

Blok 1 Radioactief

INHOUD

	PRACTICUM
P1	BOUW VAN DE MATERIE: RADIOACTIVITEIT
P3	ALFA-, BETA- EN GAMMASTRALING
P4	EIGENSCHAPPEN VAN STRALING
P5	WERKEN MET STRALING
	BASISSTOF
TW1	BOUW VAN DE MATERIE
TW2	ISOTOPEN
TW3	ALFA-, BETA- EN GAMMASTRALING
TW4	EIGENSCHAPPEN VAN STRALING
TW5	WERKEN MET STRALING
TW6	TOEPASSINGEN VAN STRALING
	HERHAALSTOF
H1	RADIOACTIVITEIT
H2	HALVERINGSTIJD
H3	OEFENEN MET EXAMENOPGAVEN
	EXTRASTOF
	HALVERINGSTIJD

TIJDSINDELING

P1, T1, W1	1 lesuur
T2, W2	1 lesuur
P3	1 lesuur
T4, W3	1 lesuur
P4, T4, W4	1 lesuur
P5	1 lesuur
T5, W5	1 lesuur
T6, W6	1 lesuur
D-toets	1 lesuur
H-stof	2 lesuren
E-toets	1 lesuur
Totaal	12 lesuren

ALGEMEEN

In blok 1 wordt het verschijnsel radioactiviteit besproken. Allereerst wordt aan de hand van het molecuul- en atoommodel uitgelegd hoe stoffen zijn opgebouwd en wat ionen en isotopen zijn. Daarna worden de drie soorten ioniserende straling besproken; hun ontstaan en hun eigenschappen. De leerlingen leren hierbij de grootte activiteit kennen. Tenslotte komen de biologische effecten van straling en de bescherming tegen straling aan de orde. Hierbij wordt het begrip halveringstijd uitgelegd. Ook wordt een aantal toepassingen van radioactieve stoffen en straling besproken. Uit het examenprogramma komen in dit blok de volgende eindtermen aan de orde: 1, 68 t.e.m. 72 (alleen D-niveau), 75, 76, 77, 78. Leerlingen die voor het C-niveau kiezen, zouden zich dus kunnen beperken tot PTW1, PTW3 en PTW4.

BIJ BLOK 1

P1

In P1 moeten de leerlingen een aantal vragen beantwoorden. De vragen vormen een introductie op het begrip radioactiviteit en bieden de leerlingen de mogelijkheid hun kennis over radioactiviteit te inventariseren.

Met opzet wordt hierbij de foutieve term 'radioactieve' straling gebruikt, omdat deze term dankzij de media bekend voorkomt.

Het beantwoorden van de vragen kan door de leerlingen zelfstandig gebeuren, maar kan ook in de vorm van een klassengesprek.

BIJ BLOK 1

P3

In P3 wordt in de vorm van demonstratieproeven aan ioniserende straling gemeten. Eerst wordt de achtergrondstraling gemeten. Daarna wordt het verband bepaald tussen de intensiteit van de straling en de afstand tot de bron. De leerlingen moeten de meetresultaten zelf noteren en deze gebruiken voor het maken van grafieken.

Benodigd materiaal:

- radioactieve bron (bètastraler)
- Geiger-Müllertelbuis

BIJ BLOK 1

P4

In P4 wordt in de vorm van demonstratieproeven het verband bepaald tussen de intensiteit van de straling en de afstand afgelegd in aluminium, perspex, enz.

Benodigd materiaal:

- radioactieve bron (bètastraler)
- Geiger-Müllertelbuis
- plaatjes aluminium van 1,0 mm dik
- plaatjes perspex van 1,0 mm dik

