

**Natuurkunde - Methode Vossius - Klas 2**

**Hoofdstuk 1 - Inleiding**



## **§1 Natuurkunde en andere vakken**

*Natuurkunde* is, met *aardrijkskunde*, *biologie*, *scheikunde* en *techniek* onderdeel van de natuurwetenschappen. De natuurwetenschappen bestuderen zowat alles wat je om je heen kan waarnemen. Daarbij mag je ook het hele kleine nemen, dat voor ons oog niet meer te onderscheiden is: atomen en hoe ze gebouwd zijn. En het hele grote, waarvan je de omvang niet kan beseffen: het heelal.

De genoemde vakken bestuderen verschillende aspecten van de natuur om ons heen. Aardrijkskunde vertelt ons over het klimaat, de bouw van de aarde, de werking van vulkanen. Biologie ken je ook al, dat gaat over levende organismen. Scheikunde, dat je volgend jaar krijgt, bestudeert wat twee of meer verschillende stoffen doen als ze met elkaar in contact komen. Vaak denk je dat er een spannende knal komt, maar meestal blijft die toch achterwege. En techniek leert je hoe een apparaat in elkaar zit en hoe je zelf iets kan ontwerpen en maken.

Deze vakken zijn al lang niet meer strikt gescheiden. Onze kennis is zo uitgebreid dat veel kennis een mengeling van twee of zelfs drie vakken is.

Om de verschijnselen te bestuderen doe je waarnemingen. Als ergens tijdens een onweer een ontlading plaatsvindt, dan zie je de flits en even later hoor je de donder. Het geluid van de ontlading komt later omdat geluid niet zo snel beweegt als het licht. Op het moment dat je hem hoort is de ontlading allang geweest. Dat wist je waarschijnlijk al. Maar, als je de bliksemschicht van de ontlading ziet, hoe zit dat dan, is die niet ook al geweest? Hoe snel gaat het licht van de plek waar de bliksem insloeg naar jouw oog? Heel snel, maar niet oneindig snel. Het licht heeft enige tijd nodig om jouw oog te bereiken. Als het jou bereikt, dan is de inslag al (bijna) voorbij. Het licht dat je van de zon ontvangt heeft er iets meer dan 8 minuten over gedaan om bij je te komen. Je kijkt dus eigenlijk naar een 8 minuten oud beeld van de zon. De zon staat zo ver weg dat het licht daar die 8 minuten voor nodig heeft. Een bliksemschicht op aarde is zo dichtbij dat het licht in een fractie van een seconde bij je is. Daarom denk je dat je de blikseminslag direct ziet als hij gebeurt. Maar helemaal klopt dat dus niet. Sterren staan zo ver weg dat het licht er nog veel langer over doet om jouw oog te bereiken. Het kan best zijn dat je 's nachts een ster ziet die er al lang niet meer is.

### De natuurwetenschappelijke methode

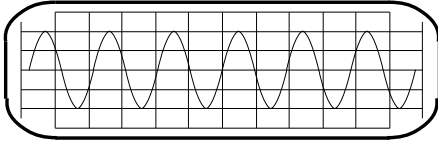
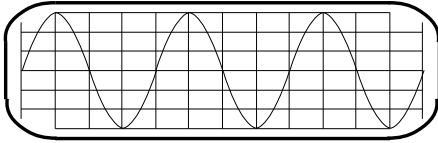
De vakken aardrijkskunde, biologie, natuurkunde, scheikunde en techniek hebben gemeen dat ze zich met de wereld om ons heen bezig houden. Ze hebben nog iets wat ze hetzelfde doen. Dat is de manier waarop ze werken: *de natuurwetenschappelijke methode*. Als je iets onderzoekt en uitvindt dan ben je verplicht dat volgens die methode te doen. De methode gaat ongeveer als volgt. Je weet dat je iets wilt onderzoeken. Dat noemen we de *onderzoeksvraag*. Je hebt dan ook een vermoeden hoe het zit, wij spreken van een *hypothese*. Je doet het *onderzoek*, je krijgt *resultaten* en je kijkt of jouw *vermoeden klopt*. Dan beschrijf je het *onderzoek*, in een *verslag* voor de school of in een artikel voor een tijdschrift. Dat verslag moet zo zijn dat iedereen jouw proef precies kan nadoen. *De hele wereld kan jouw proef dus controleren!* Pas als anderen ongeveer dezelfde resultaten hebben, krijg je gelijk en is het waar wat je hebt gevonden.

*Licht* en de *snelheid van het licht* spelen een belangrijke rol in de natuurkunde. Neem eens aan dat je in een donkere ruimte zit waar je niets kan zien. Om te kijken naar wat ergens gebeurt doe je jouw zaklantaarn aan. Het licht uit de lantaarn gaat op weg en botst tegen iets op. Bijvoorbeeld tegen de wijzers van een klok. Het licht kaatst daar terug naar jouw oog. Pas als het dan je oog heeft bereikt, kan je weten hoe laat het is, eerder niet! Als het licht uit jouw zaklantaarn net zo langzaam gaat als een slak, dan is het op de klok al weer veel later, wanneer het licht eindelijk jouw oog heeft teruggevonden. Licht gaat echter niet zo langzaam als een slak, licht is het snelst bewegende ding dat we kennen: het gaat ongeveer met 300 000 km per seconde in het luchtledige. Zou het makkelijk rondjes kunnen draaien, dan kon het in één seconde  $7\frac{1}{2}$  keer rond de aarde vliegen. Voor ons is dat zo snel, dat we zijn gaan denken dat licht in "no time" van de ene plaats naar de andere gaat. Dus, als we de zon zien, dan denken we dat die op dat moment haar licht naar ons stuurt. Maar dat is dus niet zo. Dat licht is al 8 minuten oud, want al 8 minuten onderweg naar onze ogen.

In de rest van dit hoofdstuk zullen we een aantal onderwerpen {geluid, magnetisme en licht} beschrijven die je een eerste indruk kunnen geven van het vak natuurkunde.

## §2 Geluid

Geluid wordt veroorzaakt door *trillingen*. Als een luidspreker geluid maakt dan gaat de conus van de luidspreker snel heen en weer. Zo snel dat we het niet meer kunnen zien: hoorbaar geluid maakt 20 tot 20.000 trillingen per seconde. Het aantal trillingen per seconden noemen we de *frequentie*. Frequentie geven we aan in *hertz*, afgekort Hz. Ons gehoor heeft een frequentiebereik van 20 Hz tot 20.000 Hz.



De conus brengt de omringende lucht aan het trillen. De lucht geeft de trillingen door met een snelheid van ongeveer 330 meter per seconde. De trillingen bereiken ons oor en we horen dan het geluid.

Hoe meer trillingen er in een seconde zitten, des te hoger is de toon.

Voor een luidere toon moet de uitwijking groter zijn.

Hiernaast zie je een harde lage toon boven afgebeeld. De onderste trilling stelt een zachte maar hoge toon voor.

Voorwerpen kunnen bij bepaalde tonen mee gaan trillen. Dat verschijnsel heet *resonantie*. Elk voorwerp kan van zich zelf trillingen uitvoeren, we noemen die trillingen *eigen trillingen*. Als het voorwerp van buitenaf trillingen krijgt opgedwongen dan noemen we die trillingen *gedwongen trillingen*. Wanneer de frequentie van de gedwongen trillingen

overeenkomt met die van de eigen trillingen, dan gaat het voorwerp heftig meetrillen: resonantie.

