

Nucleaire Geneeskunde

technieken

-

radioprotectie

Bart Dehaes

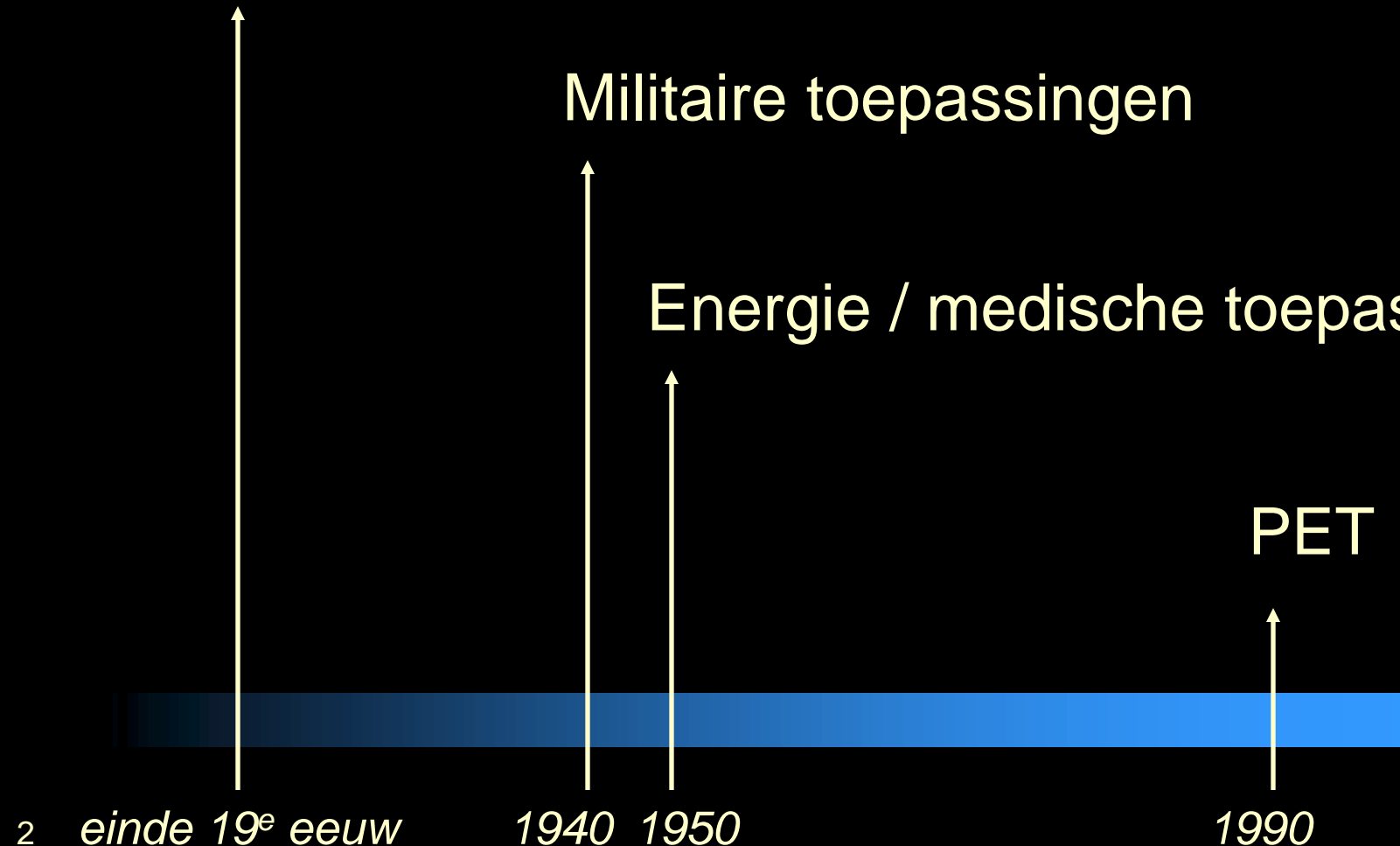
Historiek

Eerste ontdekkingen / beschrijving

Militaire toepassingen

Energie / medische toepassingen

PET



Medische toepassingen:

radiologie

radiotherapie

nucleaire geneeskunde

Nucleaire Geneeskunde



Nucleaire Geneeskunde

Diagnostische onderzoeken

– in vitro

- initiële diagnose
- follow-up



Klinische biologie

– in vivo

- initiële diagnose
- follow-up
 - therapie-respons
 - recidief

Therapeutische toepassingen

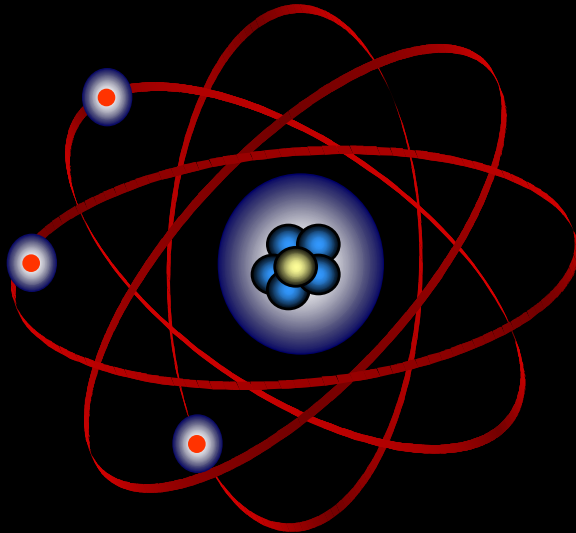
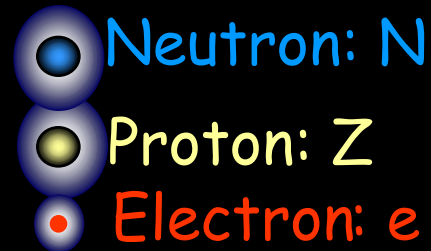
Beeldvorming dmv scintigrafie

- Scintigrafie = visualiseren van de **functie** van een orgaan(stelsel) dmv toediening van radioisotoop-ligand
- Radio-isotoop stuurt na specifieke opname in orgaan(stelsel) fotonen uit welke door camera geregistreerd worden (scintilatie-principe)
- Karakteristiek afhankelijk van **tracer** specificiteit en sensitiviteit
- **Metabool** onderzoek (\leftrightarrow radiologie)
- Complementair, niet concurrentieel met radiologische onderzoeken -> **HYBRIDE BEELDVORMING**



