

На основу члана 20. став 2, члана 23. став 7. и члана 25. став 3. Закона о метрологији („Службени гласник РС”, број 15/16),

Министар привреде доноси

ПРАВИЛНИК О ДЕТЕКТОРИМА ЈОНИЗУЈУЋЕГ ЗРАЧЕЊА

Члан 1.

Овим правилником прописују се захтеви за детекторе јонизујућег зрачења који се користе у функцији заштите здравља и опште безбедности и заштити животне средине (у даљем тексту: детектори), техничка документација, натписи и ознаке, начин утврђивања испуњености захтева за детекторе, карактеристике опреме за утврђивање испуњености захтева, методе мерења, као и начини и услови оверавања детектора.

Члан 2.

Овај правилник примењује се на:

- 1) полупроводничке детекторе - спектрометре гама зрачења;
- 2) полупроводничке детекторе - спектрометре алфа зрачења;
- 3) сцинтилационе детекторе - спектрометре гама зрачења;
- 4) сцинтилационе детекторе - спектрометре алфа зрачења;
- 5) пластичне сцинтилационе бројаче;
- 6) течне сцинтилационе бројаче;
- 7) пропорционалне бројаче.

Значење појединих израза

Члан 3.

Поједини изрази који се употребљавају у овом правилнику имају следеће значење:

- 1) детектор је активни уређај за откривање радиоактивних зрачења и мерење њихових карактеристика;
- 2) разлагање система је величина која код одређене енергије карактерише могућност апаратуре да раздвоји енергије детектованих фотона и дефинисана је као измерена ширина на половини висине пика у функцији енергије;
- 3) ширина на половини висине пика (FWHM) је растојање између апсцисе две тачке на кривој чије су ординате на половини ординате максимума пика;
- 4) положај пика је енергија или редни број канала који одговара средини пика у спектру висине импулса;
- 5) површина пика је укупан број импулса који се налазе испод пика у спектру висине импулса, коригован на фон;
- 6) ефикасност детекције је однос броја детектованих фотона и броја фотона које емитује извор;
- 7) полупроводнички детектор – спектрометар гама зрачења је уређај за мерење активности и анализу спектра енергија гама-емитера производњом и померањем слободних носилаца наелектрисања произведених апсорпцијом упадног гама зрачења у детектору;
- 8) полупроводнички детектор – спектрометар алфа зрачења је уређај за анализу спектра енергија и мерење интензитета емисије алфа - зрачења производњом и

померањем слободних носилаца наелектрисања произведених апсорпцијом зрачења упадних алфа честица у детектору;

9) сцинтилациони детектор – спектрометар гама зрачења је уређај за мерење активности и анализу спектра енергија гама-емитера код кога услед интеракције гама-зрачења с материјалом детектора долази до емисије светлости која се, посредством фотомултипликатора оптички повезаног са сцинтилатором, претвара у електрични импулс;

10) сцинтилациони детектор – спектрометар алфа зрачења је уређај за мерење активности и анализу спектра енергија алфа-емитера код кога услед интеракције алфа-зрачења с материјалом детектора долази до емисије светлости која се, посредством фотомултипликатора оптички повезаног са сцинтилатором, претвара у електрични импулс;

11) пластични сцинтилациони бројач је уређај за мерење активности бета-емитера максималних енергија од 155 keV до 2,3 MeV, код кога услед интеракције бета-честица са пластичним сцинтилатором долази до емисије светлости која се, посредством фотомултипликатора, претвара у електрични импулс;

12) течни сцинтилациони бројач је уређај за мерење активности нискоенергетских бета-емитера (првенствено ^3H и ^{14}C), код кога услед интеракције бета-честица са течним сцинтилатором долази до емисије светлости која се, посредством фото-мултипликатора, претвара у електрични импулс;

13) пропорционални бројач је проточни пропорционални бројач који мери у просторном углу 2π или 4π који је намењен за мерење укупне алфа и бета-активности узорака.

Други изрази употребљени у овом правилнику који нису дефинисани у ставу 1. овог члана имају значење дефинисано законима којима се уређује метрологија и стандардизација.

Захтеви

Члан 4.

Захтеви за полупроводничке детекторе - спектрометре гама зрачења, као и начин утврђивања испуњености тих захтева, дати су у Прилогу 1 – Полупроводнички детектор – спектрометар гама зрачења, који је одштампан уз овај правилник и чини његов саставни део.

Захтеви за полупроводничке детекторе - спектрометре алфа зрачења, као и начин утврђивања испуњености тих захтева, дати су у Прилогу 2 – Полупроводнички детектор - спектрометар алфа зрачења, који је одштампан уз овај правилник и чини његов саставни део.

Захтеви за сцинтилационе детекторе - спектрометре гама зрачења, као и начин утврђивања испуњености тих захтева, дати су у Прилогу 3 – Сцинтилациони детектор - спектрометар гама зрачења, који је одштампан уз овај правилник и чини његов саставни део.

