

GEOFYSICA – VWO

Foton is een opgavenverzameling voor het nieuwe eindexamenprogramma natuurkunde.

Foton is gratis te downloaden via natuurkundeuitgelegd.nl/foton

Uitwerkingen van alle opgaven staan op natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen

Videolessen over de theorie zijn te vinden op natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen

Theorie bij dit hoofdstuk strekt zich uit over alle centraal-examen onderwerpen. Er zijn dus geen aparte videolessen bij dit onderwerp. Bij elke opgave zit een inleiding die voldoende uitleg bevat om de opgave te kunnen maken.



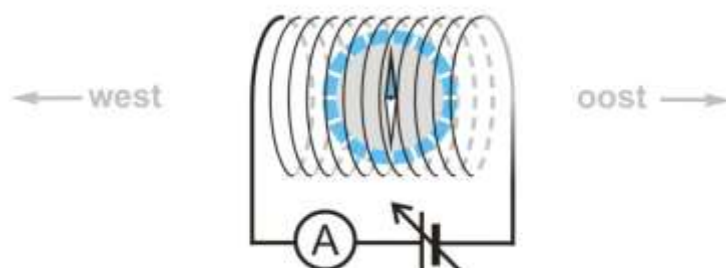
“Geofysica” is als **keuzeonderwerp** onderdeel van het VWO schoolexamen.

Voor dit onderwerp is geen landelijke stofomschrijving. Precieze invulling kan van school tot school verschillen

1 Aardmagnetisme

Jeroen en Baukje willen de sterkte van het magneetveld van de aarde bepalen. Ze gebruiken hiervoor een spoel met 12 windingen en een lengte van 24 cm. De spoel ligt op tafel in oost-west-richting en in de spoel ligt een kompas. Zie schakeling hieronder.

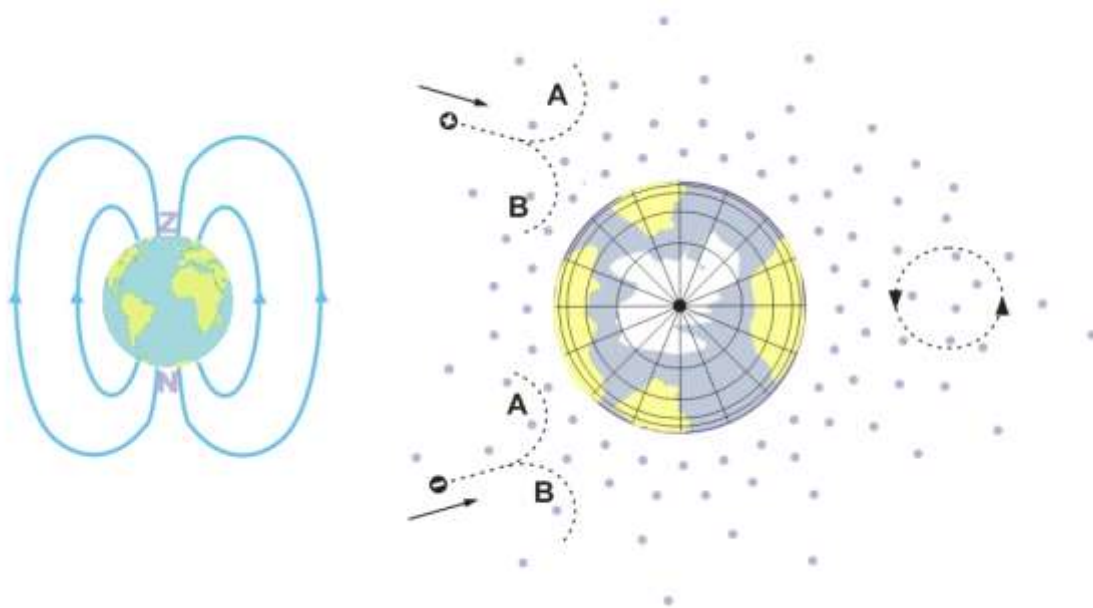
- Bepaal met de rechterhandregel of de noordpool van het kompas naar links of rechts zal draaien als de stroom wordt ingeschakeld.
- Als de stroom wordt ingeschakeld, draait de kompasnaald over een hoek van bijna 90° . Beredeneer of de grootte van het magneetveld in de spoel sterker of zwakker is dan het aardmagnetisch veld.
- Met de regelbare spanningsbron wordt de stroom zó ingesteld dat de kompasnaald onder een hoek van 45° komt te staan. Leg uit dat in dit geval de sterkte van het magneetveld in de spoel gelijk is aan die van het aardmagnetisch veld.
- De stroomsterkte die Jeroen en Baukje in deze situatie aflezen is 350 mA. Wat is de sterkte van het aardmagnetisch veld waar Jeroen en Baukje op uitkomen?
- In de literatuur vinden Jeroen en Baukje dat het aardmagnetisch veld in Nederland meer dan twee keer zo sterk zou moeten zijn. Wat is de reden van het verschil?



