

## Štúdium použitia absorpcie $\beta$ žiarenia na stanovenie uránu a tória vo vodných roztokoch

J. TÖLGYESSY, P. DILLINGER

*Katedra rádiochémie a radiačnej chémie Slovenskej vysokej školy technickej, Bratislava*

Žiarenie  $\beta$  sa môže absorbovať rozličnými spôsobmi interakčných dejov. Ide o veľký počet častíc, preto výslednicou všetkých typov interakcií je pomerne jednoduchý vzťah

$$I = I_0 \exp(-\mu R) = I_0 \exp(-aR),$$

kde  $I, I_0$  = intenzita prejdeného a dopadajúceho žiarenia,

$\mu$  = lineárny absorpčný koeficient,

$a$  = hmotnostný absorpčný koeficient,

$\rho$  = hustota látky,

$R$  = plošná váha absorbujúcej látky.

Príčinou zníženia intenzity  $\beta$  žiarenia pri prechode skúmanou látkou je predovšetkým interakcia  $\beta$  častíc s obalovými elektrónmi, preto miera absorpcie  $\beta$  žiarenia závisí od elektrónovej hustoty absorbujúcej látky. Hmotnostný absorpčný koeficient prvku je úmerný pomeru  $Z/A$ , kde  $Z$  je atómové číslo a  $A$  je atómová váha. Podobne ako pri prvkoch hmotnostný absorpčný koeficient zlúčeniny závisí len od elektrónovej hustoty. Absorpčný koeficient zlúčeniny je aditívnou vlastnosťou:

$$a = \sum a_k c_k,$$

kde  $a_k, c_k$  sú hmotnostné absorpčné koeficienty a váhové zlomky jednotlivých prvkov. Pre absorpciu  $\beta$  žiarenia v zlúčeninách teda platí vzťah

$$I = I_0 \exp(-R \sum a_k c_k).$$

Analytická metóda, pri ktorej množstvo niektorých prvkov alebo zlúčenín určujeme na základe zníženia intenzity dopadajúceho  $\beta$  žiarenia, používa sa predovšetkým na stanovenie obsahu vodíka v rozličných látkach, resp. pomeru C/H v kvapalných uhľovodíkoch [1]. Pomerne malý počet prác sa zaoberá štúdiom absorpcie  $\beta$  žiarenia v roztokoch [2, 3], prípadne stanovením ťažkých prvkov v roztokoch na základe absorpcie  $\beta$  žiarenia [3—6].

Absorpcia  $\beta$  žiarenia sa môže použiť na stanovenie zloženia binárnych kvapalinových zmesí. Zo zníženia intenzity  $\beta$  žiarenia pri prechode cez vrstvu skúmaného roztoku, obsahujúceho neznáme množstvo ťažkého prvku, môže sa pomocou kalibračnej krivky určiť množstvo tohto prvku.

V predloženej práci sa zaoberáme možnosťou stanovenia uránu a tória vo vodných roztokoch na základe absorpcie  $\beta$  žiarenia.

## Experimentálna časť

### Meracie zariadenie

Meracie zariadenie sa skladá zo zdroja  $\beta$  žiarenia s rádioizotopom  $^{90}\text{Sr}$ , zo scintilačnej sondy s  $\beta$  scintilátorom, z elektronického zariadenia a z meracej kyvety.

*Scintilačná sonda* pozostáva zo scintilátora, z vlastnej sondy s fotonásobičom, odporovým deličom a katódovým sledovačom.

*Scintilátor  $\beta$*  je plastická luminiscenčná látka (tuhý roztok aktivátora Pt. PBD v polyvinyltoluéne) s posunovačom. Luminiscenčná účinnosť je 40—45 % antracénového štandardu.

### Elektronické zariadenie

Automat na meranie rádioaktivity vzoriek Tesla-NZQ 615 sa skladá z počítača impulzov, z predzosilňovača, zo stabilizovaného zdroja vysokého napätia, z elektronických stopiek a z riadiacej jednotky.

### Zdroj $\beta$ žiarenia

Uzavretý  $\beta$  žiarič  $^{90}\text{Sr}$  anglickej výroby zn. SIC-2, vyrobený tak, že aktívna vrstva je uzavretá vo vrstve neaktívneho materiálu. Celková dĺžka je 90 mm, šírka 20 mm, dĺžka aktívnej zóny 50 mm, šírka 3 mm. Celková aktivita je 5 mc. Zdroj bol uzavretý v olovenom obale s hrúbkami stien 10 mm, s kruhovým otvorom na hornej strane, ktorý odkryl časť aktívnej plochy s celkovou aktivitou 1 mc.



### Meracia kyveta

Meracia kyveta sa pripravila z plexiskla. Dno kyvety je z tenkej fólie polyetylénu. Priemer kyvety je 7 cm, výška 2 cm.

Schéma usporiadania celého zariadenia je na obr. 1.

Obr. 1. Schéma zariadenia na meranie absorpcie  $\beta$  žiarenia vo vodných roztokoch. 1. zdroj  $\beta$  žiarenia  $^{90}\text{Sr}$ ; 2. olovený obal; 3. stojan; 4. polyetylénová fólia; 5. meracia kyveta z plexiskla; 6. skúmaný roztok; 7. olovená zátka; 8. scintilátor; 9. fotonásobič.