Захтеви за сцинтилационе детекторе - спектрометре алфа зрачења, као и начин утврђивања испуњености тих захтева, дати су у Прилогу 4 – Сцинтилациони детектор - спектрометар алфа зрачења, који је одштампан уз овај правилник и чини његов саставни део.

Захтеви за пластичне сцинтилационе бројаче, као и начин утврђивања испуњености тих захтева, дати су у Прилогу 5 – Пластични сцинтилациони бројач, који је одштампан уз овај правилник и чини његов саставни део.

Захтеви за течне сцинтилационе бројаче, као и начин утврђивања испуњености тих захтева, дати су у Прилогу 6 – Течни сцинтилациони бројач, који је одштампан уз овај правилник и чини његов саставни део.

Захтеви за пропорционалне бројаче, као и начин утврђивања испуњености тих захтева дати су у Прилогу 7 – Пропорционални бројач, који је одштампан уз овај правилник и чини његов саставни део.

Техничка документација

Члан 5.

Произвођач детектора сачињава техничку документацију.

Натписи и ознаке

Члан 6.

На детектор се постављају следећи натписи и ознаке:

- 1) пословно име, односно назив произвођача;
- 2) серијски број детектора;
- 3) жиг.

Уколико се детектор састоји од неколико одвојених јединица, свака јединица означава се у складу са ставом 1. овог члана.

Натписи и ознаке из ст. 1. и 2. овог члана постављају се тако да буду видљиве, читљиве и неизбрисиве, односно да их није могуће уклонити без трајног оштећења.

Члан 7.

Детектор се оверава у складу са прописом којим се уређују врсте мерила за које је обавезно оверавање и временски интервали њиховог периодичног оверавања.

Оверавање детектора може бити прво, периодично или ванредно, у складу са законом којим се уређује метрологија.

Оверавање мерила

Члан 8.

Прво, периодично и ванредно оверавање детектора обухвата:

- 1) визуелни преглед и проверу функционалности;
- 2) проверу метролошких својстава.

Детектори се оверавају појединачно. Визуелним прегледом и провером функционалности из става 1. тачка 1) овог члана, проверава се да ли је детектор у потпуности у складу са упутством произвођача, односно да нема оштећења показног уређаја или других делова који могу утицати на функционалност детектора.

Члан 9.

Референтни услови за проверу метролошких својстава су:

- 1) температура околине: 20,0 °C;
- 2) релативна влажност ваздуха: 50 %;
- 3) атмосферски притисак: 1013,25 mbar.

Током сваког испитивања, температура и релативна влажност ваздуха не могу да варирају за више од ± 5 °C, односно ± 30 %, од поменутих референтних услова.

Члан 10.

Уколико се визуелним прегледом, провером функционалности и испитивањем тачности утврди да детектор испуњава прописане метролошке захтеве, на исти се ставља жиг у складу са законом којим се уређује метрологија и прописима донетим на основу тог закона.

Клаузула о узајамном признавању

Члан 11.

Захтеви овог прописа се не примењују на детектор који је законито стављен на тржиште осталих земаља Европске уније или Турске, односно законито произведен у држави потписници ЕФТА Споразума.

Изузетно од става 1. овог члана, може се ограничити стављање на тржиште или повући са тржишта детектор из става 1. овог члана, уколико се после спроведеног поступка из Уредбе ЕЗ бр. 764/2008, утврди да такав детектор не може да испуни захтеве еквивалентне захтевима који су прописани овим прописом.

Прелазне и завршне одредбе

Члан 12.

Даном ступања на снагу овог правилника престају да важе Правилник о метролошким условима за полупроводничке детекторе-спектрометре алфа-зрачења („Службени лист СРЈ”, број 26/92), Правилник о метролошким условима за сцинтилационе детекторе-спектрометре гама-зрачења („Службени лист СРЈ”, бр. 31/93, 42/93 и 44/93), Правилник о метролошким условима за сцинтилационе детекторе алфа-зрачења („Службени лист СРЈ”, број 56/94), Правилник о метролошким условима за 4πβ пропорционалне бројаче („Службени лист СРЈ”, број 35/95), Метролошко упутство за преглед полупроводничких детектора-спектрометара алфа-зрачења („Гласник СЗМДМ”, број 3/92), Метролошко упутство за преглед сцинтилационих детектора-спектрометара гама-зрачења („Гласник СЗМДМ”, број 3/93), Метролошко упутство за преглед сцинтилационих детектора алфа-зрачења („Гласник СЗМДМ”, број 3/94) и Метролошко упутство за преглед 4πβ пропорционалних бројача („Гласник СЗМДМ”, број 3/95).

Члан 13.

