

## Een meaningful gamification lessenserie over straling in 4 vwo

---

In het kader van mijn masterstudie heb ik een kader voor meaningful gamification (intrinsiek motiverende gamification) met bijbehorende lessenserie ontworpen met daarin veel ruimte voor differentiatie. Hier volgt een samenvatting van het onderzoek met daarbij de gebruikte lessenserie. Onderbouwing van de gemaakte keuzes en de verwerking van de resultaten zijn terug te vinden in het volledige onderzoek.

### Inleiding

---

In de 4 vwo-klassen van het Stanislascollege Westplantsoen in Delft komen allerlei verschillende leerlingen bij elkaar. In deze klassen stromen leerlingen in afkomstig van havo 3, atheneum 3, gymnasium 3 en zelfs plusklas 3 (een klas met hoogbegaafde leerlingen). Afgelopen jaren heb ik geworsteld met de grote diversiteit aan leerlingen en toen het Chromebook op onze school zijn intrede deed wilde ik de digitale leeromgeving gebruiken om te differentiëren in deze groep.

Daarnaast wilde ik een lesontwerp maken dat vele jaren door verschillende docenten gebruikt kon worden en wat (ook niet onbelangrijk) de werkdruk van de docent zou verminderen.

Om het concreet te houden heb ik gekozen om een lessenserie te ontwerpen voor één periode over het onderwerp ioniserende straling. Later heb ik het principe dat ik heb ontwikkeld ook op andere jaarlagen en onderwerpen toegepast.

Bij het ontwerp van de lessenserie was de voorkennis van de leerling het vertrekpunt. Bij de lessenserie mochten leerlingen hun eigen 'route' door de stof kiezen, waarbij ze geholpen werden door tools die ik ze aanbood via de digitale leeromgeving.

Het doel was zoveel mogelijk leerlingen intrinsiek te motiveren door onderwijs op maat te bieden en gebruik te maken van gamification. De intrinsiek motiverende gamification wordt ook meaningful gamification genoemd. Voor mijn master heb ik een kader opgesteld voor meaningful gamification met daarin vijf thema's:

**-autonomie**

**-betekenis**

**-betrokkenheid**

**-interne uitdaging**

**-reflectie**

De lessenserie is ontworpen rondom deze vijf thema's.

Omdat ik dit in het kader van een onderzoek heb gedaan, heb ik in mijn andere 4 vwo-klas op de klassieke manier lesgegeven. Hier heb ik niet gedifferentieerd en moesten alle leerlingen hetzelfde programma volgen.

De leerlingen van beide klassen heb ik vooraf en na afloop van de lessenserie gevraagd een korte vragenlijst in te vullen over de lessen, waaruit op te maken viel dat de intrinsieke motivatie van de leerlingen in de klas waarin gedifferentieerd werd toenam. Uit de analyse van de cijferresultaten bleek dat er een significante verbetering was van het cijfergemiddelde, behaald in periode 4 van de vier vwo-klas met de meaningful gamification lessenserie, vergeleken met dezelfde periode in voorgaande leerjaren. Werden de resultaten van de klas waarin niet gedifferentieerd werd vergeleken met voorgaande leerjaren dan was er geen significant verschil meetbaar.

## Thema's meaningful gamification

---

De thema's die in de lessenserie verwerkt zijn om te zorgen dat het de leerlingen intrinsiek motiveert worden nu kort toegelicht.

**Autonomie** geeft aan dat de leerling in staat wordt gesteld zijn eigen keuzes te maken. Denk hierbij aan keuzes omtrent het maken van opgaven: de leerling mag bepalen welke opgaven hij maakt en welke niet.

**Betekenis** zorgt ervoor dat de leerling het nut van wat hij moet leren inziet, door bijvoorbeeld de te leren stof in een context te plaatsen.

Door **Betrokkenheid** gaan leerlingen samenwerken en zich meer verbonden voelen met de klas waardoor moeilijke opgaven (samen) makkelijker kunnen worden volbracht.

Met **interne uitdaging** wordt de leerling getriggerd opgaven te volbrengen zonder dat daar prijzen of voordelen aan verbonden zijn. De leerling wil vanuit zichzelf weten hoe iets werkt en beter scoren zonder dat anderen hiervan op de hoogte hoeven te zijn.

**Reflectie** betekent dat de leerling terugkijkt op het geleerde en het nut hiervan inziet. De leerling ziet hierdoor ook dat het kennisniveau is toegenomen.

Vooraf het thema autonomie zorgt voor differentiatie, maar ook de overige thema dragen hieraan bij.

## Keuzes vooraf

---

Ik heb gekozen om gebruik te maken van de elektronische leeromgeving Moodle omdat het dan makkelijk was de leerlingen te monitoren en dus gegevens te verzamelen en omdat het gemaakte materiaal dan eenvoudig te delen en hergebruiken was. Verder zijn de leerlingen gewend om Moodle te gebruiken.

De lessenserie bevat de lesstof uit het hoofdstuk 'straling en gezondheid' van de methode Newton voor 4 vwo. De indeling zoals gebruikt in de methode Newton is grotendeels aangehouden voor de lessenserie om het voor leerlingen overzichtelijk te houden. De te maken huiswerkopgaven kwamen uit de methode. De lessenserie werd aangevuld met extra uitleg, opgaven en ander oefenmateriaal.

Voorafgaand aan het ontwikkelen van de lessenserie heb ik eerst gekeken naar de leerstof die in de onderbouw behandeld was. Ik heb gekeken naar de eindtermen van het hoofdstuk straling zoals ze in de derde klas werden behandeld in de methode NOVA. Verder heb ik het bijbehorende proefwerk bestudeerd. Daarna heb ik gekeken welke begrippen in het hoofdstuk straling en gezondheid van Newton herhaald werden en welke begrippen er nieuw waren. Hier werd een onderverdeling in gemaakt in zowel uitleg als huiswerkopgaven.

## De lessenserie

---

Passend in het kader voor intrinsiek motiverende gamification en gebruikmakend van intrinsiek motiverende game-elementen voor de digitale leeromgeving Moodle werd er een lessenserie gecreëerd die de volgende onderdelen bevatte:

1. **Digitale voorkennistest:** door deze digitale voorkennistest kreeg de leerling inzicht in de stofbeheersing uit de onderbouw. De leerling kon

ervoor kiezen om de test te maken en wist dan welke stof uit de onderbouw hij nog moest herhalen en welke niet. Deze test gaf **reflectie** op het reeds geleerde. Er werd bij de test niet alleen om het antwoord gevraagd, maar ook gevraagd hoe zeker de leerling van het antwoord was. Hier werd inzicht verkregen in het reeds geleerde. De voorkennistest is terug te vinden in **bijlage 1**. Hier is ook een analyse van de resultaten van de test, zoals deze na afloop van de test in te zien waren voor de leerling, opgenomen. Naast reflectie bood de voorkennistest ook **autonomie**, de leerling hoefde de test immer niet te maken. En de test gaf **interne uitdaging** omdat de leerling de test zo goed mogelijk zou proberen te maken.

2. **PowerPoints met alleen nieuwe stof of alleen herhalingsstof:** de leerling kon ervoor kiezen alleen nieuwe stof te bestuderen of dit aan te vullen met herhalingsstof onderdelen die nog niet werden beheerst. Stof die wel beheerst werd, kon worden overgeslagen. De leerling kreeg dus **autonomie en betekenis** en bij de PowerPoint met herhalingsstof ook **reflectie**. Hierbij werden de lessen aangeboden als ingesproken PowerPoints met hier en daar animaties. De leerling kon de les dus als een film afspelen. In het leslokaal waren koptelefoons aanwezig om dit voor de leerling mogelijk te maken. De PowerPoints konden ook thuis worden afgespeeld. Zie **bijlage 2** voor een overzicht van een herhaling PowerPoint en een PowerPoint met nieuwe stof.
3. **Powerpoints met volledige stof:** de leerling kon er ook voor kiezen om de stof volgens de indeling van het boek te bestuderen: de leerling bestudeerde dan alle stof van iedere paragraaf ongeacht of dit stof uit de onderbouw en dus herhaling was of niet. Wederom gaf dit de leerling **autonomie en betekenis**.
4. **Digitale oefentoetsen:** de leerling kon digitale oefentoetsen maken en kreeg hierdoor inzicht over het eigen niveau. De leerling kreeg na afloop te zien of de stof van de oefentoets onvoldoende, op basisniveau of op gevorderde niveau werd beheerst. De testen konden worden beschouwd als een spelelement omdat leerlingen konden proberen om een hoger niveau te halen. In **bijlage 3** is een dergelijke oefentoets toegevoegd. Ook is er een overzicht te zien van alle digitale oefentoetsen die er bij deze

lessenserie zijn gebruikt. De leerling kreeg nadat de oefentoets was gemaakt een overzicht te zien met het voorgestelde niveau. Omdat de oefentoetsen niet verplicht waren was er ook hier sprake van **autonomie**. Als de oefentoetsen werden gemaakt gaf dit **reflectie** en **interne uitdaging**.

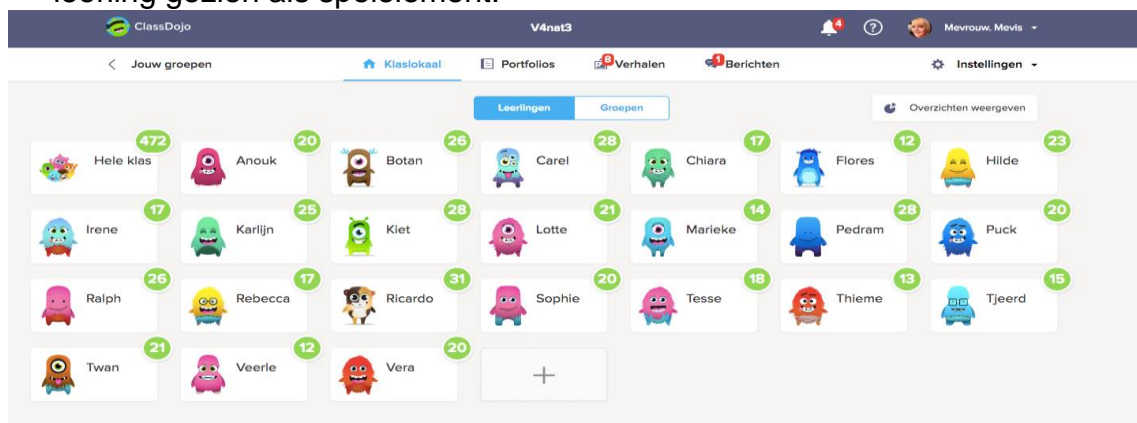
5. **Weekplanner met huiswerkopgaven:** leerlingen kozen zelf hoeveel en welke opgaven ze maakten: de opgaven waren verdeeld in basis, gevorderden en expert. Bij basisniveau werden er veel meer opgaven gemaakt dan bij expert niveau. Dit gaf de leerling **autonomie**. Er was een planner gemaakt met een weekindeling waarop de te maken opgaven reeds waren onderverdeeld. **Bijlage 4** laat de planner voor de leerlingen zien. De planner is te vinden op de Moodle pagina. De leerling had zo inzicht in zijn activiteiten, maar ook keuzevrijheid om de stof per week zelf in te delen.
6. **Uitwerkingen huiswerkopgaven:** de uitwerkingen van de huiswerkopgaven stonden op de Moodle pagina: de leerling keek zelf de opgaven na. Het zelfstandig nakijken gaf **reflectie** en informatie over de stofbeheersing van de leerling, dit kan worden gezien als **betekenis**.
7. **Verdiepingsstof:** de verdiepingsstof was niet verplicht, maar gaf wel inzicht in de toepassingen van ioniserende straling en sneed ook onderwerpen over straling aan die niet in het hoofdstuk werden behandeld, maar leerlingen wel konden interesseren. De leerling bepaalde zelf of en wanneer hij de verdiepingsstof bekeek. Er was dus **autonomie**, maar ook context met de echte wereld wat **betekenis** geeft. Een overzicht van de verdiepingsstof die werd aangeboden is te vinden in **Bijlage 5**. Bij ieder onderwerp werden de kernbegrippen die aan bod kwamen vermeld. De leerling wist zo bij welke stof het filmpje aansloot.
8. **Extra oefenmateriaal:** er werd extra oefenmateriaal aangeboden in de vorm van een d-toets, een digitale kruiswoordpuzzel en links naar simulaties over straling en gezondheid. De simulaties waren afkomstig van PHET van de universiteit van Colorado en bevatten allemaal game-elementen. De leerlingen konden ook kiezen voor een klein practicum welke het toevalsproces bij radioactief verval verduidelijkte. De leerling werd bij het maken van dit extra oefenmateriaal **intern uitgedaagd**. Het

practicum was afkomstig van de methode Newton en is terug te vinden in **Bijlage 5**. De leerlingen konden op Moodle de practicumuitleg aanklikken en dan vragen om de practicumspullen. Het practicum kon in de klas gedaan worden en bevatte ook spelelementen. Het practicum was niet verplicht en gaf **autonomie** aan de leerling.

