

9 Kernfysica

3 havo

9.1 Radioactieve straling

- 1***
- a** Uit welke deeltjes bestaat de atoomkern.
- uit protonen en uit neutronen
- b** Welke deeltjes bevinden zich in schillen om de atoomkern.
- de elektronen
- 2***
- a** Hoeveel protonen, neutronen en elektronen zijn er aanwezig in ${}^7\text{Li}$?
- zoek op: Li heeft atoomnummer 3 $\rightarrow$ 3 protonen
 - massagetal is 7 $\rightarrow 7 - 3 = 4$ neutronen
 - aantal elektronen = aantal protonen = 3
- b** Hoeveel protonen, neutronen en elektronen zijn er aanwezig in ${}^{40}\text{Ar}$?
- zoek op: Ar heeft atoomnummer 18 $\rightarrow$ 18 protonen
 - massagetal is 40 $\rightarrow 40 - 18 = 22$ neutronen
 - aantal elektronen = aantal protonen = 18
- c** Hoeveel protonen, neutronen en elektronen zijn er aanwezig in ${}^{238}\text{U}$?
- zoek op: U heeft atoomnummer 92 $\rightarrow$ 92 protonen
 - massagetal is 238 $\rightarrow 238 - 92 = 146$ neutronen
 - aantal elektronen = aantal protonen = 92
- 3***
- a** Bereken de lading van een Pu kern.
- $94 \cdot e = 94 \cdot 1,60218 \cdot 10^{-19} = 1,506 \cdot 10^{-17} \text{ C}$
- b** Leg uit hoeveel elektronen een Pu atoom heeft.
- atoomnummer 94 dus er zijn 94 elektronen
- c** Bereken het aantal neutronen in een Pu-244 kern.
- massagetal is 244 $\rightarrow 244 - 94 = 150$ neutronen
- d** Zoek op welk type straling Pu voornamelijk uitzendt.
- voornamelijk α -straling

- 4***
- a** Noem de drie verschillende soorten radioactieve straling.
- α - β - en γ -straling
- b** Welke soort straling bestaat uit de zwaarste deeltjes?
- α -straling heeft massagetal 4 en heeft de zwaarste deeltjes
- c** Welke soort straling bestaat uit lichtdeeltjes (fotonen)?
- γ -straling
- d** Wat is het verschil tussen β^- -straling en β^+ -straling?
- β^- -straling bestaat uit elektronen
 - β^+ -straling bestaat uit positronen

- 5***
- a** Zoek op hoeveel isotopen zuurstof heeft.
- zuurstof heeft 5 isotopen (massagetal 15, 16, 17, 18 en 19)
- b** Welke isotopen van zuurstof komen voor op aarde?
- de isotopen met massagetal 16, 17 en 18 komen op aarde voor
- c** Welke zuurstofisotoop komt het meest voor op aarde?
- atoommassa 16 komt het meeste voor (99,76%)
- d** Bereken van het ^{18}O isotoop het aantal neutronen in de kern.
- atoomnummer is 8 en atoommassa is 18 $\rightarrow 18 - 8 = 10$ neutronen
- e** Geef het symbool van dit isotoop in drie verschillende notaties.
- $^{18}_8\text{O}$ | ^{18}O | $\text{O}-18$
- f** Geef de reactievergelijking van het verval van het ^{15}O isotoop.
- $^{15}_8\text{O} \rightarrow {}^0_1\beta^+ + {}^{15}_7\text{N}$
- g** Geef de reactievergelijking van het verval van het ^{19}O isotoop.
- $^{19}_8\text{O} \rightarrow {}^0_{-1}\beta^- + {}^{19}_9\text{F}$

- 6*** Vul de tabel in.

atoom	aantal protonen	massagetal	aantal neutronen
lithium Li	3	7	4
natrium Na	11	23	$23 - 11 = 12$
cobalt Co	27	$27 + 32 = 59$	32
goud Au	79	$79 + 118 = 197$	118

ijzer Fe	26	56	$56 - 26 = 30$
molybdeen Mo	42	99	$99 - 42 = 57$
lood Pb	82	208	$208 - 82 = 126$
uranium U	92	$92 + 146 = 238$	146
plutonium Pu	94	244	$244 - 94 = 150$

7*

Geef het aantal protonen en noteer de isotoop in de juiste notatie.

atoom	aantal protonen	aantal neutronen	notatie 1	notatie 2
helium He	2	1	${}^3_2\text{He}$	He-3
koolstof C	6	8	${}^{14}_6\text{C}$	C-14
zuurstof O	8	10	${}^{18}_8\text{O}$	O-18
silicium Si	14	16	${}^{30}_{14}\text{Si}$	Si-30
kalium K	19	22	${}^{41}_{19}\text{K}$	K-41
ijzer Fe	26	33	${}^{59}_{26}\text{Fe}$	Fe-59
zilver Ag	47	63	${}^{110}_{47}\text{Ag}$	Ag-110
kwik Hg	80	123	${}^{203}_{80}\text{Hg}$	Hg-203
lood Pb	82	132	${}^{214}_{82}\text{Pb}$	Pb-214

8**

- a Leg uit tot welk element dit atoom behoort.
 - 30 protonen → atoomnummer is 30 → Zn (zink)
- b Zoek het aantal isotopen van dit element op.
 - 7 isotopen
- c Zoek op welke isotopen van dit element radioactief zijn.
 - Zn-65 en Zn-69 zijn radioactief
- d Zoek op welke isotopen van dit element β^- straling uitzenden.
 - ${}^{69}_{30}\text{Zn}$ zendt β^- straling uit
- e Leg uit hoe je door de uitgezonden straling te meten erachter kunt komen met welk isotoop je te maken hebt.
 - Zn-65 zendt β^+ straling uit en Zn-69 zendt β^- straling uit
 - door te meten of de uitgezonden deeltjes positief of negatief zijn geladen kun je erachter komen of je met Zn-65 of met Zn-69 te maken hebt

f Zoek op welke isotopen van dit element γ straling uitzenden.

- $^{65}_{30}\text{Zn}$ zendt γ -straling uit (fotonen)

9**

a Zoek van ieder isotoop op welke straling hij uitzendt.

