Hoeveel straling krijg ik eigenlijk?

Prof. dr. ir. Wim Deferme

universiteit hasselt | imec

IMO - IMOMEC
INSTITUUT VOOR MATERIAALONDERZOEK

Ik vind rust belangrijker.
Ik gebruik geen aas.

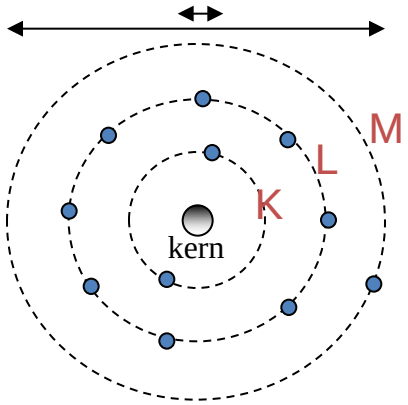
Geschiedenis

- -500 vCr.: ατομοσ (‘atomos’) bij de Grieken (Democritos)
- 1803: verhandeling van Dalton over atomen
- 1869: voorstelling van 92 elementen in tabel door Mendeleev
- 1895: ontdekking van X-stralen door Röntgen (Nobelprijs voor natuurkunde in 1901)
- 1896: ontdekking natuurlijke radioactiviteit uranium door Becquerel (Nobelprijs voor chemie in 1903, samen met P. & M. Curie)
- 1896: isolatie van polonium en radium door P. & M. Curie (Nobelprijs voor natuurkunde M. Curie in 1911)
- 1899: M. Curie isoleert enkele decigrammen radiumzout + vaststelling van effecten van radium door P. Curie & Becquerel
- 1903: verklaring radioactiviteit: theorie van nucleaire reacties door Rutherford & Soddy

Geschiedenis

- 1905: Einsteins theorie van foto-elektrisch effect en $E = m.c^2$
- 1911: planetaire atoommodel door Rutherford
- 1913: Bohr perfectioneert het atoommodel
- 1932: ontdekking van het neutron (Bethe + F. & I. Joliot-Curie)
- 1934: ontdekking kunstmatige radioactiviteit van alle elementen door F. en I. Joliot-Curie $\Rightarrow$ nucleaire geneeskunde (Nobelprijs voor scheikunde in 1935)
- 1938: fissietheorie voor uranium door Hahn en Strassman
- 1939: fissie van uranium kan tot kettingreactie leiden (Halban, Joliot, en Kowarski) $\Rightarrow$ productie van kernenergie
- 1942: eerste gecontroleerde kettingreactie in Chicago door Fermi
- 1943: Compton brengt in de VS eerste groep voor stralingsbescherming samen

Van atoombouw tot vervalwet



Na-atoom

Elektromagnetische interactie tussen geladen deeltjes

Sterke interactie tussen deeltjes met massa op zeer korte afstand van elkaar

De kern:

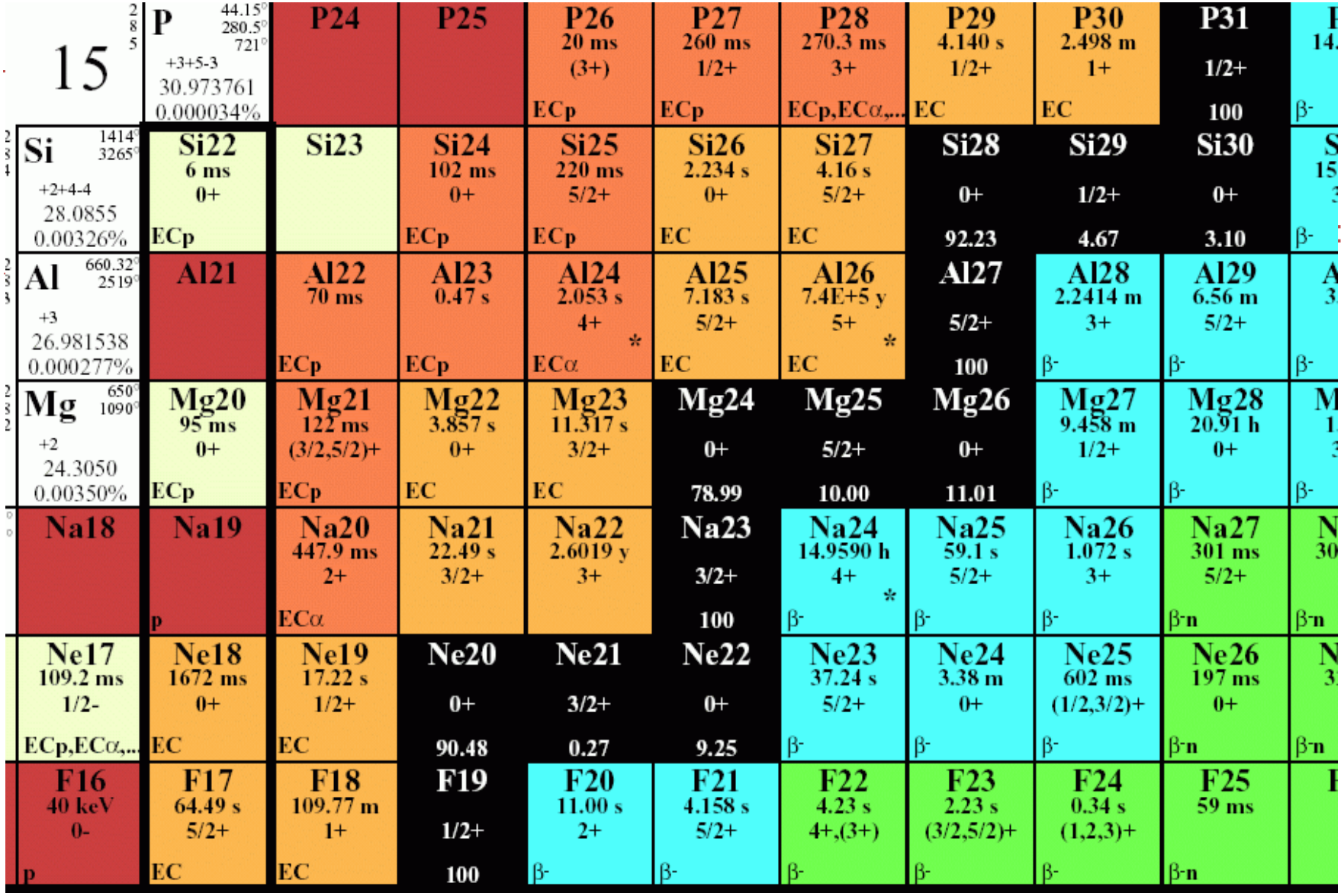
- bevat bijna alle massa
- bestaan uit protonen en neutronen (nucleonen):

  Z: *atoomnummer*, en N: *neutronengetal*

  A = Z + N : *massagetal*
- zelfde Z maar verschillende N: *isotopen*

  (zelfde chemische eigenschappen!)
- zelfde A maar verschil in Z en N: *isobaren*
- zelfde kern maar verschil in aangeslagen toestand : *isomeren*
- *aanduiding nuclide X:* ${}^{A}_{Z}X_{N}$

