Examen VWO

2015

tijdvak 2
woensdag 17 juni
13.30 - 16.30 uur

natuurkunde

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 26 vragen.
Voor dit examen zijn maximaal 73 punten te behalen.
Voor elk vraagnummer staat hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

VW-1023-a-15-2-o

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 1 'Indoor Skydive'

Lees onderstaand artikel.

Iedereen kan vliegen!

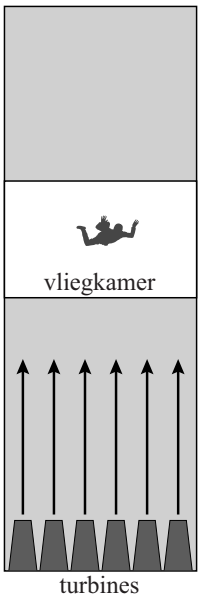
Bij Roosendaal bevindt zich 'Indoor Skydive'. In deze attractie ervaar je het gevoel van een 'vrije val', zonder uit een vliegtuig te springen. Je zweeft in een windtunnel in een verticale luchtstroom die een snelheid van maximaal 240 $\mathrm{km\,h^{-1}}$ kan hebben. Door je armen en benen in een iets andere positie te brengen, kun je je in de tunnel omhoog of omlaag bewegen.

De snelheid van 240 $\mathrm{km\,h^{-1}}$ komt overeen met de snelheid die je bereikt als je vanaf een bepaalde hoogte valt, met verwaarlozing van de luchtweerstand.

3p **1** Bereken die hoogte.

In figuur 1 staat de cilindrische toren van Indoor Skydive schematisch weergegeven. Onder in de toren bevinden zich de turbines. Dit zijn ventilatoren die de lucht omhoog blazen.

figuur 1



In tabel 1 staan een aantal gegevens van Indoor Skydive.

tabel 1

tunnelhoogte	23,5 m
doorsnede vliegkamer	14,6 $\mathrm{m^2}$
maximale luchtsnelheid	240 $\mathrm{km\,h^{-1}}$
maximale luchtstroom	$3{,}5 \cdot 10^6$ $\mathrm{m^3\,h^{-1}}$
spanning over elke turbine	400 V
maximaal elektrisch vermogen van één turbine	0,50 MW
aantal turbines	12

natuurkundeuitgelegd.nl

2p **2** Toon aan dat de luchtsnelheid $240\ \mathrm{km\,h^{-1}}$ bedraagt als er sprake is van de maximale luchtstroom.

De gebruikte spanning is hoger dan de normale netspanning.

2p **3** Leg uit wat in deze situatie een groot voordeel is van deze hogere spanning.

Eén kWh elektrische energie kost € $0{,}20$.

3p **4** Bereken de elektriciteitskosten van de turbines voor één minuut zweven op maximaal vermogen.

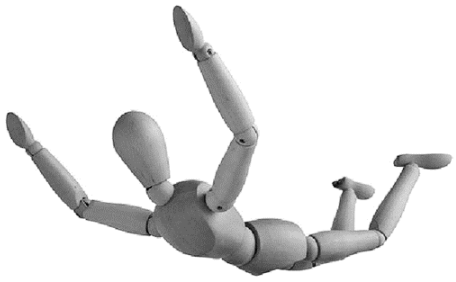
De luchtstroom op de skydiver veroorzaakt een luchtweerstandskracht. Voor de luchtweerstandskracht geldt de formule:

$$F_{\mathrm{w}} = \tfrac{1}{2} C_{\mathrm{w}} \rho A v^2$$

Hierin is:
- F_{w} de luchtweerstandskracht (in N),
- C_{w} de luchtweerstandscoëfficiënt,
- ρ de dichtheid van lucht (in $\mathrm{kg\,m^{-3}}$),
- A de frontale (loodrecht op de luchtstroom) oppervlakte (in $\mathrm{m^2}$),
- v de luchtsnelheid (in $\mathrm{m\,s^{-1}}$).

Een skydiver (massa $70\ \mathrm{kg}$) houdt zijn lichaam zoveel mogelijk in de stand zoals schematisch weergegeven in figuur 2.
Hij maakt van zijn lichaam een soort kommetje.
In dat geval geldt: $C_{\mathrm{w}} = 0{,}50$.
Een technicus van Indoor Skydive stelt de luchtsnelheid zó in dat de skydiver stil hangt.

