

Saskia Maassen

TOPkl▲ssers

wetenschap

deel 3

Natuurkunde

Beka
plus
reeks

werkboek van
groep

TOPklassers

wetenschap

deel 3

Natuurkunde

Werkboek

Auteur

Saskia Maassen

Inhoud

Inleiding voor de leerling	3
Wat weet jij al?	4
BLOK 1 - ATOMEN EN MOLECULEN	6
Les 1 - Wat is natuurkunde?	6
Les 2 - Piepkleine legosteentjes	8
Les 3 - En bouwen maar!	8
Les 4 - Vast, vloeibaar, gas	10
BLOK 2 - DE DEELTJESFAMILIE	14
Les 5 - In het atoom	14
Les 6 - Heel aantrekkelijk	16
Les 7 - Quarks en andere rare snuiters	18
Les 8 - Spookdeeltjes	20
Toets A	22
BLOK 3 - ALLES IS RELATIEF	24
Les 9 - Een vreemde vogel?	24
Les 10 - $1 + 1 = \dots$ iets minder dan 2!	26
Les 11 - De toverformule	28
Les 12 - Wat een kracht!	30
BLOK 4 - KROMME RUIMTE, ZWARTE GATEN EN DE OERKNAL	32
Les 13 - Zwaartekracht	32
Les 14 - Zwarte gaten	34
Les 15 - De oerknal	36
Les 16 - Wat we nog niet weten	38
Toets B	40
Puzzelen... even kijken wat je allemaal nog weet	42
Bouw je eigen natuurkundecircus!	44
Toets C	46

Inleiding voor de leerling

Beste meisjes en jongens uit groep 7 en 8,

Proficiat! Jij mag op school aan de slag met het werkboek *Topklassers Wetenschap deel 3 - Natuurkunde*. In dit werkboek leer je van alles over de kleinste bouwstenen waaruit alle stoffen en voorwerpen om ons heen zijn opgebouwd. Maar ook over de beroemde professor Albert Einstein en over mysterieuze verschijnselen in het heelal, zoals zwarte gaten en de oerknal. Tegen de tijd dat je klaar bent met het werkboek, weet je beslist (veel) meer over natuurkunde dan de gemiddelde, volwassen Nederlander!

Er staan zestien lessen in dit werkboek. Die zijn verdeeld over vier blokken. De lessen bevatten informatie, vragen en opdrachten. Niet alle informatie die je nodig hebt kun je vinden in dit boek. Je zult het internet op moeten of op zoek moeten gaan in boeken. Daarnaast kan het zo zijn dat je gaandeweg vragen hebt. Noteer die voor jezelf. Als je wilt, kun je later op zoek gaan naar de antwoorden op die vragen.

In sommige lessen staan proefjes die je uit kunt voeren. Ook moet je af en toe je tekenpotlood slijpen. Van tijd tot tijd kun je testen wat je geleerd hebt.

Het is de bedoeling dat je zoveel mogelijk zelfstandig werkt en antwoorden zoekt. Dat kan in de bibliotheek, in het woordenboek, op internet of door middel van gesprekken met deskundigen. Als je op internet gaat zoeken, kijk dan eerst op Kennisnet voordat je de grote zoekmachines als Google of Ilse gebruikt. Op de pagina's van het Jeugdjournaal vind je ook veel informatie. Internet heeft een eigen encyclopedie: Wikipedia. Die kun je ook raadplegen.

De antwoorden op de vragen kun je in dit werkboek verwerken op de stippelijntjes. Soms heb je meer ruimte nodig voor je antwoorden, bevindingen of aantekeningen. Gebruik dan een apart vel papier of een schrift.

Daarnaast wordt er regelmatig het woord portfolio gebruikt. Dit is een verzamelmap. Bij veel opdrachten moet je een verslag maken. Dat hoeft niet altijd een heel werkstuk te zijn. Soms is een half A4'tje al voldoende. Dat hangt een beetje van de vraag af en van jou.

Alles wat je schrijft, knutselt, tekent en verzamelt, kun je in die map kwijt: jouw portfolio. Zo kun je straks laten zien wat je allemaal geleerd hebt. Ook de antwoorden op je eigen vragen kun je hierin stoppen. Probeer je portfolio netjes te verzorgen. Zorg ook voor foto's en tekeningen als dat mogelijk is. Als je een les af hebt, vraag dan aan de leerkracht het antwoordenboek.

Door zelf op zoek te gaan naar antwoorden en goed na te denken, zul je veel leren en wat je geleerd hebt ook beter en makkelijker onthouden. Misschien dat je later nog nieuwe informatie tegenkomt die je alsnog kunt toevoegen aan je portfolio over natuurkunde. Want over dit boeiende onderwerp valt altijd nog wel iets nieuws te leren of te ontdekken!

Veel succes met dit werkboek en vooral: heel veel plezier!

