

Opleiding Stralingsdeskundigheid niveau 3 / 4B

Dosimetrie, deel 1

introductie dosisbegrip

W.P. Moerman

Radboud Universiteit Nijmegen



Dosis

- Meestal: hoeveelheid werkzame stof



Dosering

Uw arts heeft een dosering vastgesteld.
In het algemeen geven de onderstaande
doseringen het beste resultaat:

Kinderen van 6-12 maanden (5,5-10 kg):

2 zetpillen van 120 mg per dag

Kinderen van 1-2 jaar (10-12,5 kg):

2 zetpillen van 240 mg per dag

Kinderen van 2-4 jaar (12,5-17 kg): 3 zetpillen

van 240 mg per dag

Kinderen van 4-6 jaar (17-22 kg): 4 zetpillen

van 240 mg per dag

*Kinderen van 6 tot 9 jaar: een halve tablet
per keer, maximaal 4 tot 6 keer per dag of*

2-3 zetpillen van 500 mg per dag

Kinderen van 9 tot 12 jaar: 1 tablet per keer,



Inhoud

dag 1

- dosis
- kerma
- exposie

dag 2

- equivalente dosis
- effectieve dosis
- effecten van straling



Dosis (D)

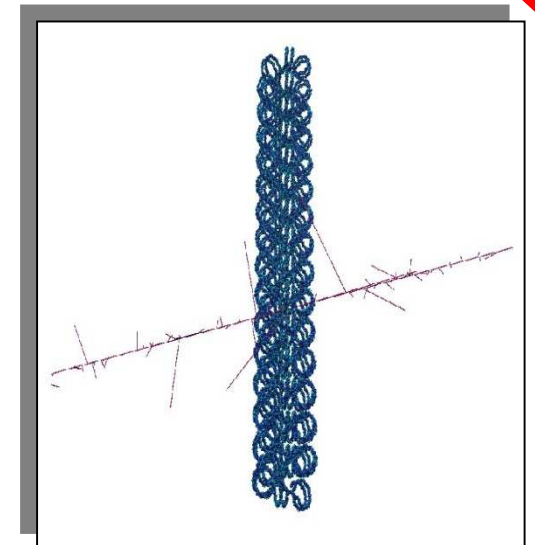
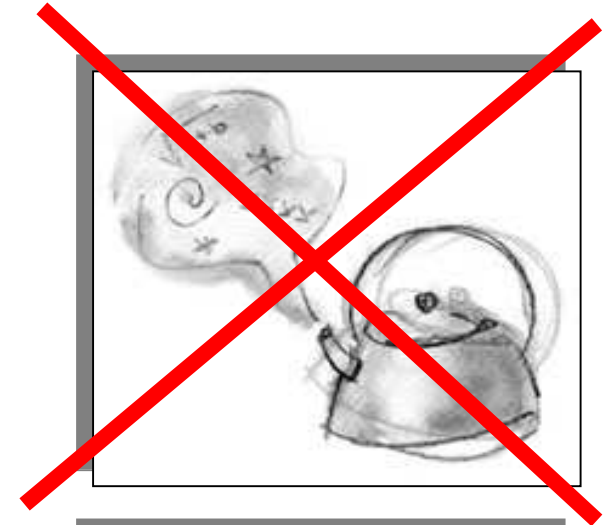
- dosis:
 - “geabsorbeerde dosis”
 - hoeveelheid straling per massa-eenheid
 - J/kg





Effect van 10 J/kg

- 10 J/kg in het lichaam:
 - 0,0024 °C temperatuurverhoging.
- 10 J/kg straling:
 - overlijden binnen paar weken.
- belangrijk:
 - ionisaties
 - niet temperatuursverhoging
 - DNA meest gevoelig





Dosiseenheid

- **gray (Gy)**
J/kg ioniserende straling
 $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$
- gray
 - ~ hoeveelheid ionisaties
 - ~ hoeveelheid stralings schade

vroeger:

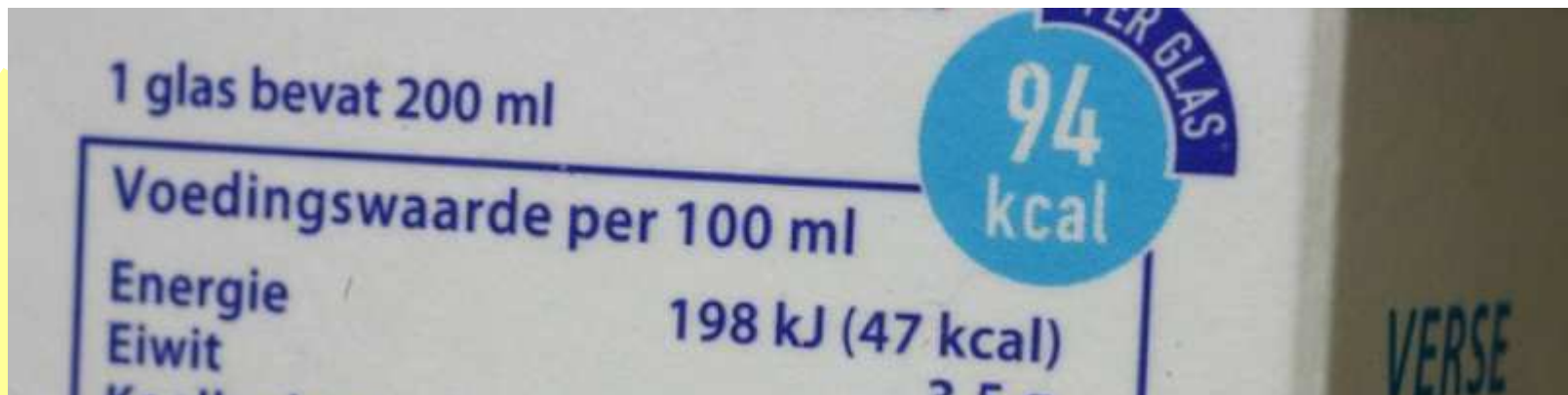
rad = radiation absorbed dose

$1 \text{ rad} = 1 \text{ cGy} = 0,01 \text{ Gy}$



Stralingsdosis

- Hoeveelheid werkzame straling
 - geabsorbeerde stralingsenergie
 - per kilogram
 - joule per kilogram (J/kg) = gray (Gy)
 - = massieke energieafgifte



