

Stacionární detektor neutronů (SDN) s příslušenstvím

Použití předmětu zakázky:

Stacionární detektor neutronů (SDN) je určený pro měření ionizujícího záření generovaného v bouřkových oblacích a bleskových výbojích se zaměřením na neutronovou a fotonovou složku. SDN by měl být umístěn na vysokohorské observatoři.

Požadované technické specifikace:

SDN je tvořen sadou dvou scintilátorů citlivých zejména na neutronové záření, tj. scintilátory s vysokým účinným průřezem interakce neutronu a materiálem scintilátoru. Oba scintilátory jsou obohaceny o složku boru, pomocí které lze detekovat tepelné neutrony (charakteristická interakce pomalých neutronů s borem) a zároveň oba scintilátory podporují tvarovou diskriminaci pulzů (pulse shape discrimination PSD), což je metoda pro diskriminaci pulzů generovaných ionizujícím zářením s různým lineárním přenosem energie. Takovéto scintilátory jsou schopné rozlišit od sebe fotonovou složku záření od pomalých a rychlých neutronů pomocí parametru vypočteného PSD metodou. Scintilátory mají dvě různé velikosti z důvodu různých citlivostí.

Scintilační světelné fotony jsou převedeny na elektrické pulzy pomocí fotonásobičů a zaznamenávány pomocí digitizéru na disk počítače a odtud jsou zpracovaná data poslána přes internet do datového úložiště. Z důvodu silných elektromagnetických polí na observatořích během bouří je SDN vybaven jedním zaslepeným fotonásobičem, který je použitý pro kontrolu imunity celého detekčního systému vůči silným elektromagnetickým polím.

Digitizátor pulzů je vybaven elektronikou, která umožňuje nastavení a procesování pulzů za účelem správného a optimálního záznamu časové značky, deponované energie a PSD parametru detekovaných pulzů. Digitizátor musí mít dostatečné parametry pro digitalizaci rychlých pulzů generovaných fotonásobičem s připojeným scintilátorem. Digitizátor musí podporovat synchronizaci času pomocí GPS. Data jsou odesílána do počítače, přes který je také možné nastavovat parametry digitizátoru.

Minimální parametry přístroje:

Zařízení bude využíváno pro minimálně níže uvedené výkony a aplikace:

- Kontinuální měření kosmického záření
- Měření ionizujícího záření generovaného v bouřích
- Měření ionizujícího záření generovaného v bleskových výbojích
- Diskriminace jednotlivých složek ionizujícího záření – zejména rychlých, pomalých neutronů a fotonového záření

Požadované vlastnosti a funkce:

- Zaznamenávání událostí detekčních událostí – časová značka, deponovaná energie, diskriminační parametr
- Ukládání dat do .csv formátu
- Časové rozlišení značení detekce pulzů <1 ns
- Rozsah měření deponované energie od 50 keV až do 10 MeV
- Rozlišení deponované energie <2,5 keV
- Diskriminační parametr detekované události vypočtený pomocí tzv. charge comparison method (CCM), která využívá dvou branového integrování náboje pulzu
- Možnost optimalizace metody CCM
- Ovládání digitizéru pomocí grafického rozhraní či software development kit
- Nastavitelný práh registrace částice - software trigger, počet vzorků před a po triggeru
- Pile-up management, input smoothing, baseline subtraction, automatický výpočet baseline, trigger hysteresis
- Možnost triggerovat každý kanál zvlášť

Blížeší vymezení dodávaného přístroje a specifikace jednotlivých částí SDN:

Zařízení se skládá

► Digitizér pulzů z fotonásobičů				
Požadavky			Nabízené parametry	Splnění ANO / NE
1	Počet	1		ANO
2	počet kanálů	≥ 8	8	ANO
3	vzorkovací frekvence ADC	$\geq 500 \text{ MHz}$	500 MHz	ANO
4	rozlišení	$\geq 14 \text{ bitů}$	14 bitů	ANO
5	šířka pásma	$\geq 250 \text{ MHz}$	250 MHz	ANO
6	vstupní impedance	50 ohmů	50 ohmů	ANO
7	paměť	$\geq 640\,000$ vzorků na kanál	640000	ANO
8	časového značení pulzů s rozlišením	$\leq 16 \text{ ns}$	16 ns	ANO
9	možnost integrace GPS signálu pro přesné časové značení s rozlišením	$\leq 1 \text{ ns}$	1 ns	ANO
10	nastavitelný DC offset signálu	ano		ANO
11	rozsah analogových vstupů	$\leq 2 \text{ Vpp}$ nebo $\leq 0,5 \text{ Vpp}$	2 nebo 0,5 Vpp	ANO
12	softwarově nastavitelné přepínání analogových rozsahů	ano		ANO
13	komunikační rozhraní – v souladu s USB2.0 a rychlostí datového přenosu	$\geq 30 \text{ MB/s}$	30 MB/s	ANO
14	možnost změny firmwaru – kompatibilní s firmware popsaným níže	ano		ANO
15	vstupní analogové konektory MCX	ano	ano	ANO
16	napájení 12 V DC pomocí standardních adaptérů do elektrické sítě, tj. 3 fáze, 100-240 V, 50-60 Hz	ano	ano	ANO
17	kompaktní zařízení umístěné v jedné krabici	ano		ANO
18	délka záruky	ano / ne	ano	12

► Firmware pro digitizér pulzů z fotonásobičů				
Požadavky			Nabízené parametry	Splnění ANO / NE
1	firmware musí být kompatibilní s digitizérem popsaným výše	ano		ANO

2	nezávislé kanály – triggerování a ukládání pulzů na každém kanálu nezávisle	<i>ano</i>		ANO
3	ukládání tvaru pulzů – ukládání celých pulzů s nastavitelným počtem ADC vzorků	<i>ano</i>		ANO
4	ukládání zpracovaných dat – časová značka, deponovaná energie, PSD parametr	<i>ano</i>		ANO
5	časové značení pulzů – možnost integrace GPS signálu pro přesné označení s přesností	$\leq 1 \text{ ns}$	1 ns	ANO
6	tvarová diskriminace pulzů (pulse shape discrimination) pomocí metody dvojitého branování (double gated integration method)	<i>ano</i>		ANO
7	pile-up management	<i>ano</i>		ANO
8	filtrování vstupního signálu (input smoothing)	<i>ano</i>		ANO
9	odečítání pozadí (baseline subtraction)	<i>ano</i>		ANO
10	automatický výpočet pozadí signálu (baseline)	<i>ano</i>		ANO
11	trigger hysteresis	<i>ano</i>		ANO
12	délka záruky	<i>ano / ne</i>	ano	12

► **Organické scintilátory obohacené borem s fotonásobiči a housingem**

1. fotonásobič s organickým scintilátorem a housingem

Požadavky		Nabízené parametry	Splnění ANO / NE
Fotonásobič			
1	5ti palcový fotonásobič	<i>ano</i>	ANO
2	fotokatoda – bialkali	<i>ano</i>	ANO
3	aktivní průměr	$\geq 115 \text{ mm}$	115 mm ANO
4	kvantová účinnost v maximu	$\geq 27 \%$	28 % ANO
5	kvantová účinnost $\geq 20 \%$ v rozmezí vlnových délek od 350–450 nm	<i>ano</i>	ANO
6	obsahuje odporový dělič pro zajištění správných napětí na dynodách	<i>ano</i>	ANO
7	SHV konektor na vysoké napětí	<i>ano</i>	ANO
8	BNC konektor na výstupní signál	<i>ano</i>	ANO

