

Opleiding Stralingsdeskundigheid niveau 3 / 4B

# LSA-metingen

Radboud Universiteit Nijmegen



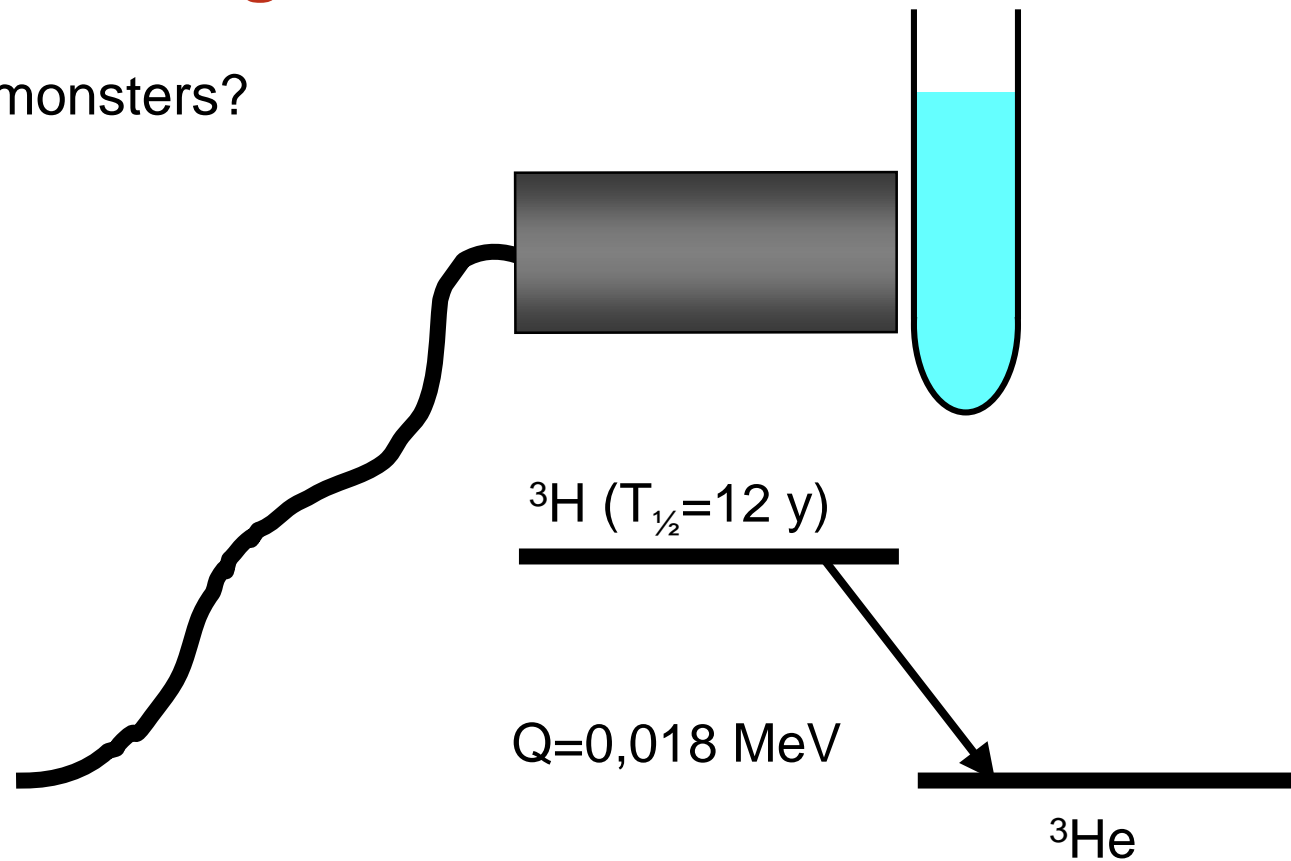


## Meten van $\beta$ -straling

Hoe meet je  $^3\text{H}$ -monsters?

GM-buis?

Nal-kristal?





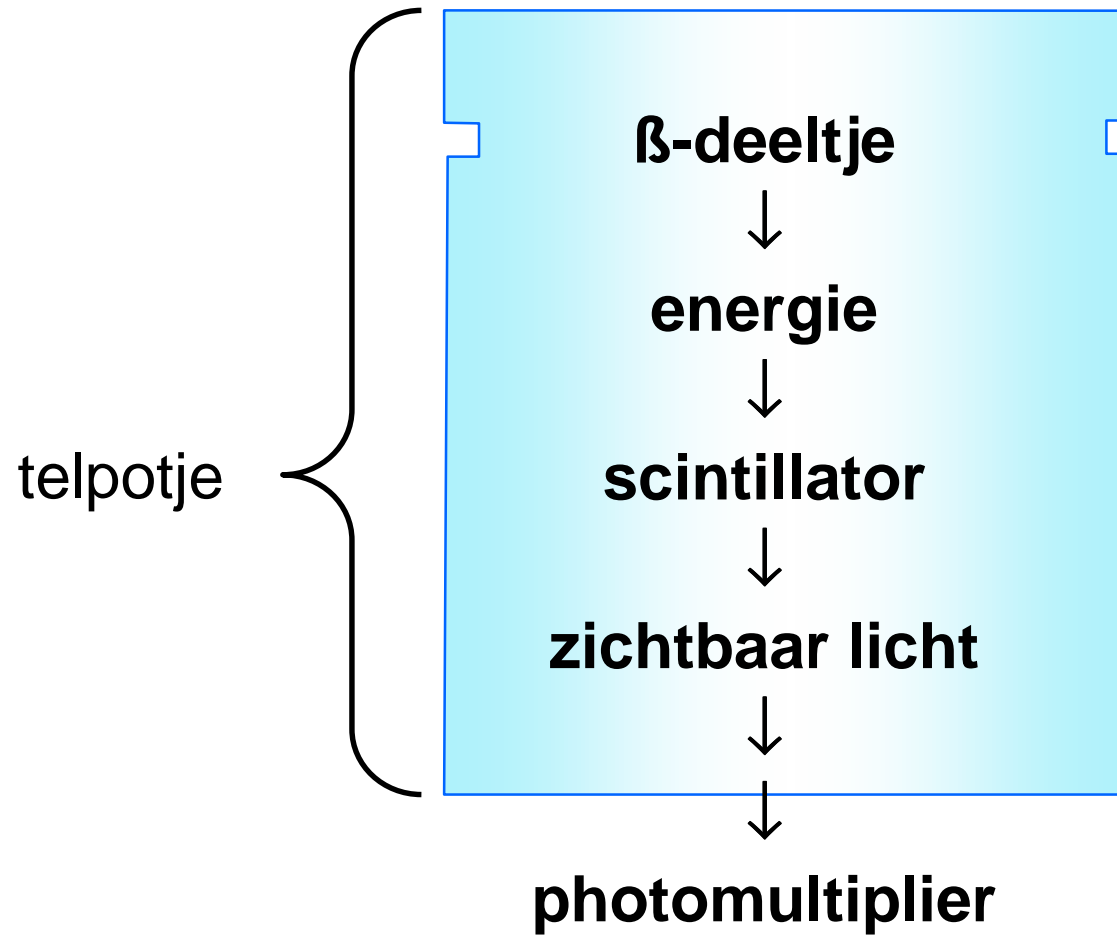
## Liquid Scintillation Analysis

- Vloeistof Scintillatie analyse
- ook: LSC: Liquid Scintillation Counting
- Monster wordt vermengd met vloeibare detector