BIJ BLOK 1

P5

In P5 wordt aan de hand van een klassenspel het begrip halveringstijd geïntroduceerd. Het spel is een nabootsing van het radioactief verval, waarbij iedere leerling 10 radioactieve kernen voorstelt in de vorm van een 10-cijferig getal. Het totaal aantal oorspronkelijk aanwezige kernen is dus gelijk aan het aantal leerlingen \times 10. De kans dat één of meer van deze kernen vervalft, wordt bepaald door de docent aan de hand van de cijfervolgorde in zijn 15- (of meer) cijferig getal. In deze getallen mag hetzelfde cijfer verschillende keren voorkomen. Na iedere beurt (het noemen van opeenvolgende cijfers in zijn getal) telt de docent aan de hand van het aantal opgestoken vingers het totaal aantal kernen dat vervallen is. De leerlingen noteren het totaal aantal overgebleven kernen en maken hiervan een grafiek. Aan de hand van de grafiek moeten de leerlingen daarna een aantal vragen beantwoorden. Na iedere beurt mogen de leerlingen een nieuw getal opschrijven (hoeft niet), maar dit getal mag niet meer cijfers bevatten dan er na het wegstrepen zijn overgebleven.

Voor een ordentelijk verloop van het klassenspel is een goede voorbereiding noodzakelijk.

BIJ BLOK 1

T1

In T1 wordt de opbouw van stoffen besproken aan de hand van het molecuulmodel en het atoommodel. De leerlingen leren de bouwstenen van het atoom kennen. In T1 wordt de foutieve benaming 'radioactieve' straling vervangen door 'ioniserende' straling.

BIJ BLOK 1

T2

In T2 wordt het bestaan van isotopen uitgelegd. De gebruikte notatie is X-A met X de naam van het element en A het aantal kerndeeltjes.

BIJ BLOK 1

T3

In T3 komen alfa-, bèta- en gammastraling aan de orde. Daarbij worden eerst het ontstaan, de aard en de detectie van deze stralingssoorten besproken. Als maat voor de radioactiviteit van een hoeveelheid materiaal leren de leerlingen de grootte activiteit kennen. Ook het begrip achtergrondstraling wordt uitgelegd.

BIJ BLOK 1

T4

T4 gaat over de eigenschappen van ioniserende straling. Zowel ioniserende werking als dracht komen aan de orde. In samenhang hiermee wordt het voorkomen van positieve en negatieve ionen besproken.

BIJ BLOK 1

T5

T5 is gewijd aan de toepassing van radioactieve stoffen en straling. Daarbij wordt aandacht besteed aan de biologische effecten van straling en de bescherming tegen ioniserende straling. Ook het begrip halveringstijd komt hier aan de orde. Het verschil tussen bestraling (straling ontvangen) en radioactieve besmetting (radioactieve stof ontvangen) wordt uitgelegd.

BIJ BLOK 1

T6

In T6 gaat het om de toepassing van radioactiviteit. Als toepassingsgebieden worden geneeskunde en kerncentrales genoemd.

BIJ BLOK 1

H1

De belangrijkste begrippen van dit blok worden herhaald. Na elk begrip volgen opgaven.

BIJ BLOK 1

H2

Het begrip halveringstijd wordt kort herhaald. Daarna volgen nog opgaven.

BIJ BLOK 1

H3

Oefenen met examenopgaven.

Samenvattingen

SAMENVATTING T1

Als we stoffen bekijken van groot naar klein, kunnen we zeggen:

- 1 Alle stoffen om ons heen zijn opgebouwd uit moleculen.
- 2 Al deze moleculen zijn opgebouwd uit atomen.
- 3 Deze atomen zijn opgebouwd uit protonen, neutronen en elektronen.

Pas als je weet hoe een atoom in elkaar zit, kun je begrijpen hoe ioniserende straling ontstaat. Een glas water bevat heel veel waterdeeltjes. Het kleinste waterdeeltje is een molecuul. Het watermolecuul bestaat uit drie atomen. Ieder atoom bestaat uit een kern met daaromheen een wolk van elektronen. De kern bestaat uit twee soorten deeltjes: protonen en neutronen.

SAMENVATTING T2

Isotopen van één element hebben hetzelfde aantal protonen en elektronen, maar een verschillend aantal neutronen.

We kunnen de verschillende isotopen van één element van elkaar onderscheiden door bij de naam van het element het aantal deeltjes in de kern te vermelden, bijvoorbeeld uranium-235 en uranium-238.

In je informatieboekje vind je in tabel 6 een lijst van enkele isotopen.

SAMENVATTING T3

Een activiteit van 1 Bq betekent dat er iedere seconde één atoomkern vervalft.