Het extra oefenmateriaal was vrijwillig te maken/bekijken. Het materiaal gaf **reflectie** op het reeds geleerde, **autonomie** en inzicht over het niveau. De aangeboden d-toets hoorde bij de methode Newton en werd letterlijk overgenomen van de methodesite. De zelfontworpen kruiswoordpuzzel is terug te vinden in **bijlage 6**. Verder is in **bijlage 6** een overzicht te zien van alle aangeboden extra oefenmateriaal.

9. **Eindtoets**: er werd een eindtoets aangeboden, die was gebaseerd op de toets van de toetsweek. De leerling maakte de toets wanneer hij dacht dat hij eraan toe was, dus **autonomie**, en kreeg dan een oordeel over zijn niveau. Dit gaf **betekenis**, maar ook **reflectie** en **interne uitdaging**. Bij de toets kon de leerling wederom aangeven hoe zeker hij van zijn antwoord was, wat werd meegenomen in de score. **Bijlage 7** laat de eindtoets zien zoals deze op de Moodle pagina staat. Aan de eindtoets was een tijdslimiet verbonden van 1 uur. Dat was weliswaar korter dan de toets in de toetsweek (90 minuten), maar lang genoeg om een beeld te krijgen van het niveau.
10. **Forum**: de leerlingen hadden de beschikking over een forum waar ze aan elkaar vragen konden stellen, maar waar ze ook hun expertise konden aanbieden en waar ze interessante links konden toevoegen. Dit gaf **betrokkenheid** van leerlingen onderling.
11. **Classdojo**: de leerling kreeg via het programma 'Classdojo' een persoonlijke avatar van de docent. De leerling kon met zijn eigen inlogcode en app. deze avatar op zijn mobiel zetten en veranderen. De avatar kon punten verdienen en was daarmee dus een spelelement. De leerlingen konden persoonlijke berichten achterlaten voor hun klas met behulp van avatar, een vorm van **betrokkenheid**, en de avatar naar believen vormgeven. De leerling vulde na afloop van iedere les een korte vragenlijst in voor de docent zodat de docent wist hoever de leerling was met de lesstof en hoe hij vorderde. Bij deze vragenlijst werd ook aan de leerling

gevraagd hoeveel punten de leerling zijn avatar zou toekennen. De leerling mocht zichzelf dus punten geven, welke vervolgens door de docent aan de avatar werden toegekend. De hoeveelheid punten was afhankelijk van de inzet van de leerling die les. De leerling kon zichzelf 0 punten geven (= geen inzet) tot maximaal 5 punten (maximale inzet). De punten waren niet zichtbaar voor de andere leerlingen in de klas zodat er geen competitie ontstond. De leerling had hier dus **autonomie** en de avatar werd door de leerling gezien als spelelement.



Figuur 1: Overzicht van klas in ClassDojo

Hieronder is in tabelvorm te lezen hoe de thema's terug te vinden zijn in de online tools gebruikt in de lessenserie voor 4 vwo.

	Autonomie	Betekenis	Betrokkenheid	Interne uitdaging	Reflectie
Digitale voorkennistest	X			X	X
PPT met alleen herhalingsstof of alleen nieuwe stof	X	X			X
PPT met volledige stof	X	X			
Digitale oefentoetsen	X			X	X
Weekplanner met huiswerkopgaven	X				
Uitwerkingen huiswerkopgaven		X			X
Verdiepingsstof	X	X			
Extra oefenmateriaal	X			X	X
Eindtoets	X	X		X	X
Forum			X		

Classdojo	X		X		

**Tabel 1: Overzicht thema's uit kader voor intrinsiek motiverende gamification gebruikt in de onderdelen van de meaningful gamification lessenserie**












## Conclusie

---

De lessenserie was in eerste instantie bedoelt om leerlingen intrinsiek te motiveren met gamification. Het hiervoor ontwikkelde kader bevat verschillende thema's, waarvan autonomie er eentje is. Autonomie van de leerling leidt tot differentiatie in de lessenserie. De leerling kiest zijn eigen route door de lesstof en kijkt welke aangeboden tools het beste bij hem passen. Evaluatie van de lessenserie door leerlingen te interviewen liet zien dat leerlingen meer intrinsiek gemotiveerd waren. Leerlingen vonden het prettig om zich op deze manier de stof eigen te maken. Een analyse van de resultaten van de toets over deze periode liet zien dat deze significant beter waren als ze vergeleken werden met voorgaande leerjaren. De werkdruk zoals ik die als docent ervoer was stukken lager dan in een normale les. Mijn rol veranderde van docent naar coach. Ik had veel meer tijd om leerlingen een op een te helpen terwijl de rest rustig doorwerkte. Het maken van de lessenserie vergt enige tijd en vaardigheid, maar omdat alles digitaal is kan het zonder problemen binnen de vakgroep worden gedeeld. Collega's maken inmiddels ook gebruik van deze lessenserie en voor andere leerjaren en onderwerpen heb ik inmiddels ook op deze manier lessen ontwikkeld.

# Bijlage 1

## vragen voorkennistest

<b>Vraag 1</b> Nog niet beantwoord Weging 1,00  Markeer vraag  <a href="#">Bewerk vraag</a>	<p>Wat wordt er bedoeld met een element?</p> <p>Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden:</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> a. een verzameling van instabiele atomen</li><li><input type="radio"/> b. een verzameling van atomen met hetzelfde aantal protonen in de kern</li><li><input type="radio"/> c. een atoom dat straling kan uitzenden.</li><li><input type="radio"/> d. een verzameling van atomen met dezelfde scheikundige eigenschappen</li><li><input type="radio"/> e. een verzameling van atomen met hetzelfde aantal neutronen, maar verschillend aantal protonen in de kern</li></ul> <p>Zekerheid : <input type="radio"/> Z=1 (Niet zeker: &lt;67%) <input type="radio"/> Z=2 (Gemiddeld: &gt;67%) <input type="radio"/> Z=3 (Heel zeker: &gt;80%)</p>
<b>Vraag 2</b> Nog niet beantwoord Weging 1,00  Markeer vraag  <a href="#">Bewerk vraag</a>	<p>Welke eigenschappen horen bij alfa straling?</p> <p>Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden:</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> a. laag ioniserend vermogen, hoog doordringend vermogen</li><li><input type="radio"/> b. hoog ioniserend vermogen, hoog doordringend vermogen</li><li><input type="radio"/> c. hoog ioniserend vermogen, laag doordringend vermogen</li><li><input type="radio"/> d. laag ioniserend vermogen, laag doordringend vermogen</li></ul> <p>Zekerheid : <input type="radio"/> Z=1 (Niet zeker: &lt;67%) <input type="radio"/> Z=2 (Gemiddeld: &gt;67%) <input type="radio"/> Z=3 (Heel zeker: &gt;80%)</p>
<b>Vraag 3</b> Nog niet beantwoord Weging 1,00  Markeer vraag  <a href="#">Bewerk vraag</a>	<p>Gamma straling is elektromagnetische straling en beweegt zich dus met de lichtsnelheid in vacuüm en bestaat uit fotonen.</p> <p>Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Waar</li><li><input type="radio"/> Niet waar</li></ul> <p>Zekerheid : <input type="radio"/> Z=1 (Niet zeker: &lt;67%) <input type="radio"/> Z=2 (Gemiddeld: &gt;67%) <input type="radio"/> Z=3 (Heel zeker: &gt;80%)</p>

**Vraag 4**

Nog niet  
beantwoord

Weging  
1,00



Markeer  
vraag

Bewerk vraag

Wat is de golflengte van een foton met een frequentie van  $4,29 \cdot 10^{14}$  Hz? Geef je antwoord in nanometer en vermeld ook de afkorting van deze eenheid (nm) bij je antwoord. Let verder op significantie!

Antwoord:

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)

**Vraag 5**

Nog niet  
beantwoord

Weging  
1,00



Markeer  
vraag

Bewerk vraag


Bij de witte delen van een röntgenfoto is er sprake van?





Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden:

- ☐ a. radiotherapie
- ☐ b. transmissie van straling
- ☐ c. reflectie van straling
- ☐ d. absorptie van straling

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)

#### Vraag 6

Nog niet  
beantwoord

Weging  
1,00




Markeer  
vraag

 Bewerk vraag

Een aluminiumplaat van 5,0 cm dikte laat 25 % van de invallende straling door. Als we nu een plaat nemen van 15 cm dikte, hoeveel straling wordt er dan geabsorbeerd?

Geef je antwoord in procenten en vermeld ook het % teken bij je antwoord. Let verder op significantie!

Antwoord:

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)

**Vraag 7**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag [Bewerk vraag](#)

Welke eigenschappen horen bij beta-min straling?

Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden:

- ☐ a. bestaat uit elektronen en heeft een hoog doordringend vermogen
- ☐ b. bestaat uit heliumkernen en heeft een laag doordringend vermogen
- ☐ c. bestaat uit heliumkernen en heeft een hoog doordringend vermogen
- ☐ d. bestaat uit elektronen en heeft een laag doordringend vermogen

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)**Vraag 8**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag [Bewerk vraag](#)

Koppel de begrippen aan de juiste uitleg

bij besmetting ben je

Kies...

uitwendig bestralen doen we  
met...

Kies...

bij bestraling ben je

Kies...

inwendig bestralen doen we  
met....

Kies...

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)

met de volgende keuzes bij vraag 8:

**Vraag 8**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag [Bewerk vraag](#)

Koppel de begrippen aan de juiste uitleg

bij besmetting ben je

uitwendig bestralen doen we  
met...

bij bestraling ben je

inwendig bestralen doen we  
met....Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)

- ✓ Kies...
- gamma straling
- de ontvanger van straling en ben je dus gevaarlijk voor anderen
- infrarood straling
- beta-straling
- de stralingsbron en ben je dus gevaarlijk voor anderen
- uv-straling
- de ontvanger van straling en ben je dus niet gevaarlijk voor anderen
- de stralingsbron en ben je dus niet gevaarlijk voor anderen
- alfa straling

**Vraag 9**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag

Bewerk vraag

Polonium-209 vervalst door het uitzenden van alfastraling. Welke stof ontstaat er? Het atoomnummer van Polonium is 84. Je mag gebruik maken van het BINAS of het periodieksysteem.

Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden:

- ☐ a. Kwik-207  
☐ b. Bismut-209  
☐ c. Astaat-209  
☐ d. Polonium-205  
☐ e. Lood-205

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)**Vraag 10**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag

Bewerk vraag

Jood-131 vervalst door het uitzenden van beta-min straling. Welke isotoop ontstaat er?

Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden:

- ☐ a. jood-130  
☐ b. jodium-132  
☐ c. Telluur-131  
☐ d. Xenon-131  
☐ e. antimoon-127

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)**Vraag 11**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag

Bewerk vraag

koppel de begrippen aan de juiste uitleg

Isotopen

Kies...

atoomnummer

Kies...

massagetal

Kies...