2 Noorderlicht

Naast licht en andere soorten straling, zendt de zon ook een grote stroom geladen deeltjes het heelal in. De mate waarin de zon dit doet wordt de *zonneactiviteit* genoemd en deze kan van dag tot dag verschillen. Dat de meeste van deze deeltjes het aarde niet bereiken heeft te maken met het magneetveld van de aarde. In de afbeelding links staan de magnetische veldlijnen rond de aarde weergegeven. De magnetische zuidpool ligt in het noorden. De rechter afbeelding is een bovenaanzicht van de aarde boven de (geografische) noordpool te zien.

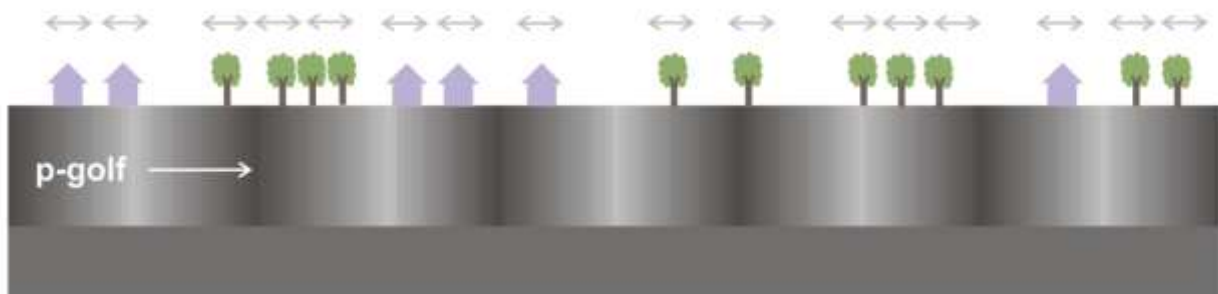
- Linksboven nadert een door de zon uitgezonden positief deeltje de aarde. Bepaal met de linkerhandregel in welke richting (A of B) het deeltje wordt afgebogen.
- Linksonder nadert een door de zon uitgezonden negatief deeltje de aarde. Bepaal met de linkerhandregel in welke richting (A of B) het deeltje wordt afgebogen.
- Rechts is de baan te zien van een deeltje wat is "gevangen" in het magneetveld van de aarde. Beredeneer aan de hand van de draairichting of het om een positief of negatief geladen deeltje gaat.
- Rond de aarde bevinden zich enorme gebieden met geladen deeltjes die in de loop der tijd gevangen zijn geraakt in het magneetveld van de aarde. Deze worden, naar de ontdekker, de Van Allengordels genoemd. In principe blijven de deeltjes gevangen in cirkelbanen evenwijdig aan het equatorvlak van de aarde maar als de deeltjes een snelheidscomponent langs de veldlijnen hebben kunnen ze zich ook langs de veldlijnen verplaatsen. Deze deeltjes zullen uiteindelijk het aardoppervlak kunnen bereiken. Op welke plaats raken deze deeltjes de dampkring?
- Het lichtverschijnsel dat gepaard gaat met het botsen van de deeltjes met de luchtmoleculen staat bekend als het *noorderlicht*. Leg uit waarom in periodes dat de zonneactiviteit hoog is enige tijd wordt gevolgd door een toename in het *noorderlicht*.



3 P-golf

De aarde wordt gevormd door een vaste aardkorst bovenop een vloeibaar binnenste. Deze aardkorst is opgebouwd uit verschillende platen. Op deze platen wordt voortdurend druk uitgeoefend en soms kan de druk zó groot worden dat een plaat met een schok verschuift ten opzicht van een andere plaat. De schokgolf die hieruit voorkomt kan leiden tot een aardbeving. Één van de soorten golven die hierbij ontstaan is een drukgolf die zich door het de aardkorst voortplant. In de afbeelding hieronder staat schematisch wat er gebeurt als een drukgolf zich langs het aardoppervlak verplaatst. Een drukgolf is relatief snel vergeleken met de andere soorten golven die bij een aardbeving ontstaan. Dit betekent dat bij een aardbeving de drukgolf als eerste gevoeld wordt. Een drukgolf wordt om deze reden ook wel een *primaire golf* of *p-golf* genoemd.

