

Als je een ander antwoord vindt, zijn er minstens twee mogelijkheden: óf dit antwoord is fout, óf jouw antwoord is fout.
Als je er (vrijwel) zeker van bent dat een antwoord fout is, stuur dan een briefje naar www.stevin.info. Alvast bedankt.

Opgaven 8.1 – Ioniserende straling

Opmerking vooraf: Het college van toetsen en examens (CvTE) heeft in zijn grote wijsheid besloten dat vanaf 2016 bij een vervalreactie achter de pijl ook het γ -foton moet worden vermeld als dat in de laatste kolom van tabel 25A in BiNaS staat. In geen enkel degelijk universitair natuurkundeboek wordt dat gedaan. Doe het voorlopig dus maar, want het kost je anders een punt.

1	<p>A \rightarrow β-straling (α's zouden door het papier tegengehouden zijn; γ's laten zich door 1 mm aluminium niet tegenhouden)</p> <p>B \rightarrow α-straling (alleen die wordt al door papier geheel tegengehouden)</p> <p>C \rightarrow γ-straling (α's zouden door het papier tegengehouden zijn en β's door aluminium, maar daarvan is niets te merken)</p> <p>D \rightarrow α- en γ-straling (Het deel dat door papier wordt tegengehouden wordt, bestaat uit α's. Omdat het aluminium geen effect heeft, zitten er geen β's in het restant. Ook het effect van het lood wijst op γ's)</p>	-
2	<p>a In tabel 25A staat de massa van He-4 (de $2e^-$ teveel kunnen we verwaarlozen). In tabel 7B de omrekening $1\text{ u} = 1,6605389 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$. $m_\alpha = 4,002603\text{ u} = 4,002603 \cdot 1,6605389 \cdot 10^{-27} = 6,64647 \dots \cdot 10^{-27}\text{ kg} = 6,646 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$</p> <p>b $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 6,646 \cdot 10^{-27} \cdot (40 \cdot 10^3)^2 = 5,31 \dots \cdot 10^{-18}\text{ J} = 5,3 \cdot 10^{-18}\text{ J}$ In eV: $5,31 \dots \cdot 10^{-18} / 1,602176 \dots \cdot 10^{-19} = 33,18 \dots\text{ eV} = 33\text{ eV}$</p>	<p>6,646 $\cdot 10^{-27}$ kg</p> <p>5,3 $\cdot 10^{-18}$ J</p> <p>33 eV</p>
3	<p>a ${}^{206}_{81}\text{Tl} \rightarrow {}^0_{-1}\text{e} + {}^{206}_{82}\text{Pb}$ (stabiel) ${}^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{206}_{82}\text{Pb}$ (stabiel) + γ ${}^{213}_{83}\text{Bi} \rightarrow {}^0_{-1}\text{e} + {}^{213}_{84}\text{Po}$ (α-straler) of ${}^{213}_{83}\text{Bi} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{209}_{81}\text{Tl}$ (β^--straler)</p> <p>b ${}^{238}_{96}\text{Cm} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{234}_{94}\text{Pu}$</p> <p>c ${}^{224}_{87}\text{Fr} \rightarrow {}^0_{-1}\text{e} + {}^{224}_{88}\text{Ra}$</p>	-
4	<p>a ${}_{80}\text{Hg} \rightarrow {}_{79}\text{Au}$ In de kwikkern zou een proton moeten verdwijnen of veranderen in een neutron.</p> <p>b Ontstaan uit α-verval van polonium-215: ${}^{215}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{211}_{82}\text{Pb}$ Daarna β^--verval: ${}^{211}_{82}\text{Pb} \rightarrow {}^0_{-1}\text{e} + {}^{211}_{83}\text{Bi}$ Anders geschreven: ${}^{215}_{84}\text{Po} \xrightarrow{\alpha} {}^{211}_{82}\text{Pb} \xrightarrow{\beta^-} {}^{211}_{83}\text{Bi}$</p>	-
5	<p>a¹ $t_{1/2}({}^{140}\text{Ba}) = 12,8\text{ d}$ Een half jaar heeft $\frac{365}{2} = 182,5\text{ d}$ dagen. Dit komt overeen met $\frac{182,5}{12,8} = 14$ halveringstijden.</p> <p>a² Eén halveringstijd eerder heb je 2 x zoveel kernen; twee eerder 2^2 x zoveel enz. Bij het stopzetten waren er dus 2^{14} x zoveel kernen $\Rightarrow 2,5 \cdot 10^{16} \times 2^{14} = 4,1 \cdot 10^{20}$</p>	14
6	<p>a $t_{1/2}({}^{33}\text{P}) = 25\text{ d}$</p>	25 d

