

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** Zoek het atoomnummer van Pu op in Binas.
- atoomnummer 94
- b** Leg uit hoeveel protonen er in een Pu kern zitten.
- atoomnummer 94 dus er zijn 94 protonen
- c** Bereken de lading van een Pu kern.
- $94 \cdot e = 94 \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19} = 1,506 \cdot 10^{-17} \text{ C}$
- d** Leg uit hoeveel elektronen een Pu atoom heeft.
- atoomnummer 94 dus er zijn 94 elektronen

- e Bereken het aantal neutronen in een Pu-244 kern.
- massagetal is 244 → $244 - 94 = 150$ neutronen
- f Zoek op welk type straling Pu voornamelijk uitzendt.
- voornamelijk α -straling

4*

atoom	aantal protonen	massagetel	aantal neutronen	notatie 1	notatie 2
helium He	2	4	2	${}^4_2\text{He}$	He-4
lithium Li	3	7	4	${}^7_3\text{Li}$	Li-7
natrium Na	11	23	$23 - 11 = 12$	${}^{23}_{11}\text{Na}$	Na-23
cobalt Co	27	$27 + 32 = 59$	32	${}^{59}_{27}\text{Co}$	Co-59
goud Au	79	$79 + 118 = 197$	118	${}^{197}_{79}\text{Au}$	Au-197
ijzer Fe	26	56	$56 - 26 = 30$	${}^{56}_{26}\text{Fe}$	Fe-56
molybdeen Mo	42	99	$99 - 42 = 57$	${}^{99}_{42}\text{Mo}$	Mo-99
lood Pb	82	208	$208 - 82 = 126$	${}^{208}_{82}\text{Pb}$	Pb-208
uranium U	92	$92 + 146 = 238$	146	${}^{238}_{92}\text{U}$	U-238
plutonium Pu	94	244	$244 - 94 = 150$	${}^{244}_{94}\text{Pu}$	Pu-244

- 5*
- 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

- 6****
- a** Zoek het atoomnummer van zuurstof op.
- atoomnummer 8
- b** Zoek op hoeveel isotopen zuurstof heeft.
- zuurstof heeft 5 isotopen (massagetal 15, 16, 17, 18 en 19)
- c** Welke isotopen van zuurstof komen voor op aarde?
- de isotopen met massagetal 16, 17 en 18 komen op aarde voor
- d** Welke zuurstofisotoop komt het meest voor op aarde?
- atoommassa 16 komt het meeste voor (99,76%)
- e** Bereken van het ^{18}O isotoop het aantal neutronen in de kern.
- atoomnummer is 8 en atoommassa is 18 $\rightarrow 18 - 8 = 10$ neutronen
- f** Geef het symbool van dit isotoop in drie verschillende notaties.
- $^{18}_8\text{O}$ | ^{18}O | $\text{O}-18$
- g** Geef de reactievergelijking van het verval van het ^{15}O isotoop.
- $^{15}_8\text{O} \rightarrow {}^0_1\beta^+ + {}^{15}_7\text{N}$
- h** Geef de reactievergelijking van het verval van het ^{19}O isotoop.
- $^{19}_8\text{O} \rightarrow {}^0_{-1}\beta^- + {}^{19}_9\text{F}$

- 7****
- a** Leg uit tot welk element dit atoom behoort.
- 30 protonen \rightarrow atoomnummer is 30 \rightarrow 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)

8** a Zoek van ieder isotoop op welke straling hij uitzendt.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

9.2 De snelheid van radioactief verval

Halveringstijd

- 1***
- a** Leg met eigen woorden uit wat de halveringstijd is.
- de halveringstijd is de tijd waarin de helft van het aantal aanwezige kernen verval
- b** Hoeveel procent van de radioactieve stof is er nog aanwezig na 1 dag.
- na 1 dag is nog $\frac{1}{2}$ aanwezig = 50%
- c** Hoeveel procent van de radioactieve stof is er nog aanwezig na 2 dagen.
- na 2 dagen is nog $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ aanwezig = 25%
- d** Hoeveel procent van de radioactieve stof is er nog aanwezig na 3 dagen.
- na 3 dagen is nog $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ aanwezig = 12,5%
- 2****
- a** Bereken het aantal neutronen in een U-238 kern.
- U-238 \rightarrow ${}_{92}^{238}\text{U}$
 - aantal neutronen is $238 - 92 = 146$
- b** Bereken het aantal neutronen in een U-235 kern.
- U-235 \rightarrow ${}_{92}^{235}\text{U}$
 - 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
- 3****
- a** Welke van deze isotopen is het stabielst?
- bij een grote halveringstijd is het verval langzaam
 - hoe groter de halveringstijd hoe stabiel de isotoop is
 - Si-32 is stabiel dan Si-31
- b** 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*)