*Dit is een visuele
voorstelling van een
metabole functie van
het bot*

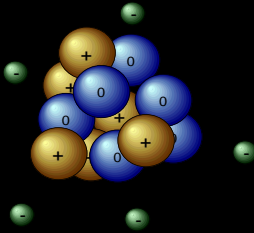
Fysisch principe: nuclide



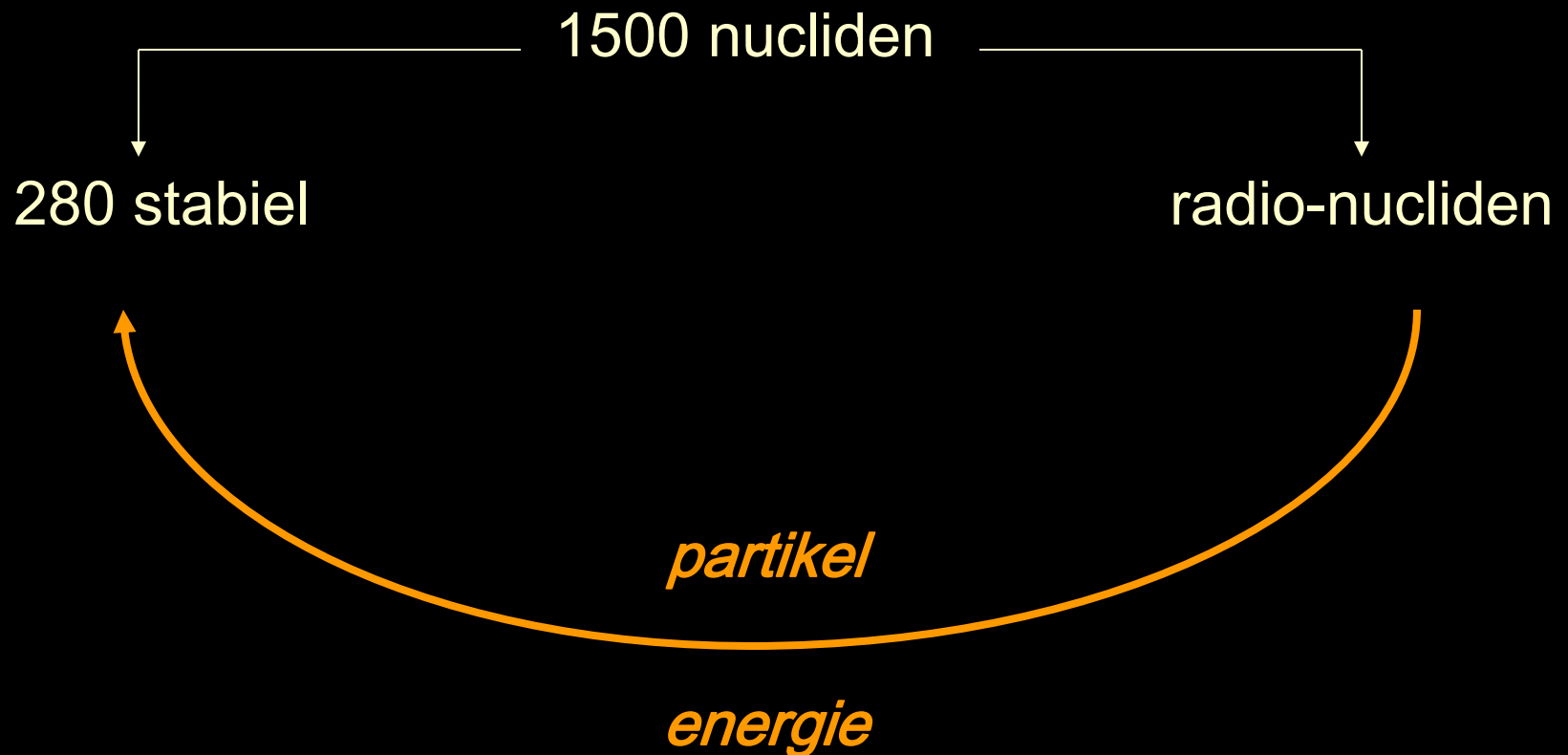
A: massagetal
Z: atoomgetal
X: chemisch symbool

$$A = Z + N$$

Fysisch principe: nuclide

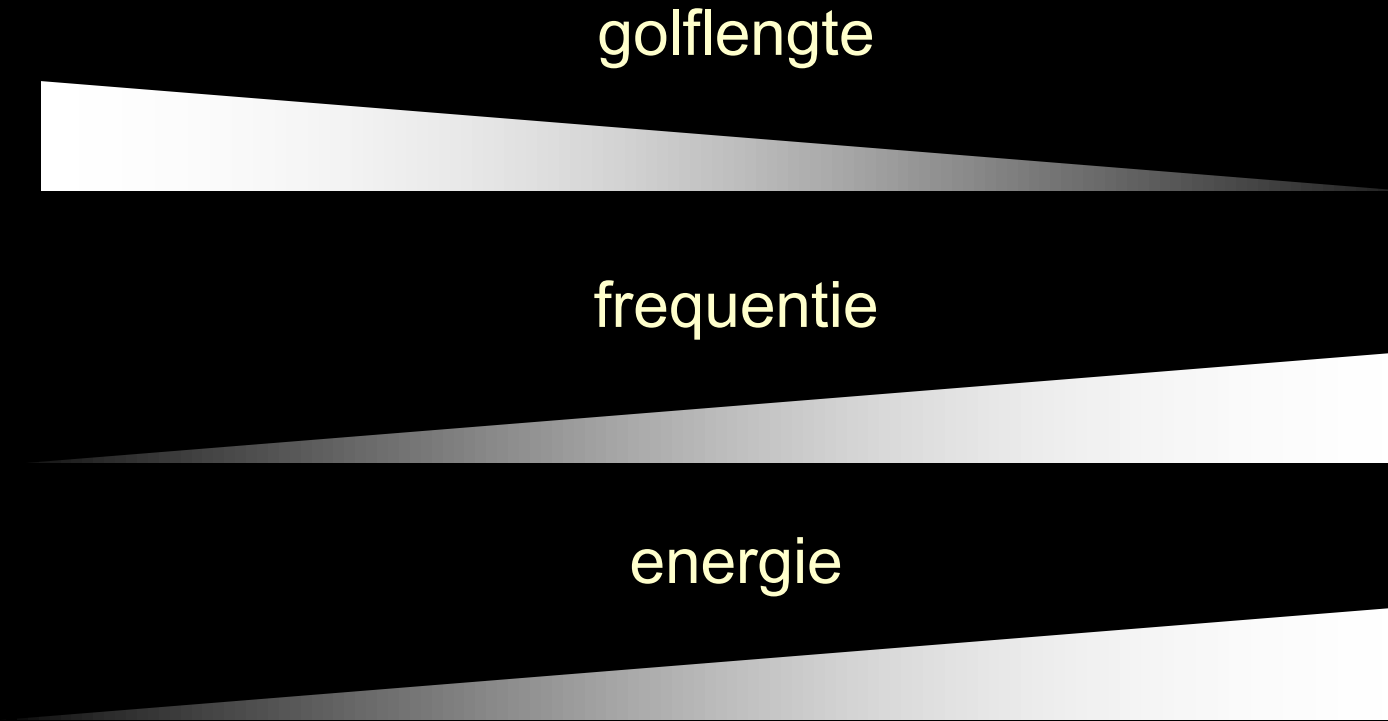


proton - neutron - electron



Fysisch principe: electromagnetische straling

3 karakteristieken:



radio → IR → zichtbaar → UV → X → gamma

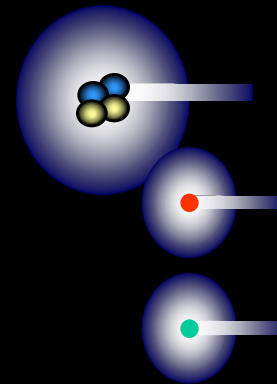
Fysisch principe: electromagnetische straling

radioactief verval met deeltjes:

α -stralen

β^- -stralen

β^+ -stralen



twee protonen en twee
neutronen

negatief geladen
electron

positief geladen
electron of positron

radioactief verval met straling:

γ -stralen



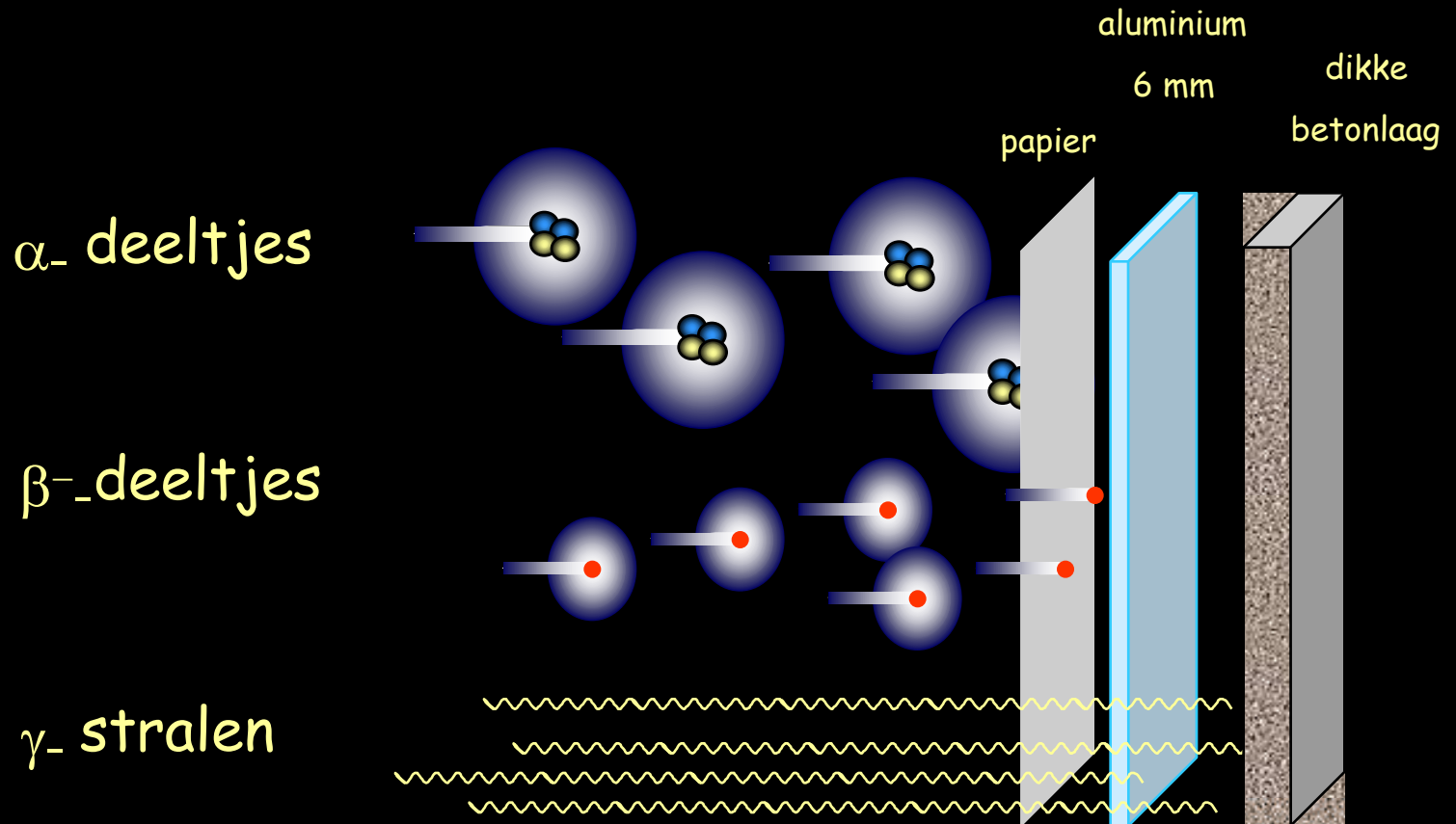
Fysisch principe: types ioniserende straling

