

Practicum 1

Straling: Verval en halveringstijd

Algemene beschrijving

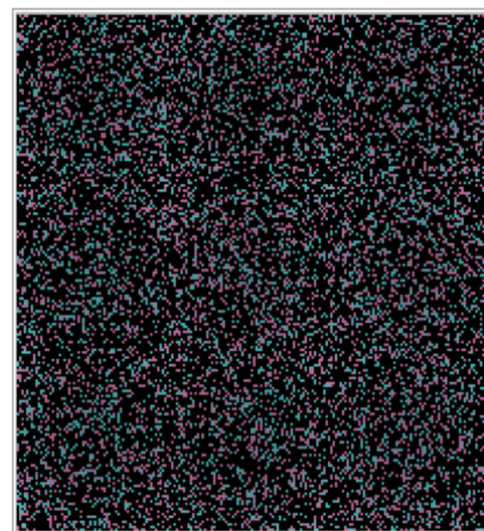
Omschrijving

In dit computerpracticum kunnen leerlingen kennismaken met het verval van deeltjes. Dit verval wordt gesimuleerd door het veranderen van de kleur van deeltjes. De gebruikte simulatie (**Verval**) is geschreven in NetLogo. Meer informatie hierover staat in de docentenhandleiding. Met deze simulatie kunnen leerlingen visueel kennismaken met het verval van deeltjes, de invloed van de stabiliteit van de kern op de halveringstijd, het verband tussen aantal deeltjes en activiteit en de verschillende soorten deeltjes die vrijkomen bij verval. Een groot scala aan onderzoeksvragen kan onderzocht worden door leerlingen. Het primaire doel van dit practicum is gevoel krijgen voor alle relaties en grootheden die een rol spelen bij radioactiviteit.

Leerdoelen

De volgende leerdoelen kunnen bereikt worden met deze simulatie:

- Begrip dat door verval de kern omgezet wordt in een andere kern
- Relatie $N(t)$, $A(t)$ en $A(N)$
- Relatie $\tau_{\frac{1}{2}}$ en stabiliteit
- Grafische weergave van halveringstijd in grafiek $N(t)$
- (Kwalitatief) inzicht in de dracht/doordringend vermogen van α -, β - en γ -deeltjes
- Aflezen en interpreteren van grafieken en redeneren met de resultaten



Figuur 1 Oorspronkelijke deeltjes (blauw) en vervallen deeltjes (roze)

Voorkennis

- Grafieken kunnen interpreteren

De volgende onderwerpen kunnen ook als start van de les worden geïntroduceerd.

- Stabiliteit van een kern en de krachten die in de kern een rol spelen
- Begrip isotoop
- Soorten stralingsdeeltjes α -, β - en γ -deeltjes (oppervlakkig)

Benodigheden

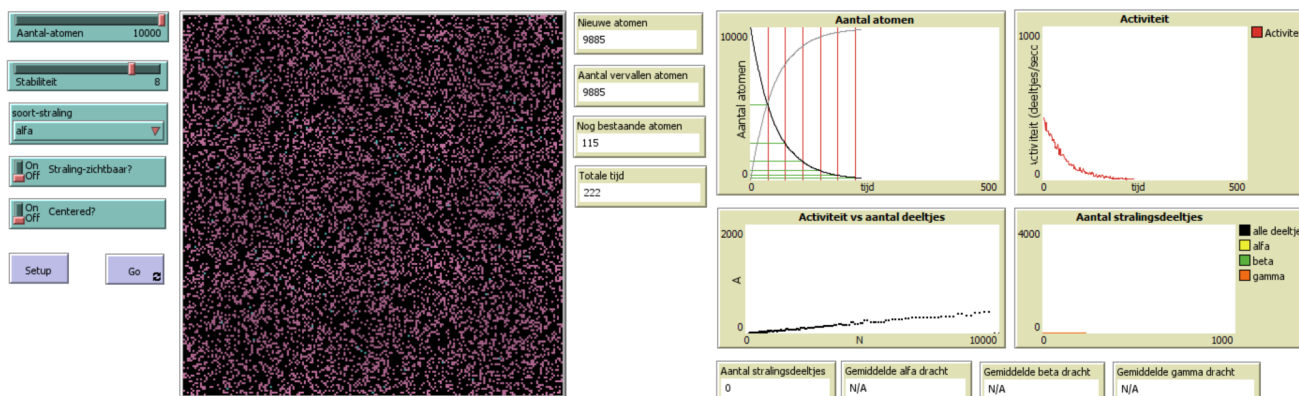
- Laptop/computer of Chromebook (op deze laatste werkt het programma in de online omgeving. In de online omgeving is de simulatie trager en is het verstandig om met minder deeltjes te werken. Hierdoor zijn de resultaten minder betrouwbaar door het statistische vervalproces)
- Whiteboards met stiften