- $^{237}_{93}\text{Np}$ zendt α -straling en γ -straling uit
- $^{239}_{93}\text{Np}$ zendt β^- -straling en γ -straling uit

b Stel voor het verval van beide isotopen de reactievergelijking op.

- $^{237}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^4_2\alpha + {}^{233}_{91}\text{Pa} + {}^0_0\gamma$
- $^{239}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^0_{-1}\beta + {}^{239}_{94}\text{Pu} + {}^0_0\gamma$

10**

a Geef de vervalvergelijking bij het uitzenden van een β^- deeltje.

- $^{114}_{49}\text{In} \rightarrow {}^0_{-1}\beta^- + {}^{114}_{50}\text{Sn}$ (er ontstaat een tin atoom)

b Geef de vervalvergelijking bij het uitzenden van een β^+ deeltje.

- $^{114}_{49}\text{In} \rightarrow {}^0_1\beta^+ + {}^{114}_{48}\text{Cd}$ (er ontstaat een cadmium atoom)

11***

a $^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^4_2\alpha + {}^{218}_{84}\text{Po}$

b $^{218}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^4_2\alpha + {}^{214}_{82}\text{Pb}$

c $^{214}_{82}\text{Pb} \rightarrow {}^0_{-1}\beta^- + {}^{214}_{83}\text{Bi} + {}^0_0\gamma$

d $^{214}_{83}\text{Bi} \rightarrow {}^0_{-1}\beta^- + {}^{214}_{84}\text{Po}$

e $^{30}_{15}\text{P} \rightarrow {}^0_1\beta^+ + {}^{30}_{14}\text{Si}$

12****

a Bereken hoeveel verschillende soorten Cl_2 moleculen er bestaan.

- $^{35}_{17}\text{Cl}$ en $^{37}_{17}\text{Cl}$
- er zijn 3 combinaties mogelijk: $^{35}_{17}\text{Cl} - ^{35}_{17}\text{Cl}$ | $^{35}_{17}\text{Cl} - ^{37}_{17}\text{Cl}$ | $^{37}_{17}\text{Cl} - ^{37}_{17}\text{Cl}$

b Bereken de moleculemassa's van deze verschillende moleculen.

- $^{35}_{17}\text{Cl} - ^{35}_{17}\text{Cl} \rightarrow 2 \cdot 34,96885 = 69,9377 \text{ u}$
- $^{35}_{17}\text{Cl} - ^{37}_{17}\text{Cl} \rightarrow 34,96885 + 36,96590 = 71,93475 \text{ u}$
- $^{37}_{17}\text{Cl} - ^{37}_{17}\text{Cl} \rightarrow 2 \cdot 36,96590 = 73,9318 \text{ u}$

c Leg dit uit.

- bij centrifugeren gaan de zwaarste moleculen aan de buitenkant zitten

- na het centrifugeren zitten de $^{37}_{17}\text{Cl} - ^{37}_{17}\text{Cl}$ moleculen aan de buitenkant, de $^{35}_{17}\text{Cl} - ^{37}_{17}\text{Cl}$ moleculen halverwege en de $^{35}_{17}\text{Cl} - ^{35}_{17}\text{Cl}$ aan de binnenkant

13****

a Zoek op in welke verhouding deze stabiele Cu isotopen op aarde voorkomen.

- $^{63}_{29}\text{Cu}$ komt 69,17 % voor in natuurlijk koper
- $^{65}_{29}\text{Cu}$ komt 30,83 % voor in natuurlijk koper

b Bereken de gemiddelde atoommassa van koper.

- van 100 atomen zijn er gemiddeld 69,17 $^{63}_{29}\text{Cu}$ en 30,83 $^{65}_{29}\text{Cu}$
- 100 atomen wegen $69,17 \cdot 63 + 30,83 \cdot 65 = 6361,66 \text{ u}$
- één atoom weegt gemiddeld $\frac{6361,66}{100} = 63,6166 = 63,6 \text{ u}$

c Leg uit of jouw waarde overeenkomt met die in het periodieke systeem.

- het periodiek systeem geeft 63,55 u → er is geen exacte overeenstemming
- dit komt omdat het proton en het neutron in een koperatoom niet precies een massa van 1 u hebben

14+

a Leg uit wat een nucleair isomeer is.

- een nucleair isomeer is de metastabiele (hoog energetische) toestand van een isotoop
- de extra energie wordt na een poosje meestal als γ -foton uitgezonden

b Leg uit dat krypton-81m niet kan ontstaan uit β^- verval.

- $^{81}_{35}\text{Br} \rightarrow ^0_{-1}\beta^- + ^{81}_{36}\text{Kr}$
- $^{81}_{35}\text{Br}$ is niet radioactief → de reactie verloopt niet spontaan

c Leg uit dat krypton-81m ook niet kan ontstaan uit β^+ verval.

- $^{81}_{37}\text{Rb} \rightarrow ^0_1\beta^+ + ^{81}_{36}\text{Kr}$
- het $^{81}_{37}\text{Rb}$ is een β^- -straler en niet een β^+ - straler → de reactie zal niet spontaan verlopen

d Geef de vervalvergelijking van krypton-81m.

- $^{81\text{m}}_{36}\text{Kr} \rightarrow ^{81}_{36}\text{Kr} + ^0_0\gamma$

9.2 De snelheid van radioactief verval

Halveringstijd

- 1***
- a** Bereken het aantal neutronen in een U-238 kern.
- $\text{U-238} \rightarrow {}^{238}_{92}\text{U}$
 - aantal neutronen is $238 - 92 = 146$
- b** Bereken het aantal neutronen in een U-235 kern.
- $\text{U-235} \rightarrow {}^{235}_{92}\text{U}$
 - aantal neutronen is $235 - 92 = 143$
- c** Vergelijk de halveringstijden van U-238 en U-234 en verklaar hiermee waarom U-234 veel minder voorkomt op aarde.
- de halveringstijd van U-234 is veel kleiner dan die van U-238
 - U-234 valt sneller uit elkaar dan U-238 en komt daarom minder voor op aarde
- 2***
- a** Zoek de halveringstijden van S-31 en van Si-32 op in Binas.
- $\text{Si-31} \rightarrow t_{1/2}$ is 2,6 uur | $\text{Si-32} \rightarrow t_{1/2}$ is 150 jaar.
- b** Welke van deze isotopen is het stabielst?
- bij een grote halveringstijd is het verval langzaam
 - hoe groter de halveringstijd hoe stabielere de isotoop is
 - Si-32 is stabielere dan Si-31
- c** Verwacht je dat één van deze isotopen op aarde voorkomt?
- de halveringstijd is erg klein ten opzichte van de leeftijd van de aarde
 - op aarde komen deze isotopen niet voor (tenzij ze zijn ontstaan of zijn gemaakt)
- 3***
- a** Hoeveel radioactieve kernen zijn er aanwezig na 1 dag.
- na 1 dag is nog $\frac{1}{2}$ aanwezig $\rightarrow n = 1$
 - $N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \rightarrow N = 1000 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^1 = 500$ kernen
- b** Hoeveel radioactieve kernen zijn er aanwezig na 2 dagen.
- na 2 dagen is nog $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ aanwezig $\rightarrow n = 2$
 - $N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \rightarrow N = 1000 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 250$ kernen