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)

Met de volgende keuzes bij vraag 11:

**Vraag 11**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag

Bewerk vraag

koppel de begrippen aan de juiste uitleg

Isotopen

✓ Kies...

atoomnummer

massagetal

Zekerheid : ☐ stoffen met een gelijk aantal protonen en neutronen in de kern gelijk is  
☐ stoffen met een gelijk aantal neutronen maar een verschillend aantal protonen  
☐ het aantal protonen min het aantal elektronen  
☐ het totaal aantal kerndeeltjes  
☐ het aantal protonen in de kern  
☐ het aantal neutronen in de kern  
☐ stoffen met een gelijk aantal protonen maar een verschillend aantal neutronen  
☐ het aantal neutronen min het aantal protonen

**Vraag 12**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag

Bewerk vraag

Vul de ontbrekende woorden in de tekst in.

Veel mensen roepen dat straling gevaarlijk is en dat is ook zo als je er niet goed mee omgaat. Er zijn een aantal maatregelen die je kunt nemen om te voorkomen dat je gevaar loopt. Zo kun je met lood stoffen  . Dat zie je ook in een ziekenhuis waar de verpleegkundige achter een scherm gaat staan bij iedere röntgenfoto. Je kunt je dan afvragen of de straling voor de patiënt niet gevaarlijk is, maar het gaat ook om de  van blootstelling.

Bij kernstraling die uit deeltjes bestaat is vooral de  belangrijk. Alfa straling heeft namelijk een erg kleine dracht.

Als je dus een practicum met alfastraling doet dan kun je gerust je boterhammen naast de stralingsbron leggen. Ze zijn dan namelijk alleen  , maar niet  .

mensen die met straling werken moeten toch altijd oppassen en daarom zijn er stralingsbeschermingsnormen door de overheid bepaald die aangeven wat de maximale  is.

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)

Mt de volgende keuzes bij vraag 12:

**Vraag 12**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag

Bewerk vraag

Vul de ontbrekende woorden in de tekst in.

Veel mensen roepen dat straling gevaarlijk is en dat is ook zo als je er niet goed mee omgaat. Er zijn een aantal maatregelen die je kunt nemen om te voorkomen dat je gevaar loopt. Zo kun je met lood stoffen  . Dat zie je ook in een ziekenhuis waar de verpleegkundige achter een scherm gaat staan bij iedere röntgenfoto. Je kunt je dan afvragen of de straling voor de patiënt niet gevaarlijk is, maar het gaat ook om de  van blootstelling.

Bij kernstraling die uit deeltjes bestaat is vooral de  belangrijk. Alfa straling heeft namelijk

Als je dus een practicum met alfastraling doet dan kun je gerust je boterhammen naast de stralingsbron leggen. Ze zijn dan namelijk alleen  , maar niet  .

mensen die met straling werken moeten toch altijd oppassen en daarom zijn er stralingsbeschermingsnormen door de overheid bepaald die aangeven wat de maximale  is.

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)



**totaal overzicht voor de leerling:**

Testnavigatie

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

Nakijken beëindigen

Instellingen

▼ Test beheer

Bewerk instellingen

Groep voorrang

Gebruiker overschrijvingen

Bewerk test

Controleer test

Resultaten

Lokaal toegewezen rollen

Rechten

Controleer rechten

Filters

Log

Gestart op

maandag, 9 april 2018, 09:10

Status

Beëindigd

Voltooid op

maandag, 9 april 2018, 09:26

Gebruikte tijd

15 minuten 42 seconden

Punten

10,50/12,00

Cijfer

8,75 op een maximum van 10,00 (88%)

Het cijfer hierboven is relatief ten opzichte van het maximum voor all juiste antwoorden met C=1

Resultaten voor de hele test (12 vragen)

Gemiddelde CBM score

0,88

Nauwkeurigheid

54,2%

CBM bonus

3,3%

Nauwkeurigheid + bonus

57,5%

Splits op volgens zekerheid

Z=3

Antwoorden: 7. Nauwkeurigheid: 79%. (Optimaal bereik 80% tot 100%). Je had een beetje veel zelfvertrouwen met dit zekerheidsniveau.

Z=2

Antwoorden: 2. Nauwkeurigheid: 50%. (Optimaal bereik 67% tot 80%). Je had een beetje veel zelfvertrouwen met dit zekerheidsniveau.

Z=1

Antwoorden: 3. Nauwkeurigheid: 0%. (Optimaal bereik 0% tot 67%). Je had OK met dit zekerheidsniveau.

Feedback

Super! Je hebt alles uit de onderbouw nog onthouden! In principe hoeft je je alleen te concentreren op de nieuwe onderwerpen van dit hoofdstuk.

**Vraag 1**

Fout

CBM score  
-6,00

Weging  
1,00

**Bewerk vraag**

Wat wordt er bedoeld met een element?

Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden:

- ☐ a. een verzameling van instabiele atomen
- ☒ b. een verzameling van atomen met hetzelfde aantal protonen in de kern ✗ Tip: kijk het onderwerp periodieksysteem en elementen nogmaals door
- ☐ c. een verzameling van atomen met hetzelfde aantal neutronen, maar verschillend aantal protonen in de kern
- ☐ d. een verzameling van atomen met dezelfde scheikundige eigenschappen
- ☐ e. een atoom dat straling kan uitzenden.

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☒ Z=3 (Heel zeker: >80%)

Je antwoord is niet juist.

Deze vraag gaat over het periodieksysteem der elementen. Als deze vraag niet zo goed gaat, dan is het handig om dit onderdeel nogmaals door te nemen.

Het juiste antwoord is: een verzameling van atomen met dezelfde scheikundige eigenschappen



### feedback bij gedeeltelijk juist beantwoorde vraag:

**Vraag 8**

Gedeeltelijk juist

CBM score  
1,50

Weging  
1,00

[Bewerk vraag](#)

Koppel de begrippen aan de juiste uitleg

inwendig bestralen doen we met.... gamma straling

bij besmetting ben je de stralingsbron en ben je dus gevaarlijk voor anderen

bij bestraling ben je de ontvanger van straling en ben je dus niet gevaarlijk voor anderen

uitwendig bestralen doen we met... alfa straling

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☒ Z=3 (Heel zeker: >80%)

Je antwoord is gedeeltelijk juist.

Aantal juiste antwoorden: 2.

Als je dit een moeilijke vraag vindt dan kun je het onderwerp stralingsbescherming bekijken.

Hierbij horen de opgaven: 73, 74, 75, 76, 83

inwendig bestralen doe je met beta-straling want de straling hoeft nergens 'doorheen' en heeft een hoog ioniserend vermogen

uitwendig bestralen doe je met gammastraling want gamma fotonen kunnen door de huid heen naar de plek waar de bestraling noodzakelijk is.

besmetting betekent dat je zelf een bron bent geworden en dus straling uitzendt en je bent dus gevaarlijk voor anderen.

bestraling betekent dat je de ontvanger van straling bent en dus zelf geen straling uitzendt en je bent dus niet gevaarlijk voor anderen.

Het juiste antwoord is: inwendig bestralen doen we met.... – beta-straling, bij besmetting ben je – de stralingsbron en ben je dus gevaarlijk voor anderen, bij bestraling ben je – de ontvanger van straling en ben je dus niet gevaarlijk voor anderen, uitwendig bestralen doen we met... – gamma straling

### Feedback bij goed beantwoorde vraag:

**Vraag 9**

Juist

CBM score  
3,00

Weging  
1,00

[Bewerk vraag](#)

Polonium-209 vervalt door het uitzenden van alfastraling. Welke stof ontstaat er? Het atoomnummer van Polonium is 84. Je mag gebruik maken van het BINAS of het periodieksysteem.

Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden:

☐ a. Polonium-205

☐ b. Kwik-207

☐ c. Bismut-209

☒ d. Lood-205 **Prima!**

☐ e. Astaat-209

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☒ Z=3 (Heel zeker: >80%)

Je antwoord is juist.

Als je dit een moeilijke vraag vindt dan kun je het onderwerp kernstraling nog een keertje doornemen

alfa-straling bestaat uit heliumkernen en bevat 2 protonen en 2 neutronen. Er gaan dus 4 kerndeeltjes af en het atoomnummer neemt met 2 af. Dat betekent dat je een stof zoekt met 205 kerndeeltjes en 82 protonen. Dat is dan volgens BINAS of het periodieksysteem lood.

Het juiste antwoord is: Lood-205

# Bijlage 2

---

## A. HerhalingsPowerPoint

Weergave in Moodle van de verschillende herhalingsonderwerpen.

Als de groen gekleurde titels worden aangeklikt opent zich automatisch de PowerPoint over dit onderwerp.

Onderwerp 2

### Onderwerp 2

#### **Herhalingsonderwerpen**

**lees onderstaande instructie:**

Hier vind je herhalingsonderwerpen uit de onderbouw. Bij ieder onderwerp worden een aantal begrippen herhaald uit de onderbouw die je kunne helpen de stof van dit hoofdstuk beter te gaan begrijpen. Je hoeft niet alle onderwerpen te herhalen, maar het mag natuurlijk wel. De voorkennistest helpt je om te kijken welke onderwerpen handig zijn om te herhalen.

#### **Herhaling periodiek systeem der elementen**

(kernbegrippen: atoommodel van Rutherford-Bohr, periodieksysteem der elementen, elementen, massagetal, atoomnummer)

#### **Herhaling kernstraling**

(kernbegrippen: massagetal, atoomnummer, isotopen, alfa verval, beta-min verval, ioniserend vermogen, doordringend vermogen)

#### **Herhaling elektromagnetisch spectrum**

(gammastraling, fotonenergie, doordringend vermogen, ioniserend vermogen, elektromagnetisch spectrum)

#### **Herhaling halveringsdikte**

(kernbegrippen: absorptie, transmissie, (grafiek) halveringsdikte)

#### **Herhaling stralingsbescherming**

(kernbegrippen: besmetting, bestraling, dosisequivalent, inwendige en uitwendige bestraling, beschermingsmaatregelen)

### **HerhalingsPowerPoint:**

Bij de verschillende dia's is onder de dia het script mee afgebeeld zoals het in de PowerPoint is ingesproken om een indruk te geven van de uitleg zoals deze te horen is tijdens het afspelen van de PowerPoint.

# Herhaling halveringsdikte

Kernbegrippen: absorptie, transmissie,  
(grafiek)halveringsdikte



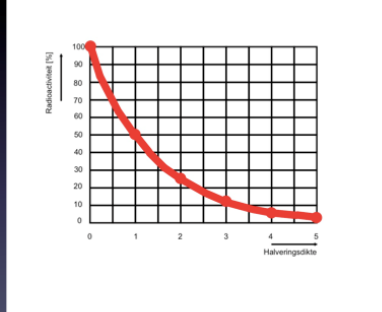
## Röntgenstraling



Röntgenstraling wordt opgewekt in een Röntgenbuis of is afkomstig van sterren en het heelal  
Het heeft een groot doordringend vermogen  
Toepassingen van röntgenstraling zijn o.a. het maken van Röntgenfoto's, het scannen van bagage en het onderzoeken van kristalstructuren  
Op een röntgenfoto zie je donkere en lichte gebieden. Bij donkere gebieden is er veel straling door het lichaam heen gegaan en bij lichte gebieden is er veel straling tegengehouden. Het tegengehouden van straling noemen

# Halveringsdikte

- De dikte van een absorberend materiaal waarbij de helft van de röntgenstraling wordt doorgelaten.
- $d_{1/2}$
- Hangt af van het soort materiaal



De absorptie van straling door materialen gaat geleidelijk. Hoe dikker het materiaal hoe minder straling er doorheen komt. De dikte van een laagje dat de helft van de straling doorlaat wordt de halveringsdikte  $d_{1/2}$  genoemd. Bij materialen die veel straling absorberen is de halveringsdikte klein, bij materialen die veel straling doorlaten is de halveringsdikte groot. De vorm van de grafiek voor de halveringsdikte is altijd hetzelfde: het is een hyperbool waarbij langs de horizontale as de dikte van het materiaal staat en langs de verticale as het percentage straling dat nog wordt doorgelaten, ook wel de intensiteit genaamd. De halveringsdikte hangt af van het soort materiaal. In het algemeen geldt: hoe groter de dichtheid van een materiaal, hoe kleiner de halveringsdikte.

