

**theremino**  
•the•real•modular•in-out•

**Sistema** theremino

# Geiger tubes

# Tubi Geiger

Per ogni tubo sono indicati: sensibilità, conteggi spuri causati dal fondo radioattivo intrinseco, prezzo approssimativo ed eventuali note.

## Tubi Geiger provenienti da vecchi stock militari russi

### STS-5

Sens: 24 CPS/mR/h  
Bkg: 0.25 CPS  
Price 15 euro  
Voltage: 400 volt  
Nominal resistor: 5.6 mega  
Rays: Beta+Gamma



### SBM-20

Sens: 24 CPS/mR/h  
Bkg: 0.4 CPS  
Price 20 euro  
Voltage: 400 volt  
Nominal resistor: 5.6 mega  
Rays: Beta+Gamma



### SI-29BG

Sens: 18 CPS/mR/h  
Bkg: 0.15 CPS  
Price 25 euro  
Voltage: 400 volt  
Nominal resistor: 5.6 mega  
Rays: Beta+Gamma



## Tubi Geiger americani di produzione recente

### LND 712

Sens: 18 CPS/mR/h  
Bkg: 0.15 CPS  
Price 60 euro  
Voltage: 500 volt  
Nominal resistor: 10 mega  
Rays: Alpha+Beta+Gamma



#### Note:

Non e' molto sensibile, la sensibilità ai raggi Alfa lo risolveva un po' ma, in definitiva non e' molto migliore dei tubi russi.

### LND 7312

Sens: 60 CPS/mR/h  
Bkg: 0.5 CPS  
Price 150 euro  
Voltage: 500 volt  
Nominal resistor: 4.7 mega  
Rays: Alpha+Beta+Gamma



#### Note:

Grande, pesante e delicato ( diametro 53 mm )  
Costoso e difficile da montare.

Rende circa il doppio di tutti gli altri Geiger e anche fino a dieci volte se la sorgente emette principalmente raggi alfa.

Il vantaggio che si ottiene in pratica è solo un accorciamento del tempo di misura e non giustifica la spesa e la delicatezza di questo sensore tranne che per applicazioni di laboratorio.

# Caratteristiche dei tubi Geiger

I tubi Geiger più comuni, che sono anche i migliori, sono raccolti in questa lista con le loro principali caratteristiche. Si sconsiglia di usare tubi con tensioni di 900 Volt e oltre, che denotano una progettazione antica, scarsa efficienza e il rischio che il gas di riempimento sia organico e non alogeno. I tubi con gas organico si esauriscono dopo poche decine di anni e, peggio ancora, cambiano di caratteristiche nel tempo.

Sensor	Sensitivity (cps/mR/h)	BKG (cps)	Dead Time (uS)	Operating voltage (Volt)	Limiting resistance (Mega)	Wall material density (mg/cm2)	Active area length (mm)	Active area diam. (mm)	Active area (cm2)	Length or depth / diameter (mm / mm)	Price approx. (Euro)
4x SBM20	116	0.80	190	400	4.7	40	90	---	36	---	80
SI-8B	111	1.00	160	400	4.7	---	---	---	30	20 / 80	85
LND7312	60	0.35	40	500	4.7	1.8	13	44	20	13 / 54	120
2x SBM20	58	0.40	190	400	4.7	40	90	---	18	---	40
2x SI-29BG	36	0.14	95	400	4.7	---	---	---	---	---	40
VA-Z-115-1	32	0.06	150	450	4.7	35	27	---	---	52 / 13	25
SBM20	29	0.20	190	400	4.7	40	90	10	9	108 / 11	20
STS5	29	0.16	190	400	4.7	40	90	10	9	110 / 11	18
SI-29BG	18	0.07	95	400	4.7	---	---	---	---	55 / 11	20
LND712	18	0.10	90	500	10	1.8	38	9	3.5	49 / 15	70
GMT-01	18	0.10	90	500	10	1.8	38	9	3.5	49 / 15	70

Tutti i tubi geiger hanno un range di tensione operativa molto ampio, ad esempio lo LND712 può funzionare da 325 Volt fino a 650 Volt e oltre.

