

5.6 Radioactiviteit

Begripsvragen: Radioactiviteit

1 Meerkeuzevragen

Ioniserende straling

- 1 [H/V] Op welke soorten straling lijkt röntgenstraling het meest?
 - A α -straling
 - B β -straling
 - C γ -straling
 - D licht
 - E Geen van deze stralingssoorten.
- 2 [H/V] Hieronder staan vier vragen over de verandering in het massagetal en het atoomnummer van een instabiele kern bij het uitzenden van straling. Maak bij elk onderdeel een keuze uit één of meer van de volgende antwoorden:
 - A α -straling
 - B β -straling
 - C γ -straling
 - D De drie soorten straling hebben hierop geen invloed.
 - a Welke soort straling veroorzaakt de grootste verandering in het massagetal?
 - b Welke soort straling veroorzaakt de grootste verandering in het atoomnummer?
 - c Welke soort straling veroorzaakt geen verandering in het massagetal?
 - d Welke soort straling veroorzaakt geen verandering in het atoomnummer?
- 3 [H/V] De activiteit van een radioactieve bron is gedefinieerd als
 - A het aantal instabiele kernen dat verval.
 - B het aantal instabiele kernen dat verval gedurende de halveringstijd.
 - C het aantal instabiele kernen dat per seconde verval.
 - D het aantal deeltjes dat een instabiele kern per seconde uitzendt.
- 4 [H/V] De activiteit van een radioactieve bron is verdwenen na
 - A twee halveringstijden.
 - B tien halveringstijden.
 - C een groot aantal halveringstijden.
 - D De activiteit verdwijnt nooit helemaal.
- 5 [H/V] Van twee radioactieve bronnen A en B is de activiteit van bron B op het tijdstip $t = 0$ s tweemaal zo groot als die van bron A. De halveringstijd van het radioactieve materiaal van bron B is tweemaal zo klein als die van bron A. Op welk tijdstip is de activiteit van beide bronnen gelijk? Maak een keuze uit één of meer van de volgende antwoorden:
 - A Na één halveringstijd van bron A.
 - B Na één halveringstijd van bron B.
 - C Na twee halveringstijden van bron A.
 - D Na twee halveringstijden van bron B.
 - E Na vier halveringstijden van bron A.
 - F Na vier halveringstijden van bron B.
 - G De activiteiten van bron A en B zijn op geen enkel tijdstip gelijk.
 - H Er is onvoldoende informatie om deze vraag te beantwoorden.

- 6 [H/V] Twee radioactieve bronnen A en B bestaan op het tijdstip $t = 0$ s uit hetzelfde aantal instabiele kernen. De halveringstijd van het radioactieve materiaal in bron B is kleiner dan die van bron A.
De activiteit van bron A op het tijdstip $t = 0$ s is, vergeleken met de activiteit van bron B op hetzelfde tijdstip
- A kleiner
 - B even groot
 - C groter
 - D Er is onvoldoende informatie om deze vraag te beantwoorden.
- 7 [H/V] Welke van de volgende uitspraken over dracht en halveringsdikte zijn juist? Let op: het kan zijn dat méér dan één uitspraak juist is.
- A De dracht van α -straling in een materiaal is de afstand waarop de helft van de invallende straling is geabsorbeerd.
 - B De dracht van α -straling in een materiaal is de afstand waarop alle invallende straling is geabsorbeerd.
 - C De halveringsdikte van een materiaal voor α -straling is de afstand waarop de helft van de invallende straling is geabsorbeerd.
 - D De dracht van γ -straling in een materiaal is de afstand waarop de helft van de invallende straling is geabsorbeerd.
 - E De dracht van γ -straling in een materiaal is de afstand waarop alle invallende straling is geabsorbeerd.
 - F De halveringsdikte van een materiaal voor γ -straling is de afstand waarop de helft van de invallende straling is geabsorbeerd.
 - G Geen van deze uitspraken is juist.
- 8 [H/V] Twee bundels γ -straling vallen in op twee verschillende platen A en B. De intensiteit van de invallende γ -straling op plaat B is tweemaal zo groot als die van A. De halveringsdikte van het materiaal van plaat A voor γ -straling is tweemaal zo groot als die van B. De dikte van plaat A is twee halveringsdiktes, de dikte van plaat B is vier halveringsdiktes.
De intensiteit van de doorgelaten γ -straling bij plaat A is, vergeleken met de intensiteit van de doorgelaten γ -straling bij plaat B
- A kleiner.
 - B tweemaal zo klein.
 - C even groot.
 - D tweemaal zo groot.
 - E viermaal zo groot.
 - F groter.
 - G Er is onvoldoende informatie om deze vraag te beantwoorden.
- 9 [H/V] Twee identieke voorwerpen A en B worden bestraald, voorwerp A met α -straling, voorwerp B met β -straling. Beide voorwerpen absorberen daarbij evenveel energie.
- a De dosis voor voorwerp A is, vergeleken met de dosis voor voorwerp B
 - A kleiner
 - B even groot
 - C groter
 - D Er is onvoldoende informatie om deze vraag te beantwoorden.
- b De equivalente dosis voor voorwerp A is, vergeleken met de equivalente dosis voor voorwerp B
- A kleiner
 - B even groot
 - C groter
 - D Er is onvoldoende informatie om deze vraag te beantwoorden.
- 10 [H/V] Welke van de volgende uitspraken over bestraling en besmetting zijn juist? Let op: het kan zijn dat méér dan één uitspraak juist is.
- A Bij bestraling raakt het lichaam radioactief, en is er dus sprake van besmetting.
 - B Bij besmetting wordt het lichaam niet bestraald.

