

E X P E R I M E N T Á L N A T E C H N I K A

Laboratórny zdroj žiarenia pre radiačnochemický výskum

P. DRIENOVSKÝ, R. KOPUNEC, F. MACÁŠEK, V. MIKULAJ, D. CULKA

*Katedra jadrovej chémie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského,
Bratislava*

Opisuje sa jednoduché ožarovacie zariadenie pre radiačnochemický výskum látok v kvapalnej fáze, v ktorom sa ako zdroj žiarenia používa ^{90}Sr — ^{90}Y o aktivite 1160 ± 116 mCi. Na tomto zdroji možno dosiahnuť dávkovú intenzitu žiarenia až do $1,5 \cdot 10^{15}$ eV ml $^{-1}$ s $^{-1}$. Uvádza sa približný výpočet dávkovej intenzity, ktorej hodnota sa porovnáva s experimentálnou hodnotou.

V radiačnochemickej praxi sa ako zdroje žiarenia často používajú β žiariče, najmä pre malé rozmery, priestorovú nenáročnosť a pomerne jednoduché zabezpečenie ochrany pred žiarením. Primárne radiačné premeny, vyvolané β žiarením, sú kvalitatívne také isté ako pri ožarovaní γ lúčmi alebo röntgenovým žiarením. V obidvoch prípadoch ide o premiestovanie elektrónov v danom skúmanom systéme ([4], str. 22; [16], str. 7). Ožarovacie zariadenie so stronium-ytriovým zdrojom bolo skonštruované najmä pre prípad ožarovania polymérnych fólií. Podrobne je opísané v práci [1]. V našej práci opíšeme malé laboratórne ožarovacie zariadenie, v ktorom sme ako β žiarič použili ^{90}Sr — ^{90}Y o aktivite 1160 ± 116 mCi, na ktorom možno ožarovať predovšetkým kvapalnú vzorku.

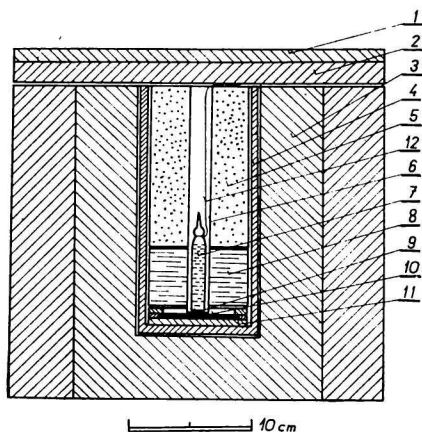
Ožarovacie zariadenie

Prierez ožarovacím zariadením je na obr. 1. Vlastný žiarič typu SIC 1000 (dodávateľ ÚVVVR, Praha) je nanosený na striebornej podložke o rozmeroch $40 \times 60 \times 0,6$ mm, pričom celková aktivita pripadá na plochu 10×30 mm. Žiarič SIC 1000 je uzavretý a jeho aktívny povrch je prekrytý striebornou vrstvou o hrúbke 0,05 mm, t. j. 52,5 mg/cm 2 .

Pretože intenzita brzdného žiarenia, vznikajúceho pri prechode β častíc prostredím, závisí lineárne od jeho atómovej váhy, žiarič 10 (obr. 1) sa umiestil v krabici 4, zhotovenej z plexiskla. V spodnej časti krabice 4 sa nachádza platnička z plexiskla 11 o hrúbke 5 mm. v strednej časti ktorej je prehĺbenina, dimenzovaná tak, aby bolo možné lokalizovať v nej vlastný zdroj žiarenia. Celý objem krabice 4 je zaplnený plexisklom 8 a penovým polystyrénom 5. V strede tejto výplne je umiestená duralumíniová trubica 6 o priemere 18 mm. Spodná časť trubice 6 je z bezpečnostných dôvodov (možnosť rozbitia sklenených ožarovacích nádobiek s agresívnym roztokom) uzatvorená hliníkovou fóliou 9 o hrúbke 48 mg/cm 2 . Vlastný ožarovací priestor sa nachádza v trubici 6; do neho možno ožarovaciu nádobku 7 zasunúť pomocou dialkového manipulátora a lanka 12; predtým však treba odstrániť uzáver z plexiskla 2 a olovenú dosku 1. Brzdné žiarenie vzniká však nielen v dôsledku interakcie β častíc s podložkou z plexiskla, ale aj pri ich interakcii so