Овај правилник ступа на снагу осмог дана од дана објављивања у „Службеном гласнику Републике Србије”, а члан 11. се примењује даном приступања Републике Србије Европској унији.

ПОЛУПРОВОДНИЧКИ ДЕТЕКТОР - СПЕКТРОМЕТАР ГАМА ЗРАЧЕЊА

1. ЗАХТЕВИ

1.1. Саставни делови полупроводничког детектора - спектрометра гама зрачења су:

- 1) детектор са заштитним оклопом;
- 2) извор напајања високог напона;
- 3) предпојачавач и појачавач;
- 4) вишеканални анализатор импулса;
- 5) уређај за запис резултата мерења.

1.2. Полупроводнички детектор - спектрометар гама зрачења има следеће карактеристике:

- 1) материјал: Ge(Li) или чисти германијум;
- 2) облик кристала: планарни, коаксијални, или са тунелом (јамом);
- 3) ширина на полувисини врха (FWHM): на 1332 keV испод 2,5 keV;
- 4) ширина на десетини висине врха (FWHM): на 1332 keV испод 5 keV;
- 5) однос пик/Комптон: од 10 до 60:1;
- 6) релативна ефикасност: $\geq 10 \%$.

2. НАЧИН УТВРЂИВАЊА ИСПУЊЕНОСТИ ЗАХТЕВА

2.1. Опрема за преглед

За преглед полупроводничког детектора - спектрометра гама зрачења користе се радионуклиди одабрани тако да покрију потребан енергетски опсег. Неки од радионуклида који се препоручују дати су у Табели 1 овог прилога.

Табела 1

Радионуклид	Време полураспада	Енергија (keV)	Вероватноћа емисије
²⁴¹ Am	432,6 година	59,5409	0,3592
¹⁰⁹ Cd	461,9 дана	88,0336	0,0366
¹³⁹ Ce	137,641 дана	165,8575	0,7990
¹³⁹ Hg	46,594 дана	279,1952	0,8148
⁵¹ Cr	27,704 дана	320,0835	0,0989
¹¹³ Sn	115,09 дана	391,698	0,6497
⁸⁵ Sr	64,850 дана	514,0048	0,985
¹³⁷ Cs	30,05 година	661,657	0,8499
⁵⁴ Mn	312,19 дана	834,848	0,99975
⁸⁸ Y	106,63 дана	898,042 1836,070	0,937 0,99346
⁶⁰ Co	5,2711 година	1173,228 1332,492	0,9985 0,999826
²² Na	2,6029 година	1274,537	0,9994

Активност коришћеног радионуклида треба да буде позната са мерном несигурношћу мањом од 5 %.

2.2. Начин прегледа

Преглед полупроводничког детектора - спектрометра гама зрачења обухвата:

- 1) спољашњи преглед;
- 2) проверу метролошких својстава.

2.2.1. Спољашњим прегледом се утврђује да ли постоје сви делови мерног система, односно да ли одговарају опису и упутству произвођача.

2.2.2. Провера метролошких својстава обухвата:

- 1) проверу линеарности уређаја;
- 2) проверу ефикасности;
- 3) проверу разлагања система;
- 4) проверу односа пик/Комптон;
- 5) проверу стабилности уређаја.

2.2.2.1. Провера линеарности уређаја

Линеарност уређаја се проверава у опсегу од 40 keV до 3 MeV, користећи неке од радионуклида из Табеле 1 овог прилога, чије енергије обухватају најмање 50 % потребног енергетског опсега.

Ради провере линеарности уређаја одређује се функција зависности броја канала од енергије гама зрачења. Користи се метода најмањих квадрата, а крива зависности стварне енергије пика од његовог положаја на спектру може се приказати следећом једначином:

$$E = a + bk$$

где су:

E - енергија гама зрачења;

k - редни број канала;

a и b - константе, параметри правца праве.

Из добијене праве израчунава се коефицијент корелације, n , између стварне енергије пика (E) и његовог положаја на спектру (k), који је по апсолутној вредности једнак 1 са дозвољеним одступањем до 5 %.

Брзина бројања за цео спектар за ма који извор и геометрију не прелази 2000 s⁻¹.

2.2.2.2. Провера ефикасности

За проверу ефикасности полупроводничког детектора - спектрометра гама зрачења користе се радионуклиди из Табеле 1 овог прилога.

Провера ефикасности полупроводничког детектора - спектрометра гама зрачења врши се помоћу тачкастог извора ⁶⁰Со постављеног на висину 25 cm изнад активне површине детектора.

При провери ефикасности полупроводничког детектора - спектрометра гама зрачења у пику треба да се акумулира најмање 10000 импулса.

Ефикасност полупроводничког детектора - спектрометра гама зрачења одређује се применом обрасца:

$$E_f = \frac{N}{t * P_\gamma * A}$$

где су:

N – број импулса под површином пика одређене енергије E коригован за фон;

t - време сакупљања импулса, односно време мерења (s);

P_γ – вероватноћа емисије фотона енергије E у једном распаду радионуклида;

A - активност референтног радиоактивног материјала на дан мерења (Bq).