# Transmissie van straling

- Plaat aluminium met dikte  $d$  laat 10 % van straling door
- Plaat aluminium met dikte  $2d$  laat dan 10% van 10 % door =  $0,1 * 0,1 = 0,01 = 1,0 \%$
- Plaat aluminium met dikte  $3d$  laat dan 10% van 10% van 10% door =  $0,1 * 0,1 * 0,1 = 0,001 = 0,1\%$



Als een plaat aluminium met dikte  $d$  10 % van de straling doorlaat dan wordt er dus 90 % geabsorbeerd. 2 platen aluminium met dus samen dikte  $2d$  of 1 plaat aluminium met dikte  $2d$  laat dan 10 % van 10 % van de straling door. Dat is 1,0 % van de straling. En drie platen aluminium met elk dikte  $d$  of 1 plaat aluminium met dikte  $3d$  laat dan 10 % van 10% van 10% door en dat is 0,1 %. Hier wordt dan dus 99,9 % van de straling geabsorbeerd.

## B. PowerPoint met nieuwe stof

### Weergave in Moodle van de nieuwe onderwerpen.

Als de groen gekleurde titels worden aangeklikt opent zich automatisch de PowerPoint over dit onderwerp.

---

Onderwerp 3

#### Onderwerp 3

##### Nieuwe onderwerpen

lees onderstaande instructie:

Hier vind je de nieuwe begrippen en formules van het hoofdstuk ioniserende straling. Sommige onderwerpen uit de onderbouw komen terug, maar worden hier uitgebreider behandeld of gekoppeld aan formules.

na ieder onderwerp staan er opgaven uit het boek die gemaakt kunnen worden. De opgaven zijn onderverdeeld in basis (dit niveau moet je minimaal hebben voor een voldoende), gevorderden en expert. Je hoeft niet alle opgaven te maken. Je kan er voor kiezen op ieder willekeurig niveau in te stappen.

Je kan er ook voor kiezen om de bijbehorende digitale oefentoets te maken. Je krijgt dan inzicht hoe goed je het onderwerp al beheerst. De oefentoets wordt afgesloten met een cijfer, wat alleen voor jou zichtbaar is en dus ook niet meetelt. Ook hier gaat het erom dat je minimaal basisniveau haalt, maar je kan ook kijken of je gevorderd of expert bent geworden in het betreffende onderwerp. Je kan de toets uiteraard ook overdoen om te kijken of je bijvoorbeeld van basisniveau bent gestegen naar expert niveau.

##### Introductie ioniserende straling

kernbegrippen: ioniserende straling, kunstmatige en natuurlijke straling, radioactieve stof

##### 5.2: röntgenstraling

kernbegrippen: röntgenstraling, intensiteit, röntgenbuis

##### 5.3: kernstraling

kernbegrippen: halveringstijd en activiteit

##### 5.4: radioactief verval

kernbegrippen: beta-plus straling, annihilatie, PET-scan, atomaire massa eenheid

##### 5.5: stralingsbelasting

kernbegrippen: stralingsdosis, dosisequivalent, geigermüllerteller

##### 5.6: beeldvorming

kernbegrippen: röntgenfoto, CT-scan, nucleaire diagnostiek, echografie, MRI-scan

### PowerPoint nieuwe stof:

Bij de verschillende dia's is onder de dia het script mee afgebeeld zoals het in de PowerPoint is ingesproken om een indruk te geven van de uitleg zoals deze te horen is tijdens het afspelen van de PowerPoint.

## 5.5: stralingsbelasting

Kernbegrippen: stralingsdosis,  
dosisequivalent, geigermüllerteller

4 VWO

### Stralingsdosis

- **stralingsdosis: de hoeveelheid stralingsenergie die een massa van één kilogram absorbeert**
- Eenheid stralingsdosis: gray (Gy)
- Een gray is gelijk aan één joule per kilogram:
- $D = E_{\text{abs}} / m$
- D = stralingsdosis in gray
- $E_{\text{abs}}$  = geabsorbeerde energie in joule
- m = massa van het ontvangende lichaamsdeel in kilogram



De stralingsdosis is de hoeveelheid stralingsenergie die een massa van 1 kg absorbeert. De eenheid van stralingsdosis is de gray. Uit de definitie blijkt dat 1 gray gelijk moet zijn aan 1 joule per kg. In formule vorm: D, de dosis in gray, is  $E$ , de geabsorbeerde stralingsenergie in joule, gedeeld door m, de massa in kg.



## Voorbeeld opgave

- Een wandelaar in de bergen vindt een brok graniet. Met de steen in zijn hand loopt de wandelaar in een uur naar huis. Het uranium in deze steen zendt alfadeeltjes uit met een energie van 4,18 MeV. Per seconde worden 45 alfadeeltjes geabsorbeerd in de huid van de hand. De massa van het betreffende stuk huid is 12 gram.
- Vraag: **bepaal de door de huid geabsorbeerde stralingsdosis**
- De energie van één alfadeeltje = 4,18 MeV.
- In BINAS: 1 MeV =  $1,602 \cdot 10^{-13}$  J
- Tijd = 1 h = 3600 s
- Per seconde worden 45 alfadeeltjes geabsorbeerd
- $E_{\text{abs}} = 1,602 \cdot 10^{-13} \cdot 4,18 \cdot 3600 = 1,085 \cdot 10^{-7}$  J
- $D = E_{\text{abs}} / m = 1,085 \cdot 10^{-7} / 0,012 = 9,0 \cdot 10^{-6}$  Gy



We bekijken een voorbeeld opgave: een wandelaar in de bergen vindt een brok graniet. Met de steen in de hand loopt de wandelaar in een uur naar huis. Het uranium in deze steen zendt alfadeeltjes met een energie van 4,18 MeV uit. Per seconde worden 45 alfadeeltjes geabsorbeerd in de huid van de hand. De massa van het betreffende stuk huid is 12 gram. De vraag luid: bepaal de door de huid geabsorbeerde stralingsdosis. Uit het verhaal blijkt dat de energie van 1 alfa deeltje gelijk is aan 4,18 MeV. In BINAS is te vinden dat 1 MeV overeenkomt met  $1,602 \cdot 10^{-13}$  Joule. De hand ontvangt gedurende 1 uur, dus 3600 seconden, energie. Per seconde worden er 45 deeltjes geabsorbeerd. De totale geabsorbeerde energie is dan: de energie van 1 alfadeeltje, omgerekend naar joule, keer de tijd die de hand aan de straling heeft blootgesteld, keer het aantal

## Dosisequivalent

- Dosisequivalent wordt ook wel equivalente dosis genoemd
- $H = Q \cdot D$  waarin:
  - H = dosisequivalent in Sievert (Sv)
  - Q = weegfactor
  - D = stralingsdosis in gray (Gy)
- Omdat de weegfactor geen eenheid heeft moet de eenheid sievert gelijk zijn aan de eenheid gray
- $1 \text{ Sv} = 1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/Kg}$
- Weegfactor:
  - Alfa = 20
  - Bèta = 1
  - Gamma = 1
  - Röntgen = 1

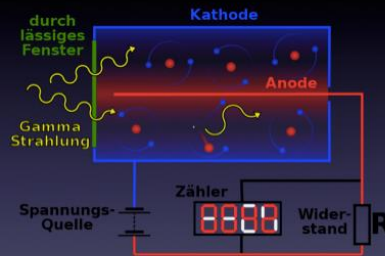


Bij stralingsdosis wordt er alleen rekening gehouden met de energie van de geabsorbeerde straling, niet met het ioniserende vermogen van de straling. Maar het ioniserende vermogen van alfastraling is groter dan dat van betastraling. Bij gelijke stralingsdosis zal alfastraling dus meer schade aanrichten dan betastraling. Hierom is er aan de verschillende soorten straling een weegfactor toegekend. Door de stralingsdosis te vermenigvuldigen met de weegfactor wordt het dosisequivalent H verkregen.

Het dosisequivalent H wordt ook wel equivalente dosis genoemd. In formule vorm zeggen we: Het dosisequivalent H is gelijk aan de weegfactor Q keer de stralingsdosis D. De eenheid van dosisequivalent is de Sievert.

# De geigermüllerteller

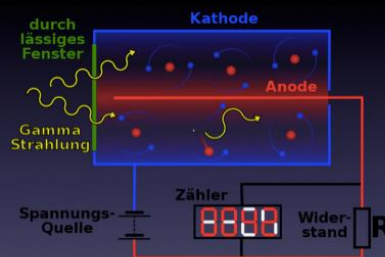
- metalen cilinder en een metalen pen
- Cilinder: gas onder lage druk
- Wand cilinder: aangesloten op - pool (kathode) (geaard) van een gelijkspanningsbron (500 V)
- Pen: aangesloten op + pool (anode)
- Nog geen stroom!



Een ander apparaat waarmee straling kan worden gedetecteerd is de Geigermüllerteller. Deze bestaat uit een metalen cilinder en een metalen pen. De cilinder is gevuld met een gas onder lage druk. De wand van de cilinder is aangesloten op de negatieve geaarde pool van een gelijkspanningsbron. De pen is via een weerstand aangesloten op de positieve pool. De spanning van de bron ligt rond de 500 volt.

# De geigermüllerteller

- ioniserende straling → aantal gasatomen geïoniseerd
- losse elektronen bewegen in het elektrisch veld naar de pen
- Positieve ionen naar de cilinderwand
- Versnelling in het elektrisch veld : Grote  $E_{kin}$  van elektronen
- Door botsingen: meer vrije elektronen → elektronen lawine → elektrisch stroompje → tik



Door ioniserende straling wordt een aantal gasatomen geïoniseerd. De losgemaakte elektronen bewegen in het elektrisch veld naar de pen, tevens bewegen de positieve ionen naar de cilinderwand. De door de versnelling in het elektrisch veld zullen de elektronen een grote kinetische energie krijgen. Door de grote snelheid van de elektronen zullen door botsingen met andere gasatomen meer elektronen worden losgeslagen en neemt het aantal vrije elektronen toe, resultaat: een lawine van elektronen. Hierdoor loopt er een kortdurend stroompje, dit stroompje wordt d.m.v. een ingebouwde luidspreker hoorbaar gemaakt als een tik.



## Bijlage 3

### Overzicht van de digitale oefentoetsen zoals getoond in Moodle:

Door op een groene titel te klikken opent zich vanzelf de gekozen oefentoets. Aan iedere oefentoets zit een tijdslimiet van 30 minuten.

Onderwerp 5

#### Onderwerp 5

##### Digitale oefentoetsen

Hier vind je de digitale oefentoetsen van het hoofdstuk. Als je een digitale oefentoets maakt krijg je na afloop een cijfer voor deze oefentoets. Dit cijfer telt niet mee en is alleen voor jou zichtbaar. Het is alleen bedoeld om je een idee te geven hoe goed je de stof beheert. Je kunt oefentoetsen ook vaker maken om te kijken of je jezelf hebt verbeterd. Hieronder zie je hoe je jezelf moet inschatten:

basisniveau: je scoort tussen de 6 en 7 op de oefentoets.

gevorderden: je scoort tussen de 7 en 8,5 op de oefentoets.

expert: je scoort tussen de 8,5 en 10 op de oefentoets

-  5.1 en 5.2 oefentoets
-  5.3 oefentoets
-  5.4 oefentoets
-  5.5 oefentoets
-  5.6 oefentoets

### Opgaven bij digitale oefentoets van paragraaf 5.5:

#### Vraag 1

Nog niet  
beantwoord  
Punten  
op 1,00



Markeer  
vraag

 [Bewerk vraag](#)

Koppel de termen aan de juiste omschrijvingen

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| de straling is door je heen gegaan en je hebt dus straling ontvangen | <input type="text" value="Kies..."/> |
| je zendt zelf straling uit en bent dus een bron geworden             | <input type="text" value="Kies..."/> |
| de eenheid van dosis   | <input type="text" value="Kies..."/> |
| de afstand die alfa en bèta deeltjes afleggen in een materiaal       | <input type="text" value="Kies..."/> |
| de eenheid van equivalente dosis                                     | <input type="text" value="Kies..."/> |

Met de volgende antwoordmogelijkheden bij vraag 1:

**Vraag 1**Nog niet  
beantwoordPunten  
op 1,00Markeer  
vraag [Bewerk vraag](#)

Koppel de termen aan de juiste omschrijvingen

de straling is door je heen gegaan en je hebt dus straling ontvangen

je zendt zelf straling uit en bent dus een bron geworden

de eenheid van dosis

de afstand die alfa en bèta deeltjes afleggen in een materiaal

de eenheid van equivalente dosis

✓ Kies...  
sievert  
gray  
dracht  
bestraling  
besmetting

Kies...