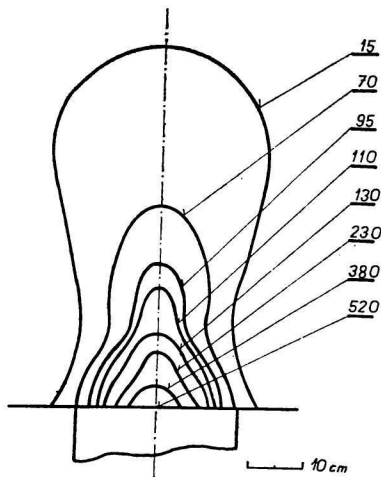
striebornou podložkou, a preto na odtienenie brzdného žiarenia treba 50–70 mm vrstvu olova [1]. Na našom ožarovacom zariadení sme brzdné žiarenie odfiltrovali 100 mm hrubou vrstvou olova 3.

Rozloženie poľa žiarenia v priestore obklopujúcom ožarovacie zariadenie sa premeralo kondenzátorovým ceruzkovým dozimetrom pri úplnom odstránení uzatváracích uzáverov 1 a 2. Výsledky týchto meraní sú na obr. 2, na ktorom vidieť, že zo strany



Obr. 1. Ožarovacie zariadenie so zdrojom žiarenia ^{90}Sr – ^{90}Y o aktivite $1160 \pm \pm 116$ mCi.

1. olovený uzáver; 2. uzáver z plexiskla; 3. olovený kryt; 4. krabica z plexiskla; 5. penový polystyrén; 6. duralumíniová trubica; 7. ožarovacia nádobka; 8. plexisklo; 9. hliníková fólia; 10. vlastný zdroj žiarenia; 11. podložka z plexiskla; 12. lanko.



Obr. 2. Izodozické krivky pri úplnom odstránení uzáverov. Číslo pri jednotlivých krivkách udávajú dávkovú intenzitu v mr/h.

prístupu ku zdroju je priestor úplne bezpečný; zasúvanie a vyberanie ožiarených vzoriek možno bezpečne robiť pomocou diaľkového manipulátora. Najviac ohrozený priestor, kolmý na ožarovací otvor, pri odstránení uzáverov vykazuje vo vzdialenosti 50 cm dávkovú intenzitu 50 mr/h.

Metóda chemickej dozimetrie

Dávková intenzita žiarenia sa stanovila metódou chemickej dozimetrie pomocou Frickeho dozimetra ([16], str. 25). Na jeho prípravu sa použila dvakrát destilovaná voda. Počítalo sa s výťažkom radiačnej oxidácie $G(\text{Fe}^{3+}) = 15,6$ iónu na 100 eV pohltenej energie. Koncentrácia železitých iónov sa stanovila priamym meraním absorpcie ožiareného dozimetrického roztoku pri vlnovej dĺžke 304–305 nm. V tejto oblasti spektra železité ióny v 0,8 N kyseline sírovej poskytujú maximum, zatiaľ čo absorpcia svetla železnatými iónmi je v tejto oblasti zanedbateľne malá [2]. Druhé absorpčné maximum železitých iónov je pri vlnovej dĺžke 224 nm [3].

Presným stanovením molárnej absorptivity (ϵ) železitých iónov vo ferosulfátovom dozimetrickom roztoku obvyklého zloženia sa zaoberali viacerí autori [2–15]. Pri vlnovej dĺžke 304–305 nm sa hodnoty ϵ , udávané rozličnými autormi, značne líšia [2–15]. Pri presnejšom stanovení sa zistilo [15], že so stúpajúcou teplotou vzrastá aj hodnota ϵ o 0,7 %/°C. Podobne sa zistilo, že na ϵ nepatrne vplyva pH dozimetrického roztoku.