- Leg uit of een p-golf een longitudinale of een transversale golf is.
- Een p-golf heeft, net zoals alle golven, een frequentie en een golflengte. Leg van elk van deze grootheden uit hoe ze zich aan het oppervlak manifesteren en hoe je ze zou kunnen meten.
- Een p-golf resulteert aan het aardoppervlak in een trilling met een frequentie van 0,92 Hz. De golflengte bedraagt 6,4 km. Bereken de voortplantingssnelheid van de golf.
- De voortplantingssnelheid van een p-golf hangt o.a. af van de dichtheid van het materiaal waar de golf zich in voortplant. Beredeneer of de voortplantingssnelheid groter of kleiner wordt bij toenemende dichtheid. Aanwijzing: Vergelijk je antwoord op vraag c met de geluidssnelheid in lucht.



4 S-golf

Langs de aardkorst kunnen zich ook golven voortplanten op een manier die vergelijkbaar is met golven op een wateroppervlak. Hieronder staat schematisch wat er gebeurt. Een dergelijke golf is relatief langzaam vergeleken met de andere soorten golven die bij een aardbeving ontstaan. Dit betekent dat bij een aardbeving deze golven later gevoeld wordt. Ze worden daarom ook wel *secundaire* of *s-golven* genoemd.

- Leg uit wat voor soort beweging je zelf maakt als je op de grond staat terwijl er een s-golf voorbij komt.
- Leg uit of een s-golf een longitudinale of een transversale golf is.

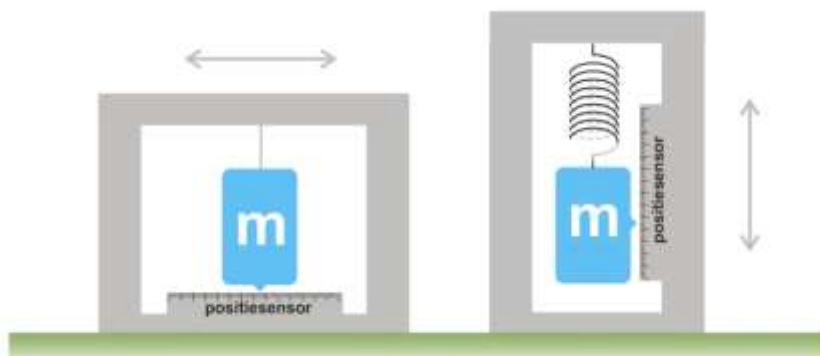
- c Een s-golf beweegt met een snelheid van $3,3 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ door de aardkorst langs het aardoppervlak. De golflengte bedraagt $2,0 \text{ km}$. Bereken de frequentie van de trillingen die aan het aardoppervlak gevoeld worden.

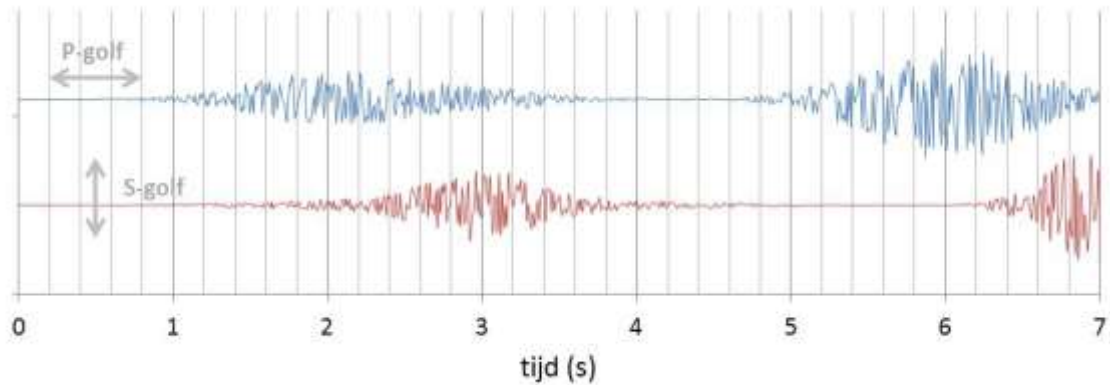


5 Seismograaf

Om trillingen in de aardbodem te detecteren wordt gebruik gemaakt van seismografen. Een seismograaf bestaat uit een grote massa die vrij is opgehangen. Wanneer het aardoppervlak trilt, beweegt de seismograaf mee met deze trilling. De massa blijft hierbij door zijn eigen traagheid en door het feit dat hij vrij is opgehangen op zijn plaats. Door constant de positie van de massa te meten ten opzichte van de rest van de seismograaf meet de seismograaf dus zijn eigen beweging. Voor elke bewegingsrichting bestaat een andere seismograaf. Door doorlopend de positie als functie van de tijd te meten ontstaat in de loop der tijd een *seismogram*.

