

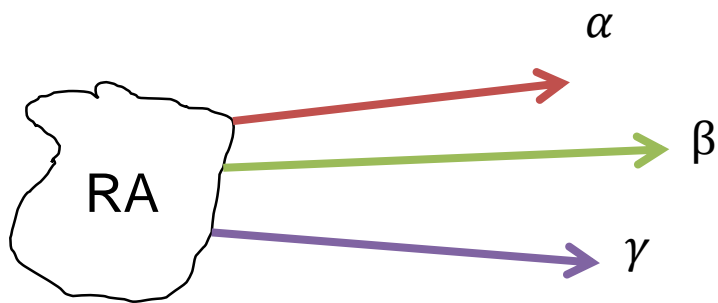
Hoofdstuk 5

Straling

Gemaakt als toevoeging op methode "Overal Natuurkunde"

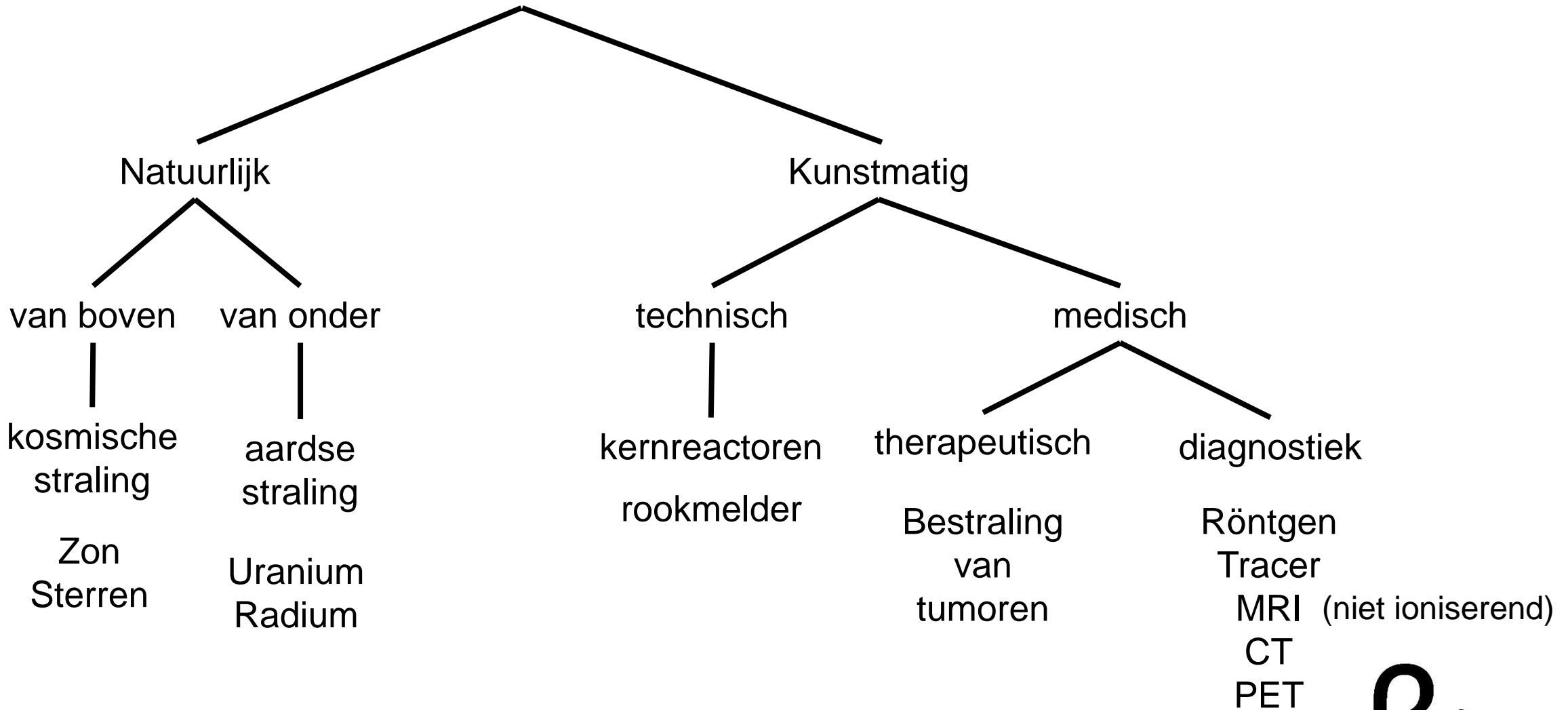
5.1 Straling en bronnen

Eigenschappen van straling

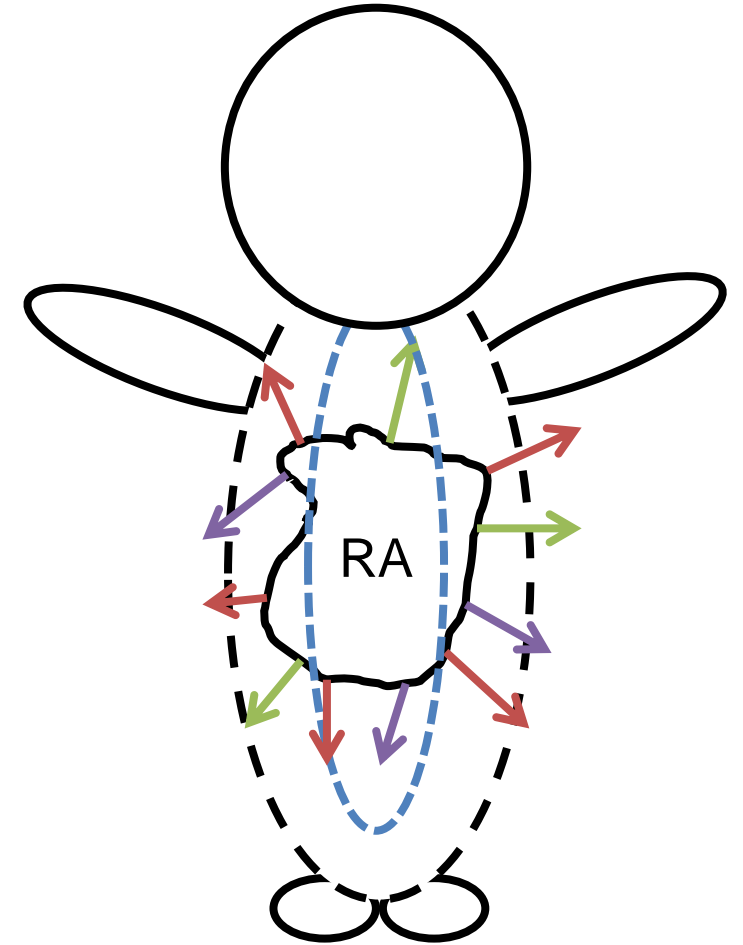
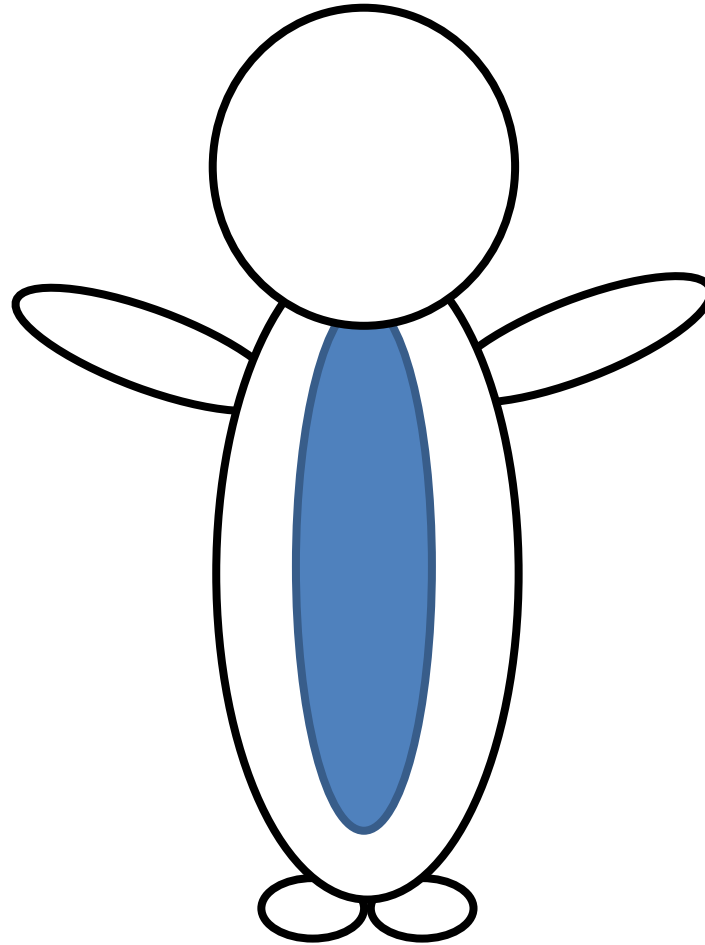
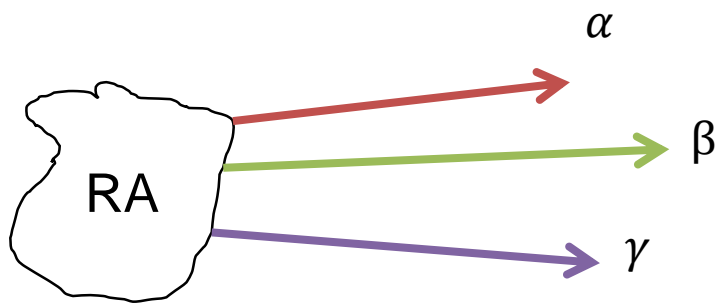


- 1) Beweegt langs rechte lijnen vanuit een bron.
- 2) Zwakker als ze verder van de bron zijn.
- 3) Kan opwarmen, zichtbaar zijn, voelbaar, door materie heen gaan of kanker veroorzaken.

Bronnen van ioniserende straling



Bestraling en besmetting





Wat heb je geleerd?

- Je weet wat straling is.
- Je kunt verschillende bronnen van radioactieve straling noemen.
- Je weet wat het verschil is tussen bestraling en besmetting.

Hoofdstuk 5

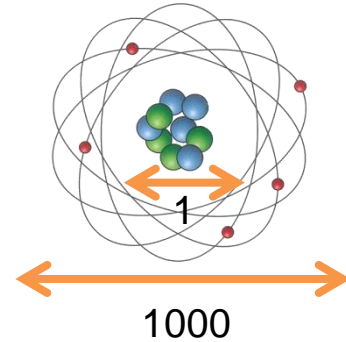
Straling

Gemaakt als toevoeging op methode "Overal Natuurkunde"

5.2 Atomen en verval



Kernfysica



De afmetingen van een atoomkern t.o.v. schil

	Protonen	Neutronen	Elektronen