Добијена вредност за ефикасност полупроводничког детектора - спектрометра гама зрачења не одступа за више од ±10 % од декларисане вредности.

2.2.2.3. Провера разлагања система

Разлагање полупроводничког детектора - спектрометра гама зрачења проверава се на енергији од 1332,50 keV помоћу тачкастог извора ^{60}Co постављеног на висину 25 cm изнад активне површине детектора. Добијена вредност не одступа за више од $\pm 5\%$ од декларисане вредности произвођача.

2.2.2.4. Провера односа пик/Комптон

Однос пик/Комптон за полупроводнички детектор - спектрометар гама зрачења одређује се за енергију ^{60}Co од 1332,50 keV. Комптонов континуум дефинисан је за ову енергију у енергетском опсегу од 1040 keV до 1096 keV.

Однос пик/Комптон се израчунава тако што се узима максималан број импулса по каналу у пику (коригован за фон) и средњи број импулса праве линије Комптоновог континуума (коригован за фон) између канала који одговарају енергијама наведеним у ставу 1. ове подтачке.

Добијена вредност не одступа за више од $\pm 10\%$ од декларисане вредности.

2.2.2.5. Провера стабилности уређаја

Провера стабилности полупроводничког детектора - спектрометра гама зрачења врши се провером стабилности мерења брзине бројања радиоактивног извора.

Спроводи се серија од десет мерења, при чему време једног мерења треба да буде 100 s. Одређује се средња вредност (x_{sr}) и стандардна девијација (σ).

Полупроводнички детектор - спектрометар гама зрачења ради стабилно ако је $0,3649 < \sigma/x_{sr} < 1,8799$.

ПОЛУПРОВОДНИЧКИ ДЕТЕКТОР - СПЕКТРОМЕТАР АЛФА ЗРАЧЕЊА

1. ЗАХТЕВИ

1.1. Саставни делови полупроводничког детектора - спектрометра алфа зрачења су:

- 1) силицијумски детектор са површинском баријером у вакуумској комори;
- 2) извор напајања;
- 3) предпојачавач и појачавач;
- 4) вакуумска пумпа;
- 5) вишеканални анализатор импулса;
- 6) уређај за запис резултата мерења.

1.2. Полупроводнички детектор - спектрометар алфа зрачења има следеће карактеристике:

- 1) активна површина силицијумског детектора: од 100 mm^2 до 1000 mm^2 ;
- 2) дебљина осетљивог слоја силицијумског детектора од $50 \text{ }\mu\text{m}$ до $100 \text{ }\mu\text{m}$;
- 3) напон напајања силицијумског детектора: од 50 V до 100 V , односно према упутству произвођача;
- 4) шум силицијумског детектора и електронике (ширина на половини висине пика): од 24 keV до 50 keV (зависно од активне површине силицијумског детектора);
- 5) ширина на половини висине пика за енергију $5,4856 \text{ MeV}$: $< 30 \text{ keV}$;
- 6) линеарност уређаја за енергетски опсег од 3 MeV до 8 MeV : $< \pm 0,1 \%$;
- 7) фон у енергетском опсегу од 3 MeV до 8 MeV : < 100 импулса за 24 часа;
- 8) притисак у вакуумској комори: од $0,1 \text{ Pa}$ до 1 Pa .

2. НАЧИН УТВРЂИВАЊА ИСПУЊЕНОСТИ ЗАХТЕВА

2.1. Опрема за преглед

За преглед полупроводничког детектора - спектрометра алфа зрачења препоручују се неки од радионуклида чије су карактеристике дате у Табели 1 овог прилога.

Табела 1

Радионуклид	Време полураспада $T_{1/2}$	Енергија MeV	Вероватноћа емисије
^{238}U	$4,468 \cdot 10^9$ година	4,151 4,198	0,2233 0,7754
^{235}U	$7,04 \cdot 10^8$ година	4,2147 4,3661 4,3978 4,556 4,4964	0,0595 0,1880 0,5719 0,0379 0,0474
^{234}U	$2,455 \cdot 10^5$ година	4,7224 4,7746	0,2842 0,7137
^{233}U	$1,592 \cdot 10^5$ година	4,7292 4,7830 4,8247	0,016 0,132 0,844
^{239}Pu	$2,41 \cdot 10^4$ година	5,10581 5,14382	0,1187 0,1714

		5,15659	0,7079
²¹⁰ Po	138,376 дана	5,30433	0,999876
²⁴¹ Am	432,6 година	5,38825	0,0166
		5,44286	0,1323
		5,48556	0,8445
²⁴⁴ Cm	18,11 година	5,76265	0,233
		5,80477	0,767
²²⁶ Ra	1600 година	4,78334	0,94083
²²² Rn		5,4848	0,9992
²¹⁰ Po		5,30433	0,999876
²¹⁴ Po		7,68682	0,999895

За преглед полупроводничког детектора - спектрометра алфа зрачења користи се импулсни генератор са директним излазом од 0 V до 10 V.