c Hoeveel radioactieve kernen zijn er vervallen na 3 dagen.

- na 3 dagen is nog $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ aanwezig $\rightarrow n = 3$
- $N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \rightarrow N = 1000 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3 = 125$ kernen aanwezig
- er zijn $1000 - 125 = 875$ kernen vervallen

4**

a Zoek de halveringstijd van P-30 op.

- opzoeken: $t_{1/2} = 2,50$ minuten

b Hoeveel kernen zijn er aanwezig na 20 minuten?

- $n = \frac{t}{t_{1/2}} \rightarrow n = \frac{20}{2,5} = 8$
- $N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \rightarrow N = 1,0 \cdot 10^9 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^8 = 3,90625 \cdot 10^6 = 3,9 \cdot 10^6$ kernen

c Hoeveel kernen zijn er aanwezig na 40 minuten?

- $n = \frac{t}{t_{1/2}} \rightarrow n = \frac{40}{2,5} = 16$
- $N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \rightarrow N = 1,0 \cdot 10^9 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{16} = 1,52588 \cdot 10^4 = 1,5 \cdot 10^4$ kernen

d Hoeveel kernen zijn er in 60 minuten vervallen?

- $n = \frac{t}{t_{1/2}} \rightarrow n = \frac{60}{2,5} = 24$
- $N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \rightarrow N = 1,0 \cdot 10^9 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{24} = 59,6046$ kernen
- er zijn $1,0 \cdot 10^9 - 59,6 = 1,0 \cdot 10^9$ kernen vervallen

5**

a Zoek de halveringstijd van P-33 op.

- opzoeken: $t_{1/2} = 25,3$ dagen

b Na hoeveel tijd is de 75% van het gemaakte P-33 vervallen?

- stel $N_0 = 100$ | $N = 100 - 75 = 25$ bij % berekening stel je N_0 op 100
- $\frac{N}{N_0} = \frac{25}{100} = \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \rightarrow n = 2$
- $n = \frac{t}{t_{1/2}} \rightarrow 2 = \frac{t}{25,3} \rightarrow t = 2 \cdot 25,3 = 50,6 = 51$ dagen

c Na hoeveel tijd is van het gemaakte ^{33}P nog 6,25% over?

- stel $N_0 = 100$ | $N = 6,25$ bij % berekening stel je N_0 op 100

$$\bullet \frac{N}{N_0} = \frac{6,25}{100} = \frac{1}{16} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^4 \rightarrow n = 4$$

$$\bullet n = \frac{t}{t_{1/2}} \rightarrow 4 = \frac{t}{25,3} \rightarrow t = 4 \cdot 25,3 = 101,2 = 1,0 \cdot 10^2 \text{ dagen}$$

6**

a Hoe oud is de ploeg?

- opzoeken $t_{1/2} = 5730$ jaar

• er is nog 1/4 deel over

$$\bullet \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \rightarrow n = 2$$

$$\bullet n = \frac{t}{t_{1/2}} \rightarrow 2 = \frac{t}{5730} \rightarrow t = 2 \cdot 5730 = 11460 = 1,146 \cdot 10^4 \text{ jaar}$$

7***

a Na hoeveel tijd is 7,0 gram van het toegediende ^{131}I vervallen?

- 7 gram is vervallen $\rightarrow$ er is nog 1 gram aanwezig

• opzoeken $t_{1/2} = 8,0$ dagen

- stel $N_0 = 8$ (gram) | $N = 1$ (gram) gebruik gram in plaats van aantal kernen

$$\bullet \frac{N}{N_0} = \frac{1}{8} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^3 \rightarrow n = 3$$

$$\bullet n = \frac{t}{t_{1/2}} \rightarrow 3 = \frac{t}{8,0} \rightarrow t = 3 \cdot 8 = 24 \text{ dagen}$$

b Na hoeveel tijd is 93,75% van het toegediende ^{131}I verdwenen?

- stel $N_0 = 100$ | $N = 100 - 93,75 = 6,25$ bij % berekening stel je N_0 op 100

$$\bullet \frac{N}{N_0} = \frac{6,25}{100} = \frac{1}{16} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^4 \rightarrow n = 4$$

$$\bullet n = \frac{t}{t_{1/2}} \rightarrow 4 = \frac{t}{8,0} \rightarrow t = 4 \cdot 8 = 32 \text{ dagen}$$

8***

a Bereken de halveringstijd van deze stof.

- stel $N_0 = 100$ | $N = 12,5$ bij % berekening stel je N_0 op 100

$$\bullet \frac{N}{N_0} = \frac{12,5}{100} = \frac{1}{8} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^3 \rightarrow n = 3$$

$$\bullet n = \frac{t}{t_{1/2}} \rightarrow 3 = \frac{24}{t_{1/2}} \rightarrow t_{1/2} = \frac{24}{3} = 8,0 \text{ uur}$$

b Bereken hoeveel procent van deze stof is vervallen na 16 uur.

- $n = \frac{t}{t_{1/2}} \rightarrow n = \frac{16}{8} = 2$

- $N = 100 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 25 \rightarrow$ er is 25% aanwezig bij % berekening stel je N_0 op 100

- er is $100 - 25 = 75\%$ vervallen

c Bereken hoeveel procent van deze stof is vervallen na 48 uur.