- a De seismograaf in de linker afbeelding bestaat uit een grote massa die aan een dunne draad hangt. De massa kan vrij heen en weer slingeren in het horizontale vlak (p-golven). Leg uit waarom het belangrijk is dat de slingertijd langer is dan de trillingstijd van de trillingen van de aardkorst?
- b De seismograaf in de linker afbeelding is bedoeld voor meten van verticale trillingen (s-golven). De massa bedraagt 25 kg en is opgehangen aan een veer met veerconstante $C = 180 \text{ Nm}^{-1}$. Bereken de resonantiefrequentie van dit massa-veersysteem.
- c Laat zien dat de frequenties in het seismogram hieronder hoger zijn dan de resonantiefrequenties van het massa-veersyteem.





6 Epicentrum

Het punt onder het aardoppervlak waar een trilling plaatsvindt die leidt tot een aardbeving wordt het *hypocentrum* genoemd. Het punt op het aardoppervlak recht daarboven wordt het *epicentrum* genoemd. Vanuit het epicentrum breidt de aardbeving zich uit over het aardoppervlak. Bij een aardbeving planten zich twee soorten golven langs het aardoppervlak voort: p-golven met een snelheid van $5,9 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ en s-golven met een snelheid van $3,3 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$. Op een afstand van 120 km van het epicentrum wordt de aardbeving voor het eerst gedetecteerd met een seismograaf.

- Bereken hoeveel tijd er zit tussen de beving en de aankomst van de eerste p-golf bij de seismograaf.
- Bereken hoeveel tijd er zit tussen de beving en de aankomst van de eerste s-golf bij de seismograaf.
- Hoe groot is de vertraging tussen de aankomst van de p-golf en de s-golf?
- Een tweede beving met een andere epicentrum vindt plaats. De vertraging tussen de aankomst van de p- en de s-golven bij de seismograaf bedraagt nu 12,9 s. Bereken de afstand van het tweede epicentrum tot de seismograaf.

7 Tsunami

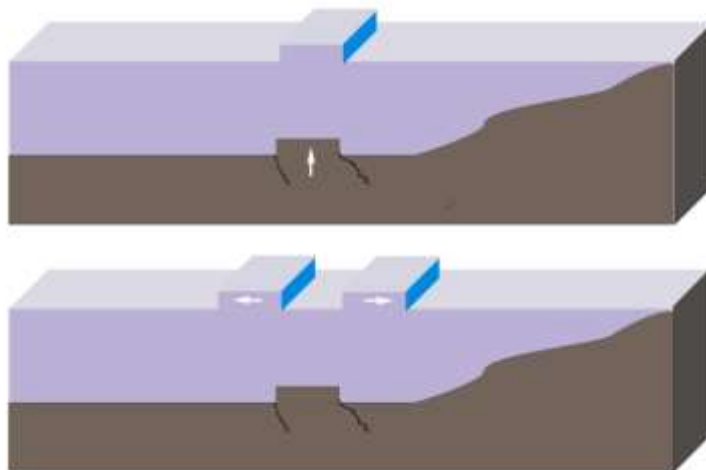
In de afbeelding hieronder is te zien hoe een gedeelte van de zeebodem door een aardverschuiving plotseling omhoog komt. Het zeewater dat boven dat gedeelte zit, wordt omhoog gedruwd waardoor er een 'waterberg' aan het oppervlak ontstaat. Deze waterberg is meestal niet hoog, maar kan in de lengte en de breedte grote afmetingen hebben. Direct na het ontstaan verplaatst de waterberg zich naar beide kanten en kan hierbij een tsunami's, , vloedgolven aan de kust, veroorzaken. Het mogelijke gevaar van een tsunami hangt af van de zwaarte-energie van de waterberg ten opzichte van het normale zeepil. Als deze energie meer dan 0,5 PJ (petajoule) bedraagt, is er kans op een tsunami.

- De waterberg die ontstaat heeft een breedte van 150 km, een hoogte van 1,8 m en strekt zich uit over een lengte van 1200 km parallel aan de kust. Laat met een berekening zien dat hierbij kans is op tsunami's.