2.2. Начин прегледа

Преглед полупроводничког детектора - спектрометра алфа зрачења обухвата:

- 1) спољашњи преглед;
- 2) проверу метролошких својстава.

2.2.1. Спољашњим прегледом утврђује се да ли постоје сви делови у мерној групи, односно да ли одговарају опису и упутству произвођача.

2.2.2. Провера метролошких својстава обухвата:

- 1) проверу линеарности уређаја;
- 2) проверу разлагања система;
- 3) проверу шума детектора и електронике;
- 4) проверу фона.

2.2.2.1. Провера линеарности уређаја

Линеарност уређаја у енергетском опсегу од 3 MeV до 8 MeV проверава се на један од следећих начина:

1) коришћењем танких алфа-извора радионуклида чије су карактеристике дате у Табели 1 овог прилога;

2) коришћењем импулног генератора.

Ради провере линеарности уређаја одређује се функција зависности броја канала од енергије алфа-зрачења, односно амплитуде импулса из импулног генератора.

За проверу линеарности уређаја потребно је одредити методом најмањих квадрата, криву зависности стварне енергије пика од његовог положаја на спектру, која се може приказати следећом једначином:

$$E = a + bk$$

где су:

E - енергија алфа зрачења;

k - редни број канала;

a и b - константе, параметри правца праве.

Из добијене праве израчунава се коефицијент корелације, *n*, између стварне енергије пика (E) и његовог положаја на спектру (k), који је по апсолутној вредности једнак 1 са дозвољеним одступањем до 5 %.

Брзина бројања за цео спектар за ма који извор и геометрију не прелази 200 s⁻¹.

2.2.2.2. Провера разлагања система

Разлагање система проверава се на енергији од 5,4856 MeV.

На спектар се лоцира редни број канала под пиком и измери се ширина пика (у каналима) на половини висине пика, при чему у каналу пика треба да буде најмање 1000 одброја, а број канала на половини висине треба да буде најмање шест.

Разлагање система се добија према следећем обрасцу:

$$\Delta E = k_{1/2} b$$

где су:

$k_{1/2}$ - ширина на половини висине (у каналима);

b - параметар одређен у тачки 2.2.2.1. овог прилога.

Добијена вредност не одступа за више од ± 5 % од декларисане вредности за разлагање система.

2.2.2.3. Провера шума детектора и електронике

Шум детектора и електронике проверава се помоћу импулсног генератора повезаног на тест - улаз на претпојачавач.

Одређује се ширина пика (у каналима) на половини висине пика, на начин дат у тачки 2.2.2.2. овог прилога. Добијена вредност не одступа за више од ± 5 % од декларисане вредности.

2.2.2.4. Провера фона

Фон се проверава у енергетском опсегу од 3 MeV до 6 MeV мерењем у току 24 часа. Укупан број импулса у овом опсегу током мерења од 24 часа треба да је < 100 .

СЦИНТИЛАЦИОНИ ДЕТЕКТОР - СПЕКТРОМЕТАР ГАМА ЗРАЧЕЊА

1. ЗАХТЕВИ

1.1 Саставни делови сцинтилационог детектора - спектрометра гама зрачења су:

- 1) сцинтилациони детектор са NaI(Tl) кристалом;
- 2) фотомултипликатор;
- 3) извор напајања високог напона;
- 4) предпојачавач и појачавач;
- 5) вишеканални анализатор импулса;
- 6) уређај за запис резултата мерења;
- 7) заштитни оклоп.

1.2. Сцинтилациони детектор - спектрометар гама зрачења има следеће карактеристике:

- 1) пречник и висина цилиндричног кристала од 51 mm до 76 mm;
- 2) ефикасност за тачкасти извор у контакт геометрији на енергији од 661,66 keV: већа од вредности које се налазе у опсегу од 6 % до 14 % (зависно од димензије кристала);
- 3) разлагање за енергију $661,66 \text{ keV} < 60 \text{ keV}$;
- 4) однос пик/Комптон: ≥ 10 .

2. НАЧИН УТВРЂИВАЊА ИСПУЊЕНОСТИ ЗАХТЕВА

2.1. Опрема за преглед

За преглед сцинтилационог детектора - спектрометра гама зрачења користе се радионуклиди одабрани тако да покрију потребан енергетски опсег. Неки од радионуклида који се препоручују су дати у Табели 1 овог прилога.