- 4****
- a** Zoek de halveringstijd van P-30 op.
- opzoeken: $t_{\frac{1}{2}} = 2,50$ minuten
- b** Hoeveel kernen zijn er nog aanwezig na 5 minuten?
- 5 minuten is 2 keer de halveringstijd $\rightarrow 2000 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = 500$ kernen aanwezig
- c** Hoeveel kernen zijn er nog aanwezig na 10 minuten?
- 10 minuten is 4 keer de halveringstijd $\rightarrow 2000 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = 125$ aanwezig
- d** Hoeveel kernen zijn er in 10 minuten vervallen?
- in het begin zijn er 2000 kernen en na 10 minuten zijn er nog 125 aanwezig
 - in 10 minuten zijn er $2000 - 125 = 1875$ kernen vervallen

- 5****
- a** Zoek de halveringstijd van P-33 op.
- opzoeken: $t_{\frac{1}{2}} = 25,3$ dagen
- b** Na hoeveel tijd is de 75% van het gemaakte P-33 vervallen?
- er is nog 1/4 deel over
 - $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$
 - 2 keer de halveringstijd: $t = 2 \cdot 25,3 = 50,6$ dagen
- c** Na hoeveel tijd is van het gemaakte ^{33}P nog 12,5% over?
- 12,5% over \rightarrow 1/8 deel aanwezig
 - $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$
 - 3 keer de halveringstijd: $t = 3 \cdot 25,3 = 75,9$ dagen

- 6****
- a** Zoek de halveringstijd van C-14 op.
- opzoeken: $t_{\frac{1}{2}} = 5730$ jaar
- b** Hoe oud is de ploeg?
- er is nog 1/4 deel over
 - $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$
 - 2 keer de halveringstijd: $t = 2 \cdot 5730 = 11.460$ jaar

7** a Hoelang duurt het totdat de radioactiviteit in haar lichaam afkomstig van ^{131}I is gedaald tot 25% van de oorspronkelijke hoeveelheid?

- 25% van de oorspronkelijke hoeveelheid is $\frac{1}{4}$ deel

- $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

- na 2 keer de halveringstijd is er 25% aanwezig
- opzoeken: $t_{\frac{1}{2}} = 8,0$ dagen
- $t = 2 \cdot 8 = 16$ dagen

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

- 93,75% verdwenen \rightarrow er is nog $100 - 93,75 = 6,25\%$ aanwezig

- 6,25% van de oorspronkelijke hoeveelheid is $\frac{1}{16}$ deel

- $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{16}$

- 4 keer de halveringstijd $\rightarrow t = 4 \cdot 8 = 32$ dagen

8*** a Bereken de halveringstijd van deze stof.

- 12,5% over = $\frac{1}{8}$ deel over

- $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$

- 3 keer de halveringstijd is 24 uur

- $3 \cdot t_{\frac{1}{2}} = 24 \rightarrow t_{\frac{1}{2}} = 8$ uur

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

- $\frac{16}{8} = 2$

- 16 uur is 2 keer de halveringstijd

- $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

- $\frac{1}{4}$ deel is $\frac{100}{4} = 25\%$

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

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

- $\frac{48}{8} = 6$

- 48 uur is 6 keer de halveringstijd

- $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{64}$

- $\frac{1}{64}$ deel is $\frac{100}{64} = 1,56\%$

- er is $100 - 1,56 = 98,4\%$ 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
 - $\frac{150}{30} = 5$
 - 150 jaar is 5 keer de halveringstijd
 - $\left(\frac{1}{2}\right)^5 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{32}$
 - $\frac{1}{32}$ deel is $\frac{100}{32} = 3,125\%$ → na 150 jaar is er nog 3,125% aanwezig
- c Hoeveel procent van de oorspronkelijke hoeveelheid Cs-137 is er nog aanwezig na 300 jaar.
- $\frac{300}{30} = 10$
 - 300 jaar is 10 keer de halveringstijd
 - $\left(\frac{1}{2}\right)^{10} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{1024}$
 - $\frac{1}{1024}$ deel is $\frac{100}{1024} = 0,0977\%$ na 300 jaar is er nog 0,0977% aanwezig
- d In welk jaar is het aantal Cs-137 kernen afgenomen tot 12,5% van de oorspronkelijke hoeveelheid?
- 100% → 50% → 25% → 12,5%
 - drie keer de halveringstijd $t_{1/2} = 30$ jaar
 - $3 \cdot 30 = 90$ jaar → $1986 + 90 = 2076$
 - in 2076 is het aantal cesium-137 kernen afgenomen tot 12,5%
- e In welk jaar het aantal aanwezige Cs-137 kernen afgenomen tot 1,5625% van de oorspronkelijke hoeveelheid?
- $100 / 1,5625\% = 64$
 - er is nog 1/64 deel over
 - $\left(\frac{1}{2}\right)^6 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{64}$
 - na zes keer de halveringstijd is er 1/64 deel over
 - $6 \cdot 30 = 180$ jaar
 - na 180 jaar is er nog 1/64 deel van de cesium-137 kernen over
 - $1986 + 180 = 2166$
 - 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 nog aanwezig?