9	Temné impulzy	≤ 1600 za sekundu	1500	ANO
Organický scintilátor				
1	hmotnostní zastoupení boru	$\geq 2,5 \%$	2,5 %	ANO
2	poměr mezi počtem vodíkových a uhlíkových jader	$\geq 1,2$	1,28	ANO
3	hustota scintilátoru v rozmezí mezi	0,94 – 1,0 g/cm ³	0,96 g/cm³	ANO
4	světelný výtěžek	≥ 11000 fotonů na MeV _{ee}	9800	NE
5	délka pulzů	≤ 1000 ns	1000 ns	ANO
6	Podpora tvarové diskriminace pulzů (pulse shape discrimination) s PSD vlastnostmi: figure of merit na ²⁵² Cf	$\geq 1,2$ při <i>thresholdu</i> 250 keV _{ee}	1,75	ANO
7	bod vzplanutí	≥ 140 °C	144 °C	ANO
8	nesmí náležet žádné z tříd kategorie Dangerous goods	<i>ano</i>		ANO
9	energie charakteristického peaku od interakce boru s pomalým neutronem musí být	≥ 90 keV _{ee}	90 keV_{ee}	ANO
10	Světelný zeslabovací koeficient (light attenuation coefficient)	> 1 m	> 1 m	ANO
11	emisní spektrum scintilátoru musí být takové, aby do rozsahu od 350-450 nm spadalo 80 % všech scintilačních fotonů	<i>ano</i>		ANO
12	maximum emisního spektra od 410-430 nm	<i>ano</i>	425	ANO
13	velikost: válcový tvar o průměru podstavu 5 palců a výšce 5 palců	<i>ano</i>		ANO
Housing organického scintilátoru a jeho fotonásobiče				
1	magnetické stínění fotonásobiče	<i>ano</i>		ANO
2	hliníkový housing organického scintilátoru	<i>ano</i>		ANO
3	optický spoj mezi scintilátorem a okénkem fotonásobiče	<i>ano</i>		ANO
4	expanzní místo pro scintilátor	<i>ano</i>		ANO
5	dostatečná velikost na zakrytí 1. organického scintilátoru a jeho fotonásobiče	<i>ano</i>		ANO
Záruka na zboží				
	délka záruky	<i>ano / ne</i>	ano	12

2. fotonásobič s organickým scintilátorem a housingem				
Požadavky		Nabízené parametry		Splnění ANO / NE
Fotonásobič				
1	2 palcový fotonásobič	<i>ano</i>		ANO
2	fotokatoda – bialkali	<i>ano</i>		ANO
3	aktivní průměr	$\geq 46 \text{ mm}$	46 mm	ANO
4	kvantová účinnost v maximu	$\geq 27 \%$	30 %	ANO
5	kvantová účinnost $\geq 20 \%$ v rozmezí vlnových délek od 350–450 nm	<i>ano</i>	30	ANO
6	obsahuje odporový dělič pro zajištění správných napětí na dynodách	<i>ano</i>		ANO
7	SHV konektor na vysoké napětí	<i>ano</i>		ANO
8	BNC konektor na výstupní signál	<i>ano</i>		ANO
9	temné impulzy	$\leq 300 \text{ za sekundu}$	300	ANO
Organický scintilátor				
1	hmotnostní zastoupení boru	$\geq 2,5 \%$	2,5 %	ANO
2	poměr mezi počtem vodíkových a uhlíkových jader	$\geq 1,2$	1,28	ANO
3	hustota scintilátoru v rozmezí mezi	0,94 – 1,0 g/cm ³	0,96 g/cm³	ANO
4	světelný výtěžek	$\geq 11000 \text{ fotonů na MeV}_{ee}$	9800	NE
5	délka pulzů	$\leq 1000 \text{ ns}$	1000 ns	ANO
6	Podpora tvarové diskriminace pulzů (pulse shape discrimination) s PSD vlastnostmi: figure of merit na ²⁵² Cf	$\geq 1,2 \text{ při thresholdu } 250 \text{ keV}_{ee}$	1,75	ANO
7	bod vzplanutí	$\geq 140 \text{ °C}$	144 °C	ANO
8	nesmí náležet žádné z tříd kategorie Dangerous goods	<i>ano</i>		ANO
9	energie charakteristického peaku od interakce boru s pomalým neutronem musí být	$\geq 90 \text{ keV}_{ee}$	90 keV_{ee}	ANO
10	Světelný zeslabovací koeficient (light attenuation coefficient)	$> 1 \text{ m}$	$> 1 \text{ m}$	ANO
11	emisní spektrum scintilátoru musí být takové, aby do rozsahu od 350-450 nm spadalo 80 % všech scintilačních fotonů	<i>ano</i>		ANO
12	maximum emisního spektra od 410-430 nm	<i>ano</i>	425	ANO

13	velikost: válcový tvar o průměru podstavu 2 palců a výšce 2 palců	<i>ano</i>		ANO
Housing organického scintilátoru a jeho fotonásobiče				
1	magnetické stínění fotonásobiče	<i>ano</i>		ANO
2	hliníkový housing organického scintilátoru	<i>ano</i>		ANO
3	optický spoj mezi scintilátorem a okénkem fotonásobiče	<i>ano</i>		ANO
4	expanzní místo pro scintilátor	<i>ano</i>		ANO
5	dostatečná velikost na zakrytí 2. organického scintilátoru a 2. fotonásobiče	<i>ano</i>		ANO
Záruka na zboží				
	délka záruky	<i>ano / ne</i>	ano	12