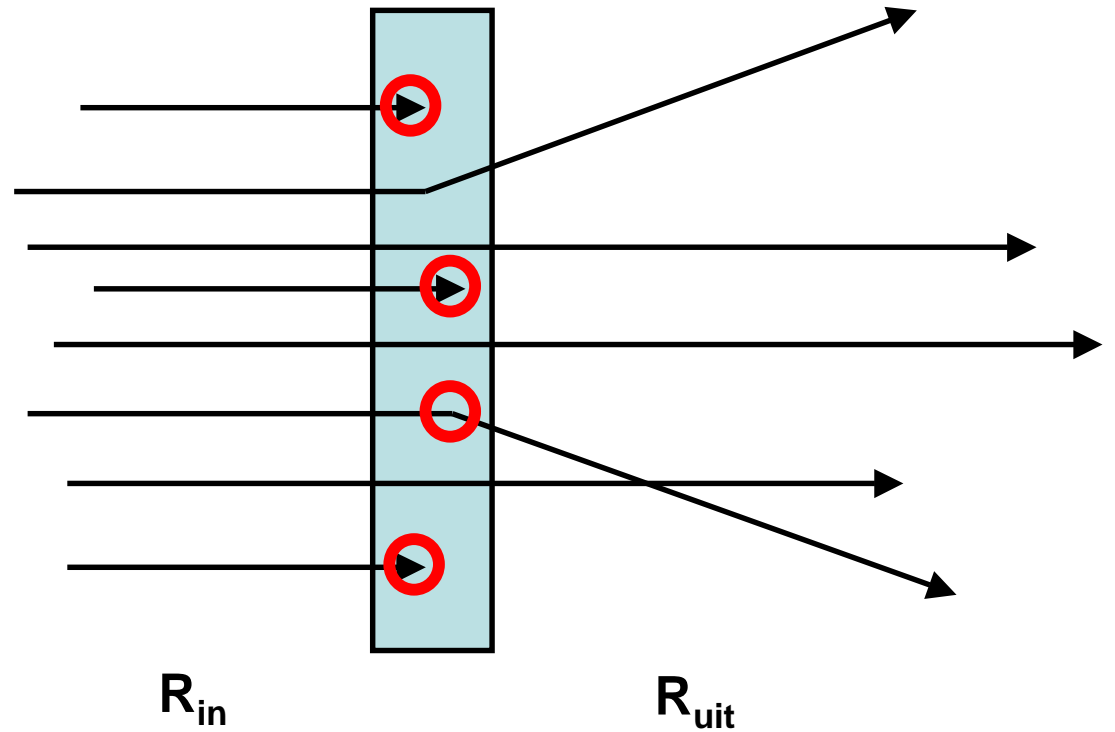


“geabsorbeerde” dosis

- niet homogeen
- gemiddelde
- punt

- $D = \frac{d\bar{\varepsilon}}{dm}$

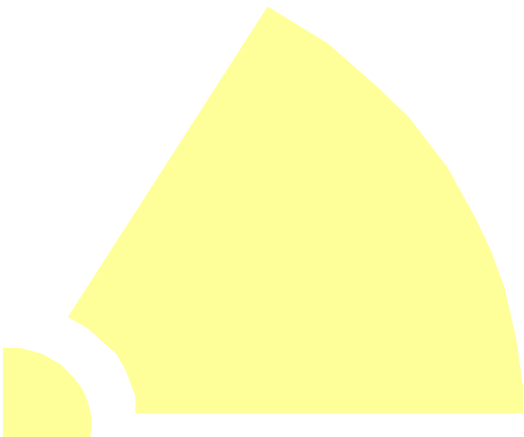
- $\bar{\varepsilon} = R_{in} - R_{uit}$





Berekenen stralingsdosis

- Berekenen mbv
 - fluentie Φ
 - stralingsenergie E_{foton}
 - massieke energieabsorptiecoëfficiënt μ_{en}/ρ





Geabsorbeerde dosis

- fotonenstraling
 - $D = \Phi E \mu_{\text{en}}/\rho$ (Bos 4.14)
 - bij geladen deeltjes evenwicht

in “gewone” eenheden:

- $D = 1,602 \cdot 10^{-10} \Phi E \mu_{\text{en}}/\rho$
- Φ in cm^{-2}
- E in MeV
- μ_{en}/ρ in cm^2/g



Voorwaarde: geladen deeltjes evenwicht

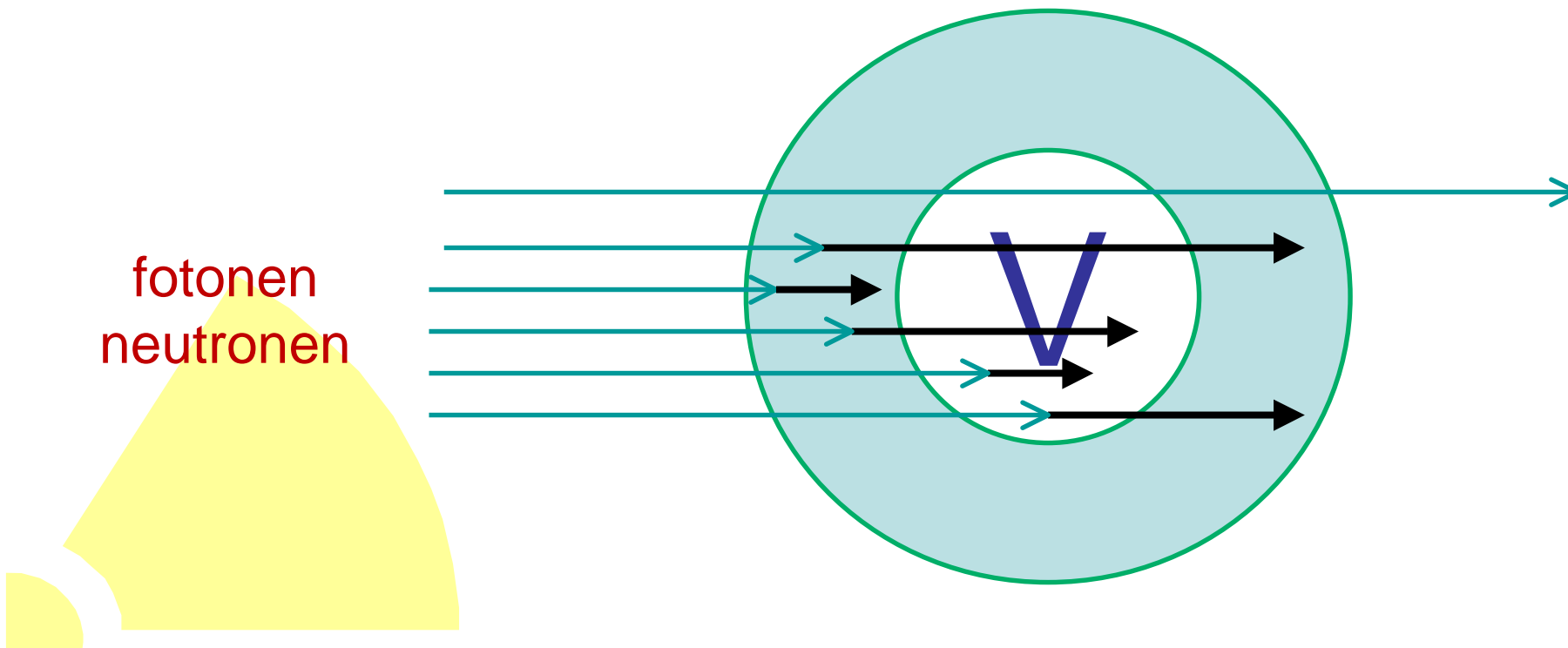
- Dosis door energieafgifte van elektronen
- Bij inhomogeen materiaal geen evenwicht
- grensvlak





geladen deeltjes evenwicht

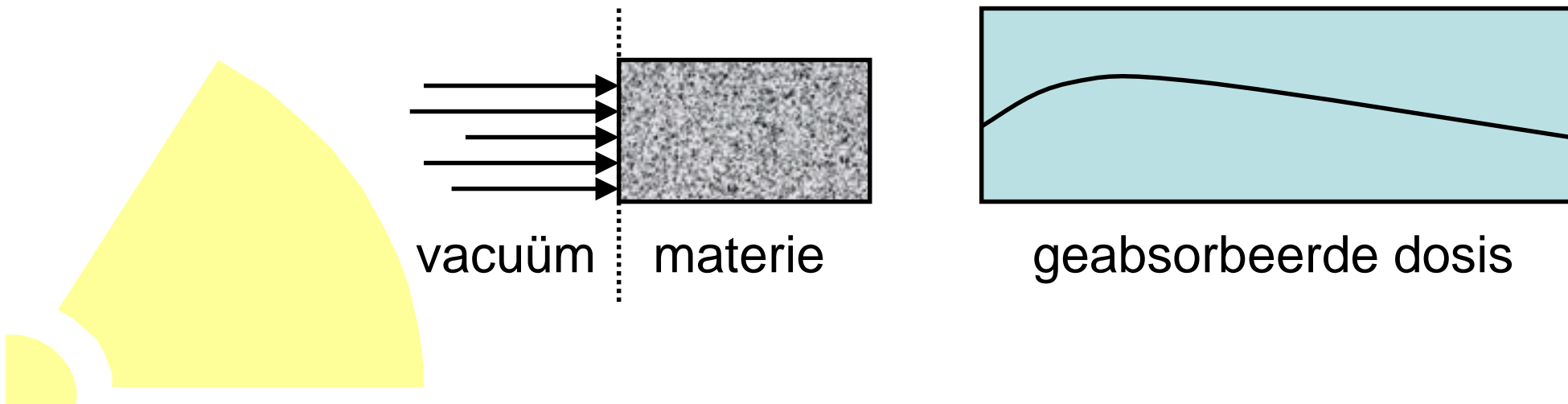
- binnen volume V :
 - aantal deeltjes dat V verlaat
gelijk aan aantal dat V binnenkomt