- C Bij bestraling is α -straling gevaarlijker voor het lichaam dan bij besmetting.
D Bij gebruik van een radioactieve stof als tracer is sprake van besmetting.

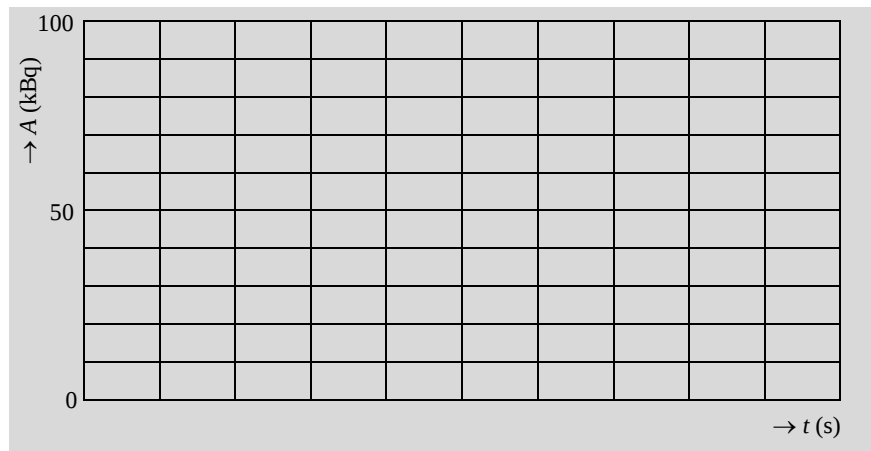
Antwoorden meerkeuzevragen

1: C | 2 (a,b,c,d): A, A, BC, C | 3: C | 4: C | 5: AD | 6: A | 7: BF | 8: D | 9 (a,b): B, C
| 10: D