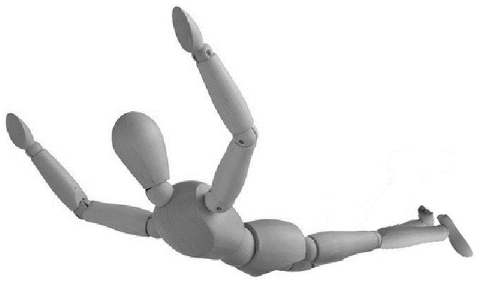
figuur 2



4p **5** Bereken die luchtsnelheid. Maak daarvoor een schatting van de frontale oppervlakte van de skydiver.

Om in de vliegkamer te manoeuvreren kan de skydiver zijn armen en benen in een andere stand brengen.
Op een bepaald moment strekt de skydiver zijn benen uit, zoals weergegeven in figuur 3.

figuur 3



2p **6** Leg uit of de skydiver dan omhoog of omlaag zal bewegen.

natuurkundeuitgelegd.nl

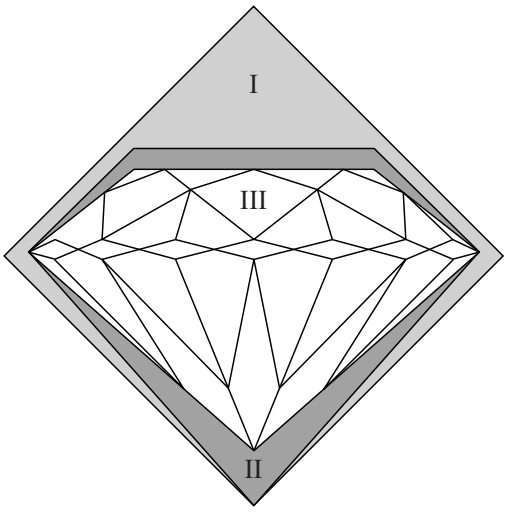
Opgave 2 Diamant

Lees onderstaand artikel.

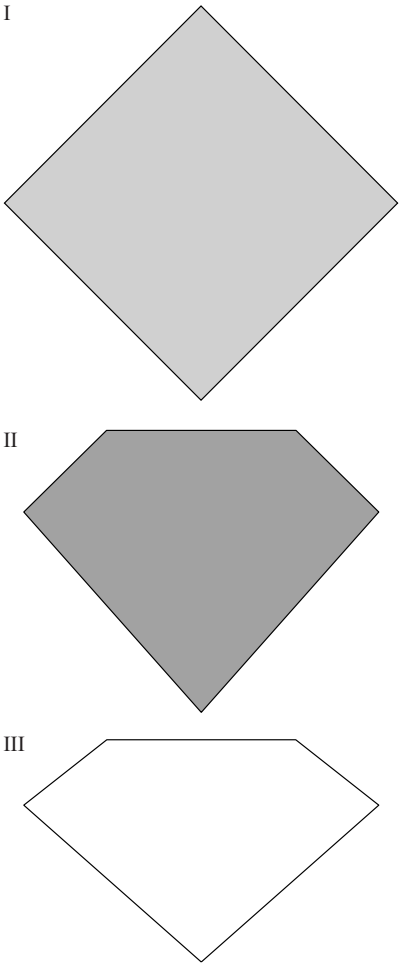
De waarde van een diamant wordt niet alleen bepaald door het aantal karaat (1 karaat = 200 mg) maar ook door de manier waarop hij geslepen is. Zie figuur. Bij een goed geslepen diamant komt veel van het opvallende licht door interne reflectie weer terug aan de bovenkant. Daardoor lijkt het of er binnenin een lichtbron zit. Juist als een diamant zogenaamd 'loepzuiver' is, is de prijs van de diamant hoog. Loepzuiver wil zeggen dat als met een loep met een vergroting van 10× gekeken wordt, er geen onzuiverheden (insluitsels) of oneffenheden te zien zijn.