- $n = \frac{t}{t_{1/2}} \rightarrow n = \frac{48}{8} = 6$

- $N = 100 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^6 = 1,5625 \rightarrow$ er is 1,5625% aanwezig stel N_0 op 100%

- er is $100 - 1,5625 = 98,4375 = 98\%$ vervallen

9***

a Welke straling zendt deze isotoop uit?

- opzoeken: $^{137}_{55}\text{Cs}$ zendt β^- -straling en γ -straling uit

b Hoeveel procent van de oorspronkelijke hoeveelheid Cs-137 is er nog aanwezig na 150 jaar.

- opzoeken $t_{1/2} = 30$ jaar

- $n = \frac{t}{t_{1/2}} \rightarrow n = \frac{150}{30} = 5$

- $N = 100 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^5 = 3,125 \rightarrow$ er is 3,1% aanwezig bij % berekening stel je N_0 op 100

c Hoeveel procent van de oorspronkelijke hoeveelheid Cs-137 is er nog aanwezig na 300 jaar.

- $n = \frac{t}{t_{1/2}} \rightarrow n = \frac{300}{30} = 10$

- $N = 100 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{10} = 9,765625 \cdot 10^{-2}$ bij % berekening stel je N_0 op 100

- er is $0,09765625 = 0,098\%$ aanwezig

d In welk jaar is het aantal Cs-137 kernen afgenomen tot 1,5625% van de oorspronkelijke hoeveelheid?

- $\frac{N}{N_0} = \frac{1,5625}{100} = \frac{1}{64} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^6 \rightarrow n = 6$

- $n = \frac{t}{t_{1/2}} \rightarrow 6 = \frac{t}{30} \rightarrow t = 6 \cdot 30 = 180$ jaar

- $1986 + 180 = 2166$

- in 2166 is het aantal cesium-137 kernen afgenomen tot 1,5625%

10****a** Hoe groot de halveringstijd?

- op $t = 0$ zijn er 900 kernen
- na 4,0 uur zijn er 450 kernen
- de halveringstijd is 4,0 uur

b Hoeveel kernen zijn er na 24 uur aanwezig?

- $n = \frac{t}{t_{1/2}} \rightarrow n = \frac{24}{4} = 6$
- $N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n$ met $N_0 = 900$
- $N = 900 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^6 = 14,0625 = 14$ kernen

c Hoeveel kernen zijn er na 24 h vervallen?

- op $t = 0$ zijn er 900 kernen en na 24 uur zijn er 14 kernen
- na 24 uur zijn er $900 - 14 = 886$ kernen vervallen

11****a** Hoe groot is de halveringstijd?

- op $t = 0$ is er 0,18 gram
- na 23 uur is er 0,09 gram
- de halveringstijd is 23 uur

b Na hoeveel tijd is er 3,125% van de oorspronkelijke hoeveelheid aanwezig?

- stel $N_0 = 100$ | $N = 3,125$ bij % berekening stel je N_0 op 100

$$\bullet \frac{N}{N_0} = \frac{3,125}{100} = \frac{1}{32} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^5 \rightarrow n = 5$$

$$\bullet n = \frac{t}{t_{1/2}} \rightarrow 5 = \frac{t}{23} \rightarrow t = 5 \cdot 23 = 115 \text{ uur}$$

c Hoeveel gram is er in deze tijd vervallen?

- 3,125% aanwezig $\rightarrow 100 - 3,125 = 96,875\%$ is vervallen
- op $t = 0$ is er 0,18 gram
- $0,18 \cdot \frac{9,6875}{100} = 0,174375 = 0,17$ gram is vervallen

Activiteit

GEEN OPGAVEN

9.3 Ioniserende straling

1*

- a Leg uit wat met de dracht van een deeltje wordt bedoeld.
- de afstand die het deeltje in een stof kan afleggen
- b Leg uit wat met het ioniserend vermogen wordt bedoeld.
- het vermogen om van een atoom een elektron te verwijderen en er een positief ion van te maken

2**

- a Leg uit waarom dit het geval is.
- de energie van het binnenkomende deeltje is beschikbaar om ionisaties te maken
 - hoe meer energie er beschikbaar is hoe meer ionisaties er gemaakt kunnen worden
 - meer ionisaties betekent een grotere indringdiepte
- b Leg uit waarom dit het geval is.
- α -deeltjes zijn groot en hebben een dubbele positieve lading
 - hierdoor hebben ze veel interactie met de stof waar ze doorheen gaan
 - op hun weg door de stof verliezen ze snel energie
 - in korte tijd hebben ze al hun kinetische-energie verloren
- c Leg uit waarom dit het geval is.
- een kleine dracht wordt veroorzaakt door veel botsingen (interactie) met de stof
 - kinetische-energie wordt gebruikt om atomen te ioniseren
 - een snelle afname van de kinetische-energie correspondeert met veel ionisaties
- d Leg uit waarom dit het geval is.
- in een stof met een hoge dichtheid zijn veel atomen per volume en/of hebben de atomen een grote massa
 - bij een stof met een grotere dichtheid zullen de α - en β -deeltjes veel atomen tegenkomen en/of worden ze per botsing meer afgeremd
 - als α - en β -deeltjes sterk worden afgeremd is de dracht (indringdiepte) klein
- e Leg uit waarom dit het geval is.
- fotonen hebben geen elektrische lading
 - fotonen hebben minder interactie met atomen en worden daarom minder snel afgeremd

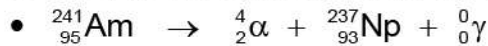
3**

- a Leg uit of je hiervoor het beste een α -straler een β -straler of een γ -straler kunt gebruiken.
- α -straling kan niet gebruikt worden want dat komt niet door de wand van de pijp
 - γ -straling komt wel door de wand maar bereikt ook mensen op grote afstand
 - β -straling is het beste, want komt door de wand maar gaat niet te ver door de lucht

- b** Als je kunt kiezen tussen het toevoegen van ^{131}I (jood-131) en ^{32}Si (silicium-32) welke van deze kun je dan het beste gebruiken?
- opzoeken: de halveringstijd van ^{131}I is 8 dagen
 - opzoeken: de halveringstijd van ^{32}Si is 150 jaar
 - je kunt het beste ^{131}I gebruiken want dat is na een paar weken verdwenen

4***

a Geef de vervalreactie van Am-137.



b Leg uit of het aantal Am-241 kernen na 20 jaar veel is veranderd.