Resonantie komt voor bij muziekinstrumenten. De trillende snaar van een gitaar brengt de lucht en de klankkast van de gitaar in trilling dankzij resonantie. Jouw stem werkt ook met resonantie.

Lucht die je langs de stembanden laat stromen bij het spreken, brengt die stembanden in trilling. De holtten in je mond versterken die trillingen als een soort klankkast. Door de stand van je mond te veranderen ontstaan er andere klanken. Bij fluisteren doe je hetzelfde, maar je spant alleen jouw stembanden niet.

Resonantie komt ook voor bij aardbevingen. Als de trillingen van de aarde gelijk zijn aan de eigen trillingen van gebouwen, dan kunnen die gebouwen kapot trillen. Gebouwen moeten zo worden ontworpen dat hun eigen trillingen niet voorkomen bij aardbevingen. Bij de proef met het wijnglas is ook sprake van resonantie.

### De proef met het wijnglas

Voor deze proef kan je een willekeurige wijnglas gebruiken. Vul het glas gedeeltelijk met water. Doop je vinger in het water en strijk ermee langs de rand van het glas. Je moet het even onder de knie krijgen, maar op deze manier moet het glas gaan 'zingen.' Het hangt ervan af hoe hard je duwt en hoe snel je rondgaat. De toon hangt af van de hoeveelheid water in het glas. Wordt de toon hoger met meer water? Werkt het ook met melk of yoghurt? Waarom gaat het niet met een bierglas, of lukt jou dat wel?

Geluid werd voor het eerst vastgelegd door T. A. Edison in 1878. De geluidstrillingen werden opgevangen door een membraan waaraan een groefsnijder was bevestigd. Die sneed een groef in een waslaag op een rol. De rol werd tijdens het opnemen van het geluid rondgedraaid, terwijl de groefsnijder langzaam opzij werd verplaatst. Zo ontstond een groef in de waslaag die met het geluid in diepte varieerde en was het geluid als groef vastgelegd.

Het weergeven van het geluid ging met een groeftaster, zeg maar een naald, die door de groef werd geleid. De naald raakte door de variërende diepte in trilling en kreeg zo precies die trillingen van het oorspronkelijke geluid. De naald was verbonden met een membraan en die weer met een grote hoorn. In de hoorn kon je dan het opgenomen geluid beluisteren. E. Berliner bracht dit principe in 1887 over op vlakke ronde platen.

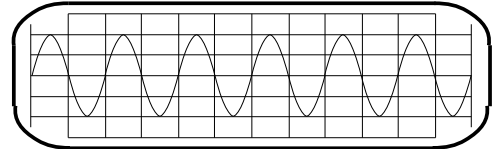
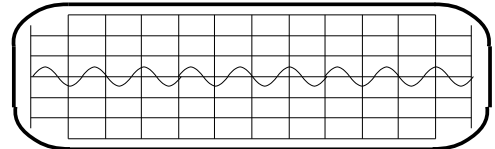
Deze methode is jarenlang gebruikt bij platenspelers. DJ's gebruiken nog platen omdat ze er handig mee kunnen manoeuvreren.

Later werd een manier gevonden om geluid met behulp van magnetisme op te slaan. Cassettebandjes heb je daarvoor nodig. De eerste walkmans maakten er gebruik van.

Tegenwoordig wordt het geluidssignaal omgezet in een code van 0 en 1 en opgeslagen in je MP3-speler. De code wordt bij het afspelen gelezen en in geluid omgezet. In de bovenbouw gaan we hier uitgebreider op in. Meer over geluid op: <http://geluid.pagina.nl/>

**Opgaven bij §2**

1. Er zijn allerlei woorden om het geluid van je stem te beschrijven: gillen / praten / brullen / fluisteren / schreeuwen / krijven / piepen / bulderen / brommen.
  - a. Wat zeggen deze woorden over de sterkte van het stemgeluid? Is het hard of zacht of iets anders?
  - b. Bij welke woorden is het stemgeluid hoog?
  - c. Bij welke woorden is het stemgeluid laag?
2. Wat veroorzaakt de trilling en wat resoneert er mee in de volgende situaties?
  - a. De kopjes die gaan rinkelen als de televisie te hard staat.
  - b. De deur van een auto gaat trillen bij een bepaalde snelheid.
  - c. Een brug gaat kapot als groepen mensen eroverheen marcheren.
3. Als je praat, terwijl je je oren dichthoudt, kun je toch je eigen stemgeluid horen. Langs welke weg komt het geluid dan in je gehoororgaan terecht?
4. Geluid legt 330 meter af in één seconde als het door lucht gaat. In een echoput hoor je de echo na 0,1 seconde. Hoe diep is de put?
5. Ruimtereizigers in het ruimtestation dat om de aarde cirkelt kunnen wel onweersverschijnselen in onze atmosfeer zien. Maar waarom kunnen ze die niet horen?
6. Hiernaast zie je twee trillingen weergegeven.
  - a. Welke van de twee is het hardst?
  - b. Welke van de twee is het hoogst?
  - c. De onderste is een trilling van 660 Hz. Wat is de frequentie van de bovenste trilling?
7. Langspeelplaten moeten worden afgespeeld op een platenspeler. De platenspeler moet dan 33 toeren in één minuut maken. Kleine platen, waar maar één nummer op een kant staat, single genaamd, worden afgespeeld met 45 toeren per minuut.
  - a. Wat verandert er aan het een nummer op een langspeelplaat als je die afspeelt op 45 toeren per minuut?
  - b. En hoe verandert een nummer van een single afspeelt op 33 toeren?
8. In sommige schelpen kun je 'het geluid van de zee horen'. Natuurlijk bewaart een schelp geen zeegeluiden.
  - a. Wat hoor je in werkelijkheid?
  - b. Hoor je in een grote schelp 'de zee' lager of hoger dan in een kleine?



### §3 Magnetisme

Magneten kunnen kleine stukjes ijzer aantrekken. Dit was al in de oudheid bekend. Met name een bepaald soort ijzererts dat werd gevonden in de buurt van de Griekse stad Magnesia. Een praktische toepassing kreeg deze eigenschap pas met de uitvinding van het kompas. Als je een staafvormige magneet zo ophangt dat die kan draaien, dan gaat één deel ervan steeds naar het noorden van de aarde wijzen. De andere kant wijst automatisch naar het zuiden. Zo helpt magnetisme bij het zich oriënteren op het noorden. In de 12<sup>e</sup> eeuw wordt al melding gemaakt van het kompas. Maar het is niet bekend wie, hoe of waar het kompas is uitgevonden.

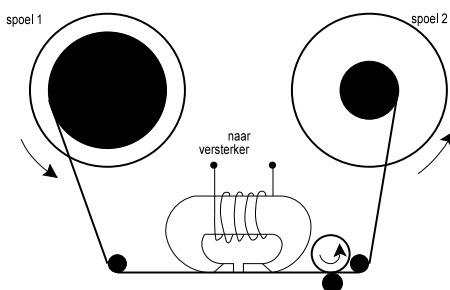
De kant van de magneet die naar het noorden wijst wordt de (*magnetische*) *noordpool* van de magneet genoemd. De kant die naar het zuiden wijst heet dus de *zuidpool*. De werking van een kompas is gebaseerd op de aantrekkende eigenschap van verschillende magnetisme polen: noordpool trekt zuidpool aan en omgekeerd. Gelijke polen stoten elkaar af. Het kompas is magnetisch, maar de aarde is dat ook. De aarde is één grote magneet met magnetische polen ongeveer bij de geografische polen.