- $\frac{24}{4} = 6 \rightarrow$ 24 uur is 6 keer de halveringstijd

- $\left(\frac{1}{2}\right)^6 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{64}$

- na 24 uur zijn er $\frac{900}{64} = 14$ kernen aanwezig

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 h 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?

- $100\% \rightarrow 50\% \rightarrow 25\% \rightarrow 12,5\% \rightarrow 6,25\% \rightarrow 3,125\%$
- 3,125% is aanwezig na 5 keer de halveringstijd
- $5 \cdot 23 = 115 \rightarrow$ na 115 uur is 3,125% aanwezig

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
- $0,18 \cdot 0,96875 = 0,174$ gram is vervallen

Herhaling

1* Bereken de machten van 2 tot aan de 10^e macht:

$$2^1 = 2$$

$$2^6 = 64$$

$$2^2 = 2 \cdot 2 = 4$$

$$2^7 = 128$$

$$2^3 = 2 \cdot 2 \cdot 2 = 8$$

$$2^8 = 256$$

$$2^4 = 16$$

$$2^9 = 512$$

$$2^5 = 32$$

$$2^{10} = 1024$$

2* Bereken de machten van $\frac{1}{2}$ tot aan de 10^e macht:

$$\left(\frac{1}{2}\right)^1 = \frac{1}{2}$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^6 = 1 / 64$$

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

$$\left(\frac{1}{2}\right)^7 = 1 / 128$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^8 = 1 / 256$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^4 = 1 / 16$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^9 = 1 / 512$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^5 = 1 / 32$$

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{10} = 1 / 1024$$

3** Maak berekeningen met: $N = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n$

N	N ₀	n
62,5	$1,0 \cdot 10^3$	4
$1,0 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^6 = 15,6$	$1,0 \cdot 10^3$	6
$1,0 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{12} = 244$	$1,0 \cdot 10^6$	12
$1,28 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^7 = 1,0 \cdot 10^4$	$1,28 \cdot 10^6$	7
$1,28 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^8 = 5,0 \cdot 10^3$	$1,28 \cdot 10^6$	8
$6,4 \cdot 10^5$	$5,12 \cdot 10^6$	$\frac{5,12 \cdot 10^6}{6,4 \cdot 10^5} = 8 \rightarrow n = 3$
$2,0 \cdot 10^4$	$5,12 \cdot 10^6$	$\frac{5,12 \cdot 10^6}{2,0 \cdot 10^4} = 256 \rightarrow n = 8$

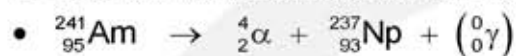
9.3 Ioniserende straling

- 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.

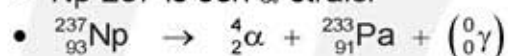


b Leg uit of na 20 jaar veel van het americium-241 nog aanwezig is.

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

c Hoe vervalt deze stof?

- Np-237 is een α -straler



d Verwacht je dat de stof die ontstaat veel straling afgeeft?

- de halveringstijd van Np-237 is $2,14 \cdot 10^6$ jaar
- het verval is heel langzaam en de stof geeft daarom weinig straling af

e 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

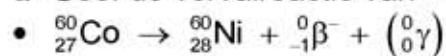
f Leg uit waarom rookmelders met radioactief americium gevaarlijk kan zijn voor bewoners en hulpdiensten als er brand uitbreekt.

- 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

5***

Doorstralen van fruit

a Geef de vervalreactie van ^{60}Co (kobalt-60)



b Geef daarvoor de reden.

- de dracht van β -straling (in fruit) is klein
- alleen de bovenste laag wordt bestraald, de lager eronder niet