Kies...

**Vraag 2**Nog niet  
beantwoordPunten  
op 1,00Markeer  
vraag [Bewerk vraag](#)

Johanna en Berend hebben een practicum met radioactieve stoffen gedaan. Ze hebben tegen de regels in hun rugzakken mee het practicumlokaal in genomen. De rugzakken met daarin hun boterhammen hebben op heel korte afstand van het radioactieve preparaat gelegen. Hun boterhammen waren alleen verpakt in een plastic zakje

Is het veilig om de boterhammen na afloop op te eten?

Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden:

- ☐ a. Het ligt eraan hoever van de bron de rugzakken hebben gelegen. Als dat minder dan een meter was, dan was het gevaarlijk. Was het meer dan niet meer en kun je de boterhammen rustig opeten.
- ☐ b. nee, de straling is niet tegengehouden door het plastic zakje en de rugzak en daarom kun je de boterhammen niet meer opeten.
- ☐ c. ja, de boterhammen zijn bestraald en niet besmet.
- ☐ d. dat kun je op grond van deze gegevens niet zeggen. Was het preparaat een alfa of bèta straler dan kan de straling niet door de rugzak en het boterhamzakje heen en is het ongevaarlijk. Zendt het preparaat echter gammastraling uit dan is het wel gevaarlijk. Het advies is dus niet doen!

**Vraag 3**Nog niet  
beantwoordPunten  
op 3,00Markeer  
vraag [Bewerk vraag](#)

Een medewerkster op de röntgenafdeling van het ziekenhuis wordt tijdens haar werk per ongeluk gedurende 25 s blootgesteld aan röntgenstraling met een vermogen van  $0,15 \mu\text{W}$ . Van deze straling wordt 73 % geabsorbeerd door het lichaam met een massa van 70 kg. Bereken de equivalente dosis in Sievert die de medewerkster oploopt.

Geef alleen het numerieke antwoord en niet de eenheid. LET OP SIGNIFICANTIE! Als je een 10 macht moet gebruiken dan noteer je dit als  $3\text{E}-6$  = drie keer tien tot de macht min 6

Antwoord:

**Vraag 4**Nog niet  
beantwoordPunten  
op 3,00Markeer  
vraag [Bewerk vraag](#)

Een wandelaar vindt in de bergen een stuk graniet. Met de steen in de hand wandelt hij een uur naar huis. Het graniet bevat U-238 en zendt alfa-deeltjes uit. Per seconde worden 45 van deze alfa deeltjes geabsorbeerd in de huid van de hand. De massa van het betreffende stuk huid is 12 gram. Bepaal nu de door het betreffende stuk huid ontvangen stralingsdosis. Geef je antwoord in microgray, dan hoeft je geen machten te noteren. Gebruik BINAS tabel 25 bij het oplossen van deze vraag. Je hoeft geen eenheid te vermelden, alleen het numerieke antwoord. LET OP SIGNIFICANTIE!

Als je een tienmacht moet noteren dan

Antwoord:

**Vraag 5**Nog niet  
beantwoordPunten  
op 1,00Markeer  
vraag

Bewerk vraag

In de gezondheidszorg wordt er veel gebruik gemaakt van straling en radioactieve stoffen. Soms moeten patiënten bestraald worden en dit kan gedaan worden met bèta-straling, het gaat dan om , als er gebruik wordt gemaakt van gammastraling, gaat het om . In beide gevallen is geen sprake van  van de patiënt. Dit is wel het geval als er een  wordt gebruikt. De medewerkers in het ziekenhuis moeten dan maatregelen nemen zodat de  onder de norm blijft. Deze is vastgesteld op  per jaar. Medewerkers kunnen zich beschermen met een  en uiteraard houden ze de  zo kort mogelijk. De  wordt uiteraard zo groot mogelijk gehouden.

Met de volgende antwoordmogelijkheden bij vraag 5:

**Vraag 5**Nog niet  
beantwoordPunten  
op 1,00Markeer  
vraag

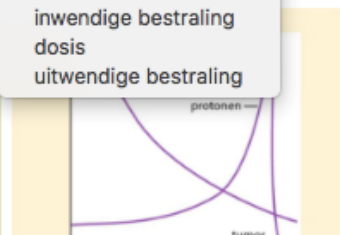
Bewerk vraag

In de gezondheidszorg wordt er veel gebruik gemaakt van straling en radioactieve stoffen. Soms moeten patiënten bestraald worden en dit kan gedaan worden met bèta-straling, het gaat dan om  als er gebruik wordt gemaakt van gammastraling, gaat het om . In beide gevallen is geen sprake van  van de patiënt. Dit is wel het geval als er een  wordt gebruikt. De medewerkers in het ziekenhuis moeten dan maatregelen nemen zodat de  onder de norm blijft. Deze is vastgesteld op  per jaar. Medewerkers kunnen zich beschermen met een  en uiteraard houden ze de  zo kort mogelijk. De  wordt uiteraard zo groot mogelijk gehouden.

- ✓ Kies...
- 20 mSv
- 1 mSv
- loodschort
- 2 mSv
- bestraling
- 10 mSv
- effectieve dosis
- tracer
- blootstellingstijd
- besmetting
- afstand
- inwendige bestraling
- dosis
- uitwendige bestraling

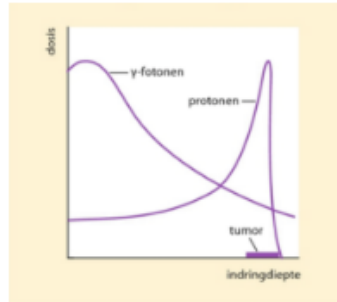
**Vraag 6**Nog niet  
beantwoordPunten  
op 1,00

Markeer



**Vraag 6**Nog niet  
beantwoordPunten  
op 1,00Markeer  
vraag

Bewerk vraag



een nieuwe methode voor radiotherapie is bestraling met snelle protonen. Deze methode heeft voordelen ten opzichte van bestraling met gamma fotonen. In de bovenstaande figuur is zowel voor gamma fotonen als protonen de (geabsorbeerde) dosis weergegeven als functie van de indringdiepte. Ook is aangegeven op welke diepte zich de tumor bevindt. Kenmerkend voor protonen is de piek in de grafiek. De plaats waar deze piek optreedt, hangt af van de energie van de protonen. Die energie kan men instellen.

Welke twee voordelen kun je aan de hand van de bovenstaande figuur benoemen als het gaat om bestraling met protonen t.o.v. bestraling met gamma fotonen.

Je moet dus twee antwoorden aankruisen!

Kies één of meer uit de volgende antwoorden:

- ☐ a. Protonen kunnen omdat het deeltjes zijn nauwkeuriger op de tumor worden afgeschoten
- ☐ b. Het doordringendvermogen van protonen is beter dan van gamma fotonen
- ☐ c. De protonen bezitten meer energie dan de gamma fotonen
- ☐ d. Bij de tumor komt de hoogste dosis terecht
- ☐ e. De schade aan het weefsel dat minder diep ligt dan de tumor is veel kleiner dan bij gamma straling

## Bijlage 4

Deze planner gaat over de hele periode 4 en naast het hoofdstuk over straling en gezondheid (hoofdstuk 5) wordt deze periode ook een gedeelte van hoofdstuk 6 behandeld. Dit laatste hoofdstuk wordt echter niet meegenomen in het onderzoek.

### Planner periode 4

#### V4NAT4

#### Hoofdstuk 5 straling en gezondheid

#### Paragraaf 6.3 en modeleren

Ma 2<sup>e</sup> L272

Ma 5<sup>e</sup> L132

Vr 4<sup>e</sup> L136

#### Instructie bij planner

De planner geeft aan wat je in de betreffende week moet doen om de stof op tijd onder de knie te krijgen. Er staan paragraafnummers bij. Je kan ervoor kiezen om de hele paragraaf door te nemen of slechts de nieuwe stof. Je keuze is afhankelijk van je voorkennis en daarom is het handig om de voorkennistest op de ELO te maken. Daarnaast kun je digitale oefentoetsen maken om te kijken of je de stof onder de knie hebt en op welk niveau je inmiddels zit. Basis bij de digitale oefentoets is het minimale niveau wat je moet hebben, bij gevorderden snap je de stof goed en bij expert niveau heb je de stof helemaal onder de knie.

Uiteindelijk bepaal jezelf welke opgaven je gaat maken. Hoe hoger je je niveau inschat (en de digitale oefentoetsen helpen je, je niveau in te schatten) hoe minder opgaven je hoeft te maken om de stof onder de knie te krijgen.

Het nakijken van de opgaven doe jezelf met de uitwerkingen van de ELO. Bij twijfel vraag je de docent om raad.

Les	Datum	Stof	opgaven
<b>1</b>	Vr 6-4 4 <sup>e</sup> uur	Bespreken toets periode 3 Bespreken 5.1 en 5.2 Instructie over nieuwe lessenserie	
<b>2</b> <b>t/m</b> <b>4</b>	Ma 9-4 2 <sup>e</sup> & 5 <sup>e</sup> uur Vr 13-4 4 <sup>e</sup> uur.	<b>Week 1:</b> Motivatie enquête invullen Maken voorkennistest Bestuderen: 5.1 t/m 5.3 Digitale oefentoets 5.1 & 5.2, 5.3	<b>Basis:</b> 3, 4, 7, 12, 13, 18, 19, 20, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 39, 41, 44, 45, 46, 47 <b>Gevorderden:</b> 7, 12, 13, 18, 20, 28, 31, 34, 39, 44, 45, 46 <b>Expert:</b> 18, 20, 28, 34, 39, 45

<b>5 t/m 7</b>	Ma 16-4 2 <sup>e</sup> & 5 <sup>e</sup> uur, vr 20-4 5 <sup>e</sup> uur	<b>Week 2:</b> Bestuderen: 5.4 & 5.5 Digitale oefentoetsen: 5.4, 5,5	<b><u>Basis:</u></b> 51, 52, 55, 56, 57, 62, 65, 66, 67, 73, 74, 75, 76, 82, 83, 85, 86 <b><u>Gevorderden:</u></b> 51, 55, 56, 57, 65, 66, 67, 74, 82, 85, 86 <b><u>Expert:</u></b> 56, 57, 66, 67, 85, 86
<b>9 t/m 11</b>	Ma 28-5 2 <sup>e</sup> & 5 <sup>e</sup> uur Vr 1-6 4 <sup>e</sup> uur	<b>Week 3:</b> Bestuderen: 5.6 herhaling 5.1 t/m 5.5 invullen motivatie enquête	<b><u>Basis:</u></b> 91, 94, 97, 103, 104, 105, 106, 107 <b><u>Expert:</u></b> 94, 97, 104, 106, 107 <b><u>Gevorderden:</u></b> 97, 104, 107
<b>12 t/m 14</b>	Ma 4-6 2 <sup>e</sup> & 5 <sup>e</sup> uur Vr 8-6 4 <sup>e</sup> uur	<b>Week 4:</b> Bekijken videometen (hoofdstuk 6, bladzijde 258 en 259) en huiswerk 6.3 deel 1 en 2 start practicum modeleren	<b><u>Basis:</u></b> 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58 <b><u>Gevorderden:</u></b> 46, 47, 48, 51, 52, 54, 56, 58 <b><u>Expert:</u></b> 46, 47, 48, 52, 54, 58
<b>15 t/ 17</b>	Ma 11-6 2 <sup>e</sup> & 5 <sup>e</sup> uur, Vr 15-6 4 <sup>e</sup> uur	<b>Week 5:</b> Practicum modeleren	
<b>18 &amp; 19</b>	Ma 18-6 2 <sup>e</sup> & 5 <sup>e</sup> uur	<b>Week 6:</b> Practicum modeleren Vragenuurtje voor toetsweek	

# Bijlage 5

---

Onderwerp 7

## Onderwerp 7

### Verdieping

Hier vind je verdiepingsstof bij het hoofdstuk ioniserende straling. Het is niet noodzakelijk deze stof door te nemen voor een goed cijfer, maar deze stof geeft wel meer inzicht in het onderwerp. Het legt bijvoorbeeld een verband tussen wat je leert en wat er in de praktijk mee gedaan wordt. Het is aan jou of je de stof wilt bekijken of niet.