Die eigenschap leidt tot een logische maar wat verwarrende constatering: als de magnetische noordpool van het kompas naar het geografische noorden wordt getrokken, dan moet er op de Noordpool een magnetische zuidpool zijn. En omgekeerd: in het zuidelijke Antartica ligt een magnetische noordpool. Overigens is dat niet altijd zo geweest. Het magnetisme van de aarde is in de loop van de tijd vaak van richting omgeklapt. Tijdens het hele bestaan van de aarde zou een magneet vele malen afwisselend naar het noorden en naar het zuiden hebben gewezen.

Elke stof reageert op het magnetische veld van een magneet, maar slechts drie metalen doen dat duidelijk merkbaar: ijzer, nikkel en kobalt. Die stoffen kan je gebruiken om permanente magneten te maken. Een permanente magneet is een magneet die de magnetische eigenschap heeft en behoudt. Een kompas is een permanente magneet. Blijkbaar bestaan er ook niet permanente magneten, dingen die magnetisch kunnen worden, maar de magnetische eigenschappen ook weer kunnen verliezen. Dat zijn zogenaamde elektromagneten. Er is namelijk ontdekt dat een elektrische stroom een magneetveld maakt. Als je de stroomdraad om een stuk ijzer wikkelt dan zal de stroom het ijzer sterk magnetisch maken.

#### Eigenschappen van magnetisme

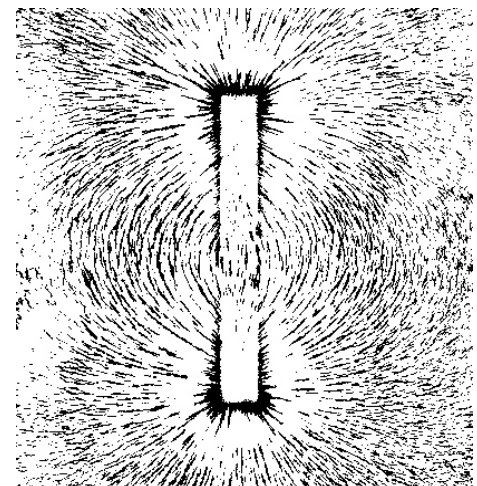
- 1 Een magneet heeft twee polen: een zuidpool en een noordpool.
- 2 Als de magneet vrij kan draaien, dan gaat de noordpool van de magneet naar het noorden van de aarde wijzen, de zuidpool naar het zuiden.
- 3 De aarde is een grote magneet met een magnetische zuidpool in het geografische noorden en omgekeerd.
- 4 Gelijksnamige polen stoten elkaar af, ongelijksnamige polen trekken elkaar aan.
- 5 Drie metalen zijn merkbaar gevoelig voor magnetische krachten: ijzer, nikkel en kobalt.



Cassettebandjes hebben een laag die kan worden gemagnetiseerd. De magnetisatie hangt samen met de muziek die er op staat. Bij het afspelen wordt de band langs een ijzeren kern, waaromheen een spoel is gewikkeld, geleid. De kern pakt het magnetisme van de band op en geeft dat door aan de spoel. Daarin ontstaat een elektrisch signaal dat wordt versterkt en

door een luidspreker wordt weergegeven. Als je met een sterke magneet langs de cassetteband gaat dan verander je de magnetisatie ervan. Het geluidssignaal verdwijnt.

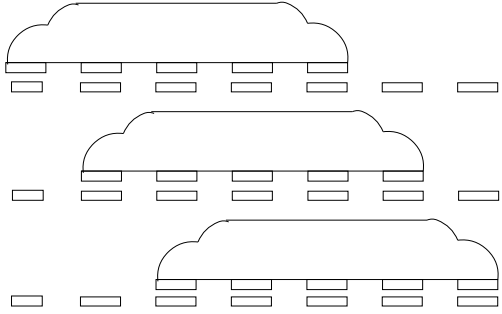
De invloed van een magneet op zijn omgeving kan je zichtbaar maken met ijzervijzel. Dat is een poeder van ijzer. Als je op een staafmagneet een glazen plaat legt en het ijzervijzel eroverheen strooit, dan gaat het poeder in een kenmerkend patroon op de plaat liggen. Er ontstaan lijnen. Deze lijnen noemen we magnetische



veldlijnen. Ze geven aan hoe de magnetische kracht op een plek is gericht. In de figuur is goed te zien dat het magnetisme bij de uiteinden, de polen, het sterkst is. Daar is het meeste ijzerpoeder naar toe getrokken.

Een heel belangrijke toepassing van magnetisme is in elektromotoren. Een elektrische stroom maakt een magneetveld. Dat magneetveld oefent een kracht uit op een ander magneetveld. In een elektromotor wordt door een slimme constructie bereikt dat door die krachten een as gaat draaien.

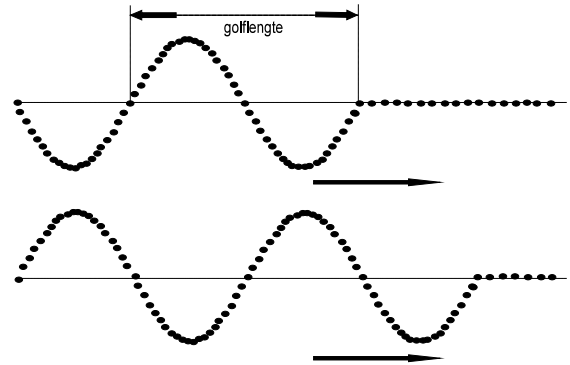
### Opgaven bij§3

9.
    - a Hoe worden de uiteinden van een staafmagneet genoemd?
    - b Hoe kan je met een touwtje van een staafmagneet bepalen welke kant de noordpool is?
    - c Welke magnetische pool bevindt zich op de zuidpool van de aarde?
    - d Welke drie metalen reageren sterk op de aanwezigheid van een magneet?
  10. Bij een eerste ontwerp van een magnetische zweeftrein worden er magnetische blokken onder de trein gemonteerd. Op de rails worden ook magnetische blokken geplaatst. De blokken kunnen naar keuze een noordpool of een zuidpool zijn. Ze kunnen ook van noordpool veranderen in zuidpool of omgekeerd. Een noordpoolblok is ingekleurd met pen, een zuidpoolblok blijft wit. De blokken moeten de trein laten zweven, optillen en vooruit trekken. Hiernaast zie je de trein in drie opeenvolgende momenten getekend. Geef met pen aan welke blokken in de drie momenten noordpool en welke zuidpool zouden kunnen zijn om de trein te laten zweven en vooruit te trekken.
- 
11. Soms worden paperclips bewaard in een doosje met een magneet. Van welk materiaal moeten de paperclips dan gemaakt zijn?
  12. Sommige schroevendraaiers zijn magnetische. Waarom is dat soms handig?
  13. Het metaal koper is niet merkbaar magnetisch te beïnvloeden. Kompassen worden ter bescherming in een doos geplaatst met een glazen venster als deksel. Waarom is de behuizing vaak van koper en nooit van ijzer?
  14. Ans geeft Petra een stuk ijzer. Ans zegt dat het ijzer een magneet is. Hoe kan Petra dat controleren:
    - a. met een paar ijzeren paperclips?
    - b. met een tweede magneet?
  15. Petra heeft twee rechthoekige stukken metaal die er precies hetzelfde uitzien. Eén van de twee is een magneet, de andere is gewoon ijzer. Hoe kan je, met alleen deze twee stukken en zonder gebruik van een ander voorwerp, te weten komen welk stuk de magneet is?