- Alfa-stralen → niet medisch
- Beta-min-stralen → radiotherapie
- Positronen → PET
- Gammastralen → nucleaire diagnostiek
- Röntgenstralen → radiologie

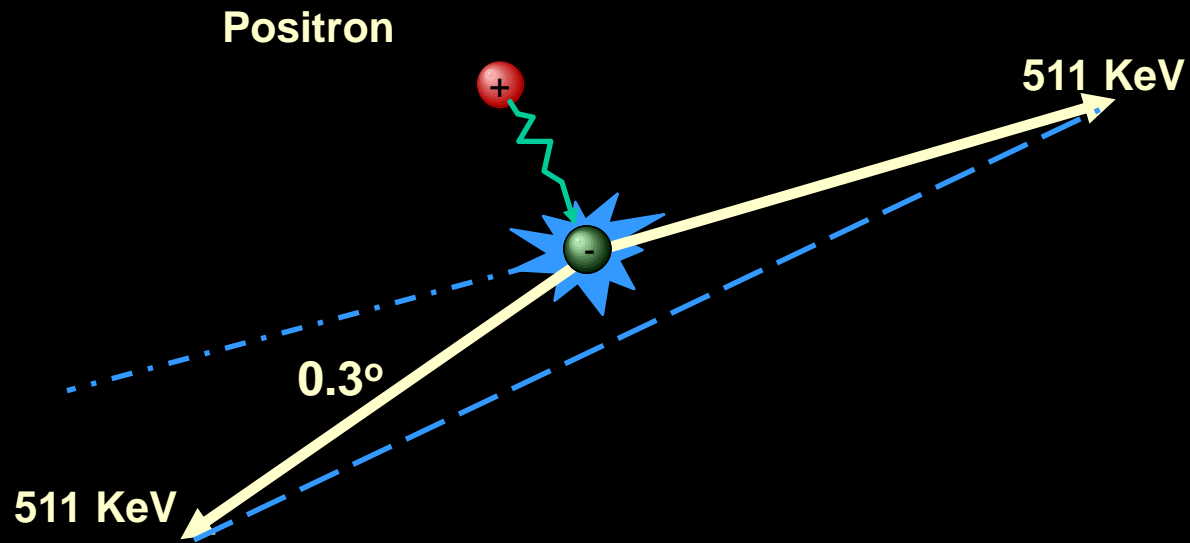
Fysisch principe: γ -stralen

- Gammastralen (en X-stralen) :
electromagnetische golven
 - bepaalde energie
 - komen in golfpakketjes: foton
- Gebruikte radionucliden \rightarrow verval naar stabiel nuclide met uitstoot van fotonen
- Fotonen met hoge energie \rightarrow doorheen weefsel tot buiten het lichaam

Fysisch principe: types ioniserende straling



Fysisch principe: positron



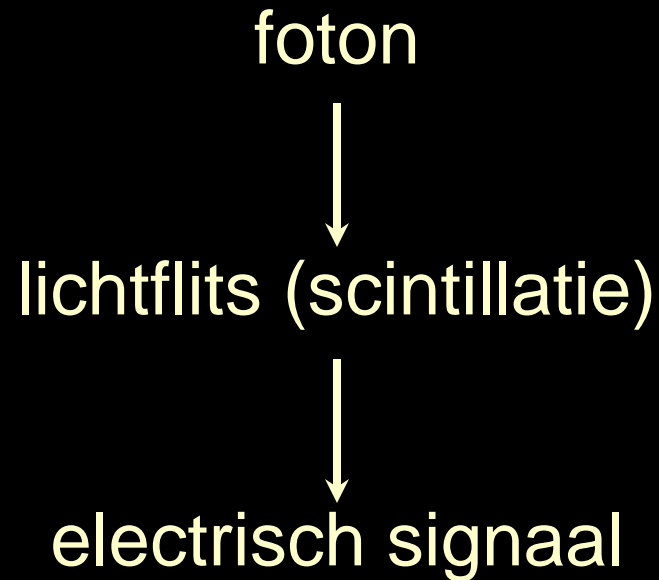
Fysisch principe: radionucliden

Tc-99m	gamma	140 keV	6.02 u
Tl-201	gamma	71, 167	74 u
Ga-67	gamma	93, 184, 296, 388	78 u
In-111	gamma	23, 173, 247	67 u
F-18	positron	512	2 u
I-131	beta -	364	8 d