## LSA-meetproces





## LSA-monster

### Scintillatie cocktail

- scintillatoren (<1%)
- oplosmiddel
- additieven

### Radioactief preparaat

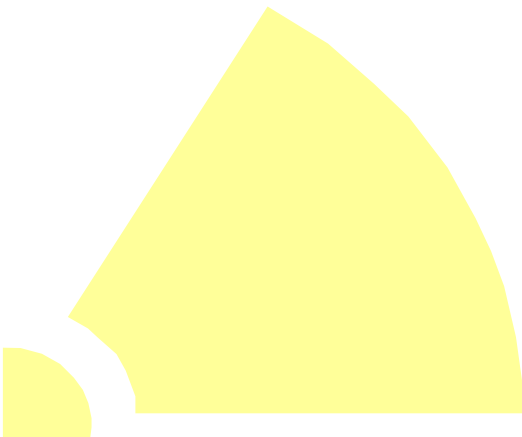
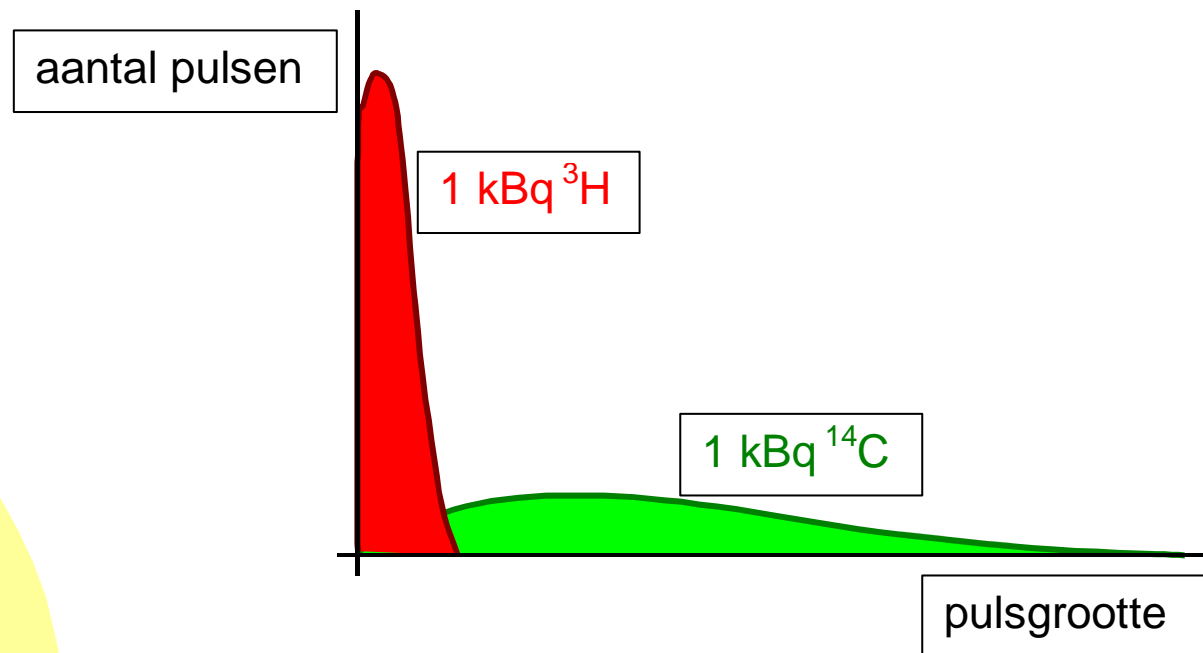
- radioactiviteit
- weefsel, water, verontreinigingen, etc.





## $\beta$ -spectrum

- lichtopbrengst evenredig met  $\beta$ -energie, pulsgrootte evenredig met lichtopbrengst
- aantal pulsen evenredig met aantal  $\beta$ 's





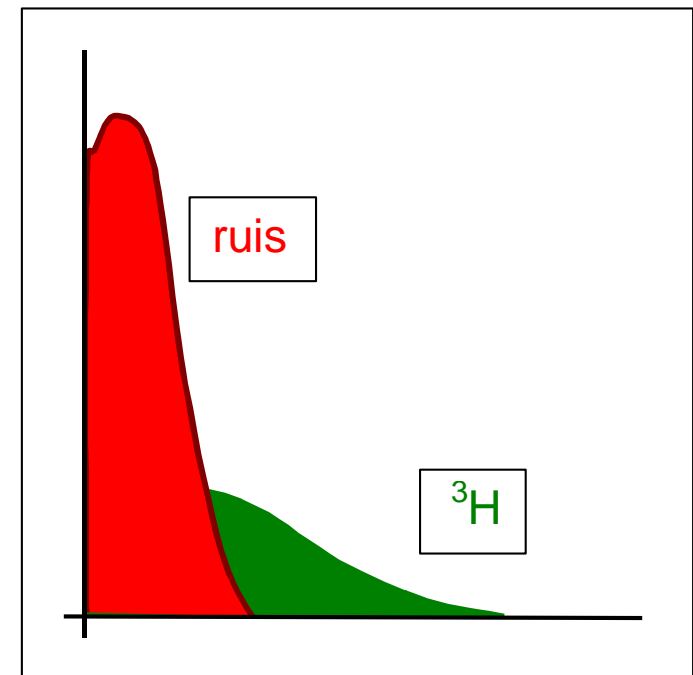
## Elektronische ruis

Ruis van Photo-Multiplier Tube (PMT)