Als een diamantslijper een ruwe steen heeft (vorm I) kan hij kiezen voor een zo groot mogelijke geslepen diamant (vorm II) of voor een kleinere diamant met een stompere hoek aan de onderkant (vorm III).
Zie figuur 1 en 2 (zijaanzicht).

figuur 1



figuur 2



natuurkundeuitgelegd.nl

Op de uitwerkbijlage staat een doorsnede van diamant III met een gedeelte van een stralengang.

3p **7** Construeer in de figuur op de uitwerkbijlage de lichtstraal die bij punt B de diamant verlaat.

Op de uitwerkbijlage staat een doorsnedetekening met één lichtstraal van diamant II en van diamant III.
Bij één diamant verlaat meer licht de diamant door de bovenkant dan bij de andere diamant.

3p **8** Leg uit bij welke, II of III, het meeste licht de diamant door de bovenkant verlaat. Gebruik hierbij een berekening en/of een bepaling in de figuren op de uitwerkbijlage.

Iemand bekijkt de diamant door een vergrootglas.

figuur 3

Hij gebruikt een lens met een brandpuntafstand van 3,0 cm. Hij houdt de diamant 2,5 cm voor de lens. Zie figuur 3.

3p **9** Bereken de vergroting.

Hij wil met dezelfde lens de diamant zien met een grotere vergroting.

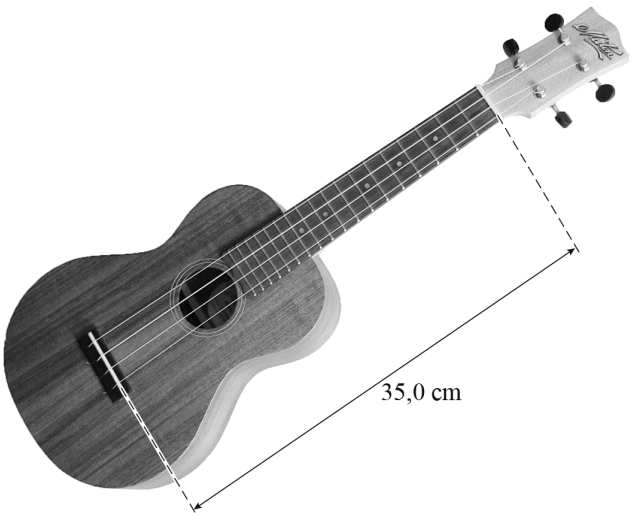
2p **10** Geef aan hoe hij dit kan bereiken.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 3 Ukelele

Een ukelele is een klein formaat gitaar met vier snaren. Zie figuur 1.
Daarin is aangegeven tussen welke twee punten de snaren trillen. Een ukelele kan op verschillende manieren gestemd worden.
Een van deze stemmingen is zoals weergegeven in tabel 1.

figuur 1



tabel 1

snaar	grondtoon	f (Hz)
1	G	392
2	C	262
3	E	330
4	A	440

Hieruit blijkt dat de golfsnelheid in de snaren van de ukelele niet gelijk is.

2p **11** Leg dat uit.

Als snaar 3 en 4 tegelijk worden aangetokkeld, is er een klank te horen die als prettig ervaren wordt. We zeggen ook wel dat deze twee snaren ‘stemmen’. Een verklaring hiervoor is dat deze snaren een of meer gemeenschappelijke boventonen hebben.

2p **12** Bepaal de frequentie van de laagste gemeenschappelijke boventoon van de snaren 3 en 4.

De snaren hebben een verschillende dikte, en zijn allemaal gemaakt van nylon. De lengte van een snaar op een ukelele bedraagt 35,0 cm.
Zie figuur 1.
Camiel vraagt zich af hoe groot de spankracht in een snaar van de ukelele is. Om hier achter te komen, bevestigt hij een krachtmeter aan het midden van een snaar. Als hij de snaar over een afstand van 1,0 cm omhoogtrekt, geeft de krachtmeter 3,8 N aan. Deze situatie is schematisch weergegeven op de uitwerkbijlage.
Deze figuur is niet op schaal. Als deze figuur op schaal zou zijn, zou een constructie geen nauwkeurige resultaten opleveren.