2 Tekenvragen

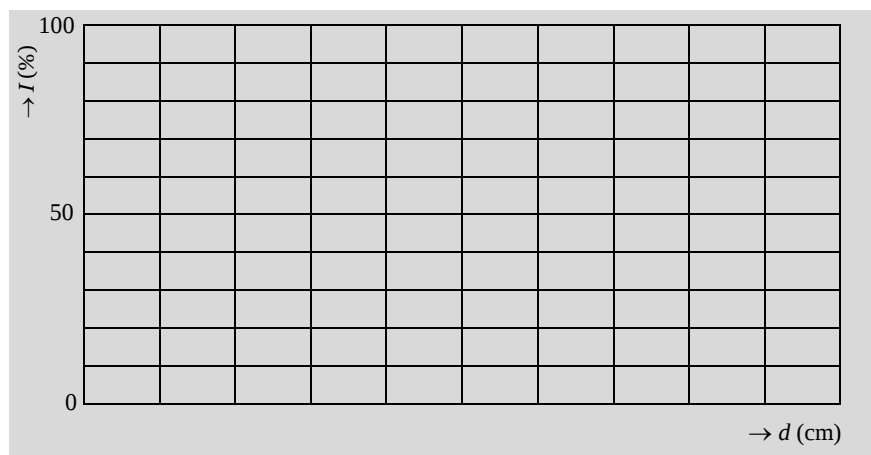
Ioniserende straling

- 11 [H/V] Teken in het diagram van figuur 1 de vervalkromme van een radioactieve bron met een beginactiviteit $A(0)$ van 50 kBq en een halveringstijd van 20 s.



Figuur 1

- 12 [V] Teken in hetzelfde diagram (van figuur 1) met een andere kleur de vervalkromme van een radioactieve bron met een halveringstijd van 10 s, als deze tweede bron op het tijdstip $t = 0$ s evenveel instabiele kernen bevat als de eerste bron op datzelfde tijdstip.
- 13 [H/V] Teken in het diagram van figuur 2 de doorlaatkromme van een materiaal met een halveringsdikte van 1,5 cm voor γ -straling. Stel daarbij de intensiteit I van de invallende straling op 100%.



Figuur 2

- 14 [H/V] Teken in hetzelfde diagram (van figuur 2) met een andere kleur de doorlaatkromme van een materiaal met een halveringsdikte van 3 cm voor γ -

straling, als in dit tweede geval de intensiteit van de invallende straling tweemaal zo klein is (dus: 50%).

3 Open vragen

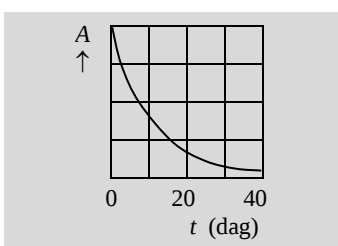
Atoombouw

- 15 [H/V] Een bepaald soort atoom heeft 29 elektronen, 34 neutronen en 29 protonen. Wat is het atoomnummer van dit element? En welke naam heeft dit element?
- 16 [H/V] Welk element ontstaat er als een radiumkern twee protonen en twee neutronen (dus: een α -deeltje) uitzendt?
- 17 [H/V] Welk element ontstaat er als één van de neutronen in een stikstofkern door radioactief verval wordt omgezet in een proton?
- 18 [H/V] Welke deeltjes leveren de grootste bijdrage aan de massa van een atoom: elektronen of protonen? En welke van die deeltjes bepalen de afmeting van een atoom?
- 19 [H/V] Wat is bij verschillende isotopen van een element hetzelfde? En wat is verschillend?
- 20 [H/V] Wat is het element X in $^{18}_7\text{X}$? Wat zijn het atoomnummer en het massanummer van deze isotoop? En hoeveel protonen en hoeveel neutronen bevat de kern van dit isotoop?
- 21 [V] Waarom valt een atoomkern niet uit elkaar als gevolg van de elektrische, afstotende kracht die protonen op elkaar uitoefenen?
- 22 [V] Waarom is de kans dat een atoomkern uit elkaar valt als gevolg van de elektrische, afstotende kracht die protonen op elkaar uitoefenen in een zware kern groter dan in een lichte kern?

Ioniserende straling

- 23 [H/V] Hieronder staat een aantal uitspraken over de straling die wordt uitgezonden door radioactieve stoffen en röntgentoestellen. Geef bij elke uitspraak aan of deze juist of onjuist is. Leg bij de volgens jou onjuiste uitspraken uit waarom ze onjuist zijn.
 - a Van straling wordt je altijd ziek.
 - b Bij het bestralen van een patiënt wordt zijn of haar lichaam radioactief.
 - c Bij het bestralen van voedsel om het te conserveren wordt straling in het voedsel opgeslagen.
 - d Bij het maken van een röntgenfoto van je gebroken arm loop je een stralingsdosis op.
 - e Straling wordt alleen door mensen gemaakt.
 - f Straling wordt door de wind verspreid.
 - g Iedereen ontvangt straling uit het heelal.
 - h Radioactieve stoffen zitten van nature ook in de bodem, het water en de lucht.
 - i Straling is extra gevaarlijk voor kinderen en zwangere vrouwen.
 - j Straling kun je tegenhouden door deuren en ramen te sluiten.
 - k Een loden plaat schermt straling beter af dan een aluminium plaat.
 - l Een loden plaat houdt radioactieve stoffen in de lucht tegen.
 - m Een radioactieve bron kun je aan en uit zetten.
 - n Schoonmakers van de röntgenafdeling in een ziekenhuis moeten een loodschort dragen.
 - o Radioactieve stof is hetzelfde als straling.