I tubi non si danneggiano anche superando di molto la tensione massima, o collegandoli al contrario, a patto che la corrente sia limitata con un resistore da almeno qualche mega ohm.

Resta comunque necessario stabilizzare bene la tensione di alimentazione in modo da garantire una sensibilità costante.

***Per garantire una lunga vita al tubo Geiger e non degradare la caratteristica di Dead-Time è importante mantenere una capacità molto bassa sull'anodo del tubo (collegamento tra resistore e polo positivo del tubo) quindi niente connettori o fili schermati e massima lunghezza del filo di collegamento di pochi centimetri.***

# Taratura dei tubi Geiger

I valori "Sensitivity", "BKG" e "DeadTime" indicati e quelli listati nella applicazione ThereminoGeiger, sono solo un punto di partenza.

Se non si esegue una **taratura individuale di ogni sonda** le misure saranno affette da errori di  $\pm 10\%$  e oltre. Nella zona delle basse energie, gli errori saranno anche maggiori a causa della grande variabilità degli impulsi di Background, da tubo a tubo e della loro forte dipendenza dalla tensione di alimentazione. Quando si misura il fondo ambiente ci si possono attendere errori anche oltre il  $\pm 50\%$

**Se si vuole ottenere la massima precisione** (circa il  $\pm 5\%$ ), **ogni sonda deve essere tarata individualmente**, non i singoli tubi geiger, ma la sonda completa.



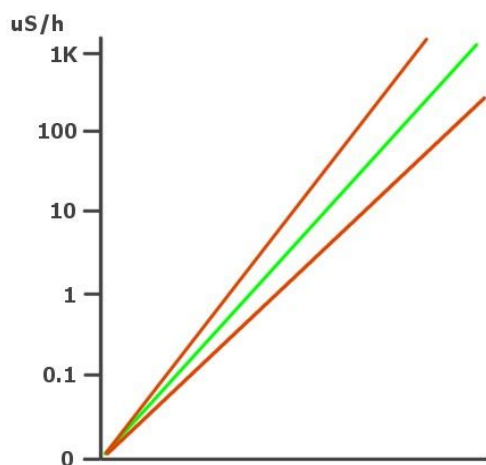
Una sonda è composta da uno o più tubi in parallelo e dal suo GeigerAdapter, che **deve essere stabilmente connesso ai tubi**.

Dopo aver effettuato la taratura si consiglia di scrivere i tre valori sul retro della sonda e eventualmente di darle un nome univoco e di aggiungere una riga nel file "Sensor\_Data.txt" raggiungibile dalla applicazione "ThereminoGeiger" con "Aiuto / Apri la cartella del programma / Extra"

Dopo aver tarato una sonda non si deve più scambiare il suo GeigerAdapter e i suoi tubi Geiger con altri. I GeigerAdapter sono impostati per una tensione di circa il 20% inferiore a quella centrale, del plateau dei tubi, in modo da minimizzare gli impulsi di background (380 Volt al posto dei 400 nominali). Ma ogni GeigerAdapter ha una tensione leggermente diversa ( $\pm 5\%$  circa) e questo influisce sugli impulsi di Background. Ancora maggiore è la variabilità del BKG da un tubo Geiger all'altro. Tubi dello stesso modello, ma di un lotto diverso, possono avere un valore di BKG anche doppio rispetto ad altri.

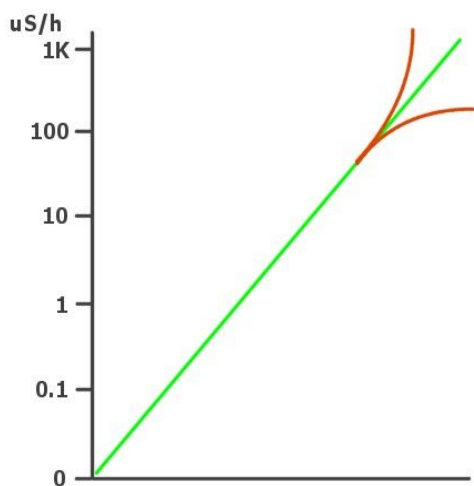
# I tre valori di taratura e il loro effetto

I valori "Sensitivity", "DeadTime" e "BKG" hanno effetti diversi e la loro imprecisa regolazione provoca errori in diverse zone del campo di misura.



