

NUCLEAIRE GENEESKUNDE

Opleiding Stralingsprotectie

-

D. Aangewende technieken

-

Nucleaire Geneeskunde

Bart Dehaes

Historiek

Eerste ontdekkingen / beschrijving

Militaire toepassingen

Energie / medische toepassingen

PET

einde 19^e eeuw

1940

1950

1990

Historiek

Medische toepassingen:

radiologie

radiotherapie


nucleaire geneeskunde

Historiek



Nucleaire Geneeskunde

Diagnostische onderzoeken

- in vitro 
 - initiële diagnose → Klinische biologie
 - follow-up
- in vivo
 - initiële diagnose
 - follow-up
 - therapie-respons
 - recidief

Therapeutische toepassingen

Werking

Beeldvorming dmv scintigrafie

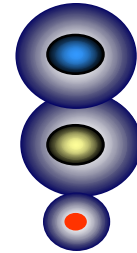
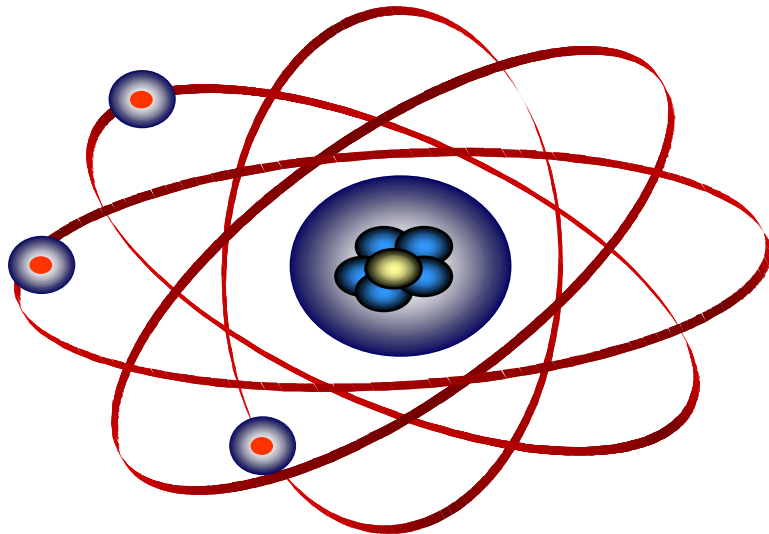
- Scintigrafie = visualiseren van de **functie** van een orgaan(stelsel) dmv toediening van radioisotoop-ligand
- Radio-isotoop stuurt na specifieke opname in orgaan(stelsel) fotonen uit welke door camera geregistreerd worden (scintilatie-principe)
- Karakteristiek afhankelijk van **tracer** specificiteit 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*

Verkleind beeld spreker
Geen tekst / foto aub

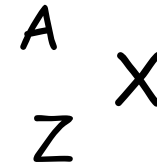
Fysisch principe: nuclide



Neutron: N

Proton: Z

Electron : e



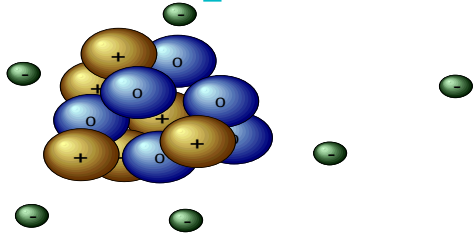
A: massagetal

Z: atoomgetal

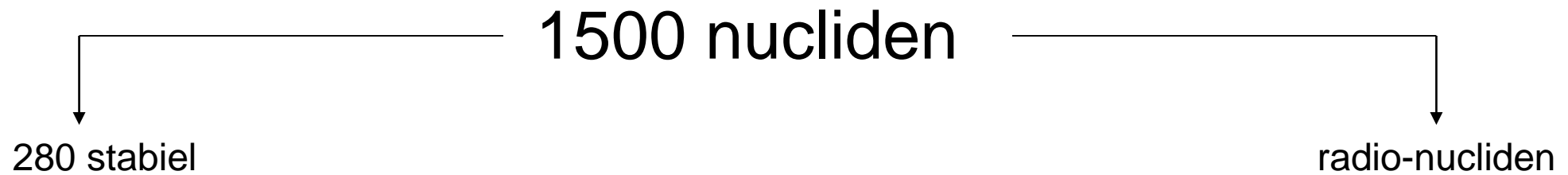
X: chemisch symbool

$$A = Z + N$$

Fysisch principe: nuclide



proton - neutron - electron

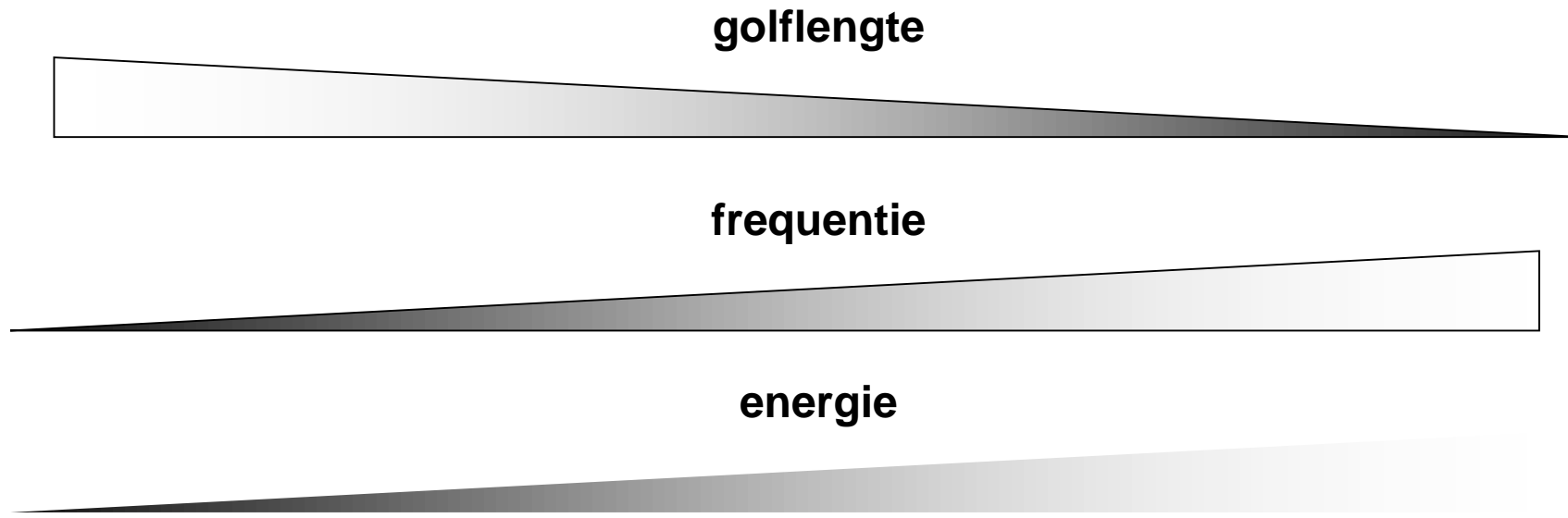


partikel

energie

Fysisch principe: electromagnetische straling

3 karakteristieken:



radio → IR → zichtbaar → UV → X → gamma

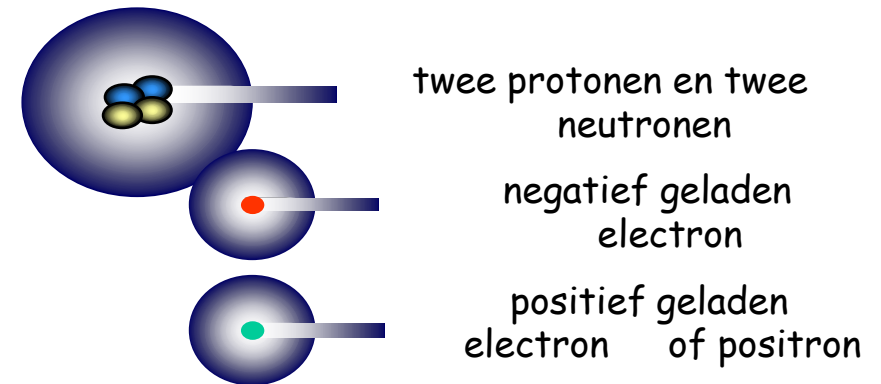
Fysisch principe: electromagnetische straling

radioactief verval met deeltjes:

α - stralen

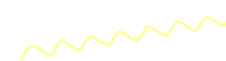
β^- - stralen

β^+ - stralen



radioactief verval met straling:

γ - stralen



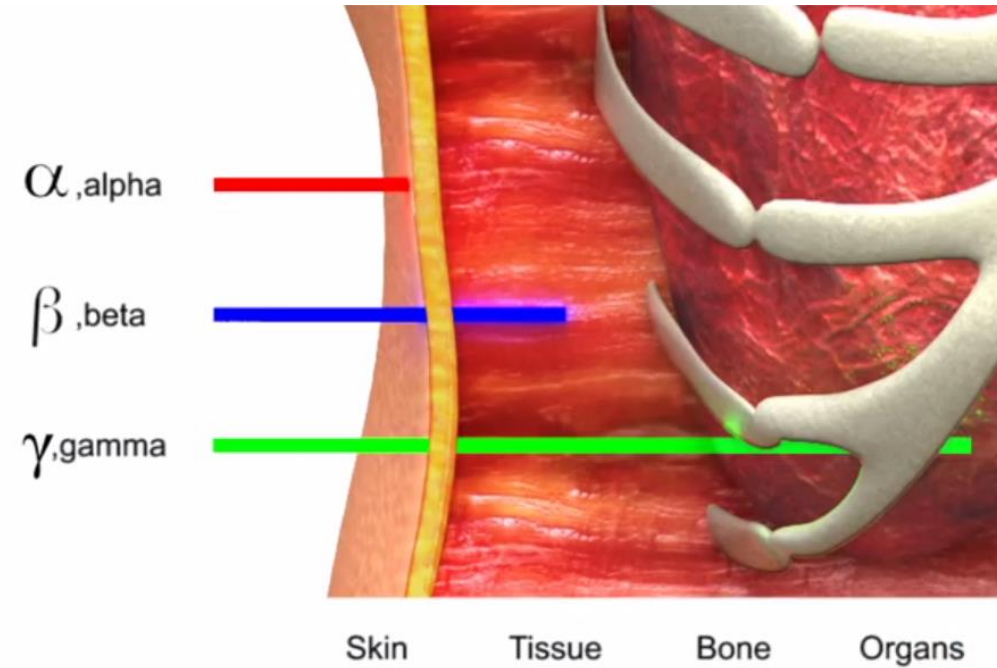
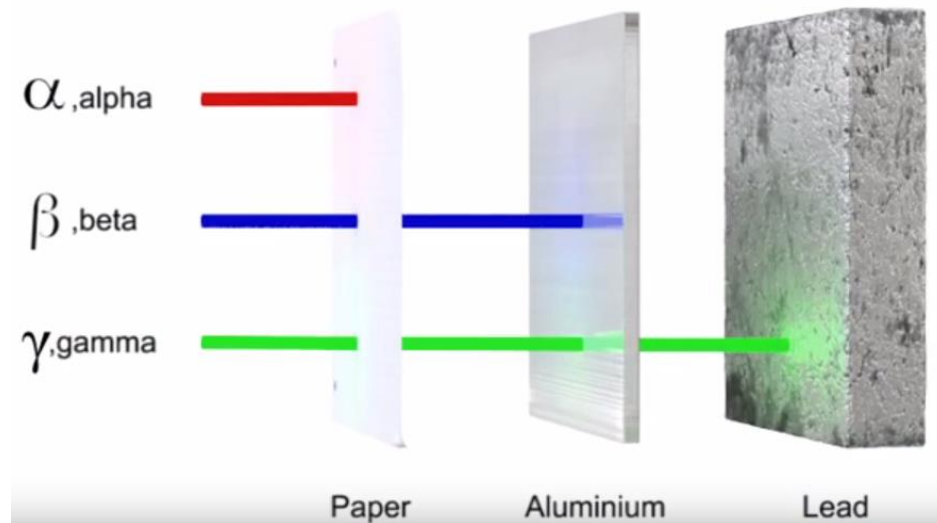
Fysisch principe: types ioniserende straling

- Alfa-stralen → recent: Xofico
- Beta-min-stralen → radiotherapie
- Positronen → PET
- Gammastralen → nucleaire diagnostiek
- Röntgenstralen → radiologie