- p** Radioactieve stoffen zenden in de loop van de tijd steeds minder straling uit.
- q** Sommige radioactieve stoffen blijven duizenden jaren straling uitzenden.
- 24** [H/V] Beschrijf de overeenkomsten en verschillen tussen α -, β -, en γ -straling.
- 25** [H/V] Beschrijf de overeenkomsten en verschillen tussen licht, röntgenstraling en γ -straling.
- 26** [H/V] In de Tour de France van 2010 kwam wielrenner Jens Voigt zwaar ten val na een klapband, met onder andere een gebroken rib als gevolg. Van die gebroken rib liet hij geen foto maken. Zijn argument daarvoor: "Ik ben tegen röntgenfoto's, die zijn radioactief." (Bron: *de Volkskrant*, 26 juli 2010.) Geef je commentaar op deze uitspraak.
- 27** [H/V] Welke verandering treedt er op in een atoomkern bij het uitzenden van
- a** α -straling?
 - b** β -straling?
 - c** γ -straling?
- 28** [H/V] Waarom krijgt een α -deeltje een grote snelheid als het eenmaal uit de atoomkern is gestoten?
- 29** [H/V] Waarom worden α - en β -straling in tegengestelde richtingen afgebogen tussen een positief en een negatief geladen plaat? En waarom wordt γ -straling niet afgebogen?
- 30** [H/V] Van een α - en een β -deeltje met dezelfde kinetische energie wordt het α -deeltje minder afgebogen tussen een positief en een negatief geladen plaat. Verklaar dit.
- 31** [H/V] Welk element wordt gevormd bij het β -verval van $^{24}_{11}\text{Na}$?
- 32** [H/V] Welk element wordt gevormd bij het α -verval van $^{201}_{84}\text{Po}$?
- 33** [V] De fosforisotoop P-30 is een positronstraler. Is het vervalproduct een andere fosforisotoop? Zo nee, welk element wordt dan gevormd?
- 34** [H/V] De alchemisten uit de Middeleeuwen waren ervan overtuigd dat elementen veranderd konden worden in andere elementen. Hadden zij gelijk? Is het hen gelukt? Waarom wel of niet?
- 35** [H/V] Direct na het α -verval van $^{238}_{92}\text{U}$ tot $^{234}_{90}\text{Th}$ heeft het thorium nog 92 elektronen. Normaal heeft thorium 90 elektronen. Wat zal er met die twee extra elektronen gebeuren?
- 36** [H/V] Kan waterstof of deuterium een α -deeltje uitzenden?
- 37** [H/V] Een isotoop heeft een halveringstijd van een maand. Is een bron met deze isotoop na twee maanden volledig vervallen? Zo nee, hoeveel is er dan nog over?



Figuur 3

- 38** [H/V] Leg uit waarom we niet over de halveringstijd van één instabiele kern kunnen spreken. Kun je wel over de halveringstijd van twee instabiele kernen spreken? Waarom kun je wel spreken over de halveringstijd van 40 miljoen instabiele kernen?
- 39** [H/V] Het diagram van figuur 3 geeft de activiteit van een bron met de radioactieve jodiumisotoop I-131 in de loop van de tijd.
- a** Hoe groot is de halveringstijd van deze isotoop?
 - b** Na een ongeval waarbij de radioactieve isotoop I-131 vrij kwam, werd op radio

en tv een paar keer gezegd “dat deze stof na 8 dagen niet meer radioactief is”. Leg uit waarom dat onjuist is. Waar komt dat onjuiste idee vandaan, denk je?