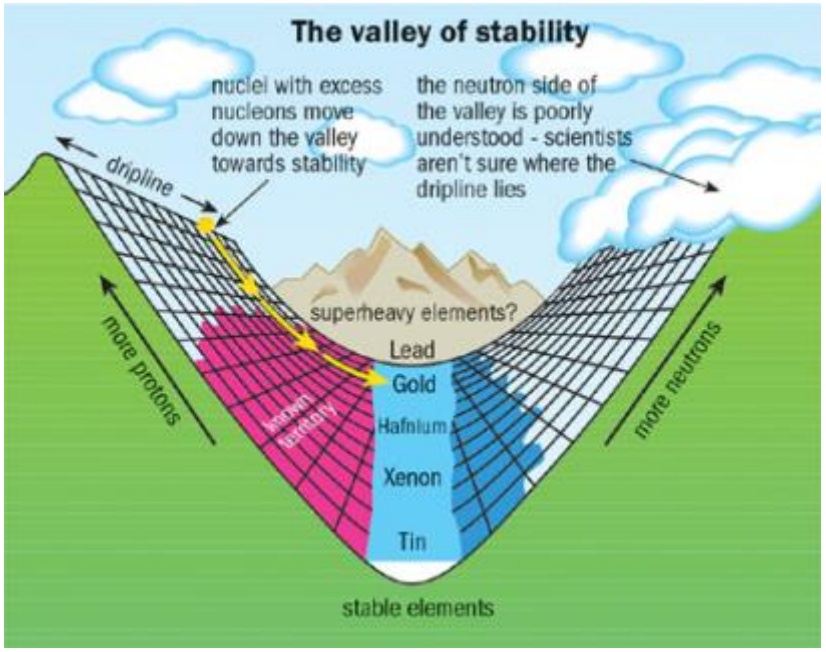
Van atoombouw tot vervalwet



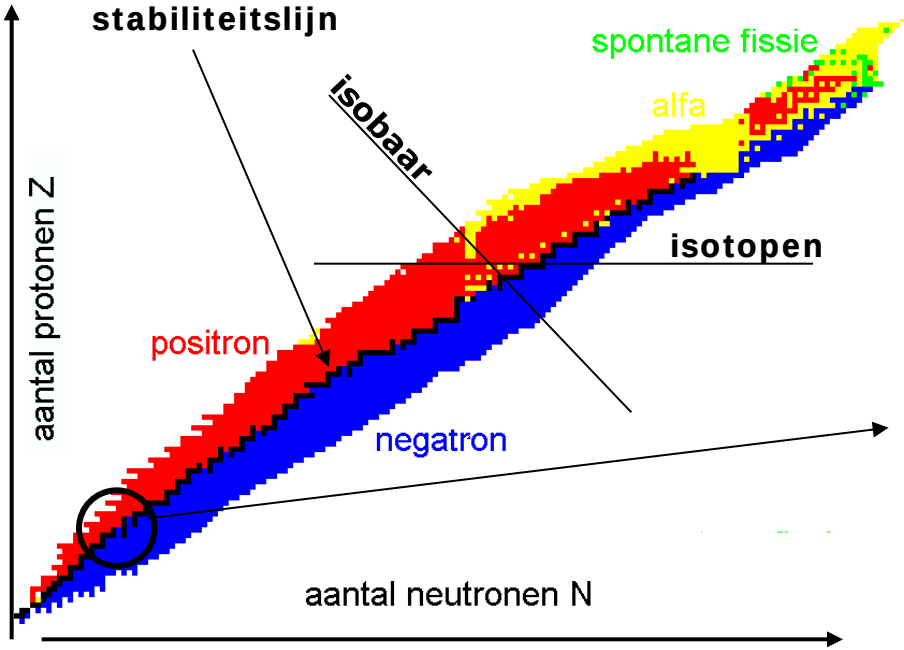
universiteit hasselt | imec

Van atoombouw tot vervalwet

Stabiliteitsvallei:



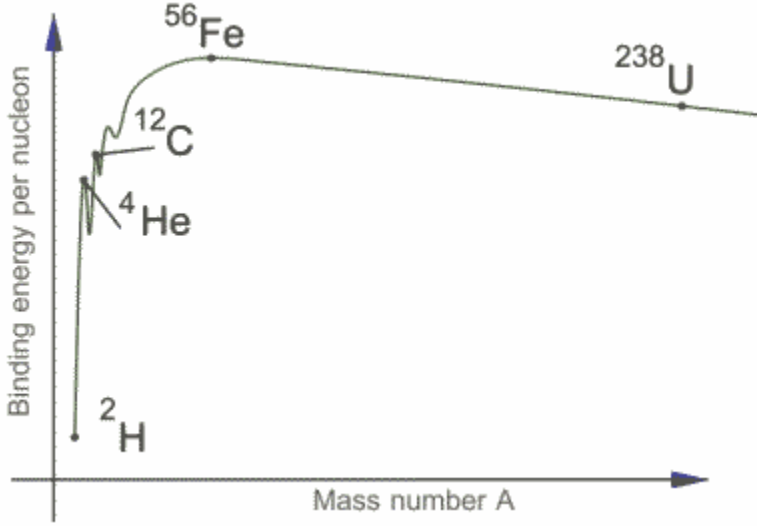
http://cerncourier.com/



Van atoombouw tot vervalwet

Stabiliteit van een kern:

- wordt bepaald door aantal neutronen en protonen:
  - meest stabiele kern heeft grootste bindingsenergie per nucleon (ijzer)
  - evenwicht tussen protonen en neutronen
  - extra afstoting tussen protonen door Coulombkracht onderling
  - te veel protonen en neutronen: buitenste deeltjes te ver van de kern → minder stabiel. Bindingsenergie per nucleon neemt terug af vanaf Z=26 (ijzer)



Van atoombouw tot vervalwet

Radionucliden:

1) Natuurlijke radioactiviteit

• 81 stabiele elementen tussen Z = 1 en Z = 83, (Z = 43 Tc en Z = 61 Pm zijn niet stabiel)

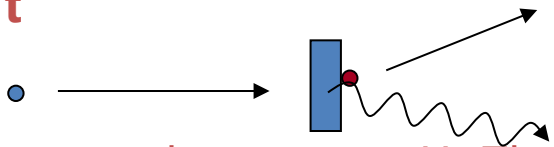
• stabiele elementen met klein percentage radioactief isotoop:

H met tritium ^{3}H, C met ^{14}C, en K met 0.0117% ^{40}K

• bestaan enkel als radionucliden: ^{232}Th, ^{234}U, ^{235}U, ^{238}U, en dochter en kleindochter van deze laatste: ^{226}Ra en ^{222}Rn

2) Kunstmatige radioactiviteit

• deeltjesversnellers:



• kernreactoren: splijting (fissie) van zware kernen van U, Th, of Plutonium:

