

Detectie TMS – MR & VRS-d 2021



Stijn Laarakkers



1

Overzicht

- Detectie van ioniserende straling
- Soorten detectoren:
 - Ionisatiedetectoren
 - Scintillatiedetectoren
- Rendement/efficiency
- Telfout en meetgevoeligheid

2

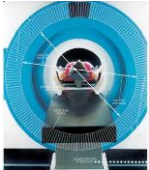
2

Detectie van ioniserende straling

Dosistempometer



PET scan
Medische beeldvorming



Detectie van radioactief schroot met poortdetectorsystemen

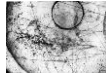
3

3

Detectie van ioniserende straling

Verskillende principes

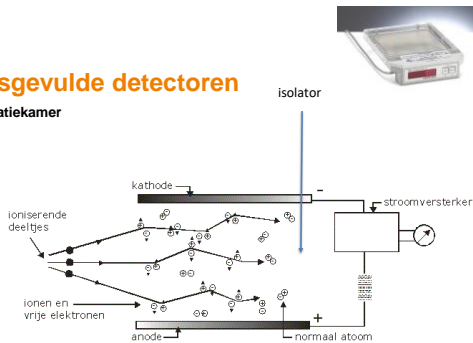
- Ioniserend vermogen
- Chemische aard
- Scintillatie
- Thermoluminescentie



4

Gasgevulde detectoren

Ionisatiekamer

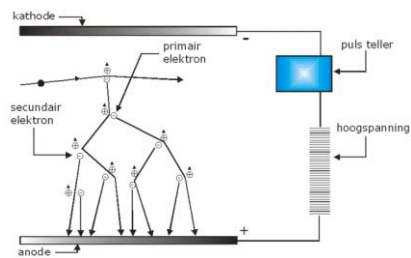


Afbeelding: https://puc.overheid.nl/mp-bundels/doc/PUC_35310000000_10/1/

5

Gasgevulde detectoren

Proportionele telbuis



Afbeelding: https://puc.overheid.nl/mp-bundels/doc/PUC_35310000000_10/1/

6

Gasgevulde detectoren

Proportionele telbuis



7

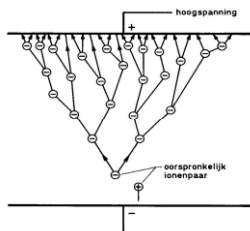
Gasgevulde detectoren

Geiger-Müller-telbuis

Hoogspanning: extreme vorm van vermenigvuldiging

Elektronenlawine

Kan kathode afschermen



Afbeelding: https://puc.overheid.nl/mp-bundels/doc/PUC_35310000000_10/1/

8

Gasgevulde detectoren

Geiger-Müller-telbuis

- eenvoudig, goedkoop
- dode tijd



9

Gasgevulde detectoren

Geiger-Müller-telbuis

Dode tijd: na elke gasontlading (+versterking) korte tijd ongevoelig voor nieuw deeltje/foton

$$\text{Dode tijd per puls} = \tau \quad [\text{s}]$$

$$\text{Gemeten telsnelheid} = R_m \quad [\text{cps}]$$

$$\text{Fractie niet-actieve tijd} = \tau \cdot R_m$$

$$\text{Fractie actieve tijd} = 1 - \tau \cdot R_m$$

$$\text{Werkelijke telsnelheid: } R_w = \frac{R_m}{(1 - \tau \cdot R_m)} \quad [\text{cps}]$$

10

Gasgevulde detectoren

Geiger-Müller-telbuis

Een GM-buis heeft een dode tijd τ van 250 [μs]. De teller geeft een teltempo van 500 [cps] aan. Wat is de werkelijke telsnelheid?

$$\text{Dode tijd per puls} = \tau = 250 \cdot 10^{-6} \quad [\text{s}]$$

$$\text{Gemeten telsnelheid} = R_m = 500 \quad [\text{cps}]$$

$$\text{Fractie niet-actieve tijd} = \tau \cdot R_m = 500 \cdot 250 \cdot 10^{-6} = 0,125$$

$$\text{Fractie actieve tijd} = 1 - \tau \cdot R_m = 1 - 0,125 = 0,875$$

$$\text{Werkelijke telsnelheid: } R_w = \frac{R_m}{(1 - \tau \cdot R_m)} = \frac{500}{0,875} = 571 \quad [\text{cps}]$$

11

Halfgeleiderdetectoren

Vaste stof-ionisatiekamer

Vaste stof met hoge elektrische weerstand.

Hoge dichtheid → straling wordt goed geabsorbeerd



12

Soorten detectoren

Ionisatiedetector, detectiemateriaal:

- gas
- vaste stof

Scintillatiedetector, detectiemateriaal:

- vaste stof - anorganisch of organisch
- vloeistof

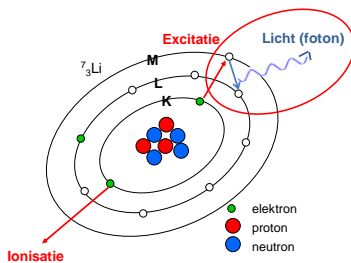
13

Soorten detectoren

Soort straling	Doordringend vermogen	Detectiemateriaal
α- en β-straling (deeltjes)	laag - gemiddeld	Lage soortelijke massa, lage Z
γ- en röntgenstraling (fotonen)	hoog	hoge soortelijke massa, hoge Z

14

Scintillatiedetectoren



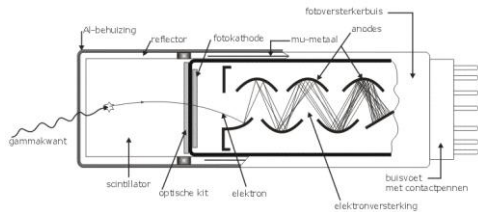
(Engels: scintillation = fonkeling)

15

Scintillatiedetectoren

Stof zendt na absorptie van ioniserende straling licht uit.