Gamma-camera



Fysisch principe: fotondetectie

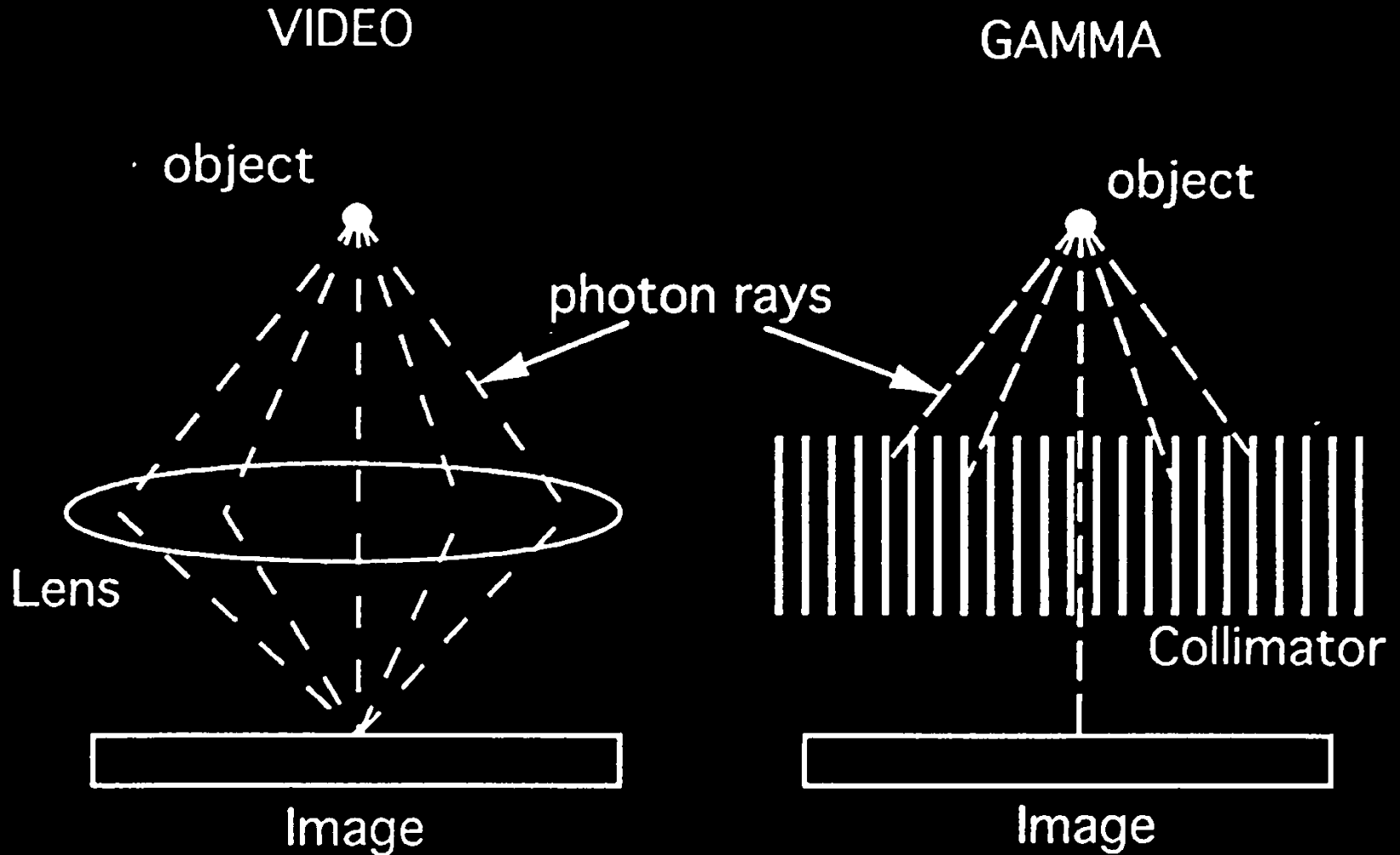


Fysisch principe: collimator

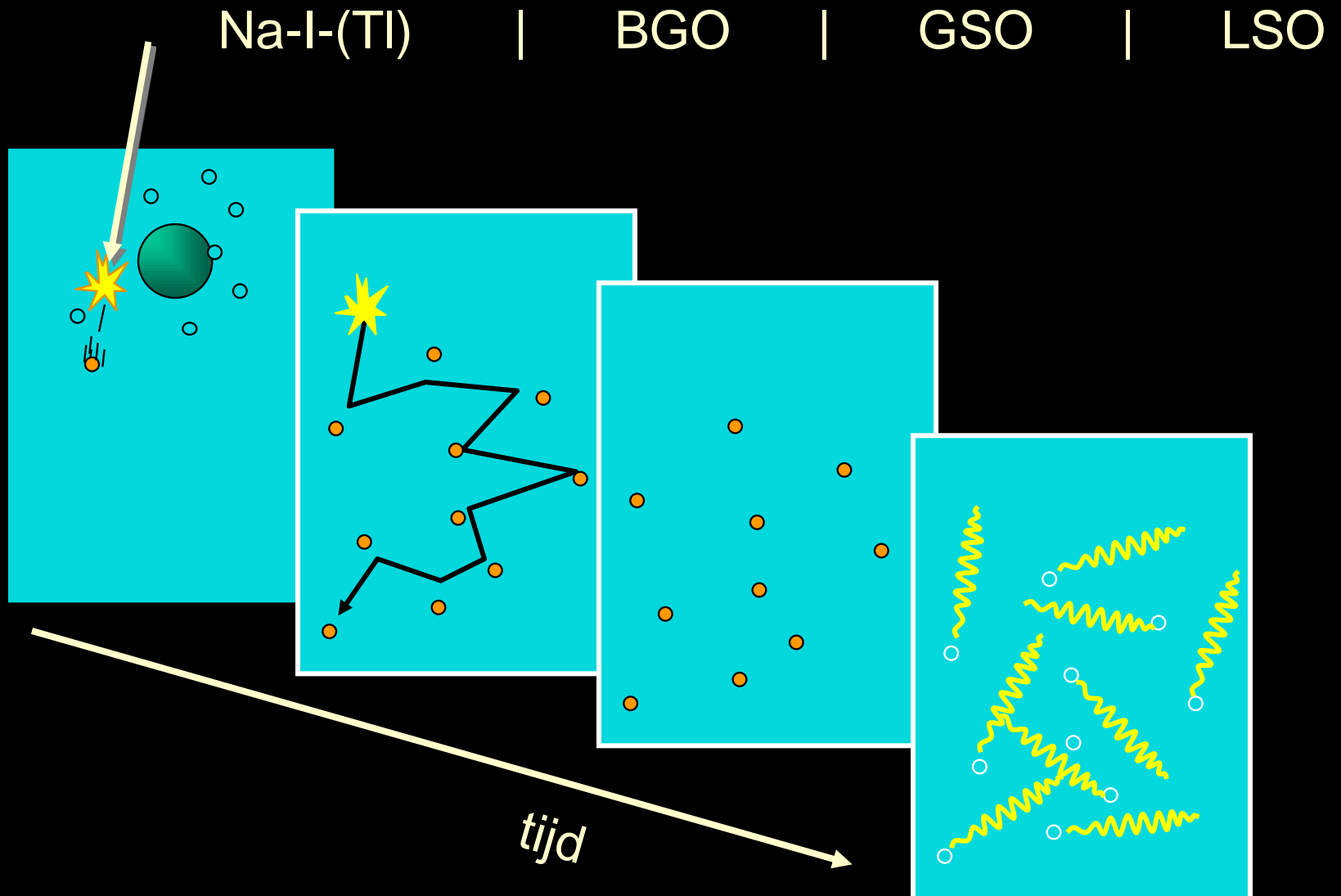
Doel : 'focuseren' van foton op kristal

- foton = energiedeeltje → niet af te buigen
- dus elimineren (attenueren) van ongewenste fotonen dmv absorberend materiaal (Pb)
- verlies van veel 'goede' fotonen
- geen volledige eliminatie van ongewenste fotonen

Fysisch principe: collimator



Fysisch principe: kristal



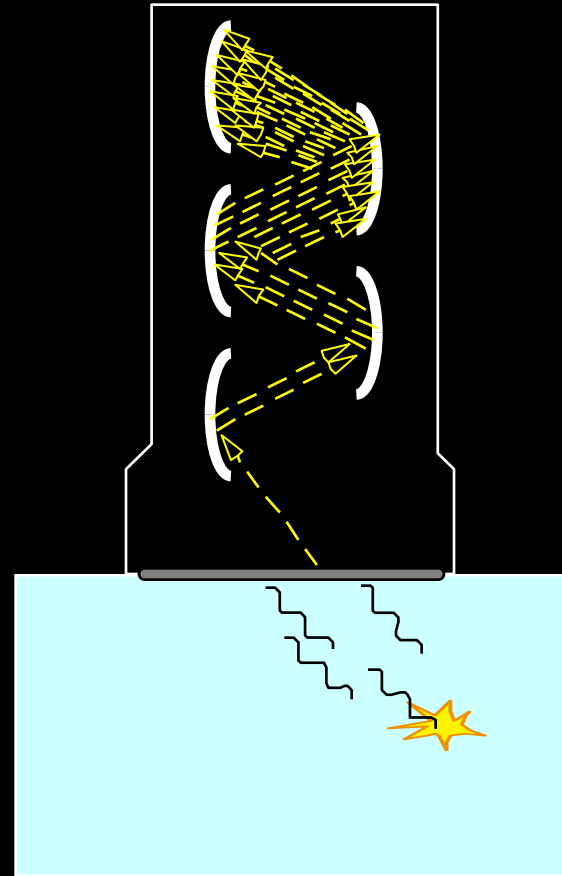
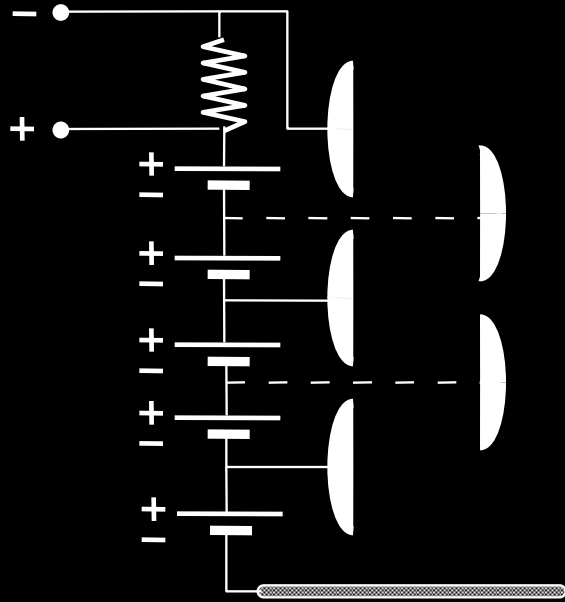
Fysisch principe: foto-multiplier