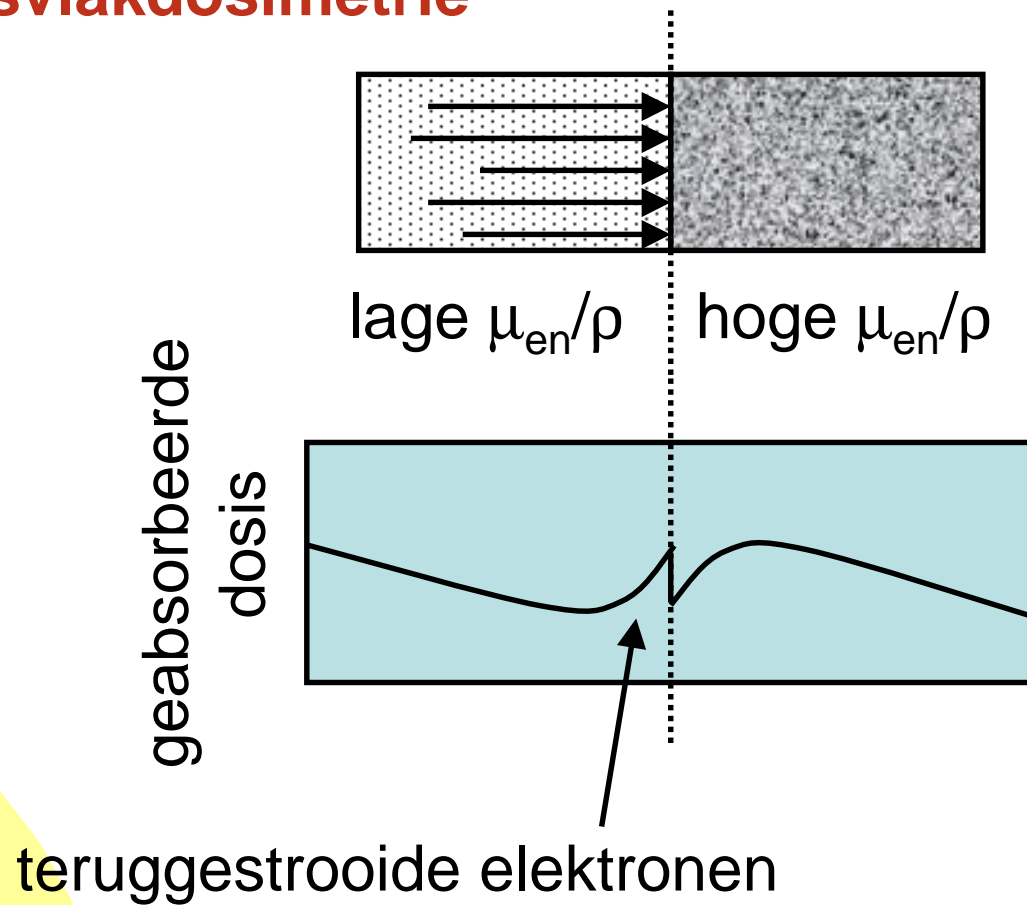
Grensvlakdosimetrie

- geen g.d.e.
- verandering
 - hogere $(\mu_{en}/\rho) \Rightarrow$ hogere $\Phi_{\text{elektronen}}$
- $(S/\rho)_{el}$
 - $D = \Phi(S/\rho)_{el}$





Grensvlakdosimetrie





geladen deeltjes

- $D = \Phi (S/\rho)_{el}$
 - Φ in m^{-2}
 - S/ρ in $J.m^2/kg$

in “gewone” eenheden: $D = 1,602 \cdot 10^{-10} \Phi (S/\rho)_{el}$

- Φ in cm^{-2}
- S/ρ in $MeV.cm^2/g$



Kerma

Kinetic **E**nergy **R**elaxed in **M**ass

- rekeneenheid
- energieoverdracht in lucht
- fotonen en neutronen
- $K = \Phi E \mu_{tr}/\rho$
- μ_{tr}/ρ : massieke energieoverdrachtsdoorsnede
- eenheid: gray



Dosis vs. kerma

dosis

- $D = \Phi E \mu_{en}/\rho$
- energieabsorptie
- remstraling verlaat V
- remstraling \neq geabsorbeerde energie

kerma

energieoverdracht

- $K = \Phi E \mu_{tr}/\rho$
- remstraling komt na overdracht kinetische energie
- $\Rightarrow \mu_{en} < \mu_{tr}$



Dosis vs. kerma

dosis

- beschrijft risico
- moeilijk te berekenen bij materiaalovergangen

kerma

- beschrijft stralingsveld
- kallibratie-eenheid
- geen geladen deeltjes evenwicht nodig
- rekent makkelijk
- vervangt exposie



Dosis vs. kerma

meestal

- remstraling verwaarloosbaar en g.d.e.?
Dan geldt:

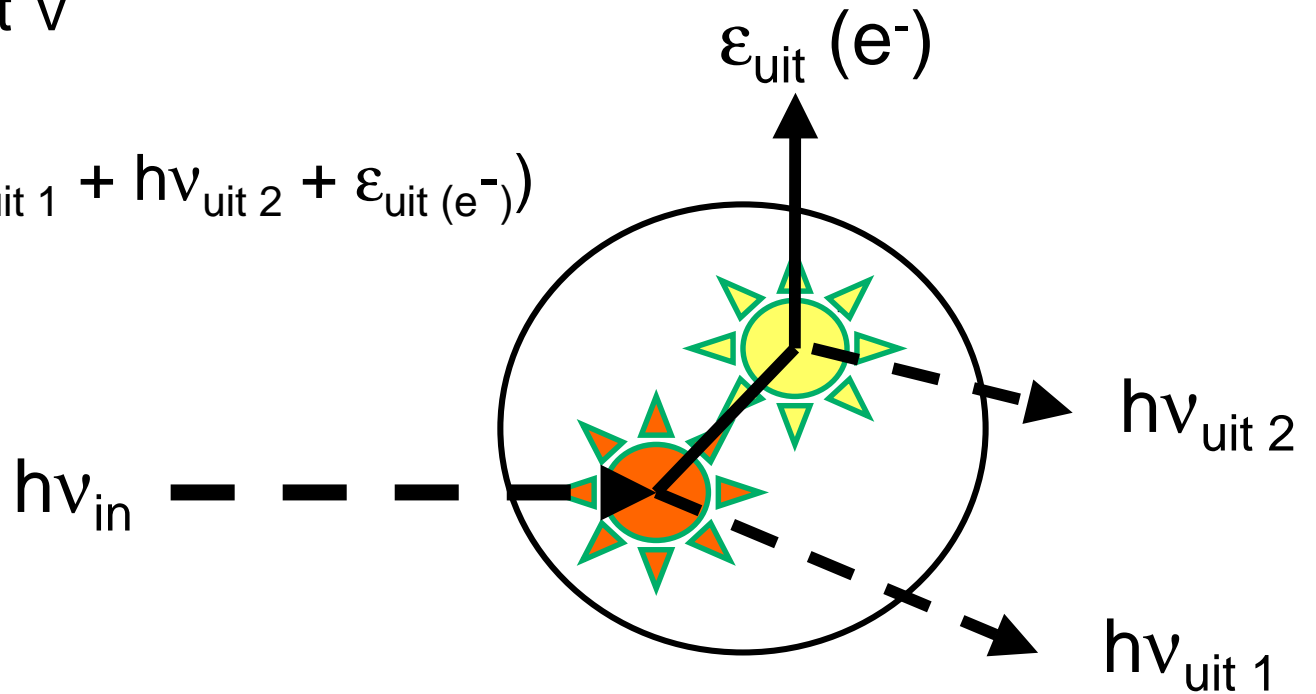
dosis = kerma

- $D_{\text{weefsel}} \approx D_{\text{water}} \approx K_{\text{lucht}}$



Dosis: geabsorbeerde energie

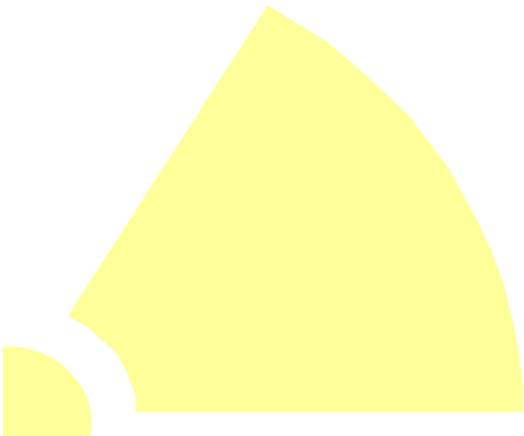
- remstraling
 - ontstaat binnen V
 - ontsnapt uit V
 - $\epsilon_i = \epsilon_{in} - \epsilon_{uit}$
 $= hv_{in} - (hv_{uit 1} + hv_{uit 2} + \epsilon_{uit}(e^-))$