Табела 1

Радионуклид	Време полураспада	Енергија (keV)	Вероватноћа емисије
²⁴¹ Am	432,6 година	59,5409	0,3592
¹⁰⁹ Cd	461,9 дана	88,0336	0,0366
¹³⁹ Ce	137,641 дана	165,8575	0,7990
¹³⁹ Hg	46,594 дана	279,1952	0,8148
⁵¹ Cr	27,704 дана	320,0835	0,0989
¹¹³ Sn	115,09 дана	391,698	0,6497
⁸⁵ Sr	64,850 дана	514,0048	0,985
¹³⁷ Cs	30,05 година	661,657	0,8499
⁵⁴ Mn	312,19 дана	834,848	0,99975
⁸⁸ Y	106,63 дана	898,042 1836,070	0,937 0,99346
⁶⁰ Co	5,2711 година	1173,228 1332,492	0,9985 0,999826
²² Na	2,6029 година	1274,537	0,9994

Активност коришћеног радионуклида треба да буде позната са мерном несигурношћу мањом од 5 %.

2.2. Начин прегледа

Преглед сцинтилационог детектора - спектрометра гама зрачења обухвата:

- 1) спољашњи преглед;
- 2) проверу метролошких својстава.

2.2.1. Спољашњим прегледом се утврђује да ли постоје сви делови мерног система, односно да ли одговарају опису и упутству произвођача.

2.2.2. Провера метролошких својстава обухвата:

- 1) проверу линеарности уређаја;
- 2) проверу ефикасности;
- 3) проверу разлагања система;
- 4) проверу односа пик/Комптон;
- 5) проверу стабилности уређаја.

2.2.2.1. Провера линеарности уређаја

Линеарност уређаја се проверава у опсегу од 40 keV до 3 MeV, користећи неке од радионуклида из Табеле 1 овог прилога, чије енергије обухватају најмање 50 % потребног енергетског опсега.

Ради провере линеарности уређаја одређује се функција зависности броја канала од енергије гама зрачења. Користи се метода најмањих квадрата, а крива зависности стварне енергије пика од његовог положаја на спектру се може приказати следећом једначином:

$$E = a + bk$$

где су:

E - енергија гама зрачења;

k - редни број канала;

a и b - константе, параметри правца праве.

Из добијене праве израчунава се коефицијент корелације, *n*, између стварне енергије пика (E) и његовог положаја на спектру (k), који је по апсолутној вредности једнак 1 са дозвољеним одступањем до 5 %.

Брзина бројања за цео спектар за ма који извор и геометрију не прелази 2000 s⁻¹.

2.2.2.2. Провера ефикасности

За проверу ефикасности сцинтилационог детектора - спектрометра гама зрачења користе се радионуклиди из Табеле 1 овог прилога.

Провера ефикасности сцинтилационог детектора – спектрометра гама зрачења врши се помоћу тачкастог извора ¹³⁷Cs у контакт геометрији на енергији од 661,66 keV.

При провери ефикасности сцинтилационог детектора - спектрометра гама зрачења у пику треба да се акумулира најмање 10000 импулса.

Ефикасност детектора се одређује применом обраца:

$$E_f = \frac{N}{t * P_\gamma * A}$$

где су:

N – број импулса под површином пика одређене енергије E коригован за фон;

t - време сакупљања импулса, односно време мерења (s);

P_γ – вероватноћа емисије фотона енергије E у једном распаду радионуклида;

A - активност референтног радиоактивног материјала на дан мерења (Bq).

Добијена вредност за ефикасност не одступа за више од ±10 % од декларисане вредности.

2.2.2.3. Провера разлагања система

Разлагање система проверава се на енергији од 661,66 keV.

На спектар се лоцира редни број канала под пиком и измери се ширина пика (у каналима) на половини висине пика, при чему у каналу пика треба да буде најмање 5000 одброја, а број канала на половини висине треба да буде најмање четири.

Разлагање система се добија према следећем обрасцу:

$$\Delta E = k_{1/2} b$$

где су:

$k_{1/2}$ - ширина на половини висине (у каналима);

b - параметар одређен у тачки 2.2.2.1. овог прилога.

Добијена вредност не сме да одступа за више од $\pm 5\%$ од декларисане вредности за разлагање система.

Добијена вредност за разлагање система треба да буде мања од 60 keV.

2.2.2.4. Провера односа пик/Комптон

Однос пик/Комптон за сцинтилациони детектор - спектрометар гама зрачења одређује се за енергију ^{137}Cs од 661,66 keV. Комптонов континуум је дефинисан за ову енергију у енергетском опсегу од 358 keV до 382 keV.

Однос пик/Комптон се израчунава тако што се узима максималан број импулса по каналу у пику (коригован за фон) и средњи број импулса праве линије Комптоновог континуума (коригован за фон) између канала који одговарају енергијама наведеним у претходном ставу.

Добијена вредност не одступа за више од $\pm 10\%$ од декларисане вредности.