b	$\frac{200}{25} = 8$ Na acht halveringstijden is er nog $0,5^8 = 0,0039 = 0,4\%$ over. Er is dus 99,6% vervallen	99,6%
c	6,25% over bereik je na vier halveringstijden $\Rightarrow 100$ d	100 d
7	- 12,5 bereik je na drie halveringstijden $\Rightarrow 3 \cdot t_{1/2} = 24 \Rightarrow t_{1/2} = 8$ h	8 h

8	a	Nee, een blad papier houdt α 's al tegen. Ze zullen dus niet buiten het doosje komen.	–
	b	De verbrandingsgassen zullen het radioactieve Am bevatten zodat slachtoffers en hulpverleners besmet kunnen worden.	–
9	-	$150 \rightarrow 75 \rightarrow 37,5 \rightarrow 18,75$ Drie halveringstijden later komt overeen met ongeveer 15 d $\Rightarrow t_{1/2} \approx 5$ d $t_{1/2, \text{Rn}} = 3,8$ d en $t_{1/2, \text{Xe}} = 5,2$ d \Rightarrow Het was ^{131}Xe	–
10	a	$A = -(\Delta N / \Delta t)_{\text{raaklijn}} = 8,25 \cdot 10^5 / (14,5 \cdot 10^3 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600) = 1,8 \cdot 10^{-6}$ Bq	$1,8 \cdot 10^{-6}$ Bq
	b	1 atoom ^{14}C heeft een massa van 14 u. Dus op $t = 0$ s: $m = 8,25 \cdot 10^5 \cdot 14 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 1,9 \cdot 10^{-20}$ kg = $1,9 \cdot 10^{-17}$ gram	$1,9 \cdot 10^{-17}$ gram
	c	Na drie halvingen is $N = 1,25 \cdot 10^5$. Dus $\Delta N = (1,25 - 10) \cdot 10^5 = -8,75 \cdot 10^5$ $\Delta m = -8,75 \cdot 10^5 \cdot 14 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = -2,0 \cdot 10^{-20}$ kg = $-2,0 \cdot 10^{-17}$ gram	$2,0 \cdot 10^{-17}$ gram