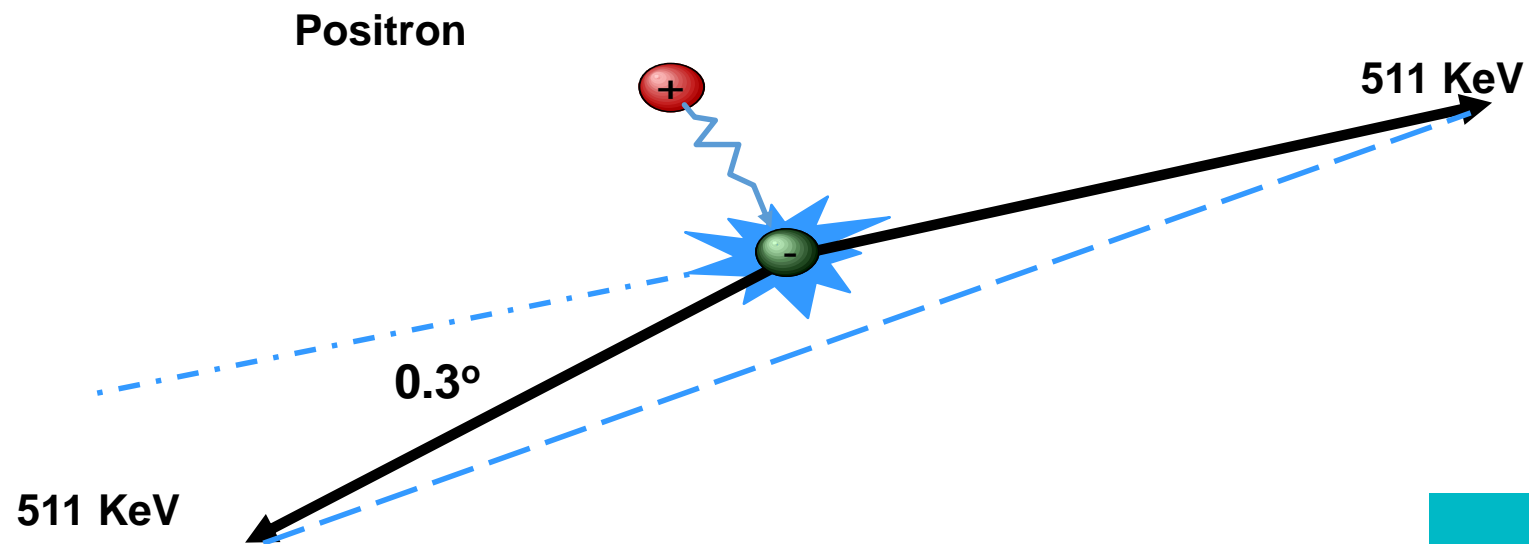
Fysisch principe: γ -stralen

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

Fysisch principe: types ioniserende straling



Fysisch principe: positron



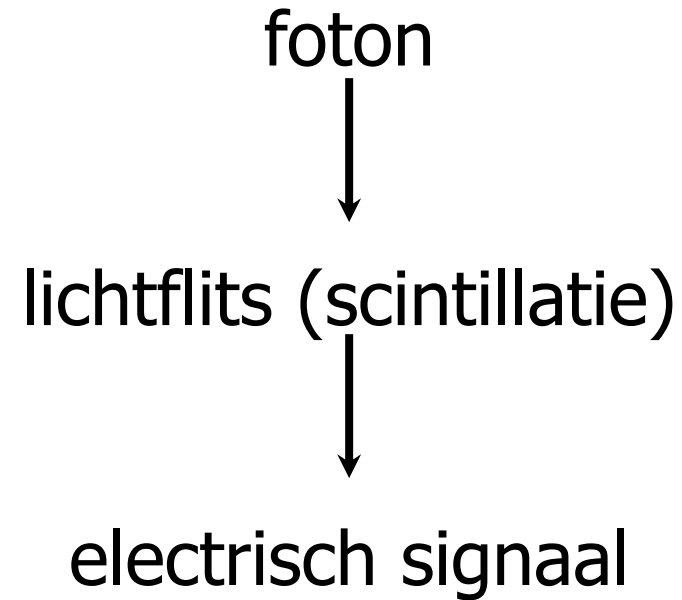
Fysisch principe: radionucliden

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

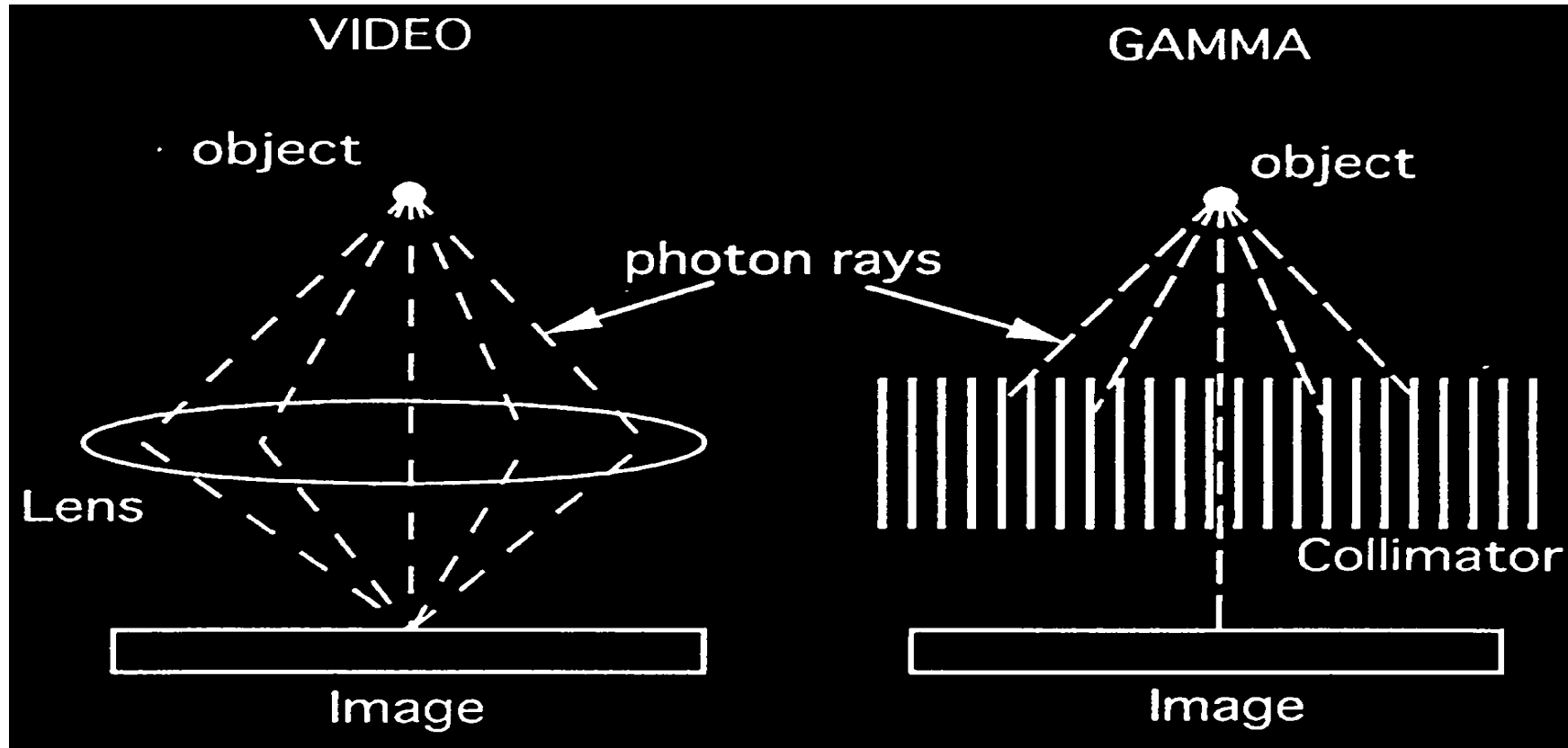


Fysisch principe: collimator

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



Verkleind beeld spreker
Geen tekst / foto aub

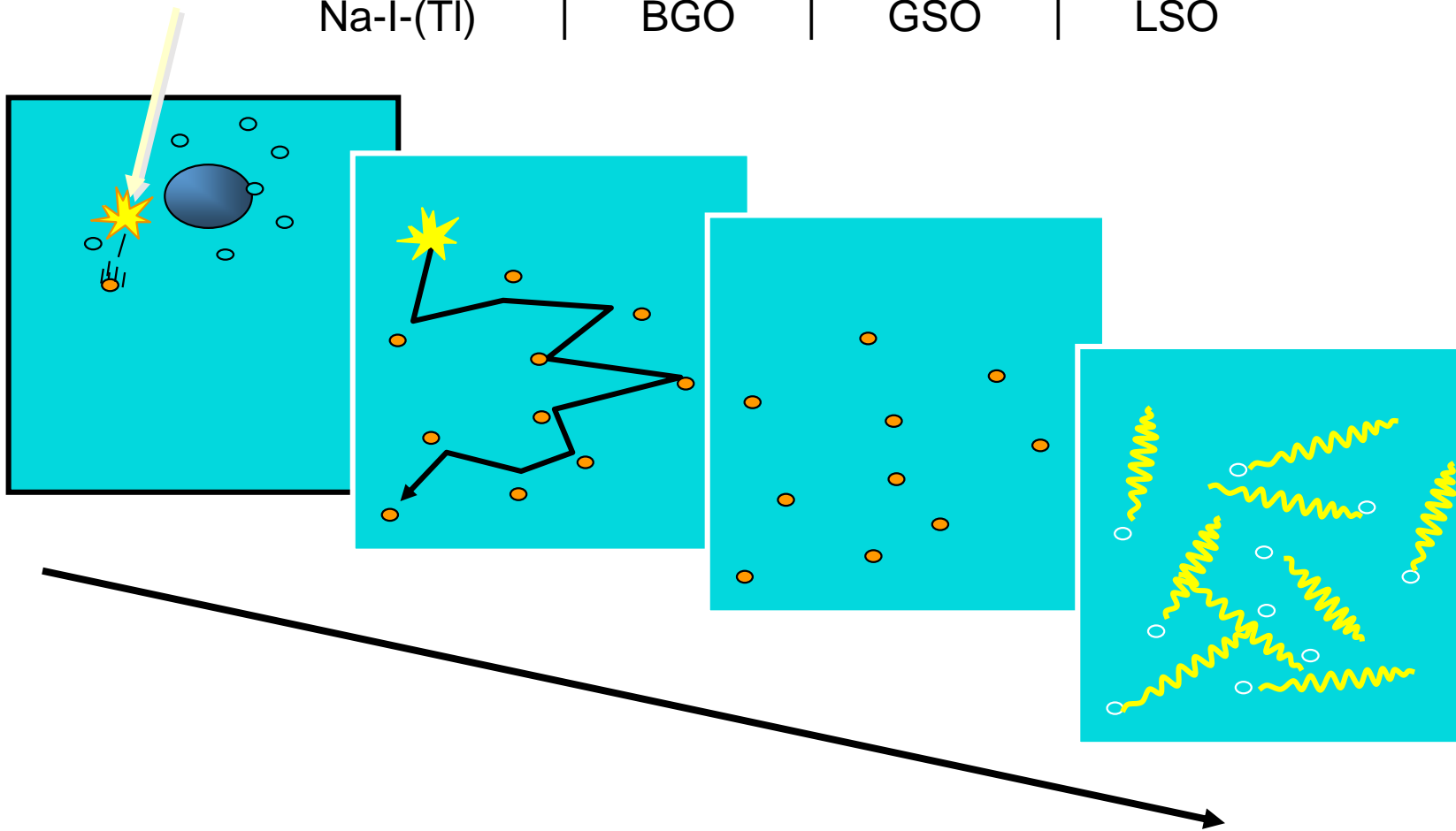
Fysisch principe: kristal

Na-I-(Tl)