Kerma: overgedragen energie

- energieoverdracht
 - in eerste interactie
 - Overdracht E_{foton} → kinetische energie elektron

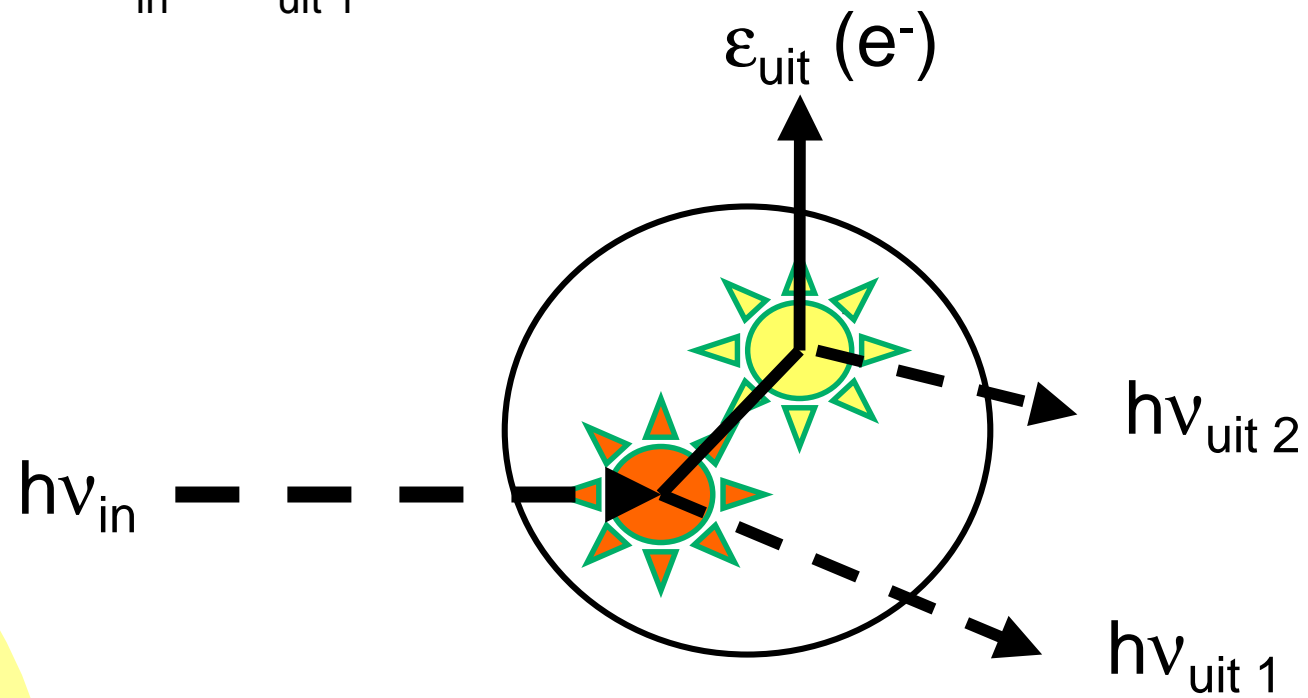




Kerma: overgedragen energie

- remstraling na comptoneffect:

$$E_{\text{tr}} = hv_{\text{in}} - hv_{\text{uit } 1}$$





Exposie

- vrijgemaakte lading in lucht

$$- X = \frac{dQ}{dm}$$

- lading per massa-eenheid
- vroeger: röntgen (R)
- nu: C/kg



Toepassing dosis en exposie

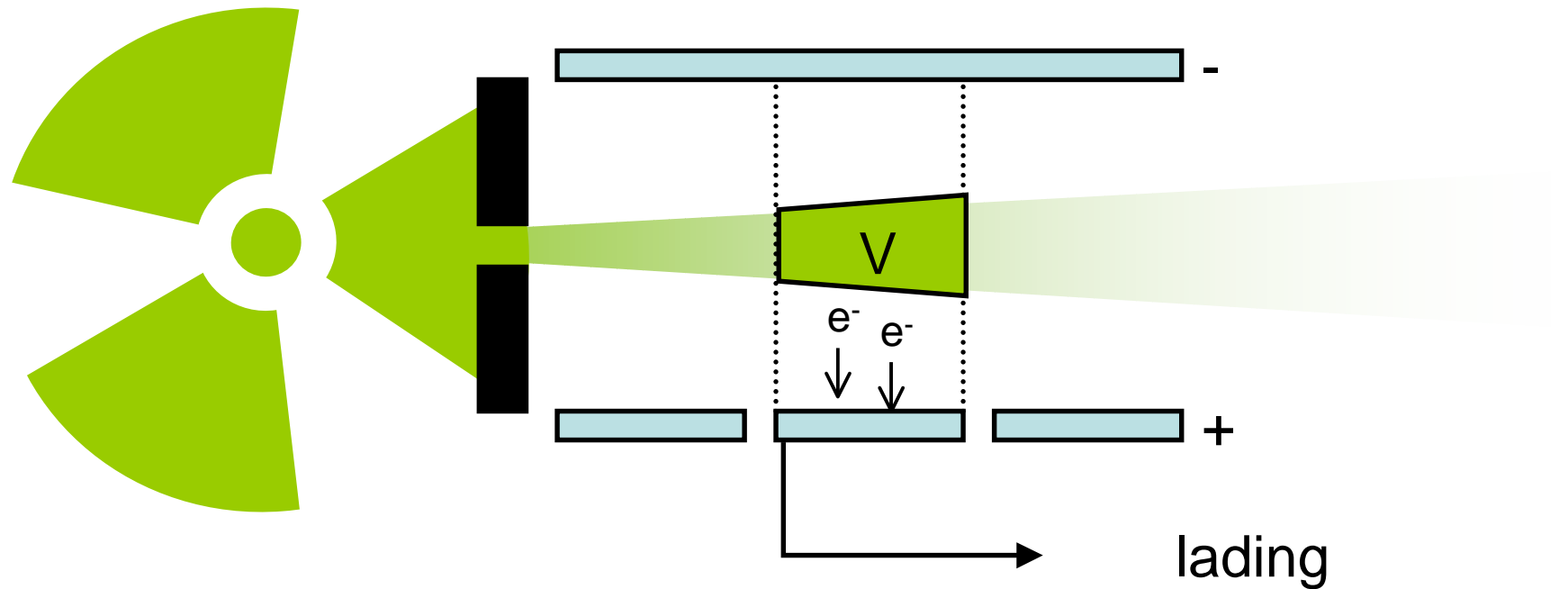
- Dosis (D)
 - energieafgifte
 - biologische schade
- Exposie (X)
 - stralingsveld
 - meet-eenheid





Exposie meting

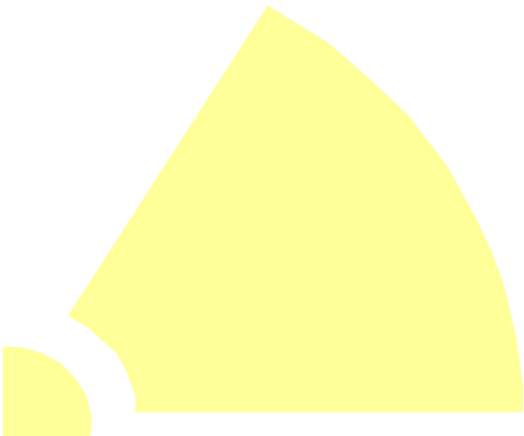
- vrije lucht ionisatiekamer
 - ionisatie in luchtvolume V
 - elektrode verzamelt lading