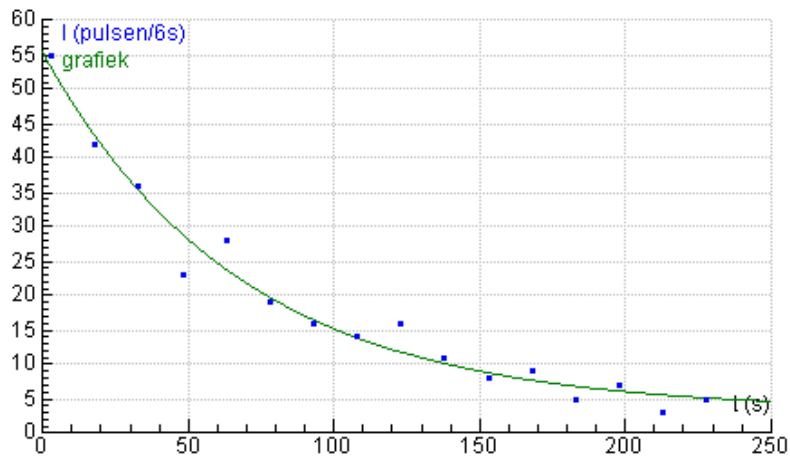
Opgaven 8.2 – Toepassingen en gevaren van straling		
11	De α 's hebben groot ioniserend vermogen en een korte dracht: bij de besmetting zal lokaal grote schade ontstaan. De γ 's hebben een gering ioniserend vermogen en een grote dracht. De meeste γ's verlaten het lichaam zonder schade aan te richten. Geringe schade zal verspreid door het lichaam optreden.	-
12	Neen. Als de bron weg is, is ook de straling weg. De straling heeft eerder wel moleculen geïoniseerd, maar geen atomen radioactief gemaakt.	-
13	a β^- - en γ -straling	-
	b $t_{1/2} = 30$ j 150 j is dus 5 halveringstijden \Rightarrow afgenomen tot $\frac{100}{2^5} = 3\%$	3%
14	- Je wordt niet besmet, want er komt geen uranium in je mond. Je wordt wel een beetje bestraald.	-
15	a $t_{1/2} = 30$ j = $2,6 \cdot 10^5$ h $\gg 1$ h \Rightarrow in 1 h neemt de activiteit niet merkbaar af.	-
	b $A = 37$ kBq \Rightarrow er vervallen $37 \cdot 10^3$ kernen per s \Rightarrow aantal in 1 h is $37 \cdot 10^3 \cdot 3600 = 1,33 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10^8$
	c 1 MeV = $1,6 \cdot 10^{-13}$ J $E = 0,10 \cdot 1,33 \cdot 10^8 \cdot 0,66 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} = 1,41 \cdot 10^{-6}$ J	$1,4 \cdot 10^{-6}$ J
	d $D = \frac{1,41 \cdot 10^{-6}}{60} = 2,34 \cdot 10^{-8}$ Gy	$2,34 \cdot 10^{-8}$ Gy
	e $H = 0,8 \cdot 2,34 \cdot 10^{-8} = 1,9 \cdot 10^{-8}$ Sv	$1,9 \cdot 10^{-8}$ Sv
16	a $H = 1 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 10^{-9}} = 1 \cdot 10^3$ Sv	$1 \cdot 10^3$ Sv
	b $H = W_R \frac{E}{m} \Rightarrow E = \frac{H \cdot m}{W_R} = \frac{50 \cdot 1,5}{20} = 3,8$ J	3,8 J
	c De amoëbe bestaat maar uit één cel. Als je bij de kip ook zo'n hoge dosis nodig zou hebben om hem te doden, zou dat betekenen dat <i>alle</i> cellen van de kip kapot gemaakt zouden moeten worden. Dat is niet zo, een beperkt aantal kapotte cellen is al voldoende om een kip te laten overlijden.	-
17	Zij ontvangt dus een dosis van $20 \cdot 7,0 \cdot 10^{-6} = 0,14$ mSv per week. Zelfs als 52 weken per jaar zou werken, zou ze nog maar 7,3 mSv ontvangen. Dat is dus minder dan de 20 mSv die beroepshalve is toegestaan.	-
18	a ${}^{204}_{82}\text{Pb} + {}^0_{-1}\text{e} \rightarrow {}^{204}_{81}\text{Tl}$ ${}^{207}_{82}\text{Pb} + {}^0_{-1}\text{e} \rightarrow {}^{207}_{81}\text{Tl}$ ${}^{208}_{82}\text{Pb} + {}^0_{-1}\text{e} \rightarrow {}^{208}_{81}\text{Tl}$ ${}^{206}_{82}\text{Pb} + {}^0_{-1}\text{e} \rightarrow {}^{206}_{81}\text{Tl}$	-
	b Al deze thalliumisotopen zijn β -stralers. Als je die vlakbij je oog hebt, helpt dat dus niet als beveiliging.	-
19	Je kunt een bevolkingsonderzoek naar de gezondheid in een gebied met hoge achtergrondstraling vergelijken met een onderzoek in een gebied met lage achtergrondstraling. Kunnen verschillen toegeschreven worden aan het verschil in achtergrondstraling? Dat zou dan bestudeerd kunnen worden.	-
20	a $t_{1/2} = 14,8$ h dus $29,6$ h = $2 \cdot t_{1/2}$. Omdat $t = 0$ s twee halvingen eerder was, zou je dan $2^2 \cdot 24 = 96$ deeltjes in 10 min gemeten hebben: $96 / (10 \cdot 60) = 0,16$ Bq	0,16 Bq

b	$V = \frac{950}{0,16} \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 5,9.. = 6 \text{ L}$	6 L
21 a	De halveringstijd is 8,0 d. Je moet twee halveringstijden wachten (100% → 50% → 25%), dus 16 d	16 d
b	93,75% verdwenen betekent 6,25% over (100% → 50% → 25% → 12,5% → 6,25%), dus na vier halveringstijden ⇒ 4 · 8,0 = 32 d	32 d