Halveringsdikte

- 6**** a Hoe dik is het plaatje als 12,5% van de straling in de detector komt?
- $\frac{12,5}{100} = \frac{1}{8}$
 - $\left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{8} \rightarrow 3$ keer de halveringsdikte
 - $3 \cdot 5 = 15$ 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
 - $7 \cdot 5 = 35$ mm \rightarrow het plaatje moet 35 mm dik zijn
- 7**** a Hoe dik is het plaatje?
- $\frac{6,25}{100} = \frac{1}{16}$
 - $\left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{16} \rightarrow 4$ keer de halveringsdikte
 - $4 \cdot 2 = 8$ cm \rightarrow het plaatje moet 8 cm dik zijn
- b Hoe dik is dit plaatje?
- $100 - 87,5 = 12,5$
 - 12,5 % wordt doorgelaten
 - $\frac{12,5}{100} = \frac{1}{8}$
 - $\left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{8} \rightarrow 3$ keer de halveringsdikte
 - $3 \cdot 2 = 6$ cm \rightarrow het plaatje moet 6 cm dik zijn
- c Hoe dik is dit plaatje?
- $\frac{0,78}{100} = \frac{1}{128}$
 - $\left(\frac{1}{2}\right)^7 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{128} \rightarrow 7$ keer de halveringsdikte
 - $7 \cdot 2 = 14$ cm \rightarrow het plaatje moet 14 cm dik zijn

- 8^{***}** a Bereken de dikte van het eerste plaatje.
- 25 % wordt doorgelaten
 - $\frac{25}{100} = \frac{1}{4}$
 - $\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4} \rightarrow$ 2 keer de halveringsdikte
 - $2 \cdot 1,5 = 3 \text{ cm} \rightarrow$ plaatje 1 is 3 cm dik

- b Bereken de dikte van het tweede plaatje.
- $\frac{6,25}{100} = \frac{1}{16}$
 - $\left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{16} \rightarrow$ 4 keer de halveringsdikte
 - $4 \cdot 1,5 = 6 \text{ cm} \rightarrow$ de plaatjes 1 en 2 zijn samen 6 cm dik
 - plaatje 1 is 3 cm dik \rightarrow plaatje 2 is $6 - 3 = 3 \text{ cm}$ dik

- 9^{****}** a Hoeveel procent van de straling komt er in de detector?
- dikte van plaatje A is 1 keer de halveringsdikte
 - dikte van plaatje B is 2 keer de halveringsdikte
 - de γ -stralen gaan door 3 keer de halveringsdikte
 - $\left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$
 - $\frac{100}{8} = 12,5$
 - 12,5% van de straling komt in de detector

- b Hoeveel procent van de straling komt er nu in de detector?
- dikte van plaatje A is 4 keer de halveringsdikte
 - dikte van plaatje B is 3 keer de halveringsdikte
 - de γ -stralen gaan door 7 keer de halveringsdikte
 - $\left(\frac{1}{2}\right)^7 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{128}$
 - $\frac{100}{128} = 0,78$
 - 0,78% van de straling komt in de detector

- 10^{***}** a Bereken hoeveel procent van de straling door het loodschoot wordt tegengehouden.
- $\frac{0,055}{0,011} = 5$

- de dikte van het loodschort is 5 keer de halveringsdikte
- $\left(\frac{1}{2}\right)^5 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{32}$
- $\frac{100}{32} = 3,125$
- 3,125 % wordt doorgelaten
- $100 - 3,125 = 96,9\%$ wordt tegengehouden

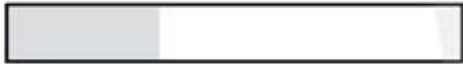
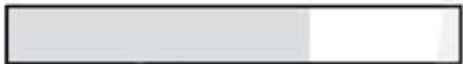

Herhaling

1* Maak berekeningen met: $I = I_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n$

I	I ₀	n
62,5	500	3
$1,0 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 250$	$1,0 \cdot 10^3$	2
$1,0 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^5 = 1,56 \cdot 10^4$	$1,0 \cdot 10^6$	5
$1,28 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^7 = 1,0 \cdot 10^4$	$1,28 \cdot 10^6$	7
$2,0 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^4$	$\frac{1,6 \cdot 10^4}{2,0 \cdot 10^3} = 8 \rightarrow n = 3$
$6,4 \cdot 10^5$	$5,12 \cdot 10^6$	$\frac{5,12 \cdot 10^6}{6,4 \cdot 10^5} = 8 \rightarrow n = 3$
$2,0 \cdot 10^4$	$5,12 \cdot 10^6$	$\frac{5,12 \cdot 10^6}{2,0 \cdot 10^4} = 256 \rightarrow n = 8$

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*** Stralingsbescherming

- 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.
- ${}^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow {}^0_{-1}\beta + {}^{137}_{56}\text{Ba} + \left({}^0_0\gamma \right)$
- c Geef de vervalreactie van Sr-90.
- ${}^{90}_{38}\text{Sr} \rightarrow {}^0_{-1}\beta + {}^{90}_{39}\text{Y}$
- d Geef de vervalreactie van Po-209.
- ${}^{209}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^4_2\alpha + {}^{205}_{82}\text{Pb}$