Symbool	${}^1_1p^+$	1_0n	${}^0_{-1}e^-$
Massa	$\approx u = 1,66 \cdot 10^{-27} kg$	$\approx u = 1,66 \cdot 10^{-27} kg$	$\approx 0 = 9,11 \cdot 10^{-31} kg$
Lading	$= 1e = 1,61 \cdot 10^{-19} C$	0	$= -1e = -1,61 \cdot 10^{-19} C$
Aantallen	Atoomnummer = Z	N	Z-V

Ladingsgetal

Massagetal:
 $A=Z+N$
 $m_{atoom} = A \cdot u$

Valentie van het ion



Rekenvoorbeeld ijzer

Geef het aantal protonen, neutronen, elektronen, massa (kg) en de lading van ${}^{56}_{26}\text{Fe}^{3+}$.



Uitwerking rekenvoorbeeld ijzer

Geef het aantal protonen, neutronen, elektronen, massa (kg) en de lading van ${}^{56}_{26}\text{Fe}^{3+}$.

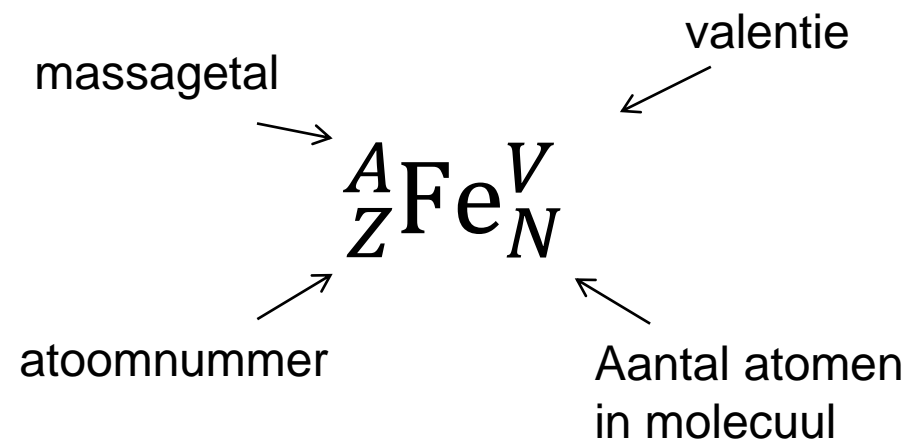
$$p^+ = 26$$

$$n = 30$$

$$e^- = 23$$

$$m = 56u = 56 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 9,3 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

$$q = 3e = 3 \cdot 1,61 \cdot 10^{-19} = 4,83 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$





Isotopen

=Ander massagetal, zelfde atoomnummer.