Doel : omzetten lichtenergie in electricch signaal

- zeer klein electricch signaal versterken
- plaatsbepaling
- energiebepaling

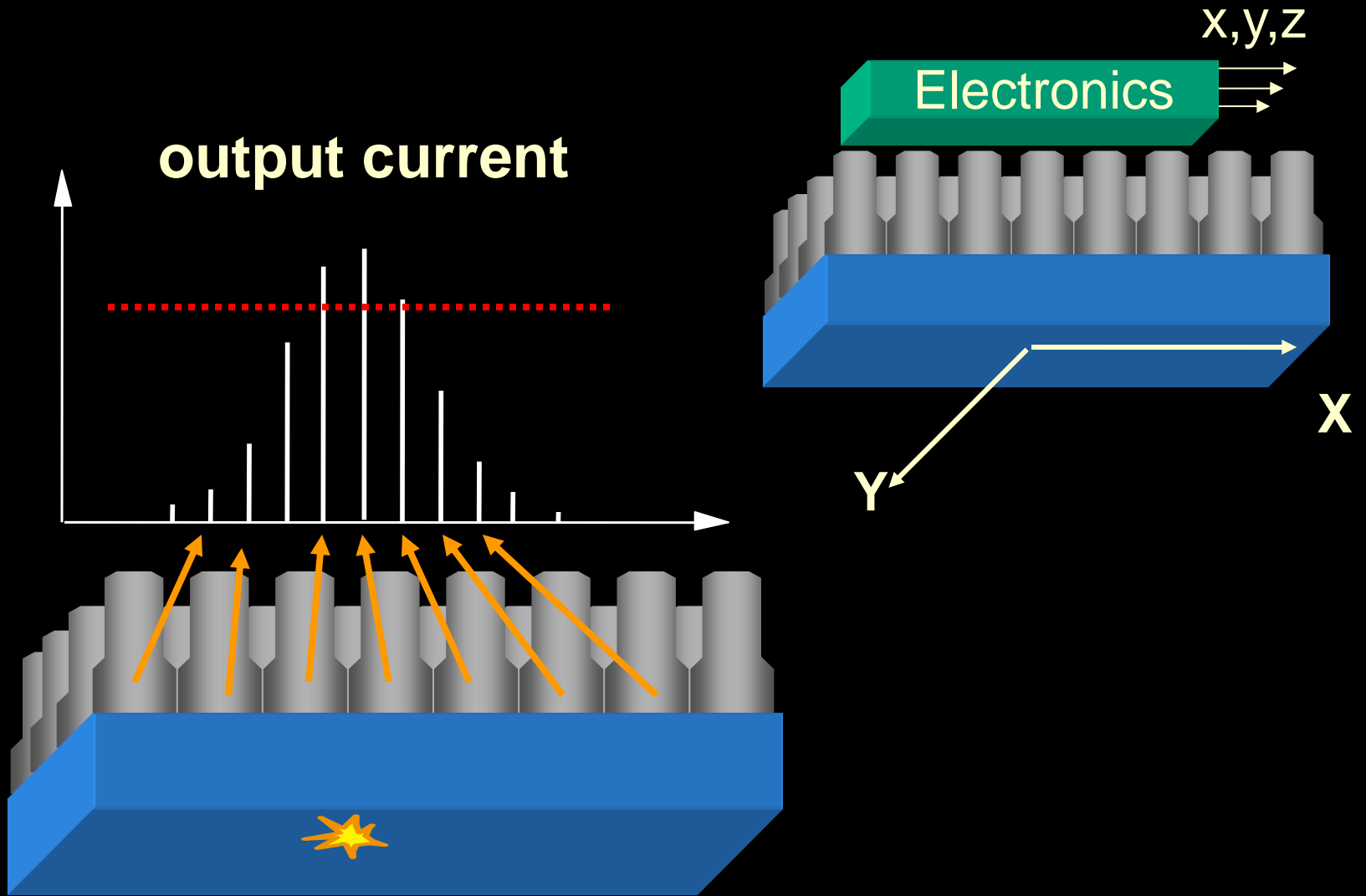
ALLE PMT's

Fysisch principe: foto-multiplier

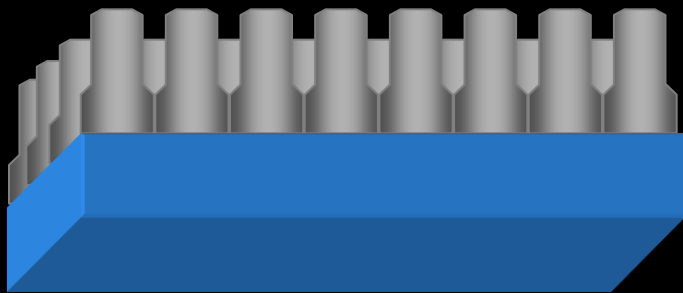




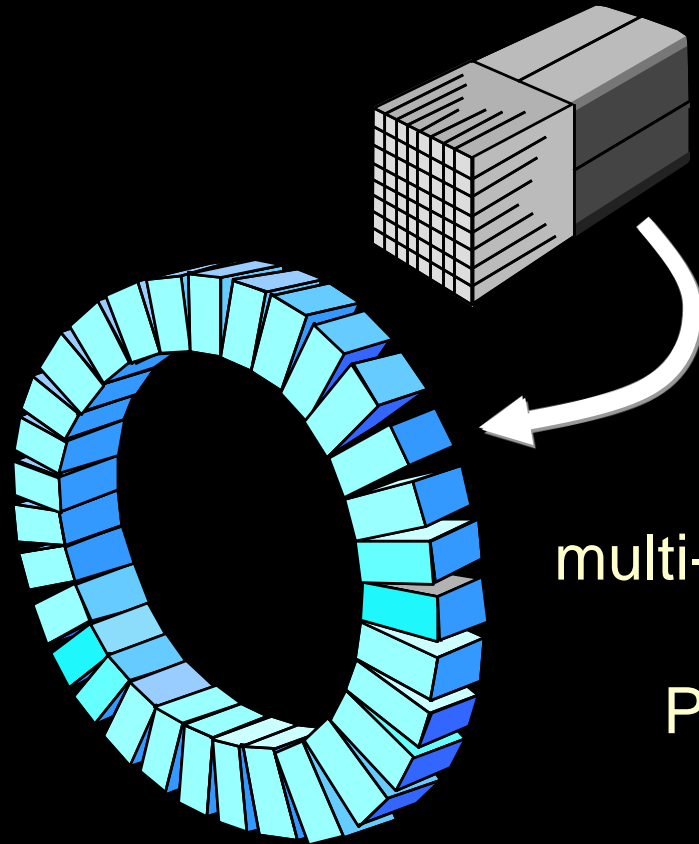
Fysisch principe: foto-multiplier



Fysisch principe: detectorontwerp



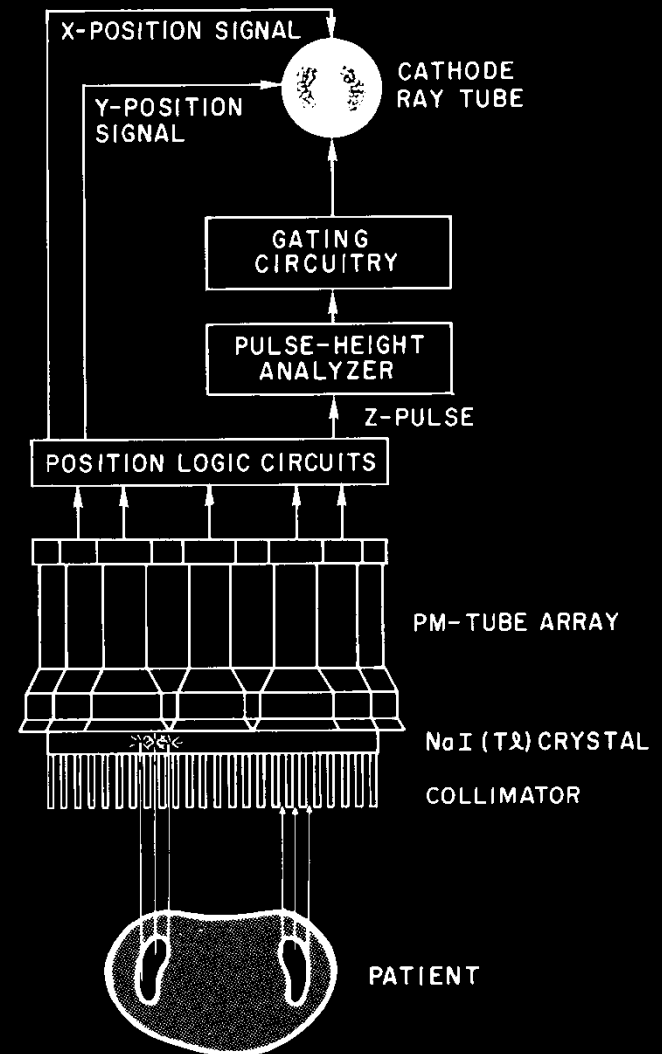
Single crystal
=
gamma-camera



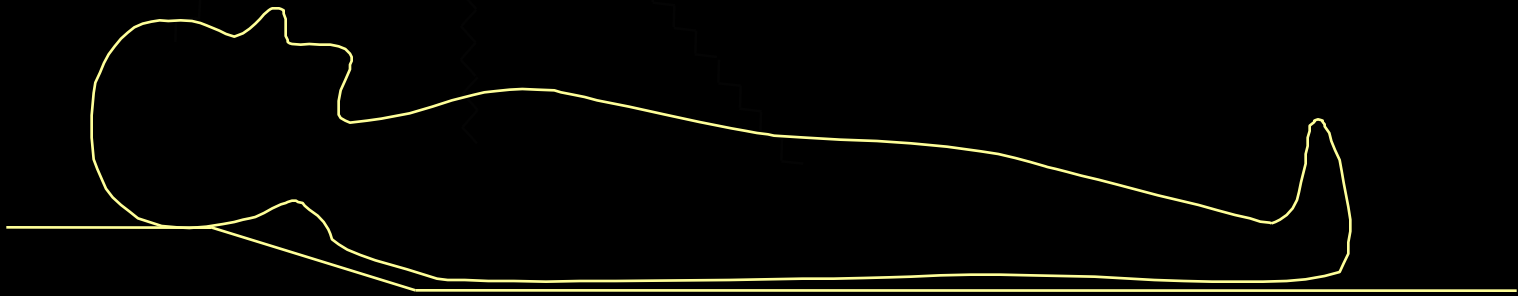
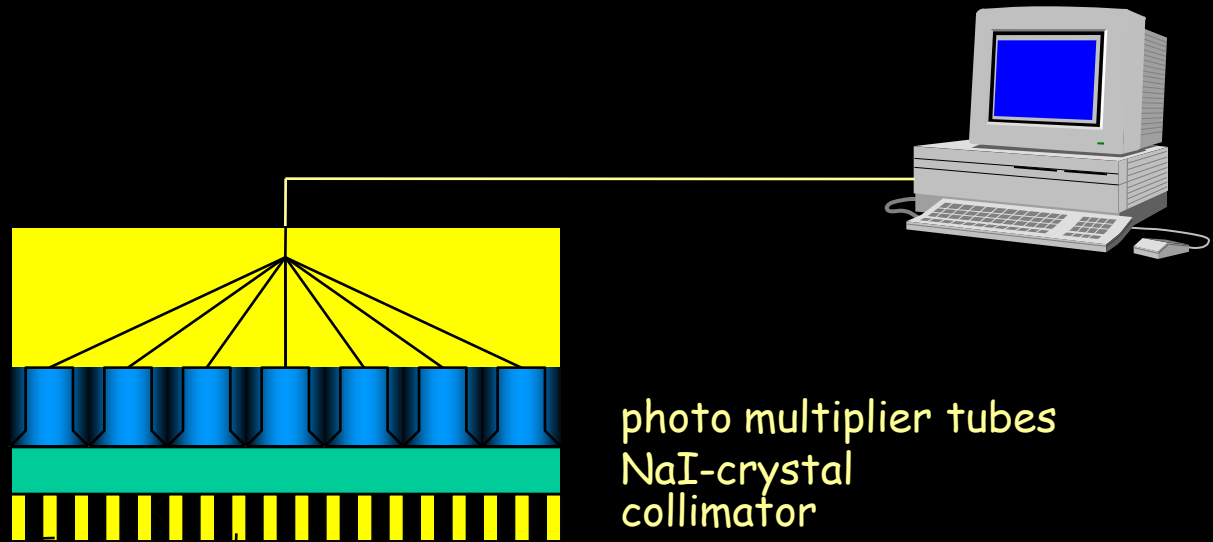
multi-crystal
=
PET

Fysisch principe: gammacamera

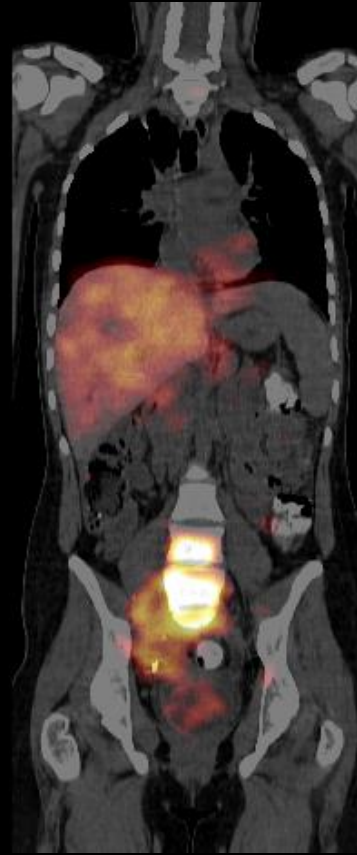
digitaal beeld
↑
foto-multiplier
↑
kristal
↑