BGO

GSO

LSO



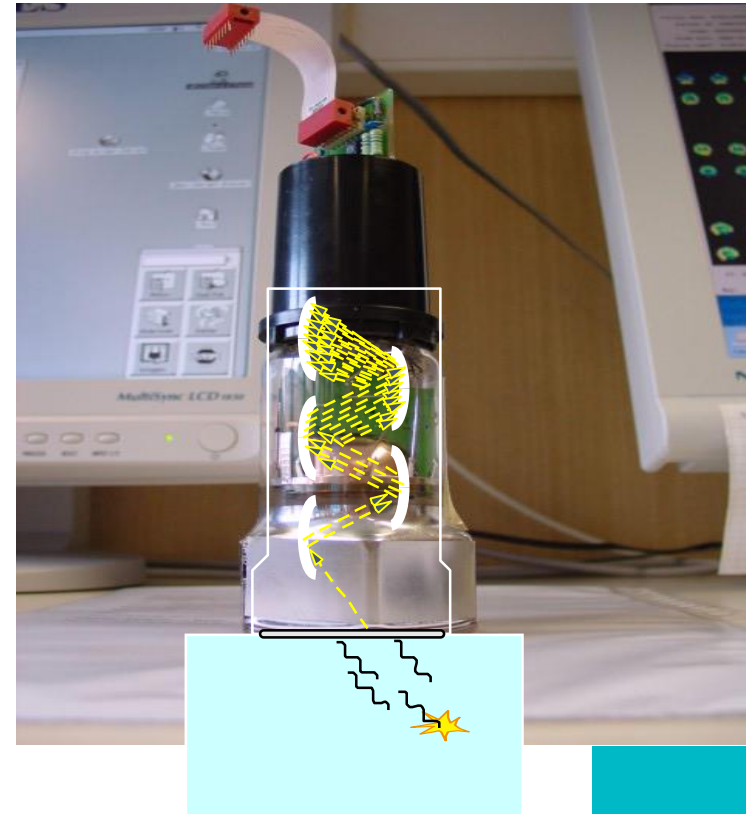
Fysisch principe: foto-multiplier

Doel : omzetten lichtenergie in electrisch signaal

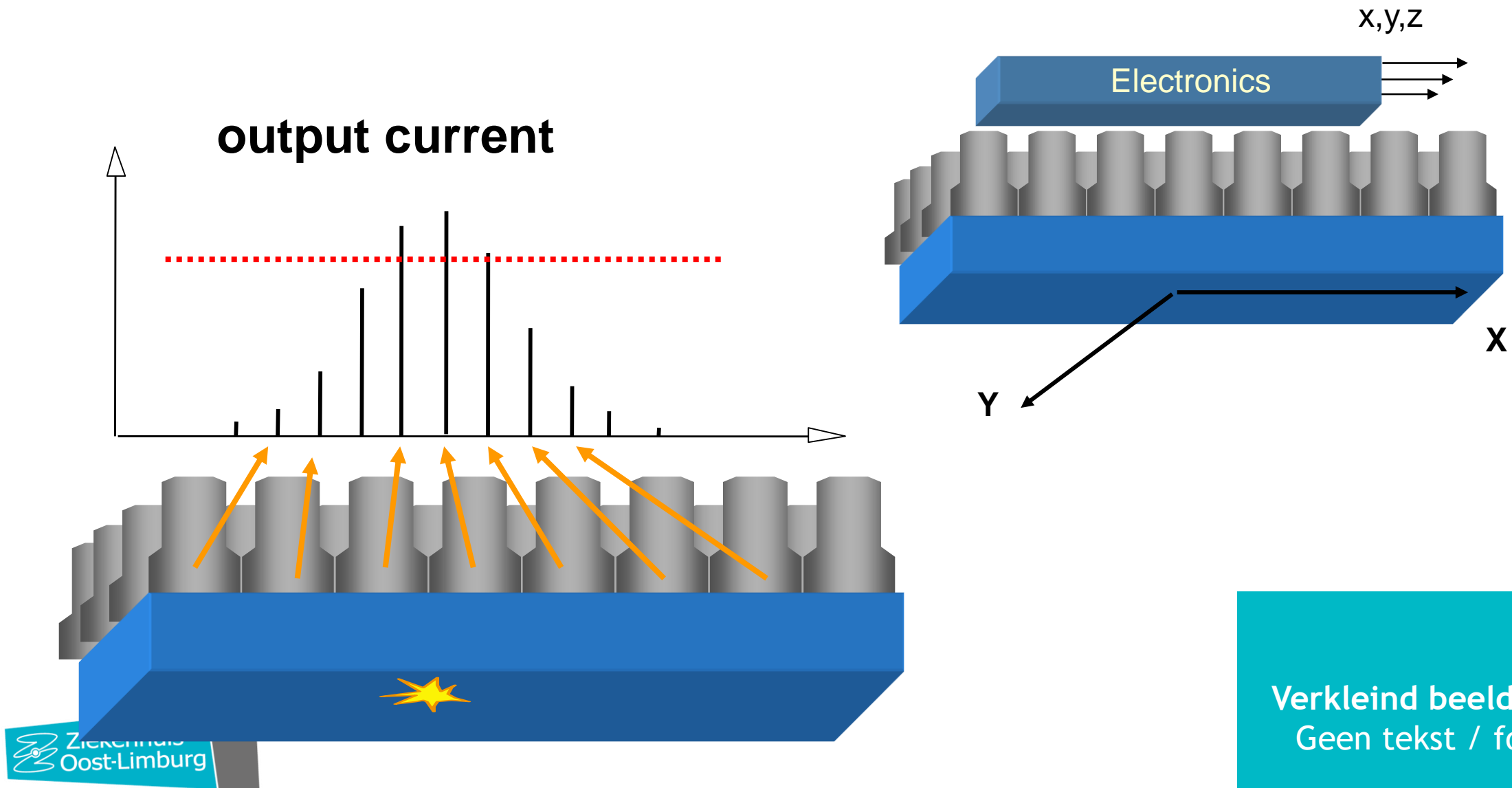
- zeer klein electrisch signaal versterken
- plaatsbepaling
- energiebepaling

ALLE PMT's

