

OuNa 8 Dobbelstenen

Ruud Brouwer, Don Bosco College te Volendam, rbrouwer@donboscollege.com

Radioactiviteit is een van de weinige onderwerpen bij natuurkunde waarbij maatschappelijk relevante contexten zich moeiteloos aandienen om de lessen aan te kleden en uitdagend te verpakken. De uitleg over de halfwaardetijd is nog maar net begonnen en de leerlingen onderbreken je al met vragen als: is kernenergie duurzaam? Is kernenergie een antwoord op het energievraagstuk? Wordt er in anti-tankgranaten echt kernafval (verarmd uranium) verwerkt? Wat ging er mis in de kerncentrale in Japan?

NiNa heeft alle kernenergie vanaf 2015 uit het CSE-programma gekieperd en daarom zullen leraren nauwelijks nog aan de hierboven genoemde vragen toekomen, want: *“geen tijd jongens en meisjes, het nieuwe onderwerp elasticiteitsmodulus moet nog worden behandeld!”*

Robbert Dijkgraaf riep het op TV luid en duidelijk in zijn tweede hoorcollege voor DWDD university over het allerkleinste: *“ $E = mc^2$ is de belangrijkste formule van de natuurkunde”*. Ik heb deze wereldvermaarde wet zelfs een keer in de Donald Duck zien staan, maar in het centraal schriftelijk examen natuurkunde in Nederland komt hij niet meer voor.



Geschiedenisles

Kernfysica is een spannend onderwerp en daar horen energerende geschiedenisverhalen bij.

De eerste gecontroleerde kernreactor kwam onder leiding van Enrico Fermi op 2 december 1942 in bedrijf. Blikjes met UO_2 en blokken grafiet waren afwisselend opgestapeld tot een zo goed mogelijke bolvorm. Die bol heeft natuurlijk te maken met het aantal neutronen dat mag ontsnappen. In een aantal holtes bevonden zich de regelstaven. Dit was een bloedlink experiment, want er was geen koeling (denk aan het recente ongeluk in Japan). Langzaam werd met de hand de positie van een regelstaaf aangepast (onder op het schilderij) en de kettingreactie kwam op gang. Compton – een van de leiders van het project – belde meteen Conant (het hoofd van de onderzoekscommissie van Defensie in Washington) op. Vanwege de uiterste geheimhouding van dit project moest Compton aan de telefoon improviseren:

“You’ll be interested to know that the Italian navigator has just landed in the new world...”

Conant antwoordde: *“Were the natives friendly?”*

Compton: *“Everyone landed safe and happy.”*

Van de eerste kernreactor van Fermi is een schilderij gemaakt. Foto’s mochten destijds niet, zo geheim was het project.



Minder geheim was de *Trinity Test*: de ontploffing van de allereerste kernbom in 1945 in New Mexico. Zoveel licht was daarvoor alleen uit sterren gekomen. In een anderhalve minuut durende aangrijpende clip (tik in bij google: **alamogordo 1945**) hoor je het aftellen, zie je de champignon en verklaart Oppenheimer geëmotioneerd

dat hij tijdens de explosie aan een vers uit het heilige Hindu boek *Bhagavad Gita* had gedacht:

We knew the world would not be the same.

A few people laughed, a few people cried. Most people were silent.

I remembered the line from the Hindu scripture, the Bhagavad Gita; Vishnu is trying to persuade the Prince that he should do his duty and, to impress him, takes on his multi-armed form and says: “Now I am become Death, the destroyer of worlds.”

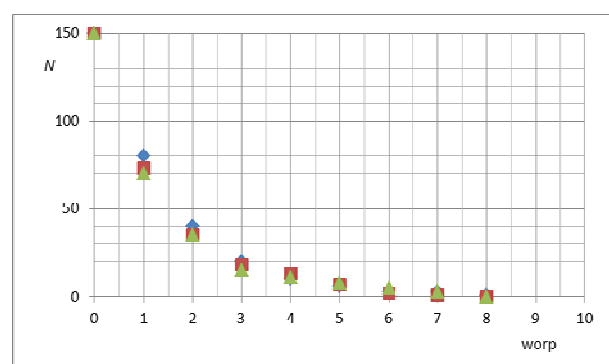
I suppose we all thought that, one way or another.

Halveringstijd

In het domein ‘Medische Beeldvorming’ wordt de halveringstijd van alfa- en bètastralers nog wel genoemd. Vraag mij niet wat alfa- en bètastraling met medische beeldvorming te maken heeft, maar gelukkig kunnen we daardoor in de klas nog wat proeven bij dit onderwerp doen en laten zien. MRI-scanners zijn mooie apparaten, maar lastig de klas in te tillen en om mee te experimenteren.

Als je geen diploma hebt om op school met kortlevende radioactieve preparaten te werken, kun je met munten het onvoorspelbare statistische karakter van radioactief verval klassikaal goed nabootsen. Laat iedere leerling met minstens vijf munten tossen en leg na iedere worp de munten die kop tonen weg. Tel na iedere worp hoeveel munten N er nog over zijn. Herhaal de hele proef drie keer en laat de drie $N(t)$ -puntgrafieken met Excel tekenen.