- opzoeken: de halveringstijd van Am-241 is 432 jaar
- na 20 jaar is er nog maar weinig Am-241 vervallen

c Kan de uitgezonden α -straling normaal gesproken buiten het plastic doosje van de rookmelder komen?

- de dracht van α -deeltjes is erg klein
- α -deeltjes kunnen niet door het plastic heen

d Leg uit waarom rookmelders met radioactief americium gevaarlijk kan zijn voor bewoners en hulpdiensten als er brand uitbreekt.

- als het ^{241}Am met de huid in aanraking komt sta je bloot aan α -straling
- α -straling heeft een groot ioniserend vermogen en is daarom schadelijk

Halveringsdikte

5**

a Hoe dik is het plaatje als 12,5% van de straling in de detector komt?

- stel $I_0 = 100$ | $I = 12,5$ bij % berekening stel je I_0 op 100
- $\frac{I}{I_0} = \frac{12,5}{100} = \frac{1}{8} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^3 \rightarrow n = 3$
- $n = \frac{d}{d_{1/2}} \rightarrow 3 = \frac{d}{5} \rightarrow d = 3 \cdot 5 = 15 \text{ mm} \rightarrow$ het plaatje moet 15 mm dik zijn

b Hoe dik moet je het plaatje maken? Rond af op een heel aantal keer de halveringsdikte.

- $\left(\frac{1}{2}\right)^6 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{64}$
- $\left(\frac{1}{2}\right)^7 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{128}$
- het plaatje moet 7 keer de halveringsdikte hebben
- $n = \frac{d}{d_{1/2}} \rightarrow 7 = \frac{d}{5} \rightarrow d = 7 \cdot 5 = 35 \text{ mm} \rightarrow$ het plaatje moet 35 mm dik zijn

6****a** Hoe dik is het plaatje?

- stel $I_0 = 100$ | $I = 6,25$ bij % berekening stel je I_0 op 100
- $\frac{I}{I_0} = \frac{6,25}{100} = \frac{1}{16} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^4 \rightarrow n = 4$
- $n = \frac{d}{d_{1/2}} \rightarrow 4 = \frac{d}{2} \rightarrow d = 4 \cdot 2 = 8 \text{ mm} \rightarrow \text{het plaatje moet 8,0 cm dik zijn}$

b Hoe dik is dit plaatje?

- $100 - 87,5 = 12,5 \rightarrow 12,5 \% \text{ wordt doorgelaten}$
- stel $I_0 = 100$ | $I = 12,5$ bij % berekening stel je I_0 op 100
- $\frac{I}{I_0} = \frac{12,5}{100} = \frac{1}{8} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^3 \rightarrow n = 3$
- $n = \frac{d}{d_{1/2}} \rightarrow 3 = \frac{d}{2} \rightarrow d = 3 \cdot 2 = 6 \text{ mm} \rightarrow \text{het plaatje moet 6,0 cm dik zijn}$

c Hoe dik is dit plaatje?

- stel $I_0 = 100$ | $I = 0,1953$ bij % berekening stel je I_0 op 100
- $\frac{I}{I_0} = \frac{0,1953}{100} = \frac{1}{512} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^9 \rightarrow n = 9$
- $n = \frac{d}{d_{1/2}} \rightarrow 9 = \frac{d}{2} \rightarrow d = 9 \cdot 2 = 18 \text{ mm} \rightarrow \text{het plaatje moet 18 cm dik zijn}$

7*****a** Bereken de dikte van het eerste plaatje.

- stel $I_0 = 100$ | $I = 25$ bij % berekening stel je I_0 op 100
- $\frac{I}{I_0} = \frac{25}{100} = \frac{1}{4} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \rightarrow n = 2$
- $n = \frac{d}{d_{1/2}} \rightarrow 2 = \frac{d}{1,5} \rightarrow d = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ mm} \rightarrow \text{het plaatje moet 3,0 cm dik zijn}$

b Bereken de dikte van het tweede plaatje.

- stel $I_0 = 100$ | $I = 6,25$ bij % berekening stel je I_0 op 100
- $\frac{I}{I_0} = \frac{6,25}{100} = \frac{1}{16} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^4 \rightarrow n = 4$
- $n = \frac{d}{d_{1/2}} \rightarrow 4 = \frac{d}{1,5} \rightarrow d = 4 \cdot 1,5 = 6 \text{ cm} \rightarrow \text{de plaatjes zijn samen 6,0 cm dik}$
- plaatje 1 is 3,0 cm dik $\rightarrow$ plaatje 2 is $6,0 - 3,0 = 3,0 \text{ cm dik}$

8*****a** Hoeveel procent van de straling komt er in de detector?

- plaatje A $n = \frac{d}{d_{1/2}} \rightarrow n = \frac{2}{2} \rightarrow n = 1$
- plaatje B $n = \frac{d}{d_{1/2}} \rightarrow n = \frac{10}{5} \rightarrow n = 2$
- $n_{\text{totaal}} = 1 + 2 = 3 \rightarrow$ de γ -stralen gaan door 3 keer de halveringsdikte
- $I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \rightarrow I = 100 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3 = 12,5$ bij % berekening stel je I_0 op 100
- 12,5% van de straling komt in de detector

b Hoeveel procent van de straling komt er nu in de detector?

- plaatje A $n = \frac{d}{d_{1/2}} \rightarrow n = \frac{8}{2} \rightarrow n = 4$
- plaatje B $n = \frac{d}{d_{1/2}} \rightarrow n = \frac{15}{5} \rightarrow n = 3$
- $n_{\text{totaal}} = 4 + 3 = 7 \rightarrow$ de γ -stralen gaan door 7 keer de halveringsdikte
- $I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \rightarrow I = 100 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^7 = 0,78125$ bij % berekening stel je I_0 op 100
- 0,78% van de straling komt in de detector

9*****a** Bereken hoeveel procent van de straling door het loodschort wordt tegengehouden.