5p **13** Voer de volgende opdrachten uit:
- **Teken** in de figuur op de uitwerkbijlage de vectorpijl(en) van de spankracht in de snaar op het punt waar de krachtmeter aangrijpt.
- **Bereken** vervolgens de spankracht in deze situatie.

natuurkundeuitgelegd.nl

Camiel herhaalt zijn meting waarbij hij de snaar steeds verder optrekt en berekent iedere keer de spankracht. Van die resultaten maakt hij een grafiek waarin hij de hoek van de snaar met de horizontaal uitzet tegen de spankracht. Deze grafiek staat weergegeven op de uitwerkbijlage.

3p **14** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef de reden dat de grafiek niet door de oorsprong gaat.
- Bepaal de spankracht in de snaar als er niet aan getrokken wordt.

In de literatuur ontdekt Camiel dat het verband tussen de spankracht en de golfsnelheid in een snaar kan worden weergegeven met behulp van:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}, \text{ met } \mu = \frac{m}{\ell} \qquad (1)$$

Hierin is:
- v de golfsnelheid (in $\mathrm{m\,s^{-1}}$),
- F de spankracht (in N),
- μ de massa per lengte-eenheid (in $\mathrm{kg\,m^{-1}}$),
- m de massa (in kg),
- ℓ de lengte van de snaar (in m).

Camiel beseft dat de frequenties van de snaren bekend zijn. Hij kan de spankracht in een snaar dan berekenen met behulp van:

$$F = \frac{\lambda^2 f^2 \pi d^2 \rho}{4} \qquad (2)$$

Hierin is:
- λ de golflengte (in m),
- f de frequentie (in Hz),
- d de dikte van de snaar (in m),
- ρ de dichtheid van het materiaal van de snaar (in $\mathrm{kg\,m^{-3}}$).

3p **15** Leid formule (2) af uit formule (1) en formules in BINAS.

De dikte van snaar 1 bedraagt $0{,}65\ \mathrm{mm}$. De ukelele is gestemd op de manier zoals weergegeven in tabel 1.

3p **16** Bepaal de spankracht in snaar 1 zoals die uit formule (2) volgt.

Snaar 3 (de ‘E’-snaar) van de ukelele brengt dezelfde toon voort als de hoogste snaar van een klassieke gitaar. Zo’n snaar is ook gemaakt van nylon en even dik als de snaar van de ukelele, maar heeft een lengte van $64{,}5\ \mathrm{cm}$. De spankracht in de twee snaren is niet gelijk.

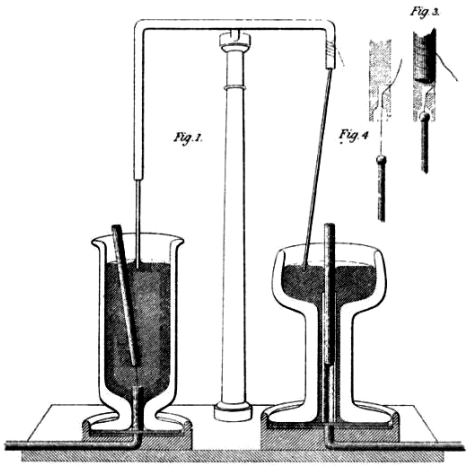
2p **17** Bepaal de verhouding van de spankrachten: $\frac{F_{\text{gitaar}}}{F_{\text{ukelele}}}$.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 4 Faradaymotor

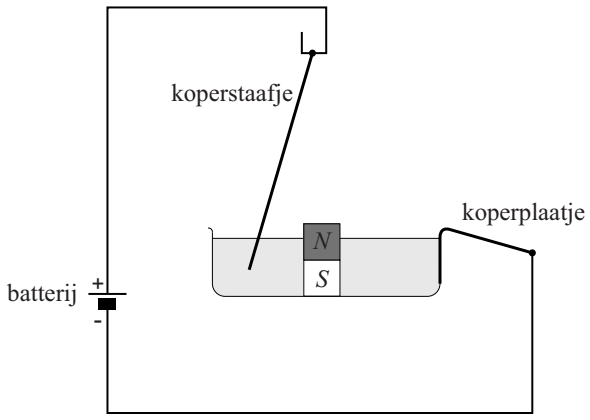
Lees onderstaand artikel.