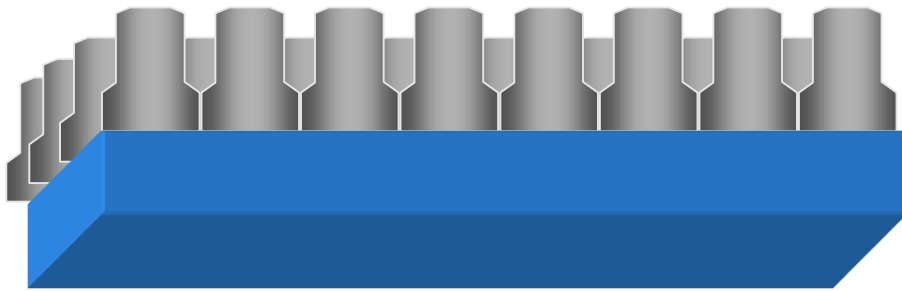
Fysisch principe: foto-multiplier



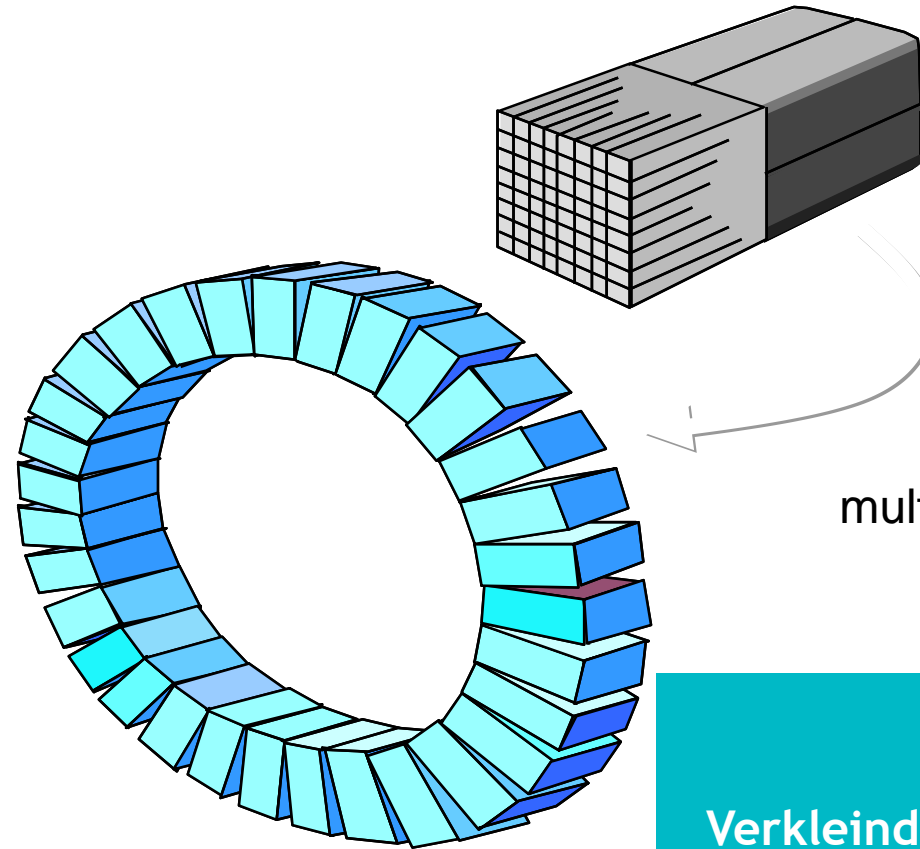
Fysisch principe: foto-multiplier



Fysisch principe: detectorontwerp

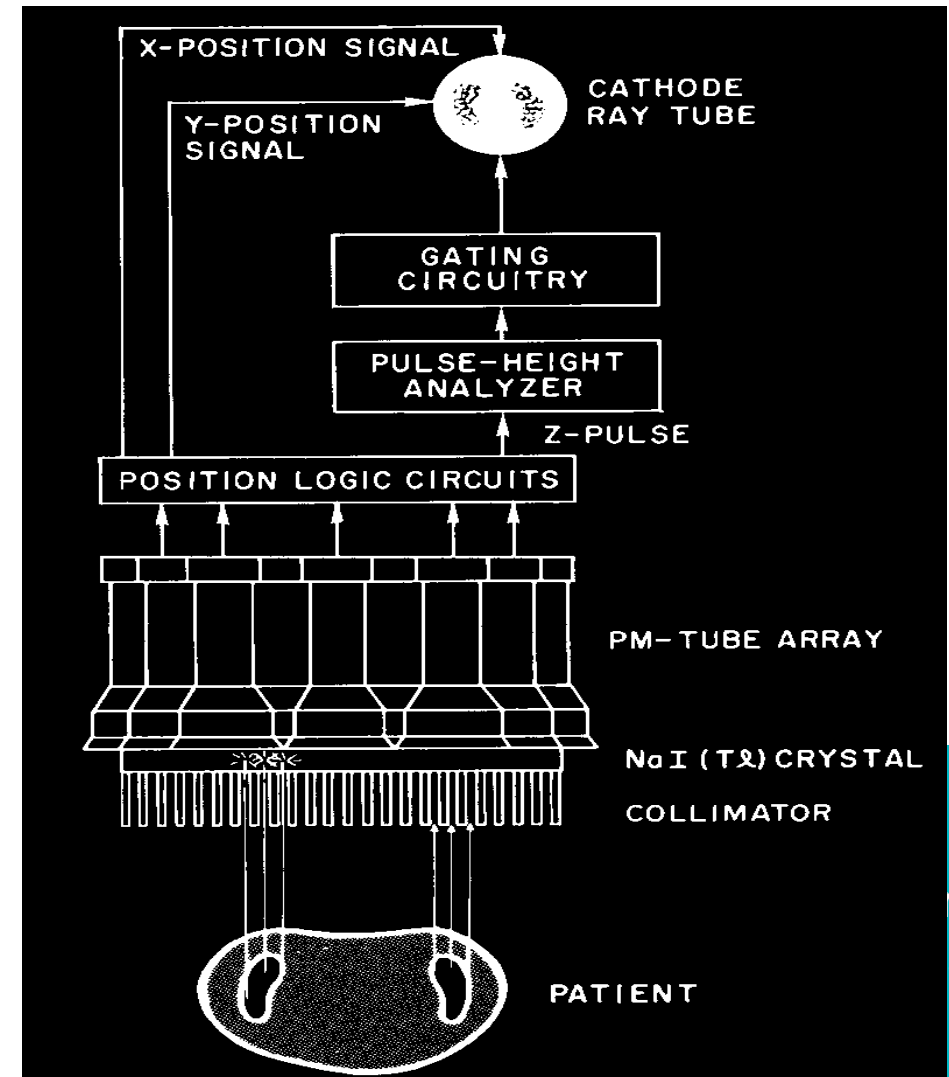
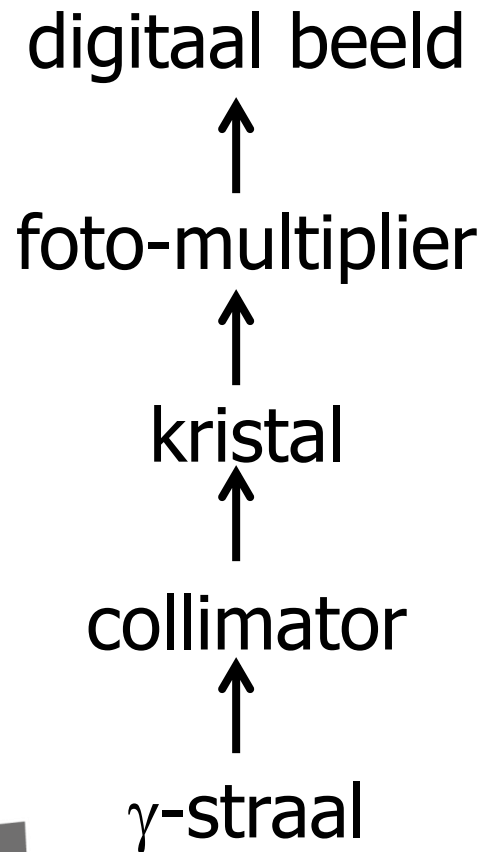