Instabiele kernen kunnen straling uitzenden. Er blijken drie verschillende soorten straling te zijn: alfastraling, bètastraling en gammastraling.

Deze straling kun je meten met een Geiger-Müllertelbuis.

Om ons heen is altijd straling aanwezig. Dit noemen we achtergrondstraling.

SAMENVATTING T4

Straling heeft een ioniserende werking (laat een spoor van ionen achter).

De afstand die een stralingsdeeltje aflegt in een stof noemen we de dracht. De dracht van een stralingsdeeltje hangt af van twee factoren:

- 1 de soort straling; alfastraling heeft de kleinste dracht, gammastraling heeft de grootste dracht;
- 2 de dichtheid van de stof die bestraald wordt; hoe groter de dichtheid, hoe kleiner de dracht.

SAMENVATTING T5

De veranderingen die de straling in menselijk weefsel veroorzaakt, zijn schadelijk.

Een radioactieve stof zendt op den duur steeds minder straling uit.

Elke stof heeft zijn eigen tijdsperiode, waarin de straling halveert. Deze tijdsperiode noemen we de halveringstijd. Halveringstijden van stoffen kun je vinden in je informatieboekje. Kijk in tabel 6 van de isotopen.

SAMENVATTING T6

Radioactieve stoffen worden gebruikt voor medische toepassingen.

Radioactieve stoffen worden gebruikt in kerncentrales.

Straling is gevaarlijk. Voor stralingsbescherming wordt vaak gebruik gemaakt van lood en beton.

ANTWOORDEN BLOK 1

P1

- a Ja.

b Van radioactieve stoffen als uranium.

c De straling is onzichtbaar.

d Ja, om kanker te genezen.

e Ja, veroorzaakt kanker.

f Ja, achtergrondstraling.

g Er wordt elektrische energie gemaakt uit kernenergie.

h Ja, Borsele en Dodewaard.

i Elektrische energie.

j Kernenergie.

k Ja, windturbines, kolen-, olie- en gasgestookte centrales, waterkrachtcentrales.

l In een kerncentrale worden radioactieve stoffen gebruikt en gemaakt.

m Bij de ontploffing van een atoombom komen veel radioactieve stoffen en straling vrij.

ANTWOORDEN BLOK 1

P3

- f Hoe verder van de bron, hoe minder straling.

ANTWOORDEN BLOK 1

P4

- d Hoe dikker de stof, hoe minder straling er doorheen komt.

ANTWOORDEN BLOK 1

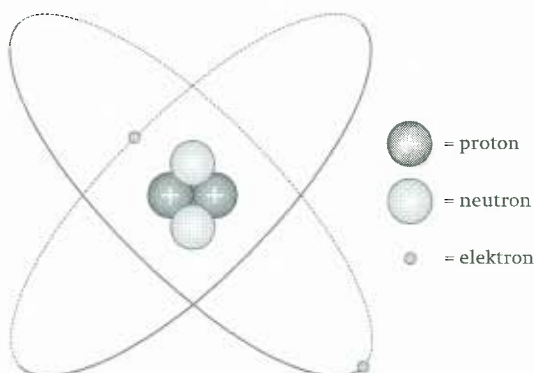
W1

- a Watermoleculen.

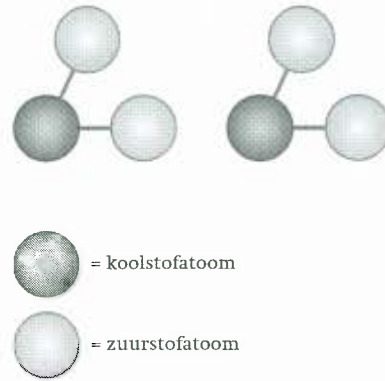
b Twee waterstofatomen en één zuurstofatoom.

c Protonen, neutronen en elektronen.

d Protonen, neutronen en elektronen.
- 'Radioactieve' straling is zelf niet radioactief, maar wordt uitgezonden door een radioactieve stof.
- Zie figuur 7 van T1.



- Zie figuur.