Eerste vraag aan de klas: waarom liggen de punten niet over elkaar heen?



Tossen met munten

Benadruk dat kans en gemiddelde elkaars omgekeerde zijn. De kans op kop is $\frac{1}{2}$ en gemiddeld moet je een munt 2 keer tossen om kop te krijgen. Van geen enkele individuele munt is te voorspellen bij welke worp de munt op kop terecht zal komen. Gemiddeld zal na één worp de helft van de munten kop aanwijzen. De 'halveringstijd' komt overeen met één worp en na drie worpen heb je van de 150 munten er nog ongeveer 19 over:

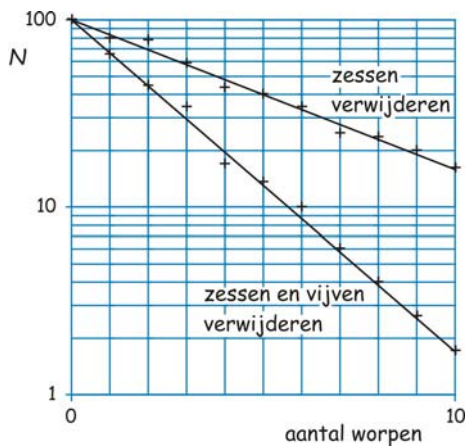
$$N = 150 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3$$

Dezelfde proef kun je ook met dobbelstenen doen; het liefst met dobbelstenen met vier, acht, tien, twaalf of twintig vlakken. Veel leerlingen hebben dit soort dobbelstenen nog nooit gezien en de 'halveringstijd' is bij niet kubusvormige dobbelstenen wat minder triviaal.



Dobbelstenen

Verwijder de dobbelstenen die de 'zes' bovenop hebben, of zowel de 'zes' als de 'vijf', en werk op logpapier de resultaten uit, want deze vaardigheid is in het nieuwe examenprogramma gelukkig weer opgenomen.



Loggrafiek

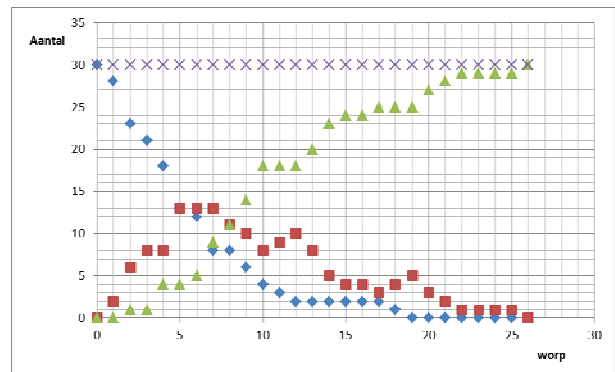
App The Dice

Als je de proef in een nieuw jasje wilt steken of als je niet genoeg dobbelstenen hebt, kun je de smartphone gebruiken. Download de gratis app 'The Dice'.



App 'the dice'

Maak in de app 30 witte dobbelstenen aan, en schud de telefoon heen en weer (echt dobbelen dus). Haal de zessen weg en plaats daarvoor evenveel rode dobbelstenen terug (de dochterkern). De rode dochter is ook niet stabiel en vervalt tot 'stabiële' zwarte stenen (weer de zessen weghalen, maar de zessen én vijven weghalen kan ook: de halveringstijd van de dochterkernen is dan korter). Houd in *Excel* bij hoeveel witte, rode en zwarte dobbelstenen er na iedere worp over zijn en maak de bekende kromme grafieken; maak ook de lijn waarvoor geldt: totaal aantal kernen = constant.



Moeder (blauw), dochter (rood) en stabiële kleindochter (groen)

Radondochters zoeken

Leerlingen uit 5 havo doen altijd graag mee met het zoeken van radondochters in de kruipruimtes van de school. Het is een aanrader om een keer met een witte jas, mondkapje en een luid tikkende GM-teller de omgeving van het openstaande luik met een rood/wit lint af te zetten en de reacties van de omstanders te bekijken. Voor N-leerlingen is radioactiviteit nu nog een doodnormaal verschijnsel, leerlingen uit de M-stroom weten dit vaak niet. Maar hoe lang zal het nog duren voor N en M zullen fuseren?



Radondochters zoeken

In een gang, een lokaal of kabinet lukt het vangen van radondochters ook. Hang een gewreven ballon gedurende een uur voor een lucht afzuigend ventilatiekanaal. De positief geladen radonkernen in de lucht, worden door de negatief geladen ballon aangetrokken en gevangen. Op de ballon vervalt het radon vrij snel tot dochterkernen die zelf ook weer radioactief zijn.



Ballon voor ventilatiekanaal



Ballon en GM-teller

Laat de ballon leeglopen en zet er een GM-teller vlakbij in de buurt. Je meet dan een activiteit die duidelijk hoger is dan de achtergrondstraling. Misschien lukt het om een $A(t)$ -grafiek van de ballon te meten. Ter controle: de literatuurwaarde voor de (effectieve) halveringstijd voor radondochters is 45 minuten.