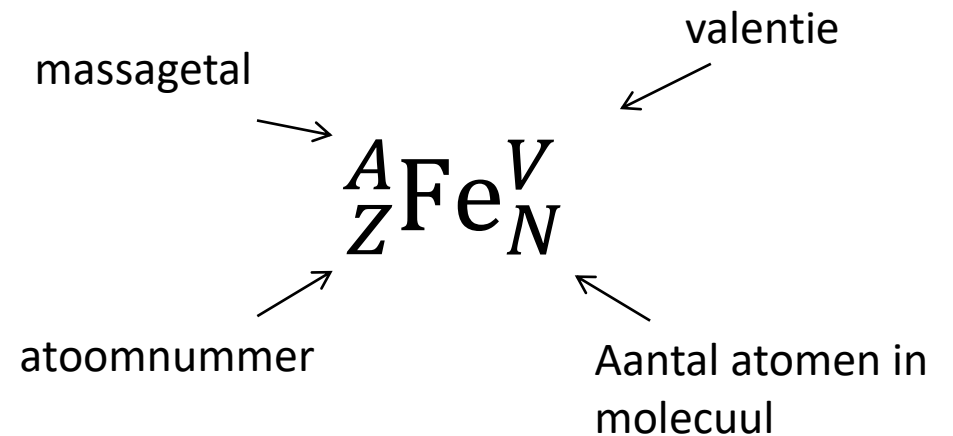
Binas T25:

Cu – 63

Cu – 64

Cu – 65

stabiele	instabiele
Komen in natuur voor. (Kolom 5)	Komen niet in natuur voor. (Kolom 5)
Vertonen geen verval (Kolom 6 en 7)	Vertonen wel verval. (Kolom 6 en 7)





Instabiele isotopen

Bij instabiele isotopen komen vervalreacties voor. Er ontstaan dan deeltjes. De volgende deeltjes kunnen ontstaan bij vervalreacties en moet je uit je hoofd leren:

α -deeltje: ${}^4_2\text{He}^{2+}$

β^- -deeltje: ${}^0_{-1}\text{e}^-$ ← elektron

Neutron: ${}^1_0\text{n}$

Proton: ${}^1_1\text{p}^+$

γ -deeltje: ${}^0_0\gamma$ ← foton: energiepakketje

β^+ -deeltje: ${}^0_1\text{e}^+$ ← positron



Vervalreacties opstellen

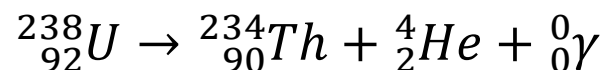
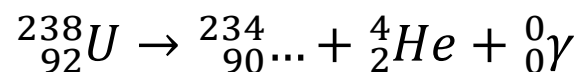
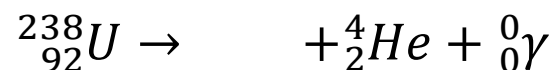
Bij vervalreacties gaat het om de hoeveelheid neutronen en protonen. De lading staat impliciet linksonder, waardoor we aan de rechterkant geen waardes zetten zoals dat wel bij scheikunde wordt gedaan.

Uranium-238

Geef de vervalreactie van Uranium-238.

92	U	233	233,03963		$1,6 \cdot 10^5$ j	α 4,83, β^- , K-vangst, γ
		234	234,04095	0,0006	$2,4 \cdot 10^5$ j	α 4,76
		$235 \blacktriangleright^7$	235,04393	0,72	$7,04 \cdot 10^8$ j	α 4,52
		236	236,04564		$2,47 \cdot 10^7$ j	α 4,49, γ
		$238 \blacktriangleright^8$	238,05079	99,28	$4,47 \cdot 10^9$ j	α 4,18, γ

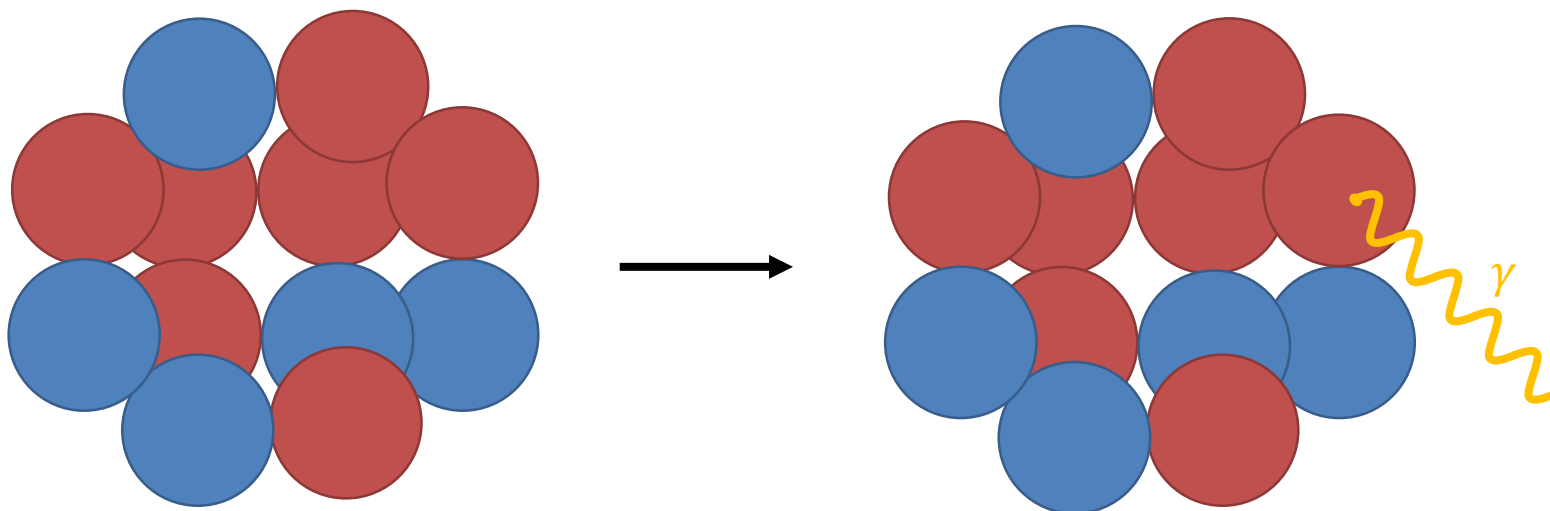
Binas
T25





Vervalreactie op microscopisch niveau

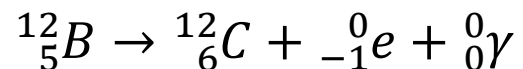
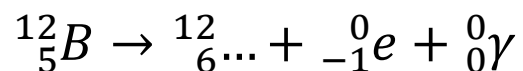
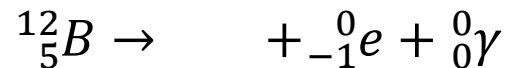
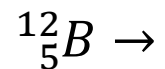
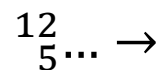
Binas T25 geeft aan of en hoe een atoom vervalt. (rood = neutron, blauw = proton)



Weggeschoten elektron
kan andere atomen en
moleculen ioniseren!