Exposie meting

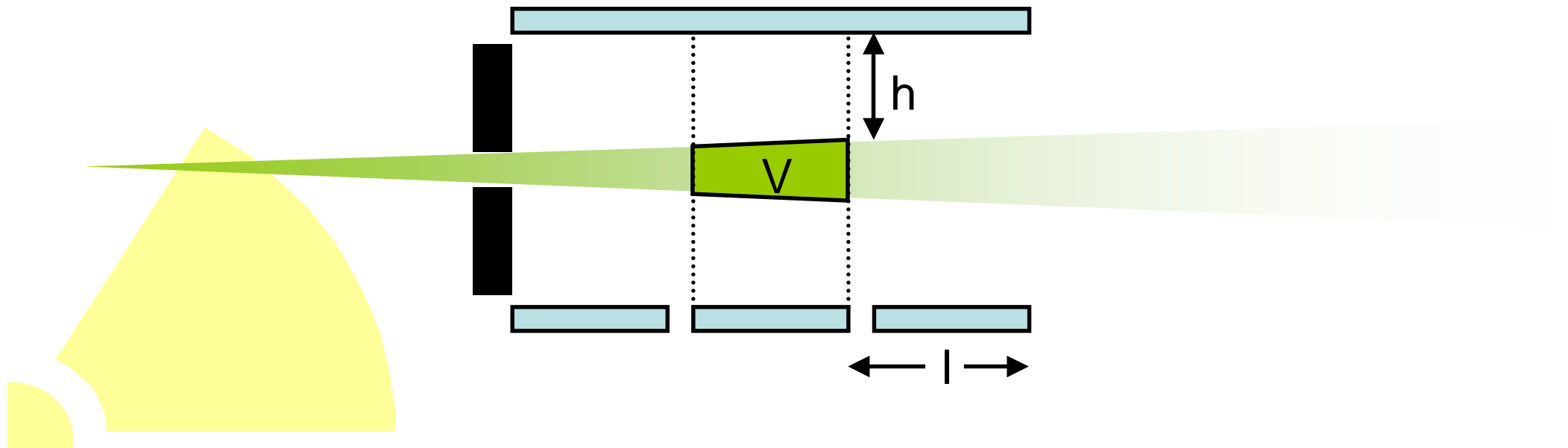
- $X = \frac{dQ}{dm}$
 - $X=C/kg$
 - $Q=lading$ (stroom x tijd)
 - $m=massa_{lucht}$ in kg





Exposie meting bij g.d.e.

- afmetingen ionisatiekamer
 - l = dracht
 - h = dracht
 - 200 keV: dracht = 30cm

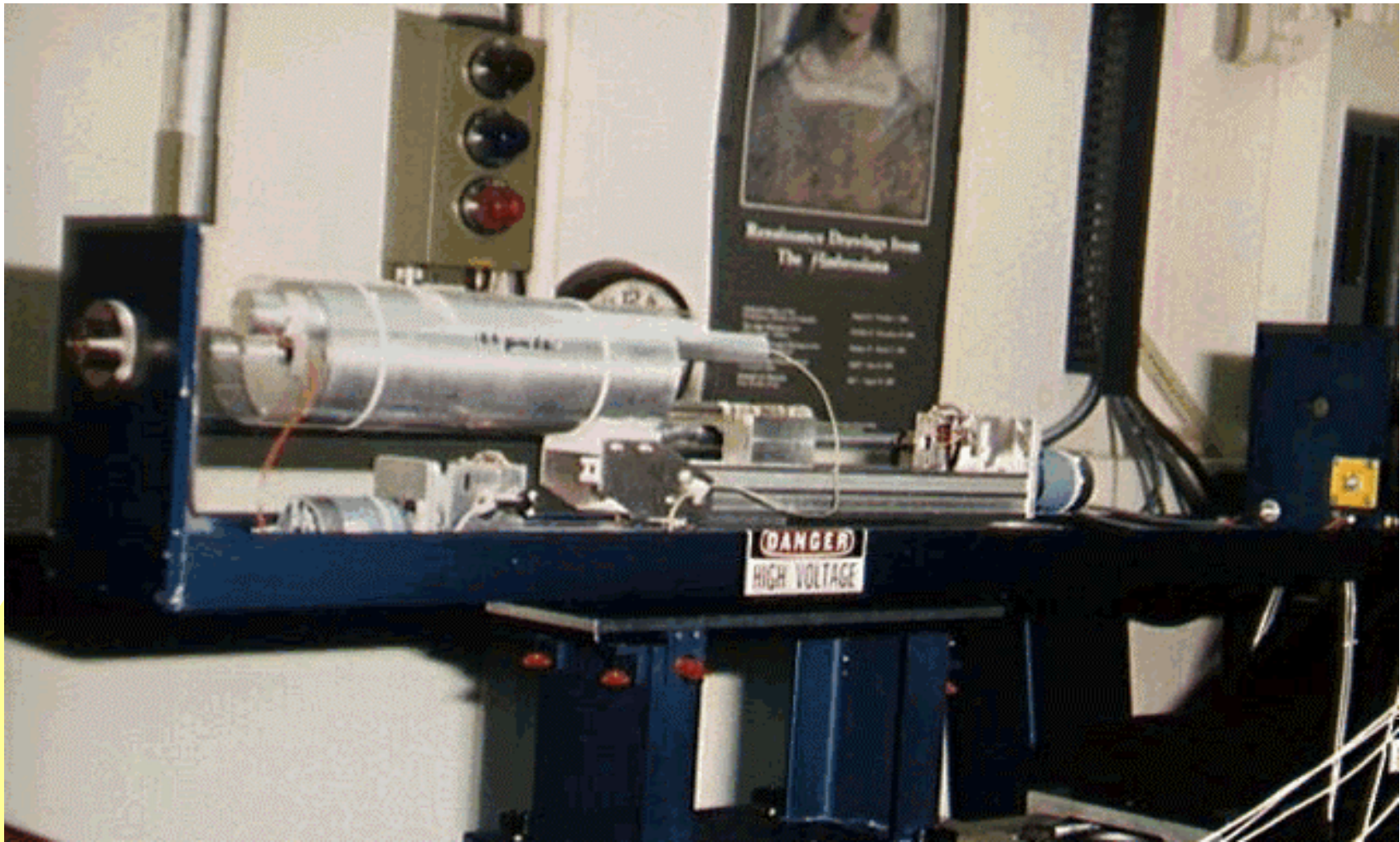




Ionisatiekamer uit 1937

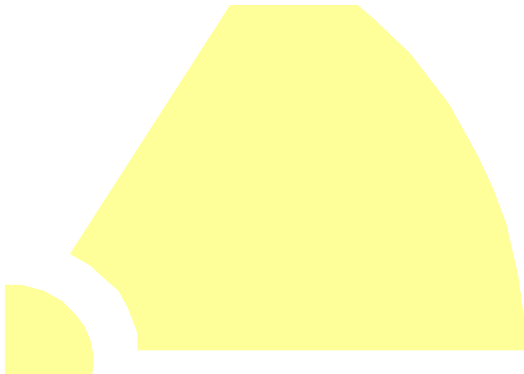
- Herb Parker







WAFAC: wide angle free air chamber





NPL 300 kV primary standard free-air chamber





Diamentor

Ionisatiekamer op veel röntgentoestellen





Dosis uit expositiemeting

- $D = \text{constante} \cdot X \frac{W}{e}$
 - constante = $\frac{W}{e}$
 - W = energie om elektron vrij te maken