collimator
↑
 γ -straal



Fysisch principe: computer







A

Practisch



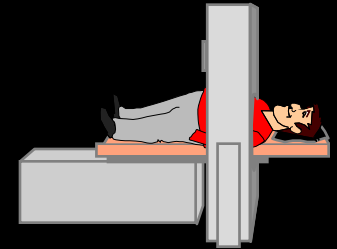
Tc99m (vrij)

koppeling vial

specifieke tracer

injectatie

patient



detectie

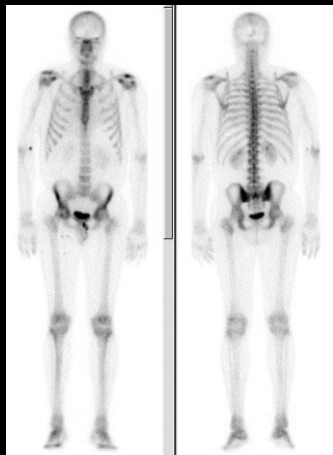
specifieke orgaanfunctie

gamma-camera

'ruwe' data

computer

beeldverwerking





Bescherming

- Becquerel (Bq)
- Geabsorbeerde stralingsdosis D (Gy)
- Equivalente dosis (Sv)
- Wegingsfactor:
 - gamma: 1
 - beta: 1
 - alfa: 20
- Effectieve dosis E (Sv)

Stralingseffecten

Deterministisch

zichtbaar

drempelwaarde

Vb. 1000 Sv: †

100 Sv: neurologisch

10 Sv: gastro-intestinaal

2 Sv: stralingsziekte

LD₅₀: > 3,5 Sv (op korte tijd)