- c Leg uit welke van deze drie stoffen het best gebruikt kan worden om de badges te testen.
- Cs-137 zendt behalve β -straling ook γ -straling uit
 - Po-209 zendt geen β -straling uit
 - Sr-90 is het beste omdat het 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**** **Inwendige bestraling**
- 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 de halveringstijd van Co-60 is 5,27 jaar
- 3****
- a** Bereken de dosisequivalent die de monteur na 1 uur werken ontvangt.
- $E_{\text{abs}} = 60 \cdot 60 \cdot 1,0 \cdot 10^{-7} = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ J per uur} \quad | \quad m = 90 \text{ kg} \quad | \quad D = \dots \text{ Gy}$
 - $D = \frac{E_{\text{abs}}}{m}$
 - $D = \frac{3,6 \cdot 10^{-4}}{90} = 4,0 \cdot 10^{-6} \text{ Gy (J/kg)}$
 - $H = w_R \cdot D$ met $w_R = 20$ voor α -straling
 - $H = 20 \cdot 4,0 \cdot 10^{-6} = 8,0 \cdot 10^{-5} \text{ Sv}$
- b** Bereken de dosisequivalent die 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 $6,0 \cdot 10^{-2}$ Sv
 - dit is 60 mSv per jaar → de monteur voldoet niet aan de wet

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

- 2,5 minuten = 150 seconden
- $E_{\text{abs}} = 150 \cdot 1,0 \cdot 10^{-7} = 1,5 \cdot 10^{-5}$ J
- bestraalde massa is 12,5 kg
- $D = \frac{E_{\text{abs}}}{m}$
- $D = \frac{1,5 \cdot 10^{-5}}{12,5} = 1,2 \cdot 10^{-6}$ Gy (J/kg)

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

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

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

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

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

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

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 → 4 keer zo veel tijd
- de dosis blijft gelijk → $D = 7,5 \cdot 10^{-8} \text{ Gy}$ (J/kg)

7***

- a** Bereken de dosis die ze in een jaar ontvangt.
- $t = 20 \text{ uur per week}$ | $H = 7,0 \cdot 10^{-6} \text{ Sv per uur}$ | $H = \dots \text{ Sv per jaar}$
 - $D = 20 \cdot 7,0 \cdot 10^{-6} = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ Gy per week}$
 - 52 weken in een jaar
 - $D = 52 \cdot 1,4 \cdot 10^{-4} = 7,28 \cdot 10^{-3} \text{ Gy per jaar}$
- b** Bereken hoeveel uur een stewardess per week gemiddeld moet vliegen om de stralingsnorm te overschrijden.
- $H = 20 \cdot 10^{-3} \text{ Sv per jaar}$
 - 52 weken in een jaar
 - $H = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{52} = 3,845 \cdot 10^{-4} \text{ Sv per week}$
 - $H = 7,0 \cdot 10^{-6} \text{ Sv per uur}$
 - aantal uur: $t = \frac{3,845 \cdot 10^{-4}}{7,0 \cdot 10^{-6}} = 55 \text{ uur per week}$

8***

- a** Bereken de dosis die de kindervoet ontvangt na 20 seconden bestralen.
- $P = 0,0015 \text{ J/s}$ | $t = 20 \text{ s}$ | $m = 0,2 \text{ kg}$ | $D = \dots \text{ Gy}$
 - $E_{\text{abs}} = P \cdot t = 0,0015 \cdot 20 = 0,03 \text{ J}$
 - $D = \frac{E_{\text{abs}}}{m}$
 - $D = \frac{0,03}{0,2} = 0,15 \text{ Gy}$ (J/kg)
- b** Bereken de dosis die de hand van de verkoper ontvangt na 10 seconden bestralen.
- $E_{\text{abs}} = 0,18 \text{ J per minuut} = \frac{0,18}{60} = 0,003 \text{ J per seconde}$
 - $P = 0,003 \text{ J/s}$ | $t = 20 \text{ s}$ | $E_{\text{abs}} = \dots \text{ J}$
 - $E_{\text{abs}} = P \cdot t = 0,003 \cdot 20 = 0,06 \text{ J}$
 - $D = \frac{E_{\text{abs}}}{m}$
 - $D = \frac{0,06}{0,3} = 0,20 \text{ Gy}$ (J/kg)
- c** Bereken de dosisequivalent die de hand van de verkoper in een jaar ontvangt.
- 30 seconden per dag 200 dagen per jaar = 6000 seconden per jaar

- $E_{\text{abs}} = 0,18 \text{ J per minuut} = \frac{0,18}{60} = 0,003 \text{ J per seconde}$
- $E_{\text{abs}} = 6000 \cdot 0,003 = 18 \text{ J per jaar}$
- $D = \frac{E_{\text{abs}}}{m}$
- $D = \frac{18}{0,3} = 60 \text{ Gy (J/kg)}$
- $H = w_R \cdot D$
- $H = 0,9 \cdot 60 = 54 \text{ Sv}$