Weggeschoten foton
heeft over het algemeen
te weinig energie om een
ander atoom of molecuul
te ioniseren.

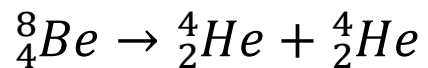
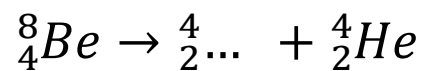
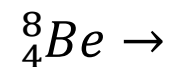
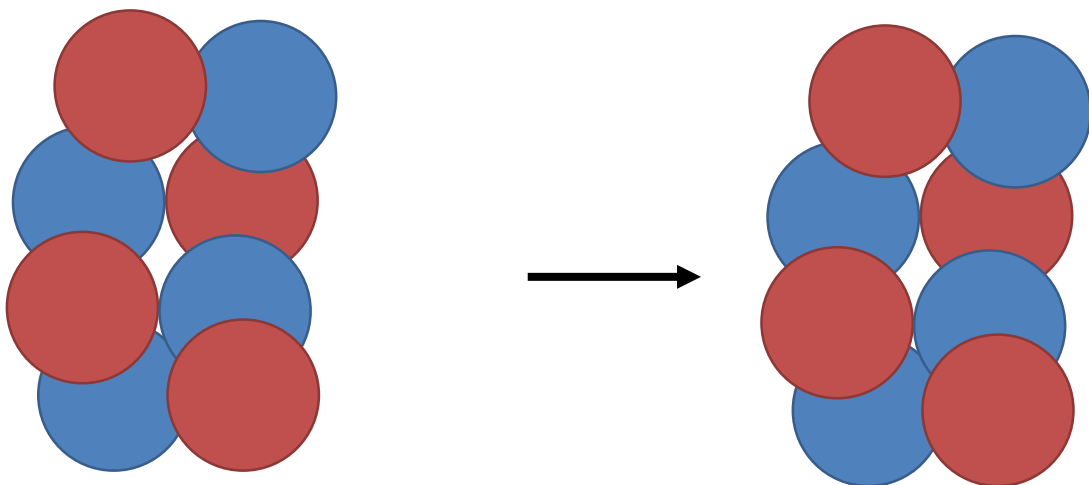
(meer in H11)





Vervalreactie op microscopisch niveau

Binas T25 geeft aan of en hoe een atoom vervalt.




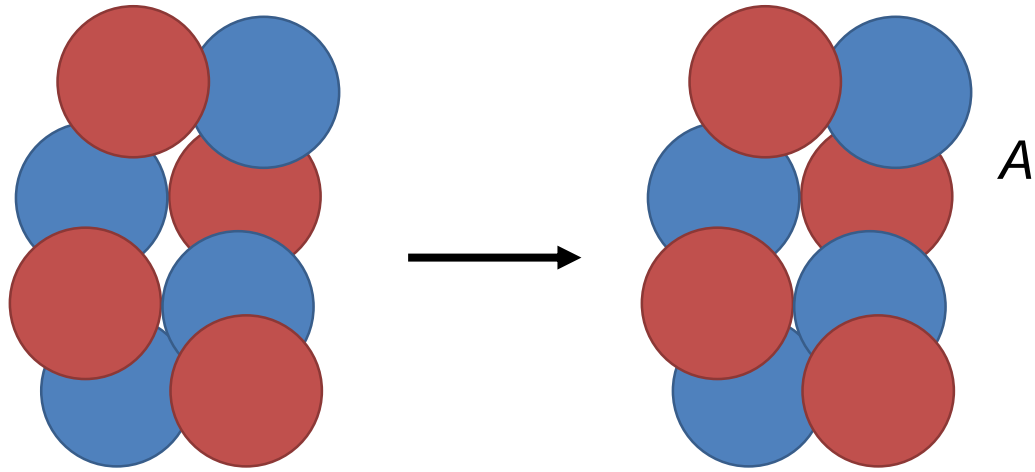
Weggeschoten deeltje
kan andere atomen en
moleculen ioniseren!



10 seconden vraag

Wat kun je zeggen over de lading van Helium kern A en het weggeschoten α -deeltje B?

- A. Lading A: $+1e$, lading B: $-1e$.
- B. Lading A: $0e$, lading B: $+2e$.
-  C. Lading A: $-2e$, lading B: $+2e$.
- D. Het goede antwoord staat er niet tussen.



B

10

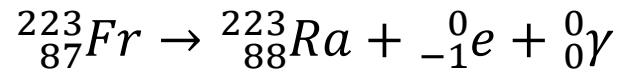
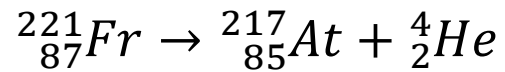


Rekenvoorbeeld

87	Fr	221	221,01418	4,8 min	α 6,3
		223	223,01974	21 min	β^- 1,2, γ
		224	224,02323	3,0 min	β^- 2,8, γ

Geef de vervalreactie van:

- Het α –actieve Francium isotoop.
- De meest stabiele β –actieve Francium isotoop.





Wat heb je geleerd?

- Je weet uit welke deeltjes atomen zijn opgebouwd.
- Je weet welke 6 deeltjes er bij verval reacties kunnen ontstaan.
- Je weet hoe je een vervalreactie moet opstellen met behulp van Binas.