- veel laag-energetische pulsen
- $^3\text{H}$  meten moeilijk

Ruisonderdrukking

- koelen
- coïncidentieschakeling
- pulsvorm analyse

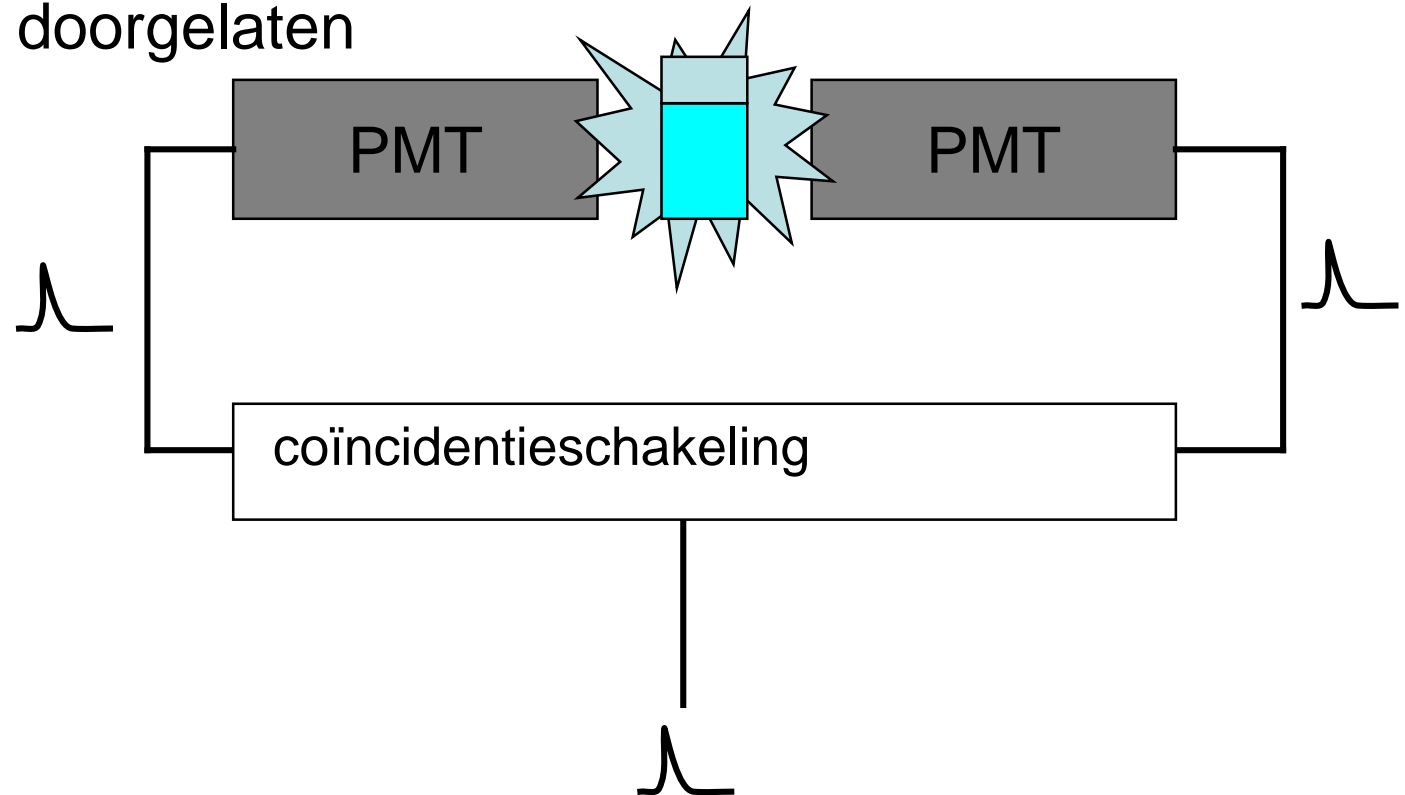




## Coïncidentieschakeling

interactie in potje:

- coïncidente puls op beide PMT's
- puls wordt doorgelaten



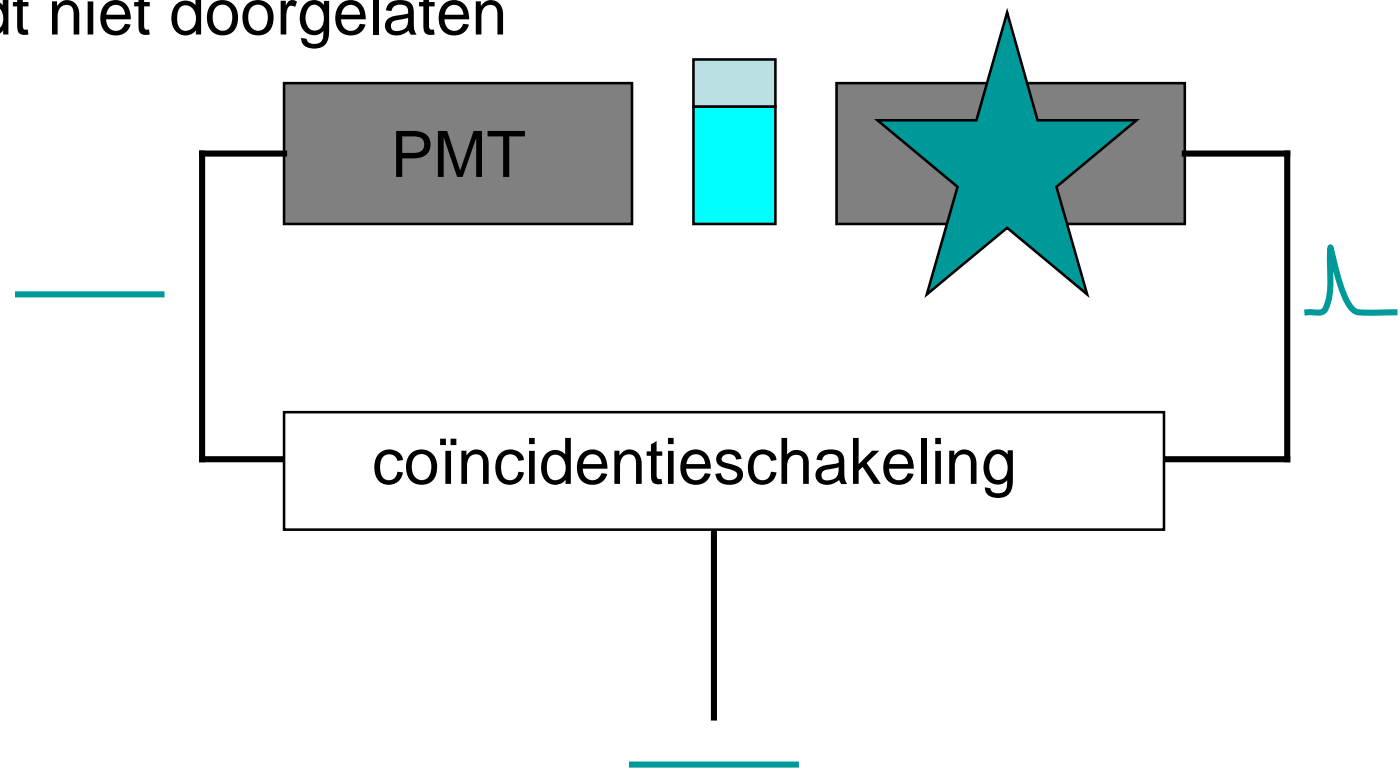




## Coïncidentieschakeling

ruispuls:

- niet-coïncidente puls in 1 PMT
- puls wordt niet doorgelaten



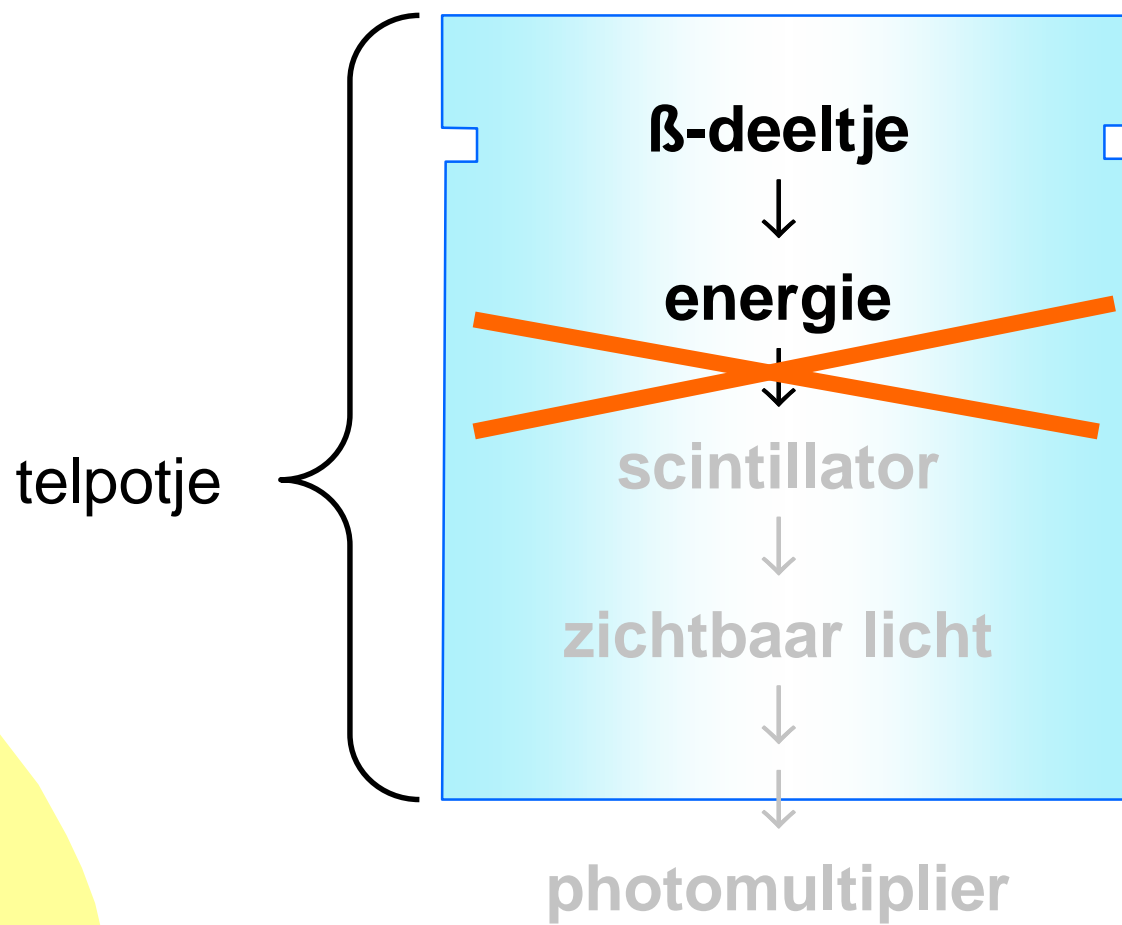


## Meetdrempel

- $\pm 100$  eV levert 1 foton
- photomultiplier meet  $\sim 35\%$  van de fotonen, dus per PMT minstens 3 fotonen nodig
- voor coïncidentieschakeling minstens 6 fotonen nodig.
- per puls is minimaal 600 eV nodig

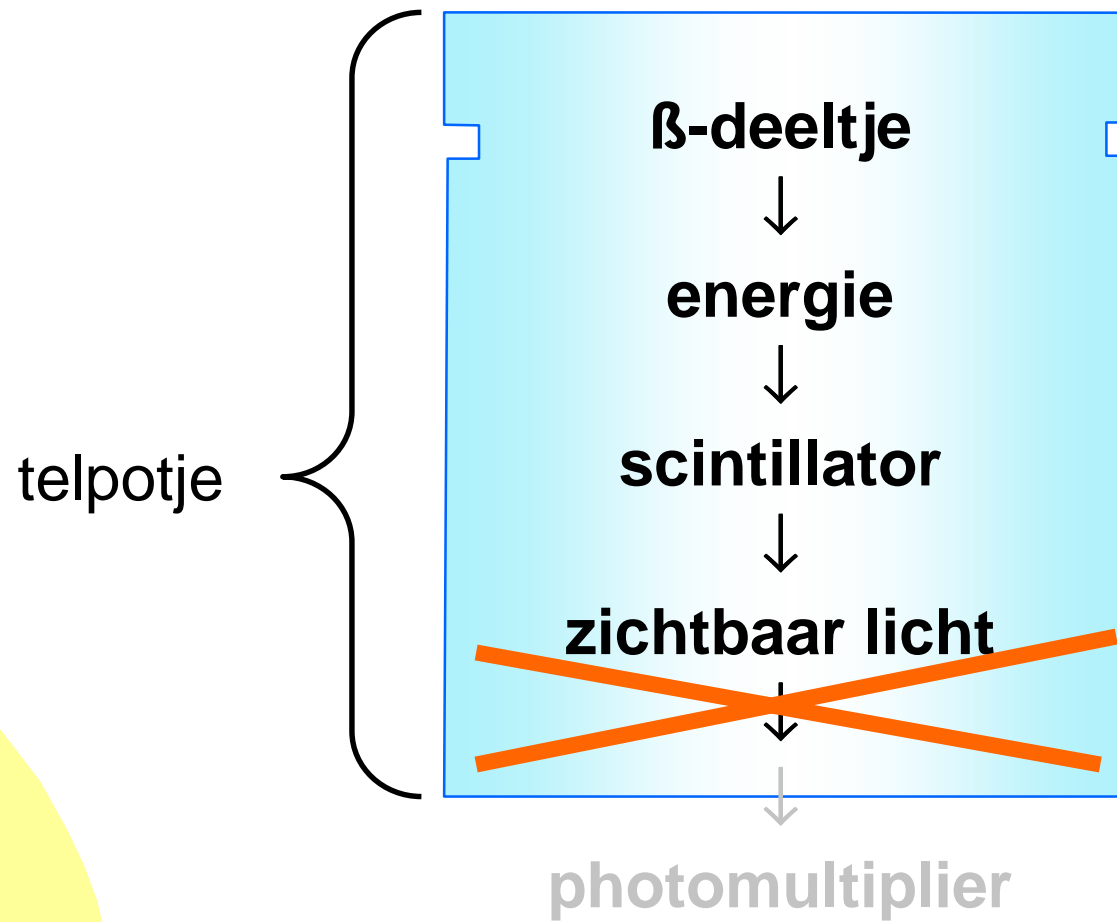


## Chemische quenching





## Optische quenching





## Quenching

verlies van energie door

- chemische stoffen
  - verhinderde energieoverdracht naar scintillator
  - water, zuren, nitromethaan, etc.
- kleurstoffen
  - absorptie van fotonen van primaire en/of secundaire scintillator
  - kleurstoffen
  - absorptie in UV-gebied