Docentenhandleiding

- NetLogo geïnstalleerd op laptops/computers of toegang tot internet [NetLogo Web](https://www.netlogoweb.org)¹. Voor meer informatie zie docentenhandleiding
- Lijst met onderzoeksvragen

Handleiding simulatie:

Het scherm van de simulatie staat hieronder afgebeeld:



Figuur 2 Layout van de simulatie

Het bestaat uit een aantal onderdelen. Aan de linkerkant staan schuifbalken en knoppen om de simulatie in te stellen:



Met de bovenste schuifknop stel je het aantal atomen in die deelnemen aan de simulatie. Als leerlingen gebruik maken van Chromebook kan het verstandig zijn om die lager te zetten.

Met de tweede schuifbalk kan de stabiliteit van de kern worden ingesteld. Als de stabiliteit op 10 wordt gezet is de kern stabiel, bij de waarde 0 is de kern heel instabiel (heeft dan een hele korte halveringstijd).

De derde knop geeft de mogelijkheid om aan te geven welke stralingsdeeltjes je wilt zien (alles door elkaar, of alleen α -, β - of γ -deeltjes). Hierdoor gaan sommige kernen α -, β - of γ -deeltjes uitzenden. Je kunt niet zien welke kern welk soort deeltje gaat uitzenden.

Met de vierde knop kun je stralingsdeeltjes zichtbaar maken of juist niet.

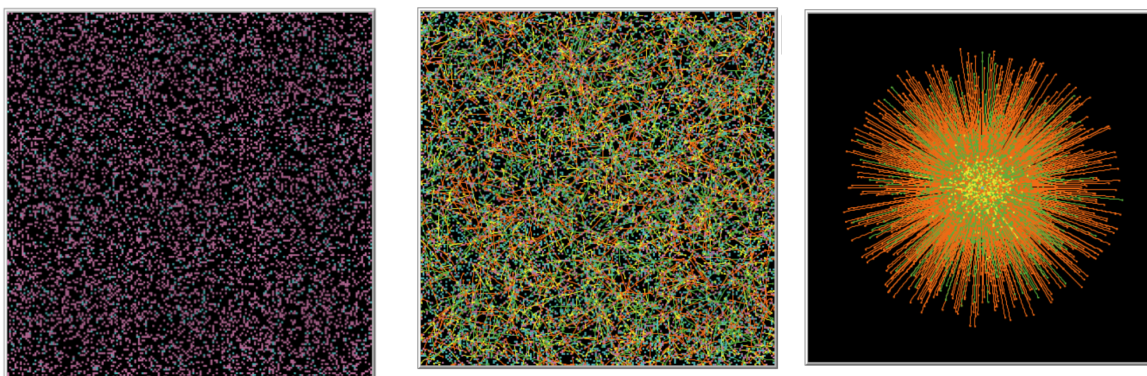
Figuur 3 Instellingen simulatie

Met de vijfde knop kun je alle kernen in het centrum van het scherm zetten. Als de straling dan zichtbaar wordt gemaakt, is het verschil in dracht/doordringend vermogen heel duidelijk (derde plaatje in figuur 4). Je start de simulatie met de setup knop (alle deeltjes worden “gereset”) en vervolgens met Go.