Hoofdstuk 5

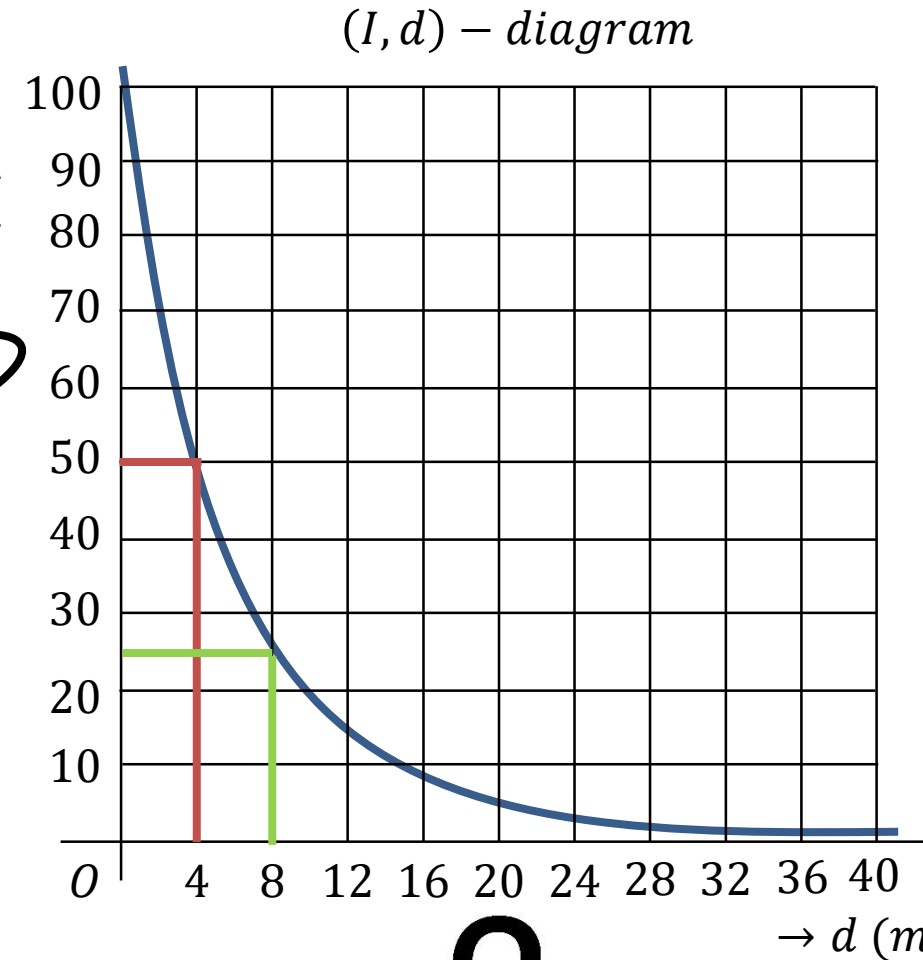
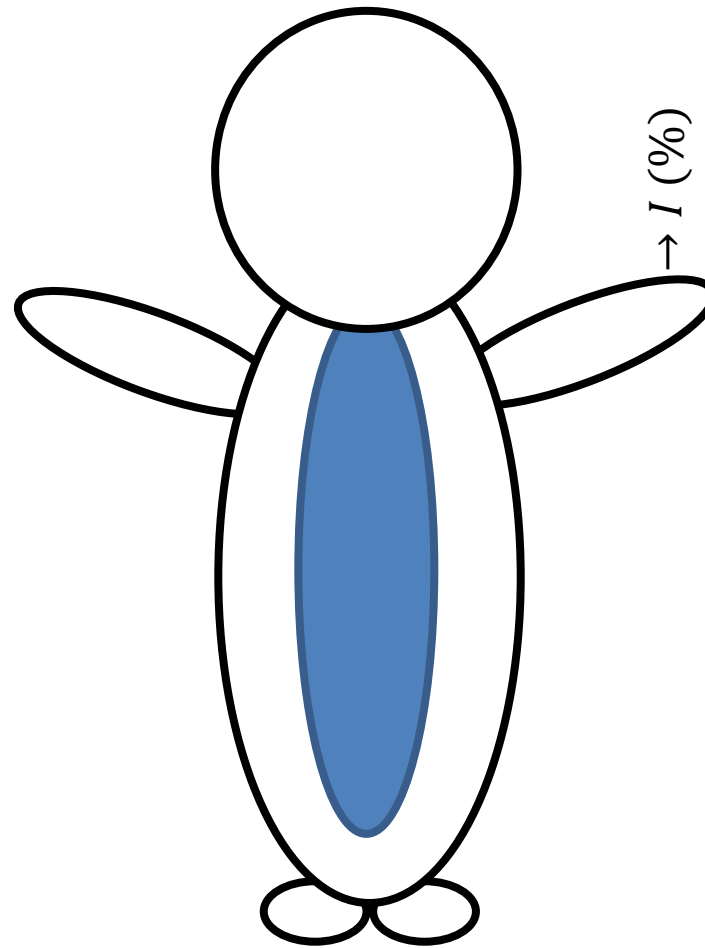
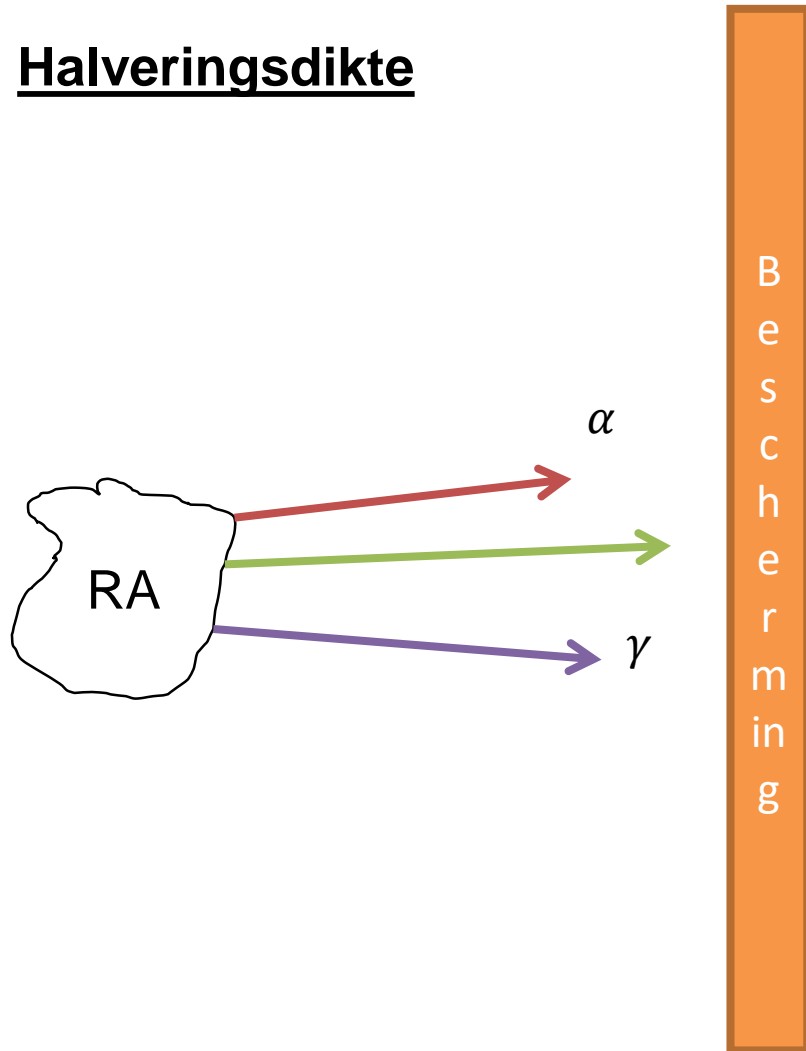
Straling

Gemaakt als toevoeging op methode "Overal Natuurkunde"

5.3 Ioniserende werking en doordringend vermogen



Halveringsdikte





Soorten ioniserende straling

	α – straling (${}^4_2\text{He}$)	β – straling (${}^0_{-1}\beta$)	γ – straling (${}^0_0\gamma$)
massa (m)	4u	$<1/1000 * u$	0
lading (q)	2e	-e	0
ioniserend vermogen	sterk	gemiddeld	zwak
doordringend vermogen	zwak	gemiddeld	sterk
dracht $\rho=10^3$ (water) $\rho=10^1$ (lucht)	10^{-5}m 10^{-2}m	10^{-2}m 10^{-1}m	10^{-1}m 10^3m
soorten kanker	huid, long, maag, darm	teelbal, eierstok, borst	bloed, lymfe



Wat heb je geleerd?