- b Een tsunami-golf verliest weinig energie als hij een grote afstand aflegt. Dit in tegenstelling tot een golf vanuit een puntvormige bron zoals bijvoorbeeld veroorzaakt door een steen die in een vijver valt. Leg uit waarom de amplitude van een golf van een puntvormige bron wel sterk afneemt en een tsunami golf (bijna) niet.
- c De snelheid v waarmee een waterberg zich verplaatst, wordt gegeven door onderstaande formule. Laat zien dat de eenheden aan beide kanten gelijk zijn.
- d Als een waterberg de kust nadert, treden er twee effecten op: de waterberg wordt smaller en de waterberg wordt hoger. Geef voor beide effecten een natuurkundige verklaring.
- e De gevolgen van een tsunami kunnen aan de kust desastreus zijn. Men zoekt dan ook naar manieren om de bevolking van gebieden in de gevarenzone vroegtijdig te waarschuwen. Eén manier werkt als volgt. Een aardverschuiving van de zeebodem veroorzaakt schokgolven door de aardkorst waarvan de voortplantingsnelheid het dubbele is van de voortplantingsnelheid van geluid in steen. Omdat deze snelheid groter is dan de snelheid van de waterberg, bereikt de schokgolf de kust eerder dan de tsunami. Stel dat een aardverschuiving plaatsvindt op 2500 km van een meetpunt aan de kust en dat de zee een diepte heeft van 3,0 km. Bereken het tijdsverschil tussen het waarnemen van de schokgolf en de komst van de tsunami.

$$v = \sqrt{g \cdot d}$$

v = golfsnelheid (ms^{-1})
 $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$
 d = diepte (m)



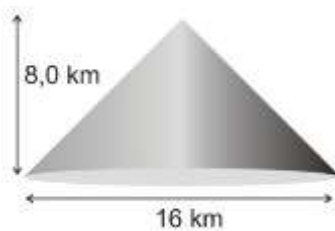
8 Mount Everest

Gebruik bij deze opgave BINAS tabel 30

Voor de zwaartekracht tussen twee voorwerpen geldt de gravitatiewet (zie BINAS tabel 35-A5). Hoe groter de afstand hoe kleiner de zwaartekracht. Een gevolg hiervan is dat op

grotere hoogte boven het aardoppervlak de zwaartekracht afneemt.

- Bereken de grootte van de zwaartekracht op een massa van 1,000 kg op het aardoppervlak met behulp van de gravitatiewet.
- Bereken de grootte van de zwaartekracht op dezelfde massa op een hoogte van 8000 m boven het aardoppervlak.
- Bovenop de Mount Everest (hoogte 8000 m) is de zwaartekracht iets hoger dan je op grond van de hoogte mag verwachten. Dit komt omdat er in de 8000 m tussen de massa en het aardoppervlak een berg zit die zelf ook een massa heeft. Om een schatting te maken van deze massa beschouwen we de berg als een massief granieten kegel met een diameter van 16 km en een hoogte van 8,0 km (zie onder). Bereken de massa van de Mount Everest.
- Voor de extra zwaartekracht die de berg uitoefent is niet alleen de massa maar ook de afstand tot deze massa van belang. Voor het bepalen van deze afstand nemen we voor het gemak aan dat alle massa zich in het zwaartepunt van de kegel bevindt. Voor een massieve kegel ligt het zwaartepunt op $\frac{1}{4} \cdot h$. Beredeneer of dit gerekend is vanaf de top of vanaf de bodem en bepaal de afstand van de top tot het zwaartepunt.
- Bepaal de grootte van de zwaartekracht op de massa van 1,000 kg bovenop de Mount Everest.

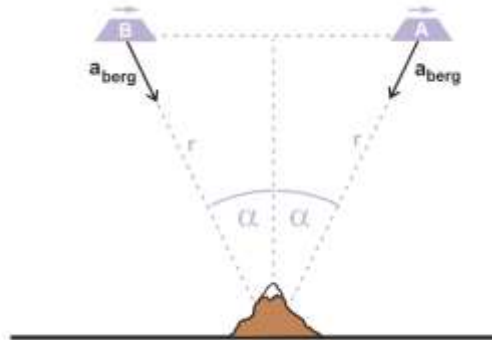
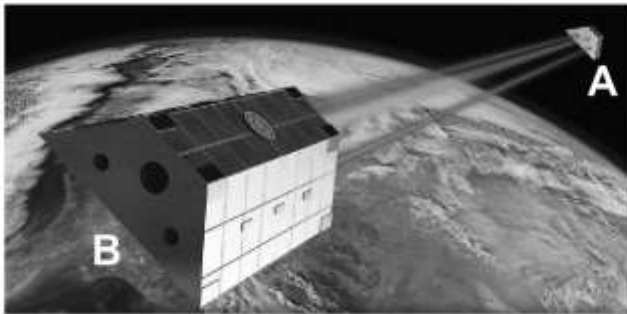


9 Grace

De valversnelling is niet overal op aarde precies gelijk. Dit kan een gevolg zijn van de draaiing en de afplatting van de aarde, maar ook van de aanwezigheid van bergketens. Afwijkingen kunnen ook tijdelijk zijn door aardverschuivingen, getijdenwerkingen en het smelten van poolkappen. Om dit alles te kunnen meten, zijn twee identieke satellieten gelanceerd: Grace A en Grace B. Kleine afwijkingen in de gravitatiekracht beïnvloeden de onderlinge afstand tussen de satellieten. Gedurende de beweging wordt continu en met zeer grote nauwkeurigheid de onderlinge afstand gemeten. We bekijken de situatie waarin de twee satellieten A en B na elkaar over een grote berg gaan (zie rechter afbeelding). Hierbij verandert de onderlinge afstand AB.