Prihliadajúc na rôzne hodnoty ϵ , uvádzané v literatúre, ako aj na požiadavku presného stanovenia koncentrácie železitých iónov pri chemickej dozimetrii, uskutočnili sme re-determináciu ϵ pri obidvoch absorpčných maximách. Použili sme roztok síranu železito-amónneho o koncentrácii $1,59 \cdot 10^{-4}$ M v 0,8 N kyseline sírovej. Teplota stanovenia

Tabuľka 1
Molárna absorptivita ϵ železitých iónov v 0,8 N kyseline sírovej

λ_{\max} nm	ϵ l mol ⁻¹ cm ⁻¹	Teplota °C	ϵ prepočítané na 24 °C	Δ	Δ^2	Literatúra
304	2213	24 ± 2	2213	+26	676	[5]
305	2160	22,5	2183	-4	16	[6]
305	2185	24	2185	-2	4	[7]
305	2180	23,8	2183	-4	16	[8]
305	2210	25	2195	+8	64	[9]
304	2174	23,7	2179	-8	64	[10]
304	2115	20	2174	-13	169	[4]
305	2240	25	2224	+37	1369	[11]
304	2094	20	2153	-34	1156	[12]
304	2240	25	2224	+37	1369	[13]
304	2172	25	2157	-30	900	[14]
304	2199	24,9	2185	-2	4	[15]
304,5	2207	26	2176	-11	121	táto práca
Priemer:			2187			

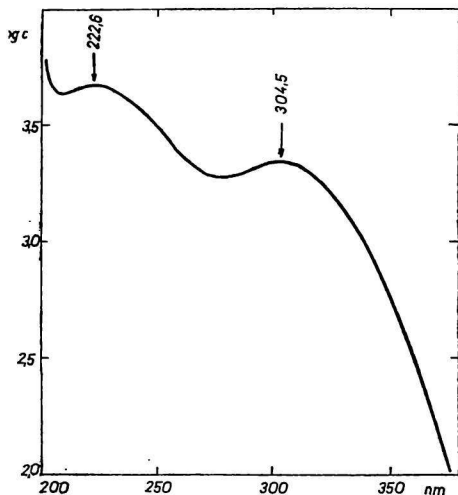
bola 26 °C. Ako etalón slúžil dozimetrický roztok. Pracovali sme na spektrofotometri fy Metrimpex typu Spektromom 201 s kremennými kyvetami o hrúbke 10,000 mm. Zistili sme tieto molárne absorptivity: 4560 l mol⁻¹ cm⁻¹ pri 222,6 nm a 2207 l mol⁻¹ cm⁻¹ pri 304,5 nm. Na obr. 3 je absorpčné spektrum síranu železito-amónneho v 0,8 N kyseline sírovej. V tab. 1 uvádzame ϵ železitých iónov, stanovené rozličnými autormi. V tab. 1 sú ϵ prepočítané aj na teplotu 24 °C, prihliadajúc na kladný tepelný koeficient +0,7 %/°C. Priemerná hodnota pre ϵ pri vlnovej dĺžke 304–305 nm vychádza 2187 l mol⁻¹ cm⁻¹ so štatistickou chybou ± 21 (pozri stĺpec 5 a 6 v tab. 1). Pre molárnu absorptivitu pri vlnovej dĺžke 224 nm sa v literatúre [3] uvádza hodnota 4565 ± 61 mol⁻¹ cm⁻¹ a v intervale teplôt 20–30 °C sa mení o hodnotu 0,1 % na 1 °C.

Chemická dozimetria ožarovacích nádobiek

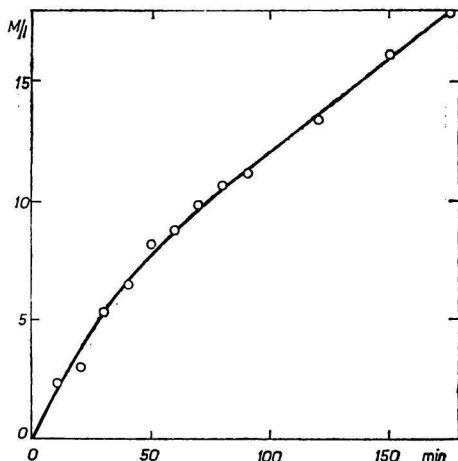
Metódou chemickej dozimetrie sa zistila dávková intenzita žiarenia, dosiahnuteľná na ožarovacom zariadení pre prípad použitia ožarovacích nádobiek valcovitého tvaru s plochým dnom, ktoré dovoľujú ožarovať roztok o maximálnom objeme 6,8 ml. Ožarovacie nádoby sa naplnili dozimetrickým roztokom a po určitej dobe ožarovania sa zmerala absorbancia pri vlnovej dĺžke 222,6 a 304,5 nm. Namerané hodnoty absorbancie sa

po prepočítaní na koncentrácie železitých iónov naniesli do obr. 4 v závislosti od doby ožarovania. Podľa obr. 4 dávková intenzita žiarenia použitej ožarovacej nádoby je $1,1 \cdot 10^{14} \text{ eV ml}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