- Je weet wat de verschillen zijn tussen α , β - en γ -straling.
- Je kent de begrippen ioniserend vermogen en doordringend vermogen en dracht.
- Je weet hoe je jezelf tegen radioactieve straling kunt beschermen.

Hoofdstuk 5

Straling

Gemaakt als toevoeging op methode "Overal Natuurkunde"



5.4 Activiteit en halveringstijd

Activiteit

= *Het aantal vervalreacties per seconde*

$$A(t) = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{t/t_{1/2}}$$

Met

$A(t)$ de activiteit na t seconden in becquerel (Bq)

A_0 de activiteit op $t = 0$ s in becquerel (Bq)

Aantal moederkernen

= *Het aantal deeltjes dat nog kan vervallen*

$$N(t) = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{t/t_{1/2}}$$

Met

$N(t)$ het aantal instabiele kernen na t seconden

N_0 het aantal instabiele kernen op $t = 0$ s

t de tijdsduur

$t_{1/2}$ de halveringstijd

Aantal verstreken halveringstijden

De r.c. van (N,t)-diagram is dus de negatieve waarde van de activiteit!

$$\begin{aligned}
 A(t) &= -\frac{dN}{dt} = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} N(t) \\
 &= \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{t/t_{1/2}} \\
 A(t) &= A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{t/t_{1/2}}
 \end{aligned}$$



10 seconden vraag

Een stof halveert iedere dag. Op dag 20 hebben we nog 20.000 kernen over. Op welke dag hadden we nog 40.000 kernen?

A. Dag 10.

B. Dag 11.

C. Dag 15.

 D. Dag 19.

E. Dag 21.

F. Het juiste antwoord staat er niet tussen.

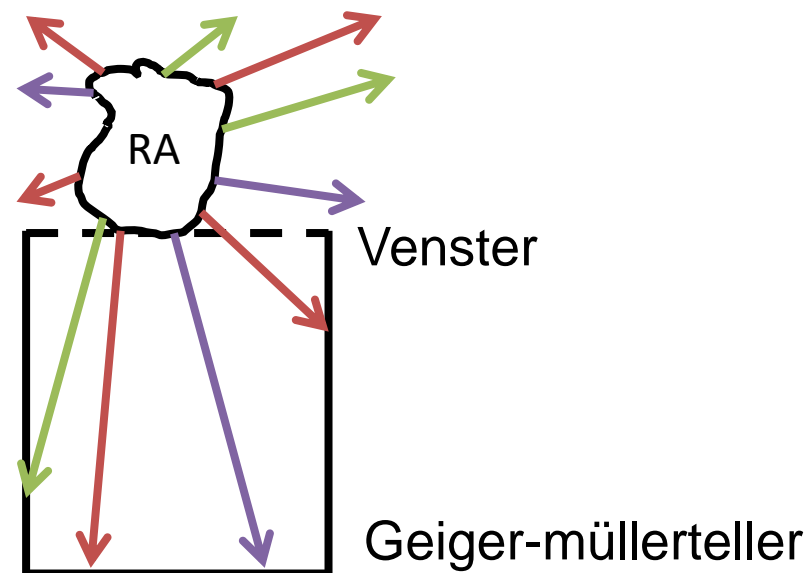
10



De geiger-müllerteller

Een geigerteller is een teller die stralingsdeeltjes kan meten. Er is altijd achtergrondstraling, afkomstig van (radioactieve) bronnen, zoals de zon. Een geigerteller zal echter nooit een precies aantal tellen, omdat straling nooit overal even groot is.

- 1) Deeltjes hebben **verschillende richtingen**.
Niet alle deeltjes komen dus in de teller.
- 2) Het venster kan deeltjes **absorberen**.
- 3) De teller houdt een hoge activiteit niet bij, omdat deze met pulsen werkt. (zie fysische informatica).





Rekenvoorbeeld GM-teller

Een GM-teller wordt boven een blokje gehouden. De teller geeft na 10 seconden 412 aan. Zonder de bron geeft de teller 50 deeltjes in 20 seconden aan. Op de telbuis valt slechts 1,5% van de uitgezonden straling. De teller meet daarnaast slechts 18% van de straling die op de buis valt.

- a) Geef de vervalreactie van zilver-108.
- b) Bereken wat de teller na 10s zou aangeven als er geen achtergrondstraling was.
- c) Bereken de activiteit van de bron.
- d) Bereken het aantal moederkernen bij deze activiteit.
- e) Bereken de activiteit van het blokje na 30min, uitgedrukt als percentage van de begin activiteit.

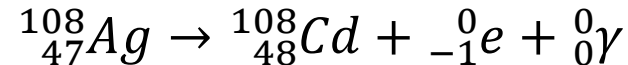


Uitwerking rekenvoorbeeld GM-teller

47	Ag	107	106,90510	51,8	-	-
		108	107,90596		2,41 min	β^- 1,49, γ
		109	108,90475	48,2	-	-

Een GM-teller wordt boven een blokje gehouden. De teller geeft na 10 seconden 412 aan. Zonder de bron geeft de teller 50 deeltjes in 20 seconden aan. Op de telbuis valt slechts 1,5% van de uitgezonden straling. De teller meet daarnaast slechts 18% van de straling die op de buis valt.

a) Geef de vervalreactie van zilver-108.



b) Bereken wat de teller na 10s zou aangeven als er geen achtergrondstraling was.

Achtergrondstraling is 25deeltjes in 10 s. Zonder achtergrondstraling meet de teller dus 387 deeltjes in 10s. Dat is echter slechts 18% van wat er echt opvalt. In werkelijkheid vallen er $\frac{387}{18} \cdot 100 = 2150$ deeltjes op. Dat was dan weer slechts 1,5% van het totaal, dus totaal $\frac{2150}{1,5} \cdot 100 = 143333,3$ deeltjes op in 10s.

c) Bereken de activiteit van de bron.

Dus activiteit is dus $A = \frac{143333,3}{10} \approx 14\text{kBq}$.

d) Bereken het aantal moederkernen bij deze activiteit.

e) Bereken de activiteit van het blokje na 30min, uitgedrukt als percentage van de begin activiteit.



Uitwerking rekenvoorbeeld GM-teller

47	Ag	107	106,90510	51,8	-	-
		108	107,90596		2,41 min	β^- 1,49, γ
		109	108,90475	48,2	-	-

Een GM-teller wordt boven een blokje gehouden. De teller geeft na 10 seconden 412 aan. Zonder de bron geeft de teller 50 deeltjes in 20 seconden aan. Op de telbuis valt slechts 1,5% van de uitgezonden straling. De teller meet daarnaast slechts 18% van de straling die op de buis valt.