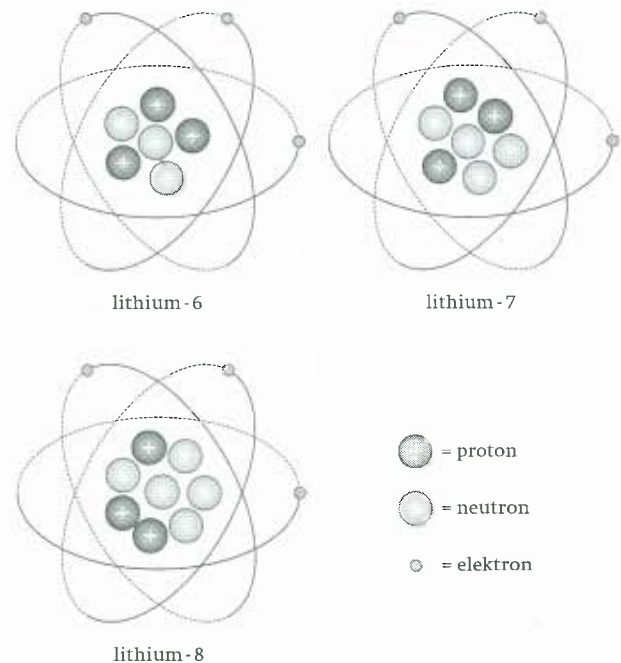
- Net zoveel protonen als elektronen; dus 3.
- In een metaalrooster zitten atomen met elektronen die vrij kunnen bewegen van het ene atoom naar het andere (geleidingselektronen).

ANTWOORDEN BLOK 1

W2

- a Atomen van hetzelfde element met een verschillend aantal neutronen.

b In de kern van zuurstof-16 zitten 8 neutronen en in de kern van zuurstof-17 zitten 9 neutronen.
- a Zie figuur.



- b Li-6, Li-7 en Li-8.
- a Evenveel protonen als elektronen; dus 2.

b Respectievelijk 1, 2 en 4.

ANTWOORDEN BLOK 1

W3

- a** Het aantal kernen van een radioactief voorwerp dat per seconde vervalt.

b A in becquerel (Bq).
- De meeste atomen zijn juist stabiel; er zijn echter stoffen om ons heen (gips, beton) met instabiele atomen.
- a** De straling die overal aanwezig is.

b Uit de aardbodem, uit voedsel, uit bouwmaterialen en uit de ruimte.

c Van televisie, röntgenonderzoek, fall-out.
- a** In 100 g aardappelen vervallen per seconde 20 kaliumatomen.

b $5 \text{ kg} = 50 \times 100 \text{ g} \rightarrow A = 50 \times 20 = 1000 \text{ Bq} = 1,0 \text{ kBq}$
- $250 \text{ Bq per kg} = 25 \text{ Bq per } 100 \text{ g} \rightarrow$ Niet geschikt voor consumptie.
- In 10 seconden gemiddeld aantal pulsen: 951
Gemiddelde achtergrondstraling: 28
Afkomstig van jood-131: $951 - 28 = 923$
Per seconde: $A = 923/10 = 92 \text{ Bq}$.
- a** Twee protonen en twee neutronen.

b Een (snel) elektron.

c Geen deeltje maar energie.
- a** $235 - 92 = 143$

b Een deeltje dat bestaat uit twee protonen en twee neutronen, verlaat de kern.

c 90 protonen en 141 neutronen.

d Nee (het is thorium-231).
- a** $90 - 38 = 52$

b In de kern wordt een neutron omgezet in een proton en een elektron; het elektron verlaat de kern.

c 39 protonen en 51 neutronen.

d Nee (het is yttrium-90).
- a** $137 - 55 = 82$

b Uit de cesiumkern verdwijnt een hoeveelheid energie in de vorm van (elektromagnetische) straling.

c 55 protonen en 82 neutronen.

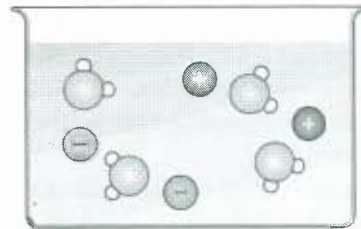
d Ja.