Nelineárne narastanie koncentrácie železitých iónov s dobou ožarovania (obr. 4) sa od podobnej závislosti zistenej pri ožarovaní γ lúčmi alebo röntgenovým žiarením líši v tom, že v druhom prípade závislosť pri určitej dávke žiarenia ukazuje ostrý zlom. Po dosiahnutí tohto zlomu rýchlosť tvorby železitých iónov je pomalšia a zodpovedá rých-



Obr. 3. Závislosť logaritmu molárnej absorptivity od vlnovej dĺžky pre síran železito-amónny v 0,8 N- H_2SO_4 . Etalón: Frickeho dozimetrický roztok.

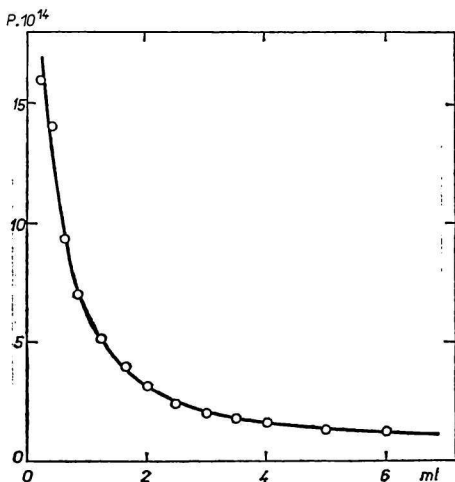


Obr. 4. Narastanie množstva vznikajúcich železitých iónov v závislosti od doby ožarovania dozimetrického roztoku.

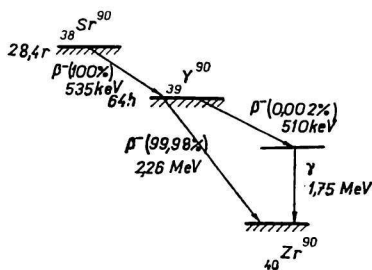
losti radiačnej oxidácie po zreagovaní rozpusteného kyslíka v dozimetrickom roztoku. Pole žiarenia v prípade γ ožarovania je približne rovnomerne rozložené v celom ožarovanom objeme a tým i koncentrácia vzniknutých radikálov a excitovaných molekúl bude približne rovnomerná. V prípade β ožarovania je však charakteristická nerovnomerná distribúcia dávkovej intenzity pozdĺž ožarovacej nádoby. Lineárny prenos energie $-dE/dx$ v prípade elektrónov o energii 1 MeV má hodnotu $0,018 \text{ eV}/\text{Å}$. Pri ďalšom znižovaní energie elektrónov v dôsledku ionizácie a zrážok vo vodnom prostredí lineárny prenos energie vzrastá a pri energii elektrónov $0,01 \text{ MeV}$ má už hodnotu $0,22 \text{ eV}/\text{Å}$ ([16], str. 10). Nerovnomerná distribúcia dávkovej intenzity žiarenia v dozimetrickom roztoku je príčinou nerovnomernej distribúcie vzniknutých voľných radikálov a excitovaných molekúl. Preto v prípade β ožarovania bude radiačná oxidácia železa v prvom štádiu procesu kontrolovaná difúziou rozpusteného kyslíka smerom k maximálnej koncentrácii vznikajúcich voľných radikálov.

Distribúcia dávkovej intenzity žiarenia v použitých ožarovacích nádobkách sa zistila experimentálne nasledujúcim spôsobom: Pri konštantnej dobe ožarovania 40 minút sa ožarovali rôzne objemy dozimetrického roztoku (0,2; 0,4 ml atď.; pozri obr. 5). V prípade ožarovania menších objemov sa ožiarený dozimetrický roztok doplnil do 3 ml (množstvo potrebné na spektrofotometrické stanovenie) 0,8 N kyselinou sírovou. Odčítané absorban-

cie sa prepočítali na koncentráciu vzniknutých železitých iónov v ožiarenom objeme. Tieto výsledky sú uvedené na obr. 5, kde je už množstvo vzniknutých železitých iónov prepočítané na dávkovú intenzitu žiarenia. Z obr. 5 vyplýva, že v prípade celkového objemu 0,4 ml je možné dosiahnuť dávkovú intenzitu žiarenia až $1,5 \cdot 10^{15}$ eV ml⁻¹ s⁻¹.



