

Radioactieve stoffen, ioniserende straling

Er komen in de natuur radioactieve stoffen voor. Die zenden straling uit, continu. De straling heet *ioniserende straling*. Er zijn verschillende soorten ioniserende straling, zie de tabel onderaan. De straling kan gevaarlijk zijn maar wordt ook benut, in de geneeskunde en in de techniek. Er zijn ook kunstmatige stoffen die radioactief zijn. Een verschil met natuurlijke radioactiviteit is er niet.

De oorzaak van radioactiviteit. Stabiele en instabiele isotopen

De meeste elementen hebben stabiele en instabiele isotopen. Isotopen zijn stabiel als ze een stabiele atoomkern hebben. De koolstofisotoop C-12 bijvoorbeeld. De isotoop C-14 echter, met 2 extra neutronen in de kern, is instabiel. De kernen van instabiele atomen 'vervallen' na enige tijd. (Je zegt ook wel: 'desintegreren'). Als een atoomkern vervalt, zendt hij een klein deeltje uit. Er blijft dan een andere atoomkern achter. De oorspronkelijke kern noem je de moederkern, de nieuwe de dochterkern. Is die stabiel dan stopt het proces. Is de dochterkern ook instabiel dan vervalt die ook weer. Dat gaat net zolang door tot er een stabiele kern is ontstaan. Instabiele kernen kunnen op verschillende manieren vervallen. Zie de tabel.

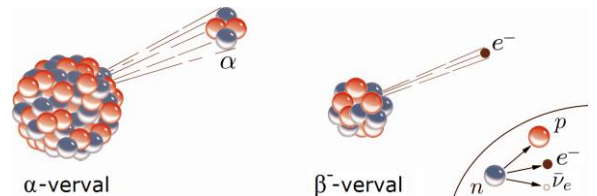
Een stof is radioactief als de atoomkernen instabiel zijn. De straling die de radioactieve stof uitzendt bestaat uit de kleine deeltjes die de instabiele atoomkernen uitzenden als ze vervallen. Die deeltjes hebben energie. Daarmee kunnen ze andere atomen ioniseren (beschadigen). Daarom spreek je van *ioniserende straling*. Een andere naam is kernstraling.

Binasboek

Tabel 25A van het Binasboek is een lijst met stabiele en instabiele isotopen. Tabel 25B is een isotopenkaart.

Vervalvergelijking

Je geeft radioactief verval weer met een vervalvergelijking, bijvoorbeeld:



Röntgenstraling

Röntgenstraling is ook ioniserende straling maar geen *kernstraling*. Röntgenstraling komt namelijk niet uit de atoomkern maar uit de elektronenwolk daar omheen. Röntgenstraling ontstaat als snelle elektronen de elektronenwolk van een atoom binnendringen en daar worden afgeremd.

Gevaar

Ioniserende straling heeft veel energie. Zo veel, dat atomen daarmee geïoniseerd kunnen worden, ook atomen en moleculen van levend weefsel. Daardoor kan er in de cellen van het organisme ongewenste biochemie ontstaan, met bijvoorbeeld celwoekering tot gevolg. Een bijkomend gevaar is dat de straling niet direct is waar te nemen (onzichtbaar, onhoorbaar, reukloos).



Toepassingen

In de geneeskunde worden de eigenschappen van ioniserende straling bijvoorbeeld benut bij het gebruik van tracers om doorbloeding te bestuderen. Bij de bestrijding van tumoren wordt de grote energie van de straling benut. Er zijn ook technische toepassingen, bijvoorbeeld de röntgenscan bij de douane, diktecontrole van plaatmateriaal.

Eigenschappen

In de tabel staan drie soorten kernstraling, röntgenstraling, en van elke stralingssoort de eigenschappen.

	Soort straling	Bestaat uit	Snelheid	Energie per deeltje (MeV)	Ioniserend vermogen	Doordringend vermogen	Bron	Oorzaak van ontstaan
kernstraling	α	Heliumkernen ${}^4_2\text{He}$	max 0,10·c	tussen 4 en 9	Groot	Klein *	Moederkern	Moederkern instabiel door teveel nucleonen
	β ⁻	Elektronen ${}^0_{-1}\text{e}$	max 0,99·c	0,1 tot 4 (max. 13)	Matig	Matig *		Moederkern instabiel door teveel neutronen
	γ	Fotonen (EM-straling)	c	1 tot 10 ³	Klein	Groot	Dochterkern	Dochterkern instabiel door slechte schikking nucleonen
	Röntgen	Fotonen (EM-straling)	c	10 ⁻³ tot 10 ⁻¹	Klein	Groot	Elektronenwolk	Elektronen worden afgeremd

* Bij α- en β-straling spreek je eigenlijk over *dracht*: zie de volgende pagina.