### §4 Licht

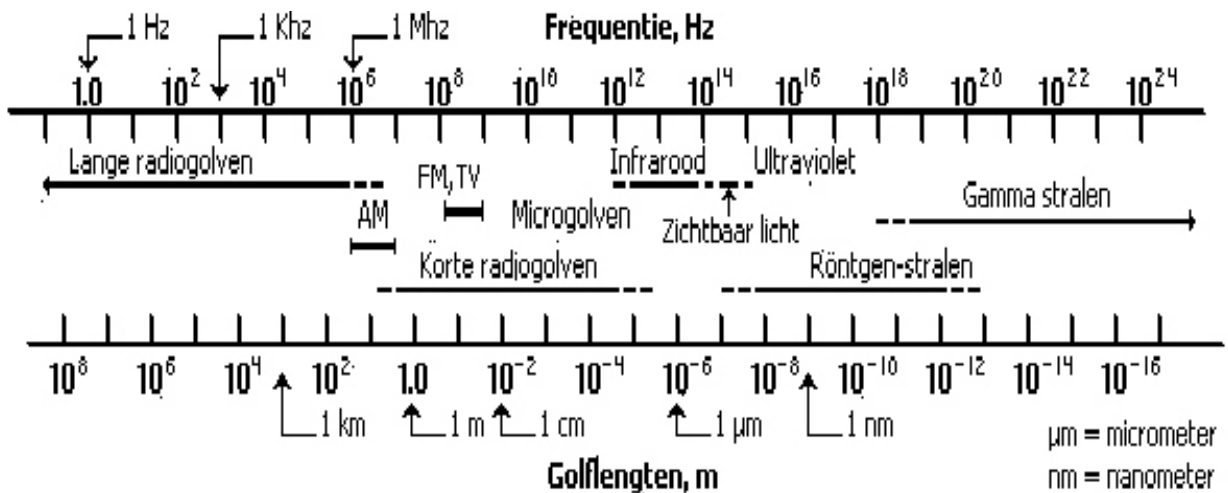
Licht is een van de wonderlijke verschijnselen in de natuur. Wat wij in het dagelijks leven onder licht verstaan is precieser “zichtbaar licht”. Want er is ook onzichtbaar licht. Sommige vormen ervan ken je wel: infrarood licht en ultraviolet licht. Andere vormen ken je ook, maar daarvan wist je niet dat het evengoed een vorm van datzelfde zichtbare licht is: röntgenstralen, radar en magnetrongolven.

Licht is namelijk een trilling, net als geluid, of een slinger. Maar bij licht trilt er een magnetisch veld, gecombineerd met een elektrisch veld. Die elektromagnetische trilling verspreidt zich met de lichtsnelheid; in vacuüm is dat 2997924,58 km/s. Je kan je een naar rechts lopende golf ongeveer voorstellen zoals hiernaast is getekend. Een belangrijk begrip bij golven is de *golflengte*. Dat is de lengte van één complete golf. Eén complete golflengte bestaat uit een golfdal samen met een golfberg. Bekende golven zijn die van de zee of in het zwembad.



Elektromagnetische golven kunnen heel verschillende golflengten hebben. Er zijn golven met hele grote golflengtes, bijvoorbeeld met een lengte van 100 km; die gebruiken wij voor het uitzenden van radiosignalen. En hele korte golven zijn er ook. Je moet een millimeter in een miljoen stukjes knippen en één zo'n stukje weer in een miljoen stukjes verdelen. Zó klein is de golflengte van een intense soort röntgenstralen, de zogenaamde gammastralen, die ons uit het heelal bereikt.

Je kan licht ook karakteriseren met het begrip *frequentie* uit §1. De hele lange golven van de radio hebben frequenties van maar 1 Hz. Die golft maar één keer per seconde op en neer. De hele kleine golflengten van de intense gammastralen gaan wél heel vaak in een seconde op en neer: een 1 met 22 nullen, 10.000.000.000.000.000.000 Hz. Bekijk het overzicht hieronder.



Wit licht is eigenlijk een mengsel van allerlei kleuren. Je ziet die kleuren bijvoorbeeld als er een regenboog aan de hemel staat: rood, oranje, geel, groen, blauw, violet (van buiten naar binnen). Je kunt ze ook zien als je door een prisma naar een witte lamp kijkt. In 1666 heeft Newton (1642-1727) proeven gedaan met zonlicht dat door een prisma ging. Na het prisma zag hij een bundel van gekleurd licht, zoals wij dat van een regenboog kennen. En hij zag weer wit licht, toen hij de kleurenbundels weer bijeen bracht.

Wij zien wit licht als we de bundels rood, blauw en groen licht op een bol laten vallen die is gevuld met water en een beetje melk. We zien geel als alleen de rode en groene bundels worden gebruikt. Geel licht is namelijk voor ons oog als het ontbreken van blauw licht. Hoe we kleuren zien is inderdaad een ingewikkeld proces. Kleurentelevies maken gebruik van dit verschijnsel. Er zijn maar drie kleuren nodig om alle andere kleuren te vormen: rood, blauw en groen.

Dit is echter nog maar de helft van het verhaal over licht. Licht gedraagt zich soms helemaal niet zoals watergolven doen, maar dan gedraagt licht zich als waterdruppels in een regenbui. In dat geval is licht een stroom deeltjes die we *fotonen* noemen.

Of wij van licht het golf-achtige karakter zien danwel het deeltjes-achtige hangt af van het instrument waarmee we het licht bestuderen. Is het instrument geschikt om golf-achtige verschijnselen zichtbaar te maken dan vertoont het bestudeerde licht zijn golf-achtig karakter. Maar gebruiken we een instrument dat geschikt is om kenmerken van kleine deeltjes te bestuderen, dan laat het bestudeerde licht de deeltjes-eigenschappen zien.

Ongetwijfeld weet je dat een glazen plaat licht doorlaat: glas is immers doorschijnend. Maar een kenmerk van glas is ook dat het zo mooi glimt. Glas weerspiegelt licht ook. Blijkbaar kan licht, als het tegen glas botst, kiezen uit twee voortzettingen: (1) verder door het glas heen gaan, en (2) het glas juist niet binnendringen maar terugkaatsen. Als licht bestaat uit een stroom van fotonen, dan betekent dit dat sommige fotonen wel het glas binnendringen en daarin verder gaan; maar andere fotonen blijven buiten het glas en kaatsen terug. Nu kunnen we bundels licht maken die heel erg zwak zijn. Zó zwak dat er per keer maar één foton op het glas valt. De ene keer zal een foton dus wel het glas binnen gaan, maar een volgende keer misschien niet. Wat maakt nou het verschil? Waarom doet het ene foton niet hetzelfde als het volgende, terwijl de situatie toch gelijk is gebleven?