ANTWOORDEN BLOK 1

W4

- a** Ionen zijn atomen met een tekort (positief) of een teveel aan elektronen (negatief).

b Door botsing tussen een stralingsdeeltje en een elektron verlaat dit elektron het atoom. Het atoom wordt positief geladen.
- Een alfa-deeltje is groter; de kans dat een alfa-deeltje botst met een atoom is dus groter.
- Zie figuur.



-  = zuurstofatoom + 2 waterstofatomen (watermolecuul)
-  = chloor-ion (negatief)
-  = natrium-ion (positief)

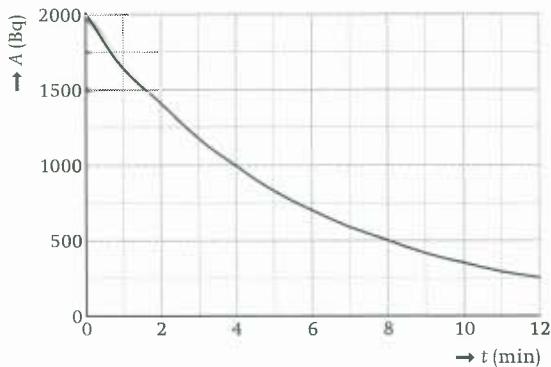
- a** Onder de dracht van straling verstaan we de afstand die de straling aflegt in een stof.

b De soort straling en de dichtheid van de stof.
- De dracht van straling in lood is erg klein, want lood heeft een grote dichtheid. Lood beschermt dus goed tegen ioniserende straling.

ANTWOORDEN BLOK 1

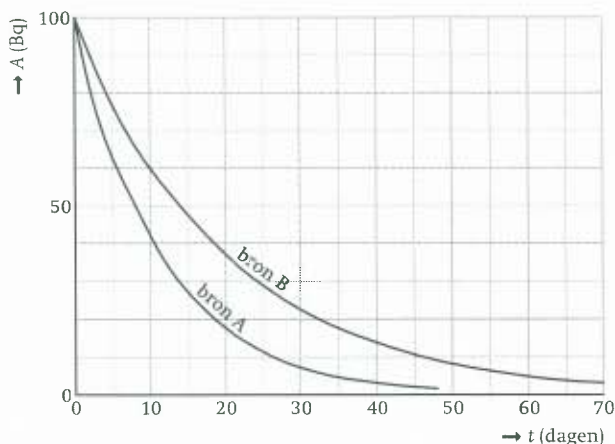
W5

- 1 Radioactieve stof die uit de lucht komt vallen (meestal met neerslag); ontstaan bij een bovengrondse kernproef of een kernramp.
- 2 Bij bestraling wordt (eenmalig) straling ontvangen; bij besmetting wordt radioactieve stof in het lichaam opgenomen die blijft stralen.
- 3 a Zie figuur.



b Van 2010 → 998 duurt 4 minuten.
Van 1412 → 702 duurt 4 minuten.
Van 502 → 254 duurt 4 minuten.
Dus de halveringstijd is 4 minuten.

- 4 a Na 8 dagen 50 deeltjes per seconde; na 16 dagen 25 deeltjes per seconde; na 24 dagen 12,5 deeltjes per seconde → $A = 13$ Bq (afgerond op helen).
b Na 14 dagen 50 deeltjes per seconde; na 28 dagen 25 deeltjes per seconde; na 42 dagen 12,5 deeltjes per seconde; na 56 dagen 6,25 deeltjes per seconde; na 70 dagen 3,125 deeltjes per seconde → $A = 3$ Bq (afgerond op helen).
cd Zie figuur.



- 5 a Halveringstijd van koolstof-14 is 5730 jaar.
b $\frac{1}{2} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \rightarrow 5$ halveringstijden = $5 \times 5730 = 28\ 650$ jaar.
c Met 75% afgenomen, dus is er nog 25% van de straling over. Na 0 jaar 100% straling; na 5730 jaar 50% straling; na 11 460 jaar 25% straling
d Nooit.