- Leg uit dat de onderlinge afstand AB tijdens het overvliegen achtereenvolgens...
 - Groter wordt als de satellieten de berg naderen
 - Kleiner wordt als ze zich boven de berg bevinden (zoals in afbeelding)
 - Groter wordt als de satellieten de berg voorbij zijn.

- b De veranderingen in de onderlinge afstand zijn extreem klein dat zowel hoek α als afstand r tijdens de beweging niet significant veranderen. Bepaal hoek α en afstand r . Ga er hierbij vanuit dat de satellieten op een hoogte van 485 km boven het aardoppervlak bewegen op een onderlinge afstand van 220 km.
- c Op een gegeven moment bewegen de twee satellieten over een bergketen. Als de satellieten zich recht boven de bergketen bevinden (zoals in de afbeelding) wordt gemeten dat de satellieten zich met een versnelling van $a = 4,6 \cdot 10^{-7} \text{ ms}^{-2}$ naar elkaar toe versnellen. Bepaal hieruit de grootte van de versnelling van de satellieten in de richting van de bergketen (a_{berg}).
- d Bepaal de massa van de bergketen. Gebruik hiervoor onderstaande formule.



$$a = \frac{GM}{r^2}$$

a = versnelling (ms^{-2})

r = afstand (m)

M = massa (kg)

G = gravitatieconstante (BINAS tabel 7)

10 Aardmassa

Gebruik bij deze opgave BINAS tabel 30

Al sinds Newton weten we dat voor objecten in een baan om de aarde onderstaande formule geldt (derde wet van Kepler). Met deze formule kan de massa van de aarde bepaald worden door te kijken naar de baan van de maan om de aarde. De afstand tot de maan (r) en de omlooptijd van de maan (T) waren al sinds de oude Grieken bekend. Het bepalen van de constante G in deze formule heeft langer geduurd. Pas in de 18e eeuw is het Cavendish gelukt om de waarde van G experimenteel te bepalen en kon voor het eerst de massa van de aarde berekend worden.

- a Bij zijn experiment heeft Cavendish een aantrekkingskracht van $1,52 \cdot 10^{-7} \text{ N}$ gemeten tussen een bol met een massa van 158 kg en een bol met een massa 0,730 kg op een onderlinge afstand van 22,5 cm. Ga na dat dit in overeenstemming is met de waarde van G die we vandaag de dag nog steeds gebruiken. Gebruik hierbij de wet voor de gravitatiekracht (BINAS tabel 35-A5).
- b Bepaal met de waarde van G en onderstaande formule de massa van de aarde. Zoek hiervoor eerst in BINAS de afstand tot de maan (r) en de omlooptijd van de maan (T) op.

- c Vergelijk je de aardmassa die je berekend hebt met de aardmassa zoals deze in BINAS staat.
- d Kan de afwijking van de aardmassa te maken hebben met de nauwkeurigheid?

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$$

r = baanstraal (m)

T = omlooptijd (s)

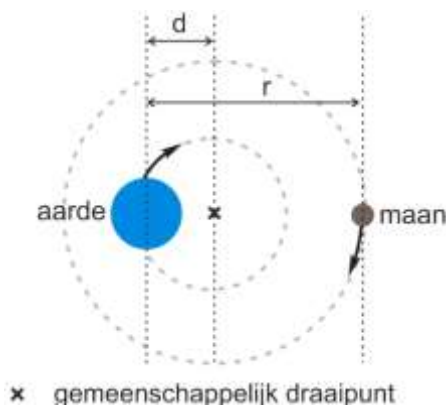
M = massa aarde(kg)

G = gravitatieconstante ()

11 Massamiddelpunt

Een van de redenen dat de berekende aardmassa afwijkt van de werkelijke aardmassa als we de 3^e wet van Kepler gebruiken is dat de maan niet om de aarde heen draait. In werkelijkheid draaien maan en aarde om een gemeenschappelijk draaipunt dat niet samenvalt met het middelpunt van de aarde maar zich op een afstand d van het middelpunt van de aarde bevindt. In de afbeelding hieronder staat schematisch hoe de aarde en de maan om elkaar heen draaien (niet op schaal). Voor de afstand van dit gemeenschappelijk draaipunt tot het middelpunt van de aarde geldt onderstaande formule.

