracieho zariadenia, presnosť stanovenia bodu ekvivalencie bude tým väčšia;

3. čím väčší je prírastok intenzity odrazeného  $\beta$  žiarenia na jednotku atómového čísla, čím menšia je intenzita pri  $\bar{Z} = 0$  a takisto evidentne, čím s väčšou presnosťou sa merania vykonávajú.

*Ďakujem doc. inž. J. Gažovi, CSc., za pripomienky k práci.*

## ОТРАЖЕНИЕ $\beta$ -ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ОСАДИТЕЛЬНЫХ ТИТРОВАНИЯХ С ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

Я. Клас

Кафедра неорганической химии Словацкого политехнического института,  
Братислава

В работе разбирается проблема отражения  $\beta$ -излучения от титруемого раствора при осадительных титрованиях по реакции



при которой получается осадок AD с произведением растворимости  $K_s$ , с точки зрения отражения  $\beta$ -излучения по Р. Г. Мюллеру. Средний атомный номер титруемого раствора можно выразить уравнением

$$\bar{Z} = \frac{[AC]_0}{\rho} [M_A Z_A f(V) + M_C Z_C] + \frac{[BD]_0}{\rho} [M_B Z_B V V_0^{-1} + M_D Z_D \varphi(V)] + \frac{V_r \rho_r}{V_0 \rho} \bar{Z}_r,$$

где  $[AC]_0$  и  $[BD]_0$  = концентрации титруемого вещества и титрующего реактива перед реакцией,

$M$  и  $Z$  = ионовые веса и атомные или же средние атомные номера величин, обозначенных индексом,

$\rho$  и  $\rho_r$  = плотности титруемого раствора и растворителя с объемами  $V_0$  и  $V_r$ :

$$f(V) = \frac{1}{2} \left\{ \left( 1 - \frac{V}{V_E} \right) + \left[ \left( 1 - \frac{V}{V_E} \right)^2 + \frac{4K_s}{[A]_0^2} \right]^{1/2} \right\} = \frac{[A]}{[A]_0},$$

$$\varphi(V) = \frac{1}{2} \left\{ \left( \frac{V}{V_0} - \frac{V_E}{V_0} \right) + \left[ \left( \frac{V}{V_0} - \frac{V_E}{V_0} \right)^2 + \frac{4K_s}{[D]_0^2} \right]^{1/2} \right\} = \frac{[D]}{[D]_0}.$$

$V$  и  $V_E$  = объем титрующего реактива и эквивалентный объем.

В случае линейной зависимости интенсивности отраженного  $\beta$ -излучения от среднего атомного номера кривую титрования можно выразить уравнением

$$\bar{n} = k\bar{Z} + q,$$

где  $k$  и  $q$  = константы, зависящие от измерительного прибора.

Если при титровании получается нерастворимый осадок и интенсивность отраженного  $\beta$ -излучения не зависит от изменения плотности титруемого раствора в процессе титрования, то кривая титрования распадается на две прямые, которые пересекаются

в эквивалентной точке. Среди других физико-химических методов осадительных титрований метод отражения  $\beta$ -излучения по характеру кривой титрования близок к кондуктометрическим титрованиям.

*Preložila T. Dillingrová*

## REFLEXION DER $\beta$ -STRAHLUNG BEI FÄLLUNGSTITRATIONEN, BETRACHTET VOM THEORETISCHEN ASPEKT AUS

J. Klas

Lehrstuhl für anorganische Chemie an der Slowakischen Technischen Hochschule,  
Bratislava

In der vorliegenden Arbeit wird die Problematik der Reflexion der  $\beta$ -Strahlung von der zu titrierenden Lösung einem Studium unterworfen, u. zw. bei Fällungstitrationen gemäß der folgenden Reaktion:



bei der sich der Niederschlag AD mit dem Löslichkeitsprodukt  $K_s$  bildet, vom Standpunkt der Konzeption der Reflexion der  $\beta$ -Strahlung von R. H. Müller. Die mittlere Atomzahl der zu titrierenden Lösung kann durch folgende Beziehung ausgedrückt werden:

$$\bar{Z} = \frac{[AC]_0}{\varrho} [M_A Z_A f(V) + M_C Z_C] + \frac{[BD]_0}{\varrho} [M_B Z_B V V_0^{-1} + M_D Z_D \varphi(V)] + \frac{V_r \varrho_r}{V_0 \varrho} \bar{Z}_r,$$

worin bedeutet:

$[AC]_0$  und  $[BD]_0$  die Konzentrationen des zu titrierenden Stoffes und des Titrationsmittels vor der Reaktion,

$M$  und  $Z$  die Ionengewichte und die Atom-, bzw. die mittleren Atomzahlen der mit einem Index bezeichneten Größen,

$\varrho$  und  $\varrho_r$  die Dichten der zu titrierenden Lösung und des Lösungsmittels von den Volumina  $V_0$  und  $V_r$ :

$$f(V) = \frac{1}{2} \left\{ \left( 1 - \frac{V}{V_E} \right) + \left[ \left( 1 - \frac{V}{V_E} \right)^2 + \frac{4K_s}{[A]_0^2} \right]^{1/2} \right\} = \frac{[A]}{[A]_0},$$

$$\varphi(V) = \frac{1}{2} \left\{ \left( \frac{V}{V_0} - \frac{V_E}{V_0} \right) + \left[ \left( \frac{V}{V_0} - \frac{V_E}{V_0} \right)^2 + \frac{4K_s}{[D]_0^2} \right]^{1/2} \right\} = \frac{[D]}{[D]_0}.$$

$V$  und  $V_E$  ist das Volumen des Titrationsmittels und das Äquivalentvolumen.

Im Falle einer linearen Abhängigkeit der Intensität der reflektierten  $\beta$ -Strahlung von der mittleren Atomzahl kann man die Titrationskurve wie folgt ausdrücken:

$$\bar{n} = k\bar{Z} + q,$$

worin bedeutet:  $k$  und  $q$  Konstanten, die von der Messeinrichtung abhängig sind.

Wenn bei der Titration ein unlöslicher Niederschlag entsteht und die Intensität der reflektierten  $\beta$ -Strahlung nicht von der Änderung der Dichte der zu titrierenden Lösung im Verlaufe des Titrationsprozesses abhängig ist, so zerfällt die Titrationskurve in zwei Gerade, die sich im Äquivalentpunkt schneiden. Unter anderen physikalisch-chemischen



Methoden der Fällungstitrationsen inkliniert die Methode der Reflexion der  $\beta$ -Strahlung, gemäß dem Charakter der Titrationskurve, zu den konduktometrischen Titrationsen.

*Preložil K. Ulrich*

#### LITERATÚRA

1. Müller R. H., *Anal. Chem.* **29**, 969 (1957).
2. Klas J., *Chem. zvesti* **18**, 144 (1964).
3. Krigman F. E., *Zavodskaja lab.* **30**, 453 (1964).
4. Tölgyessy J., Varga Š., *Chem. zvesti* **17**, 779 (1963).
5. Langer A., Stevenson D. P., *Ind. Eng. Chem., Anal. Ed.* **14**, 770 (1942).

Do redakcie došlo 19. 6. 1964

V revidovanej podobe 9. 4. 1965

*Adresa autora:*

*Inž. Ján Klas, Katedra anorganickej chémie SVŠT, Bratislava, Jánska 1.*