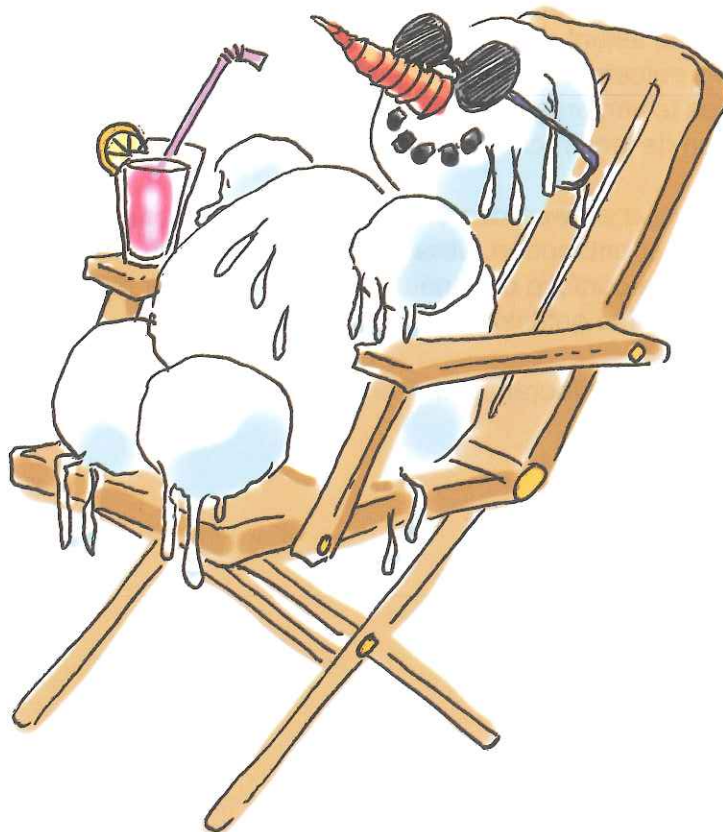
Saskia Maassen

Wat weet jij al?

inleiding voor de leerling

Voordat we beginnen, gaan we eerst eens kijken wat jij al weet over natuurkunde. Hieronder staan tien meerkeuzevragen. Beantwoord alleen de vragen waar je (bijna) zeker het antwoord op weet. Niet gokken dus!

- 1 Hoe groot is een atoom?
 - a) 1 millimeter
 - b) 0,1 millimeter
 - c) 0,0001 millimeter
 - d) 0,000.000.1 millimeter
- 2 Welke uitspraak is waar?
 - a) Atomen zijn opgebouwd uit moleculen.
 - b) Moleculen zijn opgebouwd uit atomen.
- 3 Wat voor soort stof is ijs?
 - a) een vaste stof
 - b) een vloeibare stof
 - c) een gasvormige stof
- 4 Bij welke temperatuur gaat ijs over in water?
 - a) bij 0 graden Celsius
 - b) bij 10 graden Celsius
 - c) bij 100 graden Celsius
 - d) bij 1000 graden Celsius



- 5 Wanneer leefde Albert Einstein?
- a) in de oudheid
 - b) in de middeleeuwen
 - c) in het begin van de vorige eeuw
 - d) aan het eind van de vorige eeuw
- 6 Hoe groot is de lichtsnelheid?
- a) ongeveer 300 km/s
 - b) ongeveer 3.000 km/s
 - c) ongeveer 300.000 km/s
 - d) ongeveer 300.000.000 km/s
- 7 Op welke van deze vier hemellichamen is de zwaartekracht het sterkst?
- a) op de zon
 - b) op de maan
 - c) op de aarde
 - d) op mars
- 8 Wat wordt er bedoeld met ontsnappingssnelheid?
- a) De snelheid waarmee je moet rennen om uit handen van de politie te blijven.
 - b) De tijd die een gevangene nodig heeft om uit zijn cel te ontsnappen.
 - c) De snelheid die je nodig hebt om aan de zwaartekracht van de aarde te ontsnappen.
 - d) De snelheid van een raket.
- 9 Wat is een zwart gat?
- a) Een put die zo diep is dat je onderin geen daglicht meer ziet.
 - b) Een donker gat in de aarde dat is ontstaan door een meteorietinslag.
 - c) Een gat in het heelal.
 - d) Een object dat zo zwaar is dat zelfs het licht niet aan zijn zwaartekracht kan ontsnappen.
- 10 Hoe lang geleden vond de oerknal plaats?
- a) 14 duizend jaar geleden
 - b) 14 miljoen jaar geleden
 - c) 14 miljard jaar geleden
 - d) 140 miljard jaar geleden

Hoeveel antwoorden wist je, zonder te gokken?

0-3

Jij weet nog niet zoveel over natuurkunde. Lees maar gauw verder, dan gaat er een wereld voor je open!

4-7

Jij weet er al aardig wat van. Maar ook voor jou valt er nog veel te leren. Aan de slag!