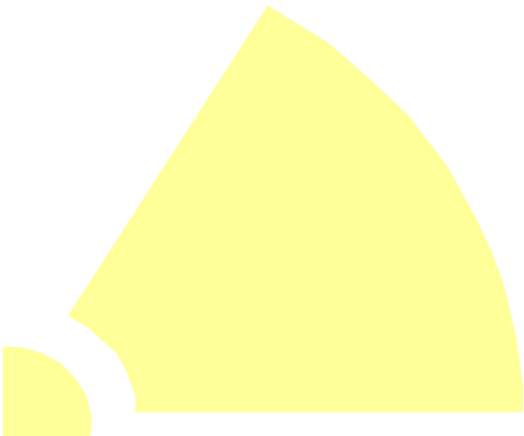
$$\frac{W_{\text{lucht}}}{e} = 33,97 (\pm 0,06) \text{ J/C}$$

$$\text{– } D_{\text{lucht}} \text{ (Gy)} = 33,97 \cdot X \text{ (C} \cdot \text{kg}^{-1}\text{)}$$

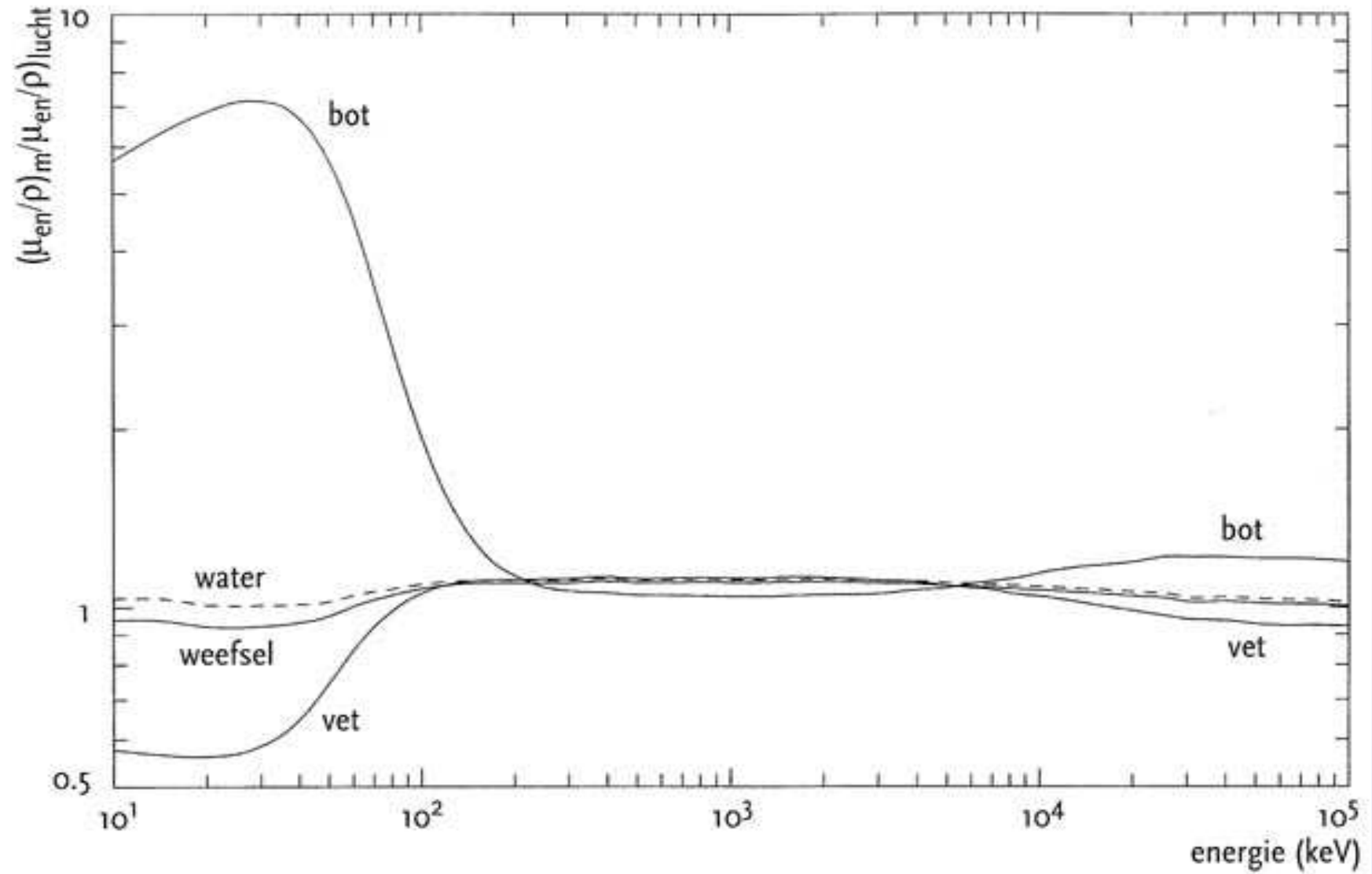


Dosis in andere materialen

- g.d.e.
$$D_m = D_{\text{lucht}} \frac{(\mu_{\text{en}} / \rho)_m}{(\mu_{\text{en}} / \rho)_{\text{lucht}}}$$



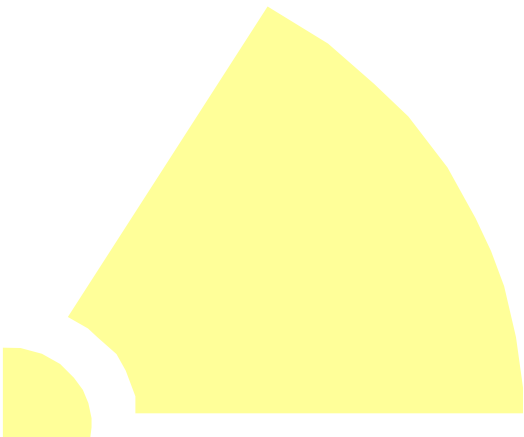
Figuur 4-8: $(\mu_{en}/\rho)_m/(\mu_{en}/\rho)_{lucht}$





Exposie

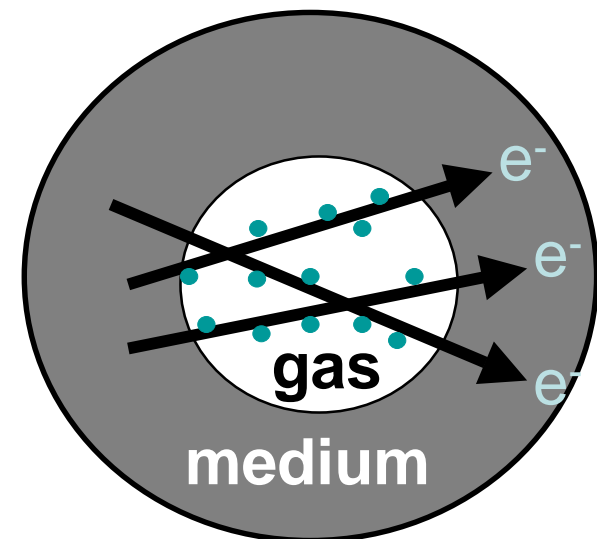
- alleen voor fotonen
- alleen in lucht
 - ander medium met Bragg-Gray principe
- g.d.e.





Meten van dosis vlg's Bragg-Gray principe

- Fotonendosis is eigenlijk elektronendosis
- $D = \Phi E \mu_{en}/\rho = \Phi S/\rho$
- Φ elektronen vrijgemaakt in medium $\rightarrow \Phi_{\text{gas}}$
 - $D_{\text{gas}} = \Phi (S/\rho)_{\text{el, gas}}$