Een van de eerste elektromotoren ooit werd ontwikkeld door Michael Faraday. In 1821 publiceerde hij zijn idee. In deze publicatie stond nevenstaande figuur.
De opstelling bestaat uit twee bekers gevuld met kwik. In de rechter beker bevindt zich in het midden een magneet. In het kwik hangt een koperen staaf. Door een elektrische stroom te laten lopen door de opstelling (koperen staaf en kwik) beweegt de koperen staaf rondom de magneet. (In het linker gedeelte beweegt de magneet om de koperen staaf.)



Sanne wil met eenvoudige hulpmiddelen zelf een Faradaymotor maken als in het rechter gedeelte in de afbeelding hierboven.
In figuur 1 is schematisch de opstelling weergegeven die Sanne maakt.
Midden in een glazen bakje legt ze een magneet.
In het bakje giet ze water.
Verder verbindt ze een 9,0 V-batterij via twee koperdraden met een koperstaafje en een koperplaatje. De koperdraden hebben elk een diameter van 0,20 mm en een lengte van 30 cm. Het koperstaafje heeft een diameter van 1,0 mm en een lengte van 10 cm.

figuur 1



Sanne berekent dat de weerstand van het koperstaafje 2,2 mΩ is en beredeneert dat de weerstand van één koperdraad een factor 75 groter is dan de weerstand van het koperstaafje.

4p **18** Voer de berekening uit en geef de redenering van Sanne om te laten zien dat deze waarden juist zijn.

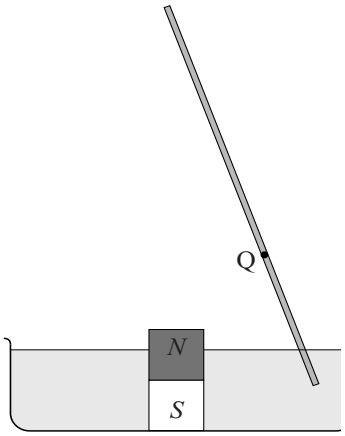
natuurkundeuitgelegd.nl

Sanne voegt een hoeveelheid zout toe aan het water. Het zoute water tussen het koperplaatje en het koperstaafje heeft een weerstand van $4{,}5\ \Omega$. Het koperplaatje in de opstelling heeft een verwaarloosbaar kleine weerstand. Ook worden eventuele contactweerstanden verwaarloosd.

3p **19** Bereken de stroomsterkte die nu door haar opstelling loopt.

Als de stroom loopt, begint het koperstaafje om de magneet heen te draaien. Er werkt dus een kracht op het staafje. In figuur 2 is de situatie schematisch getekend. In punt Q staat het magneetveld loodrecht op het staafje. Figuur 2 staat vergroot weergegeven op de uitwerkbijlage.

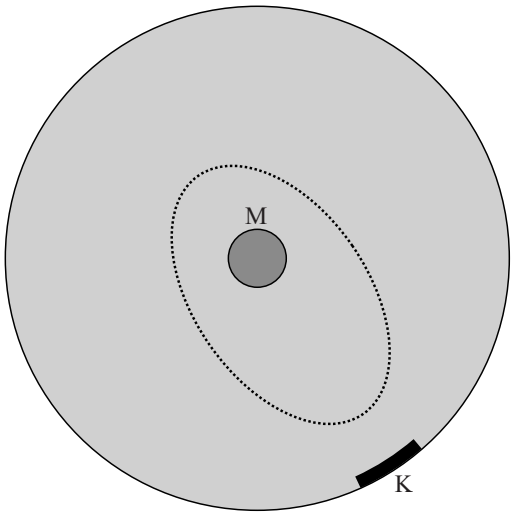
figuur 2



4p **20** Voer de volgende opdrachten uit:
- Teken in de figuur op de uitwerkbijlage de richting van het magneetveld en van de kracht in punt Q.
- Geef daarmee aan of het staafje, van bovenaf gezien, een draaibeweging maakt met de wijzers van de klok mee of tegen de wijzers van de klok in.