- a Leidt onderstaande formule af. Aanwijzing: het gemeenschappelijk draaipunt valt samen met het zwaartepunt van maan en aarde samen.
- b Bereken d en laat zien dat dit gemeenschappelijk draaipunt in het binnenste van de aarde ligt. Ga hierbij uit van een afstand tussen de middelpunten van de aarde en de maan van $389,1 \cdot 10^6$ m.
- c Bereken de straal van de baan van de maan en controleer of je antwoord overeenkomt met de waarde in BINAS.



$$d = r \cdot \frac{m}{(m + M)}$$

d = afstand draaipunt (m)

r = afstand aarde-maan (m)

M = massa aarde(kg)

m = massa maan (kg)

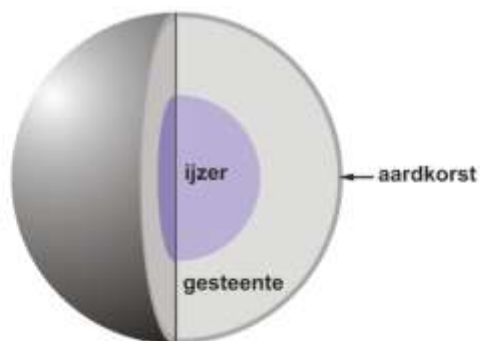
12 Dichtheid

De straal van de aarde bedraagt gemiddeld 6371 km. De massa van de aarde bedraagt $5,972 \cdot 10^{24}$ kg.

- a Laat met een berekening zien dat de gemiddelde dichtheid van de aarde 5513 kg/m^3 is. Bereken hiervoor eerst het volume van de aarde. Je mag er hierbij vanuit gaan dat de

aarde een perfecte bol is.

- b De stoffen aan het oppervlak en in de relatief dunne aardkorst maken maar een klein deel uit van de totale massa van de aarde. Het binnenste van de aarde bestaat voornamelijk uit gesteentes en ijzer. We nemen voor deze opgave even aan dat de aarde alleen bestaat uit bestaat uit steen met een gemiddelde dichtheid $\rho = 2,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ en ijzer $7,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. Maak op grond hiervan een schatting van het percentage van het volume van de aarde wat uit ijzer bestaat.
- c Het zwaardere ijzer bevindt zich dieper in de aarde dan het lichtere steen. Bereken de straal van de uit ijzer bestaande kern. Neem hierbij aan dat de gebieden met steen en ijzer volledig van elkaar gescheiden zijn.
- d In werkelijkheid is de opbouw van de aarde een stuk ingewikkelder: Naast steen en ijzer komen er ook andere stoffen in het binnenste van de aarde voor. Ook zijn zowel het steen als het ijzer gedeeltelijk vloeibaar door de hoge temperatuur en zijn steen en ijzer niet zo strikt van elkaar gescheiden als we hebben aangenomen. De grootste afwijking komt door de dichtheid. Deze neemt namelijk sterk toe in het binnenste van de aarde door de enorme druk: Hoe dieper, hoe groter de dichtheid. Beredeneer (geen berekening) hoe de antwoorden op de vorige vragen zullen veranderen als je rekening mee met de toenemende dichtheid.



13 Appelschil

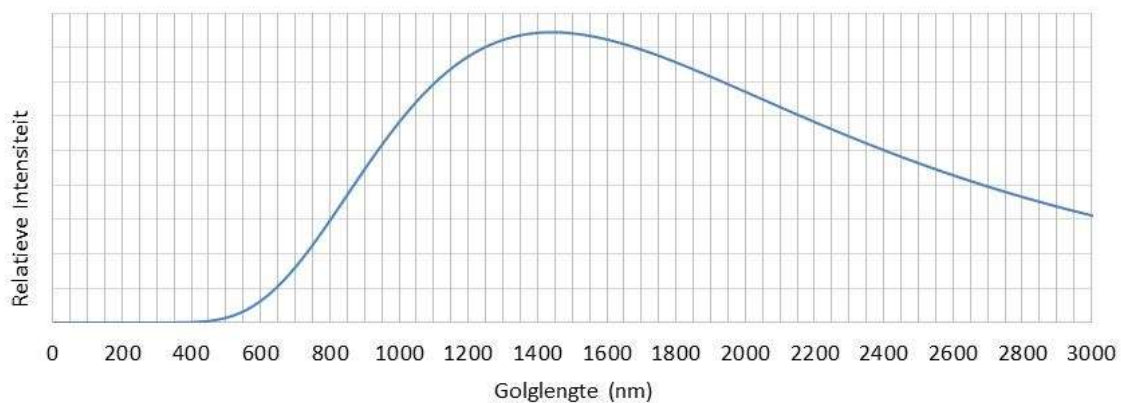
Vrijwel alle kennis over het binnenste van de aarde is afgeleid van gegevens aan de buitenkant. De enige manier om echt materiaal te kunnen onderzoeken uit het binnenste van de aarde is door het doen van grondboringen. De diepste boring komt op dit moment tot een diepte van 12 km. Dit lijkt diep maar niet in verhouding tot de grootte van de aarde. Als we de aarde vergelijken met een appel betekent dit dat we nog niet eens door de schil heen zijn. Toon dit aan met een berekening. Ga uit van een schildikte van 0,30 mm voor een appel met een diameter van 7,0 cm.