Dit onderwerp van de natuurkunde heet *quantummechanica*. De resultaten van die theorie laten zien dat in de wereld van de hele kleine afmetingen, zoals die van atomen en moleculen, de natuurkunde met andere middelen moet worden beschreven dan in onze wereld van alledag.

Over dit onderwerp zijn talloze boeken verschenen, de meeste met voor jou nog onbegrijpelijke wiskunde. Maar er zijn er ook die geen wiskunde gebruiken en dit onderwerp proberen uit te leggen met woorden en beelden. Bijvoorbeeld het boek van Brian Greene, “The Elegant Universe”, Vintage Books, 0-375-70811-1.

Meer over licht: <http://mediatheek.thinkquest.nl/~11a129/index2.htm>

### **Opgaven bij §4**

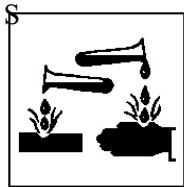
16. Schrijf de kleuren van de regenboog van binnen naar buiten.
17. Welke soort elektromagnetische golven hebben de grootste golflengte? En welke de grootste frequentie?
18. Zichtbaar licht bestaat uit kleine golven. Die van rood licht zijn de langste van het zichtbare licht, blauw licht heeft de kleinste zichtbare golven. De frequentie van zichtbaar licht is wel groot. Lees uit de figuur af hoe groot de golflengte van rood licht ongeveer is en hoe groot de frequentie van blauw licht.
19. Noem nog enkele doorzichtige materialen, naast glas. Weerspiegelen die het licht ook?
20. Een kenmerk van metalen is dat ze zo mooi kunnen glimmen. Wat gebeurt er met het licht dat op glimmende metalen voorwerpen valt?
21. Wit licht is een combinatie van kleuren. Wat is dan zwart licht?
22. Een televisie maakt een kleur door combinaties te gebruiken van rood, blauw en groen.
  - a. Hoe maak je dan geel?
  - b. Hoe maak je dan wit?
  - c. Hoe maak je dan zwart?
  - d. Hoe maak je dan grijs?
23. Als je een gekleurde tol snel ronddraait, zie je vaak heel andere kleuren dan wanneer de tol stilstaat. Hoe kan dat?



## §5 Materialen onderscheiden

Als je om je heen kijkt zie je voorwerpen gemaakt van allerlei materialen. Die materialen zijn gekozen omdat ze geschikte eigenschappen hebben. Sommige materialen haal je zo uit de natuur, veel materialen zijn echter door ons uit de natuurlijke materialen gemaakt. We zijn al heel ver in het bedenken en maken van nieuwe materialen die voor allerlei doeleinden geschikt zijn.

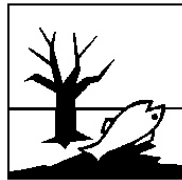
Om dergelijke materialen te maken moeten we bestaande stoffen kunnen herkennen, ze moeten onderscheiden kunnen worden. Een wit poeder kan suiker zijn, meel, zout of waspoeder. Voordat je met deze stoffen iets kan doen moet je ze uit elkaar kunnen houden. De eigenschappen waaraan je materialen kunt herkennen heten *materiaaleigenschappen*. In het dagelijks leven maak je onbewust al gebruik van die eigenschappen. Je kan bijvoorbeeld *proeven* of je te maken hebt met suiker of zout. Je kan *ruiken* of je te maken hebt met benzine of limonade. *Kleur* is een goed onderscheidmiddel: zout is wit en koffiepoeder bruin. Hout is *brandbaar*, steen niet, althans niet makkelijk. Er zijn ook giftige stoffen. Omdat je de giftigheid niet zelf wilt uitproberen, staat die, als het goed is, vermeld op de verpakking. Hieronder zie je enkele voorbeelden.



Bijtend



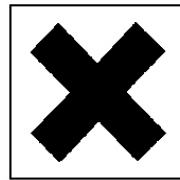
Explosief



Milieugevaarlijk



Ontvlambaar



Schadelijk



Giftig

Stoffen hebben soms vergelijkbare eigenschappen en daarom brengen we ze dan onder in een groep. Je kan thee drinken uit een plastic bekertje, een aluminium mok, een glas of een porceleinen kopje. Elk van de vier genoemde zijn voorbeelden van materiaalgroepen.

### Materiaalgroep 1 Metalen

Veel gebruikte metalen zijn: ijzer, staal, aluminium en koper. Andere bekende metalen zijn: goud, zilver, zink, lood, tin en kwik. Kwik is het enige bekende metaal dat onder normale omstandigheden vloeibaar is.

Voorwerpen die van metaal zijn gemaakt:

- kunnen verbogen of ingedeukt worden, maar zullen niet snel breken;
- zijn niet doorzichtig, maar ze glanzen als het oppervlak schoon en glad is;
- zijn vaak niet erg goed bestand tegen bijtende stoffen;
- geleiden elektrische stroom en warmte.

#### Winning van metalen

Koper was het eerste van alle metalen in de prehistorie bekend. Eerst als min of meer zuiver metaal dat op aarde werd gevonden. Maar later door het te halen uit koperhoudend gesteente. De oudste sporen van kopermijnbouw en winning werden in de Balkan aangetroffen, ca. 3500 v.C.

Ijzer werd voor het eerst algemeen gebruikt in het Hettietenrijk in Klein-Azië. Omstreeks 600 v.C. was het gebruik verspreid van West-Europa tot Cina. Men bereidde het uit ertsen door verhitting met houtskool.

Aluminium werd pas voor het eerst in 1827 door Wöhler in zuivere toestand bereid.

### Verschillen tussen metalen

- Sommige metalen worden niet aangetast door zuurstof (zoals zilver, goud en platina), andere wel (zoals ijzer). Als het metaal is aangetast door zuurstof dan verdwijnt de glans, denk maar aan roestend ijzer. Omdat deze roest poreus is, kan zuurstof het resterende ijzer verder oxideren. Aluminium wordt ook aangetast door zuurstof, maar het aangetaste aluminium, we spreken van aluminiumoxide, biedt juist een beschermende laag tegen verdere aantasting. Ook op zilver en lood ontstaat zo'n laagje.
- Sommige metalen zijn makkelijk te vervormen (zoals lood), andere zijn juist veerkrachtig (zoals staal).
- Sommige metalen zijn licht (zoals aluminium), andere zwaar (zoals lood, kwik, goud en platina).
- Sommige metalen smelten bij lage temperaturen (zoals lood) of zijn bij kamertemperatuur als gesmolten (kwik), andere smelten pas bij hoge temperatuur (zoals ijzer en wolfram).
- Sommige metalen kan je makkelijk magnetisch maken (zoals ijzer), andere niet (zoals koper).