*Chemikálie a roztoky*

Dusičnan uranylu  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  p. a. Z preparátu sa pripravili roztoky v rozmedzí koncentrácií 0—4 % U. Koncentrácie sa stanovili gravimetricky zrážaním ako dvojuránan amónny a vážením  $\text{U}_3\text{O}_8$  [7].

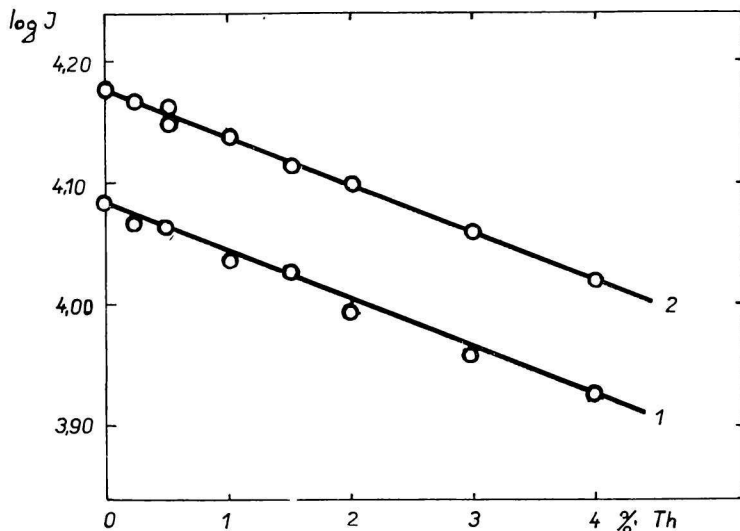
Dusičnan toričitý  $\text{Th}(\text{NO}_3)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  p. a. Z preparátu sa pripravili roztoky v rozmedzí koncentrácií 0—4 % Th. Koncentrácie sa stanovili gravimetricky zrážaním ako oxalát a vážením  $\text{ThO}_2$  [8].

*Pracovný postup*

Skúmaný roztok sa v množstve 10 ml nalial do meracej kyvety (optimálne množstvo zistené experimentálne). Kyveta sa položila na držiak z plexiskla v tesnej blízkosti zdroja žiarenia. Vzdialenosť medzi zdrojom žiarenia a detektorom bola 10 cm. Intenzita  $\beta$  žiarenia po prechode cez vrstvu skúmanej kvapaliny sa merala scintilačným detektorom.

**Výsledky a diskusia**

Geometrické usporiadanie celého zariadenia, predovšetkým polohy absorbujúcej látky (meracej kyvety so skúmaným roztokom) veľmi ovplyvňuje namerané hodnoty intenzity  $\beta$  žiarenia [9]. Ak zdroj  $\beta$  žiarenia a detektor sú od seba v konštantnej vzdialenosti, intenzita žiarenia meraná detektorom závisí od polohy meracej kyvety so skúmaným roztokom. Vzdialenosť medzi zdrojom  $\beta$  žiarenia a scintilačnou sondou bola 10 cm. Meracia kyveta obsahovala 10 ml roztoku dusičnanu toričitého s rôznym obsahom tória. Na obr. 2



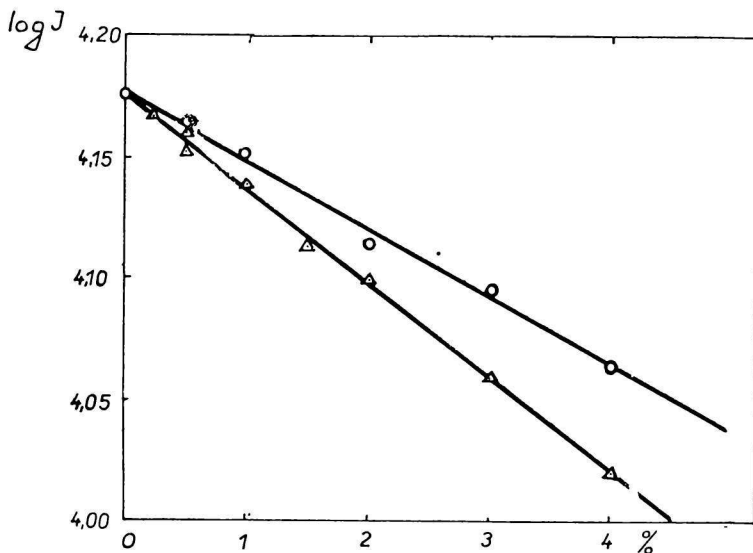
Obr. 2. Vplyv zmeny polohy meracej kyvety na detegovanú intenzitu  $\beta$  žiarenia. 1. kyveta pri detektore; 2. kyveta pri zdroji žiarenia.

vidieť závislosť intenzity detegovaného žiarenia (vyjadrenú v log imp./min.) od percentuálneho obsahu tória pre prípad, keď meracia kyveta je v tesnej blízkosti scintilačnej sondy (krivka 1) alebo v tesnej blízkosti zdroja  $\beta$  žiarenia (krivka 2). Intenzita detegovaného žiarenia teda vzrastá, ak sa pohybuje meracou kyvetou so skúmaným roztokom do polohy blízkej zdroju žiarenia (smerom dole), čo je zapríčinené vplyvom rozptylu  $\beta$  žiarenia absorbujúcim materiálom. Preto pri vlastných pokusoch meracia kyveta bola vždy v tesnej blízkosti zdroja žiarenia.