¹ <https://www.netlogoweb.org/launch#https://www.netlogoweb.org>

Docentenhandleiding

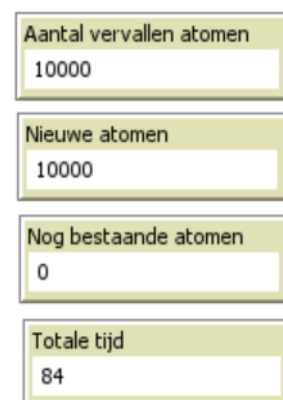
In het vierkante gespikkelde vlak zijn de deeltjes weergegeven. Blauwe deeltjes zijn niet vervallen



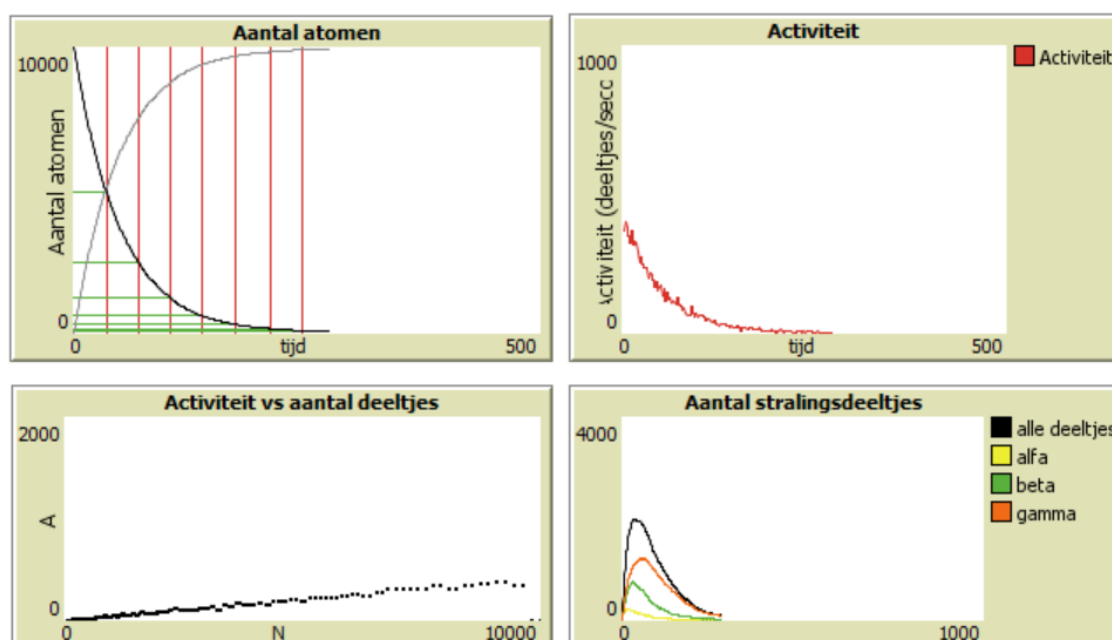
Figuur 5 Verschillende weergaven van de simulatie

kernen en roze deeltjes zijn reeds vervallen. De overgang van de ene naar de andere kleur geeft het vervalproces weer (Figuur 4, linker paneel). Als de stralingsdeeltjes zichtbaar worden gemaakt dan krijg je het beeld van figuur 4 midden paneel. Worden alle deeltjes in het centrum weergegeven dan ontstaat figuur 4 rechter paneel. Hierin worden α -deeltjes weer gegeven in het geel, β -deeltjes in het groen en γ -deeltjes in het oranje.

Naast het vierkante vlak staan 4 monitoren (figuur 5) die real-time weergeven wat de waarde is van verschillende variabelen (aantal vervallen atomen, aantal nieuwe atomen (de roze), nog bestaande atomen (de blauwe) en de tijd die is verstreken (in simulatiecycli). Rechts van deze monitoren staan vier diagrammen (figuur 6) die ontstaan tijdens de simulatie. Elk moment kan de simulatie stop gezet worden door op de Go knop te klikken. De diagrammen en monitoren kunnen dan afgelezen



Figuur 4 Monitoren



Figuur 6 Diagrammen

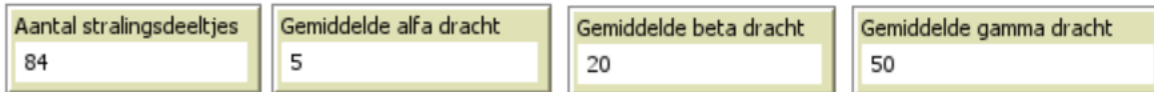
worden. Het linker boven paneel geeft het $N(t)$ -diagram voor moederkernen en dochterkernen, het rechter boven paneel het $A(t)$ diagram, links onder het $A(N)$ diagram en rechts onder het aantal stralingsdeeltjes (de grafiek is alleen zichtbaar als de straling zichtbaar is, de deeltjes hebben een

Docentenhandleiding

levensduur (afhankelijk van de dracht/doordringend vermogen)). Op $t=0$ s zijn er geen deeltjes, omdat het verval nog moet beginnen.