9***

- a** Bereken de stralingsdosis die de huid ontvangt.
- $P = 6,0 \cdot 10^{-8} \text{ W} \mid t = 3 \cdot 60 = 180 \text{ s} \mid m = 0,018 \text{ kg} \mid D = \dots \text{ Gy}$
 - $E_{\text{abs}} = 0,15 \cdot E_{\text{uitgestraald}} \rightarrow E_{\text{abs}} = 0,15 \cdot 6,0 \cdot 10^{-8} \cdot 180 = 1,62 \cdot 10^{-6} \text{ J}$
 - $D = \frac{E_{\text{abs}}}{m}$
 - $D = \frac{1,62 \cdot 10^{-6}}{0,018} = 9,0 \cdot 10^{-5} \text{ Gy (J/kg)}$
- b** Bereken het ontvangen dosisequivalent.
- $D = 9,0 \cdot 10^{-5} \text{ Gy} \mid w_R = 20 \mid H = \dots \text{ Sv}$
 - $H = w_R \cdot D$
 - $H = 20 \cdot 9,0 \cdot 10^{-5} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ Sv}$
- c** Ga na of het ontvangen dosisequivalent is toegestaan volgens de Nederlandse regelgeving.
- 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** Wordt je radioactief bestraald als je uit uraniumglas drinkt?
- de radioactieve straling kan wel uit het glas ontsnappen
 - je wordt wel radioactief bestraald

Herhaling

1** 1 kg = 10³ gram = 10⁶ milligram (mg) = 10⁹ microgram (μg)

D eenheid Gy (grey)	E _{abs}	m
5,0 · 10 ⁻⁴ Gy	1,0 · 10 ⁻⁶ J	20 kg
$\frac{1,5 \cdot 10^{-6}}{5} = 3,0 \cdot 10^{-7}$	1,5 · 10 ⁻⁶ J	5 kg
$\frac{25 \cdot 10^{-3}}{5} = 5,0 \cdot 10^{-3}$	25 mJ	5 kg
$\frac{35 \cdot 10^{-6}}{15 \cdot 10^{-3}} = 2,33 \cdot 10^{-3}$	35 μJ	15 gram
$\frac{400 \cdot 10^{-9}}{0,050 \cdot 10^{-3}} = 8,0 \cdot 10^{-3}$	400 nJ	50 mg
$\frac{0,56 \cdot 10^{-6}}{0,20 \cdot 10^{-6}} = 2,8$	0,56 μJ	0,20 mg
$\frac{8,5 \cdot 10^{-9}}{1,7 \cdot 10^{-9}} = 5$	850 MeV	1,7 μg

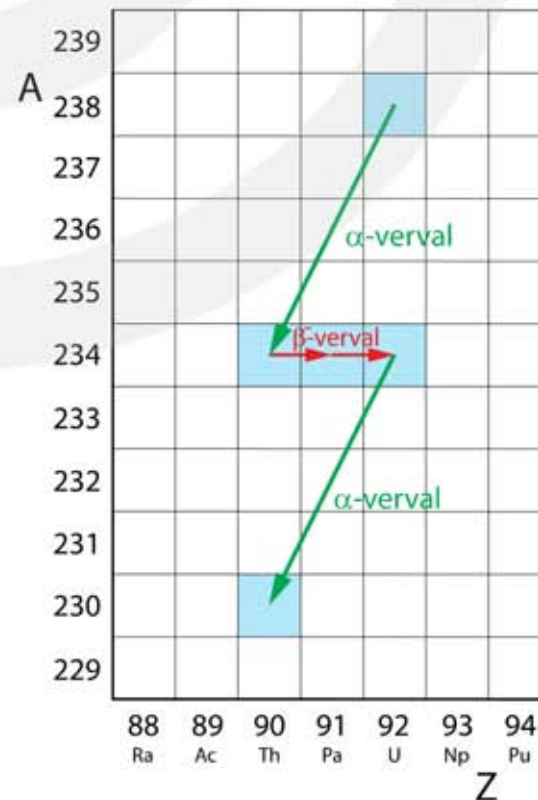
2** 1 kg = 10³ gram = 10⁶ milligram (mg) = 10⁹ microgram (μg)