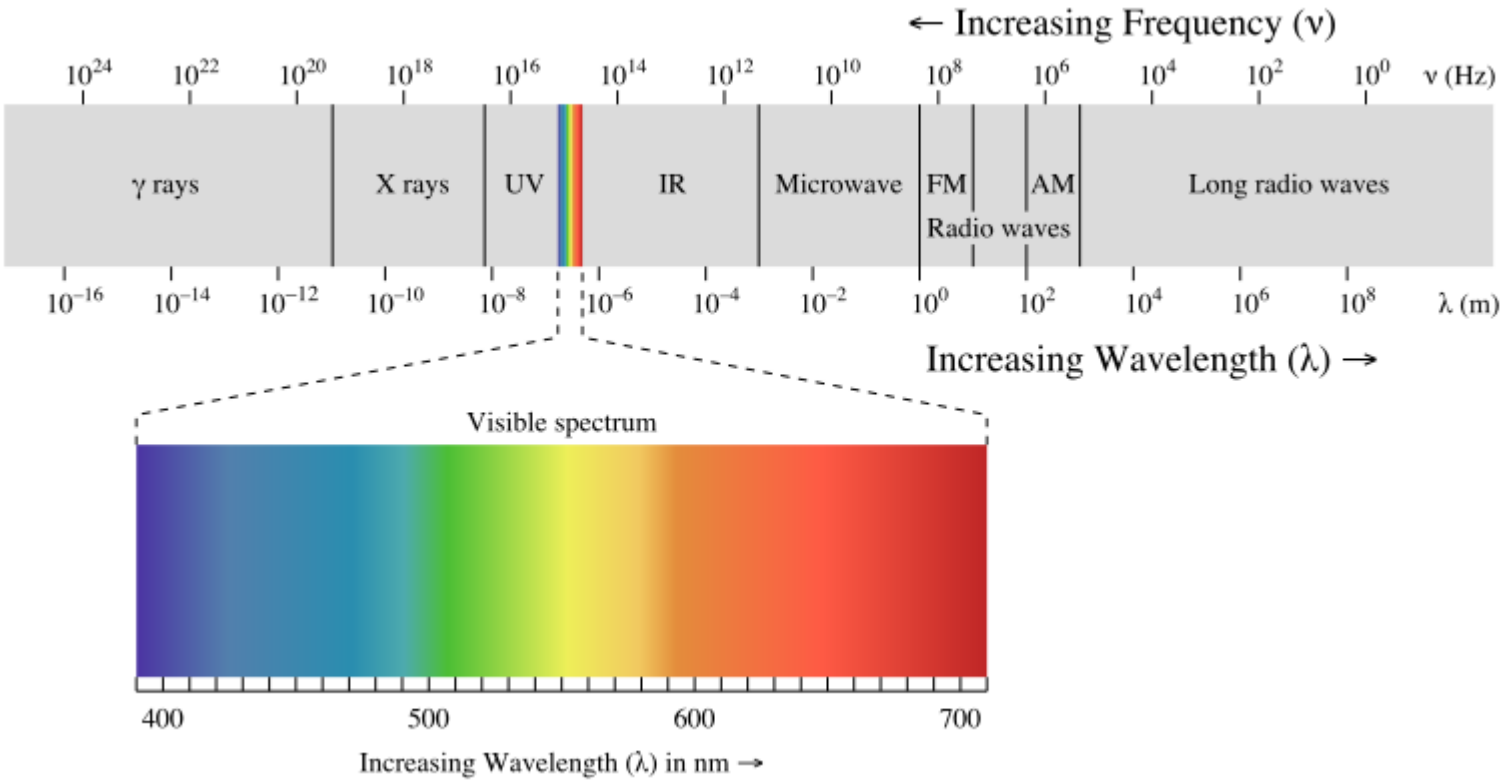
hierbij komen neutronen vrij → nieuwe reacties → nieuwe radionucliden

Voorbeeld: $^{59}Co + n \rightarrow {}^{60}Co$

$^{60}Co \rightarrow {}^{60}Ni + e^{-}$

Wat is straling?

Elektromagnetische straling: bestaat uit fotonen, γ (m=0)



Wat is straling?

Corpusculaire straling: (massieve) deeltjes

Elektronen (e^- of β^-)

Positronen (β^+)

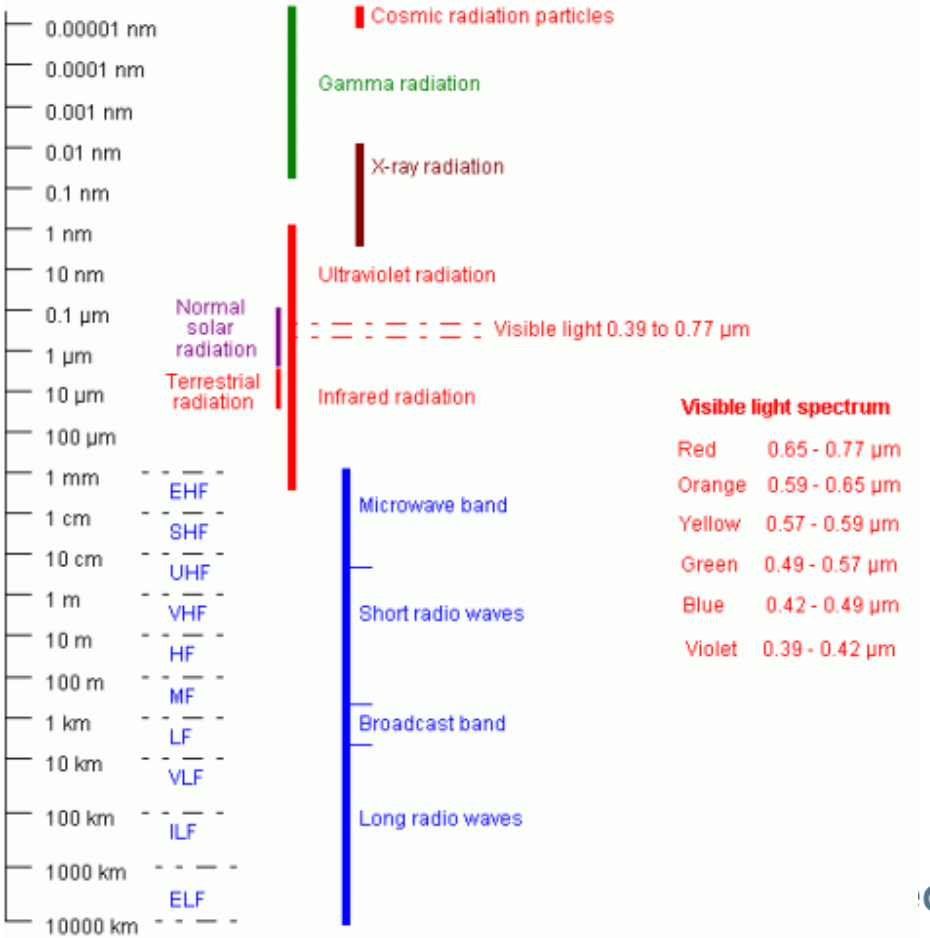
(Anti-)neutrino's (ν)

Protonen (p^+)

Neutronen (n^0)

Atoomkernen, bv. He^{2+}-kernen (α-deeltjes)

Elektromagnetische straling: fotonen (γ)



Wat is straling?