De groene horizontale lijnen in het linker boven paneel geven steeds een halvering aan van het aantal deeltjes. De rode lijnen geven de bijbehorende tijden aan. De regelmaat in de rode lijnen ontstaat door de halveringstijd. Aan het eind van de simulatie wordt deze regelmaat minder door het statistische karakter van verval.

Onder de diagrammen staan nog 4 monitoren die informatie geven over de stralingsdeeltjes (figuur 7).



Figuur 7 Monitoren met informatie over de uitgezonde straling

Klassikale introductie van het practicum

Deze simulatie kan gebruikt worden tijdens de eerste les over het onderwerp straling. De introductie zou kunnen bestaan uit:

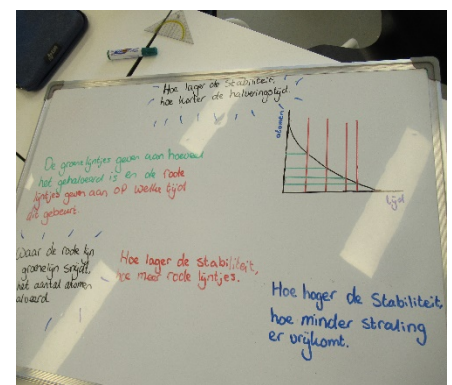
- Bekijk BiNaS tabel 25 A en B, wat betekent dit?
- Begrip isotoop
- Krachten binnen de kern (aantrekkende kracht afhankelijk van het aantal deeltjes in de kern, afstotende kracht afhankelijk van het aantal protonen in de kern)
- Zijn deze krachten niet in evenwicht dan is de kern instabiel en zendt deeltjes uit tot er uiteindelijk een stabiele (dochter) kern ontstaat. In de simulatie vervalt het deeltje maar 1 keer (geen vervalreeks).
- Een korte introductie hoe de simulatie werkt.

Uitvoering

Na de introductie kan de les worden vervolgd met groepswerk. Verdeel hiertoe de klas in groepjes van 3 personen en geef elk groepje een whiteboard met stiften. Geef vervolgens elk groepje zijn eigen onderzoeksvraag, bijvoorbeeld, de lijst hieronder:

Bepaal het kwalitatieve verband tussen:

- Het aantal deeltjes N en de activiteit (varieer stabiliteit en het aantal deeltjes op $t=0$)
- Het aantal deeltjes N en de tijd (varieer stabiliteit en het aantal deeltjes op $t=0$)
- De activiteit en de tijd (varieer stabiliteit)
- Verschillende soorten straling en de afgelegde weg (varieer ook stabiliteit en aantal deeltjes op $t=0$)
- Vorm van N, t en A, t diagram en verschillende straling
- Vorm van N, t en A, t diagram en aantal deeltjes
- Stabiliteit en de afgelegde weg van de deeltjes
- De afstand tussen de groene lijnen en de stabiliteit
- De afstand tussen de rode lijnen en de stabiliteit



Figuur 8 Bord van leerlingen (Foto E. van den Berg)

De docent kiest zelf welke onderzoeksvragen moeten worden uitgewerkt.

Laat leerlingen op zoek gaan overeenkomsten en verschillen in hun eigen onderzoeken.

Docentenhandleiding

Na de experimentele fase gaan de leerlingen in de kring zitten en bespreken de overeenkomsten en verschillen tussen hun bordes. De docent stuurt het gesprek in de richting van de gewenste uitkomsten en stelt sturende vragen als

- “Veranderde de vorm van het N,t diagram als er andere deeltjes werden uitgezonden?”
- “Veranderde de vorm van het N,t diagram als je met een ander aantal deeltjes begon?”
- “Hoe kan het dat het N,t en A,t diagram alle twee krom lopen maar het A(N) diagram een rechte lijn is?”
- “Wat zou de betekenis kunnen zijn van de richtingscoëfficiënt van het A(N) diagram?”
- “Wat gebeurde er als de stabiliteit veranderde?”