- Geef de vervalreactie van zilver-108.
- Bereken wat de teller na 10s zou aangeven als er geen achtergrondstraling was.
- Bereken de activiteit van de bron.

$$A = \frac{143333,3}{10} \approx 14kBq$$

- Bereken het aantal moederkernen bij deze activiteit.

$$A = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} \cdot N \rightarrow N = \frac{t_{1/2}}{\ln(2)} \cdot A \quad N = \frac{2,41 \cdot 60}{\ln(2)} \cdot 14333 \approx 3,0 \cdot 10^6 \text{ moederkernen}$$

- Bereken de activiteit van het blokje na 30min, uitgedrukt als percentage van de begin activiteit.

$$A = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{t/t_{1/2}} = 100\% \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{30/2,41} \approx 0,018\%$$



Rekenvoorbeeld (N,t)-diagram

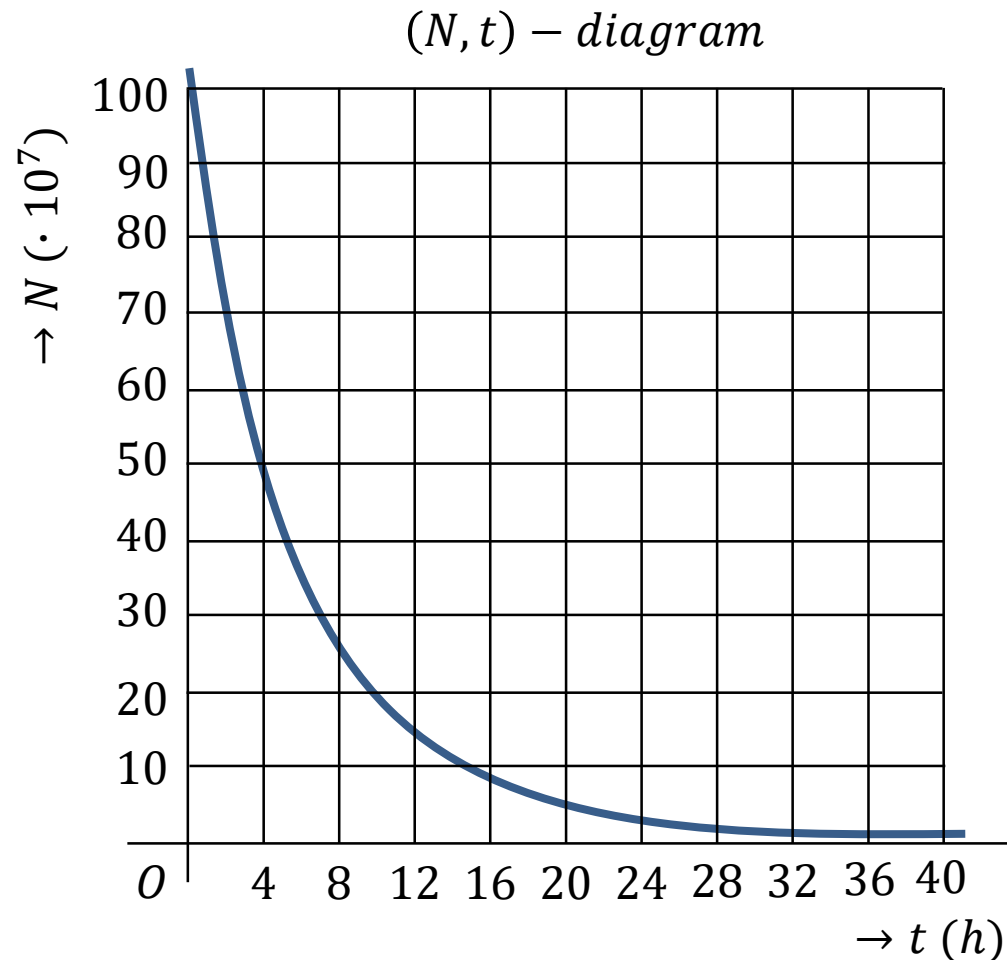
Hiernaast staat het (N,t)-diagram van een bepaalde stof gegeven.

a) Bepaal de activiteit op $t = 12$ met behulp van het diagram.

b) Controleer je antwoord met behulp van de formule

$$A = \frac{\ln(2)}{t_{\frac{1}{2}}} N.$$

c) Welke stof zou hier getekend kunnen zijn?





Uitwerking rekenvoorbeeld (N,t)-diagram

Hiernaast staat het (N,t)-diagram van een bepaalde stof gegeven.

- a) Bepaal de activiteit op $t = 12$ met behulp van het diagram.

$$A = -\frac{\Delta \dot{N}}{\Delta t} = -\left(\frac{\Delta N}{\Delta t}\right)_{\text{raaklijn}}$$
$$= -\frac{(0 - 40) \cdot 10^7}{(18 - 0) \cdot 3600} \approx 6,2 \text{ kBq}$$

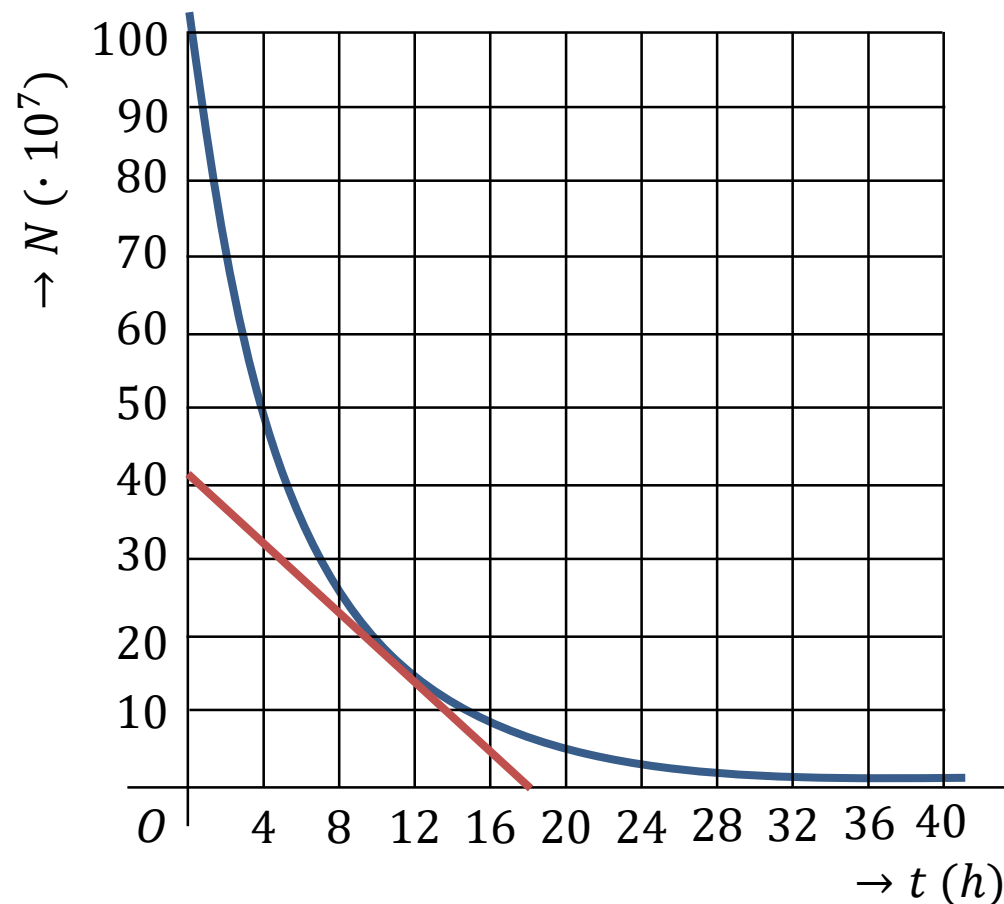
- b) Controleer je antwoord met behulp van de formule