Opgaven hoofdstuk 8			
22	a	Voor dit onderzoek is een γ -straler nodig. Zelfs de β 's zullen door de pijp en de grond geabsorbeerd worden.	–
	b	Je gebruikt een stof met een korte halveringstijd, want na het onderzoek heb je die stof niet meer nodig.	–
23	a	In de tekst 'straling' vervangen door 'radioactieve stoffen'. De kernstraling zelf wordt geabsorbeerd in de naaste omgeving van de reactor. De wijdere omgeving heeft daar geen hinder van. Gevaarlijker is het als radioactieve stoffen vrij komen, die met de wind in de wijde omgeving verspreid worden.	–
	b	In de tekst 'lading' vervangen door 'activiteit', 'radioactieve straling' vervangen door 'ioniserende straling' en 'binnen het lichaam' vervangen door 'buiten het lichaam'.	–
24		$P: 8 \text{ j} = 2 \cdot t_{1/2,P} \Rightarrow A_P = 800 \cdot (\frac{1}{2})^2 = 200 \text{ Bq}$ $Q: 8 \text{ j} = 4 \cdot t_{1/2,Q} \Rightarrow A_Q = 400 \cdot (\frac{1}{2})^4 = 25 \text{ Bq}$ De activiteit is dus nog 225 Bq.	225 Bq
25		$d_A = 2 \text{ mm} = d_{1/2,A} \Rightarrow$ na plaatje A blijft de helft van de opvallende straling over. $d_B = 5 \text{ mm} = 2 \cdot d_{1/2,B} \Rightarrow$ na plaatje B blijft een kwart van de opvallende straling over, dus een kwart van de helft van de oorspronkelijke straling: $\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{8} = 0,125 = 12,5\%$	12,5%
26	a	Binas tabel 25: $E = 4,79 \text{ MeV}$ Binas tabel 5: $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ $\Rightarrow E = 4,79 \cdot 10^6 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} = 7,637 \dots \cdot 10^{-13} = 7,67 \cdot 10^{-13} \text{ J}$	$7,67 \cdot 10^{-13} \text{ J}$
	b	$P = A \cdot E_{\text{deeltje}} = 3,7 \cdot 10^{10} \cdot 7,673 \cdot 10^{-13} = 0,0283 \dots = 28 \text{ mW}$.	28 mW
	c	Als er 4,2 J nodig is om 1 g water 1 °C in temperatuur te laten stijgen, dan is er voor 100 g water dat je 80 °C heter wilt maken $4,2 \cdot 100 \cdot 80 = 33600 \text{ J}$ aan warmte nodig. Deze warmte komt vrij uit het radium: $Q = P \cdot t \Rightarrow 33600 = 0,0283 \dots \cdot t \Rightarrow t = 1,183 \dots \cdot 10^6 \text{ s} = \frac{1,183 \dots \cdot 10^6}{7 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = 1,95 \dots = 2,0 \text{ weken}$	2,0 weken
	d	De energie van de kernstraling warmt voortdurend het kernafval op. Zonder koeling zou de temperatuur te hoog kunnen oplopen (brand, smelten)	–
27	a	$P_{\text{el}} = 0,07 \cdot P_{k,\alpha}$ $280 = 0,07 \cdot P_{k,\alpha} \Rightarrow P_{k,\alpha} = 4000 = 4 \cdot 10^3 \text{ W}$	–
	b	$E_{k,\alpha} = 5,5 \text{ MeV}$ $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ $\Rightarrow E_{k,\alpha} = 5,5 \cdot 10^6 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} = 8,81 \dots \cdot 10^{-13} \text{ J}$ Aantal α -deeltjes per seconde = $\frac{4 \cdot 10^3 \text{ J/s}}{8,81 \dots \cdot 10^{-13} \text{ J}} = 4,53 \dots \cdot 10^{15} = 4,5 \cdot 10^{15} \text{ Bq}$ Je kunt ook meteen $P = A \cdot E_{\text{deeltje}}$ invullen \rightarrow $A = P / E_{\text{deeltje}} = 4 \cdot 10^3 / 8,81 \dots \cdot 10^{-13} = 4,5 \cdot 10^{15} \text{ Bq}$	$4,5 \cdot 10^{15} \text{ Bq}$
	c	Het geleverde vermogen P is evenredig met de activiteit $A \Rightarrow P$ halveert in hetzelfde tempo als A ; $35 = (\frac{1}{2})^3 \cdot 280$, dus er hebben drie halvingen plaatsgevonden. $t = 3 \cdot 86 = 258 \text{ j} = 2,6 \cdot 10^2 \text{ j}$	$2,6 \cdot 10^2 \text{ jaar}$
28	a	$Z = 63$ hoort bij Eu, europium	–
	b	${}^{147}_{63}\text{Eu}$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{massagetal: } 147 \text{ protonen} + \text{ neutronen} \\ \text{atoomnummer: } 63 \text{ protonen} \end{array} \right\} \Rightarrow 147 - 63 = 84 \text{ neutronen}$	84