### Ramp Tsjernobyl

Deze documentaire gaat over de ramp in de kerncentrale van Tsjernobyl. Deze ramp vond in 1986 plaats en was de grootste nucleaire ramp ooit. De documentaire vertelt de gebeurtenissen van de dag van de ramp door de ogen van een aantal betrokkenen.

Tijdsduur: 27 minuten

kernbegrippen waar deze documentaire bij aansluit:

besmetting, bestraling, dosis, equivalente dosis, stralingsbeschermingsnormen.





## Soorten straling, toepassingen en beschermingsmaatregelen.

In dit filmpje wordt uitgelegd waarvoor alfa-, bèta- en gammastraling kunnen worden gebruikt en hoe je ze het beste kunt tegenhouden.

tijdsduur: 6 minuten

kernbegrippen uit dit filmpje:

dracht, stralingsbescherming, soorten straling.



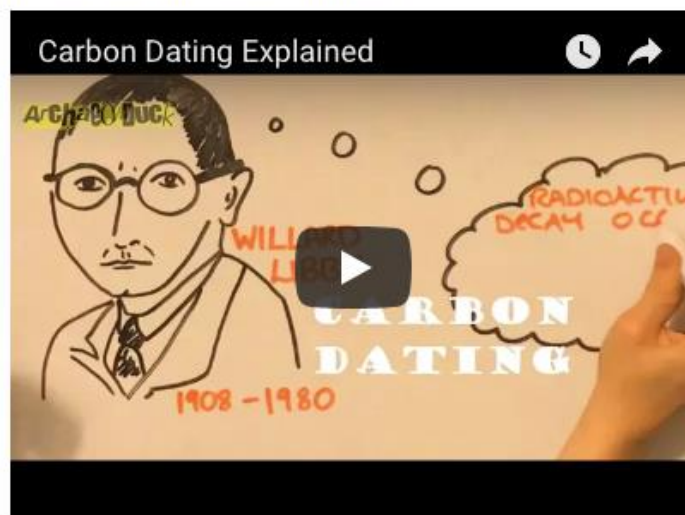
## De koolstof-14 methode

Hier vind je uitleg over de koolstof-14 methode. Hiermee kan de ouderdom van dierlijke of plantaardige resten worden bepaald.

Tijdsduur: 5 minuten

kernbegrippen bij deze film:

halveringstijd, toepassing ioniserende straling, activiteit.





## Werking PET scan

In deze animatie wordt de werking van een PET scan uitgelegd.

Tijdsduur: 4,5 minuten

Kernbegrippen bij deze animatie:

halveringstijd, tracer, PET-scan, beeldvormende techniek



## Protonbestraling

In deze animatie wordt de allernieuwste manier van uitwendige bestraling, protontherapie, uitgelegd. Er wordt uitgelegd waarom protontherapie soms beter is dan gewone uitwendige bestraling. In Nederland is deze techniek net pas geïntroduceerd

Tijdsduur: 3 minuten

Kernbegrippen bij protontherapie:

uitwendig bestralen, radiotherapie, protonen, stralingsbescherming. .



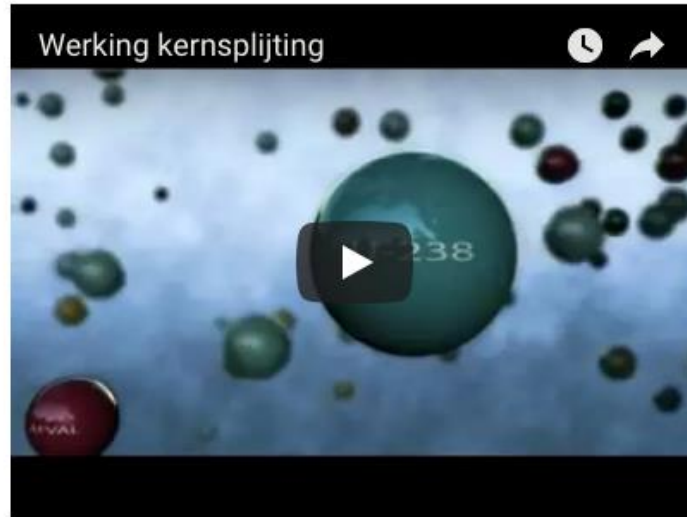
## Werking kernsplijting

Deze film gaat over kernsplijting. Er wordt uitgelegd welke stoffen er nodig zijn in een kerncentrale om energie op te wekken en hoe de splijting van die stoffen in zijn werk gaat.

Tijdsduur: 3,5 minuten

kernbegrippen:

kernsplijting, kettingreactie, kernafval



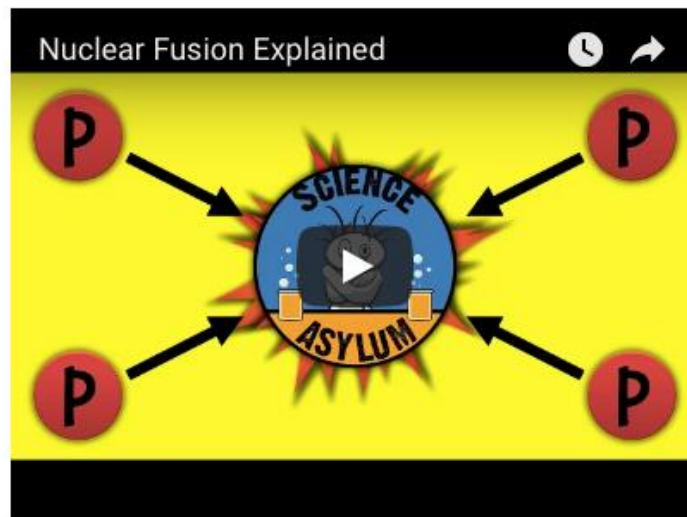
## Kernfusie

In deze video wordt de werking van kernfusie zoals die o.a. in het binnenste van de zon plaatsvindt uitgelegd.

Tijdsduur: 7 minuten

kernbegrippen:

kernfusie, rustmassa, massadefect, plasma.



# Bijlage 6

---

## A. Overzicht van het extra oefenmateriaal zoals weergegeven in Moodle

Alle groene titels zijn links naar het betreffende oefenmateriaal. Door erop te klikken opent zich de pagina met het materiaal.

Onderwerp 8

### Onderwerp 8

#### Extra oefenmateriaal

Hier vind je extra oefenmateriaal bij dit hoofdstuk. Je kunt het zo vaak gebruiken als je wilt, maar het is niet verplicht. Bepaal zelf hoeveel oefening je nodig hebt.



[diagnostische toets ioniserende straling](#)



[antwoorden diagnostische toets ioniserende straling](#)

#### Kruiswoordpuzzel begrippen ioniserende straling

Hier vind je een kruiswoordpuzzel met begrippen uit dit hoofdstuk. Je kunt op een leuke manier controleren of je alle begrippen kent.



[kruiswoordpuzzel ioniserende straling](#)

#### Proef radioactief verval is een toevalsproces

Dit proefje geeft door middel van een spel meer inzicht in het feit dat radioactief verval een toevalsproces is. Je krijgt zo ook meer inzicht in het begrip halveringstijd.



[radioactief verval proef](#)

#### Simulatie alfa verval

Deze animatie laat op een leuke manier alfaverval zien en geeft ook uitleg over de begrippen halveringstijd en straling.

#### Simulatie beta verval

Deze simulatie geeft inzicht in betaverval en kernfysica

#### Simulatie MRI

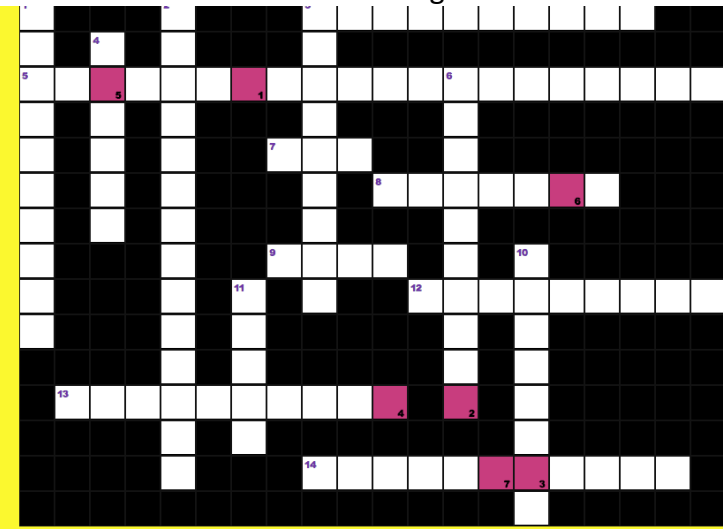
Deze simulatie geeft op een vereenvoudigde manier de werking van een MRI weer.

#### Simulatie kernsplijting

Deze simulatie laat zien hoe kernsplijting in zijn werk gaat. Ook is te zien wat een kettingreactie is.

## B. Kruiswoordpuzzel over ioniserende straling

Deze kruiswoordpuzzel geeft leerlingen inzicht in de beheersing van de begrippen uit het hoofdstuk ioniserende straling.



**HORIZONTAAL**

3 als je zelf een stralingsbron bent geworden

5 de hoeveelheid stralingsenergie per seconde per oppervlakte

7 beeldvorming met behulp van een magnetisch veld en radiogolven

8 een stof met een gelijk aantal protonen en een verschillend aantal neutronen

9 kernstraling bestaande uit Heliumkernen

12 van welke atoomsoort is deuterium een variant?

13 het aantal deeltjes dat per seconde vervalft

14 het aantal protonen in de kern

**VERTICAAL**

1 het totale aantal kerndeeltjes

2 tijd waarin de activiteit met de helft is afgenomen

3 als je slechts de ontvanger van straling bent, dan ben je...

4 radioactieve stof die in het lichaam wordt ingespoten

6 beeldvorming met geluidsgolven

10 straling die ontstaat door het verval van een proton in de kern

11 de stralingsenergie per massa

## C. Proef radioactief verval is een toevalsproces

### Experiment: Radioactief verval

In deze opdracht simuleer je radioactief verval met een verzameling munten en dobbelstenen.

- 1 Vraag aan de docent of de toa het doosje met de munten (minstens vijftig). De waarde van de munten mag verschillend zijn.

- a Als je een munt opgooit, hoe groot is dan de kans op 'kop'?
- b Gooi alle munten tegelijk op. Tel en verwijder de munten met 'kop': deze munten zijn 'vervallen'. Verzamel en tel de munten met 'munt'. Noteer het resultaat van de tellingen in de tabel hieronder bij worp 1. Herhaal dit met de overgebleven munten, tot uiteindelijk alle munten 'vervallen' zijn.

Noteer steeds per worp het resultaat van de tellingen in de tabel hieronder.

worp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
aantal overgebleven (munt)																	
aantal vervallen (kop)																	

- c Geef het resultaat van de tellingen weer in twee diagrammen: het aantal 'overgebleven' (verticaal) in de loop van de tijd (horizontaal), en het aantal 'vervallen' (verticaal) in de loop van de tijd (horizontaal). Voor de 'tijd' gebruik je daarbij het nummer van de worp.
- d De twee diagrammen lijken sterk op elkaar. Verklaar dit.
- e Hoe groot is de 'halveringstijd' van dit vervalproces? Met andere woorden: na hoeveel worpen is steeds het aantal

overgebleven munten gehalveerd?

**2** Verzamel een groot aantal dobbelstenen (minstens vijftig). De grootte van de dobbelstenen mag verschillend zijn.

- a** Als je een dobbelsteen gooit, hoe groot is dan de kans op 'zes'?
- b** Gooi alle dobbelstenen tegelijk. Verwijder en tel de dobbelstenen met 'zes': deze dobbelstenen zijn 'vervallen'. Verzamel en tel de overgebleven dobbelstenen. Noteer het resultaat van de tellingen in de tabel hieronder bij worp 1.