Obr. 5. Distribúcia dávkovej intenzity žiarenia (P) v hĺbke ožarovaného dozimetrickeho roztoku. P je vyjadrené v eV ml⁻¹ s⁻¹.



Obr. 6. Rozpadová schéma stroncia-90.

Táto dávková intenzita zodpovedá rádovo intenzitám, ktoré možno dosiahnuť na röntgenových prístrojoch pracujúcich v režime 100–160 kV pri nominálnom anódovom prúde 20–80 mA.

Tabuľka 2

Základné vlastnosti zdroja žiarenia ⁹⁰Sr—⁹⁰Y

Vlastnosti		⁹⁰ Sr	⁹⁰ Y
maximálna energia (E_{\max}) β spektra v MeV		0,535	2,26
stredná energia (\bar{E}_{β}) β spektra v MeV		0,20	0,93
celkový počet β častíc, pripadajúcich na jeden rozpad		1	1
$\Delta_{1/2}$ v hliníku v g/cm ²		0,017	0,150
celková hrúbka pre pohltienie častíc v hliníku v g/cm ²		0,210	1,049
Maximálny dobeh β lúčov	vo vzduchu (m)	1,191	7,860
	vo vode (mm)	1,870	12,300
	v hliníku (mm)	0,593	3,910

Výpočet dávkovej intenzity žiarenia

Stroncium-90 je čistý β žiarič s jednoduchou rozpadovou schémou [17], ktorá je uvedená na obr. 6. Z hľadiska radiačnej chémie najdôležitejšie sú β častice o energii 2,26 MeV, ktoré sú emitované pri β rozpade ytria-90. Ďalšie charakteristiky stroncium-ytriového žiariča, potrebné na jeho dozimetriu, sú uvedené v tab. 2 [18].

V prvom priblížení možno uvažovať bodový žiarič o aktivite 1160 mCi. Dávková intenzita bude potom určená rovnicou [19]:

$$P = \frac{k \cdot A \cdot \bar{E}_\beta \cdot I(r)}{4 \pi r^2}, \quad (1)$$

kde

$$k = k_0 \mu = \frac{k_0 \cdot \ln 2}{\Delta};$$

A = aktivita, počet rozpadov za sekundu,

\bar{E}_β = stredná energia β častíc,

r = vzdialenosť od bodového zdroja.

Funkcia $I(r)$ nie je presne známa a najlepšie výsledky sa dosahujú, ak je vyjadrená exponenciálnou funkciou:

$$I(r) = e^{-\mu r}. \quad (2)$$

Ak dosadíme rovnicu (2) do rovnice (1), pre dávkovú intenzitu žiarenia P dostaneme:

$$P = \frac{\ln 2}{\Delta} \cdot \frac{A \cdot \bar{E}_\beta \cdot e^{-\mu r}}{4 \pi r^2}. \quad (3)$$

V našom prípade $4 \pi r^2 = 6 \text{ cm}^2$. Ak aktivitu A budeme vyjadrovať v jednotkách curie, strednú energiu β častíc \bar{E}_β v jednotkách MeV a dávkovú intenzitu žiarenia v rad/s, dostaneme:

$$P = \frac{0,69 \cdot 3,7 \cdot 10^{10} \cdot 1,6 \cdot 10^{-6} \cdot 1,16}{6 \cdot 10^2} \cdot \frac{\bar{E}_\beta \cdot e^{-\frac{\mu}{e} d}}{\Delta},$$

$$P = 84,6 \frac{\bar{E}_\beta \cdot e^{-\frac{\mu}{e} d}}{\Delta} \text{ rad/s}. \quad (4)$$