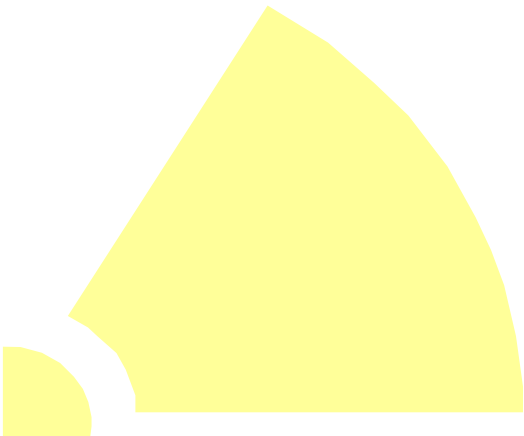




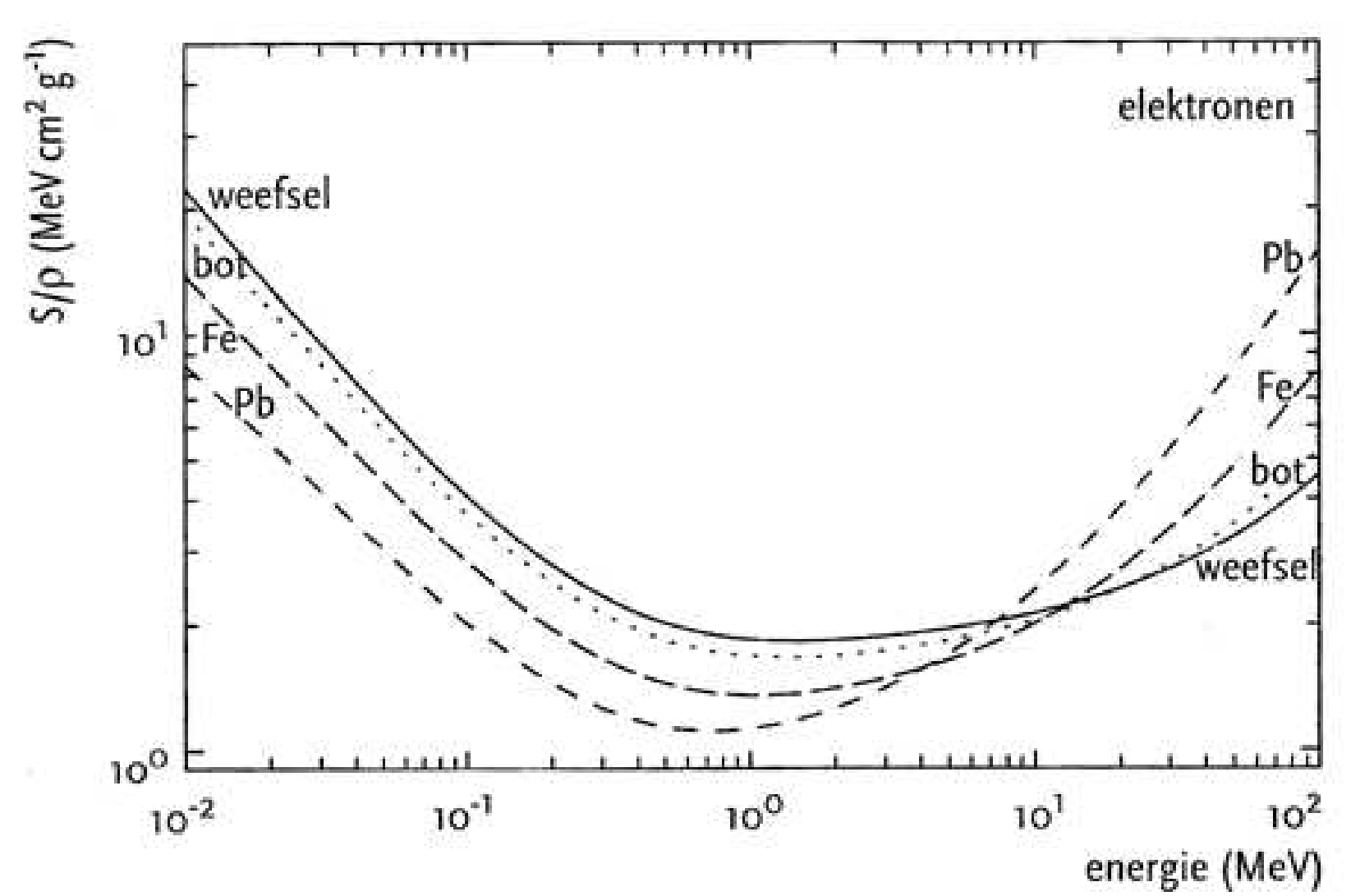
Gebruik van Bragg-Gray principe

- meet de dosis in het gas
- bereken de dosis in het medium:

$$D_m = D_g \frac{(S/\rho)_{el,m}}{(S/\rho)_{el,g}}$$



figuur 3-4: S/ρ





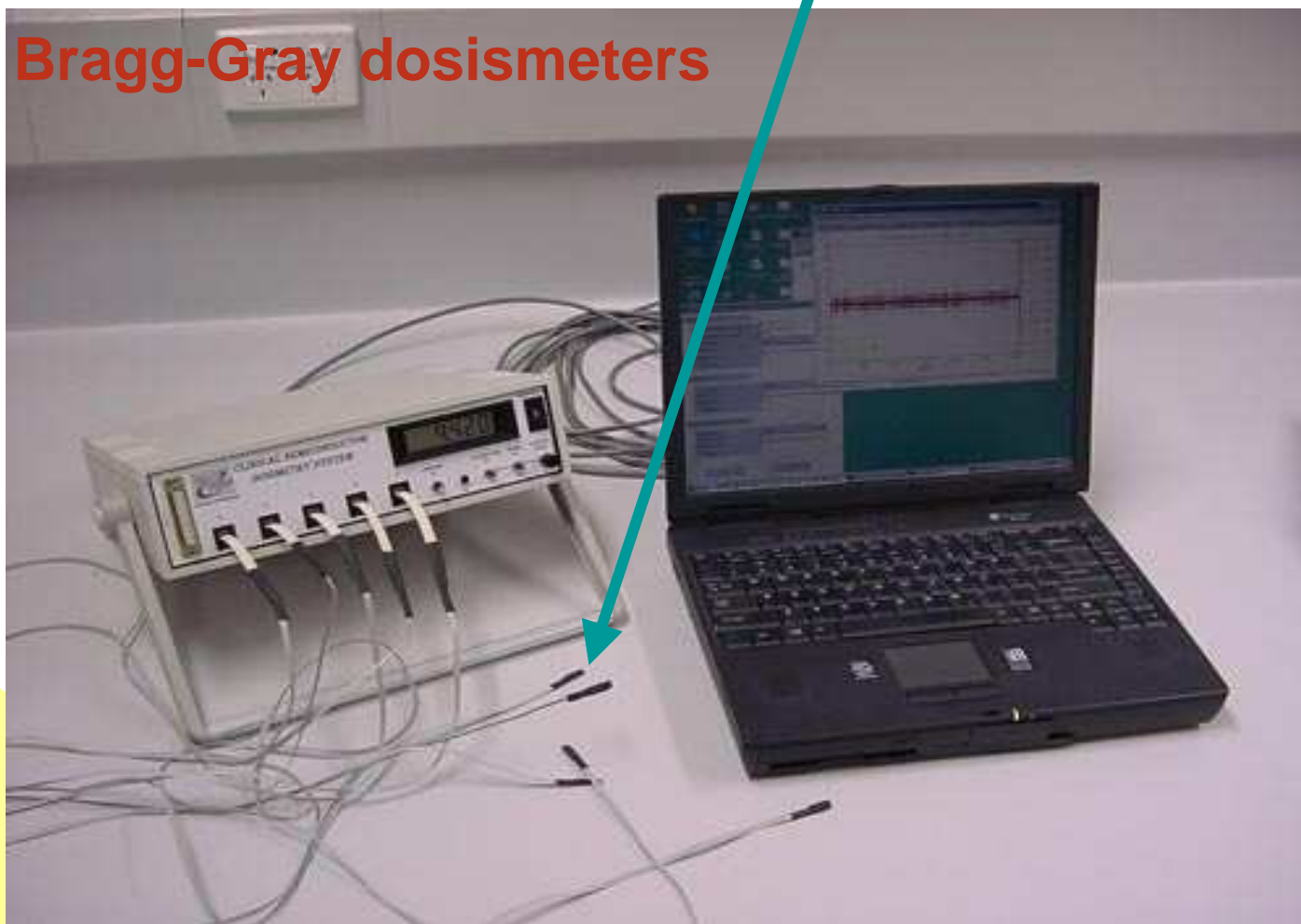
Eisen aan Bragg-Gray detector

- kleine gasholte in medium
 - geen secundaire elektronen ontstaan
 - g.d.e.
- dikte medium $>$ dracht secundaire elektronen