8-10

Jij bent al behoorlijk deskundig op dit gebied. Maar er valt nog veel meer over dit onderwerp te vertellen. Veel plezier!

BLOK 1 ATOMEN EN MOLECULEN

Les 1 Wat is natuurkunde?

Je hebt vast wel eens iets gehoord over ene professor Einstein. Einstein is misschien wel de allerbekendste natuurkundige aller tijden. Toch zijn er maar weinig mensen die weten waarom hij zo beroemd is geworden.

De meeste mensen weten wel dat het iets te maken heeft met een bekende formule: $E = mc^2$ (spreek uit: *Ee is em cee kwadraat*). Formule is een ander woord voor wiskundetaal. Bijvoorbeeld $1 + 1 = 2$, maar dan ingewikkelder. Wat de beroemde formule van Einstein betekent, daar hebben de meeste mensen geen flauw idee van.



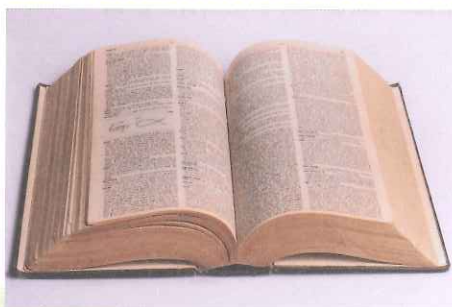
Daar gaan we in dit boekje verandering in brengen! Als jij dit boekje uit hebt, kun je haarfijn aan je moeder, je opa, je buurvrouw en je juf of meester op school uitleggen wie Einstein was, wat hij heeft ontdekt en wat er bedoeld wordt met de formule $E = mc^2$. Terloops leer je dan ook nog even waaruit alle stoffen op aarde zijn opgebouwd en hoe het heelal is ontstaan. Niet gek, toch?

Maar wat is natuurkunde eigenlijk? Letterlijk betekent het: kennis (kunde) van de natuur. Toch gaat natuurkunde niet over bloemetjes en bijtjes of over uitgestrekte bossen en kwetterende vogels. Maar waarover gaat natuurkunde dan wel?

Denk eens na over de volgende voorbeelden. Het is niet erg als je de antwoorden niet precies weet. Probeer steeds een verklaring te bedenken die jou het meest logisch lijkt.

Jij zit nu op een stoel. Hoe komt het dat je op de stoel blijft zitten en niet door het klaslokaal zweeft?

Hoe komt het dat je niet door de stoel zakt?



Je kijkt nu naar de letters in dit boek. Hoe komt het dat je die letters kunt zien?



Een leerling in de klas stelt een vraag aan de juf of meester. Hoe komt het dat jij en de juf of meester deze vraag allebei kunnen horen?

.....

.....

.....

Het is nogal donker in de klas, dus je drukt op het lichtknopje. Hoe komt het dat het licht gaat branden?



Je hebt het koud, dus je zet de verwarming aan. Hoe komt het dat de radiator heet wordt?



Hoe komt het dat even later ook de lucht in het klaslokaal lekker warm is?

.....

.....

Als je hierboven niet genoeg ruimte hebt, mag je je antwoorden natuurlijk ook op een apart A4'tje schrijven!

Bovenstaande voorbeelden hebben allemaal te maken met natuurkunde. Probeer nu eens in je eigen woorden te omschrijven wat natuurkunde is. Je mag het ook opzoeken op internet of in een boek.

.....

.....

Wat is de Latijnse naam voor natuurkunde?

.....

Maak een lijst met dingen in het dagelijks leven die met natuurkunde te maken hebben.

Wat is je conclusie als je naar je lijst kijkt?

.....

In dit boekje gaat het niet over de alledaagse natuurkunde die je om je heen ziet. Daar krijg je de komende jaren op school al genoeg over te horen. In plaats daarvan nemen we je mee naar een onzichtbare wereld van piepkleine deeltjes en verborgen krachten. Want ook dat is natuurkunde! Ook gaan we het hebben over spookachtige deeltjes die dwars door je hand heen vliegen en over zwarte gaten in het heelal. En over de beroemde formules van Einstein natuurlijk. En tussendoor doen we af en toe wat interessante experimenten die wél met het dagelijks leven te maken hebben. Nieuwsgierig geworden? Lees maar snel verder!

Les 2 Piepkleine legosteentjes

Eén van de belangrijkste onderwerpen in de natuurkunde is de vraag waaruit de stoffen, voorwerpen en materialen om ons heen en in ons lichaam zijn opgebouwd.

Neem bijvoorbeeld een vel papier. Op het eerste gezicht lijkt dat één ding: een dun, plat, rechthoekig voorwerp dat je kunt buigen en vouwen.

Maar is dat wel zo? We kunnen het vel papier immers ook doormidden scheuren. Dan hebben we twee platte, dunne, rechthoekige (nou ja, dat hangt er vanaf hoe recht je hebt gescheurd!) voorwerpen.