- 40 [H/V] Een Geiger-Müller telbuis in de buurt van een radioactieve bron registreert 160 pulsen per minuut. Acht uur later zijn dat nog maar 10 pulsen per minuut. Welke halveringstijd heeft het radioactieve materiaal?
- 41 [H/V] De isotoop Cs-137 heeft een halveringstijd van 30 jaar. Hoe lang duurt het voordat deze isotoop vervallen is tot één-zestiende van zijn oorspronkelijke hoeveelheid?
- 42 [H/V] De isotoop Co-60 heeft een halveringstijd van 5,3 jaar. Een bron met Co-60 had een beginactiviteit van 40 kBq. De huidige activiteit van deze bron is 5 kBq. Hoe groot is de ouderdom van deze bron?
- 43 [H/V] Waarom zit er meer C-14 in jonge beenderen dan in oude beenderen met dezelfde massa?
- 44 [H/V] Kan de C-14 dateringsmethode gebruikt worden voor het bepalen van de ouderdom van stenen, kleitabletten en munten uit de oudheid?
- 45 [H/V] Kan de C-14 dateringsmethode gebruikt worden voor het bepalen van de ouderdom van voorwerpen die
- a een paar jaar oud zijn?
 - b een paar duizend jaar oud zijn?
 - c een paar miljoen jaar oud zijn?
- 46 [H/V] Leg uit wat het verschil is tussen de begrippen *dosis* en *equivalente dosis*.
- 47 [H/V] Twee voorwerpen A en B worden bestraald: voorwerp A met α -straling en voorwerp B met β -straling. Beide voorwerpen absorberen daarbij evenveel (stralings)energie. De massa van voorwerp A is tweemaal zo groot als die van voorwerp B.
- a Bij welk voorwerp is de dosis het grootst? Hoeveel keer zo groot is deze dosis, vergeleken met de dosis van het andere voorwerp?
 - b Bij welk voorwerp is de equivalente dosis het grootst? Hoeveel keer zo groot is deze equivalente dosis, vergeleken met de equivalente dosis van het andere voorwerp?
- 48 [H/V] Leg uit wat het verschil is tussen *bestraling* en *besmetting*.
- 49 [H/V] Leg uit wat het verschil is tussen *uitwendige* en *inwendige* bestraling.
- 50 [H/V] Via voedsel en ademhaling komen vooral de volgende radioactieve isotopen in het lichaam terecht: C-14, K-40, Ra-226 en Rn-222.
- a Ga na of deze isotopen α -, β - of γ -stralers zijn.
 - b Welke van deze isotopen zijn in het lichaam het gevaarlijkst?
- 51 [H/V] Mensen die werken met metaal dat α -straling uitzendt mogen zich dichtbij dat metaal bevinden en mogen het zelfs aanraken. Maar ze moeten er voor zorgen dat ze het metaal niet in hun lichaam krijgen. Daarom zijn er strenge regels tegen eten en drinken tijdens het werk, en tegen het machinaal bewerken van het metaal. Waarom?
- 52 [H/V] Leg uit wat het verschil is tussen een *open* en een *gesloten* stralingsbron. Welke veiligheidsmaatregelen horen bij elk van deze bronnen?
- 53 [H/V] Bij een gesloten stralingsbron zit de radioactieve stof opgesloten in een omhulsel. Leg uit waarom zo'n bron toch straling uitzendt.