## Legeringen

Omdat metalen bij hogere temperaturen smelten, maar niet verbranden, kan je verschillende metalen in gesmolten toestand mengen. Een mengsel van twee of meer metalen heet een *legering*. De legering heeft veelal andere eigenschappen dan de metalen waaruit ze bestaan

Een hele oude legering is *brons*. Dat is gemaakt van tin en koper in de gewichtsverhouding 1 op 9. Een bronzen voorwerp van 100 gram bestaat voor 90 gram uit koper en voor 10 gram uit tin. Het mengsel is harder dan koper of tin en daardoor beter bestand tegen slijtage. *Messing* is een mengsel van koper en zink in gewichtsverhouding 7 op 3. *Staal* krijgt zijn eigenschappen door ijzer, 99%, te mengen met koolstof, 1%. *Soldeer* is een mengsel van lood en tin in gelijke hoeveelheden. Aluminium wordt veel sterker als je 95 % aluminium mengt met 4 % koper en nog wat metalen; dit mengsel heet *duraluminium*.

## Materiaalgroep 2 Glas

Voorwerpen van glas:

- zijn doorzichtig;
- worden niet aangetast door bijtende stoffen;
- kun je niet deuken of buigen, maar zijn vaak erg breekbaar.

In de natuurkunde gebruiken we beker glazen en reageerbuisen van glas. Ze zijn zo gemaakt dat ze goed tegen verhitten met een vlam kunnen. Maar daarna moeten ze wel langzaam afkoelen. De stenen tafels waar we op werken zijn funest voor al het glaswerk: al snel leidt een botsing tussen die twee tot glasbreuk. Ook de thermometers zijn van glas. Die kan er echter niet tegen dat hij direct in de vlam van een kaars of brander wordt gestoken.

## Materiaalgroep 3 Plastic

Er bestaan vele soorten plastic: plastics die zacht worden bij verwarming, plastics die hard worden bij verhitting en dat daarna blijven en plastics die elastisch blijven. Je kent vast wel PVC (waar de buizen voor elektriciteitsleidingen van gemaakt worden), piepschuim (dat bij verpakking wordt gebruikt) en plexiglas (waarvan je geodriehoek is gemaakt). Bekerglazen en maatcilinders worden behalve van glas ook wel van plastic gemaakt. Plastic is minder breekbaar dan glas. Het is wel minder doorzichtig dan glas, het is vaak slecht bestand tegen hoge temperaturen en tegen bijtende stoffen.

## Materiaalgroep 4 Keramische materialen

Keramische materialen vind je terug als bouw materiaal (stenen, tegels en dakpannen), in de keuken (borden, kopjes en schotels, schalen) en in elektrische installaties (porseleinen zekeringen).

Voorwerpen van keramische materialen:

- kun je niet buigen of indeuken, maar zijn wel breekbaar;
- zijn niet doorzichtig;
- zijn goed bestand tegen hoge temperaturen en bijtende stoffen;
- geleiden elektriciteit slecht, isoleren dus goed.

### Glas

Waarschijnlijk werd ca. 3000 v.C. voor het eerst in Egypte glas gemaakt. Maar pas omstreeks 1500 v.C. kon men daar hol glas maken. Tot het begin van onze jaartelling werd het glas in vormen gegoten en geslepen. De uitvinding van het glasblazen, waarschijnlijk door de Feniciërs, omstreeks het begin van onze jaartelling, veroorzaakte een ingrijpende verandering. De Romeinen namen de kennis over en experimenteerden er uitgebreid mee. Het meest gebruikte glas werd verkregen door het opsmelten van een mengsel van kwartszand, soda en kalk.

### Plastic

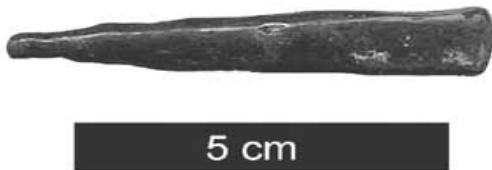
Plastics zijn afkomstig van natuurlijke producten van de levende wereld: hout, steenkool, aardolie, planten, plantensappen en eiwitten. Ze bestaan uit zeer grote moleculen: van 500 tot 10.000 basismoleculen. De eerste kunststoffen werden ongeveer 140 jaar geleden gefabriceerd met de uitvinding in 1864 van het celluloid door Hyatt.

### Keramiek

Aardewerk is klei waaraan door warmte (zon of oven) veel van het water is onttrokken. Al in het 4e millennium v.C. kwam de pottenbakkersschijf in gebruik. Porselein bestaat uit verschillende materialen die na menging worden gebakken. In China is de eerste porselein gevonden, de 3e eeuw n.C.

### Stalen drevel wijst op unieke Germaanse smeedtechniek

Bij Heeten, een dorp bij Deventer, is een laat-Romeins werktuig (ca. 315-340 n. Chr.) gevonden, gemaakt van staal van ongewone hoge kwaliteit. Het gaat om een drevel van een centimeter of zes, een instrument dat waarschijnlijk gebruikt is om versieringen aan te brengen op metaal. Het materiaal is fosforvrij keihard *ultra high carbon*-staal, met een koolstofgehalte van 2 procent, waarschijnlijk het oudste voorwerp van



deze samenstelling. De archeologen Evelyne Godfrey en Matthijs van Nie zien in dit staaltje van vakmanschap een bewijs voor het bestaan van een tot nu toe onvermoede bewerkingswijze door Germaanse smeden. In het *Journal of Archeological Science* doen zij verslag van de metallurgische implicaties van hun ontdekking. Het Germaanse dorpje Heeten, net buiten de Rijn grens van het Romeinse Rijk, was in de vierde eeuw een waar centrum van ijzerproductie, ongetwijfeld vooral ten behoeve van wapens in deze tijd van 'volksverhuizingen'. Bij de opgravingen zijn aanwijzingen voor ongeveer duizend smeltovens gevonden. Bij de fabricage van ijzer is het gehalte aan koolstof van cruciaal belang. Een gehalte tussen 0,7 en 2,1 % levert staal op, een geharde en smeedbare vorm van ijzer. De nu gevonden drevel zit met 2% dus dicht op het theoretisch maximum van staal. Een hoger gehalte, tot 4,3% levert gietijzer op, een makkelijker bewerkbare, maar veel brossere vorm van ijzer. Omdat het gehalte aan koolstof moeilijk valt te beheersen, is het gemakkelijker om gietijzer te maken (veel koolstof) dan om staal te maken (niet te veel koolstof).

In feite is dit proces van koolstof toevoegen en afvoeren pas in de negentiende eeuw echt onder controle gebracht, met het Bessemer- en het Siemens-Martin-proces. En staal met een koolstofgehalte tussen 1,5 en 2,1% (ultra high carbon-staal), tegen de grens met het gietijzer, is zelfs nu nog een uitzondering omdat toch vaak brosse plekken in het materiaal ontstaan. Staal is het best te produceren bij hoge temperaturen (tegen de 1400 °C, boven het smeltpunt), maar die temperatuur wordt pas in de primitieve hoogovens van de late Middeleeuwen voor het eerst bereikt. Daarvoor werd eerst gietijzer gemaakt met 4,3% koolstof (bij 1150 °C) waarna door 'verbranding' het koolstofgehalte naar beneden wordt gebracht. De Chinezen en Indiërs kenden deze techniek al voor de jaartelling, maar deze techniek om 'kroezenstaal' te maken werd pas vanaf de zevende eeuw in Europa toegepast. Het is echter ook mogelijk om ultra high carbon-staal te maken zonder het ijzer vloeibaar te maken, bij een temperatuur van 925 °C. Als het ijzer weinig verontreinigd is en de temperatuur 50 uur constant wordt gehouden, ontstaat er, door inwerking van zuurstof, aan het oppervlak van het ijzer een laagje van 4 millimeter van het gewenste staal, doordat onder deze omstandigheden koolstof aan zuurstof wordt gebonden en als CO<sub>2</sub> verdwijnt. Het is een extreem arbeidsintensieve manier: 50 uur continu aan de blaasbalgen en te grote temperatuurschommelingen leidt tot mislukking. Wie aldus dunne ijzeren reepjes (maximaal 8 millimeter dik) bewerkt, kan zo wel kleine hoeveelheden van dit type staal maken. Onder meer omdat dit soort (onbewerkte) staalreepjes zijn gevonden in Heeten, maken Godfrey en Van Nie aannemelijk dat deze techniek door de Germaanse smeden ter plaatse is uitgevoerd. Ze vermoeden dat het hier om een eigen Germaanse uitvinding van primaire staal productie gaat.