Probeer de leerlingen door deze vragen te laten nadenken over welke grootheden elkaar beïnvloeden en welke niet. Als er overeenstemming is bereikt over een relatie, noteer deze dan op het bord.

Sluit de les af met het maken van notities in het logboek. Dit kan in samenspraak met de klas eerst op het bord gedaan worden en daarna overgenomen in het schrift.

Organisatie (optioneel)

Tijdsplanning (80 minuten les):

- Introductie van 10 minuten
- 5 minuten laten oefenen met het programma
- 5 minuten uitleg van de onderzoeksvragen en verdelen van de onderzoeksvragen
- 30 minuten onderzoek
- 20 minuten kringgesprek + samenvatting op bord
- 10 minuten logboek bijwerken + huiswerk opgeven (+ paragraaf doorlezen)

Klassenorganisatie

- Leerlingen met een laptop in plaats van Chromebook verdelen over de groepjes (simulatie werkt daar sneller en beter). Zij draaien dan de simulatie.
- Bij een kleiner aantal leerlingen is het raadzaam om de onderzoeksvragen goed te kiezen.
- Bij een 50 minuten les, kan een deel van de introductie gedaan worden als huiswerk door middel van het doorlezen van de introductieparagraaf van het hoofdstuk. Ook kan er voor gekozen worden om de onderzoekstijd te verkorten of 2 lessen te gebruiken.
- Er is tijdwinst te behalen door de leerlingen thuis al te laten spelen met de simulatie.
- Leerlingen kunnen ook thuis het logboek invullen (dan de volgende les op terugkomen).

Inhoud kringgesprek

- N(t) en A(t) diagram zelfde soort relatie
- N(t) en A(t) recht evenredig
- Steilheid N(t) en A(t) diagram afhankelijk van stabiliteit
- Introductie van het begrip $\tau_{\frac{1}{2}}$ en de relatie met stabiliteit
- Hoe is $\tau_{\frac{1}{2}}$ terug te vinden in de grafieken
- $\tau_{\frac{1}{2}}$ bij A(t) en N(t) diagram hetzelfde
- $\tau_{\frac{1}{2}}$ te vinden in BiNaS tabel 25A
- Soort straling niet van invloed op bovenstaande verbanden
- Aantal deeltjes op t=0 niet van invloed op de vorm van de grafiek en op $\tau_{\frac{1}{2}}$

Docentenhandleiding

- Dracht/doordringend vermogen afhankelijk van de soort straling, onafhankelijk van aantal deeltjes, en stabiliteit

Inhoud logboek (optioneel)

Deze simulatie is vooral bedoeld om kwalitatieve verbanden te geven. Formules komen in een volgende les.

- Lage stabiliteit is korte halveringstijd $\tau_{\frac{1}{2}}$
- Recht evenredig verband tussen N en A
- Halveringstijd is **alleen** afhankelijk van de stabiliteit niet van N_0 en soort straling
- Dracht/ doordringend vermogen van een deeltje is alleen afhankelijk van soort deeltje niet van N_0 en stabiliteit
- Na $1 \cdot \tau_{\frac{1}{2}}$ 50 % van de oorspronkelijke deeltjes over en de helft van de activiteit, na $2 \cdot \tau_{\frac{1}{2}} = 25$ % van de deeltjes en van de activiteit etc.

Ervaringen

Dit simulatiepracticum werd gebruikt als eerste les in 4 havo over straling en radioactiviteit. Leerlingen kwamen de grootheden N, A, etc. voor het eerst tegen in de grafieken en dat ging verrassend goed. De leerlingen hadden al ruim een half jaar ervaring met modeldidactiek en de whiteboards. Ervaringen werden beschreven in een NVOX artikel (Baars, 2023).

Bronnen

Baars, C. (2023). Modeling instruction met simulaties. NVOX, 48(9), 22-23.