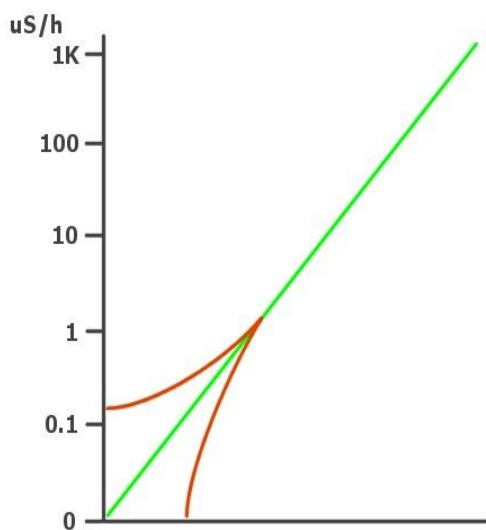
Con una taratura perfetta si dovrebbe ottenere la linea verde.

Le due linee rosse indicano l'effetto di una errata taratura del parametro "Sensitivity".



Le due linee rosse indicano l'effetto di una errata taratura del parametro "DeadTime"

Il parametro Dead Time agisce solo in alto.



Qui si vede l'effetto di una errata taratura del parametro "BKG"

Il parametro "BKG" è il più importante dato che danneggia fortemente le misure delle radioattività molto basse, nell'intorno dei valori del fondo ambiente.

# Come effettuare la taratura

## Sensitivity

Questo è il parametro più facile da regolare, basta usare il valore dato dal costruttore del tubo e riportato nelle nostre tabelle per ottenere una buona precisione.

La sensibilità cambia pochissimo da un tubo all'altro o da un lotto all'altro. Anche la tensione di alimentazione influisce poco sulla sensibilità (circa un 10% ogni 100 Volt, se si sta nella zona del plateau) Per cui piccole differenze costruttive, tra un tubo e l'altro, e differenze di tensione, tra un GeigerAdapter e l'altro, dovrebbero provocare al massimo variazioni del  $\pm 1\%$  nelle migliori condizioni. E non oltre il  $\pm 5\%$  nei casi peggiori.

## DeadTime

Il Dead-Time influisce solo sulla zona alta del campo di misura (oltre i 100  $\mu\text{S/h}$ ), quindi si può trascurarlo se si fanno solo misure del fondo ambiente e di oggetti debolmente radioattivi.

Il Dead-Time indicato dal costruttore del tubo Geiger è abbastanza significativo. Piccole differenze si possono verificare a causa della capacità dei fili e del resistore di limitazione della corrente. Misurare il Dead-Time con un oscilloscopio è facile, ma attenzione si deve misurare alla uscita della sonda completa, sul jack di uscita, non sul tubo geiger. Se si misura sul tubo, il puntale dell'oscilloscopio aggiunge alcuni pF di capacità, proprio nel punto più critico e il Dead Time si allunga. Inoltre se si misura sul tubo, non si tiene conto degli effetti del circuito di scatto del Geiger Adapter, un trigger di Schmitt, che modifica leggermente il Dead-Time. Infine, dato che in uscita il segnale è squadrato, non si hanno errori di misura dovuti al tempo di salita e discesa degli impulsi.

## BKG

**Attenzione:** parliamo del BKG del tubo, non del BKG dell'ambiente. Un tubo posizionato **in un ambiente a radioattività zero**, continua a dare **un certo numero di impulsi per secondo, generati da lui stesso**.