Als Sanne van bovenaf naar het draaiende staafje kijkt, valt het haar op dat de baan ellipsvormig is en niet cirkelvormig.
In figuur 3 is dit schematisch weergegeven. In deze figuur is ook de positie van de magneet M en het koperplaatje K aangegeven.

figuur 3



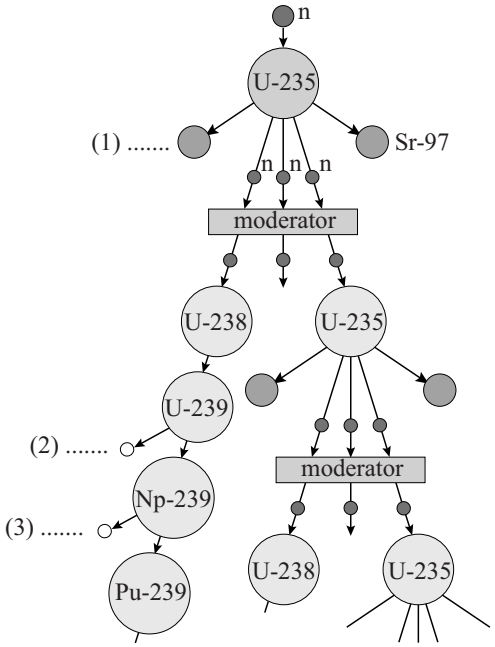
3p **21** Leg uit waarom de baan **niet** cirkelvormig is.

natuurkundeuitgelegd.nl

Opgave 5 Tritium in een kerncentrale

In figuur 1 is schematisch het proces van kernsplijting weergegeven dat zich in een kerncentrale afspeelt. In het schema staan op drie plaatsen stippeltjes. Figuur 1 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

figuur 1



2p **22** Vul in de figuur op de uitwerkbijlage op de drie plaatsen van de stippeltjes de naam van de kern met zijn massagetal in of de naam van het betreffende deeltje.

Per splijting van een uranium-235-kern komt gemiddeld een hoeveelheid energie vrij van $190\ \text{MeV}$. Deze energie wordt met een rendement van 35% omgezet in elektrische energie.
In één jaar vinden $2{,}93 \cdot 10^{27}$ splijtingen in de kerncentrale plaats.

3p **23** Bereken het gemiddeld elektrisch vermogen in gigawatt dat de kerncentrale levert in dat jaar.

De nieuwe neutronen die bij splijting ontstaan, gaan eerst door de moderator voordat ze een volgende splijting veroorzaken.

1p **24** Wat is de functie van de moderator?

natuurkundeuitgelegd.nl

Bij een moderne kerncentrale vervult het koelwater onder meer de functie van moderator.
In het schema van figuur 1 lijkt het dat in de moderator geen neutronen verdwijnen. Maar in werkelijkheid gebeurt dat wel, maar in geringe mate. Er kunnen namelijk verschillende reacties optreden waarbij een neutron wordt geabsorbeerd: het kan een reactie zijn met het water zelf of een reactie met één van de stoffen die aan het water zijn toegevoegd.
Door boorzuur toe te voegen kan een neutron worden ingevangen door een kern van boor-10. De volgende reactie treedt op:

$$^{10}_{5}\mathrm{B} + ^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow ^{3}_{1}\mathrm{H} + 2 \cdot ^{4}_{2}\mathrm{He}$$

3p **25** Laat zien of bij deze reactie energie vrijkomt of dat er energie nodig is.

Ongeveer twee op de miljoen van de neutronen die vrijkomen bij de $2{,}93 \cdot 10^{27}$ splijtingen in één jaar, worden geabsorbeerd volgens bovenstaande reactie, waarbij tritium ontstaat.
Gebruikmakend van de formule $A(t) = \dfrac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} N(t)$ is de orde van grootte van de activiteit van het tritium te berekenen.
Stel dat de kerncentrale na het opstarten één jaar continu draait.
Hieronder staan vier ordes van grootte van de activiteit na dat jaar.

a 10^{8} Bq

b 10^{13} Bq

c 10^{18} Bq

d 10^{23} Bq

3p **26** In welke orde van grootte ligt de activiteit? Motiveer je keuze met een berekening.

Foton De nieuwe natuurkundemethode voor de bovenbouw
Theorie, oefenopgaven, antwoorden in één overzichtelijk boek inclusief SE-keuzeonderwerpen
Betaalbaar: € 35,- voor de complete stof. Meer info: natuurkundeuitgelegd.nl