14 Lava

Lava is vloeibare gesteente uit het binnenste van de aarde wat bij een vulkaanuitbarsting aan de oppervlakte komt. Aan de hand van de door de lava uitgezonden straling kan de

temperatuur bepaald worden. Met een spectrograaf wordt de door de lava uitgezonden straling geanalyseerd (zie onder).

- Wat voor soort straling wordt er (voornamelijk) uitgezonden.
- Een klein gedeelte van de uitgezonden straling valt net binnen het gebied van zichtbaar licht. Welke kleur heeft het zichtbare gedeelte van de uitgezonden straling?
- Een belangrijk bestandsdeel van gesteentes in de aardkorst is silica (SiO_2). Silica kennen we o.a. als kwarts, zand en ook glas bestaat uit silica. Zuiver silica heeft een smeltpunt van $1710\text{ }^\circ\text{C}$. Bepaal de temperatuur aan de hand van onderstaande grafiek en laat zien dat de temperatuur van de lava boven de smeltpunt van silica ligt.
- Lava stolt niet in een keer bij een vaste temperatuur maar heeft een *stollingstraject*. Dit wil zeggen dat het lava tijdens het stollen zelf afkoelt. Leg uit hoe het komt dat lava niet in een keer stolt.
- Eenmaal afgekoeld en gestold is het resulterende gesteente niet-homogeen: Binnen het gesteente zitten *insluitingen*: Stukken gesteentes met een afwijkende samenstelling. Leg uit of deze insluitingen bestaan uit materiaal met een relatief hoog of laag smeltpunt.



15 Datering

Gebruik bij deze opgave BINAS tabel 25

De kalium-argonmethode is een dateringsmethode op basis van radioactief verval die gebruikt wordt om te bepalen hoe lang geleden een gesteente gestold is. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de radioactieve isotoop kalium-40 die in vrijwel alle gesteenten in kleine hoeveelheden aanwezig is. In de loop van de tijd vervalt deze kaliumisotoop tot calcium en het edelgas argon.

- Geef de vervalreacties van kalium-40.
- Als gesteente vloeibaar is ontsnappen alle daarin aanwezige gassen en dus ook het argon. Als het gesteente eenmaal gestold is kan het argon wat ontstaat bij het verval van kalium niet meer ontsnappen maar blijft in het gesteente opgesloten. Leg uit hoe uit de verhouding kalium/argon in een gesteente de ouderdom van een gesteente bepaald kan worden.
- In een gesteente is met een massaspectrometer de samenstelling bepaald. Er blijken 61

keer zoveel kalium-40-atomen als argon-40-atomen aanwezig te zijn. Bereken hoeveel % van de oorspronkelijk hoeveelheid kalium-40 nog aanwezig is in het gesteente. Ga er hierbij vanuit 11% van het verval plaatsvindt via K-vangst.

d Bereken hoe lang het geleden dit gesteente gestold is.

ANTWOORDEN VAN DE REKENOPGAVEN

Uitwerkingen en uitleg van alle opgaven zijn te vinden op

natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen

1 Aardmagnetisme

d $2,2 \cdot 10^{-5}$ T

3 P-golf

c $5,9 \cdot 10^3 \text{ ms}^{-1}$

4 S-golf

b 1,7 Hz

5 Seismograaf

c 0,43 Hz

6 Epicentrum

a 20 s

b 36 s

c 16 s

d 97 km

7 Tsunami

e $1,4 \cdot 10^4$ s (\approx 4 uur)

8 Mount Everest

a 9,819 N

b 9,795 N

c $1,4 \cdot 10^{15}$ kg

d 6000 m

e 9,797 N

9 Grace

b $12,8^\circ / 497$ km

c $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ ms}^{-2}$

d $3,9 \cdot 10^{15}$ kg

10 Aardmassa

a $6,030 \cdot 10^{24}$ kg

11 Massamiddelpunt

b $4,67 \cdot 10^3$ km

12 Dichtheid

b 56%

c $5,2 \cdot 10^6$ m

14 Lava

b rood

c $2,0 \cdot 10^3$ K

15 Datering

c 87%

d $2,6 \cdot 10^8$ jaar