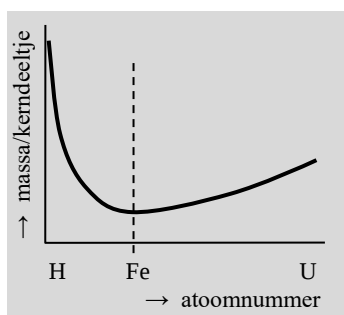
- 54 [H/V] Bij stralingsabsorptie heb je te maken met twee begrippen: *dracht* en *halveringsdikte*.
- a Wat wordt bedoeld met de dracht van ioniserende straling. Bij welke stralingssoorten speelt deze grootheid een rol?
 - b Wat wordt bedoeld met de halveringsdikte van een materiaal? Bij welke stralingssoorten speelt deze grootheid een rol?
- 55 [H/V] De halveringsdikte van lood voor γ -straling is 1,2 cm. Hoe dik (ongeveer) moet de loden afscherming van een γ -bron zijn om de intensiteit van de doorgelaten straling te verlagen tot 1% van de invallende straling?
- 56 [H/V] Bij een loodplaat met een dikte van 3,6 cm is de intensiteit van de doorgelaten γ -straling 12,5% van de intensiteit van de invallende straling. De halveringsdikte van aluminium voor dezelfde straling is 5,1 cm. Bij welke dikte van een aluminium plaat is de intensiteit van de doorgelaten straling even groot als bij de loodplaat?
- 57 [H/V] Ioniserende straling wordt gebruikt in de gezondheidszorg en in de industrie. Voorbeelden van het gebruik van ioniserende straling in de industrie zijn *diktecontrole*, *het volgen van gas- of vloeistofstromen* en *voedselconservering*.
Geef bij elk van deze voorbeelden een *vergelijkbaar* voorbeeld uit de gezondheidszorg. Leg bij elk voorbeeld uit wat de overeenkomst tussen de twee toepassingen is.
- 58 [H/V] Hieronder staat een aantal toepassingen van ioniserende straling. Geef bij elk van deze toepassingen antwoord op de volgende vragen:
- Welke soort straling is het meest geschikt voor deze toepassing? Waarom zijn de andere soorten straling minder of niet geschikt?
 - Kan men bij deze toepassing met een gesloten bron werken of is er een open bron nodig? Welke veiligheidsmaatregelen moet men nemen?
- a Onderzoek naar het functioneren van organen met behulp van een tracer.
 - b Inwendige bestraling van een tumor in de schildklier met behulp van een radioactieve jodiumisotoop.
 - c Uitwendige bestraling van een huidtumor.
 - d Steriliseren van in plastic verpakte injectiespuiten.
 - e Bagagecontrole op een vliegveld.
 - f Diktecontrole in het productieproces van staalplaat.
 - g Diktecontrole in het productieproces van papier.
 - h Volgen van gas- of vloeistofstromen in pijpleidingen met behulp van een tracer.
 - i Controle op de kwaliteit van lasnaden bij het aanleggen van een pijpleiding.
 - j Voedselconservering.
- 59 [V] Een Geiger-Müller telbuis op een afstand van 1 m van een puntvormige radioactieve bron telt 360 pulsen per minuut. Voor de straling van zo'n bron geldt de kwadratenwet. Wat zal de telsnelheid zijn op een afstand van 2 m van de bron? En op een afstand van 3 m?

Kernsplijting en -fusie

- 60 [V] Waarom zijn neutronen, beter dan bijvoorbeeld protonen, geschikt voor het veroorzaken van kernreacties?
- 61 [V] Waarom treedt in uraniummijnen geen kettingreactie op?
- 62 [V] Bij de splijting van U-235 komen gemiddeld 2,5 neutronen per splijtingsreactie vrij. Stel dat dit gemiddeld slechts 1,5 neutronen zouden zijn. Is een kettingreactie dan nog mogelijk? Zo ja, wat zou er dan anders zijn?
- 63 [V] Waarin is de kans op een kettingreactie groter: in twee afzonderlijke

stukken U-235 of in de twee stukken samengevoegd?