- opzoeken $d_{1/2} = 0,0106$ cm
- $n = \frac{d}{d_{1/2}} \rightarrow n = \frac{0,053}{0,0106} = 5$
- $I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \rightarrow I = 100 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^5 = 3,125$ bij % berekening stel je I_0 op 100
- 3,125 % wordt doorgelaten $\rightarrow 100 - 3,125 = 96,875 = 97 \%$ wordt tegengehouden

9.4 Detectie van straling

1**

- a Leg uit waarom dit belangrijk is.
- de monteur moet in de gaten houden of de stralingsdosis die hij op jaarbasis oploopt onder het toegestane maximum blijft
- b Leg uit waarom dit niet nodig is.
- de monteur heeft geen GM-teller nodig als op de plaats waar hij moet werken geen straling aanwezig is (bijvoorbeeld in de controlekamer)
- c Noem een voorbeeld van zo'n situatie.
- de monteur heeft wel een GM-teller nodig als op de plaats waar hij moet werken mogelijk straling aanwezig is (bijvoorbeeld dichtbij de reactor)

2**

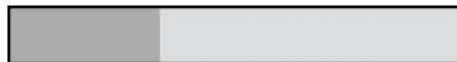
- a Teken de verkleuring van het stralingsgevoelige materiaal bij blootstelling aan uitsluitend β -straling.



- b Teken de verkleuring van het stralingsgevoelige materiaal bij blootstelling aan uitsluitend röntgenstraling (X-straling).



- c Teken de verkleuring van het stralingsgevoelige materiaal bij blootstelling aan β - en γ -straling.

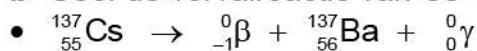


3***

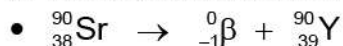
- a Leg uit waarom het niet zinvol is om badges te maken die gevoelig zijn voor α -straling.

- de dracht van α -deeltjes in lucht is erg klein
- de α -straling is al geabsorbeerd voordat het de badge bereikt

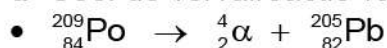
- b Geef de vervalreactie van Cs-137.



- c Geef de vervalreactie van Sr-90.



- d Geef de vervalreactie van Po-209.



- e Leg uit welke van deze drie stoffen je het beste kunt gebruiken om de badges te testen.

- Sr-90 is het beste omdat het van de drie stoffen de enige is die alleen β^- -straling uitzendt

9.5 Absorptie van straling door materie

1**

- a Leg uit waarom er lood in de pakken wordt verwerkt.
- lood absorbeert radioactieve straling erg goed
- b Leg uit waarom ze een gasmasker dragen.
- stofdeeltjes kunnen α -stralers bevatten
 - bij het inademen van α -stralers worden de longen beschadigd
- c Leg uit waarom een gasmasker voor hen niet nodig is.
- in het ziekenhuis zijn geen stofdeeltjes met α -stralers aanwezig

2**

- a Leg uit of er bij deze methode alfastraling of bètastraling wordt gebruikt.
- α -straling heeft een klein doordringend vermogen en kan niet door de wand van de metalen capsule
- b Geef de reactievergelijkingen voor het verval van Ra-226 en van Co-60.
- ${}_{88}^{226}\text{Ra} \rightarrow {}_2^4\alpha + {}_{86}^{222}\text{Rn} + {}_0^0\gamma$
 - ${}_{27}^{60}\text{Co} \rightarrow {}_{-1}^0\beta + {}_{28}^{60}\text{Ni} + {}_0^0\gamma$
- c Noem de belangrijkste verschillen tussen het gebruik van Ra-226 en Co-60.
- bij Ra-226 komt alleen γ -straling buiten de capsule, bij Co-60 is er ook β -straling
 - de halveringstijd van Ra-226 is 1600 jaar en van Co-60 is 5,27 jaar

3**

- a Bereken het dosisequivalent dat de monteur na 1,0 uur werken ontvangt.
- $E_{\text{abs}} = 60 \cdot 60 \cdot 1,0 \cdot 10^{-7} = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ J per uur} \quad | \quad m = 90 \text{ kg} \quad | \quad D = \dots \text{ Gy}$
 - $D = \frac{E_{\text{abs}}}{m} \rightarrow D = \frac{3,6 \cdot 10^{-4}}{90} = 4,0 \cdot 10^{-6} \text{ Gy}$
 - $H = w_R \cdot D$ met $w_R = 20$ voor α -straling
 - $H = 20 \cdot 4,0 \cdot 10^{-6} = 8,0 \cdot 10^{-5} \text{ Sv}$
- b Bereken het dosisequivalent dat de monteur in één jaar ontvangt.
- 5 uur per dag 150 dagen per jaar is 750 uur per jaar
 - per uur: $H = 8,0 \cdot 10^{-5} \text{ Sv}$
 - per jaar: $H = 750 \cdot 8,0 \cdot 10^{-5} = 6,0 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}$
- c Voldoet de monteur aan deze wet?
- de monteur ontvangt per jaar $6,0 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}$
 - dit is 60 mSv per jaar $\rightarrow$ de monteur voldoet niet aan de wet

4*****a** Bereken de stralingsdosis die de spieren ontvangen.

- $E_{\text{bron}} = P_{\text{bron}} \cdot t \rightarrow E_{\text{bron}} = 0,15 \cdot 10^{-6} \cdot 2,5 \cdot 60 = 2,25 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
- $E_{\text{abs}} = 0,7 \cdot E_{\text{bron}} \rightarrow E_{\text{abs}} = 0,7 \cdot 2,25 \cdot 10^{-5} = 1,575 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
- $D = \frac{E_{\text{abs}}}{m}$
- $D = \frac{1,575 \cdot 10^{-5}}{12} = 1,3125 \cdot 10^{-6} = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ Gy}$

5*****a** Bereken de stralingsenergie die de medewerker per jaar maximaal mag ontvangen.

- $D = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ J/kg} \mid m = 65 \text{ kg} \mid E_{\text{abs}} = \dots \text{ J}$
- $D = \frac{E_{\text{abs}}}{m}$
- $5,0 \cdot 10^{-3} = \frac{E_{\text{abs}}}{65} \rightarrow E_{\text{abs}} = 65 \cdot 5,0 \cdot 10^{-3} = 0,325 = 0,33 \text{ J}$

b Hoeveel uur mag de medewerker per jaar een bestraling uitvoeren?