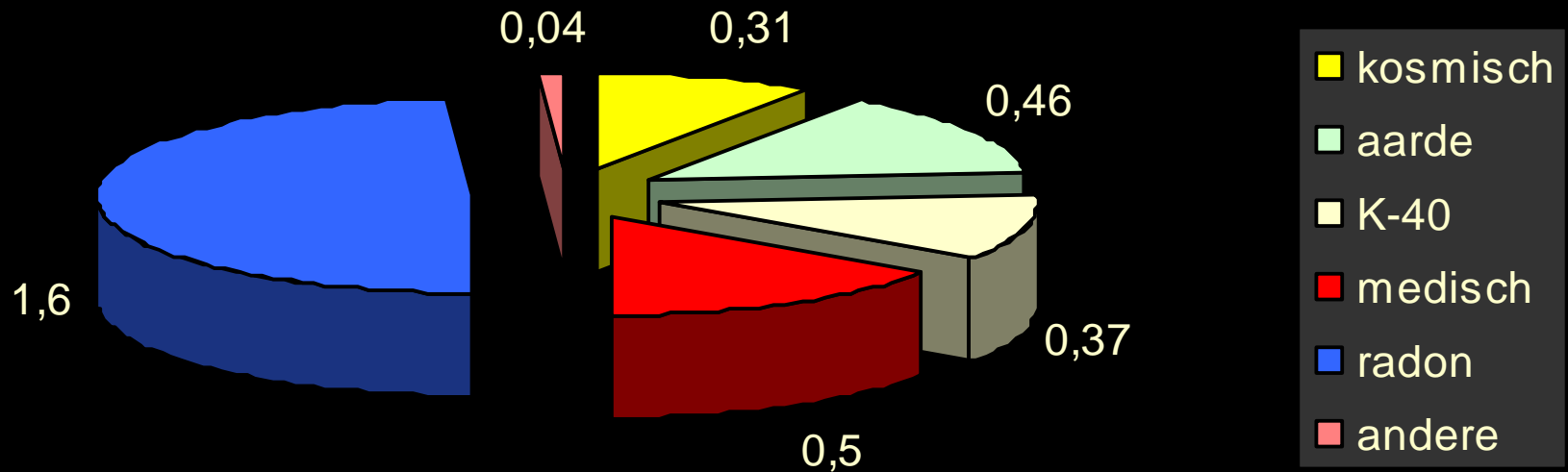
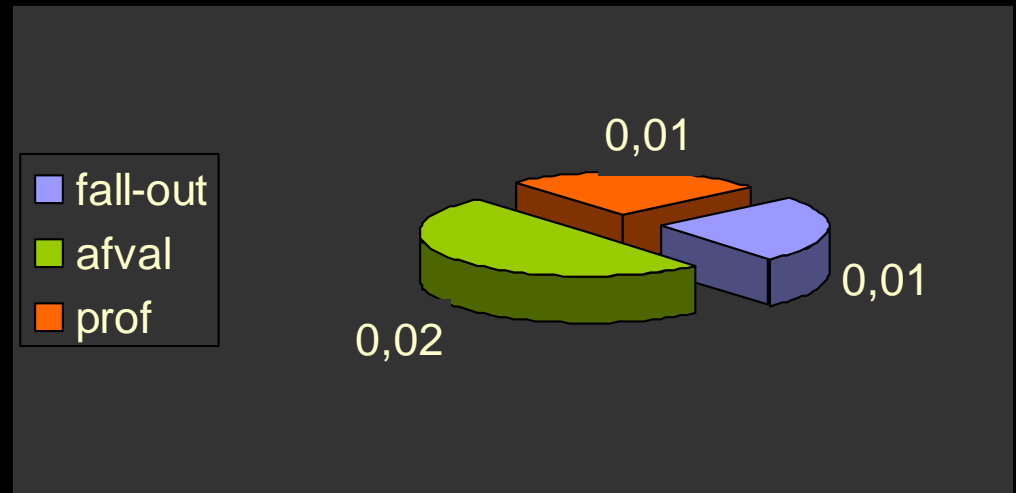
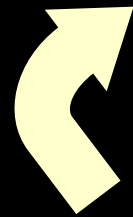
Stralingseffecten

Stochastisch

geen onmiddellijke klinische tekens
geen drempelwaarde

- Somatisch: tumorinductie
- Verandering genetisch materiaal
- Ontwikkelingsstoornissen

Stralingsbronnen



Stralingsbronnen

Vliegreis	5 $\mu\text{Sv}/\text{uur}$
Kleuren TV	10 $\mu\text{Sv}/\text{jaar}$
Uurwerk	5 $\mu\text{Sv}/\text{jaar}$
2 weken wintersport	30 $\mu\text{Sv}/\text{keer}$

Stralingsbronnen

Daling levensduur (35j beroepsactiviteit)

steenkoolmijn	103 d
olieraffinaderij	74 d
spoorwegen	63 d
bouw	52 d
BBP (5-10 mSv)	1-3 d