$$A = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} N.$$
$$A = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} N = \frac{\ln(2)}{4 \cdot 3600} \cdot 13 \cdot 10^7 \approx 6,3 \text{ kBq}$$

- c) Welke stof zou hier getekend kunnen zijn?

$$t_{1/2} = 4h \text{ kan goud (Au) zijn}$$

(N, t) – diagram





Wat heb je geleerd?

- Je weet wat het verschil is tussen aantal moederkernen en activiteit.
- Je weet wat de raaklijn aan het (N,t) -diagram voorstelt.

Hoofdstuk 5

Straling

Gemaakt als toevoeging op methode "Overal Natuurkunde"



5.5 Effecten van straling

Stralingsdosis

= De geabsorbeerde stralingsenergie per kilogram weefsel

$$D = \frac{E_{str}}{m} = \frac{N_{ont} \cdot E_d}{m} = \frac{\text{raakfractie} \cdot t_{blootstelling} \cdot A \cdot E_d}{m}$$

Activiteit

Met

D de stralingsdosis in gray (Gy)

E_{str} de geabsorbeerde stralingsenergie in joule (J)

m de massa van het weefsel in kilogram (kg)

Equivalentente stralingsdosis

= De schade door straling aan het weefsel per kilogram

$$H = w_r \cdot D$$

Met

H de equivalentente stralingsdosis in sievert (Sv)

w_r de stralingsweegfactor, afhankelijk van het soort straling (–)

D de stralingsdosis in gray (Gy)



Rekenvoorbeeld radioactieve bron in de klas

Dhr. Vlot zet in de klas een radioactieve bron Ni – 65 met een activiteit van $1,2kBq$ op een tafel. Een leerling zit er een meter voor en is bang dat zij teveel straling op haar krijgt. Je mag aannemen dat de dracht van de β –deeltjes zo groot is, dat het verlies door ionisaties in de lucht verwaarloosbaar is. Na 50 minuten gaat de leerling pas weg.

- a) Bereken de stralingsdosis, schat daarvoor de grootte en massa van het meisje.
- b) Bereken equivalente stralingsdosis.
- c) Leg uit met behulp van Binas of de dhr. Vlot de leerling in gevaar heeft gebracht.



28	Ni	58	57,93535	67,8	-	-
		62	61,92835	3,7	-	-
		63	62,92966		85 j	β^- 0,062
		64	63,92797	1,1	-	-
		65	64,93007		2,6 u	β^- 2,10, γ

Uitwerking rekenvoorbeeld radioactieve bron in de klas

Dhr. Vlot zet in de klas een radioactieve bron Ni – 65 met een activiteit van $1,2\text{kBq}$ op een tafel. Een leerling zit er een meter voor en is bang dat zij teveel straling op haar krijgt. Je mag aannemen dat de dracht van de β^- –deeltjes zo groot is, dat het verlies door ionisaties in de lucht verwaarloosbaar is. Na 50 minuten gaat de leerling pas weg.

- Bereken de stralingsdosis, schat daarvoor de grootte en massa van het meisje.
- Bereken equivalente stralingsdosis.
- Leg uit met behulp van Binas of de dhr. Vlot de leerling in gevaar heeft gebracht.

$$D = \frac{E_{str}}{m} = \frac{N_{ont} \cdot E_d}{m} = \frac{\text{raakfractie} \cdot t_{blootstelling} \cdot A \cdot E_d}{m} = \frac{0,0159 \cdot 3000 \cdot 1,2 \cdot 10^3 \cdot 3,486 \cdot 10^{-13}}{4 \cdot 10^1}$$

$$\text{raakfractie} = \frac{A_{meisje}}{A_{bol}} = \frac{0,5 \cdot 0,4}{4\pi \cdot 1^2} \approx 0,0159 \dots \approx 5 \cdot 10^{-10} \text{Gy}$$

$$t_{blootstelling} = 50 \cdot 60 = 3000\text{s}$$

$$H = w_r \cdot D$$

$$A = 1,2 \cdot 10^3 \text{Bq}$$

$$H = 1 \cdot 5 \cdot 10^{-10}$$

$$E_d = 2,10 \text{MeV} = 2,10 \cdot 1,66 \cdot 10^{-13} = 3,486 \cdot 10^{-13} \text{J}$$

$$\approx 5 \cdot 10^{-10} \text{Sv}$$

$$m \approx 4 \cdot 10^1 \text{kg}$$

Binas T27: 1mSv per jaar toegestaan → Geen gevaar



Samenvatting

Grootheid (symbool)	Eenheid	Formule(s)	Definitie/opmerkingen
Aantal nog aanwezige moederkernen (N)	-	$N(t) = N(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$ $m_{preparaat} = N \cdot m_{atoom} = N \cdot A \cdot u$	Het aantal nog aanwezige moederkernen in het preparaat. Brongrootheid.
Activiteit (A)	Berquerel (Bq)	$A(t) = -N'(t)$ $A(t) = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} \cdot N(t)$ $A(t) = A(0) \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$	Het aantal vervalreacties per seconde in het preparaat. Brongrootheid.
(Geabsorbeerde) stralingsdosis (D)	Gray (Gy)	$D = \frac{E_{straling}}{m_{weefsel}}$ $E_{straling} = N_{ont} \cdot E_d$ $N_{ont} = t_{blootstelling} \cdot raakfractie \cdot A$ $raakfractie = \frac{A_{object}}{A_{bol}}$	De ontvangen stralingsenergie per kilogram absorberend weefsel. Ontvangergrootheid.
Equivalentente dosis (H)	Sievert (Sv)	$H = w_r \cdot D$	Dosis, geëquivaaleerd voor de stralingssoort.

massagetal

Activiteit

Activiteit

Oppervlakte



Wat heb je geleerd?

- Je weet wat het verschil is tussen de stralingsdosis en de equivalente stralingsdosis.
- Je kunt de bijbehorende formules toepassen.
- Je kunt waardes afschatten voor de raakfractie.