- 64 [V] Bij de splijting van U-235 komen gemiddeld 2,5 neutronen per splijtingsreactie vrij. Voor de splijting van Pu-239 is dat 2,7 neutronen. Voor welke van deze twee elementen is de kritische massa het kleinst?
- 65 [V] Hoe wordt de kettingreactie in een kernreactor onder controle gehouden?
- 66 [V] Waarom is koolstof beter dan lood als moderator in een kernreactor?
- 67 [V] Wanneer is de kans dat een poreus blok uranium explodeert groter: onder water of in de lucht?
- 68 [V] Wat heeft de grootste massa: een uraniumkern voor splijting of de splijtingsproducten na splijting?
- 69 [V] Is de massa per kerndeeltje in een atoomkern groter dan, even groot of kleiner dan de massa van een kerndeeltje buiten een atoomkern?
- 70 [V] Is de massa per kerndeeltje in een uraniumkern groter dan, even groot als of kleiner dan de massa per kerndeeltje in de splijtingsproducten van uranium?
- 71 [V] Wat gebeurt er met de verdwenen massa als een uraniumkern split?
- 72 [V] Als twee waterstofisotopen fuseren, is de massa van het fusieproduct dan groter dan, even groot als of kleiner dan de massa van de waterstofisotopen?
- 73 [V] Leg uit hoe een natuurkundige gebruik maakt van het diagram van figuur 4 en de formule $E = m \cdot c^2$ om de energieopbrengst van een splijtings- of fusie-reactie te schatten.
- 74 [V] Welk proces levert energie uit goud: splijting of fusie? Uit koolstof? En uit ijzer? Gebruik bij je antwoorden het diagram van figuur 4.
- 75 [V] Als een uraniumkern zou splijten in drie ongeveer even zware kernen in plaats van in twee, zou er dan meer, evenveel of minder energie vrijkomen? Gebruik bij je antwoord het diagram van figuur 4.
- 76 [V] Als een fusiereactie vrijwel geen radioactieve isotopen produceert, waarom veroorzaakt de explosie van een waterstofbom dan een grote hoeveelheid radioactieve fall-out?



Figuur 4

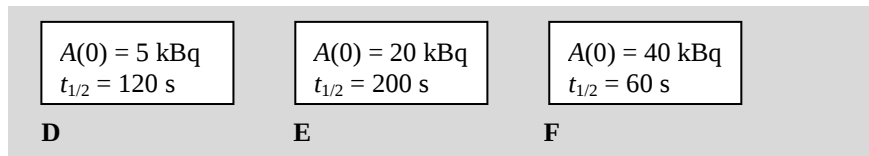
4 Ordeningsvragen

Bij de volgende ordeningsvragen zet je steeds een aantal situaties op volgorde. Als er twee of meer situaties zijn die gelijk 'scoren', dan komen die situaties op dezelfde plaats in jouw volgorde te staan. Je geeft dat bijvoorbeeld aan door ze te omcirkelen. En ten slotte leg je de redenering achter jouw volgorde uit.

Ioniserende straling

- 77 [H/V] In figuur 5 staan zes radioactieve bronnen met hun beginactiviteit $A(0)$ en hun halveringstijd $t_{1/2}$.

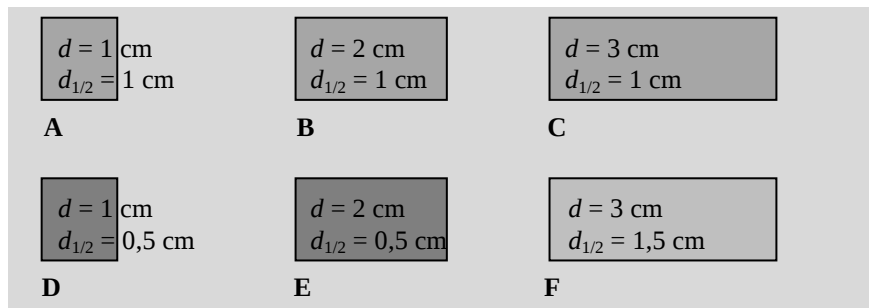
$A(0) = 10 \text{ kBq}$ $t_{1/2} = 120 \text{ s}$	$A(0) = 10 \text{ kBq}$ $t_{1/2} = 200 \text{ s}$	$A(0) = 10 \text{ kBq}$ $t_{1/2} = 60 \text{ s}$
A	B	C



Figuur 5

Zet de bronnen op volgorde op basis van de tijd waarin de activiteit is gedaald tot 12,5% van de beginactiviteit van bron A. Begin met de bron waarbij deze tijd het langst is.

- 78** [H/V] In figuur 6 staan zes metaalplaten met hun dikte d en halveringsdikte $d_{1/2}$ voor γ -straling. De intensiteit van de doorgelaten straling is voor alle platen hetzelfde.



Figuur 6

Zet de platen op volgorde op basis van de intensiteit van de invallende straling. Begin met de plaat waarbij de intensiteit van de invallende straling het grootst is.