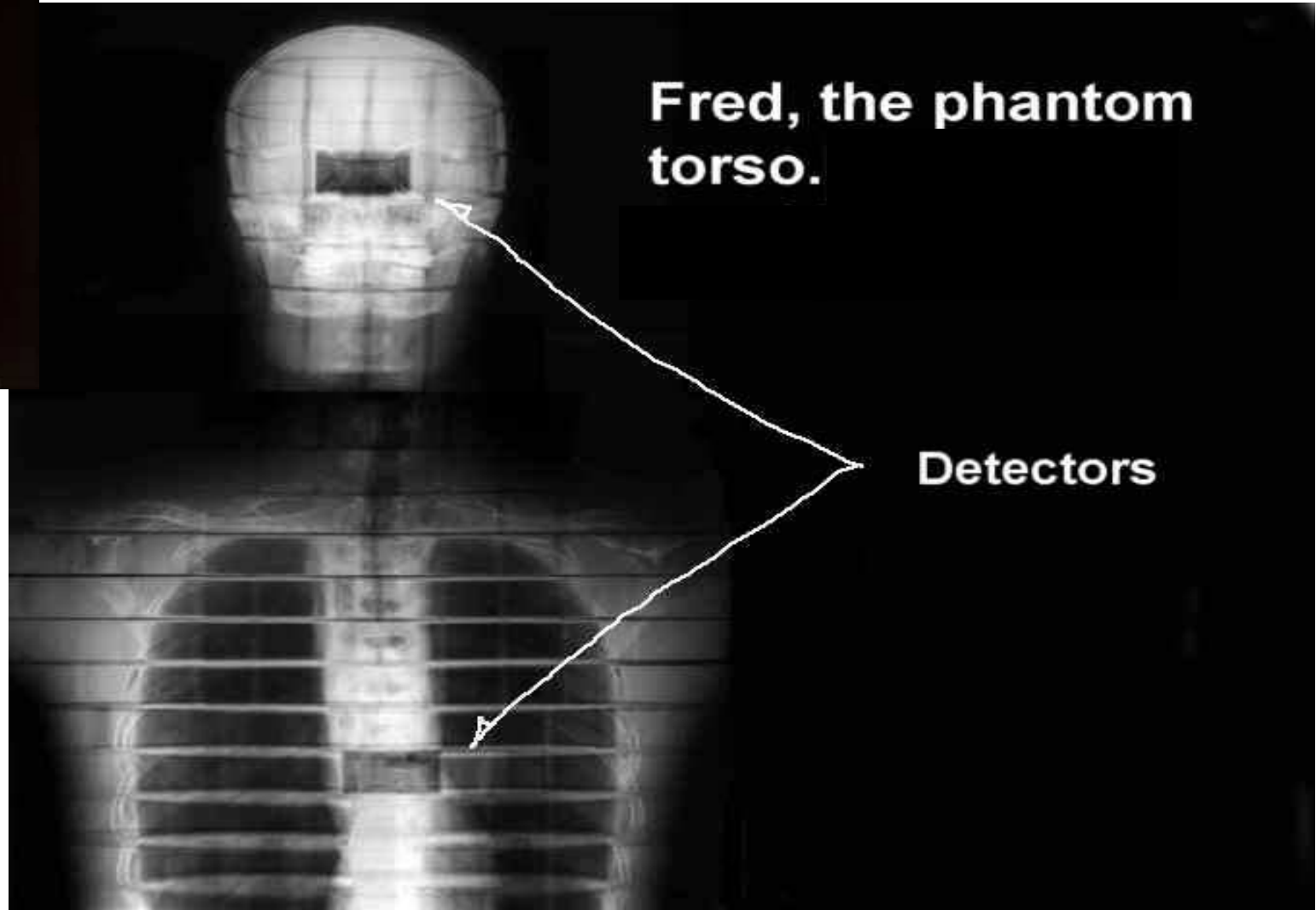
Bragg-Gray dosimeters





Kleine ionisatiekamers





Fred, the phantom torso.

Detectors

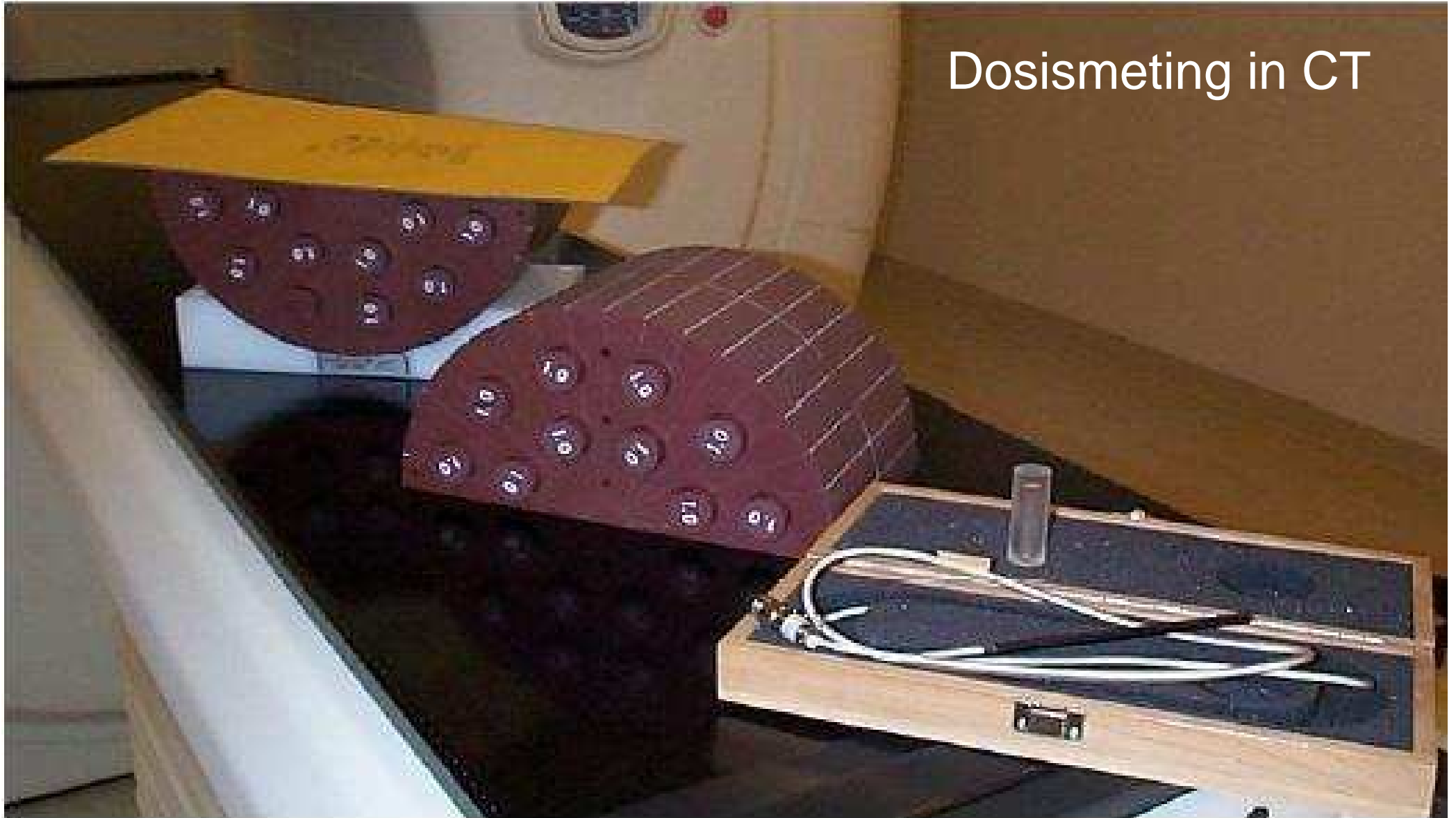
Dosimeters in dummy om dosis in ISS vast te stellen.

ISS = International Space Station





Dosimetry in CT





Samenvatting: toepassingsgebied

Dosis: risico

Kerma: berekenen

Exposie: meten, maar grote opstelling

Bragg-Gray: meten met compacte opstelling





Samenvatting: definities

Dosis: alle ioniserende straling, g.d.e.

Kerma: fotonen en neutronen

Exposie: fotonen, g.d.e.

Bragg-Gray: fotonen, g.d.e.