- 29 a** ${}^{235}_{92}\text{U} \xrightarrow{\alpha} {}^{231}_{90}\text{Th} \xrightarrow{\beta^-} {}^{231}_{91}\text{Pa} \xrightarrow{\alpha} {}^{227}_{89}\text{Ac}$
 Nu zijn er twee mogelijkheden naar ${}^{223}_{88}\text{Ra}$
 of ${}^{227}_{89}\text{Ac} \xrightarrow{\alpha} {}^{223}_{87}\text{Fr} \xrightarrow{\beta^-} {}^{223}_{88}\text{Ra}$
 of ${}^{227}_{89}\text{Ac} \xrightarrow{\beta^-} {}^{227}_{90}\text{Th} \xrightarrow{\alpha} {}^{223}_{88}\text{Ra}$ -
- Verder via ${}^{223}_{88}\text{Ra} \xrightarrow{\alpha} {}^{219}_{86}\text{Rn} \xrightarrow{\alpha} {}^{215}_{84}\text{Po} \xrightarrow{\alpha} {}^{211}_{82}\text{Pb} \xrightarrow{\beta^-} {}^{211}_{83}\text{Bi}$
 Vanaf hier zijn er twee mogelijkheden naar het stabiele ${}^{207}_{82}\text{Pb}$
 of ${}^{211}_{83}\text{Bi} \xrightarrow{\alpha} {}^{207}_{81}\text{Tl} \xrightarrow{\beta^-} {}^{207}_{82}\text{Pb}$
 of ${}^{211}_{83}\text{Bi} \xrightarrow{\beta^-} {}^{211}_{84}\text{Po} \xrightarrow{\alpha} {}^{207}_{82}\text{Pb}$
-
- b** ${}^{176}_{71}\text{Lu} \rightarrow {}^0_{-1}\text{e} + {}^{176}_{72}\text{Hf}$ -
 ${}^{241}_{95}\text{Am} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{237}_{93}\text{Np}$ -
-
- c** Ontstaan uit α -verval van thorium-230: ${}^{230}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{226}_{88}\text{Ra}$
 Daarna α -verval: ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{222}_{86}\text{Rn}$ -
 Anders geschreven:
 ${}^{230}_{90}\text{Th} \xrightarrow{\alpha} {}^{226}_{88}\text{Ra} \xrightarrow{\alpha} {}^{222}_{86}\text{Rn}$
-
- 30 -** De feitelijke meettijd voor die 5000 pulsen was $60 - 5000 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 59,375 \text{ s}$
 Omrekenen naar een volle minuut: $\frac{60}{59,375} \cdot 5000 = 5052 = 5,05 \cdot 10^3$ pulsen 5,05 · 10³
-
- 31 a¹** $E_\alpha = 4,79 \text{ MeV}$ Binas tabel 25A -
- a²** $E = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
 $E = 4,79 \cdot 10^6 \cdot 1,60 \dots 10^{-19} = 7,673 \dots 10^{-13} \text{ J}$ } $7,673 \dots 10^{-13} = \frac{1}{2} \cdot 6,6 \cdot 10^{-27} \cdot v^2$ -
 $\Rightarrow v^2 = 2,325 \dots 10^{14} \Rightarrow v = 1,52 \dots 10^7 = 1,5 \cdot 10^7 \text{ m/s}$
 N.B. Dit is ongeveer 5% van de lichtsnelheid. Voor de berekening zou je eigenlijk de relativiteitstheorie moeten gebruiken. Je zou dan uitkomen op een wat lager waarde.
-
- b** $\frac{4,79 \text{ MeV}}{34 \text{ eV}} = \frac{4,79 \cdot 10^6}{34} = 1,40 \dots 10^5 = 1,4 \cdot 10^5$ ionen 1,4 · 10⁵
-
- c** $\left. \begin{array}{l} \text{dracht } \Delta x = v_{\text{gem}} \cdot \Delta t \\ v_{\text{gem}} = \frac{1,5 \cdot 10^7 + 0}{2} = 0,75 \cdot 10^7 \text{ m/s} \end{array} \right\} \Rightarrow 0,03 = 0,75 \cdot 10^7 \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = 4 \cdot 10^{-9} \text{ s}$ 4 ns
-
- 32 a** De gemiddelde activiteit van de achtergrondstraling is $\frac{289}{5 \cdot 60} = 1 \text{ Bq}$
 Tijdens een meting van 6 s zullen gemiddeld 6 pulsen afkomstig zijn van die achtergrondstraling. 6
-
- b**
- | | | | |
|----|----|----|---|
| 55 | 28 | 16 | 5 |
| 42 | 19 | 11 | 7 |
| 36 | 16 | 8 | 3 |
| 23 | 14 | 9 | 5 |
-