Ak zanedbáme samoabsorpciu β častíc v samotnom zdroji a nebudeme uvažovať 0,05 mm vrstvu strieborného pokryvu, dostaneme tesne nad povrchom zdroja túto dávkovú intenzitu ($d = 0$):

$$P = 84,6 \left[\left(\frac{\bar{E}_\beta}{\Delta} \right) {}^{90}\text{Sr} + \left(\frac{\bar{E}_\beta}{\Delta} \right) {}^{90}\text{Y} \right] = 84,6 \left[\frac{0,20}{0,0175} + \frac{0,93}{0,15} \right] = 1491 \text{ rad/s.}$$

Дávková intenzita na povrchu strieborného pokryvu o hrúbke 0,05 mm ($d_{\text{Ag}} = 0,0525 \text{ g/cm}^2$) za použitia hmotnostných absorpčných koeficientov $39 \text{ cm}^2/\text{g}$ pre stroncium-90 a $4,6 \text{ cm}^2/\text{g}$ pre ytrium-90 bude:

$$P = 84,6 \left[\left(11,4 \cdot e^{-\frac{\mu}{\rho} d_{\text{Ag}}} \right) {}^{90}\text{Sr} + \left(6,2 \cdot e^{-\frac{\mu}{\rho} d_{\text{Ag}}} \right) {}^{90}\text{Y} \right] = \\ = 84,6 (11,4 \cdot 0,129 + 6,2 \cdot 0,786) = 537 \text{ rad/s.}$$

Podobným výpočtom možno zistiť, že po prechode β častíc hliníkovou fóliou o hrúbke 48 mg/cm^2 táto dávková intenzita poklesne na 409 rad/s . Priemerná hrúbka dna ožarovacích nádobiek bola 1 mm ($d_{\text{sklo}} = 2,5 \text{ g/cm}^3$). Výpočet dáva pre dno ožarovacej nádoby z vnútornej strany dávkovú intenzitu $103,7 \text{ rad/s}$.

Hodnota dávkovej intenzity $1,5 \cdot 10^{15} \text{ eV ml}^{-1} \text{ s}^{-1}$ po prepočítaní na jednotky v rad/s je $23,9 \text{ rad/s}$. Vypočítanú hodnotu dávkovej intenzity treba ešte podeliť dvomi, pretože sme počítali so 4π geometriou. Prihliadajúc na približné a zjednodušujúce predpoklady pri výpočte, ako aj na ťažkosti pri výpočtoch dávkovej intenzity β žiaričov [20], túto približnú zhodu medzi vypočítanou a experimentálne stanovenou hodnotou dávkovej intenzity možno považovať za uspokojivú.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ИСТОЧНИК ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

И. Дриеновски, Р. Копунец, Ф. Мацашек, В. Микулай, Д. Цулка

Кафедра ядерной химии Естественного факультета Университета им. Коменского,
Братислава

В работе описывается установка для облучения с источником ${}^{90}\text{Sr}$ — ${}^{90}\text{Y}$ активностью $1160 \pm 116 \text{ мкюри}$, предназначенная для радиационного изучения веществ в жидкой фазе. Мощность дозы этого источника была определена с помощью ферро-сульфатного дозиметра Фрике. Концентрация трехвалентного железа определялась спектрофотометрически с использованием найденных молярных коэффициентов поглощения (ϵ) при температуре 26° : $4560 \text{ л моль}^{-1} \text{ см}^{-1}$ при $222,6 \text{ нм}$ и $2187 \text{ л моль}^{-1} \text{ см}^{-1}$ при $304,5 \text{ нм}$. Эти значения ϵ сравниваются со значениями, полученными другими авторами. В данном приборе для облучения можно получить мощность дозы до $1,5 \cdot 10^{15} \text{ эв мл}^{-1} \text{ сек}^{-1}$. Приводится ориентировочный расчет мощности дозы по полуэмпирическим соотношениям в предположении, что имеем дело с точечным источником, которая сравнивается с экспериментально определенным значением.