Hoe kan het dat je dat eerste voorwerp in twee stukken kon delen? En hoe vaak kun je daarmee doorgaan?

Neem een vel papier, en knip daaruit een strook van 28 cm lang (dit is de lange kant van een A4'tje). Knip de strook precies doormidden. Doe hetzelfde met één van de overgebleven helften. Herhaal dit zo vaak mogelijk en tel het aantal keren dat je knipt. Let erop dat je steeds in dezelfde richting knipt. Je mag het overgebleven stukje papier dus niet draaien!



Op een gegeven moment is het overgebleven stukje te klein om doormidden te knippen. Misschien kun je dat dan met een heel scherp mesje (pas op je vingers!) nog een keer door midden delen. Maar op een gegeven moment houdt het op.

Hoeveel stukjes heb je gemaakt?

Hoe groot is de smalle kant van het kleinste stukje dat je over hebt?

De vraag is nu hoe lang je hiermee door zou kunnen gaan. Met de schaar en het mesje kwam je niet verder,

maar met hele precieze moderne apparaten zou je het stukje papier misschien nog wel veel vaker doormidden kunnen delen. Maar hoe lang kun je daarmee doorgaan? Wat is het kleinste deeltje dat je op deze manier kunt maken?



Ook de oude Grieken dachten al na over dit probleem. Eén van hen bedacht dat er op een gegeven moment een deeltje overblijft dat je niet meer doormidden kunt delen. Dat deeltje noemde hij een atoom. Dat komt van het Griekse woord *atomos*, dat ondeelbaar of onsnijdbaar betekent.

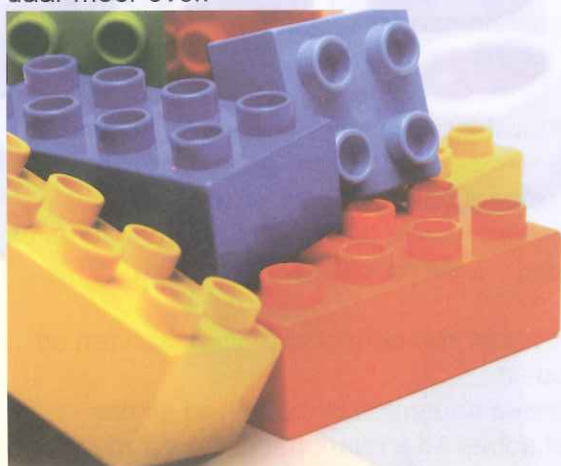
Hoe heette de Griekse geleerde die deze theorie bedacht?

Wanneer leefde hij?

Wat was zijn bijnaam?

Inmiddels weten we dat deze Griekse geleerde (gedeeltelijk) gelijk had. Alle materialen om ons heen zijn opgebouwd uit piepkleine deeltjes: de atomen. Er zijn ongeveer honderd verschillende soorten atomen. Door die met elkaar te combineren, kun je alle stoffen en voorwerpen maken die je maar kunt bedenken: papier, water, lucht, goud, je nagel, je hart, een voetbal, een olifant, een mier, enzovoorts.

Alles wat je om je heen ziet, is een bouwwerk van verschillende soorten atomen. Een soort legostenen dus. De bouwwerkjes die je met die legostenen maakt, noemen we moleculen. In de volgende les leer je daar meer over.



Hoe vaak denk je dat je de strook papier uit bovenstaand experiment doormidden zou moeten delen om één atoom over te houden? Waag maar eens een gokje!

Een atoom is ongeveer 0,000.000.000.1 (een tiende van een miljardste) meter groot.

Dat is hetzelfde als 0,000.000.1 (een tiende van een miljoenste) millimeter.

Een atoom is dus ongelooflijk klein. Zo klein, dat je je er bijna geen voorstelling van kunt maken. Misschien lukt dat beter door een paar sommen te maken.

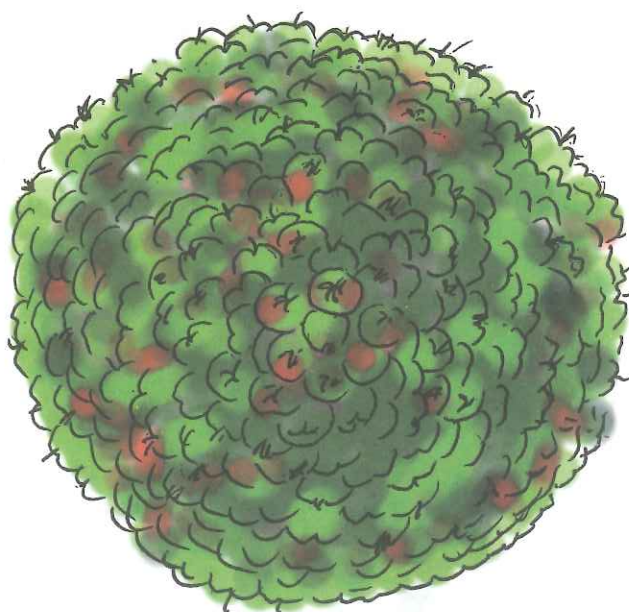
Als je een heleboel atomen op een rijtje zou leggen, hoeveel heb je er dan nodig om een ketting van één millimeter te maken?