- per seconde: $E_{\text{abs}} = 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ J}$
- totaal: $E_{\text{abs}} = 0,325 \text{ J}$
- aantal seconden: $t = \frac{0,325}{1,0 \cdot 10^{-7}} = 3,25 \cdot 10^6 \text{ s}$
- aantal uur: $t = \frac{3,25 \cdot 10^6}{60 \cdot 60} = 903 = 9,0 \cdot 10^2 \text{ uur}$

6*****a** Bereken de stralingsdosis die de man ontvangt.

- $t = 15 \text{ min} = 60 \cdot 15 = 900 \text{ s} \mid P = 5,0 \cdot 10^{-9} \text{ J/s} \mid D = \dots \text{ Gy}$
- $E_{\text{abs}} = P \cdot t = 5,0 \cdot 10^{-9} \cdot 900 = 4,5 \cdot 10^{-6} \text{ J}$
- $D = \frac{E_{\text{abs}}}{m} \rightarrow D = \frac{4,5 \cdot 10^{-6}}{60} = 7,5 \cdot 10^{-8} \text{ Gy}$

b Bereken de stralingsdosis die de man nu in een uur ontvangt.

- 25% van de straling wordt doorgelaten is $\frac{1}{4}$ deel
- een uur heeft 4 kwartier $\rightarrow$ 4 keer zo veel tijd
- de dosis blijft gelijk $\rightarrow D = 7,5 \cdot 10^{-8} \text{ Gy}$

7*****a** Bereken het dosisequivalent dat ze in een jaar ontvangt.

- $t = 20 \text{ uur per week} \mid H = 7,0 \cdot 10^{-6} \text{ Sv per uur} \mid H = \dots \text{ Sv per jaar}$
- $D = 20 \cdot 7,0 \cdot 10^{-6} = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ Sv per week}$
- 45 werkweken in een jaar
- $D = 45 \cdot 1,4 \cdot 10^{-4} = 6,3 \cdot 10^{-3} \text{ Sv per jaar}$

b Bereken hoeveel uur een piloot per werkweek gemiddeld moet vliegen om de stralingsnorm te overschrijden.

- $H = 20 \cdot 10^{-3}$ Sv per jaar
- 45 weken in een jaar
- $H = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{45} = 4,44444 \cdot 10^{-4}$ Sv per week
- $H = 7,0 \cdot 10^{-6}$ Sv per uur
- aantal uur: $t = \frac{4,44444 \cdot 10^{-4}}{7,0 \cdot 10^{-6}} = 63,492 = 64$ uur per week

8***

a Bereken de dosis die de kindervoet ontvangt na 20 seconden bestralen.

- $P = 1,5 \cdot 10^{-3}$ W | $t = 20$ s | $m = 0,2$ kg | $D = \dots$ Gy
- $E_{\text{abs}} = P \cdot t = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 0,03$ J
- $D = \frac{E_{\text{abs}}}{m}$
- $D = \frac{0,03}{0,2} = 0,15$ Gy

b Bereken de dosis die de hand van de verkoper ontvangt na 20 seconden bestralen.

- $E_{\text{abs}} = 0,18$ J per minuut $= \frac{0,18}{60} = 0,003$ J per seconde
- $P = 0,003$ J/s | $t = 20$ s | $E_{\text{abs}} = \dots$ J
- $E_{\text{abs}} = P \cdot t = 0,003 \cdot 20 = 0,06$ J
- $D = \frac{E_{\text{abs}}}{m} \rightarrow D = \frac{0,06}{0,3} = 0,20$ Gy

c Bereken de dosisequivalent die de hand van de verkoper in een jaar ontvangt.

- 30 seconden per dag 250 dagen per jaar = 7500 seconden per jaar
- $E_{\text{abs}} = 0,003$ J/s
- $E_{\text{abs}} = 7500 \cdot 0,003 = 22,5$ J per jaar
- $D = \frac{E_{\text{abs}}}{m} \rightarrow D = \frac{22,5}{0,3} = 75$ Gy
- $H = w_R \cdot D \rightarrow H = 0,9 \cdot 75 = 67,5 = 68$ Sv

9***

a Bereken de stralingsdosis die de huid ontvangt.

- $P = 6,0 \cdot 10^{-8}$ W | $t = 3 \cdot 60 = 180$ s | $m = 0,018$ kg | $D = \dots$ Gy
- $E_{\text{abs}} = 0,15 \cdot E_{\text{uitgestraald}} \rightarrow E_{\text{abs}} = 0,15 \cdot 6,0 \cdot 10^{-8} \cdot 180 = 1,62 \cdot 10^{-6}$ J
- $D = \frac{E_{\text{abs}}}{m}$

- $D = \frac{1,62 \cdot 10^{-6}}{0,018} = 9,0 \cdot 10^{-5} \text{ Gy (J/kg)}$

b Bereken het ontvangen dosisequivalent.

- $D = 9,0 \cdot 10^{-5} \text{ Gy} \quad | \quad w_R = 20 \quad | \quad H = \dots \text{ Sv}$
- $H = w_R \cdot D$
- $H = 20 \cdot 9,0 \cdot 10^{-5} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ Sv}$

c Ga na of het ontvangen dosisequivalent is toegestaan volgens de Nederlandse wet.

- maximaal toelaatbare dosisequivalent is $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ Sv}$ per jaar
- het ontvangen dosisequivalent is meer dan de jaardosis en is dus niet toegestaan

10**

a Word je radioactief besmet als je uit uraniumglas drinkt?

- het uranium kan niet uit het glas ontsnappen
- je wordt niet radioactief besmet

b Word je radioactief bestraald als je uit uraniumglas drinkt?