Preložila T. Dillingarová

LABORATORIUMSSTRAHLUNGSQUELLE FÜR DIE STRAHLUNGSCHEMISCHE FORSCHUNG

P. Drienovský, R. Kopunec, F. Macáček, V. Mikulaj, D. Culka

Lehrstuhl für Kernchemie an der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Komenský-Universität, Bratislava

In der vorliegenden Arbeit wird die Beschreibung einer Bestrahlungsvorrichtung mit einer ^{90}Sr – ^{90}Y -Quelle mit einer Aktivität von 1160 ± 116 mCi angeführt, die für die strahlungsschemische Forschung von Stoffen in flüssiger Phase bestimmt ist. Die Dosierungsintensität dieser Strontium-Yttriumquelle wurde mit Hilfe des Fricke'schen Dosimeters bestimmt. Die Konzentration des dreiwertigen Eisens wurde nach der spektrophotometrischen Methode unter Benutzung der ermittelten molaren Extinktionskoeffizienten (ϵ) bei einer Temperatur von 26°C wie folgt festgestellt: $4560 \text{ l Mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ bei $222,6 \text{ nm}$, und $2187 \text{ l Mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ bei $304,5 \text{ nm}$. Diese Werte für ϵ werden mit den Werten anderer Autoren verglichen. Auf dieser Bestrahlungsvorrichtung kann man eine Dosierungsintensität bis zu $1,5 \cdot 10^{15} \text{ eV ml}^{-1} \text{ s}^{-1}$ erzielen. Es wird eine annähernde Berechnung der Dosierungsintensität gemäß den halbempirischen Beziehungen gegeben, unter der Voraussetzung, daß es sich um einen Punktstrahler handelt, wobei diese Intensität mit dem experimentell ermittelten Wert verglichen wird.

Preložil K. Ulrich

LITERATÚRA

1. Šimorda J., *Jaderná energie* **10**, 78 (1964).
2. Hardwick T. J., *Can. J. Chem.* **30**, 17 (1952).
3. Scharf K., Lee R., *Rad. Res.* **16**, 115 (1962).
4. Swallow A. J., *Radiacionnaja chimija organičeskich sojedinenij*, 60 (preklad z angličtiny). Izdatelstvo inostrannoju literatury, Moskva 1963.
5. Cormack D. V., Hummel R. W., Johns H. E., Spinks J. W. T., *J. Chem. Phys.* **22**, 6 (1954).
6. Lazo R. M., Dewhurst H. A., Burton M., *J. Chem. Phys.* **22**, 1370 (1954).
7. Weiss J., Bernstein W., Kuper J. B. H., *J. Chem. Phys.* **22**, 1593 (1954).
8. Katakis D., Allen A. O., *J. Phys. Chem.* **68**, 657 (1964).
9. Sworski T. J., *Rad. Res.* **4**, 483 (1956).
10. Schuler R. H., Allen A. O., *J. Chem. Phys.* **24**, 56 (1956).
11. Hochanadel C. J., Ghormley J. A., *J. Chem. Phys.* **21**, 880 (1953).
12. Haybittle J. L., Saunders R. D., Swallow A. J., *J. Chem. Phys.* **25**, 1213 (1956).
13. Rigg T., Taylor W., Weiss J., *J. Chem. Phys.* **22**, 575 (1954).
14. Zsula J., Liuzzi A., Laughlin J. S., *Rad. Res.* **6**, 661 (1957).
15. Henderson C. M., Miller N., *Rad. Res.* **13**, 641 (1960).
16. Allen A. O., *Radiacionnaja chimija vody i vodnych rastvorov* (preklad z angličtiny). Gosudarstvennoje izdatelstvo literatury po atomnoj nauke i tehnike, Moskva 1963.
17. Strominger D., Hollander J. M., Seaborg G. T., *Revs. Modern Phys.* **30**, 585 (1964).
18. Kodočigov P. N., *O praktičeskich voprosach dozimetrii ionizirujuščich izlučenij*, 96. Izdatelstvo Akademii nauk SSSR, Moskva 1962.

19. Aglincev K. K., Kođukov V. M., Lyzlov A. F., Sivincev J. V., *Prikladnaja dozimetrija*, 182. Gosudarstvennoje izdatelstvo literatury po atomnoj nauke i tehnike, Moskva 1962.
20. Aglincev K. K., *Dozimetrija ionizirujuščich izlučenij*, 252. Gosudarstvennoje izdatelstvo tehniko-teoretičeskoj literatury, Moskva—Leningrad 1950.

Do redakcie došlo 15. 8. 1965

V revidovanej podobe 22. 6. 1966

Adresa autorov:

Doc. Ing. Peter Drienovský, CSc., prom. chem. Rudolf Kopunec, prom. chem. Fedor Macášek, prom. chem. Vladimír Mikulaj, prom. chem. Dušan Culka, Katedra jadrovej chémie PF UK, Bratislava, Šmeralova 2.