En een ketting van één centimeter?

En een ketting van één meter?

Je hebt inmiddels wel in de gaten dat een atoom ontzettend klein is en dat er ontelbaar veel atomen op aarde zijn. Een andere manier om je de grootte van een atoom voor te stellen is de volgende.



Stel dat je een appel zou uitvergroten tot de afmetingen van de aarde. Dan zouden de atomen in de appel zo groot worden als de oorspronkelijke appel. Dus een aarde vol met appels ziet er ongeveer hetzelfde uit als een appel vol met atomen!

Les 3 En bouwen maar!

De wereld bestaat dus uit ontelbaar veel pieteputerige legosteentjes, die we atomen noemen. In totaal zijn er meer dan honderd verschillende soorten van die legosteentjes. Elke atoomsoort heeft een eigen naam. Zo zijn er goudatomen, zilveratomen, ijzeratomen, zuurstofatomen en koolstofatomen, om er maar eens een paar te noemen.



goud

Omdat het wat lastig is om elke keer de hele naam van het atoom op te schrijven, gebruiken wetenschappers daarvoor een letter of een combinatie van letters, bijvoorbeeld **O** voor zuurstof en **Fe** voor ijzer. Dit noemen we symbolen.

Hieronder staan tien namen van atoomsoorten en tien symbolen.

Zoek uit welke namen en symbolen bij elkaar horen. Zet achter elke naam het juiste symbool.

Symbolen: **C, Ca, Ag, Fe, Al, N, H, O, Au, He.**

Namen:

waterstof:

zuurstof:

helium:

koolstof:

stikstof:

ijzer:

aluminium:

zilver:

goud:

calcium:

Genoeg theorie nu. Tijd om aan de slag te gaan!

Voor deze opdracht heb je nodig:

- vier kleuren klei (of gewone klei en vier kleuren verf)
- vier kartonnen of plastic bakjes (bijvoorbeeld grote luciferdoosjes).

Maak van de klei en eventueel de verf 25 kleine bolletjes in vier verschillende kleuren. Van één kleur maak je er tien, van de andere drie kleuren maak je er vijf per kleur.

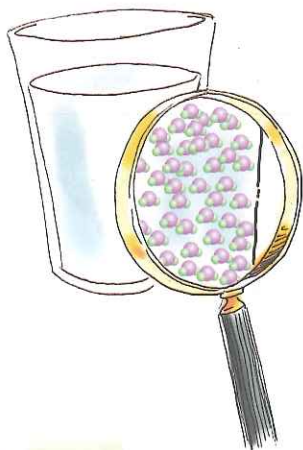
Leg de bolletjes van één kleur bij elkaar in een bakje. Op elk bakje schrijf je steeds de naam van een atoomsoort, met daarachter het symbool. Bijvoorbeeld zo: waterstof (**H**). Je mag de naam ook op een etiket schrijven die je op het bakje plakt.

Gebruik de volgende namen: waterstof, zuurstof, koolstof, stikstof.

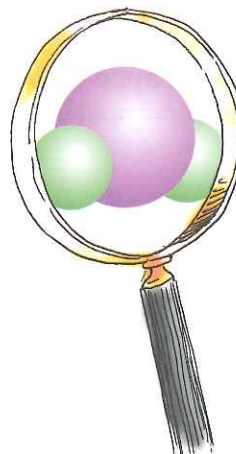
De bolletjes waar je er tien van hebt, leg je in het vakje met de naam waterstof.

Lees nu meteen onderstaande theorie, en maak de opdracht die daaronder staat, voordat de bolletjes hard worden!

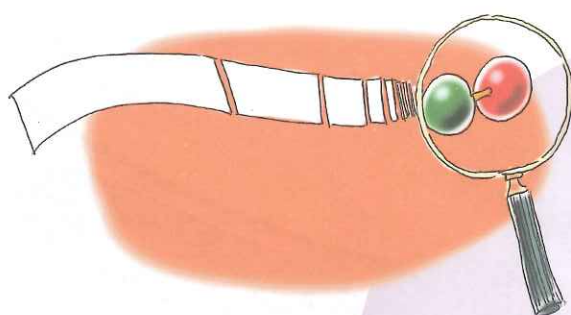
Je hebt nu vier verschillende atoomsoorten gemaakt. Met deze atomen kun je gaan bouwen. Deze bouwwerken noemen we moleculen. Een heleboel moleculen samen vormen een stof.



Een stof (bijvoorbeeld water) bestaat uit moleculen.