ANTWOORDEN BLOK 1

W6

- 1 a Naspeurder, spoorvormer; door de uitgezonden straling is de plaats van radioactieve stof op te sporen.
b Leer van de bestraling bij bepaalde ziektes.
c Behandeling met behulp van ioniserende straling.
- 2 De dracht in een vaste stof is kleiner; de atomen zitten dicht (de dichtheid is groter) bij elkaar waardoor de kans op botsingen groter is.
- 3 Als je de stof inslikt raak je radioactief besmet; de stof in je lichaam blijft stralen. Bij het morsen ontvang je straling waartegen je je kunt beschermen (weglopen!). Bovendien is de dracht van α -straling zeer gering.
- 4 Bij een isotoop met een kleine halveringstijd vervallen per seconde veel kernen; de isotoop zendt dus in korte tijd veel straling uit.
- 5 a Deze isotopen verliezen snel hun stralende werking en zijn daardoor maar korte tijd gevaarlijk.
b Nee; bij isotopen met een lange halveringstijd wordt gedurende lange tijd straling ontvangen.
- 6 De dracht van γ -straling is veel groter; je kunt er je moeilijk tegen beschermen.
- 8 a 24 000 jaar
b Het duurt heel lang voordat plutonium-239 niet meer radioactief is.

ANTWOORDEN BLOK 1

H1

- 1 a Protonen, neutronen en elektronen.
b Protonen en neutronen in de kern; elektronen cirkelen om de kern.
c Protonen en neutronen hebben dezelfde massa; de massa van elektronen is veel kleiner.
d De lading van een proton is positief; een elektron heeft een even grote maar negatieve lading; het neutron is elektrisch neutraal (ongeladen).

- 2** Een ion is een atoom dat een of meer elektronen mist (positief geladen) of een of meer elektronen te veel heeft (negatief geladen).
- 3** Isotopen van hetzelfde element hebben evenveel protonen maar een verschillend aantal neutronen.
- 4** **a** Een atoom is radioactief als de kern onstabiel is.
b Een radioactief atoom kan straling uitzenden.
- 5** **a** Alfa-, bèta- en gammastraling.
b Alfastraling: twee protonen en twee neutronen.
Bètastraling: een (snel) elektron.
Gammastraling: geen deeltje.
- 6** **a** Door botsingen met atomen kan straling deze atomen ioniseren; het atoom raakt dan een elektron kwijt.
b

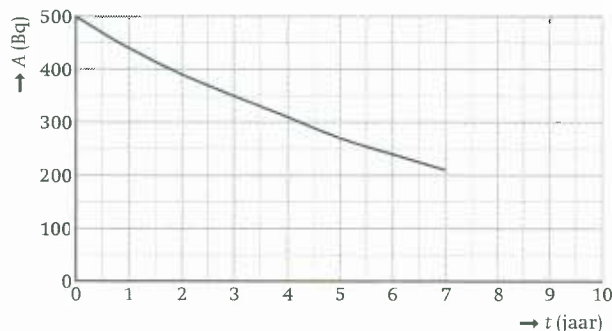
	alfastraling	bètastraling	gammastraling
dracht	klein	groot	heel groot

Zie verder figuur 16 van T4.

ANTWOORDEN BLOK 1

H2

- 1** **a** Na 72 uur is een kwart (de helft van de helft) over; de halveringstijd is dus 36 uur.
b $1/16$ deel wil zeggen $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ dus 4 halveringstijden = $4 \times 36 = 144$ uur.
c 360 uur is 10 halveringstijden dus $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = 1/1024$ deel van de radioactieve atomen nog over. De hoeveelheid straling bedraagt dan 0,1% van de oorspronkelijke hoeveelheid.
- 2** **a** Van 22 500 Bq \rightarrow 11 250 Bq duurt 30 uur.
b Na 55 uur is de activiteit 6400 Bq.
Dit $6400/22\ 500 = 0,28$ deel.
c $1/3$ van 22 500 is 7500 Bq. Dit is na 48 uur.
- 3** **a** Zie figuur.



- b** Van 500 Bq \rightarrow 250 Bq duurt 5,8 jaar.