Voor stralingsbescherming is niet alle straling van belang,
enkel ioniserende straling.

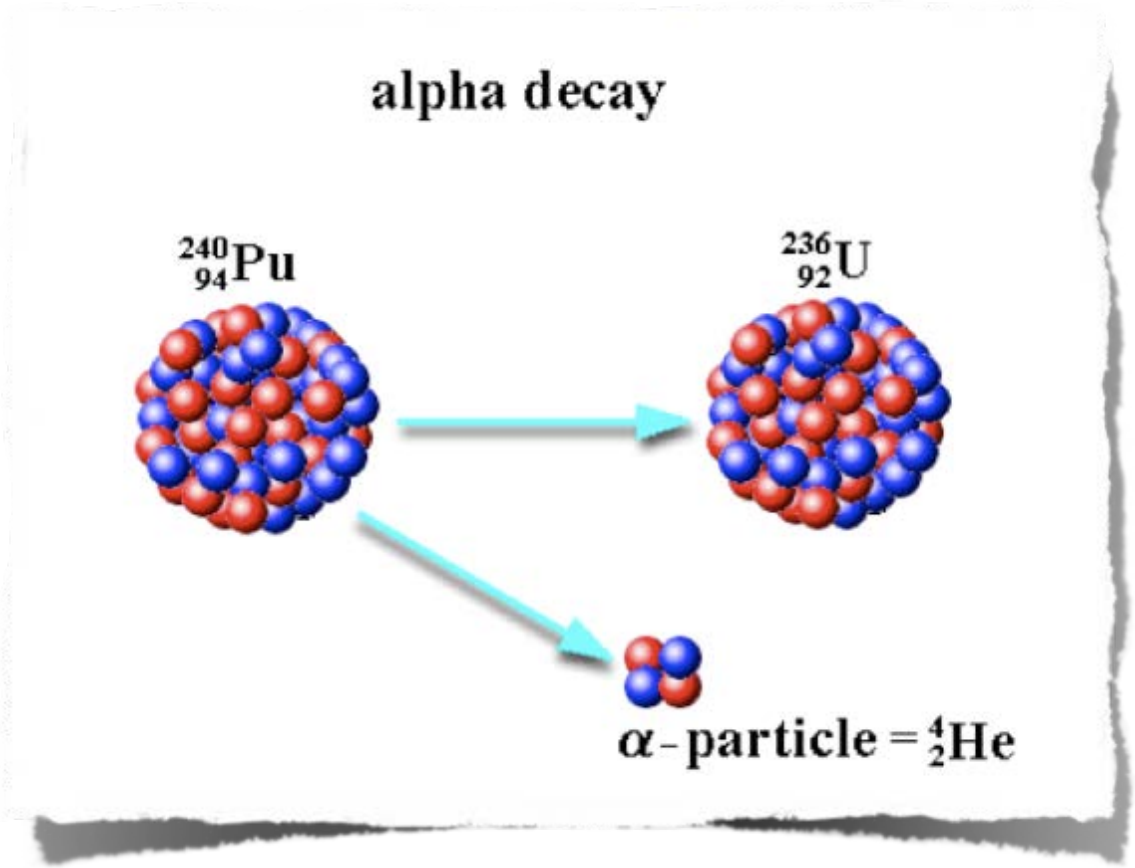
Zowel corpusculaire als EM-straling kan ioniserend zijn!

Vervalschema's

- onstabiele kernen zijn radioactieve kernen
- radioactieve kernen kunnen weer stabiel worden door uitzending van radioactieve straling…
  - alfa-straling
  - beta-straling
  - gamma-straling
- … of door spontaan te splijten