3. Dummy fotonásobič s housingem				
Požadavky		Nabízené parametry		Splnění ANO / NE
Fotonásobič				
1	2 palcový fotonásobič	<i>ano</i>		ANO
2	fotokatoda – bialkali	<i>ano</i>		ANO
3	aktivní průměr	$\geq 46 \text{ mm}$	46 mm	ANO
4	kvantová účinnost v maximu	$\geq 27 \%$	27 %	ANO
5	kvantová účinnost $\geq 20 \%$ v rozmezí vlnových délek od 350–450 nm	<i>ano</i>		ANO
6	obsahuje odporový dělič pro zajištění správných napětí na dynodách	<i>ano</i>		ANO
7	SHV konektor na vysoké napětí	<i>ano</i>		ANO
8	BNC konektor na výstupní signál	<i>ano</i>		ANO
9	Temné impulzy	$\leq 300 \text{ za sekundu}$	300	ANO
10	délka záruky	<i>ano / ne</i>	ano	12
Housing Dummy fotonásobiče				
1	magnetické stínění fotonásobiče	<i>ano</i>		ANO
2	zaslepené okénko fotonásobiče	<i>ano</i>		ANO
3	dostatečná velikost na zakrytí 3. dummy fotonásobiče	<i>ano</i>		ANO
4	délka záruky	<i>ano / ne</i>	ano	12

► Vysokonapěťové zdroje pro fotonásobiče				
Požadavky			Nabízené parametry	Splnění ANO / NE
1	Počet kusu	1		ANO
2	Počet identických vysokonapěťových zdrojů	≥3		ANO
3	kladná polarita	ano		ANO
4	výstupní napětí	400-1000 V	400-1000 V	ANO
5	regulace výstupního napětí alespoň	30 až 100 %	40 %	ANO
6	softwarově nastavitelná regulace výstupního napětí	ano		ANO
7	výstupní proud alespoň 10 mA	ano	10 mA	ANO
8	zvlnění výstupního napětí	≤ 1V špička-špička	0,5 V	ANO
9	stabilita napětí ≤ 0,1 % během hodiny nebo ≤ 0,1 % během 8 hodin (po zahřátí)	ano		ANO
10	teplotní stabilita napětí	≤ 0,01 %/°C	0,01 %/°C	ANO
11	teplota okolí při provozu v rozmezí alespoň -20 až 60 °C	ano		ANO
12	dálkové řízení napětí a monitorování napětí	komunikační rozhraní: USB rozhraní, ≥ 10 bit rozlišení pro řízení napětí	12 bit	ANO
13	napájení 5 V USB port nebo externí pomocí standardních síťových adaptérů	ano		ANO
14	chlazení vzduchem	ano		ANO
15	pro každý zdroj jeden výstupní SHV konektor	ano		ANO
16	společná krabice pro umístění všech tří vysokonapěťových zdrojů	ano		ANO
17	délka záruky	ano / ne	ano	24

► Příslušenství pro stacionární detektor neutronů				
Popis příslušenství		Délka kabelů	Počet kusů	Splnění ANO / NE
1	SHV/SHV kabely pro připojení vysokého napětí ze zdroje vysokého napětí na fotonásobiče	1 m	3	ANO

2	BNC/MCX kabely pro připojení signálu z fotonásobičů na digitizér	1 m	3	
3	ethernetový kabel pro připojení záznamového počítače k www	10 m	1	ANO
4	USB typ A/USB typ B kabel pro připojení digitizéru k záznamovému počítači	1 m	1	ANO
5	USB typ B micro/ USB typ B kabel pro připojení zdroje vysokého napětí se záznamovým počítačem	2 m	1	ANO
6	GPS modul připojitelný k digitizéru pro přesné časové značení	ano	1	ANO
7	heavy duty kufr s dostatečným objemem pro uložení celého stacionárního neutronového detektoru včetně příslušenství	ano	1	ANO
8	externí HDD disk s kapacitou alespoň 1 TB a rychlostí čtení a zápisu alespoň 100 MB/s	ano	1	ANO
9	délka záruky	ano / ne	ano	24