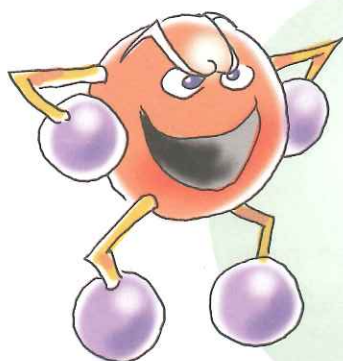


Moleculen zijn opgebouwd uit atomen.

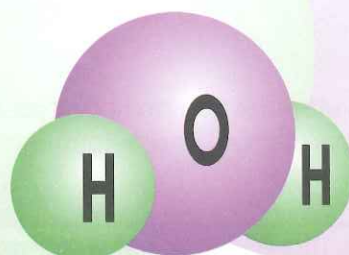


Wat is nu precies het verschil tussen een atoom en een molecuul? Als je het strookje papier uit Les 2 zo vaak zou kunnen doorknippen als je maar wilt, zou je op een gegeven moment nog maar één molecuul overhouden. Dit noemen we dan nog steeds papier.

Knip je dat molecuul doormidden, dan hou je een aantal atomen over. Op dat moment heb je geen papier meer, maar losse legosteentjes (atomen).



Een molecuul is dus het allerkleinste deeltje van één bepaalde stof. De vorm en samenstelling van de moleculen bepaalt welke eigenschap die stof heeft. Bijvoorbeeld of hij hard of zacht is en of hij zoet, zout of bitter smaakt.



Neem je bijvoorbeeld één zuurstofatoom (O) en twee waterstofatomen (H), dan krijg je een watermolecuul. Het symbool voor water is dan: H_2O (twee keer H en één keer O).

En zo kun je nog veel meer stoffen maken. Het kleine getalletje *achter* de letter van een bepaalde atoomsoort geeft aan hoeveel van die atomen er in het molecuul zitten. Staat er geen getalletje achter (zoals bij de O in H_2O), dan neem je er gewoon één.

Maak met de bolletjes uit de vorige opdracht de volgende moleculen. Gebruik eventueel kleine houten prikkertjes om de bolletjes aan elkaar vast te maken. Schrijf bij elke stof eerst op welke atoomsoorten er in één molecuul zitten en hoeveel.

- Water (H_2O). Dit is de belangrijkste en meest voorkomende stof op aarde!
- Koolstofdioxide (CO_2). Deze stof zit in de lucht die je uitademt. Hij zorgt ook voor het broeikas effect op aarde.
- Methaan (CH_4). Deze moleculen zitten bijvoorbeeld in aardgas. Ze zijn erg brandbaar!
- Ammoniak (NH_3). Deze stof zit onder andere in varkensmest. Neus dicht dus!
- Lachgas (N_2O). Als je deze stof inademt, raken je hersenen van slag en lijkt het of je dronken bent. Vandaar de naam.

Als je zin hebt om nog meer te kleien, kun je ook grotere moleculen maken, bijvoorbeeld glucose (druivensuiker): $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Deze stof smaakt lekker zoet!

Ontwerp zelf met de bolletjes klei (atomen) een reuzenmolecuul. Bedenk welke eigenschappen jouw molecuul heeft en geef het een passende naam. Schrijf hierover een kort verhaaltje voor in je portfolio. Met een foto of tekening van je molecuul erbij natuurlijk!

Zo zie je maar dat je met vier verschillende atoomsoorten al heel wat bekende stoffen kunt maken. Je kunt je nu wel voorstellen dat je met de meer dan honderd verschillende atoomsoorten die er bestaan nog véél meer stoffen kunt maken. Namelijk alle stoffen die er op aarde (en in het heelal) voorkomen! Sommige moleculen bevatten tientallen of zelfs honderden atomen.

In *Topklassers Wetenschap deel 4 - Scheikunde* leer je nog veel meer over het bouwen van verschillende soorten moleculen. Ook leer je daar hoe je door de combinatie van twee of meer moleculen weer nieuwe stoffen kunt maken. Dit noemen we een reactie. Voor *deel 3 - Natuurkunde* is het voldoende als je weet wat het verschil is tussen een atoom en een molecuul.

Les 4 Vast, vloeibaar, gas

In de vorige les heb je geleerd dat stoffen bestaan uit moleculen. En dat moleculen zijn opgebouwd uit atomen. Maar hoe ziet zo'n stof er nu precies uit?

Als voorbeeld nemen we water. Als je onder de kraan een bekertje met water vult, kun je het water opdrinken. Het is vloeibaar. Maar als je het bekertje met water een tijdje in de diepvries zet, wordt het water keihard. Het is dan ijs.