**Il BKG influisce moltissimo sulle misure del fondo ambiente e cambia molto da un tubo all'altro.** Il BKG dipende anche fortemente dalla tensione di alimentazione, dallo stato di inquinamento della superficie del tubo e, per certi tubi, anche dalla temperatura ambiente.

Misurare il BKG di un tubo è difficile e costoso ma si deve farlo, pena una imprecisione anche del  $\pm 50\%$  delle misure ai bassi livelli di radiazione, intorno allo 0.1  $\mu\text{S/h}$ , e **queste sono le misure che ci importano di più, quelle della radioattività ambientale**.

Per misurare il BKG di un tubo si deve schermarlo, **in tutte le direzioni**, con almeno 30 mm di piombo. Uno schermo da 30mm elimina il 90% delle radiazioni gamma provenienti dall'ambiente. Il restante 10% influisce abbastanza poco sulla taratura.

Si regola quindi il parametro BKG (nel software Theremino Geiger) fino ad ottenere una misura appena visibile, molto prossima all'inizio della scala, 0.01  $\mu\text{S/h}$ .

Durante questa regolazione si devono usare tempi lunghissimi (almeno 30 minuti, meglio alcune ore), in modo da diminuire al massimo l'influenza della casualità sul valore misurato.



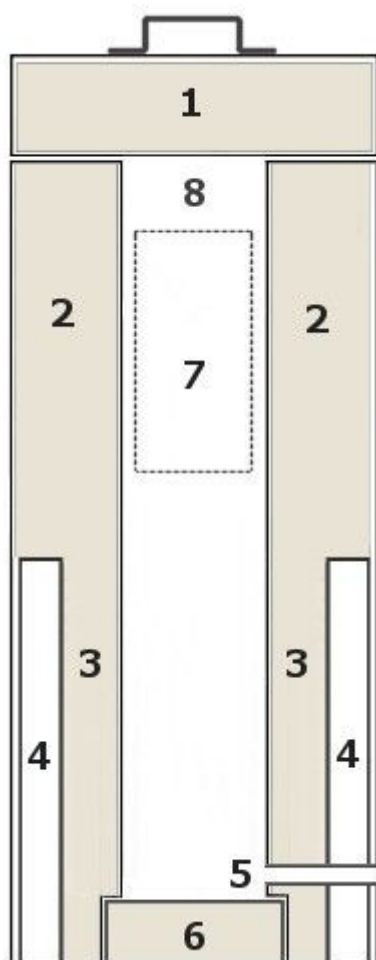
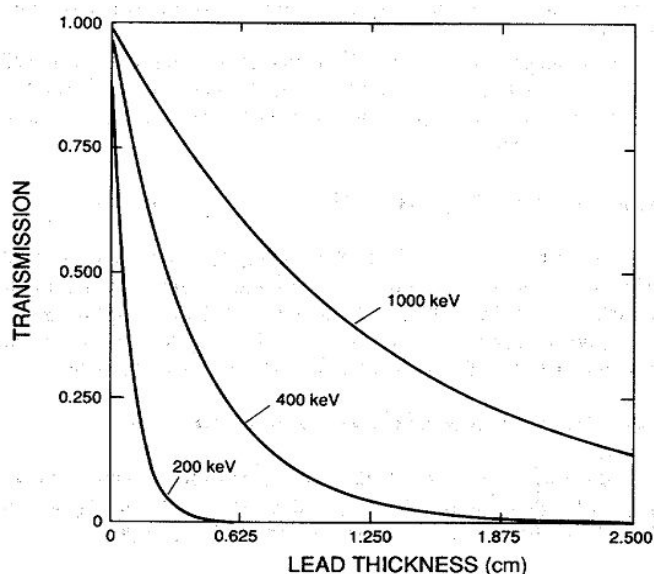
# Schermatura con piombo

La spesa per il piombo non è indifferente (dalle decine alle centinaia di Euro) e il peso totale dello schermo non è inferiore ai 20 Kg (anche fino a 50Kg e oltre se si progetta male la geometria dello schermo)

Una schermatura da 30 mm è il minimo per fare buone misure, 10 centimetri sarebbero anche meglio ma il peso andrebbe ben oltre i 100 Kg e il costo diventerebbe proibitivo.