2.2.2.5. Провера стабилности уређаја

Провера стабилности сцинтилационог детектора - спектрометра гама зрачења се врши провером стабилности мерења брзине бројања радиоактивног извора.

Спроводи се серија од десет мерења, при чему време једног мерења треба да буде 100 s. Одређује се средња вредност (x_{sr}) и стандардна девијација (σ).

Сцинтилациони детектор – спектрометар гама зрачења ради стабилно ако је $0,3649 < \sigma/x_{sr} < 1,8799$.

СЦИНТИЛАЦИОНИ ДЕТЕКТОР - СПЕКТРОМЕТАР АЛФА ЗРАЧЕЊА

1. ЗАХТЕВИ

1.1. Саставни делови сцинтилационог детектора - спектрометра алфа зрачења су:

- 1) сцинтилатор;
- 2) фотомултипликатор;
- 3) извор напајања;
- 4) претпојачавач и појачавач;
- 5) дискриминатор;
- 6) уређај за запис резултата мерења.

1.2. Сцинтилациони детектор - спектрометар алфа зрачења има следеће карактеристике:

- 1) површинска маса слоја сцинтилатора на стакленој или транспарентној плочици: од 10 mg/cm^2 до 25 mg/cm^2 ;
- 2) површинска маса прозора детектора: $\leq 1 \text{ mg/cm}^2$;
- 3) пречник прозора детектора: од 24 mm до 76 mm ;
- 4) радни напон: од 900 V до 1100 V или према упутству произвођача;
- 5) мртво време: $\leq 10 \text{ } \mu\text{s}$;
- 6) брзина бројања фона: мања од вредности која се налази у опсегу од 0.01 s^{-1} до $0,2 \text{ s}^{-1}$ (зависно од димензија слоја сцинтилатора).

2. НАЧИН УТВРЂИВАЊА ИСПУЊЕНОСТИ ЗАХТЕВА

2.1. Опрема за преглед

За преглед сцинтилационог детектора - спектрометра алфа зрачења препоручују се неки од следећих радионуклида: ^{239}Pu , ^{241}Am , ^{210}Po , ^{228}Th , ^{226}Ra , ^{233}U и природни уран.

Активност коришћених радионуклида треба да буде позната са мерном несигурношћу мањом од $\pm 5 \%$.

2.2. Начин прегледа

Преглед сцинтилационог детектора - спектрометра алфа зрачења обухвата:

- 1) спољашњи преглед;
- 2) проверу метролошких својстава.

2.2.1. Спољашњим прегледом утврђује се да ли постоје сви делови у мерној групи, односно да ли одговарају опису и упутству произвођача.

2.2.2. Провера метролошких својстава обухвата:

- 1) проверу фона;
- 2) проверу стабилности уређаја.

2.2.2.1. Провера фона

Фон се проверава мерењем у трајању од $1\,000 \text{ s}$.

Брзина бројања фона треба да има вредност мању од вредности дате у поделењу 1.2. овог прилога.

2.2.2.2. Провера стабилности уређаја

Провера стабилности уређаја врши се провером стабилности мерења брзине бројања радиоактивних извора.

Врши се серија од десет мерења, при чему време једног мерења треба да буде 100 s , а затим се одређује средња вредност (x_{sr}) и стандардна девијација (σ).

Уређај ради стабилно са статистичком сигурношћу 90% , ако је $0,3649 < \sigma/x_{sr} < 1,8799$.

ПЛАСТИЧНИ СЦИНТИЛАЦИОНИ БРОЈАЧ

1. ЗАХТЕВИ

1.1. Саставни делови пластичног сцинтилационог бројача су:

- 1) пластични сцинтилатор;
- 2) фотомултипликатор;
- 3) извор напајања високог напона;
- 4) предпојачавач и појачавач;
- 5) дискриминатор;
- 6) уређај за запис резултата мерења;
- 7) заштитни оклоп.

1.2. Пластични сцинтилациони бројач има следеће карактеристике:

- 1) густина пластичног сцинтилатора: $\approx 0,1 \text{ g/cm}^3$;
- 2) површинска маса прозора: $\approx 0,5 \text{ mg/cm}^2$;
- 3) ефикасност за извор површинске масе $< 0,1 \text{ mg/cm}^2$: $\geq 20 \%$;
- 4) брзина бројања фона: $\leq 3 \text{ s}^{-1}$;
- 5) мртво време: $\leq 5 \text{ }\mu\text{s}$.

2. НАЧИН УТВРЂИВАЊА ИСПУЊЕНОСТИ ЗАХТЕВА

2.1. Опрема за преглед

За преглед пластичног сцинтилационог бројача могу се користити неки од следећих радионуклида: ^{14}C , ^{147}Pm , ^{204}Tl , $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

Активност коришћених радионуклида треба да буде позната са мерном несигурношћу мањом од $\pm 5 \%$.