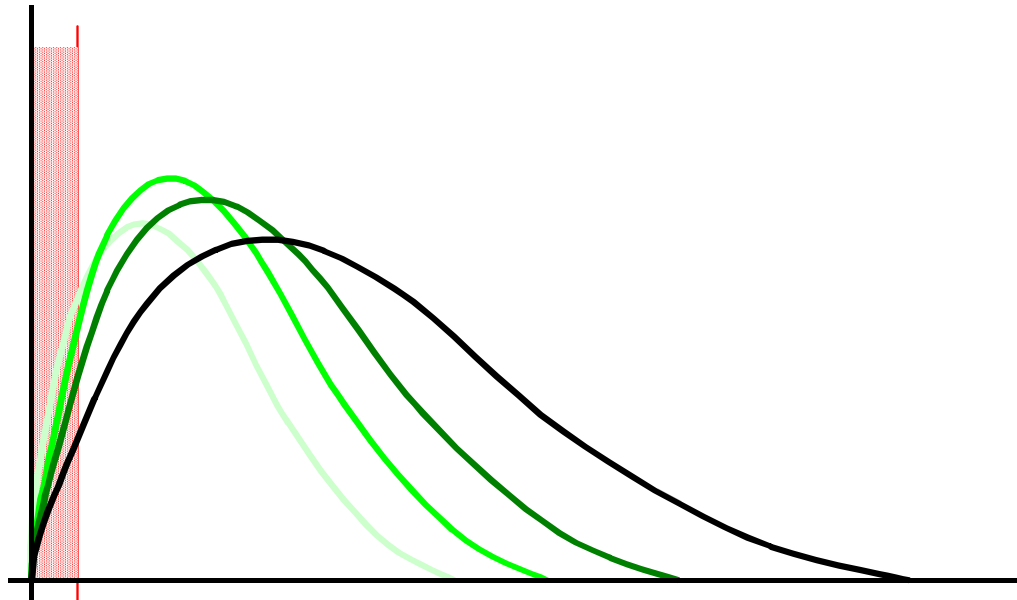


## Gevolgen van quenching

spectrum schuift naar links

deel spectrum onder meetdrempel: rendement neemt af

variërende quenching: **variërend meetrendement**





## Quenchcorrectie

noodzakelijk voor:

- vergelijking van meetwaarden
- berekening activiteit (Bq, dps, dpm)

correctiemethodes:

- interne standaard
- kanalen-verhouding
- externe standaard kanalen-verhouding



## Interne standaard methode

3 stappen:

- monster meten
- bekende activiteit ("standaard") toevoegen
- monster opnieuw meten
- Voorwaarden aan standaard:
  - zelfde isotoop als monster
  - mag geen extra quenching geven
  - activiteit moet exact bekend zijn





## Interne standaard, voorbeeld

- gegevens:
  - $R_{\text{monster}}$ : 1000 cpm
  - 1 kBq wordt toegevoegd
  - $R_{\text{monster} + \text{standaard}}$ : 31.000 cpm
- bereken het meetrendement (cps/dps, cpm/dpm)
- bereken de activiteit van het monster
  - in dpm
  - in Bq



## Toepassing van interne standaard

bruikbaar bij:

- combinatie van soorten quenching:
  - chemische quenching
  - optische quenching
  
- lage activiteit
  
- kleine aantallen monsters
  
- veel monsters met constante quenching:
  - 1 meting met interne standaard
  - alle monsters gecorrigeerd met zelfde rendement



## Nadelen interne standaard

- Arbeidsintensief
- Niet automatiseerbaar
- Niet bruikbaar bij:
  - grote serie monsters met variërende quenching





## Monster Kanalen Verhouding (SCR)

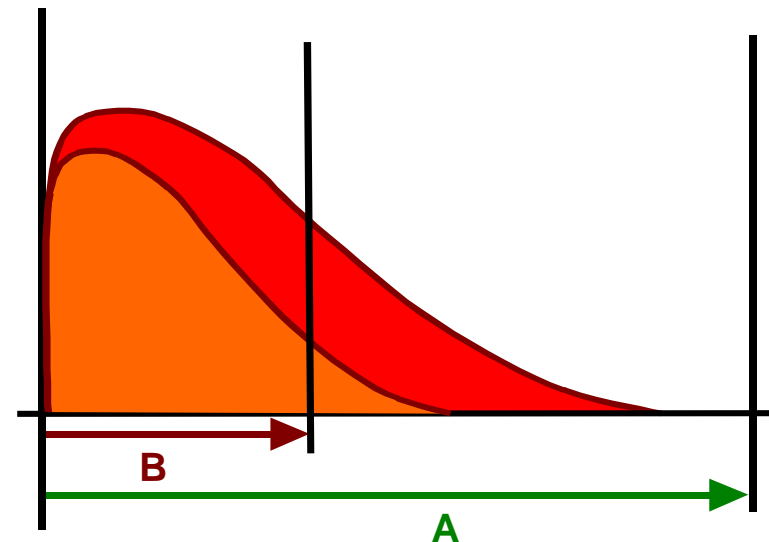
SCR = Sample Channel Ratio

spectrumverschuiving als maat voor quenching

- meten van spectrumverschuiving:
  - twee ROI's instellen: “kanalen”
  - verhouding tussen kanalen bepalen:  $B/A$

- ipv  $B/A$  ook wel:

- SCR,
- QIP,
- tSIE,
- SIS,
- etc.





## SCR quenchcorrectiecurve

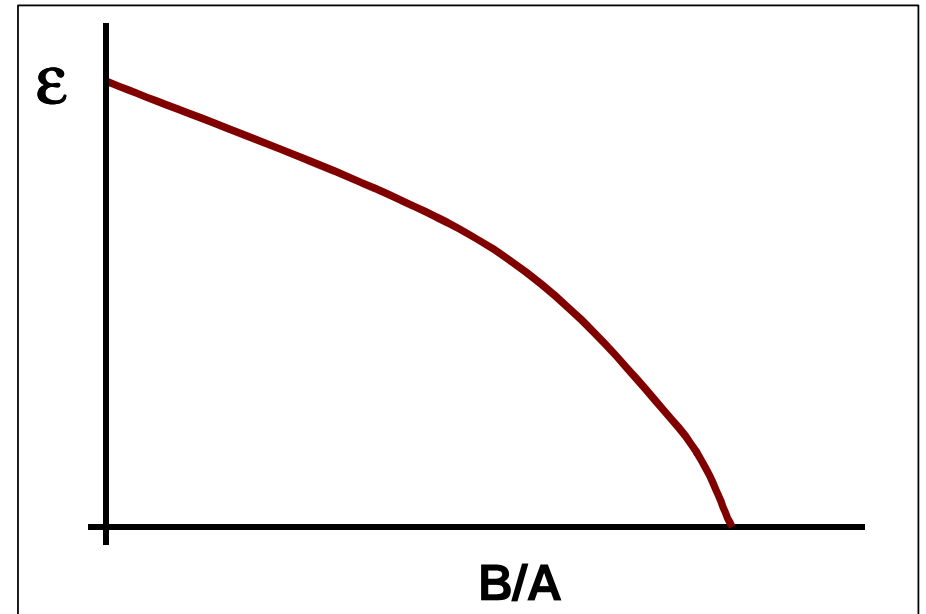
Quenchcorrectiecurve geeft verband weer tussen:

- meetrendement  $\varepsilon$
- spectrumverschuiving (B/A)