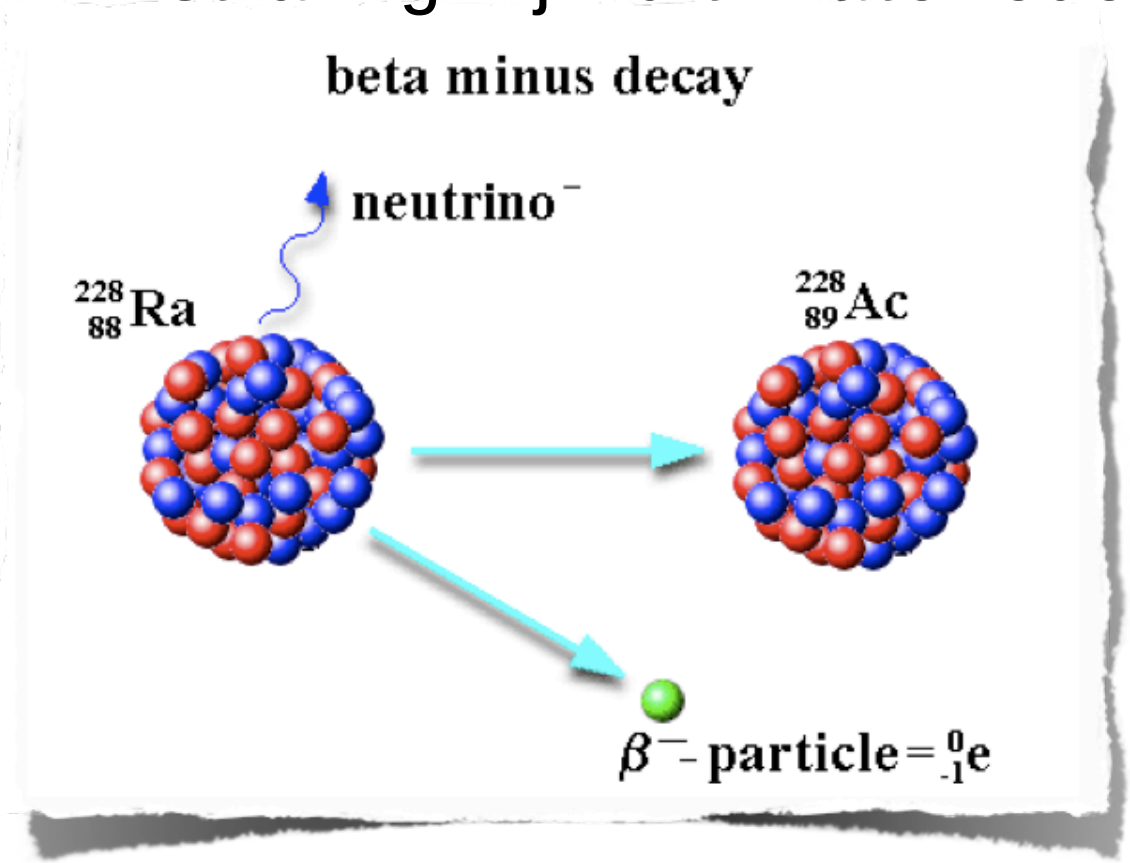
Alfa-straling

- ‘zware’ geladen deeltjes



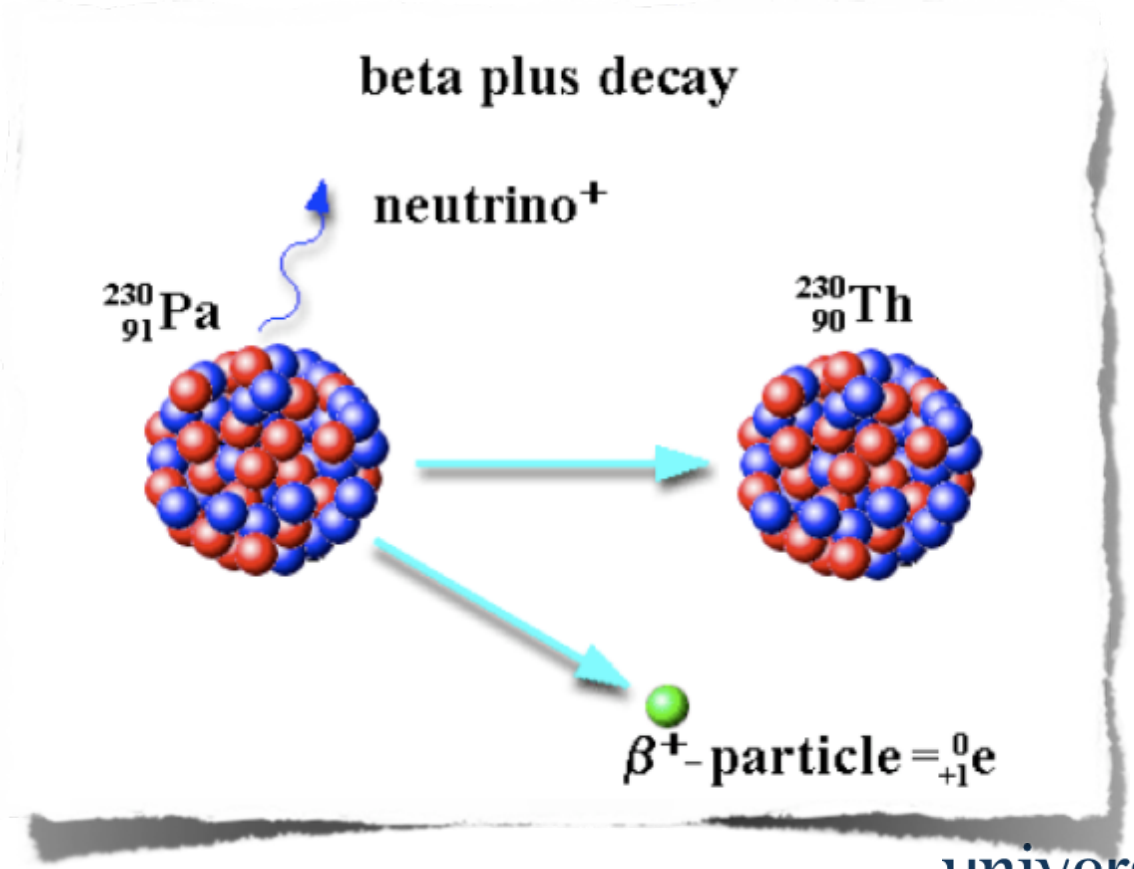
Beta-straling

- ‘lichte’ geladen deeltjes
- bij beta-min straling zijn dit materiedeeltjes



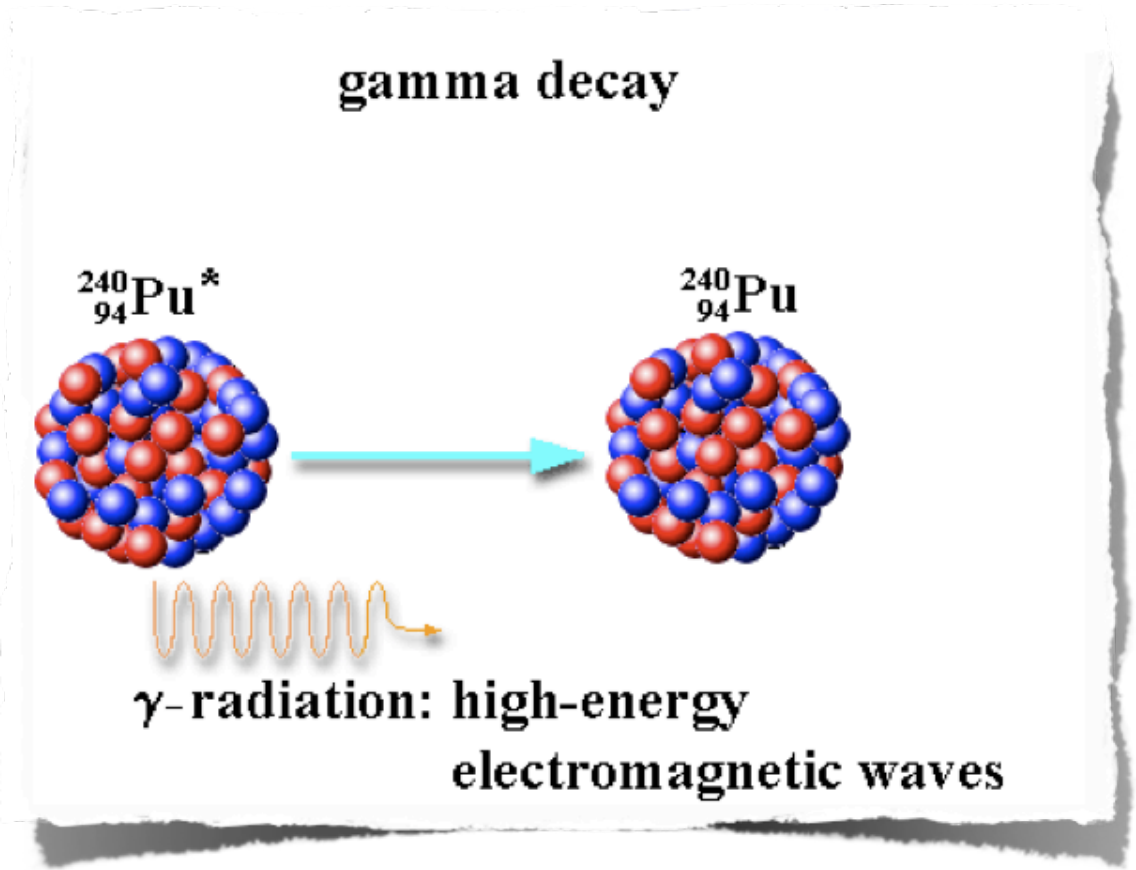
Beta-straling

- ‘lichte’ geladen deeltjes
- bij beta-plus straling zijn dit antimateriedeeltjes