D eenheid gray (Gy)	E _{abs} eenheid joule (J)	m eenheid kilogram (kg)
5,0 · 10 ⁻⁴ Gy	1,0 · 10 ⁻² J	20 kg
5,0 · 10 ⁻⁴ Gy	$5,0 \cdot 10^{-4} \cdot 5 = 2,5 \cdot 10^{-3}$	5 kg
2,0 · 10 ⁻² Gy	$2,0 \cdot 10^{-2} \cdot 15 = 0,30$	15 kg
4,5 · 10 ⁻³ Gy	$4,5 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 6,75 \cdot 10^{-5}$	15 gram
7,5 · 10 ⁻⁵ Gy	1,0 · 10 ⁻⁶ J	$\frac{1,0 \cdot 10^{-6}}{7,5 \cdot 10^{-5}} = 0,013$ kg
3,1 · 10 ⁻⁵ Gy	6,2 μJ	$\frac{6,2 \cdot 10^{-6}}{3,1 \cdot 10^{-5}} = 0,20$ kg
4,25 · 10 ⁻¹⁰ Gy	8,5 · 10 ⁻¹⁴ J	$\frac{8,5 \cdot 10^{-14}}{4,25 \cdot 10^{-10}} = 2,0 \cdot 10^{-4}$ kg
8,0 · 10 ⁻⁵ Gy	60 nJ	$\frac{60 \cdot 10^{-9}}{8,0 \cdot 10^{-5}} = 7,5 \cdot 10^{-4}$ kg

9.6 Kernreacties

Vervalketen

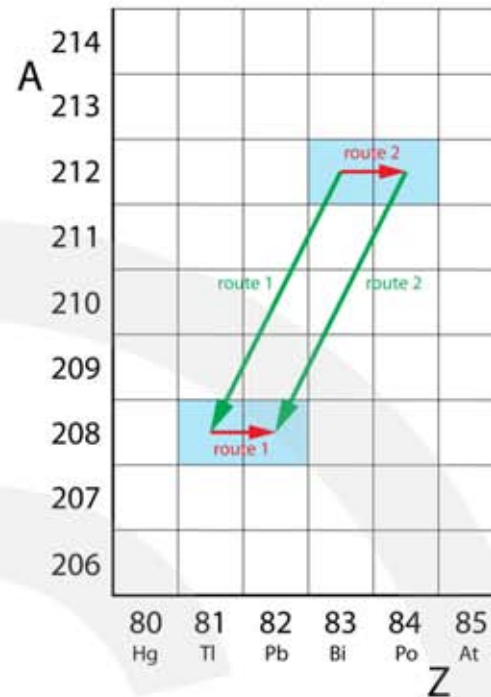
- 1***
- a** Bij hoeveel van deze stappen wordt er een α -deeltje uitgezonden?
- massagetal gaat van 238 naar 230
 - verschil is 8 en dit is 2 keer 4
 - er worden twee α -deeltjes uitgezonden
- b** Bij hoeveel van deze stappen wordt er een β^- -deeltje uitgezonden?
- het atoomnummer gaat van 92 naar 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?
- zie vraag b
 - 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** Beredeneer 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 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

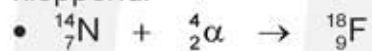
- 3*****
- a** Beredeneer bij hoeveel stappen in de vervalreeks er een α -deeltje wordt uitgezonden.
- massa gaat van 212 naar 208
 - verschil is 4 stappen
 - er wordt 1 keer een α -deeltje uitgezonden
- b** Beredeneer bij hoeveel stappen in de vervalreeks er een β^- -deeltje wordt uitgezonden.
- bismut 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
 - er moet dus 1 keer een β^- -deeltje worden uitgezonden om het atoomnummer met 1 stap te laten afnemen
- c** Geef de vervalketen waarbij eerst een α -deeltje wordt uitgezonden.
- stap 1: ${}_{83}^{212}\text{Bi} \rightarrow {}_2^4\alpha + {}_{81}^{208}\text{Tl}$
 - stap 2: ${}_{81}^{208}\text{Th} \rightarrow {}_{-1}^0\beta^- + {}_{82}^{208}\text{Pb}$
- d** Geef de vervalketen waarbij eerst een β^- -deeltje wordt uitgezonden.
- stap 1: ${}_{83}^{212}\text{Bi} \rightarrow {}_{-1}^0\beta^- + {}_{84}^{212}\text{Po}$
 - stap 2: ${}_{84}^{212}\text{Po} \rightarrow {}_2^4\alpha + {}_{82}^{208}\text{Pb}$

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



Gestimuleerde reacties

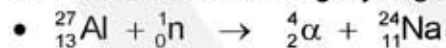
- 4** a Maak de reactievergelijking van stap 1 kloppend:



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



- 5** a Geef de reactievergelijkingen van deze gestimuleerde reactie.



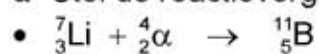
- b Geef de reactievergelijkingen van deze spontane reactie.



- c Controleer of het reactieproduct (de dochterkern) een stabiel isotoop is.