Aangeslagen moleculen/ionen in kristal valt terug naar grondtoestand
→ uitzending lichtfoton



Afbeelding: https://puc.overheid.nl/mp-bundels/doc/PUC_833100000000_10/1/

16

Scintillatiedetectoren



17

Scintillatiedetectoren



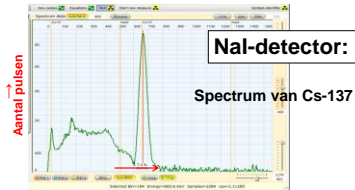
- 👍 - Hoge gevoeligheid
- Mogelijkheid tot energiespectrum
- Hoge teltempi mogelijk

- 👎 - Grote kwetsbaarheid
- Vrij complexe en kostbare elektronische apparatuur

18

Scintillatiedetectoren

Vaste-stof Scintillatiedetectoren



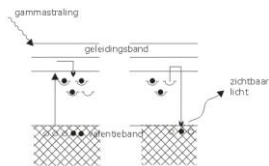
Groote (intensiteit) van pulsen
- is maat voor energie (keV) van gemeten fotonen

Veelkanaalsanalysator (multi channel analyzer: MCA)
Telt de pulsen en sorteert pulsen op intensiteit

19

Thermoluminescentiedosimetrie (TLD)

Achteraf bepalen stralingsdosis



Invallende ioniserende straling

- invangen losgeslagen elektronen (vallen)
- verhitting materiaal
- elektronen uit val terug in oorspronkelijke positie
- vrijgekomen energie wordt uitgelezen

20

Thermoluminescentiedosimetrie (TLD)



21

Quizje..

Méér dan 75% van iedereen in deze ruimte heeft dagelijks middelen bij zich om stralingsdosis te meten



A. Waar

B. Onwaar



22

Waar!

Want...



Camera detecteert fotonen

Afschermen voor licht: ioniserende straling

<http://www.pcworld.com/article/2983235/darpa-shows-off-a-crowd-sourcing-radiation-detector.html>

23

Rendement

Te detecteren fractie

Niet alle uitgezonden deeltjes/fotonen (door een stralingsbron) worden bij een meting geregistreerd.

Totale rendement:
$$\mathcal{E}_{tot} = \frac{n_g}{n_u}$$

n_g = geregistreerde deeltjes (teltempo)
 n_u = uitgezonden deeltjes



24

Rendement

Te detecteren fractie

Een radioactieve bron heeft een activiteit van 2 MBq. Met een detector worden 150.000 cps gemeten.

Wat is het totale rendement?

$$\epsilon_{\text{tot}} = \frac{n_g}{n_u} = \frac{150.000}{2.000.000} = 0,075 = 7,5\%$$



25

Rendement

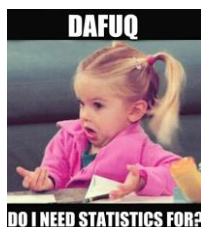
Bij bepalen van activiteit zijn meestal enkele correcties nodig

- Correctie voor achtergrond/nuleffect
- Correctie voor dode tijd
- Correctie voor zelfabsorptie
- Correctie voor luchtabsorptie of verstrooiing
- Correctie voor coincidenties
- Correctie voor uitgezonden deeltjes (*yield*)

26

Statistiek bij meting van RA

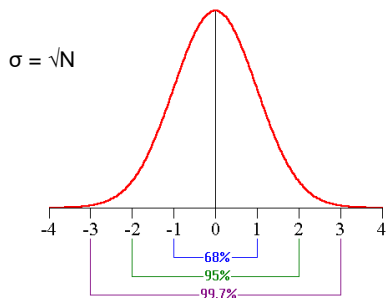
- Verval van kernen → statistisch verschijnsel
- Meting meestal iets meer of minder dan gemiddelde.
- Nauwkeurigheid?
- Spreiding?



27

Gauss-kromme

"Normaal-verdeling" en standaarddeviatie



28



Telfout

Elke telling/meting heeft een zekere fout/onzekeerheid

- Telfout = \sqrt{N} , waarbij N je telling is
- Langer meten → relatief kleinere telfout

Stel je meet aan een sample gedurende 1 minuut ($R=100\text{cpm}$):
 $N = 100$ counts → telfout = $\sqrt{100} = 10$ counts
 $10 / 100 = 10\%$

Als je aan hetzelfde bronnetje 100 min meet ($R=100\text{cpm}$):
 $N = 10.000$ counts → telfout = $\sqrt{10000} = 100$ counts
 $100 / 10.000 = 1\%$

Langer meten verkleint de telfout

2
9

29

Bedankt voor de aandacht



30