Bepalen van rendement  $\varepsilon$ :

$$\varepsilon = R/A$$

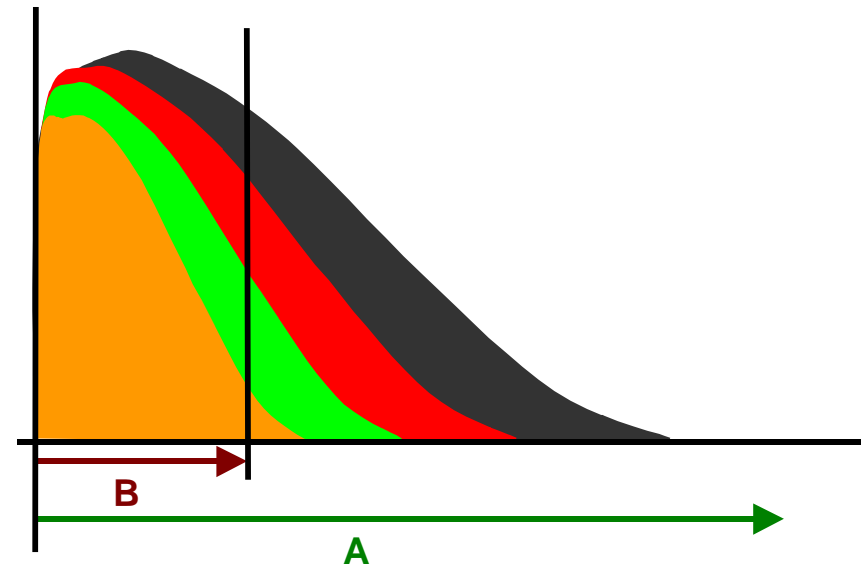
- R = telsnelheid
- A = activiteit
- eenheid: cps/dps, cps/Bq, cpm/dpm





## SCR quenchcorrectiecurve maken

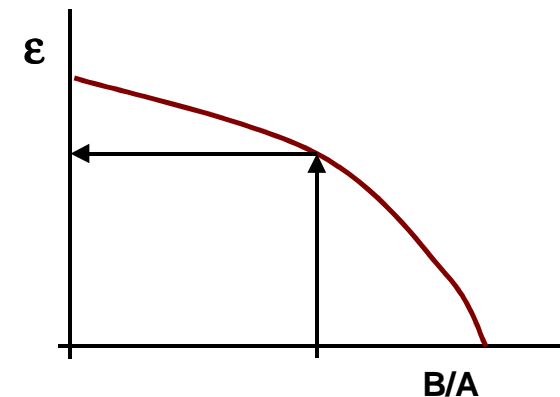
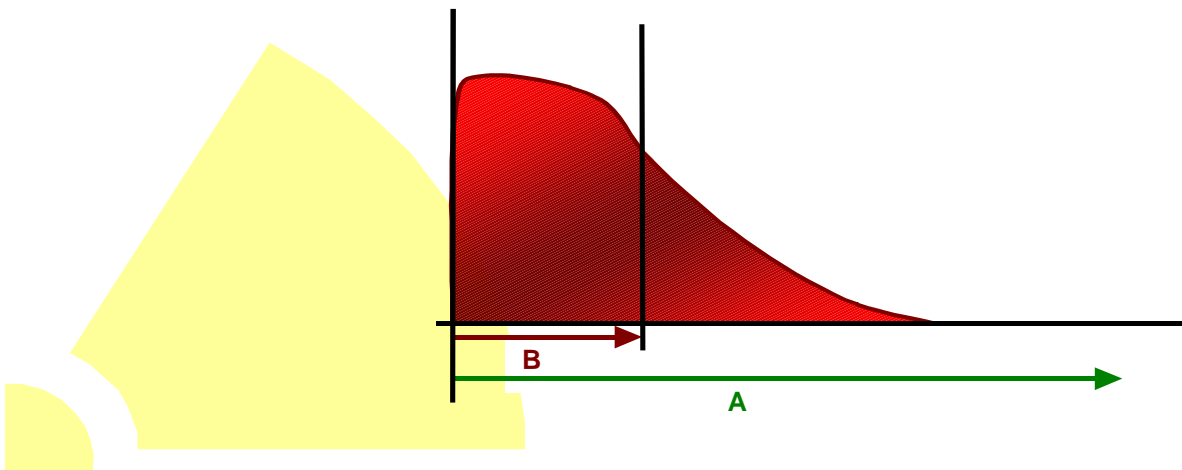
- Meet telpotje met bekende activiteit en bepaal:  
rendement (cps/dps)  
B/A
- Voeg quenchende stof toe en meet opnieuw
- Voeg quenchende stof toe en meet opnieuw
- Enzovoorts





## Correctie via SCR

- bepaal  $B/A$  bij onbekend monster
- lees rendement af uit quenchcorrectiecurve
- Bereken activiteit uit:
  - monstertelsnelheid  $R$
  - rendement  $\varepsilon$



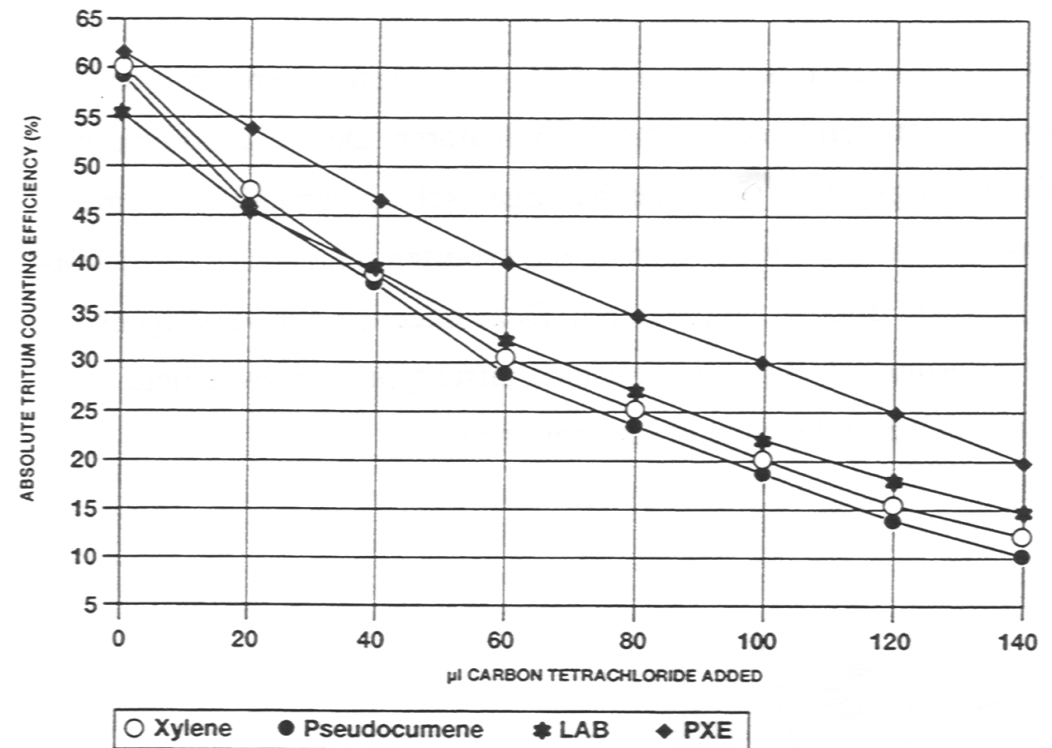


## Bruikbaarheid quenchcurve

Quenchcurve is specifiek voor:

- isotoop
- telvloeistof
- soort quenching
  - chemisch
  - optisch

Figuur 2 Tritium Counting efficiency versus Quench







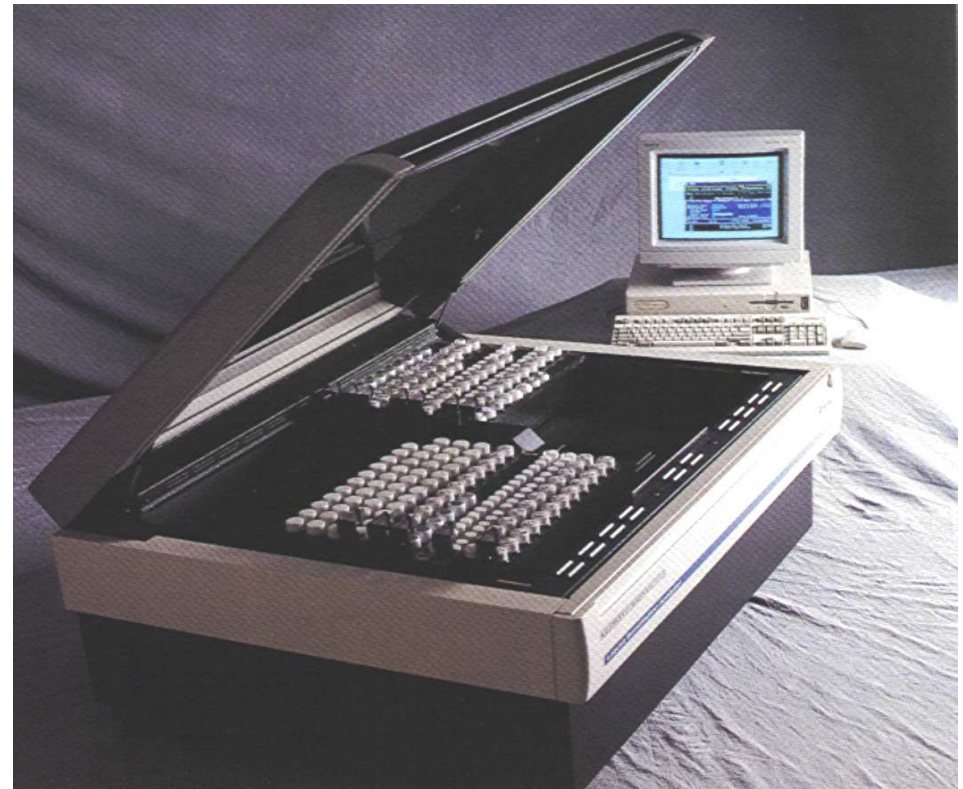
## Voordelen SCR

Automatiseerbaar:

- Geschikt voor grote aantallen monsters

Nadeel

- niet geschikt voor lage activiteit





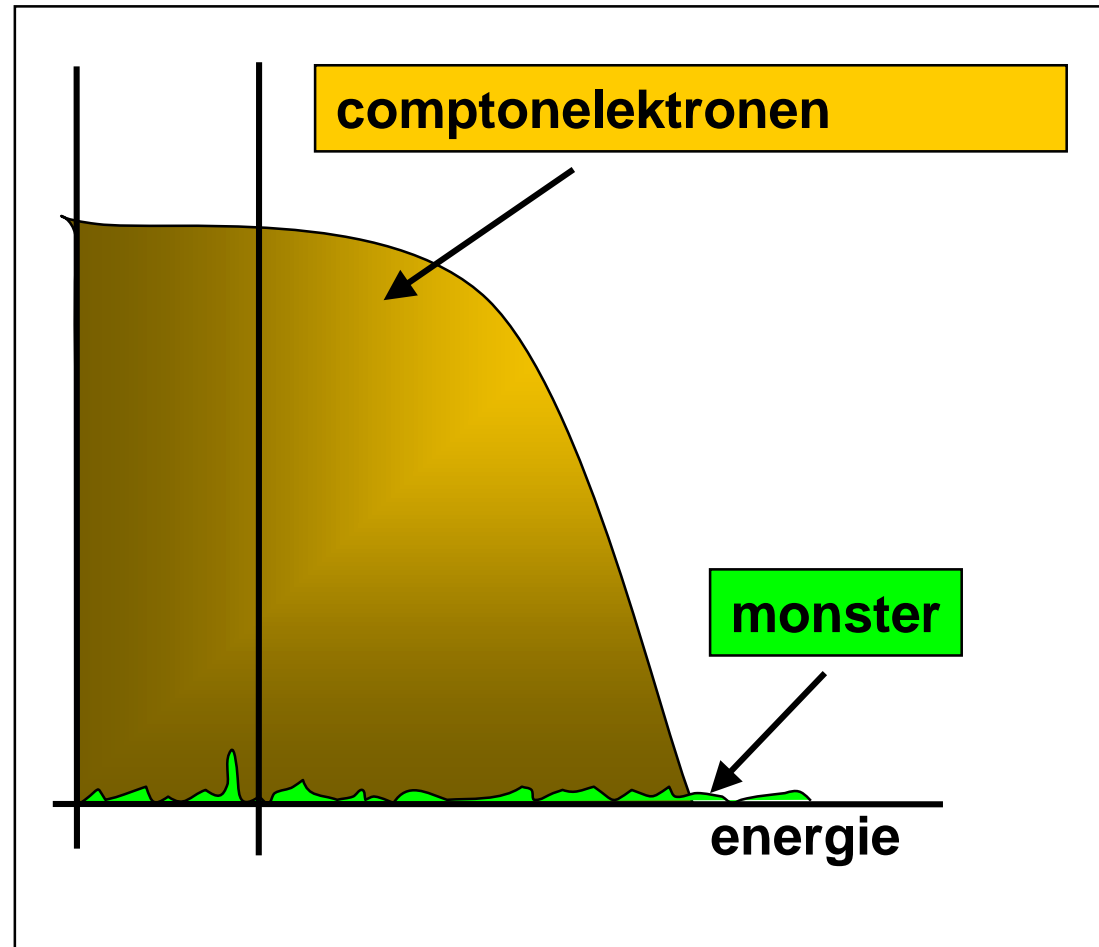
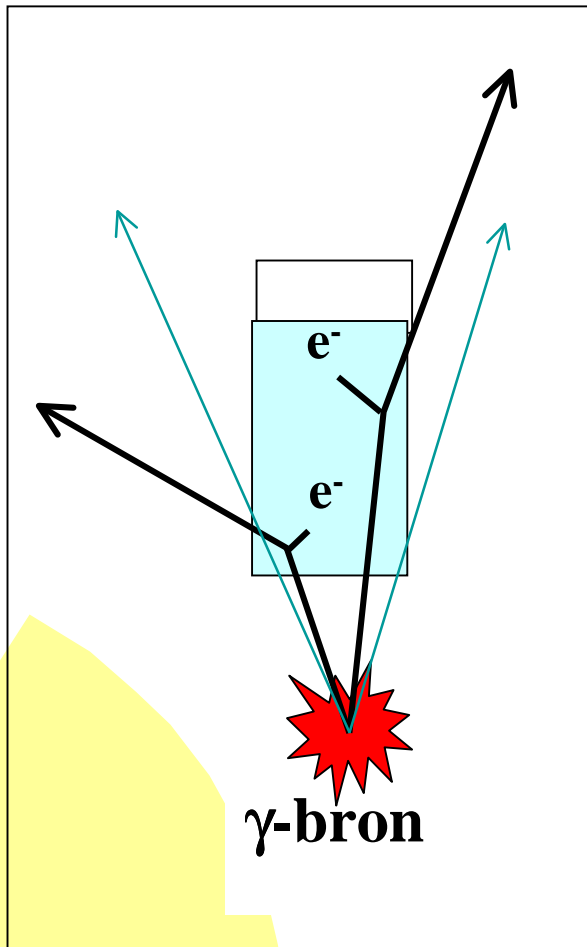
## Externe standaard