ANTWOORDEN BLOK 1

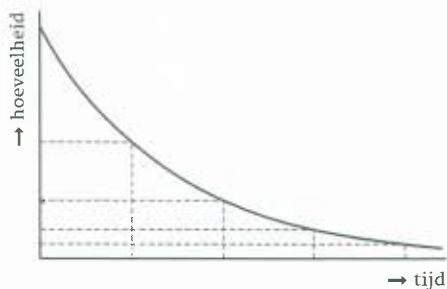
H3

- 1** **a** Becquerel (Bq).
b Antwoord C. Toelichting: $\frac{1}{4} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \rightarrow$ 3 dagen is 2 halveringstijden \rightarrow halveringstijd $1\frac{1}{2}$ dag.
- 2** **a** Gammastraling.
b De vloeistof absorbeert straling.
- 3** Gammastraling; gaat overal doorheen.
- 4** **a** Als de plaat dunner wordt, gaat er meer straling door de plaat.
b Antwoord B: alleen gammastraling.
- 5** Antwoord C: neutronen en protonen.
- 6** **a** Antwoord C: gammastraling; grootste dracht.
b $25\% = 1/4 = 1/2 \times 1/2 \rightarrow$ 2 halveringstijden = 2 weken \rightarrow halveringstijd = 1 week.
- 7** Antwoord A: zie figuur 16 van T4.
- 8** Antwoord A: isotopen van jood hebben een gelijk aantal protonen, maar een verschillend aantal neutronen.

EXTRASTOF BLOK 1

Halveringstijd

In deze extrastof ga je onderzoeken of je radioactief verval kunt vergelijken met het ontladen van een condensator. Dit noemen we de *onderzoeksvraag*. Als we bij een radioactieve bron gedurende langere tijd de uitgezonden straling meten, blijkt deze op een bepaalde manier af te nemen (zie figuur).



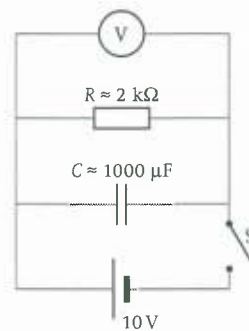
Bij radioactief verval hangt het aantal per seconde vervallende kernen af van het aantal kernen dat aanwezig is en van de halveringstijd van het materiaal. De hoeveelheid per seconde uitgezonden straling is dus een maat voor de aanwezige hoeveelheid radioactief materiaal.

Bij het ontladen van een condensator over een weerstand hangt de hoeveelheid per seconde wegstromende lading af van de hoeveelheid lading op de condensator en de grootte van de weerstand. De spanning tussen de platen van de condensator geeft aan wat het verschil is in de verdeling van de lading op de platen. Je gaat nu het verloop van de spanning tijdens het ontladen meten. Daarna vergelijken we dit verloop met de afname van de straling bij een radioactieve bron. Dit noemen we het *meetplan*.

Benodigd materiaal:

- een (regelbare) spanningsbron
- een weerstand R van $2,0 \text{ k}\Omega$
- een condensator C van $1,0 \text{ mF}$ (1 millifarad)
- een spanningsmeter
- een (druk)schakelaar S
- een stopwatch

- 1 Bouw de schakeling van de figuur. Zorg ervoor dat je de condensator goed aansluit. De plus van de condensator moet aan de pluspool van de batterij.



Als je schakelaar S sluit, laadt de spanningsbron de condensator op. Zet je de schakelaar open, dan zal de condensator zich over de weerstand ontladen. Sluit de schakelaar en stel de spanning in op 10 V . Open de schakelaar.

Meet na iedere 10 seconden de spanning over de condensator. Ga door tot de spanning niet meer verandert.

- a Noteer je metingen in een tabel.
- b Teken het diagram dat het verband aangeeft tussen de spanning en de tijd.
- c Bepaal met behulp van de grafiek de tijd waarin de spanning is afgenomen tot $5,0 \text{ V}$, $2,5 \text{ V}$ en $1,25 \text{ V}$.
- d Kun je bij het ontladen van een condensator spreken over de 'halveringstijd'? Licht je antwoord toe.
- e Als je de lading op de condensator wilt vergelijken met het aantal radioactieve kernen, waarmee moet je dan de stroom door de weerstand vergelijken?
- f Door de keuze van de weerstand R kun je de 'halveringstijd' van het ontladen veranderen. Moet je voor een langere 'halveringstijd' een grotere of kleinere weerstand nemen? Licht je antwoord toe.
- g Wat is nu je antwoord op de onderzoeksvraag?