► Záznamový počítač (1 kus)

Požadavky		Nabízené parametry	Splnění ANO / NE
1	S operačním systémem Linux	Intel NUC 8i5BEH, Linux	ANO
2	Výkon procesoru (CPU mark)	≥4000	ANO
3	8 GB paměti DDR4	8GB DDR4	ANO
4	Ethernetový port	Intel Ethernet Connection I219	ANO
5	4x USB 3.2 port	4xUSB 3.2 port	ANO
6	HMDI ports	HDMI 2.0a	ANO
7	WiFi	Intel Wireless-AC 9560	ANO
8	SSD disk s kapacitou alespoň 200 GB	Samsung 970 EVO PLUS 250GB	ANO
9	délka záruky	ano	36

V případě, že Technické podmínky obsahují přímé nebo nepřímé odkazy na určité dodavatele nebo výrobky nebo patenty na vynálezy, užité vzory, průmyslové vzory, ochranné známky nebo označení původu, zadavatel výslovně umožňuje nabídnout rovnocenné řešení obdobně dle § 89 odst. 6 zákona č. 134/2016 Sb. o zadávání veřejných zakázek.

Součástí nabídky a nabídkové ceny musí být všechny služby související se zprovozněním celkového řešení a předání zadavateli do rutinního provozu, zejména pak:

- doprava do místa předání,
- uvedením zařízení do provozu spočívajícím v provedení testu funkčnosti. Tento úkon konkrétně představuje:

-
- Měření se dvěma přírodními radionuklidy s pevně definovanou energií emitovaného fotonového záření v rozsahu od 300 keV do 2 MeV, například ^{137}Cs a ^{60}Co :
 - Ověření energetických rozsahů – kalibrace pomocí metody kalibrace na Comptonovu hranu, rozsah od 50 keV do 10 MeV s energetickým rozlišením $< 2,5$ keV
 - Měření na fotonovém/neutronovém zdroji, například ^{252}Cf nebo AmBe, se stíněním (polyetylen, olovo) a bez stínění:
 - Ověření schopnosti tvarové diskriminace pulzů – diskriminace neutronového a fotonového záření – figure of merit $\geq 1,2$ od energie 250 keV_{ee}
 - Ověření schopnosti detekovat interakci tepelných neutronů s borem – peak od interakce pomalých neutronů na boru s charakteristickou energií (≥ 80 keV) a s PSD parametrem odpovídajícím částici s vysokým LET.
 - Ověření koncentrace boru z průměrné doby mezi zpomalením neutronu v detektoru a jeho záchytem na boru - $\geq 2,4$ %

- Po ukončení testu bude vystaven doklad o jeho provedení včetně testovacího protokolu, jako přílohu k předávacímu protokolu lze použít přílohu – základní technickou specifikaci předmětu veřejné zakázky

- poskytování záručního servisu.

Dodavatel prohlašuje, že dodávka tvořená výše uvedenými zařízeními bude vyhovovat všem požadavkům zadavatele uvedeným v této příloze. Pokud by se v průběhu přípravy a realizace dodávky ukázalo, že ke splnění požadavků zadavatele uvedených v této příloze a garantovaných hodnot uvedených v této příloze jsou nezbytná další zařízení či práce, zavazuje se dodavatel dodat tato zařízení a provést tyto práce jako součást své dodávky bez zvýšení kupní ceny (zmíněné dodávky a práce nebudou mít charakter víceprací). Montáž musí zajistit úplné propojení dodaných komponent s cílem zajistit zadanou funkčnost celé dodávky. Dodavatel podáním nabídky garantuje zadavateli splnění požadavků a parametrů předmětu plnění veřejné zakázky, které jsou podrobně specifikovány v této příloze.

Já níže podepsaný Ing. Tomáš Brunclík čestně prohlašuji, že dodavatel GEORADIS s.r.o. v případě jeho výběru zadavatelem v předmětné veřejné zakázce dodá zboží přesně dle požadovaných technických podmínek a nabízených technických parametrů v termínu 120 dnů po podpisu Kupní smlouvy.

.....
Razítko a podpis oprávněné osoby dodavatele