Wettelijke limieten

- Beroepsblootgesteld personeel

50 → 20 mSv/lopend jaar

- Bevolking

5 → 1 mSv/lopend jaar

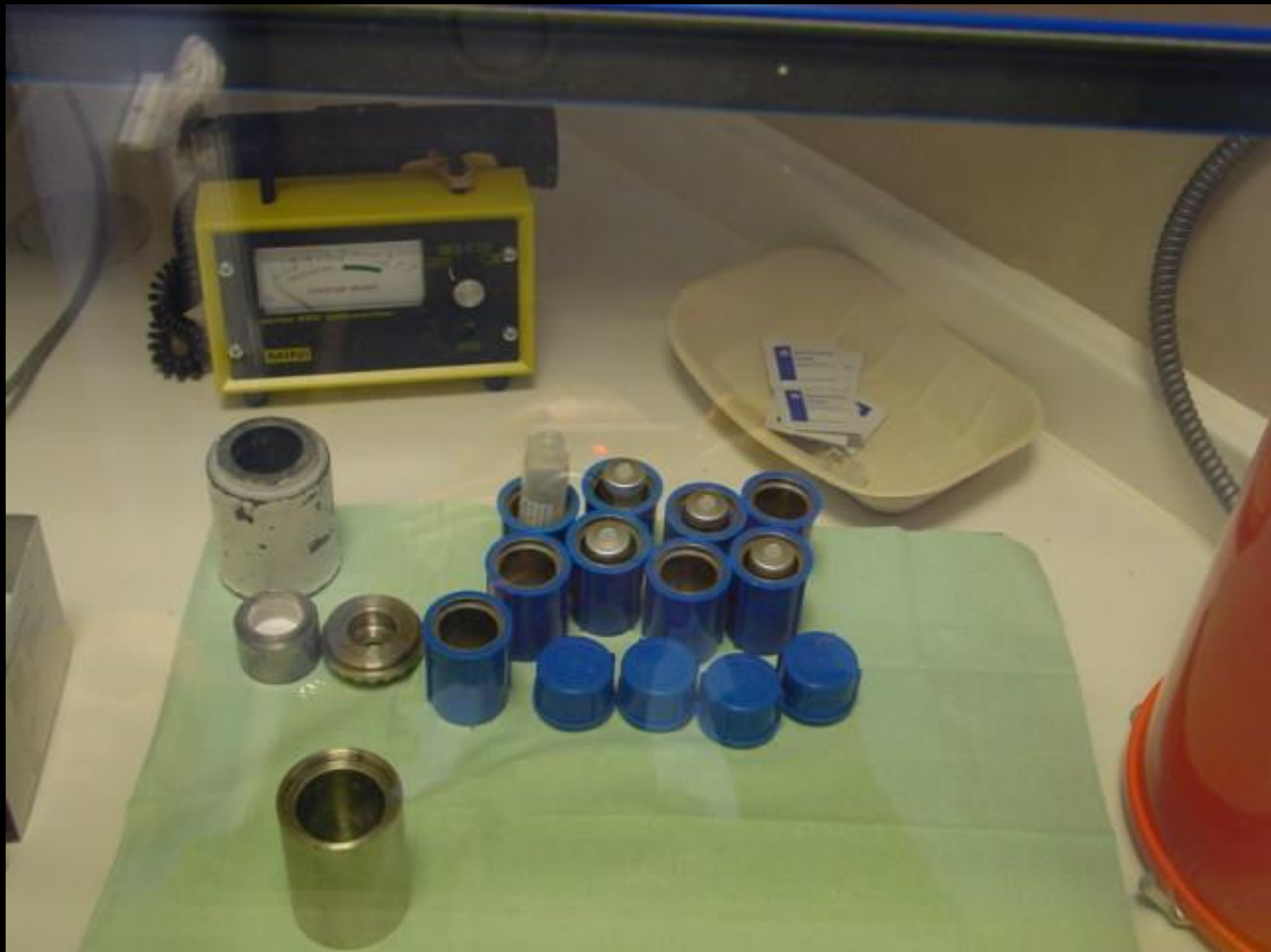
Stralingsbescherming

- Open bronnen:
vloeibaar / vluchtig

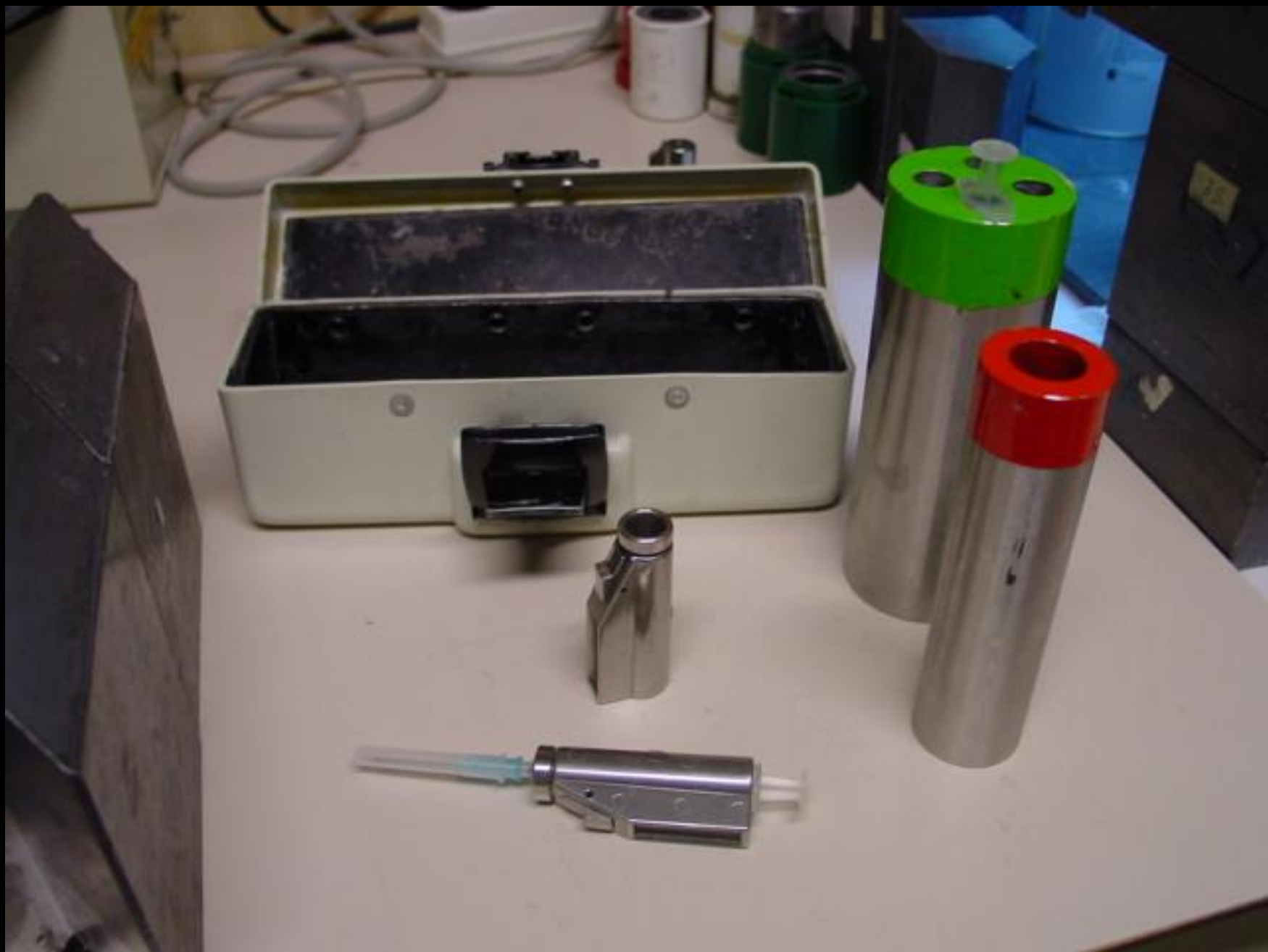
injectie / inhalatie / oraal /
- Uitwendige contaminatie
- Inwendige contaminatie

Stralingsbescherming

- Bronnen afschermen
 - loodscherm
 - loden vialhouders
 - loden spuithulzen/houders
- Dikte loodafscherming: halfwaarde dikte
 - Tc-99m: 0,3 mm
 - I-131: 3,0 mm (cave B min: plexiglas)
 - F-18: 5,0 mm







Stralingsbescherming

- Kwadratenregel!

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{X^2_2}{X^2_1}$$

- Tijdsafhankelijk!



Stralingsbescherming

Inwendige contaminatie

- handschoenen
- kleding
- eet/drank verbod
- rookverbod
- cave lichaamsvochten → apart toilet
- gecontamineerde oppervlakken dadelijk reinigen

Stralingsbescherming

- Persoonlijke dosimeter
- Jaarlijks onderzoek door arbeidsgeneesheer met speciale bekwaming
- Foetus: lid van de bevolking: 1 mSv

Lozingen: vast materiaal

- Opslaan in met lood omgeven afvalcontainers (cfr. halfwaardedikte)
- Vrijgave na 10 halflevens, geen verhoging backgroundstraling bij controle
- Bunker voor langlevende radionucliden



Lozingen: vloeibaar

- Vloeibare afvalproducten (laboratorium):
 - opslag in afgesloten recipienten in bunker
 - vrijgave na volledig verval.
- Urine:
 - via toilet naar openbaar riool
 - voldoende verdunning
 - meten !

Stralingsbelasting: bbp

- Jaarlijkse limiet: 20 mSv
- Bij inachtnaeme voorzorgsmaatregelen:
 - Ruim binnen de limieten
- Echter:

ALARA

Stralingsbelasting: patient

- Geen limieten
- Echter:
 - Richtlijnen (inter)nationale verenigingen Nucleaire Geneeskunde betreffende optimale dosissen.
 - ALARA
- Zwangeren: liefst uitstellen
- Borstvoeding: onderbreken

Stralingsbelasting: bevolking

- Patient = stralingsbron
- Afstand
- Tijdsduur
- Realistisch blijven
- Cave contact lichaamsvochten

Stralingsbelastig: therapie

- Beta-stralers
 - Hoge energie
 - Meer weefselschade
 - Moeilijker af te schermen
- Ambulant
- Isolatie-kamer
- Richtlijnen



Vragenlijst

Nucleaire geneeskunde maakt gebruik van:

- Open bronnen
- Gesloten bronnen
- Geen van beide
- Beide

Bij de therapeutische toepassingen in de nucleaire geneeskunde is het type ioniserende straling:

- Een gamma-straler
- Een X-straler
- Een beta-straler
- Geen van bovenstaande

Bij nucleaire geneeskunde zal de camera:

- Röntgenstralen uitzenden
- Gammastralen uitzenden
- Gammastralen uitgezonden door de patiënt detecteren
- Gammastralen uitzenden en detecteren.

Vragenlijst

Bij het verval via gammastralen wordt:

- Een foton (massa-loos deeltje) uitgezonden
- Een elektron uitgezonden
- Een heliumatoom uitgestoten
- Geen van bovenstaande

Een deterministisch effect is:

- Het ontstaan van kanker
- Het ontstaan van erfelijke afwijkingen
- Het ontstaan van zichtbare letsels welke enkel ontstaan nadat een hoge stralingsdosis is opgelopen
- Combinatie van bovenstaande.

De maximale jaarlijkse limietdosis voor de bevolking bedraagt:

- 0 mSv
- 1 mSv
- 20 mSv
- 100 mSv

Vragenlijst

De grootste bron van ioniserende straling bij de bevolking is:

- Natuurlijke straling
- Straling van tv-toestellen en computers
- Medische straling
- De straling in de omgeving van kerncentrales

Open bronnen mogen:

- Gewoon op het lichaam gedragen worden
- Zonder afscherming op een tafel liggen
- Niet zonder de nodige afscherming benaderd en gemanipuleerd worden
- Beschouwd worden als totaal ongevaarlijk.

Een eenvoudige manier om de opgelopen stralingsdosis te reduceren is:

- Zeer dicht bij een stralingsbron te gaan staan
- Voldoende afstand te houden omdat de opgelopen dosis afneemt het met kwadraat van de afstand.
- Voldoende afstand te houden omdat de opgelopen dosis afneemt recht evenredig met de afstand.
- Minstens 100 meter uit de buurt te blijven.

Vragenlijst

Het gebruik van wegwerphandschoenen op de dienst Nucleaire Geneeskunde is:

- Verplicht
- Wenselijk
- Onnodig
- Verboden

Als effectieve afscherming tegen gammastralers wordt gebruik gemaakt van:

- Hout
- Papier
- Lood
- Plexiglas

Bij het ALARA-principe.

Wordt de dosis zo laag mogelijk gehouden, maar toch voldoende om de nodige beeldinformatie te bekomen.

Dien je een zo hoog mogelijke dosis toe om de beste beelden te bekomen

Wordt er onafhankelijk van de leeftijd, het gewicht en de ziekte-toestand van de patiënt steeds een vaste dosis toegediend.

is de gulden regel van kracht: hoe meer, hoe beter.