c

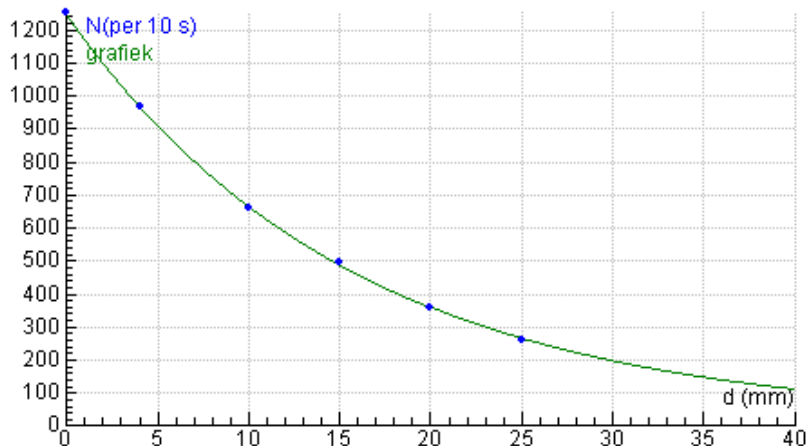


d¹ De intensiteit is gedaald tot een kwart van de beginwaarde na ongeveer 110 s. Dat zijn twee halveringstijden. De grafiek geeft een halveringstijd van ongeveer 55 s. 55 s

d² Binas geeft 55,6 s.
Onze waarde verschilt $\frac{55-55,6}{55,6} \cdot 100\% = -3\%$ -3%

33 a Bij $d = 10$ mm wordt wat meer dan de helft doorgelaten, bij $d = 20$ mm wat meer dan een kwart, De halveringsdikte zal wat meer dan 10 mm zijn. >10 mm

b



c Bij $d = 36$ mm is nog een achtste van de straling over. Na 3 halveringsdiktes dus. De halveringsdikte is dan 12 mm 12 mm

d 20% absorptie betekent 80% doorlating. Kijk bijvoorbeeld bij $N = 1000$. Daar lees je af $d = 3,5$ mm. 3,5 mm

e 40% van 70% van de oorspronkelijke hoeveelheid: $0,40 \times 0,70 = 0,28 = 28\%$ 28%

f

$$\rho_{\text{lood}} = 11,3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{perspex}} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{lucht}} = 1,29 \text{ kg/m}^3 \text{ (bij 273 K)} = 1,2 \text{ kg/m}^3 \text{ (bij 293 K)}$$

De dichtheid van perspex is $\frac{11,3}{1,2} = 9,416..$ keer zo klein als die van lood.