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

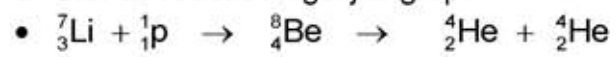
- 6** a Stel de reactievergelijking op.



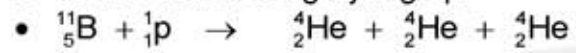
- b Controleer of het reactieproduct een stabiel isotoop is.

- er ontstaat $\text{}^5_{11}\text{B}$ en dit is een stabiel isotoop (oneindig lange halveringstijd)

7*** a Stel de reactievergelijking op.



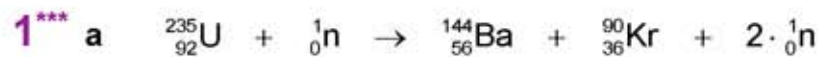
b Stel de reactievergelijking op.



(als de reactie verloopt volgens: ${}^{11}_5\text{B} + {}^1_1\text{p} \rightarrow {}^{12}_6\text{C}$ ontstaat er geen helium-4 want de C-12 kern is stabiel)



9.7 Massa en energie



2*** a Bereken hoeveel massa met deze hoeveelheid energie correspondeert.

- $4000 \text{ kWh} = 4000 \cdot 3,6 \cdot 10^6 = 1,44 \cdot 10^{10} \text{ J}$
- $E = m \cdot c^2$
- $1,44 \cdot 10^{10} = m \cdot (3,0 \cdot 10^8)^2 \rightarrow m = 1,6 \cdot 10^{-7} \text{ kg}$

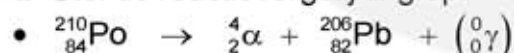
b Bereken hoeveel liter stookolie er verbrand moet worden om aan de jaarlijkse elektrische energiebehoefte te voldoen. Neem aan dat er geen verliezen zijn.

- aantal m^3 stookolie per jaar $\rightarrow \frac{1,44 \cdot 10^{10}}{40 \cdot 10^9} = 0,36 \text{ m}^3$
- aantal liter stookolie per jaar $\rightarrow 0,36 \cdot 1000 = 360 \text{ liter}$

c Bereken hoeveel liter stookolie er verbrand moet worden om evenveel energie te krijgen als de energie die vrijkomt bij volledige omzetting van 1,0 kg materie in energie.

- $E = m \cdot c^2$ met $m = 1 \text{ kg} \rightarrow E = 1 \cdot (3,0 \cdot 10^8)^2 = 9,0 \cdot 10^{16} \text{ J}$
- aantal m^3 stookolie per jaar $\rightarrow \frac{9,0 \cdot 10^{16}}{40 \cdot 10^9} = 2,25 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- aantal liter stookolie per jaar $\rightarrow 2,25 \cdot 10^6 \cdot 1000 = 2,25 \cdot 10^9 \text{ liter}$

3*** a Stel de reactievergelijking op.



b Leg uit waarom dit het geval is.

- energie kan alleen worden toegevoegd door de kern te beschieten met deeltjes
- er is dan geen spontaan proces meer
- een spontaan proces kan alleen verlopen als er geen energie hoeft te worden toegevoegd

c Bereken uit het massadefect de hoeveelheid vrijkomende energie.

- $\Delta m = 5,82 \cdot 10^{-3} \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27} = 9,6643 \cdot 10^{-30} \text{ J}$
- $E = m \cdot c^2$
- $E = 9,6643 \cdot 10^{-30} \cdot (3,0 \cdot 10^8)^2 = 8,69787 \cdot 10^{-13} = 8,7 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

- 4*** a Bereken of deze vervalprocessen spontaan kunnen verlopen.
- in beide gevallen ontstaat er massa
 - er wordt energie toegevoegd
 - beide processen kunnen niet spontaan verlopen

- 5**** a Bepaal met welke deeltjes het beryllium is beschoten.
- ${}^9_4\text{Be} + ? \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^4_2\alpha$
 - $? = {}^2_1\text{H}$
- b Leg uit of bij deze kernreactie sprake is van massatoename of massa-afname.
- voor de reactie $\rightarrow E = 2,5 \text{ MeV}$
 - na de reactie $\rightarrow E = 3,2 + 6,5 = 9,7 \text{ MeV}$
 - er ontstaat kinetische energie
 - massa verdwijnt \rightarrow massa-afname
- c Bereken het massadefect.
- er is $9,7 - 2,5 = 7,2 \text{ MeV}$ energie ontstaan
 - $1 \text{ u} = 931,494 \text{ MeV} \rightarrow 7,2 \text{ MeV} = \frac{7,2}{931,494} = 7,7295 \cdot 10^{-3} = 7,73 \cdot 10^{-3} \text{ u}$