Gamma-straling

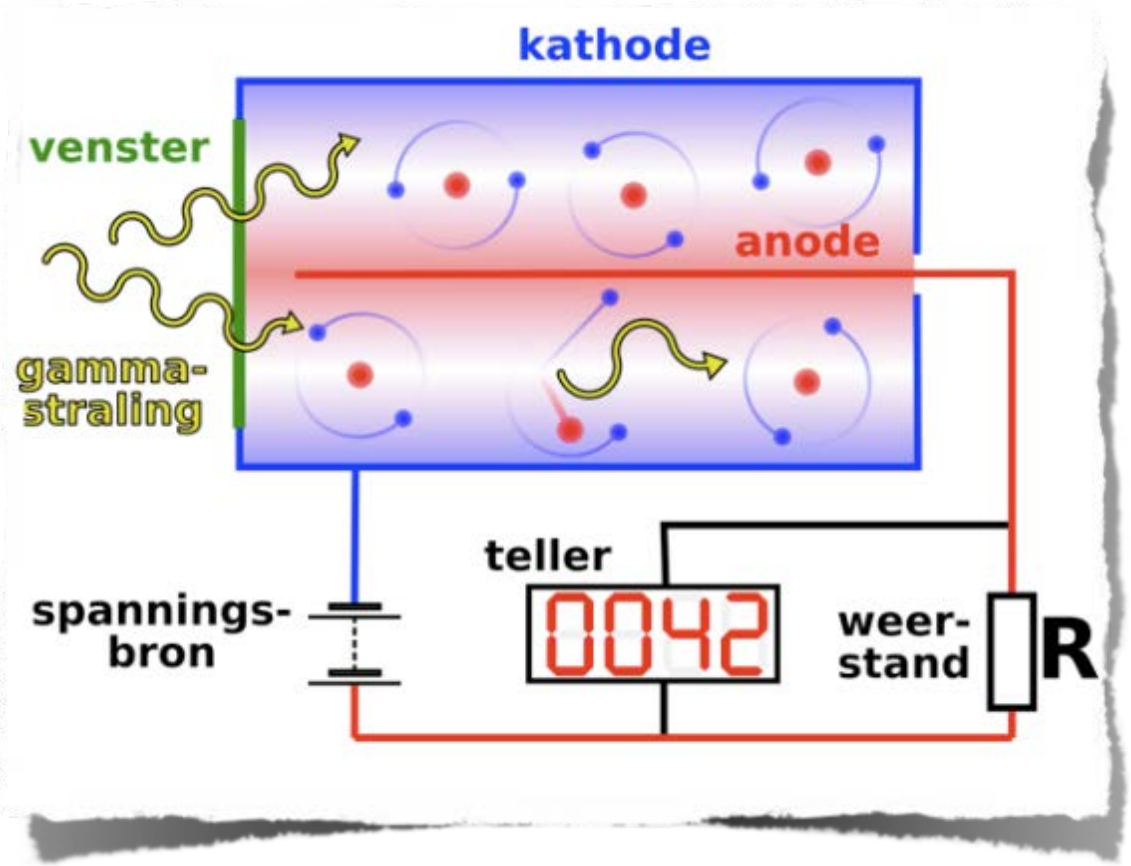
- fotonen of lichtdeeltjes



Afscherming

Detectie van straling

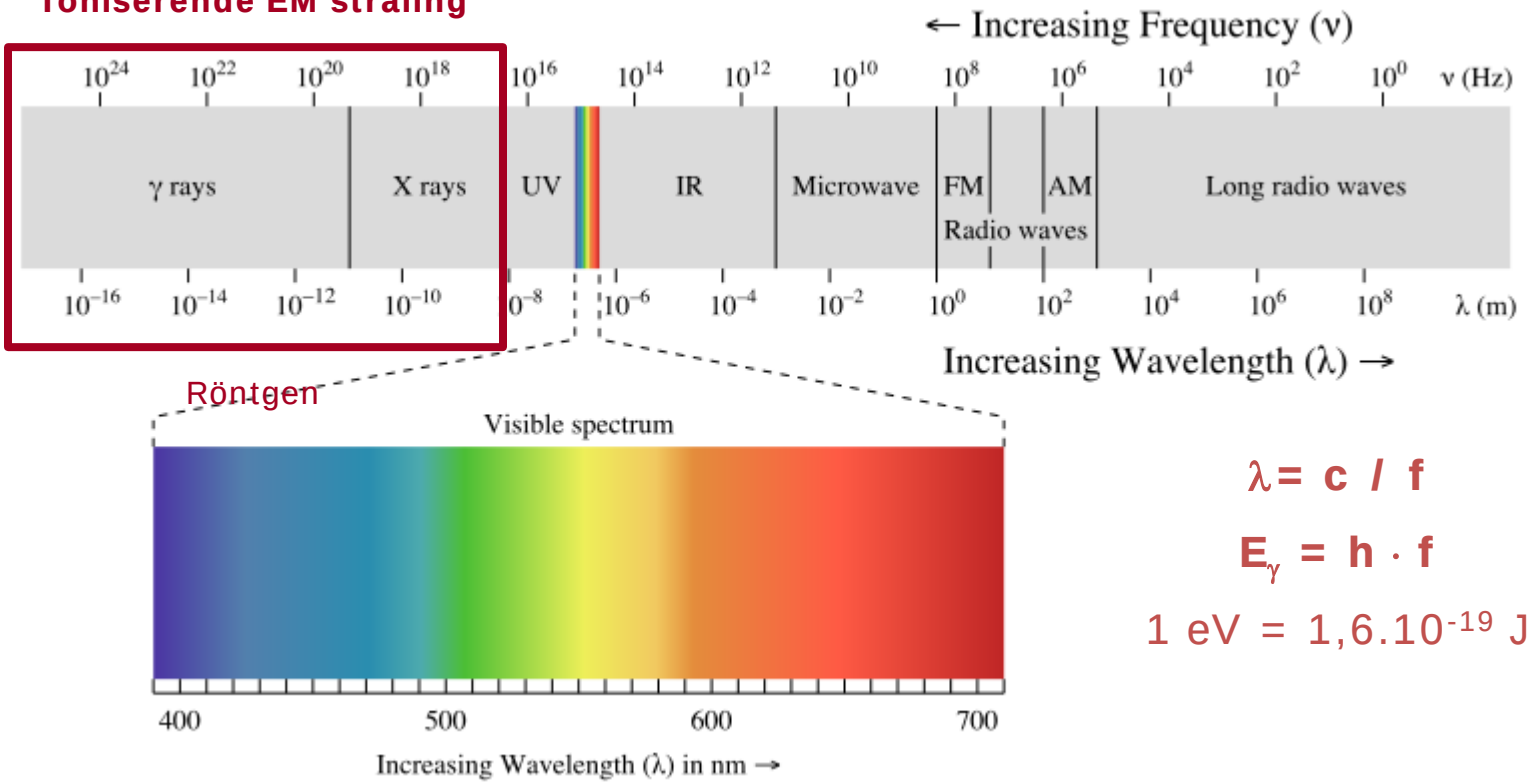
- de Geiger-Müller teller



Wat is straling?