11 cm
 $1,1 \cdot 10^2 \text{ m}$

De halveringsdikte is dus 9,416.. keer zo groot \Rightarrow

$$d_{\frac{1}{2} \text{ perspex}} = 9,416.. \cdot 12 = 113 \text{ mm} = 11 \text{ cm}$$

De dichtheid van lucht is nog een factor 1000 kleiner! Dus is de halveringsdikte van lucht $11 \text{ cm} \times 1000 = 1,1 \cdot 10^2 \text{ m}$

34	a	β^- -verval: ${}_{19}^{40}\text{K} \rightarrow {}_{-1}^0\text{e} + {}_{20}^{40}\text{Ca}$	-
	b	Binas tabel 25: $E_{\beta^-} = 1,33 \text{ MeV}$	-
	c	$E = N \cdot E_{\beta} = A \cdot t \cdot E_{\beta}$ $\left. \begin{array}{l} A = 4,4 \cdot 10^3 \text{ Bq} \\ t = 1 \text{ j} = 3,15 \cdot 10^7 \text{ s} \end{array} \right\} \Rightarrow E = 4,4 \cdot 10^3 \cdot 3,15 \cdot 10^7 \cdot 1,33 = 1,84 \dots 10^{11} \text{ MeV}$ $(\times 1,602 \cdot 10^{-13}) = 0,0295 \dots = 0,030 \text{ J}$	30 mJ
	d	$H = W_R \cdot \frac{E}{m} = 1 \cdot \frac{0,0295 \dots}{60} = 4,92 \dots 10^{-4} = 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}$	0,5 mSv
35	a	${}_{53}^{131}\text{I} \rightarrow {}_{-1}^0\text{e} + {}_{54}^{131}\text{Xe}$	-
	b	<p>Bij een activiteit $A = 1 \text{ Bq}$ neemt een volwassene per dag op $H = 22 \text{ (m}^3) \cdot 5,9 \cdot 10^{-6} \text{ (Sv/m}^3) = 1,29 \dots 10^{-4} \text{ Sv} = 1,29 \dots 10^{-4} \text{ J/kg}$ $\Rightarrow E = 24 \cdot 10^{-3} \text{ (kg)} \cdot 1,29 \dots 10^{-4} \text{ (J/kg)} = 3,11 \dots 10^{-6} = 3,1 \cdot 10^{-6} \text{ J}$</p> <p>Voor een kind is dat $H = 15 \text{ (m}^3) \cdot 8,3 \cdot 10^{-6} \text{ (Sv/m}^3) = 1,24 \dots 10^{-4} \text{ Sv} = 1,24 \dots 10^{-4} \text{ J/kg}$ $\Rightarrow E = 15 \cdot 10^{-3} \text{ (kg)} \cdot 1,24 \dots 10^{-4} \text{ (J/kg)} = 1,86 \dots 10^{-6} = 1,9 \cdot 10^{-6} \text{ J}$</p> <p>Een volwassene absorbeert de meeste stralingsenergie.</p>	-
	a	$E_{\text{totaal}} = Pt = 0,040 \cdot 0,010 = 0,40 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ en $E_{\text{deeltje}} = 60 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 9,6 \cdot 10^{-15} \text{ J}$ Aantal = $E_{\text{totaal}} / E_{\text{deeltje}} = 0,40 \cdot 10^{-3} / 9,6 \cdot 10^{-15} = 4,2 \cdot 10^{10}$	$4,2 \cdot 10^{10}$
	b	$D = E_{\text{geabsorbeerd}} / m = 0,20 \cdot 0,40 \cdot 10^{-3} / 0,35 = 1,14 \dots 10^{-3} \text{ Gy}$ $H = W_R \cdot D = 1 \cdot 1,14 \dots 10^{-3} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ Sv}$	$1,1 \cdot 10^{-3} \text{ Sv}$
37	a	De pijlen naar rechtsonder horen bij β^-	-
	b	Er is nog zeer veel ${}^{238}\text{U}$ op aarde aanwezig, dus het vervalproduct ${}^{222}\text{Rn}$ wordt voortdurend aangevuld.	-
	c	De β 's van ${}^{234}\text{Pa}$ hebben ongeveer 10x zoveel energie als de β 's van ${}^{234}\text{Th}$.	-
	d	De isotopen van Th bevinden zich op een verticale lijn door $Z = 92$.	-
38	a	Eerst verpakken, daarna bestralen. De γ -straling dringt door de verpakking heen. De inhoud wordt en blijft steriel.	-
	b	$E = N \cdot E_{\gamma} = A \cdot t \cdot E_{\gamma}$ $\Rightarrow E = 8,0 \cdot 10^{16} \cdot 10 \cdot 1,25 = 1 \cdot 10^{18} \text{ MeV} = (\times 1,602 \cdot 10^{-13}) 1,602 \cdot 10^5 \text{ J}$ $D = \frac{E}{m}$ $\Rightarrow D = \frac{1,60 \dots 10^5}{5,0} = 3,20 \dots 10^4 = 3,2 \cdot 10^4 \text{ Gy}$	32 kGy
	c	<p>Gebruik Binas tabel 28F voor een schatting van de halveringsdikte</p> $\left. \begin{array}{l} E_{\gamma} = 1,0 \text{ MeV} \rightarrow d_{1/2, \text{Pb}} = 0,86 \text{ cm} \\ E_{\gamma} = 2,0 \text{ MeV} \rightarrow d_{1/2, \text{Pb}} = 1,34 \text{ cm} \end{array} \right\}$ $\Rightarrow E_{\gamma} = 1,25 \text{ MeV} \rightarrow d_{1/2, \text{Pb}} = 0,86 + \frac{1}{4} \cdot (1,34 - 0,86) \approx 1 \text{ cm}$ <p>Dan $\left(\frac{1}{2}\right)^{d/d_{1/2}} \approx \left(\frac{1}{2}\right)^{4/1} = \frac{1}{16}$</p> <p>De intensiteit zal door de afscherming met een factor 16 afnemen.</p>	16
	a	<p>De afstand wordt $\frac{25}{0,5} = 50 \times$ zo klein.</p> <p>De straling wordt nu verdeeld over een oppervlak dat $50^2 = 2500 \times$ zo klein is. De ontvangen dosis neemt dan met een factor 2500 toe.</p>	2500