Tempo – halveringstijd en activiteit

Het tempo van het radioactieve verval geef je aan met de halveringstijd en de activiteit. Radioactief materiaal dat snel vervalst, heeft een grote activiteit en een kleine halveringstijd.

Activiteit A (Bq) : Het aantal kernen dat per seconde vervalst, of: het aantal deeltjes dat per seconde wordt uitgezonden.

Halveringstijd $t_{1/2}$ (s) : Tijdsduur waarna de activiteit (A) is afgenomen tot de helft van de oorspronkelijke waarde, of: tijdsduur waarna de helft van het aantal instabiele kernen (N) is vervallen.

$$N(t) = N(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n \quad \text{met } N \text{ het aantal kernen en } n \text{ het aantal halveringstijden dat verstreken is, dus } n = \frac{t}{t_{1/2}}$$

$$A(t) = A(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n \quad \text{met } n \text{ het aantal halveringstijden dat verstreken is, dus } n = \frac{t}{t_{1/2}}$$

$$A_{\text{gemiddeld}} = -\frac{\Delta N}{\Delta t} \quad A(t) = -\left[\frac{\Delta N}{\Delta t}\right]_{\text{raaklijn}} = -\frac{dN}{dt} \quad A(t) \sim N(t) \rightarrow A(t) = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot N(t)$$

Veiligheid en bescherming – dracht, halveringsdikte, dosis

Aan veiligheid en bescherming kun je rekenen met de dracht (voor α - en β -straling), de halveringsdikte (voor röntgen- en γ -straling), de stralingsdosis en het dosisequivalent. Zie ook Binas 27D2.

Dracht : De maximale afstand die α - of β -straling in een stof kan doordringen.

Halveringsdikte $d_{1/2}$ (m) : De dikte van een laag materiaal die de helft van de röntgen- of γ -straling tegenhoudt, dus de andere helft doorlaat. (Binas 28F).

Stralingsdosis D (Gy) : De hoeveelheid stralingsenergie, geabsorbeerd per kg weefsel.

Dosisequivalent H (Sv) : Stralingsdosis maal de weegfactor van de soort straling. (Binas 27D3).

$$I(x) = I(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n \quad \text{met } I \text{ de intensiteit in } W/m^2 \text{ en } n \text{ het aantal halveringsdikten, dus } n = \frac{x}{d_{1/2}}$$

$$D = \frac{E_{\text{straling}}}{m}$$

$$H = w_R \cdot D \quad \text{met } w_R \text{ de stralingsweegfactor.}$$

$$E_{\text{foton}} = h \cdot f \quad \text{met } h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js (de constante van Planck) en } f \text{ de frequentie van de straling (Hz).}$$

$$\lambda_{\text{foton}} = c/f \rightarrow \lambda \cdot f = c \quad \text{met } c \text{ de lichtsnelheid: } 3,00 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1} \text{ en } f \text{ de frequentie van de straling (Hz).}$$

Apparatuur

- Geiger-Müller-teller (GM-teller): meet de activiteit van een radioactieve bron.
- Badge: button, waarin een film zit die zwart wordt als er straling op valt.
- Dosimeter: button met een GM-teller. Meet de stralingsdosis die je eventueel oploopt.

Begrippen

- Isotopen** : Varianten van eenzelfde chemisch element, met verschillende aantallen neutronen in de kern.
- Nucleonen** : Kerndeeltjes.
- Massagetal A** : Aantal nucleonen in de atoomkern) $A = Z +$ aantal neutronen. Notatie van een kern (X): ${}^A_Z X$
- Atoomnummer Z** : Aantal protonen in de atoomkern)
- Foton** : 'Deeltje' elektromagnetische stralingsenergie.
- Megaelektronvolt MeV** : Een heel kleine eenheid van energie. $1 \text{ MeV} = 1,60 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ (want $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$).
- Achtergrondstraling** : Natuurlijke straling uit het heelal, de aarde zelf, bouwmaterialen, apparaten, enz.
- Bestraling** : Je wordt bestraald als je ioniserende straling ontvangt. Zelf word je niet radioactief.
- Besmetting** : Je bent besmet als je radioactief materiaal op of in je lichaam hebt. Je bent dan zelf radioactief.