Veľmi dôležité je pri práci zachovať presne vodorovnú polohu meracej kyvety, lebo i nepatrný sklon kyvety spôsobuje zmenu hrúbky vrstvy skúmaného roztoku a tým veľké zmeny v absorpcii a nesprávne výsledky pri analýze.

Pri práci sa merali aj hodnoty vlastného žiarenia skúmaných roztokov. Tieto však boli nepatrné voči intenzite detegovanej pri vlastných absorpčných meraniach (20—30 imp./min. voči 7000—15 000 imp./min.).

Na obr. 3 sú uvedené experimentálne získané hodnoty pri meraní absorpcie  $\beta$  žiarenia vo vodných roztokoch uránu a tória. Je vynesená závislosť logaritmu nameranej intenzity (log imp./min.) v závislosti od percentuálneho množstva uránu, resp. tória v analyzovaných roztokoch.



Obr. 3. Absorpčné krivky pre vodné roztoky uránu (O) a tória (Δ).

Získané výsledky ukazujú, že absorpcia  $\beta$  žiarenia sa môže použiť na stanovenie uránu a tória (podobne aj iných ťažkých prvkov) vo vodných roztokoch. Pri vlastnej analýze sa pracuje metódou kalibračnej krivky.

Ďakujeme doc. inž. Š. Vargovi, C. Sc., za cenné pripomienky k práci.

## Súhrn

Zostrojilo sa jednoduché zariadenie na analýzu binárnych kvapalinových zmesí meraním absorpcie  $\beta$  žiarenia. Prešetrili sa optimálne geometrické podmienky merania a uvádzajú sa výsledky merania pre vodné roztoky uránu a tória. Metóda založená na meraní absorpcie  $\beta$  žiarenia je vhodná na stanovenie uránu a tória vo vodných roztokoch.

### ИЗУЧЕНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ $\beta$ ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРАНА И ТОРИЯ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Ю. Тельдеши, П. Диллингер

Кафедра радиохимии и радиационной химии Словацкого политехнического института, Братислава

Был построен простой прибор для анализа бинарных жидкостных систем с помощью поглощения  $\beta$  излучения. Нашли оптимальные геометрические условия измерений и приводятся результаты для водных растворов урана и тория. Метод, основывающийся на измерении поглощения  $\beta$  излучения, пригоден для определения урана и тория в водных растворах.

### STUDIUM DER ANWENDUNGSMÖGLICHKEIT DER ABSORPTION DER $\beta$ -STRAHLUNG ZUR BESTIMMUNG VON URAN UND THORIUM IN WÄSSERIGEN LÖSUNGEN

J. Tölgyessy, P. Dillinger

Lehrstuhl für Radiochemie und Strahlenchemie an der Slowakischen Technischen Hochschule, Bratislava

Eine einfache Einrichtung zur Analyse von binären Flüssigkeitsgemischen mittels Absorption der  $\beta$ -Strahlung wurde konstruiert. Die optimalen geometrischen Messbedingungen wurden untersucht, und Messergebnisse für wässrige Lösungen von Uran und Thorium werden angegeben. Die auf der Absorptionsmessung der  $\beta$ -Strahlung beruhende Methode ist zur Bestimmung von Uran und Thorium in wässrigen Lösungen geeignet.

## LITERATÚRA

1. Tölgyessy J., *Jadrové žiarenie v chemickej analýze*, 95—101. Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, Bratislava 1962.
2. Husain S. A., Hilmi A. K., *Proc. Phys. Soc. [London]* **A 70**, 902 (1957).
3. Hilmi A. K., Husain S. A., *Ženevská konferencia 1958*, P/2020.
4. Canals E., Marignan R., Bardet L., *Ann. pharm. franc.* **11**, 588 (1953).
5. Sawielewici A., Fridländer J., *Ženevská konferencia 1958*, P/1286.

6. Neyman T. G., *Isotopentechnik* **1**, 147 (1961).
7. *Analitičeskaja chimija urana i torija (Analytical Chemistry of the Manhattan Project)*, 64. Izdatelstvo inostrannoju literatury, Moskva 1956.
8. *Ibid.*, 242.
9. Zumwalt L. R., AECU-567, U. S. Atomic Energy Commission, Technical Information Service, Oak Ridge, Tenn.

Do redakcie došlo 22. 1. 1963

*Adresa autorov:*

*Doc. inž. Juraj Tölgyessy, C. Sc., prom. chemik Pavol Dillinger, Katedra rádiochemie a radiačnej chemie SVŠT, Bratislava, Kollárovo nám. 2.*