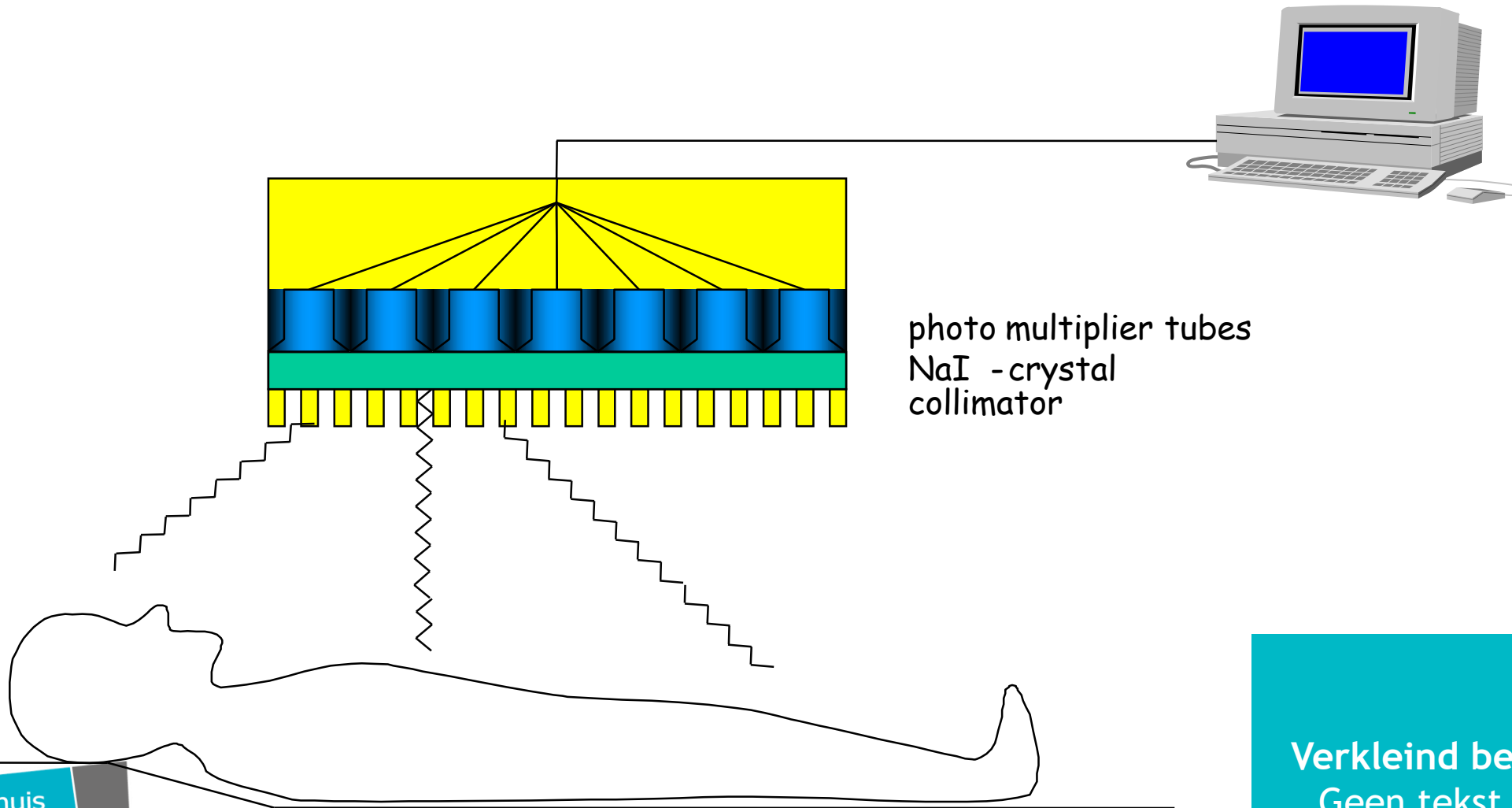
Single crystal
=
gamma-camera



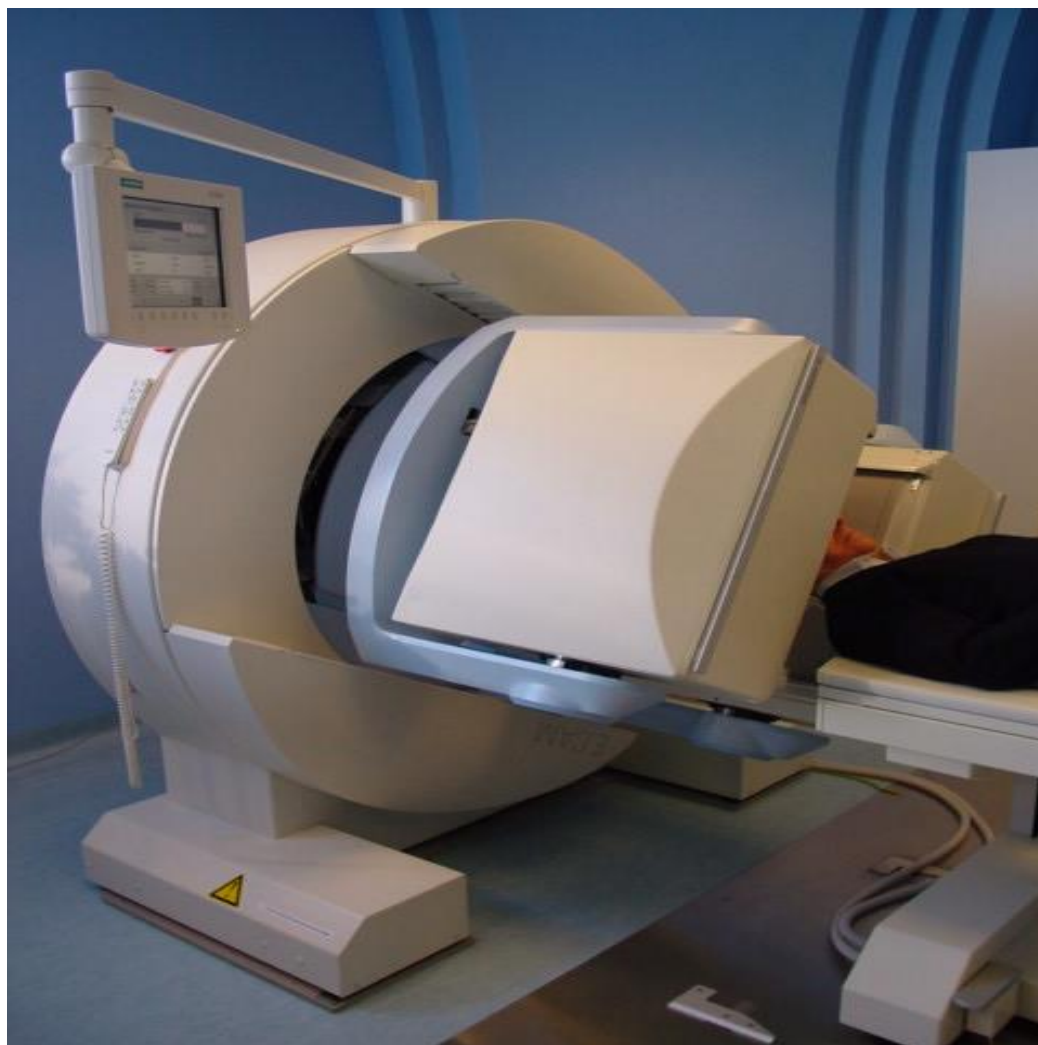
multi-crystal
=
PET

Fysisch principe: gammacamera

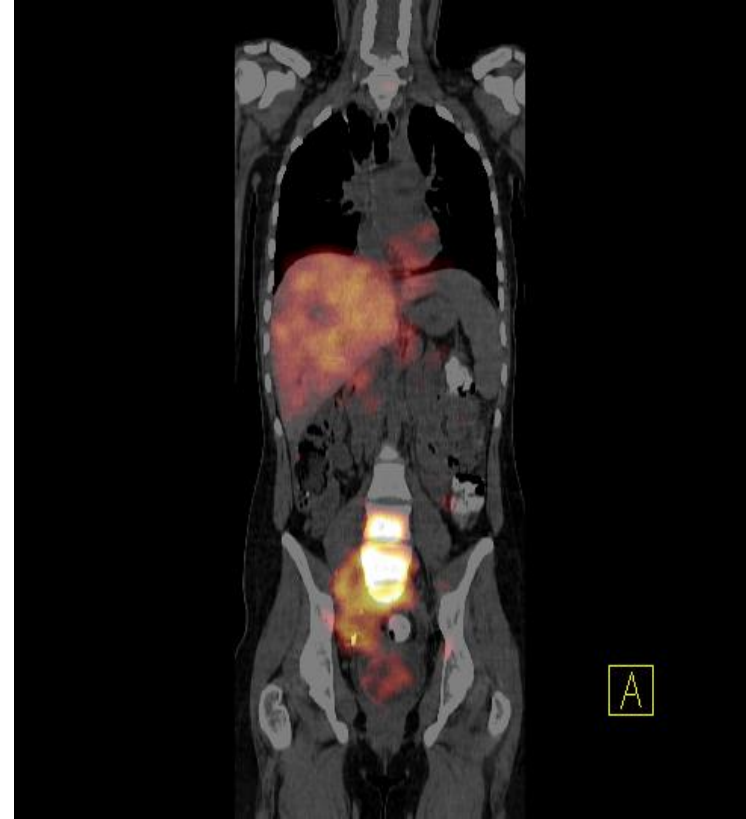




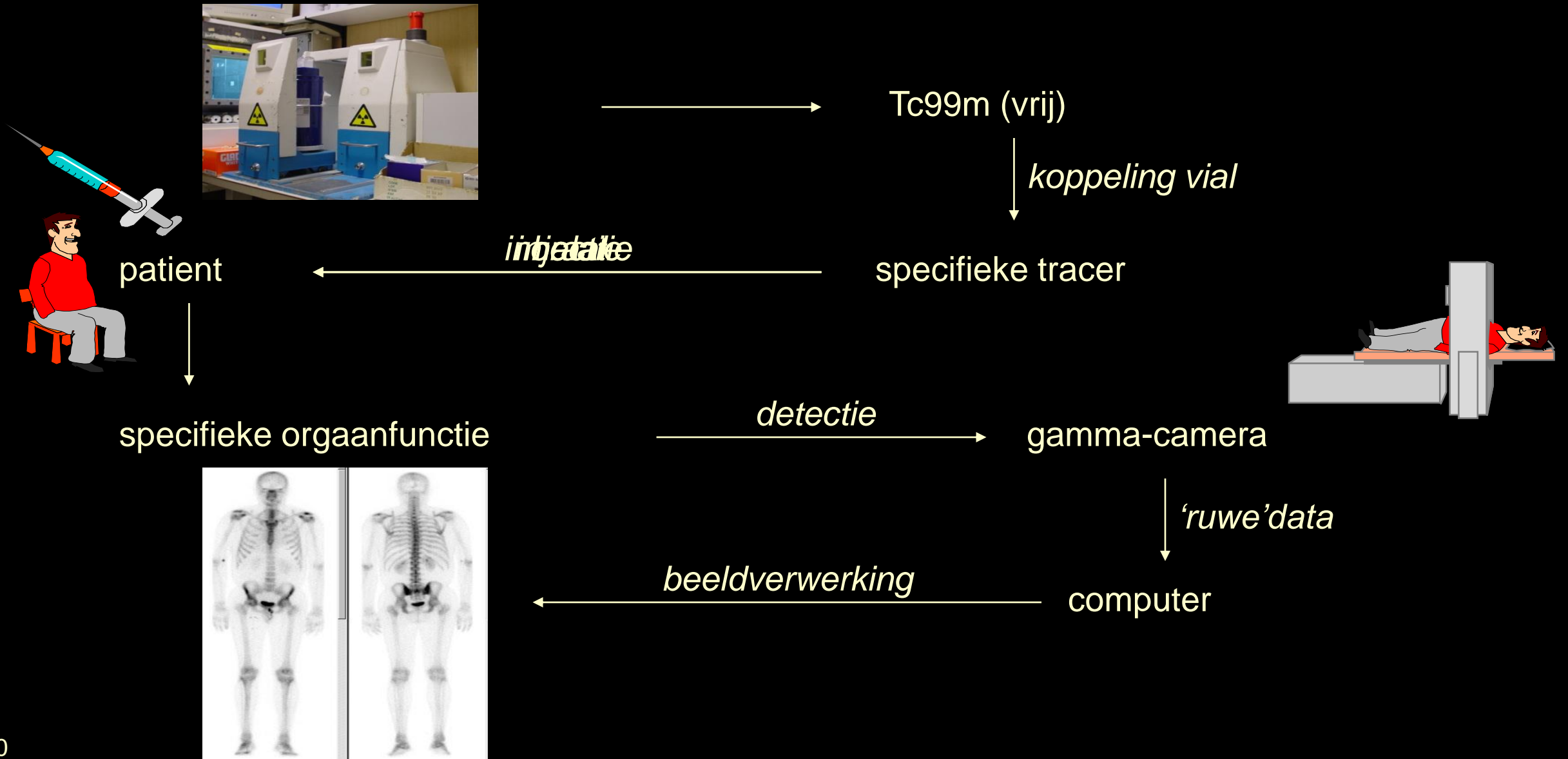
Verkleind beeld spreker
Geen tekst / foto aub