L'attenuazione dei raggi gamma dipende dalla energia per cui non esiste un valore preciso. Alle alte energie un centimetro di piombo elimina il 50% di raggi gamma, alle medie energie ne elimina il 90% e alle basse energie quasi il 100%.

Tre centimetri di piombo riducono il fondo ambiente di oltre il 90%, dieci centimetri arrivano oltre il 99%.



**La migliore soluzione (minimo peso a parità di schermatura) è una struttura cilindrica simile a questo esempio.**

(1) Coperchio da 30 mm di spessore con maniglia per sollevarlo.

(2) Pareti da 30 mm.

(3) Nella parte bassa le pareti possono essere sottili, anche 15 o 10 mm. I raggi per arrivare nella zona sensibile le devono attraversare di striscio aumentandone lo spessore effettivo.

(4) Zona senza piombo per alleggerire la struttura

(5) Foro radiale per far uscire il filo. Il suo diametro deve essere 15mm per far passare anche i connettori BNC.

(6) Tappo inferiore da 30mm.

(7) La zona centrale indicata con il rettangolo tratteggiato è la zona più protetta e può ospitare un tubo geiger da misurare o la parte superiore di una sonda per spettrometria. Nel caso che si usi una sonda per spettrometria il suo cristallo sensibile viene posizionato tutto in quest'area,

(8) Zona per aggiungere un campione quando si usa la schermatura per una sonda per spettrometria.



# Calcoli per il piombo



Maggiore è lo spessore e meglio è, ma senza arrivare alla esagerazione che si vede in questa immagine.

## Cilindro in piombo

Consigliabile un cilindro di piombo composto da 15 giri da 0.2 mm = 30 mm. Con un diametro interno di 35 mm e lungo 18 o 20 cm in modo da poter ospitare le sonde 2xSBM20 e in futuro, eventualmente, anche i tubi fotomoltiplicatori o geiger più grandi.

Per cui serve un foglio di piombo spesso 2mm e alto 20 cm

La lunghezza totale è intorno ai 160 mm per ogni giro che per 15 giri fanno una lunghezza totale di 2,4 metri.

E infine serve un mattoncino di base da circa 12 x 12 x 3 cm e un mattoncino da posare sopra da circa 10 x 10 x 3 cm.

## Costo del piombo

Il piombo costa dai 2 agli 8 Euro al kg. Il prezzo migliore lo si ottiene dai rottamai, come recuperi di fogli da 2mm (usati nella edilizia per rivestire i camini)

## Peso del piombo

Il piombo pesa 11.34 kg al decimetro cubo.

$2500 \times 1000 \times 1.5 \text{ mm} = 3\,750\,000 \text{ mm cubi} = 3.750 \text{ decimetri cubi} = 42.525 \text{ kg}$  (eBay 299 Euro - 7 Euro/Kg spedizione compresa)

$1250 \times 1000 \times 1.5 \text{ mm} = 1\,875\,000 \text{ mm cubi} = 1.875 \text{ decimetri cubi} = 21.26 \text{ kg}$  (eBay 165 Euro - 7.8 Euro/Kg spedizione compresa)

$2400 \times 200 \times 2 \text{ mm} = 480\,000 \text{ mm cubi} = 0.480 \text{ decimetri cubi} = 5.44 \text{ Kg}$

$120 \times 120 \times 30 \text{ mm} = 432\,000 \text{ mm cubi} = 0.432 \text{ decimetri cubi} = 4.90 \text{ Kg}$

$100 \times 100 \times 30 \text{ mm} = 300\,000 \text{ mm cubi} = 0.300 \text{ decimetri cubi} = 3.40 \text{ Kg}$

Per il cilindro servono circa 14 chili di piombo (da 28 a 100 Euro) (da 2 euro/Kg a 8 Euro/Kg)

Per una soluzione basata su una casetta di mattoncini non si scende sotto ai 30 chili (da 60 a 240 Euro)