Bron: NRC Handelsblad 5 juni 2004

**Opgaven bij §5**

24. Geef vier voorbeelden van materiaaleigenschappen.
25. Noem van elk van de hier genoemde stoffen een kenmerkende eigenschap:  
benzine, lood, diamant, keukenzout, zilver.
26. Karel heeft thuis in de schuur flessen staan met heldere vloeistof: alcohol, gedestilleerd water en benzine. Hoe kan hij ontdekken welke stof in welke fles zit?
27. Hieronder staan telkens twee stoffen naast elkaar:
- glas en diamant;
  - glas en water;
  - goud en koper;
  - keukenzout en suiker.
- Schrijf voor elk tweetal stoffen op:
- a een eigenschap die de twee stoffen gemeen hebben;
  - b een eigenschap die slechts één van beide stoffen heeft.
28. a Ans meet de temperatuur van het water dat bij haar thuis uit de kraan stroomt: 10 graden Celsius. Is dit een materiaaleigenschap?
- b Water kookt bij 100 graden Celsius. Is dit een materiaaleigenschap?
29. Eén en dezelfde stof kan er toch vaak heel verschillend uitzien.
- a. Hoe kan suiker er bijvoorbeeld uitzien?
  - b. Hoe kan water er bijvoorbeeld uitzien? Denk aan verschillende weersomstandigheden.
30. Neem het schema hieronder over in je schrift en vul het in. Gebruik tekenjes + voor '(meestal) wel', - voor '(meestal) niet' en O voor 'min of meer' / 'soms wel, soms niet'.

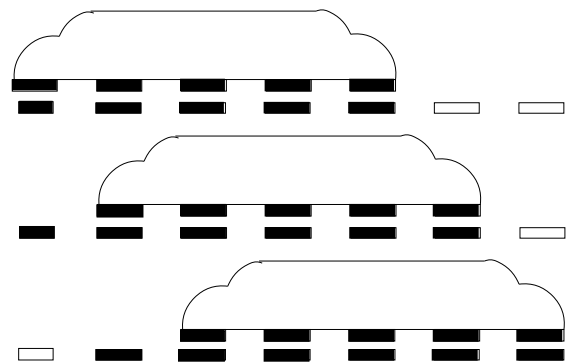
voorwerp	breekbaar	buigzaam	doorzichtig	bestand tegen hoge temperaturen	bestand tegen bijtende stoffen
metaal					
glas					
plastic					
keramiek					

31. Metalen zijn goede warmtegeleiders. Gebruik deze eigenschap om uit te leggen:
- a. waarom voor het roeren in pannen vaak geen metalen lepels worden gebruikt;
  - b. waarom pannen vaak van metaal worden gemaakt;
  - c. waarom radiatoren van de centrale verwarming van ijzer zijn.
32. Welke materiaaleigenschap kun je gebruiken om te zien:
- a. of een ring van platina of van goud is?
  - b. of een lepel van tin of van staal is?
  - c. of een pan van aluminium of van gietijzer is?
  - d. of een schroef van ijzer of van messing is?
  - e. of een muntstuk van zilver of van nikkel is?
33. Maatcilinders zijn soms van glas en soms van plastic gemaakt.
- a. Welke twee voordelen heeft een glazen maatcilinder in vergelijking met een plastic maatcilinder?
  - b. Noem ook een nadeel van een glazen maatcilinder in vergelijking met een plastic maatcilinder.
34. Schrijf steeds één of meer eigenschappen van glas op als antwoord op de volgende vragen:
- a. Waarom worden ballonnen van gloeilampen van glas gemaakt?
  - b. Waarom worden sterke zuren (zoutzuur, zwavelzuur) bewaard in glazen flessen?
  - c. Waarom zijn reageerbuizen van glas?

1.

	gillen	praten	brullen	fluisteren	schreeuwen	krijsen	piepen	bulderen	brommen
a	hard	normaal	hard	zacht	hard	hard	zacht	hard	normaal
b,c	hoog	normaal	laag	hoog	hoog	hoog	hoog	laag	laag

2.
  - a De luidsprekers van de televisie veroorzaken de trilling. De kopjes resoneren mee.
  - b De motor veroorzaakt de trilling, of de oneffenheden van de weg. De deur trilt mee.
  - c De marcherende mensen veroorzaken de trilling. De brug trilt mee.
3. De geluidstrillingen vanuit je mond bewegen ook in je lichaam, bijvoorbeeld via je botten naar het gehoororgaan.
4. In 1 seconde legt geluid 330 meter af. In 0,1 seconde is dat 33 meter. Maar het geluid moet heen en terug. De put is dus 16,5 meter diep.
5. Tussen de atmosfeer waar de onweersverschijnselen zijn en de cabine van het ruimteschip zit geen lucht of een andere stof die het geluid kan transporteren. De trillingen kunnen de ruimtereizigers niet bereiken.
6.
  - a De onderste is het hardst omdat die de grootste pieken heeft.
  - b De bovenste is het hoogst omdat er 9 trillingen op een scherm zijn, terwijl de onderste er maar 6 op het scherm heeft. De bovenste trilling gaat in dezelfde tijd vaker op en neer.
  - c Als 6 trillingen op het scherm overeenkomt met 660 Hz, dan zal 9 trillingen op het scherm een frequentie van 990 Hz moeten zijn.
7.
  - a De plaat wordt sneller afgespeeld. Een nummer duurt dus korter. Het aantal trillingen in een seconde is ook hoger dan normaal, het geluid is hoger van toon.
  - b De single wordt langzamer afgespeeld, het nummer duurt dus langer en de tonen zijn allemaal lager.
8.
  - a Er zijn in de omringende lucht allerlei geluidstrillingen. Sommige tonen daarvan resoneren sterk in de schelp. Het zijn die resonerende tonen die je hoort.
  - b In een grote schelp resoneren lagere tonen beter dan hoge. Je hoort een lagere toon-‘zee’.
9.
  - a De uiteinden heten de polen van de magneet.
  - b Hang de magneet aan het touwtje, zó dat de magneet makkelijk rond kan draaien. Let er op dat er geen ijzerhoudende voorwerpen in de buurt zijn. De magneet gaat nu vanzelf één bepaalde kant op wijzen: het ene uiteinde wijst naar het noorden, het andere dus naar het zuiden. De kant die naar het noorden wijst heet de noordpool.
  - c Op de zuidpool van de aarde bevindt zich een magnetische noordpool. Anders zou de magnetische zuidpool van de staafmagneet niet naar het zuiden wijzen.
  - d IJzer, nikkel en cobalt.
10. Zie hiernaast.
11. De paperclips moeten van ijzer zijn gemaakt, of nikkel, danwel cobalt bevatten.
12. Dan kan je een ijzerhoudende schroef aan de punt van de schroevendraaier laten plakken. Dat is handig wanneer je de schroef niet met je hand vast kan houden.
13. De koperen behuizing beïnvloedt de stand van het kompas niet. Als de behuizing van ijzer zou zijn, en het ijzer is gemagnetiseerd, dan wordt het kompas beïnvloed door het ijzer en niet door het magneetveld van de aarde.
14.
  - a Als Petra de paperclips bij het stuk ijzer houdt en de paperclips blijven er aan plakken dan is de kans groot dat het ijzer een magneet is. Het zou kunnen zijn dat de paperclips ook magnetisch zijn. Dan moet een paperclip bij het ene uiteinde van het ijzer blijven plakken en bij het andere uiteinde niet.
  - b Als Petra met de ene pool van de magneet het uiteinde van het ijzer nadert en de magneet wordt afgestoten, dan is het stuk ijzer ook een magneet. Wordt de magneet aangetrokken door beide uiteinden van het ijzer dan is het ijzer geen magneet.
15. Een staafmagneet is het sterkst magnetisch bij de uiteinden, de polen. Ans moet het ene uiteinde van een staaf houden bij het midden van de andere staaf. Voelt ze dat er geen aantrekking is, dan is de tweede



