

Radionuklidų aktyvumo vieneto – Bq – valstybinis etalonas

Matavimo vienetų etalonai sukuria prielaidas atlikti fizikinių dydžių matavimus išskirtiniu tikslumu. Dažniausiai tai būna sudėtingos įrangos kompleksai. Jų sukūrimas, o vėliau ir išlaikymas, reikalauja didelio paruošiamojo darbo, nemažų finansinių investicijų. Atskiroje šalyje atkuriant fizikinių dydžių vertes didžiausią tikslumą laiduojantys etalonai vadinami valstybiniais, o etalonų laboratorijos – valstybinėmis. Valstybinėje etalono laboratorijoje atkuriamos vertės perduodamos žemesnio lygmens etalonams kalibravimo būdu. Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2014 m. gruodžio 10 d. nutarimu Nr. 1400 yra patvirtinta arba, kitais žodžiais, įteisinta 9 valstybiniai etalonai. Tarp jų radionuklidų aktyvumo vieneto etalono nėra. Šis etalonas dar kuriamas. Radionuklidų aktyvumo vienetas yra bekerelis, žymima Bq. Vienas Bq atitinka vieną radioaktyviojo branduolio skilimą per sekundę. Radionuklidų aktyvumo vieneto etalonas yra svarbus sveikatos apsaugai, įvairioms ūkinės, mokslinės veiklos sritims: taikant branduolinės medicinos procedūras, apibūdinant ir tvarkant radioaktyviąsias atliekas, uždarant Ignalinos atominę elektrinę, nagrinėjant radiacinės saugos klausimus, vertinant technogeninį, kosmogeninį ir terigeninį poveikį aplinkai ir žmogui jonizuojančiosios spinduliuotės aspektu.

Kaip žinome, radionuklidai pasižymi skirtingomis jonizuojančiosios spinduliuotės rūšimis, kitomis fizinėmis savybėmis: spinduliuotės energija, pusėjimo trukme, kvantiniu našumu, skilimo schema. Radionuklidų aktyvumo matavimo galimybės taip pat priklauso nuo pačio aktyvumo lygio. Universalus įrenginys, praktiniu lygiu galinčio aprėpti visų radionuklidų standartiza-

vimą – šiuo terminu įvardijamas radionuklidų aktyvumo nustatymas didžiausiu tikslumu – sukurti neįmanoma. Todėl radionuklidų aktyvumo vieneto etalono kompleksą sudaro keletas nepriklausomo veikimo įrenginių, iš kurių flagmanais laikytini 4π β - γ sutapčių proporcinis dujų skaitiklis ir trigubų ir dvigubų sutapčių santykių (arba TDCR, angl. *Triple-to-Double Coincidence Ratio*) skaitiklis. Tai – įrenginiai, naudojantys pirminius radionuklidų standartizavimo metodus, pripažintus viso pasaulio radionuklidų metrologijos laboratorijose. Metodo pasirinkimą lemia konkretaus radionuklido skilimo savybės, jo skilimo schema. Beta skilimą su gama kvantų emisija patiriančių radionuklidų



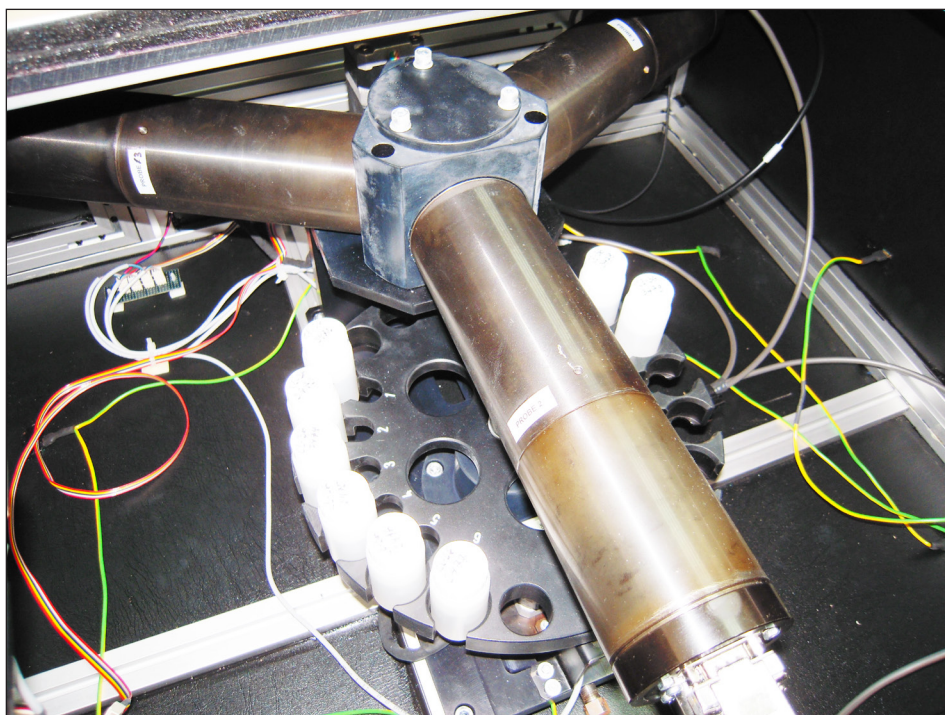
4π β - γ sutapčių proporcinis dujų skaitiklis



Trigubų ir dvigubų sutapčių santykių (TDCR) skaitikliu standartizuojami beta spinduliai

standartizavimui idealus yra 4π β - γ sutapčių proporcinis dujų skaitiklis, o gryųjų beta spindulių ir beta skilimą su santykinai maža gama kvantų emisija patiriančių nuklidų aktyvumo precizinis matavimas atliekamas TDCR metodu, kurį XX a. pabaigoje sukūrė Lenkijos mokslininkai R. Broda, K. Pochwalski ir T. Radoszewski.