Verkleind beeld spreker
Geen tekst / foto aub

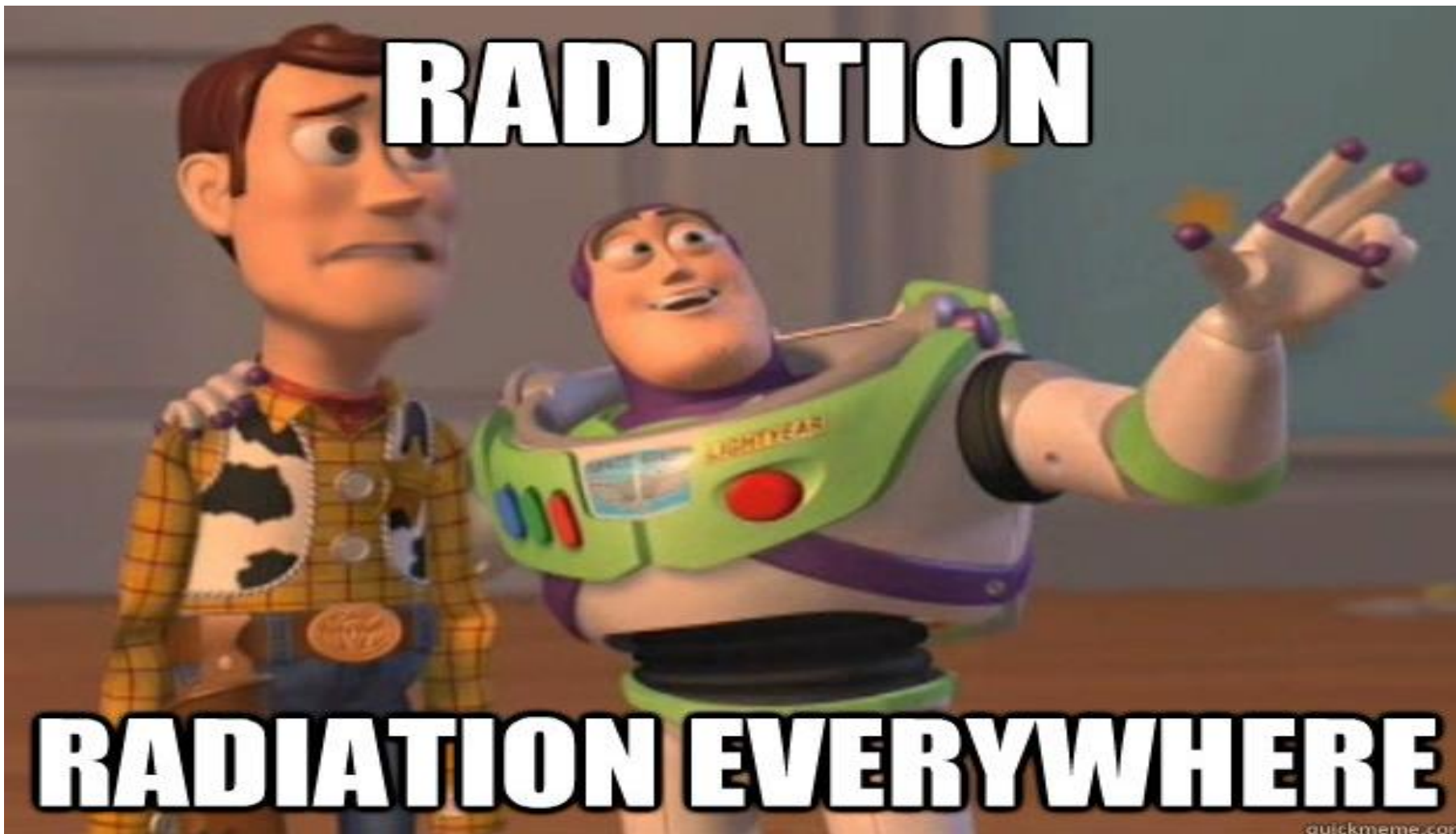


Practisch





Verkleind beeld spreker
Geen tekst / foto aub



Begrippen

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

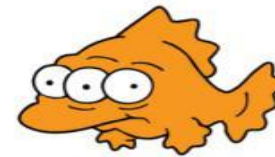
SIMPSONS GUIDE TO RADIATION



Becquerel [Bq]
How brightly your
Cesium glows



Gray [Gy]
How brightly
Cesium will make
you glow



Sieverts [Sv]
How many extra
eyes will you have
after glowing?

Stralingseffecten

Deterministisch

zichtbaar

drempelwaarde

- Vb. 1000 Sv: †
100 Sv: neurologisch
10 Sv: gastro-intestinaal
2 Sv: stralingsziekte
LD₅₀: > 3,5 Sv (op korte tijd)

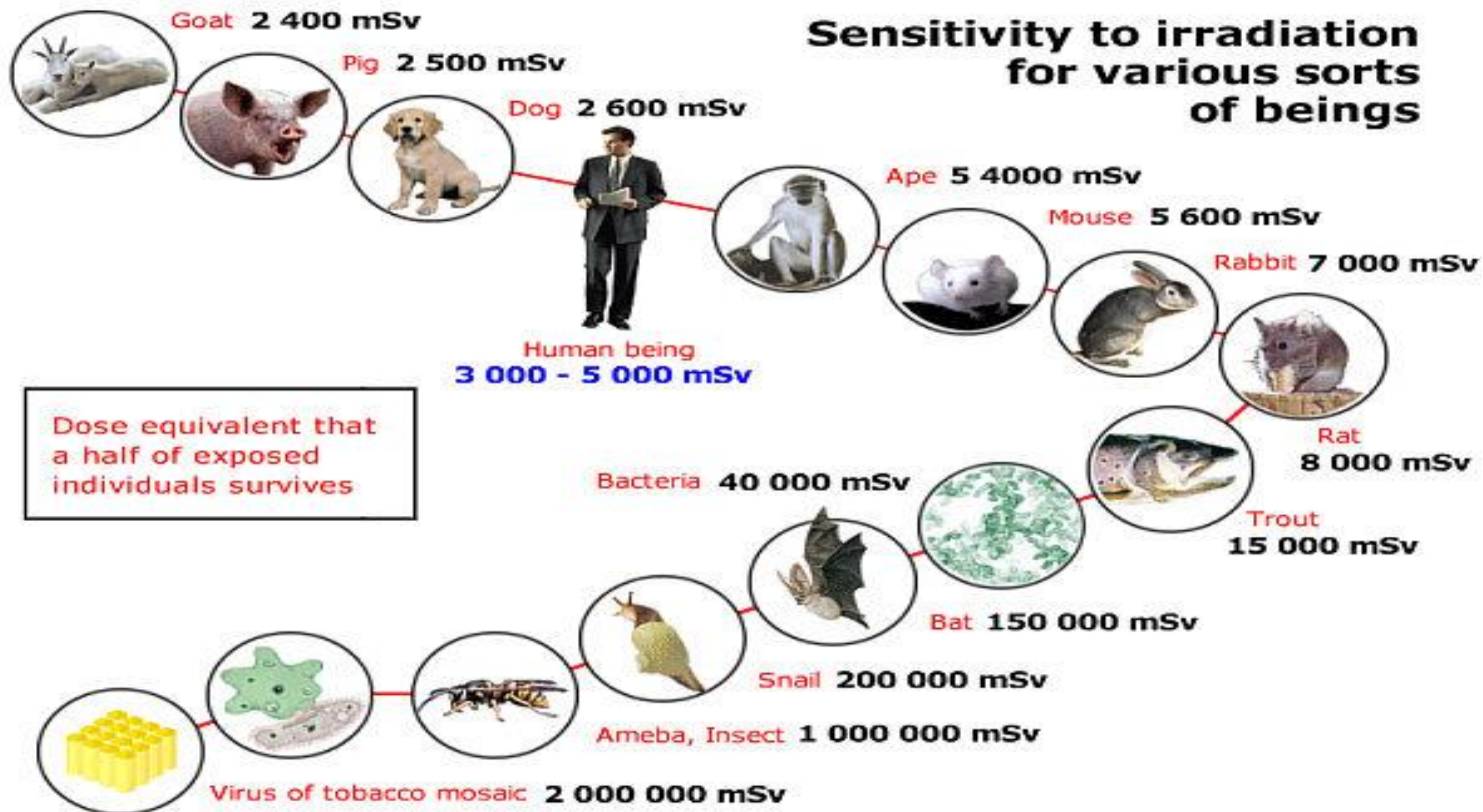
Stralingseffecten

Stochastisch

geen onmiddellijke klinische tekens
geen drempelwaarde

- Somatisch: tumorinductie
- Verandering genetisch materiaal
- Ontwikkelingsstoornissen

Sensitivity to irradiation for various sorts of beings



Stralingsbronnen

Tabel 15: Populatiedosis per caput in mSv/jaar.

Populatiedosis per caput in mSv/jaar	2001 (5)	2006 (37)	2010 (1)	2015
Natuurlijke blootstelling				
Kosmische straling	0,4	0,4	0,3	0,3
Aardstraling	0,4	0,4	0,4	0,4
Inhalatie van natuurlijke radionucliden (Radon en Thoron)	1,5	1,5	1,7	1,4
Ingestie van natuurlijke radionucliden	0,3	0,3	0,3	0,3
Totaal natuurlijk	2,5	2,5	2,8	2,4
Kunstmatige blootstellingen				
Medische blootstellingen	2,0	2,1	2,3	1,5
Andere kunstmatige blootstellingen	< 0,05	< 0,05	< 0,01	< 0,01
Totaal kunstmatig	2,0	2,1	2,3	1,5
Totaal	4,5	4,6	5,1	4,0

Relatieve risico's



Relatieve risico's

Welke dosis loopt een patiënt op in de "medische beeldvorming", vergeleken met andere straling

- Vliegreis van 10 uur: 0,05 mSv
- Twee weken kamperen in de Ardennen: 0,2 mSv
- Natuurlijke achtergrondstraling in België: 3,5 mSv
- Rx thorax: 0,1 à 0,4 mSv
- RX colon: 5 mSv
- CT deel van het lichaam: 1 à 10 mSv
- Skeletscintigrafie: 4 mSv
- PET: 8 mSv
- PET/CT: 15 à 25 mSv

Relatieve risico's

De volgende activiteiten hebben een mortaliteitsrisico van 1 op 1 miljoen

- werken op een afdeling nucleaire geneeskunde: 10 dagen
- sigaret roken : 1,4
- leven in een verontreinigde stad : 2 dagen
- reizen in een kano : 6 minuten
- bergbeklimmen : 1,5 minuut
- rijden met een wagen : 480 km
- reizen met een vliegtuig : 1600 km
- samenleven met een roker : 2 maanden
- dieet coke drinken : 30 blikjes

Relatieve risico's

Verwachte daling in levensduur

- Ongehuwde man : 3500 dagen (9,6 jaar)
- Rokende man : 2250 dagen (6,2 jaar)
- Ongehuwde vrouw : 1600 dagen (4,3 jaar)
- 30% overgewicht : 1300 dagen (3,6 jaar)
- Kanker : 980 dagen (2,7 jaar)
- Bouwvakker : 300 dagen
- Auto-ongeval : 207 dagen
- Ongeval in huis : 95 dagen
- Administratief werk : 30 dagen
- Radiologisch onderzoek : 6 dagen

Wettelijke limieten

- Beroepsblootgesteld personeel: 20 mSv/lopend jaar
- Bevolking: 1 mSv/lopend jaar

Tabel 9: De verdeling van de opgelopen dosissen van beroepshalve blootgestelde personen in 2013 in België (25).