- staaf de magneet. Dat kan ze controleren door het uiteinde van het midden te verplaatsen naar een uiteinde van de tweede staaf. Nu moet ze wel een aantrekking gaan voelen.
16. Van binnen naar buiten zie je violet, blauw, groen, geel, oranje, rood.
  17. De lange radiogolven hebben de grootste golflengte. Die is tot  $10^8$  meter lang, dat is een 1 met 8 nullen: 100.000.000 meter ofwel 10.000 kilometer. Vier van die golflengten kunnen de evenaar omspannen. De grootste frequentie hebben de gammastralen. Die kan wel  $10^{24}$  hertz zijn, dat is een 1 met 24 nullen: 1.000.000.000.000.000.000.000 trillingen per seconde!
  18. De golflengte van rood licht is ongeveer  $10^{-7}$  meter, dat is 0,0000001 meter=0,0001 millimeter. De frequentie van blauw licht is ongeveer  $8 \cdot 10^{14}$  hertz, dat is 800.000.000.000.000 trillingen per seconde.
  19. Doorzichtig zijn ook kwarts, diamant, kristal, water, lucht, alcohol, sommige plastics en kunststoffen.
  20. Dat licht wordt grotendeels teruggekaatst en een klein beetje geabsorbeerd. De metalen zijn niet doorzichtig en dus komt het licht er niet doorheen.
  21. Zwart is het ontbreken van licht. De hemel is 's nachts zwart, afgezien van de sterren, omdat er van die zwarte stukken geen licht in ons oog valt. Om dezelfde reden is het 's nachts in een onverlichte kamer donker/zwart. De ramen van huizen lijken, van buitenaf gezien zwart, omdat het licht er van buitenaf naar binnen gaat en niet naar onze ogen kaatst. Evenzo is de pupil van ons oog zwart. Zwarte verf maakt een voorwerp zwart doordat het alle kleuren van het opvallende licht absorbeert en niet laat weerkaatsen.
  22. a Geel maak je door niet blauw te laten zien: alleen rood en groen  
b Wit maak je door rood, groen en blauw in gelijke verhouding te mengen.  
c Zwart maak je door geen van de drie kleuren te laten zien, geen licht=zwart.  
d Grijs maak je door een beetje rood, een beetje groen en een beetje blauw te mengen.
  23. De kleuren van de tol tollen dan ons oog voorbij. Dat ook kan het allemaal niet zo snel volgen en mengt doordaar als het ware de kleuren die vlak na elkaar voorbij komen. Die mengkleuren zijn anders dan de echte kleuren van de tol.
  24. Materiaaleigenschappen zijn: kleur, hardheid, smaak, warmtegeleiding, geur, brandbaarheid, bestand tegen hoge temperatuur, bestand tegen bijtende stoffen, doorzichtigheid
  25. Benzine: brandbaar, geur, doorzichtig Lood: zwaar, buigzaam Diamant: hard, doorzichtig  
Keukenzout: zoute smaak, wit Zilver: glans, zwaar
  26. Hij kan dat ontdekken door de geur. Water is reukloos, de andere hebben een specifieke geur, waarmee je ze uit elkaar kan houden.
  27. glas/diamant zijn beide doorzichtig, maar diamant is harder dan glas en niet zo breekbaar  
glas/water zijn beide doorzichtig, maar water is vloeibaar en glas niet  
goud/koper zijn beide metaal, maar goud wordt niet door zuurstof aangetast en koper wordt dan groen  
keukenzout/suiker bestaan beide uit witte korrels, maar suiker heeft een andere smaak
  28. a Nee, want elke stof, bijvoorbeeld ijzer, kan een temperatuur van  $10^\circ\text{C}$  temperatuur hebben, maar alleen water kookt, onder de gebruikelijke omstandigheden, bij  $100^\circ\text{C}$ .  
b Ja, onder normale omstandigheden kookt water bij  $100^\circ\text{C}$ ; een stof als ijzer doet dat niet. Die eigenschap is zelfs gebruikt als definitie van graad celsius.
  29. a Suiker kan er uit zien als witte of bruine vaste korrels, of als vloeibare stroop  
b Water kan er uitzien als kraanwater, mist, wolken, sneeuw, ijzel, stoom
  30. metaal - + - o -; glas + - + o +  
plastic - + o - -; keramisch + - - + +
  31. a Een metalen lepel wordt heet door de warmte in het voedsel en dat pakt niet fijn vast. Een houten lepel heeft dat probleem niet, maar is minder hygiënisch dan de gladde metalen lepel.  
b De warmte van het vuur wordt door de gehele pan makkelijk naar binnen geleid. De gebruikte metalen kunnen ook tegen hoge temperaturen.  
c De warmte van het hete water in de radiator komt dan makkelijk door het ijzer naar buiten omdat ijzer goed de warmte geleidt.
  32. a Platina is wit van kleur, goud is geel van kleur.  
b Tin is buigbaar, staal is hard.  
c Aluminium is licht, gietijzer is zwaar.  
d IJzer wordt door een magneet aangetrokken, messing niet.  
e Een zilveren munt wordt niet door een magneet aangetrokken, een nikkel munt wel.

33. a Glas is beter doorzichtig dan plastic; glas kan niet indeuken en glas is beter bestand tegen bijtende stoffen.
- b Glas is breekbaar, een glazen maatcilinder is meestal kapot als die op de grond valt of ergens tegen aan stoot.
34. a Licht kan makkelijk door het glas omdat het zo doorzichtig is; het glas kan goed tegen de hoge temperatuur van de lamp.
- b Glas kan goed tegen bijtende stoffen zoals die zuren.
- c Glas kan goed tegen bijtende stoffen en sommige reageerbuizen kunnen goed tegen de hoge temperatuur van een verwarmingsvlam.