Elektromagnetische straling: bestaat uit fotonen, γ (m=0)

Ioniserende EM straling



$\lambda = c / f$

$E_\gamma = h \cdot f$

$1\ eV = 1{,}6.10^{-19}\ J$

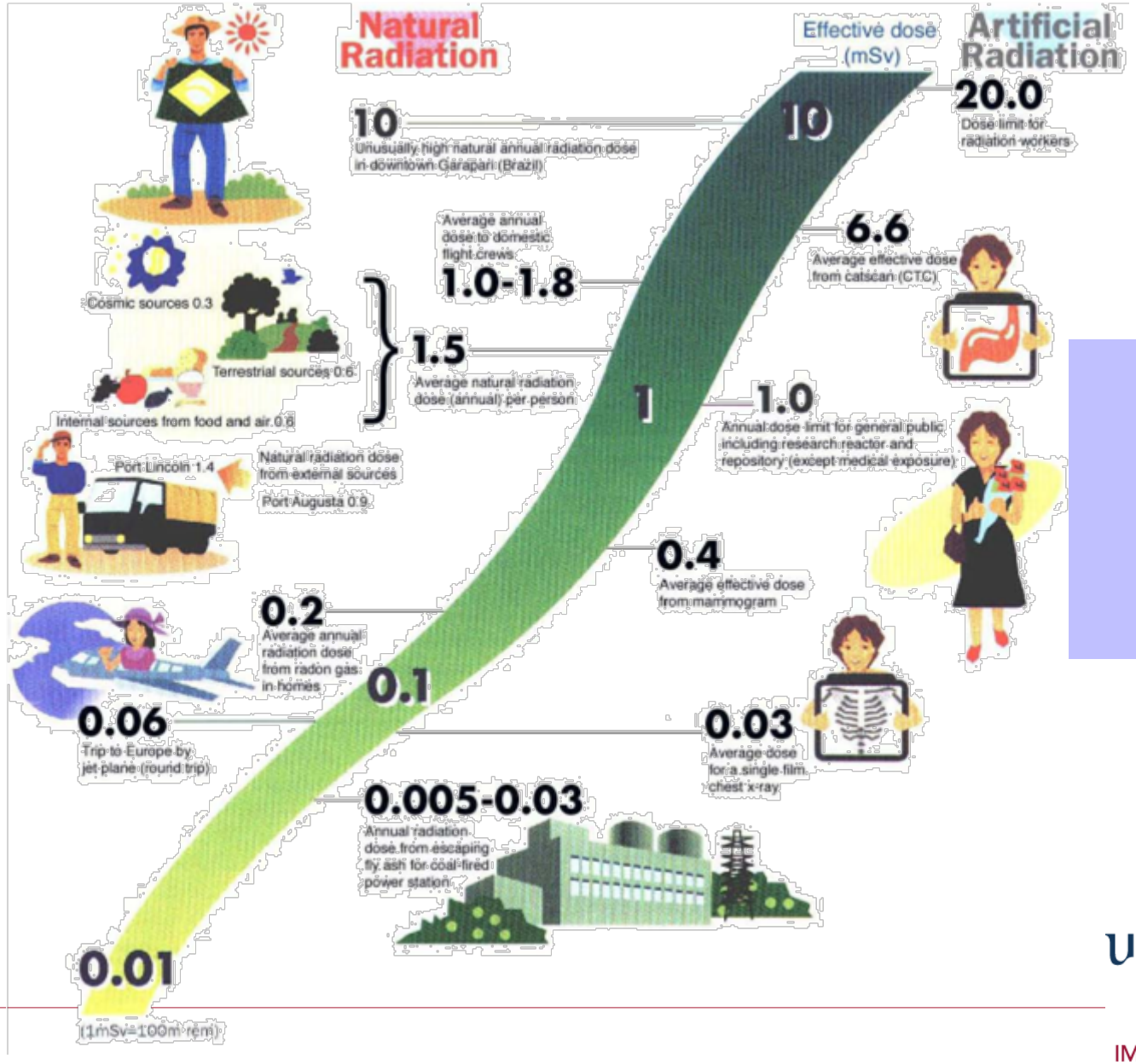
universiteit hasselt | imec

IMO - IMOMEC
INSTITUUT VOOR MATERIAALONDERZOEK

Effectieve dosissen in het dagelijks leven

- uit onze omgeving, uit de aarde, uit de ruimte

Effectieve dosissen in het dagelijks leven



1Sv is een hoge dosis:

De **jaarlimiet** voor beroepsmatige blootstelling is **20mSv**

universiteit hasselt | imec
IMO - IMOMEC
INSTITUUT VOOR MATERIAALONDERZOEK

Grootheden van activiteit en energie

Bij inwendige besmetting:

- De tijd die het organisme nodig heeft om de concentratie van het stabiel isotoop met de helft te verminderen: *biologische halfwaardetijd* $T_{1/2,biol}$
- De *effectieve halfwaardetijd* is dan $T_{1/2,eff}$ zodat: $$\frac{1}{T_{1/2,eff}} = \frac{1}{T_{1/2,fys}} + \frac{1}{T_{1/2,biol}}$$

Radionuclide	Fysische $T_{1/2,fys}$	Biologische $T_{1/2,biol}$	Effectieve $T_{1/2,eff}$
Jodium-125	60,2 dagen	138 dagen	42 dagen (schildklier)
Jodium-131	8 dagen	138 dagen	7,6 dagen (schildklier)
Cesium-137	30 jaar	110 dagen	110 dagen (gehele lich.)
Plutonium-239	24,400 jaar	50 jaar	50 jaar (beendergestel)

- Analoog spreekt men ook van een fysische, biologische en effectieve vervalconstante:

$$\lambda_{1/2,eff} = \lambda_{1/2,fys} + \lambda_{1/2,biol}$$

(Oefening: bewijs dit!)

Effectieve dosis voorbeelden

Bronnen	Effectieve dosis, mSv per jaar
- radon in huizen	0,80
- bouwmateriaal	0,30
- uit de bodem	0,20
- activiteit in het lichaam (^{40}K)	0,35
- kosmische straling	0,30
- kunstmatige bronnen	0,05
- röntgen- en nucleaire diagnostiek (bevolkingsgem.)	0,5

Totaal bevolkingsgemiddelde: 2,5 mSv/jaar

Bodem / Bouwmaterialen

Radon is een radioactief gas dat van nature vrijkomt uit de bodem en uit bouwmaterialen zoals beton, baksteen en natuursteen. Stoffen die ontstaan uit zogeheten verval van radon, veroorzaken enkele honderden gevallen van longkanker per jaar. Daarom is ventilatie belangrijk: die houdt de concentratie in huis laag.
Eigenlijk is er niet sprake van één stof (radon) maar van twee versies (zogenaamde isotopen) van radon. Met radon wordt vaak isotoop Rn-222 bedoeld. De andere isotoop is Rn-220, die heet thoron. Thoron is in vroegere metingen aangezien voor radon, onder meer omdat ze lastig uit elkaar te houden zijn. Over thoron in huis is veel minder bekend dan over radon.