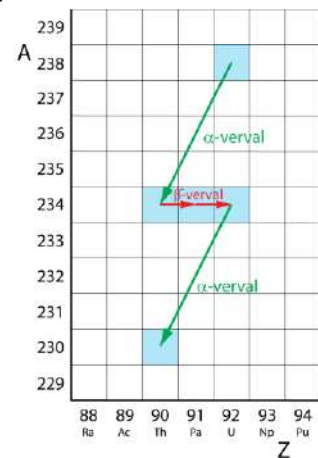
- de radioactieve straling kan wel uit het glas ontsnappen
- je wordt wel radioactief bestraald

9.6 Kernreacties

Vervalketen

1***

- a** Bij hoeveel van deze stappen wordt er een α -deeltje uitgezonden?
- massagetal gaat van 238 naar 230
 - verschil is 8 en dit is 2 keer 4
 - er worden twee α -deeltjes uitgezonden
- b** Bij hoeveel van deze stappen wordt er een β^- -deeltje uitgezonden?
- het atoomnummer gaat van 92 naar 90
 - verschil is 2
 - door de twee α -deeltjes is het atoomnummer met 4 afgenomen
 - het atoomnummer moet in de overige reacties met twee toenemen
 - er worden twee β^- -deeltjes uitgezonden
- c** Bij hoeveel van deze stappen wordt er een β^+ -deeltje uitgezonden?
- het atoomnummer gaat van 92 naar 90
 - door de twee α -deeltjes is het atoomnummer met 4 afgenomen
 - het atoomnummer moet in de overige reacties met twee toenemen
 - bij uitzending van een β^+ -deeltje neemt het atoomnummer af
 - er worden geen β^+ -deeltjes uitgezonden
- d** Geef de reactievergelijkingen van deze vier reacties.
- ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_2^4\alpha + {}_{90}^{234}\text{Th}$
 - ${}_{90}^{234}\text{Th} \rightarrow {}_{-1}^0\beta^- + {}_{91}^{234}\text{Pa}$
 - ${}_{91}^{234}\text{Pa} \rightarrow {}_{-1}^0\beta^- + {}_{92}^{234}\text{U}$
 - ${}_{92}^{234}\text{U} \rightarrow {}_2^4\alpha + {}_{90}^{230}\text{Th}$
- e** Geef in het (A, Z)-diagram de isotopen aan die betrokken zijn bij deze vervalketen en teken de reactiepijlen.



2***

- a** Leg uit of de verandering van het massagetal wordt veroorzaakt door het uitzenden van α -deeltjes of door het uitzenden van β^- -deeltjes.
- het massagetal kan alleen veranderen door het uitzenden van α -deeltjes
- b** Beredeneer bij hoeveel stappen in de vervalreeks er een α -deeltje wordt uitgezonden.
- massa gaat van 238 naar 206 en neemt dus af met 32
 - bij het uitzenden van een α -deeltje neemt het massagetal met 4 af
 - $\frac{32}{4} = 8 \rightarrow$ er wordt 8 keer een α -deeltje uitgezonden

- c Bereken bij hoeveel stappen in de vervalreeks er een β^- -deeltje wordt uitgezonden.
- uranium heeft atoomnummer 92 en lood heeft atoomnummer 82
 - het atoomnummer neemt met 10 af
 - door het uitzenden van 8 α -deeltjes neemt atoomnummer met $8 \cdot 2 = 16$ af
 - door het uitzenden van β^- -deeltjes moet het atoomnummer met 6 toenemen
 - bij het uitzenden van een β^- -deeltje neemt het atoomnummer met 1 toe
 - er moet 6 keer een β^- -deeltje worden uitgezonden om het atoomnummer met 6 te laten toenemen

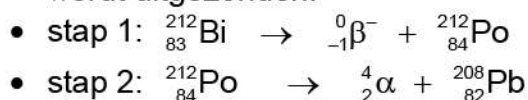
3***

- a Bereken bij hoeveel stappen in de vervalreeks een α -deeltje wordt uitgezonden.
- massa gaat van 212 naar 208
 - verschil is 4
 - er wordt 1 keer een α -deeltje uitgezonden
- b Bereken bij hoeveel stappen in de vervalreeks een β^- -deeltje wordt uitgezonden.
- bismut heeft atoomnummer 83 | lood heeft atoomnummer 82
 - het atoomnummer neemt met 1 af
 - door het uitzenden van één α -deeltjes neemt atoomnummer met 2 af
 - bij het uitzenden van een β^- -deeltje neemt het atoomnummer met 1 toe
 - er moet 1 β^- -deeltje worden uitgezonden

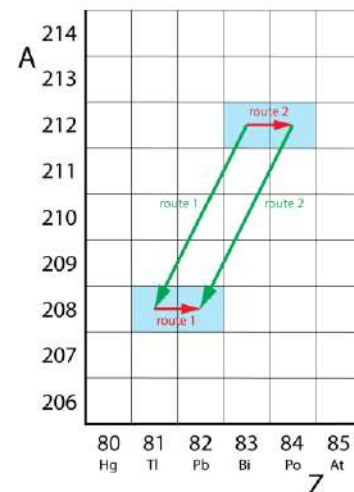
- c Geef de vervalketen waarbij eerst een α -deeltje wordt uitgezonden.



- d Geef de vervalketen waarbij eerst een β^- -deeltje wordt uitgezonden.



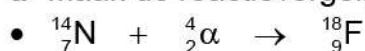
- e Geef in het (A, Z)-diagram de isotopen aan die betrokken zijn bij deze vervalketen en teken de pijlen voor beide vervalketen.



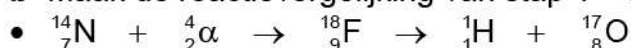
Gestimuleerde reacties

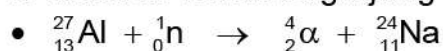
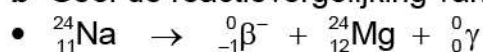
4**

- a Maak de reactievergelijking van stap 1 compleet.

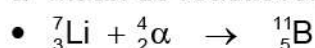


- b Maak de reactievergelijking van stap 1 + stap 2 compleet.

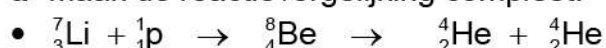
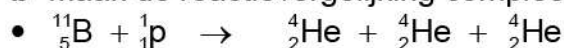
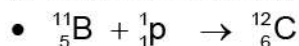


5****a** Maak de reactievergelijking compleet.**b** Geef de reactievergelijking van deze spontane reactie.**c** Controleer of het reactieproduct (de dochterkern) een stabiel isotoop is.

- er ontstaat ${}^{24}_{12}\text{Mg}$ en dit is een stabiel isotoop (oneindig lange halveringstijd)

6****a** Maak de reactievergelijking compleet.**b** Controleer of het reactieproduct een stabiel isotoop is.

- er ontstaat ${}^{11}_5\text{B}$ en dit is een stabiel isotoop

7*****a** Maak de reactievergelijking compleet.**b** Maak de reactievergelijking compleet.**c** Maak de reactievergelijking compleet.

9.7 Massa en energie

GEEN OPGAVEN