b	$H = W_R \cdot \frac{E}{m} \Rightarrow E = \frac{H \cdot m}{W_R} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} E_1 = \frac{H_1 \cdot m}{W_{R,1}} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 60}{1} = 1,2 \text{ J} \\ E_2 = \frac{H_2 \cdot m}{W_{R,2}} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 60}{2} = 0,60 \text{ J} \end{array} \right\}$	1,8 J
	$\Rightarrow E = 1,2 + 0,60 = 1,8 \text{ J}$	
40	a¹ $E_\alpha = 5,2 \text{ MeV}$	-
	$\left. \begin{array}{l} E = N \cdot E_\alpha = A \cdot t \cdot E_\alpha \\ A = 10^{-4} \text{ Bq} \\ t = 1 \text{ jaar} = 3,15 \cdot 10^7 \text{ s} \end{array} \right\} \Rightarrow E = 3,15 \cdot 10^7 \cdot 10^{-4} \cdot 5,2 = 1,63 \cdot 10^4 = 1,6 \cdot 10^4 \text{ MeV}$ $(\times 1,602 \cdot 10^{-13}) \Rightarrow E = 2,62 \cdot 10^{-9} = 2,6 \cdot 10^{-9} \text{ J}$	$2,6 \cdot 10^{-9} \text{ J}$
	b¹ $V_{\text{bol}} = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 = \frac{4}{3} \pi \cdot (40 \cdot 10^{-6})^3 = 2,68 \cdot 10^{-13} = 2,7 \cdot 10^{-13} \text{ m}^3$	$2,7 \cdot 10^{-13} \text{ m}^3$
	b² $m = \rho \cdot V = 10^3 \cdot 2,7 \cdot 10^{-13} = 2,7 \cdot 10^{-10} \text{ kg}$	$2,7 \cdot 10^{-10} \text{ kg}$
	b³ $D = \frac{E}{m} = \frac{2,62 \cdot 10^{-9}}{2,68 \cdot 10^{-10}} = 9,78 \cdot 10^0 = 9,8 \text{ Gy}$	9,8 Gy
	c Neen.	
	$H = W_R \cdot \frac{E}{m} = (0,12 \cdot 20) \cdot \frac{2,62 \cdot 10^{-9}}{1} = 6,29 \cdot 10^{-9} \text{ Sv} < 500 \text{ mSv}$	-
41	$\left. \begin{array}{l} \frac{1}{8} = \left(\frac{1}{2}\right)^3 \\ t_{1/2}({}^{14}\text{C}) = 5730 \text{ j} \end{array} \right\} \Rightarrow t = 3 \cdot t_{1/2} = 3 \cdot 5730 = 17190 = 17 \cdot 10^3 \text{ j}$	Ongeveer 17000 j geleden