2.2. Начин прегледа

Преглед пластичног сцинтилационог бројача обухвата:

- 1) спољашњи преглед;
- 2) проверу метролошког својства.

2.2.1. Спољашњим прегледом утврђује се да ли постоје сви делови пластичног сцинтилационог бројача који су дати у поделу 1.1. овог прилога, односно да ли одговарају опису и упутству произвођача.

2.2.2. Провера метролошких својстава обухвата:

- 1) проверу ефикасности;
- 2) проверу фона;
- 3) проверу стабилности уређаја.

2.2.2.1. Провера ефикасности

За проверу ефикасности користи се неки од радионуклида датих у одељку 2. Прилога 1 овог правилника.

Приликом провере ефикасности потребно је акумулирати око 100000 импулса. Ефикасност се одређује из следећег односа:

$$\varepsilon = N/A \cdot t$$

где је:

N - број акумулираних импулса;

A - активност коришћеног радионуклида;

t - време мерења.

Ефикасност треба да је у складу са пододељком 1.2. овог прилога.

2.2.2.2. Провера фона

Приликом провере фона треба акумулисати најмање 100000 импулса.

Брзина бројања фона треба да је у складу са пододељком 1.2. овог прилога.

2.2.2.3. Провера стабилности уређаја

Провера стабилности уређаја врши се провером стабилности мерења брзине бројања радиоактивног извора.

Спроводи се серија од десет мерења при којима треба акумулисати најмање 10000 импулса, а затим се одређује средња вредност (x_{sr}) и стандардна девијација (σ).

Уређај ради стабилно са статистичком сигурношћу 90 %, ако је $0,3649 < \sigma/x_{sr} < 1,8799$.

ТЕЧНИ СЦИНТИЛАЦИОНИ БРОЈАЧ

1. ЗАХТЕВИ

1.1. Саставни делови течног сцинтилационог бројача су:

- 1) течни сцинтилатор у провидној бочици;
- 2) један или два фотомултипликатора;
- 3) извор напајања високог напона;
- 4) претпојачавач и појачавач;
- 5) дискриминатор;
- 6) уређај за запис резултата мерења.

1.2. Течни сцинтилациони бројач има следеће карактеристике:

- 1) ефикасност за неугашени стандардни извор ^3H : $\geq 50 \%$;
- 2) брзина бројања фона: $\leq 0,7 \text{ s}^{-1}$;
- 3) мртво време: $\leq 2 \mu\text{s}$.

2. НАЧИН УТВРЂИВАЊА ИСПУЊЕНОСТИ ЗАХТЕВА

2.1. Опрема за преглед

За преглед течног сцинтилационог бројача потребан је неугашени стандардни извор ^3H .

Активност неугашеног стандардног извора ^3H треба да буде позната са мерном несигурношћу мањом од $\pm 5 \%$.

2.2. Начин прегледа

Преглед течног сцинтилационог бројача обухвата:

- 1) спољашњи преглед;
- 2) проверу метролошких својстава.

2.2.1. Спољашњим прегледом се утврђује да ли постоје сви делови течног сцинтилационог бројача, односно да ли одговарају опису и упутству произвођача.

2.2.2. Провера метролошких својстава обухвата:

- 1) проверу ефикасности;
- 2) проверу фона;
- 3) проверу стабилности уређаја.

2.2.2.1. Провера ефикасности

Ефикасност се проверава за неугашени стандардни извор ^3H .

Приликом провере ефикасности за неугашени стандардни извор ^3H потребно је да се акумулира око 100000 импулса.

Ефикасност бројача ε за неугашени стандардни извор ^3H одређује се из следећег односа:

$$\varepsilon = N / A \cdot t$$

где је:

N - број акумулираних импулса;

A - активност неугашеног стандардног извора ^3H ;

t - време мерења.

Ефикасност бројача за неугашени стандардни извор ^3H треба да је у сагласности са захтевима утврђеним у поделу 1.2. овог прилога.

2.2.2.2. Провера фона

За проверу фона користи се неугашени бланко извор. Бланко извор треба да има исту геометрију и течни сцинтилатор као и неугашени стандардни извор ^3H коришћен за проверу ефикасности у подтачки 2.2.2.1. овог прилога.

Фон се проверава мерењем са стандардном статистичком грешком од 0,3 %.

Брзина бројања фона треба да је у сагласности са захтевима утврђеним у поделу 1.2. овог прилога.

2.2.2.3. Провера стабилности уређаја

Стабилност уређаја је стабилност мерења брзине бројања неугашеног стандардног извора ^3H .

Врши се серија од десет мерења са стандардном статистичком грешком од 1 %, а затим се одређују средња вредност (x_{sr}) и стандардна девијација (σ).

Уређај ради стабилно са статистичком сигурношћу 90 %, ако је $0,3649 < \sigma/x_{sr} < 1,8799$.