ESCR:

- External Standard Channel Ratio =  
externe standaard kanalen verhouding
- Principe:
- telsnelheid van monster
- kanalenverhouding van externe  $\gamma$ -bron
  - comptonspectrum
- rendement uit quenchcorrectiecurve



## Spectrum door externe standaard





## Voordelen ESCR

combineert voordelen van:

- interne standaard
  - bruikbaar bij lage activiteiten
- monster kanalen verhouding (SCR)
  - automatiseerbaar, geschikt voor grote aantallen monsters





## Voordelen LSC-metingen

- Geen venster tussen bron en detector
- gevoelig voor:
  - $\alpha$ -straling
  - $\beta$ -straling
  - conversie elektronen
  - augerelektronen
- $4\pi$  geometrie: hoog geometrisch rendement
- bijna 100% detectierendement mogelijk



## Nadelen LSC-meting

- bewerkelijk
  - toevoegen telvloeistof
  - noodzakelijke correcties
- weinig gevoelig voor:
  - $\gamma$ -straling
  - röntgenstraling
- monster niet meer bruikbaar
- complexe techniek



## Čerenkov-metingen

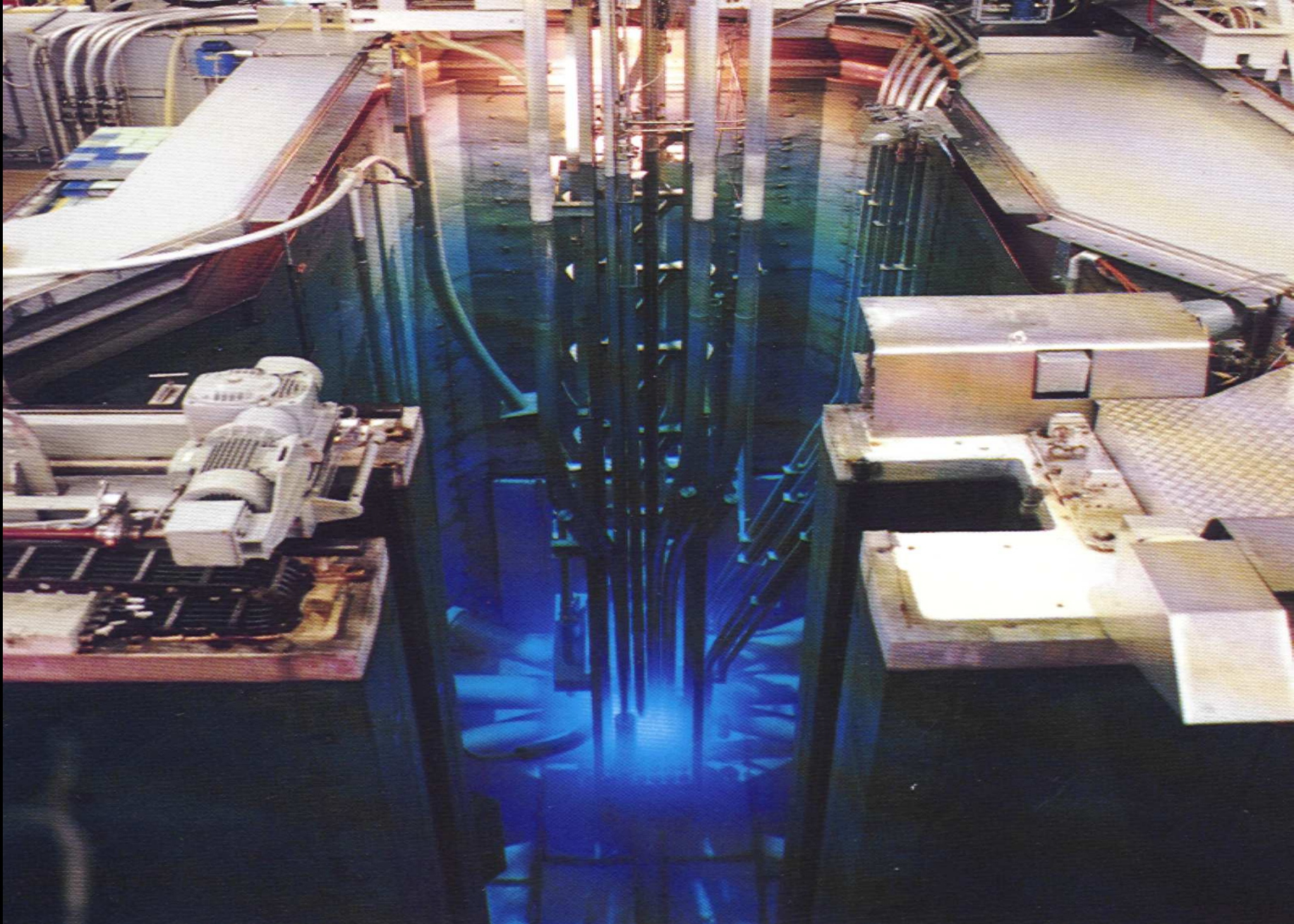
### Čerenkov effect

- bij hoog-energetische  $\beta$ -stralers
- emissie-snelheid  $>$  lichtsnelheid in medium
- zichtbaar licht: blauw tot violet
- meten zonder telvloeistof

medium	drempelenergie
water	262 keV
6 M HCl	231 keV
benzeen	175 keV



# Cerenkov-effect in kernreactor







## Voor/nadelen Cerenkov

Geen telvloeistof nodig:

- monster blijft bruikbaar
- geen chemische quenching
- goedkoper
- geen chemisch afval
  
- lager meetrendement: 50% i.p.v. 98 % bij  $^{32}\text{P}$
- alleen geschikt bij  $E_{\beta} > 260 \text{ keV}$