Herhaal dit met de overgebleven dobbelstenen, tot uiteindelijk alle dobbelstenen 'vervallen' zijn. Noteer steeds per worp het resultaat van de tellingen in de tabel hieronder.

	worp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
aantal overgebleven (een t/m vijf)																		
aantal vervallen (zes)																		

- c** Geef het resultaat van de tellingen weer in twee diagrammen: het aantal 'overgebleven' (verticaal) in de loop van de tijd (horizontaal), en het aantal 'vervallen' (verticaal) in de loop van de tijd (horizontaal). Voor de 'tijd' gebruik je daarbij het nummer van de worp.
- d** De twee diagrammen lijken op elkaar, maar er is ook duidelijk een verschil. Welk verschil is dat en hoe is dat verschil te verklaren?
- e** Hoe groot is de 'halveringstijd' van dit vervalproces? Met andere woorden: na hoeveel worpen is steeds het aantal overgebleven dobbelstenen gehalveerd?
- f** Je gaat dit experiment met de dobbelstenen herhalen, maar nu verwijder je na elke worp de dobbelstenen met 'vijf' én 'zes'. De kans op het 'vervallen' van een dobbelsteen neemt daardoor toe. Voorspel eerst in de twee al getekende diagrammen met een andere kleur het resultaat van dit nieuwe experiment. Controleer daarna je voorspelling door het experiment uit te voeren.

	worp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
aantal overgebleven (een t/m vier)																		
aantal vervallen (vijf en zes)																		

- g** Hoe moet je het experiment met de dobbelstenen herhalen om een resultaat te krijgen dat vergelijkbaar is met het experiment over het verval van munten?
- 3** Trek een conclusie uit de experimenten door het aanvullen van de volgende regels, waarin het woord 'deeltje' wordt gebruikt voor munt en dobbelsteen.
- a** Het aantal overgebleven deeltjes neemt geleidelijk af naarmate het aantal worpen toeneemt (dus: in de loop van de tijd): naarmate de kans op verval van een deeltje groter is, is de halveringstijd van het vervalproces **groter / kleiner**.
  - b** Het aantal vervallende deeltjes per worp neemt geleidelijk af naarmate het aantal worpen toeneemt (dus: in de loop van de tijd): naarmate de kans op verval van een deeltje groter is, is de halveringstijd van het vervalproces **groter / kleiner**.
  - c** De halveringstijd voor het aantal overgebleven deeltjes is **groter dan / even groot als / kleiner dan** de halveringstijd voor het aantal vervallende deeltjes per worp.
  - d** Naarmate de halveringstijd van het vervalproces groter is, is het aantal vervallende deeltjes per worp **groter / kleiner**.

**Radioactief verval**

Deze experimenten met het verval van munten/dobbelstenen zijn een simulatie van radioactief verval. Een radioactieve stof bestaat uit instabiele atoomkernen, met een bepaalde kans om te vervallen. Als zo'n instabiele atoomkern vervalt, zendt het een  $\alpha$ -deeltje,  $\beta$ -deeltje of  $\gamma$ -foton uit. In het experiment zijn de na elke worp overgebleven munten/dobbelstenen de 'nog niet vervallen instabiele atoomkernen'. De na een worp verwijderde munten/dobbelstenen kun je opvatten als de 'vervallen instabiele atoomkernen', en dus als de activiteit van de radioactieve stof.

# Bijlage 7

## A. Overzicht Moodle pagina eindtoets

Door op de eindtoets ioniserende straling te klikken wordt de toets automatisch opgestart.

Onderwerp 9

### Onderwerp 9

#### Eindtoets ioniserende straling

Lees onderstaande instructie:

Hier vind je de eindtoets over het onderwerp ioniserende straling. Deze toets is bedoeld als test voor jezelf om te kijken of je de stof al dan niet beheerst.

Je maakt de eindtoets als jij denkt dat je hier aan toe bent. Je hoeft dus niet vooraf alle stof te hebben bestudeerd. Het kan zijn dat je al eerder aan de eindtoets toe bent.

Bij iedere opgave is er na afloop feedback met uitleg en verwijzingen naar de onderwerpen waar de opgave mee te maken heeft. Je kunt dan deze stof nogmaals doornemen als het nodig is.

De eindtoets bestaat uit 20 opgaven en je hebt 60 minuten om de eindtoets te maken. Bij iedere opgave wordt je ook gevraagd hoe zeker je van je antwoord bent. Je zekerheid wordt ook in de beoordeling van je test meegenomen.

Je kan de eindtoets ook meerdere keren maken om te kijken of je jezelf hebt verbeterd.

60 % -70 % goed = basisniveau

71%-85 % goed = gevorderden niveau

86% -100% goed = expert niveau.



Eindtoets ioniserende straling

## B. Opgaven eindtoets Straling en gezonden

De toets is een mix van oude (bewerkte)examenopgaven en nieuwe opgaven. De toets heeft een maximale duur van 60 minuten, hierna wordt toets automatisch afgesloten en het cijfer berekent. Is de leerling eerder klaar dan kan hij handmatig de toets afsluiten en het cijfer laten berekenen.

### Vraag 1

Nog niet  
beantwoord

Weging  
1,00



Markeer  
vraag

Bewerk vraag

Röntgenstraling behoort niet tot de kernstraling.

Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden

- ☐ Waar  
☐ Niet waar

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)



**Vraag 2**Nog niet  
beantwoordWeging  
4,00Markeer  
vraag

Bewerk vraag

Cassie is een hond met een tumor in haar bot. Ze wordt inwendig bestraald met samarium-153.

De tumor in het bot van Cassie werd bestraald met de  $\beta^-$ -deeltjes die door het samarium-153 zijn uitgezonden. Elk deeltje had een energie van 233 keV. Tijdens de behandeling heeft het geïnfecteerde bot een stralingsdosis ontvangen van 86,5 Gy ten gevolge van de  $\beta^-$ -deeltjes. De massa van het geïnfecteerde bot is 10 g.

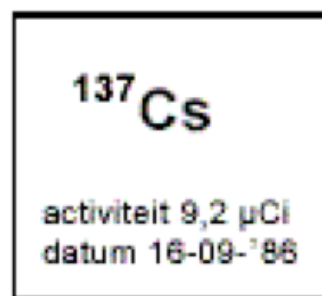
Bereken hoeveel  $\beta^-$ -deeltjes door het geïnfecteerde bot tijdens de behandeling worden geabsorbeerd.

Hier hoeft je geen eenheid te geven! Noteer je antwoord als:  $5,4 \cdot 10^2$

Antwoord: Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)**Vraag 3**Nog niet  
beantwoordWeging  
3,00Markeer  
vraag

Bewerk vraag

Jorieke en Pauline nemen op 16 maart 2015 deel aan een practicum over ioniserende straling. Op een van de radioactieve preparaten zit het volgende etiket:



CI is een afkorting van 'curie', een oude eenheid van activiteit. Zie tabel 5 van het informatieboek *Binas*.

**Bereken de activiteit van het preparaat op 16 maart 2015 in becquerel.**

**Denk aan significantie! Geef je antwoord in  $4,3 \cdot 10^2$  en denk ook aan de eenheid (Bq)!**

Antwoord: Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)**Vraag 4**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag

Bewerk vraag

Samarium-153 zendt zowel  $\beta^-$ -straling als gamma-straling uit. Het kan daarom zowel voor een behandeling tegen tumoren gebruikt worden als voor een scan.

Geef het vervalproduct van samarium-153.

Noteer je antwoord als: 'uranium-238'

Antwoord: Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)**Vraag 5**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag

Bewerk vraag

De eenheden van Dosis en Dosisequivalent zijn, uitgedrukt in S.I. eenheden, exact gelijk.

Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden

- ☐ Waar  
☐ Niet waar

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)



**Vraag 6**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag [Bewerk vraag](#)

Achtergrond straling is altijd afkomstig uit het heelal.

Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden

- ☐ Waar  
☐ Niet waar

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)

**Vraag 7**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag [Bewerk vraag](#)

De activiteit van 2 kg Plutonium is groter dan de activiteit van 1 kg Plutonium

Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden

- ☐ Waar  
☐ Niet waar

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)

**Vraag 8**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag [Bewerk vraag](#)

Alleen als een stof isotopen kent, kan hij radioactief zijn.

Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden

- ☐ Waar  
☐ Niet waar

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)

**Vraag 9**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag [Bewerk vraag](#)

Hoeveel % van de activiteit is nog over na 10 halveringstijden van een radioactieve stof?

Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden:

- ☐ a.  $2,0 \cdot 10^{-3} \%$   
☐ b.  $9,8 \cdot 10^{-2} \%$   
☐ c.  $9,8 \cdot 10^{-4} \%$   
☐ d.  $0,20 \%$

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)

**Vraag 10**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag

Bewerk vraag

Lees onderstaande tekst:

In oktober 1957 brak er brand uit in een van de kernreactoren van Windscale in Engeland. Allerlei radioactieve stoffen kwamen in de lucht terecht.

Engeland had toen al een net van meetstations om de lucht te controleren op radioactiviteit. In zo'n station werd continu buitenlucht door een filter gezogen om stofdeeltjes te vangen. Elke dag werd een nieuw filter geplaatst. Het oude filter werd onder een Geiger-Müllerteller gelegd om de radioactiviteit ervan te meten. In de dagen na de brand meldden de Engelse meetstations ten zuidoosten van Windscale een hoge uitslag van hun Geigertellers.



Men kon al snel vaststellen dat de isotoop jodium-131 ( $I-131$ ) een van de boosdoeners was. Tot welk product vervalt jodium-131?

Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden:

- ☐ a. Xenon-131
- ☐ b. telluur-131
- ☐ c. jodium-132
- ☐ d. jodium-130

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)**Vraag 11**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag

Bewerk vraag

Voor het maken van een scintigram wordt uitsluitend gamma straling gebruikt.

Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)**Vraag 12**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag

Bewerk vraag

Door het uitzenden van alfa straling verandert het atoom in een positief geladen ion.

Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden

- ☐ Waar
- ☐ Niet waar

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)

**Vraag 13**Nog niet  
beantwoordWeging  
2,00Markeer  
vraag

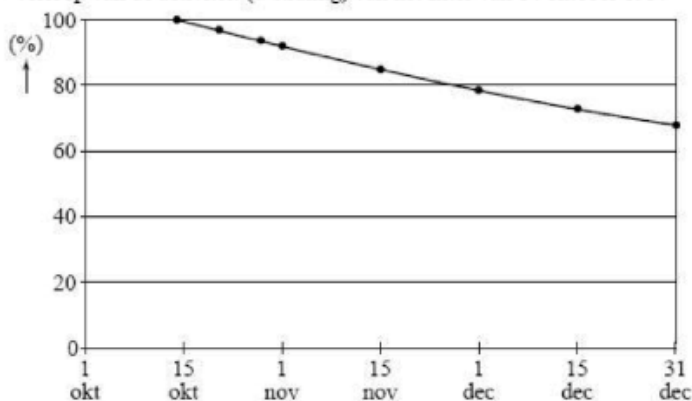
Bewerk vraag

IN oktober 1957 was er brand in een Britse kernreactor waarbij een radioactieve wolk in de atmosfeer terecht kwam.

Ook de Nederlandse meetstations namen de radioactieve wolk waar. Daar constateerde men dat in de filters een radioactieve stof was achtergebleven die  $\alpha$ -straling uitzond. De hypothese was dat het plutonium-239 of uranium-238 of een polonium isotoop betrof.

Om zekerheid te verkrijgen werd elk filter met tussenpozen een aantal keer doorgemeten. Onderstaande figuur geeft de meetresultaten van het filter dat vanaf 14 oktober werd doorgemeten. De activiteit van 14 oktober is op 100% gesteld.

Verloop van de activiteit ( $\alpha$ -straling) van het filter van 14 oktober 1957



Welke isotoop zou het geweest kunnen zijn?

Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden:

- ☐ a. Polonium-218
- ☐ b. Uranium-238
- ☐ c. Polonium-209
- ☐ d. Polonium-210
- ☐ e. Plutonium-239

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)

**Vraag 14**Nog niet  
beantwoordWeging  
3,00Markeer  
vraag

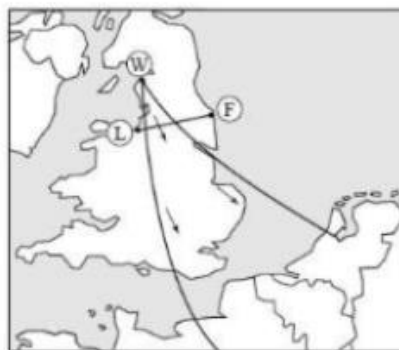
Bewerk vraag

Lees de onderstaande tekst:

In oktober 1957 brak er brand uit in een van de kernreactoren van Windscale in Engeland. Allerlei radioactieve stoffen kwamen in de lucht terecht.

Engeland had toen al een net van meetstations om de lucht te controleren op radioactiviteit. In zo'n station werd continu buitenlucht door een filter gezogen om stofdeeltjes te vangen.

Elke dag werd een nieuw filter geplaatst. Het oude filter werd onder een Geiger-Müllerteller gelegd om de radioactiviteit ervan te meten. In de dagen na de brand meldden de Engelse meetstations ten zuidoosten van Windscale een hoge uitslag van hun Geigertellers.



Men kon al snel vaststellen dat de isotoop jodium-131 ( $I-131$ ) een van de boosdoeners was.

De kaart bij de tekst laat zien hoe de radioactieve wolk vanuit Windscale (W) door de wind in zuidoostelijke richting werd meegenomen. De meetstations op de lijn Liverpool (L) - Flamborough (F) leverden de gegevens waarmee men de hoeveelheid ontsnapt  $I-131$  kon berekenen.

Op de lijn LF had de radioactieve wolk een breedte van 120 km en een hoogte van 900 m. De wolk had 48 uur nodig om de lijn LF te passeren bij een windsnelheid van 5,0 m/s.

De gemiddelde activiteit van het  $I-131$  in de wolk was tijdens het passeren van de lijn LF 9,5 Bq per kubieke meter lucht.

Bereken de totale activiteit van het  $I-131$  in de radioactieve wolk tijdens het passeren van de lijn LF. Bereken daartoe eerst het volume van de wolk.

**Noteer je antwoord als:  $3,9 \cdot 10^6$  als er een macht van tien moet worden genoteerd en vergeet de eenheid niet en denk ook aan significantie!**

Antwoord:

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)

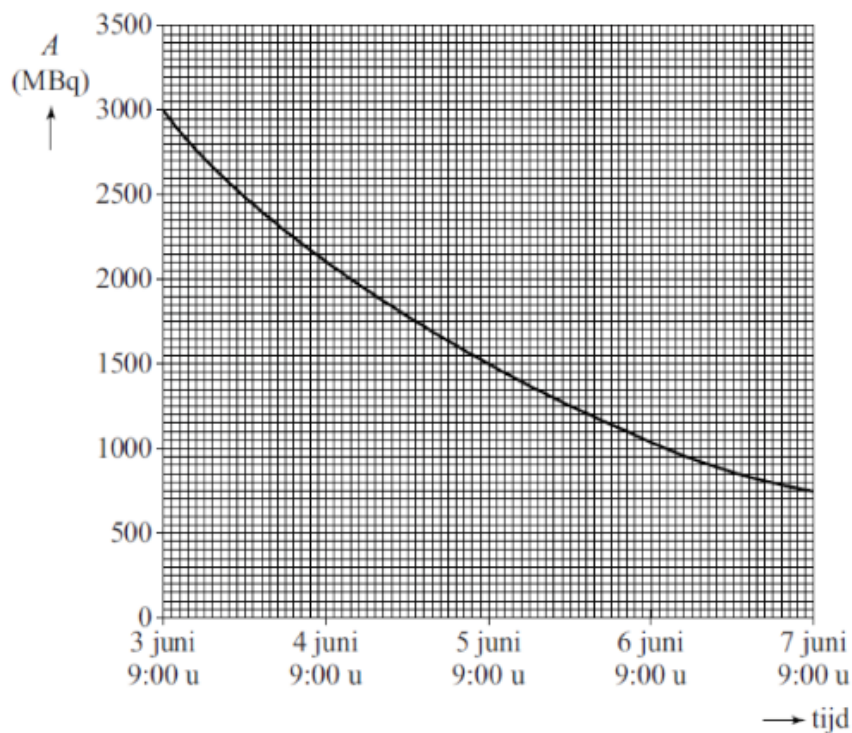
**Vraag 15**Nog niet  
beantwoordWeging  
2,00Markeer  
vraag

Bewerk vraag

Samarium-153 wordt gebruikt bij het inwendig bestralen van tumoren.

Het medicijn met daarin samarium-153, met productiedatum 3 juni 9.00 uur, wordt aangeleverd in een flesje met een inhoud van 15 mL.

De activiteit van het geleverde samarium-153 is weergegeven in de onderstaande figuur.

**figuur 3**

Bepaal met behulp van de figuur de halveringstijd van samarium-153. Geef je antwoord in 2 significante cijfers en vermeld ook de eenheid: uren, dagen, seconden etc. Schrijf de eenheid volluit!

Antwoord:

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)

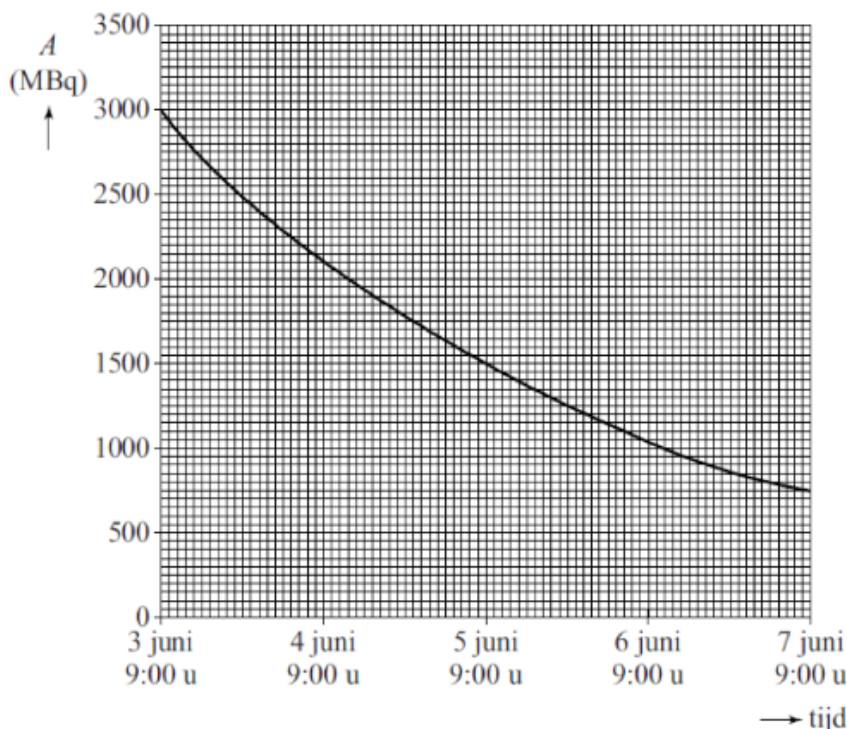


**Vraag 16**Nog niet  
beantwoordWeging  
3,00Markeer  
vraag

Bewerk vraag

Cassie is een hond waar onlangs een tumor in haar botten is gevonden. Zij wordt nu behandeld met samarium-153. Dit medicijn is in staat de tumoren van binnenuit te bestralen.

Bekijk de onderstaande grafiek met de activiteit van samarium-153 en maak gebruik van deze grafiek bij het beantwoorden van de vraag:

**figuur 3**

Cassie is op 4 juni om 09.00 uur 's ochtends ingespoten met het medicijn. Volgens de arts moet er 37 MBq per kg lichaamsgewicht geïnjecteerd worden. Cassie heeft een massa van 30 kg.

**Bepaal hoeveel milliliter van het medicijn ingespoten moet worden.**  
**Denk aan de eenheid (ml) en aan significantie!**

Antwoord: Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)**Vraag 17**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag

Bewerk vraag

Welk soort straling wordt gebruikt om een scan te maken en van welke eigenschap van die straling wordt dan gebruikgemaakt? Kies uit de onderstaande antwoorden:

- a.  $\beta^-$ -straling, want deze straling heeft een klein doordringend vermogen.
- b.  $\beta^-$ -straling, want deze straling heeft een groot doordringend vermogen.
- c.  $\gamma$ -straling, want deze straling heeft een klein doordringend vermogen.
- d.  $\gamma$ -straling, want deze straling heeft een groot doordringend vermogen.

Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden:

- ☐ a. betamin straling, want deze straling heeft een groot doordringend vermogen
- ☐ b. Betamin straling, want deze straling heeft een klein doordringend vermogen
- ☐ c. Gammastraling, want deze straling heeft een klein doordringend vermogen
- ☐ d. Gammastraling, want deze straling heeft een groot doordringend vermogen

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)

**Vraag 18**

Nog niet  
beantwoord

Weging  
4,00



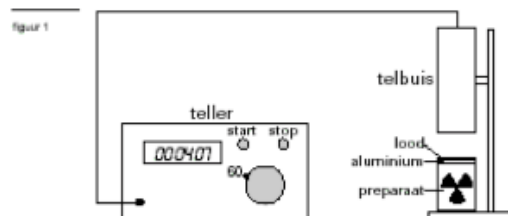
Markeer  
vraag

Bewerk vraag

Jorieke en Pauline nemen op 16 maart 2015 deel aan een practicum over ioniserende straling. Op een van de radioactieve preparaten zit het volgende etiket:

CI is een afkorting van 'curie', een oude eenheid van activiteit. Zie *tabel 5* van het informatieboek *Binas*.

Het  $^{137}\text{Cs}$ -preparaat zendt  $\beta$ - en  $\gamma$ -straling uit. Jorieke en Pauline willen de halveringsdikte van lood voor de  $\gamma$ -straling bepalen. In de figuur hieronder is hun opstelling te zien.



Ze doen vier verschillende metingen met de GM-telbuis:

- De telbuis meet een achtergrondstraling van 24 pulsen per minuut als het preparaat nog niet onder de telbuis staat.
- Als het preparaat (zonder plaatjes) onder de telbuis is geplaatst, meet de telbuis 8011 pulsen per minuut.
- Met een plaatje aluminium van 5,0 mm dikte (houdt alle  $\beta$ -straling tegen) tussen de telbuis en het preparaat meet de telbuis 628 pulsen per minuut.
- Als er behalve het plaatje aluminium ook nog een plaatje lood van 4,0 mm dikte tussen de telbuis en het preparaat wordt geplaatst, meet de teller 407 pulsen per minuut.

**Bereken de halveringsdikte van lood voor de uit het preparaat vrijkomende gamma-straling. Denk aan significantie en aan de eenheid. Geef je antwoord in mm (millimeter)!**

Antwoord:

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)

**Vraag 19**

Nog niet  
beantwoord

Weging  
1,00



Markeer  
vraag

Bewerk vraag

Cassie, een acht jaar oude hond met een tumor in het bot, is onlangs, als eerste hond ter wereld, succesvol behandeld met samarium-153.

Samarium-153 komt niet in de vrije natuur voor. Het wordt gemaakt door samarium-152-kernen te beschieten met een bepaald soort deeltjes.

Met welk deeltje moet een samarium-152-kern beschoten worden om samarium-153 te vormen?

Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden:

- ☐ a. neutron
- ☐ b. proton
- ☐ c. alfadeeltje
- ☐ d. betadeeltje
- ☐ e. gammafoton

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)



**Vraag 20**Nog niet  
beantwoordWeging  
1,00Markeer  
vraag

Bewerk vraag

Bij de kernramp in Tsjernobyl kwam er radioactief jodium in de lucht terecht

Een deel van het radioactieve jodium daalde neer op de grond. Via gras en koeien kwam het in melk terecht.

Is er bij het consumeren van deze melk sprake van bestraling of van besmetting?

Kies het juiste antwoord uit de volgende mogelijkheden:

- ☐ a. besmet
- ☐ b. bestraald

Zekerheid : ☐ Z=1 (Niet zeker: <67%) ☐ Z=2 (Gemiddeld: >67%) ☐ Z=3 (Heel zeker: >80%)