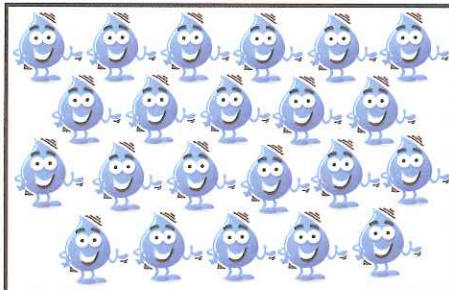
Het verschil tussen water en ijs heeft te maken met de beweging van de moleculen. Zoek uit hoe dat zit en schrijf hierover een verslag voor je portfolio. Maak er ook een duidelijke tekening bij.



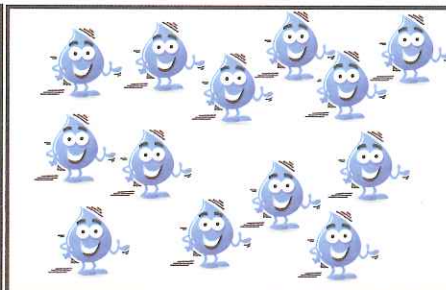
Je kunt je bekertje water ook aan de kook brengen in een pannetje op het fornuis of in de magnetron. Er ontstaan dan bellen in het water en er ontstaat damp.

Leg uit wat er met de moleculen in het water gebeurt als het water kookt. Maak er weer een duidelijke tekening bij.

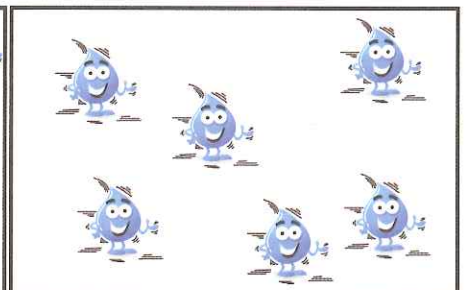
Water kan dus voorkomen in drie verschillende vormen: vloeibaar (gewoon water), vast (ijs) en gasvormig (waterdamp). Dit geldt voor vrijwel alle stoffen. Bij de overgang van de ene vorm naar de andere blijven de moleculen in de stof hetzelfde! Alleen hun beweging en de afstand tussen de moleculen verandert.



vast



vloeibaar



gasvormig

Maak de volgende zinnen af. Je kunt kiezen uit: stollen, condenseren, verdampen, smelten.

Het proces waarbij een vaste stof overgaat in een vloeistof noemen we

Het proces waarbij een vloeistof overgaat in een vaste stof noemen we

Het proces waarbij een vloeistof overgaat in een gas noemen we

Het proces waarbij een gas overgaat in een vloeistof noemen we

Welke vorm je ziet hangt af van de temperatuur van de stof.

IJzer is bij een normale temperatuur (ongeveer 20 graden Celsius) altijd vast. Pas als het heel heet wordt, gaat het smelten.

Bij welke temperatuur gebeurt dat?

Lucht is bij 20 graden Celsius altijd gasvormig. Pas als het heel erg koud is, wordt het vloeibaar. Bij welke temperatuur gebeurt dat?

Hoe hoger de temperatuur, hoe harder de moleculen in een stof gaan trillen of bewegen.

Andersom geldt ook: hoe lager de temperatuur, hoe langzamer de moleculen bewegen. Maar er is één punt waarop het niet meer kouder kan worden. Dit noemen we het absolute nulpunt. Bij deze temperatuur staan alle moleculen stil!

Hoeveel graden Celsius bedraagt het absolute nulpunt?

We hebben het hierboven steeds over graden Celsius. Dat is een maat om aan te geven hoe warm iets is. Deze maat is uitgevonden door ene meneer Celsius.



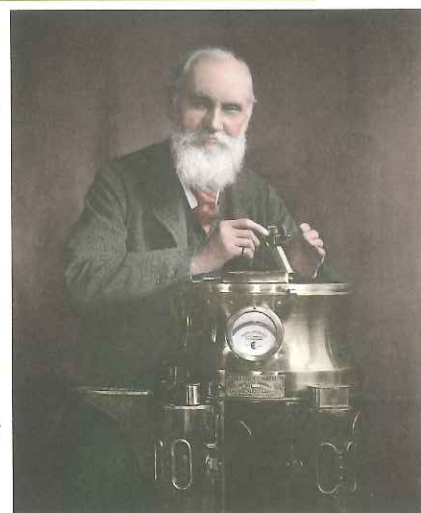
Zoek op wie Celsius was en schrijf een kort verslag over hem voor in je portfolio.

Verwerk daarin in elk geval de volgende informatie.

Wat was zijn volledige naam? Waar en wanneer leefde hij? Wanneer heeft hij de naar hem genoemde temperatuurschaal bedacht? Was die temperatuurschaal precies hetzelfde als de schaal die wij nu gebruiken? Zo nee, wat was er anders?



Een eeuw later vond de Schotse natuurkundige Lord Kelvin dat de schaal van Celsius helemaal niet handig was. Hij bedacht een nieuwe maat voor de temperatuur, die begint bij het absolute nulpunt. Deze temperatuur noemen we 0 Kelvin.