Aantal BBP ^(a) (%)	$E_m^{(b)} < DL^{(c)}$	$DL \leq E_j^{(d)} < 1mSv$	$1mSv \leq E_i < 5mSv$	$5mSv \leq E_j < 10mSv$	$10mSv \leq E_i < 15mSv$	$15 \leq E_j < 20mSv$	$20mSv \leq E_j$
Alle sectoren	22914 (59,37)	11864 (30,74)	3682 (9,54)	121 (0,31)	12 (0,03)	1 (0,003)	0 (0,00)
Medische sector	12681 (35,92)	5709 (16,17)	550 (1,59)	66 (0,19)	12 (0,03)	1 (0,003)	0 (0,00)

^(a)BBP = Beroepshalve blootgestelde personen

^(b) E_m = maandelijkse effectieve dosis

^(c)DL = detectielimiet

^(d) E_j = effectieve dosis/jaar

Stralingsbescherming

- Open bronnen:
vloeibaar / vluchtig

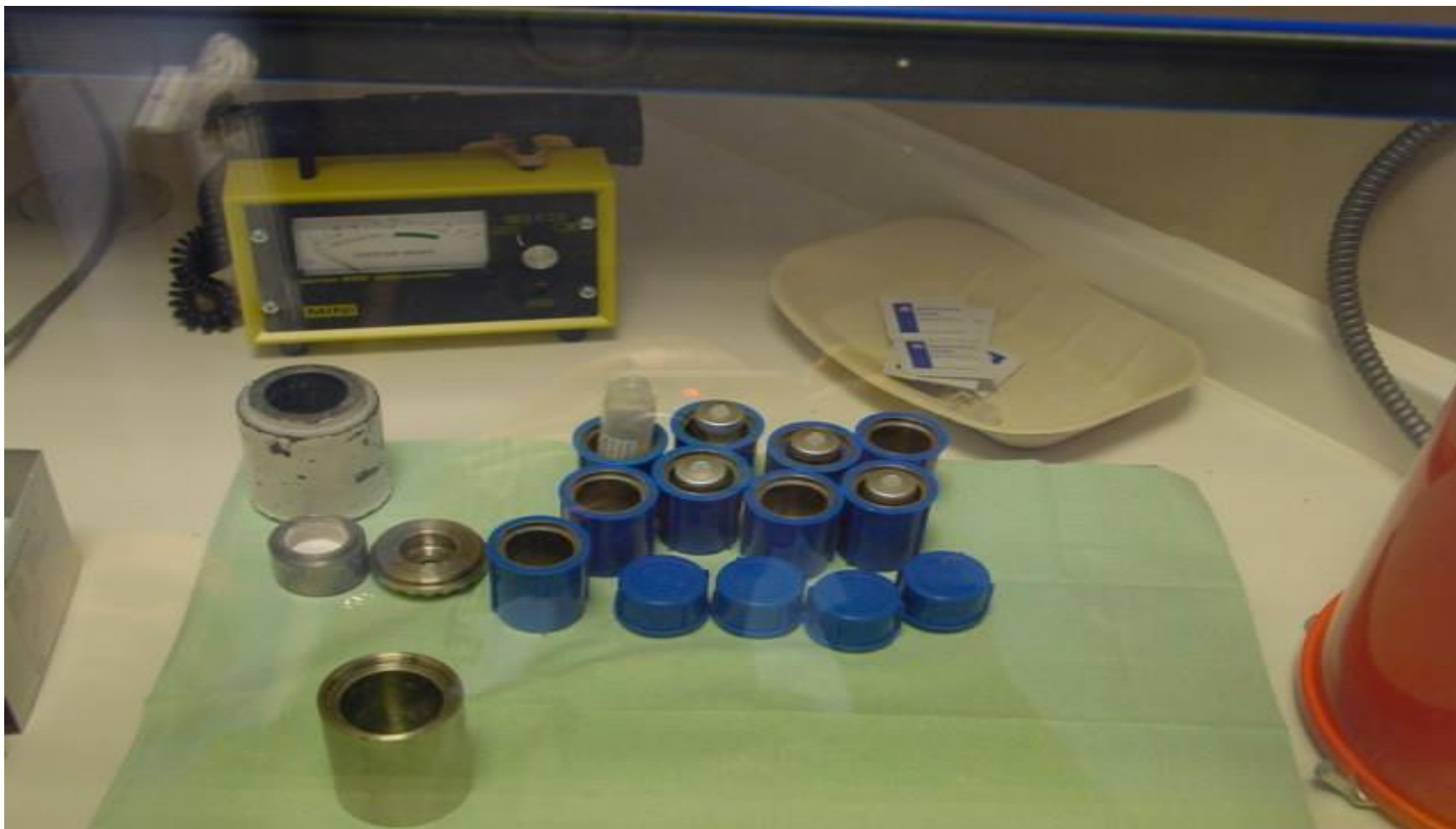
injectie / inhalatie / oraal /
- Uitwendige contaminatie
- Inwendige contaminatie

Hoe beschermen



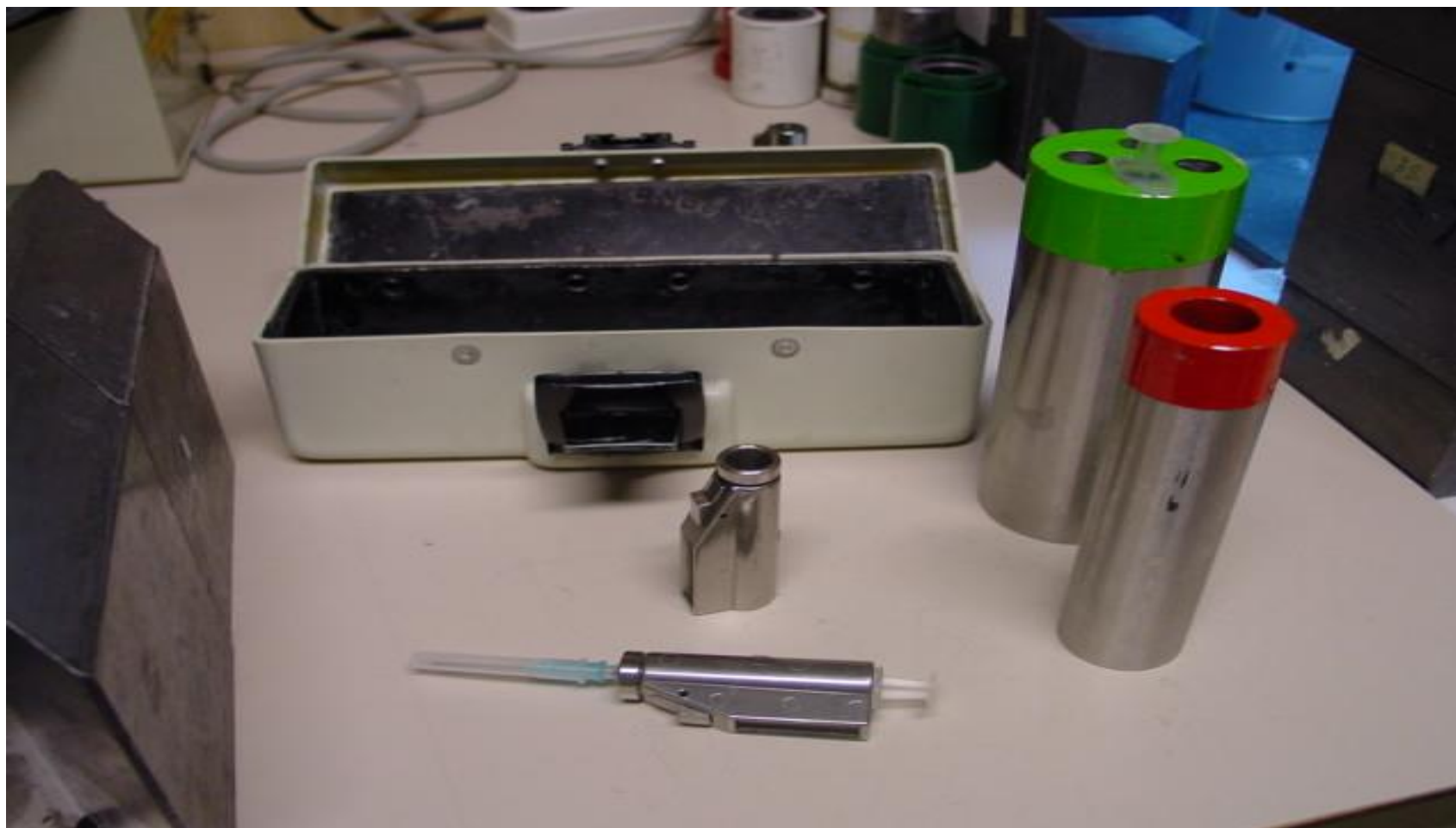
Stralingsbescherming

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



Verkleind beeld spreker
Geen tekst / foto aub





Verkleind beeld spreker
Geen tekst / foto aub

Stralingsbescherming

- Kwadratenregel!

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

- Tijdsafhankelijk!



Verkleind beeld spreker
Geen tekst / foto aub

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 inachtnaam 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