Radongas zelf is niet schadelijk, ondanks dat het radioactief is. U ademt het in, maar ook weer uit, voordat het schade voorzaakt. Radongas vervalt echter, en daarbij ontstaan vaste stoffen die ook radioactief zijn. Deze kleine deeltjes hechten zich aan stofdeeltjes. Als u die inademt, komen ze in de longen en u ademt ze niet uit. De straling van die vaste deeltjes, kan longkanker veroorzaken.
Enkele honderden gevallen van longkanker in Nederland ontstaan door radon en thoron. Het precieze aandeel van thoron is onzeker.

Vliegen

Route	Vliegduur (min)	Hoogte (km)	Vluchtdosis in microSv ± fout
			werkelijke vlucht
Schiphol - Atlanta	485	11,5	39 ± 3
Schiphol - Barcelona	84	10,1	5,2 ± 0,9
Kuwait - Schiphol	318	12,5	21 ± 4
Schiphol - Lagos	337	10,5	15 ± 2
Schiphol - Mexico	603	10,3	43 ± 4
Mexico - Schiphol	538	11,2	47 ± 4
Schiphol - Milaan	42	11,0	4,0 ± 0,7
Milaan - Schiphol	49	10,8	4,3 ± 0,9
Schiphol - Sao Paulo	631	10,8	30 ± 5
Singapore - Schiphol	700	10,8	38 ± 2
Schiphol - Tokio	588	10,6	43 ± 2
Tokio - Schiphol	629	10,6	

universiteit hasselt | imec

Eten en drinken

Jaarlijkse blootstelling → 2,5 mSv

Röntgenfoto → 0,1 mSv

30 sigaretten → 300 Röntgenfoto's

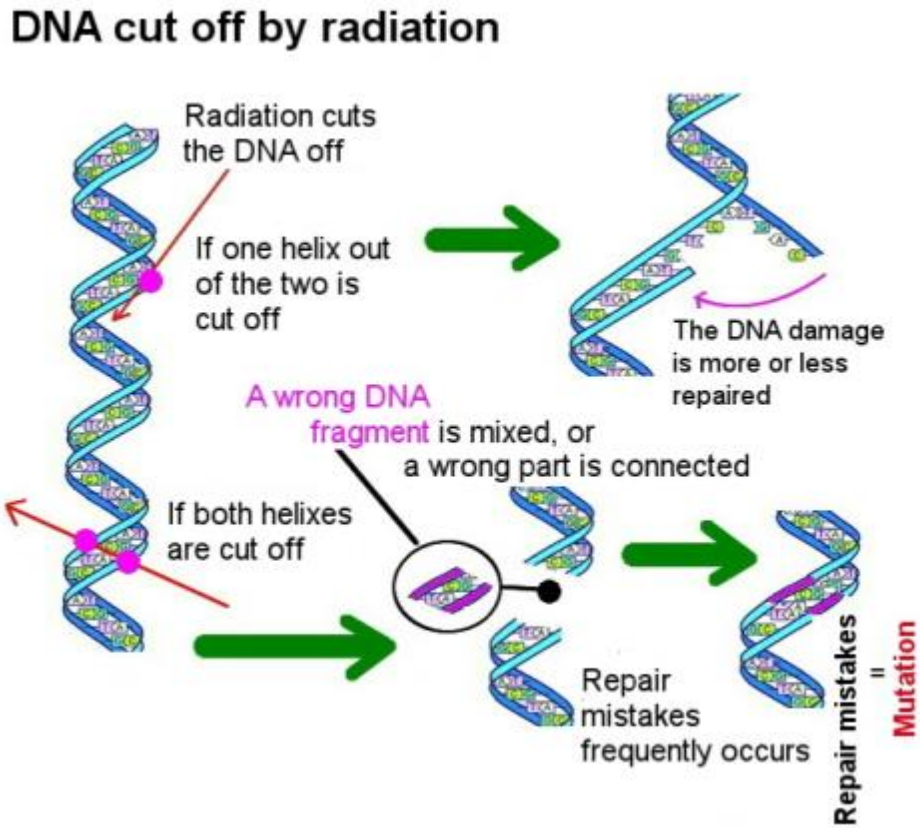
Drinkwater in Tokio (Fukushima gerelateerd) → 0,4 mSv

Stralingswerker/piloten → 20mSv

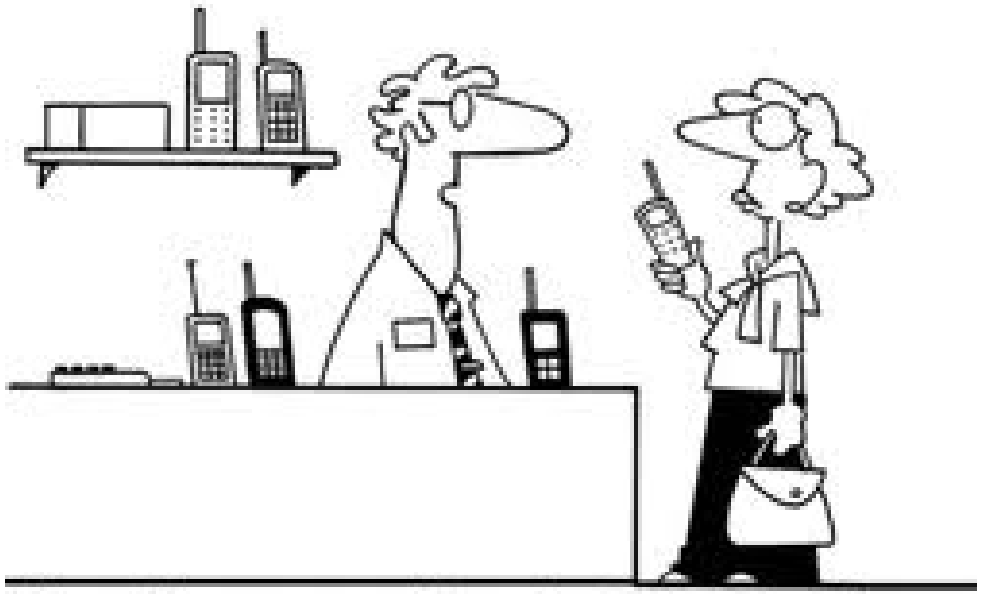
Kleine veranderingen in samenstelling bloed/geslachtsorganen → 250mSv

Misselijkheid, diarree, haaruitval → 1000mSv

Vanaf 4000mSv → 2 weeks left !!!



Bedankt



"Als u zich zorgen maakt om de straling, stop dan een maiskorrel in je oor. Plopt ie tot popcorn, dan wordt het tijd om op te hangen."