Taikant pirminius metodus standartizuojamų radionuklidų aktyvumo vertė atkurama tiesiogiai iš matavimo procesų – kaupiant duomenis apie branduolių skilimo metu užregistruotus įvykius, bet nenaudojant pamatinių medžiagų. Kitaip tariant, taikant pirminius metodus apsieinama be kalibravimo procedūros, tad nereikia atsižvelgti į



TDCR įrenginio jutikliai – trys fotodaugintuvai, sumontuoti 120° kampu

matavimo neapibrėžties sandą, apibūdinantį patinę medžiagą, ir galutinis tyrimo rezultatas yra maksimalaus tikslumo. Valstybinėje radionuklidų aktyvumo vieneto etalono laboratorijoje – FTMC Metrologijos skyriaus Jonizuojančiosios spinduliuotės metrologijos laboratorijoje – pirminių metodų dėka pavyko nustatyti radionuklidų aktyvumą užtikrinant rekordines Lietuvoje matavimo neapibrėžtis: Co-60 atveju pasiekta suminės standartinės neapibrėžties vertė yra 0,4 %, o tricio (H-3) atveju 0,99 %. Pastarasis rezultatas gautas trišalio palyginimo metu, kuriame dar dalyvavo Prancūzijos ir Rusijos nacionaliniai metrologijos institutai (NMI). Pažymėtina, kad visų trijų šalių NMI rezultatai yra lygiaverčiai, apie šį palyginimą bus padarytas pranešimas tarptautinėje konferencijoje ICRM2015 (*International Conference on Radionuclide Metrology*), kuri vyks 2015 m. birželį Vienoje. Jonizuojančiosios spinduliuotės metrologijos laboratorijoje naudojami ir antriniai radionuklidų standartizavimo metodai – tai gama spektrometrija, blyksninių (arba scintilia-

cinių) tirpalų spektrometrija, radionuklidų kalibratoriai (vadinamieji dozės kalibratoriai). Jei pirmieji du antriniai metodai (atitinkamai, gama ir beta spinduliams) tinka santykinai mažo radionuklidų aktyvumo lygio sričiai nuo 0,1 kBq iki 1 kBq, tai trečiasis metodas pradeda efektyviai veikti, kai aktyvumas yra ne mažesnis kaip 100 kBq (čia svarbu taip pat prisiminti, kad nagrinėjant gama spindulių aktyvumo matavimo galimybę panaudojant radionuklidų kalibratorius reikia atsižvelgti ir į fotoninės spinduliuotės kvantinį našumą), ir yra efektyvus iki rekordinio aktyvumo lygio – keliasdešimt GBq, t. y. apima beveik šešių eilių aktyvumo lygio ruožą. Ši aplinkybė panaudojama branduolinės medicinos tikymuose, kai pacientų terapijai arba diagnostikai tenka panaudoti dešimčių MBq ir didesnio aktyvumo radioaktyviuosius preparatus. Antrinis dozės kalibratorius Fidelis yra sukalibruotas Nacionalinėje fizikos laboratorijoje (NPL, Jungtinė Karalystė), todėl šis antrinis FTMC etalonas yra metrologiškai susietas su NPL etalonu.



Inžinierius G. Kandrotas ruošiasi matuoti aktyvumą dozės kalibratoriumi Fidelis



Dvišalio palyginimo Prahoje metu buvo iširtos Lietuvos etalono jonizacinės kameros Fidelis ir Capintec (pirmos dvi iš dešinės)

Papildomai, FTMC dozės kalibratoriai Fidelis ir Capintec dalyvavo dvišaliame palyginime Prahoje 2013 m., kai vienalaikiu režimu matuotas įvairių radionuklidų, tarp jų ir trumpaamžių šiuolaikinėje branduolinėje medicinoje naudojamų preparatų aktyvumas. Dozės kalibratoriumi Fidelis matuojant F-18, Ga-67, Tc-99m, In-111 ir I-131 aktyvumą buvo gautas santykinis poslinkis nuo pamatinės vertės mažesnis nei 1 %. Šie rezultatai patvirtino, kad FTMC antriniai etalonai yra lygiaverčiai kito Europos NMI etalonams.

Jonizuojančiosios spinduliuotės metrologijos laboratorija organizavo palyginimus Lietuvoje 2010–2013 m., mėginiai ruošti panaudojus valstybinio etalono įrangą. Dalyviai matavo gama spindulių ir tričio savitąjį aktyvumą vandenyje. Tuo būdu Lietuvos ūkio subjektams, savo veikloje naudojantiems radionuklidų aktyvumo matavimo metodus, sudaromos sąlygos laiduoti analitinių tyrimų kokybę.

Arūnas GUDELIS
FTMC Jonizuojančiosios spinduliuotės
metrologijos laboratorijos vadovas
Autoriaus nuotraukos



Palyginimo VMT.RA.021 „Tričio savitojo aktyvumo nustatymas vandenyje“ mėginiai paruošti išsiųsti dalyviams