Wat was de echte naam van deze Lord Kelvin?

Wat is het smeltpunt van water in de schaal van Kelvin?

En het kookpunt?

Tegenwoordig bestaan er steeds meer technieken om stoffen zoveel mogelijk af te koelen. We hadden het al even over vloeibare lucht. Als je de lucht nog verder afkoelt, kun je zelfs bevroren lucht maken!

Tot welke temperatuur moet je de lucht dan afkoelen?

Als je een blikje frisdrank wilt afkoelen, leg je het in de koelkast. Maar het kan ook sneller!

Voor deze proef heb je nodig:

- twee blikjes frisdrank
- twee bakjes water
- ijsklontjes
- zout
- thermometer.

Zorg ervoor dat de twee blikjes dezelfde temperatuur hebben (bijvoorbeeld door ze eerst een nacht naast elkaar op je bureau te zetten). Vul de bakjes met evenveel water en evenveel ijsklontjes.

Doe in één van de bakjes een hand vol zout en meng dat goed door het water. Leg in elk bakje een blikje en wacht vijf minuten. Beweeg de blikjes af en toe met je hand door het ijswater.

Na vijf minuten maak je de blikjes open en meet je de temperatuur van de frisdrank.

Wat is je conclusie? Hoe verklaar je het verschil? (Je mag voor de verklaring informatie zoeken op internet.) Schrijf een duidelijk verslag over je experiment. En drink nu maar lekker die blikjes leeg!

Soms hoor je wel eens dat warm water sneller bevroert dan koud water. Jij gaat nu voor eens en voor altijd uitzoeken hoe dat zit! Verzin zelf een experiment waarmee je dat kunt bepalen en schrijf daarover een duidelijk verslag voor je portfolio.



BLOK 2 DE DEELTJESFAMILIE

Les 5 In het atoom



Je kent vast wel die kleurige Russische poppetjes - Matroesjka's - die je open kunt maken als een soort doosje. Elke keer als je een poppetje openmaakt, komt er weer een nieuw, kleiner poppetje tevoorschijn.

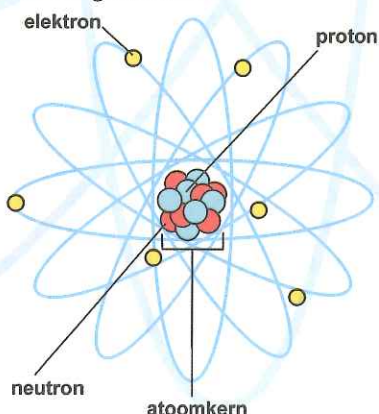
Met de deeltjes waaruit stoffen zijn opgebouwd is ook ongeveer zoiets aan de hand. We zagen al dat moleculen zijn opgebouwd uit atomen.

Maar ook atomen blijken niet de kleinste deeltjes te zijn die er bestaan! En zo gaat het nog een tijdje verder. Telkens als wetenschappers denken dat ze het kleinste deeltje gevonden hebben, komt er weer een kleiner deeltje tevoorschijn!

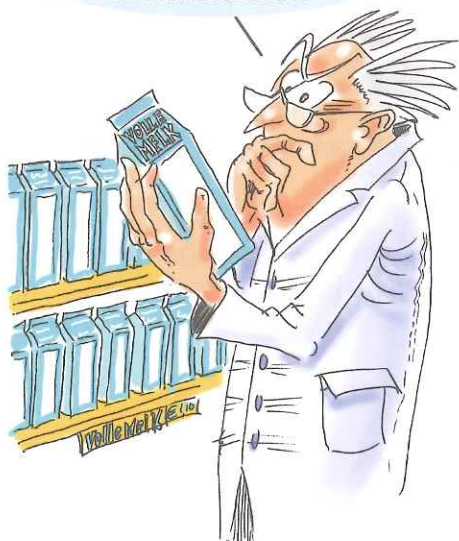
Wetenschapper ontdekt kleinste deeltje.



Een atoom is opgebouwd uit drie soorten deeltjes: protonen, neutronen en elektronen. De protonen en neutronen zitten op een kluitje in het midden. Dit noemen we de kern van het atoom. De elektronen zweven daar in een wolk omheen. Ongeveer zo:



99,999999999999 % leeg?
En dat noemen ze volle
melk! Schande!



In Les 2 heb je geleerd hoe klein een atoom is. Maar protonen, neutronen en elektronen zijn nog véél kleiner! De kern is ongeveer tienduizend keer kleiner dan het hele atoom. En de elektronen die daar omheen zweven zijn waarschijnlijk nog eens tienduizend keer kleiner dan de kern. De ruimte daar tussenin is ... leeg! Alle stoffen en voorwerpen die je om je heen ziet, bestaan dus voor 99,999999999999 procent uit lege ruimte.

Hoe groot is een atoomkern?

En een elektron?

Het aantal protonen en neutronen in de kern van een atoom bepaalt met welke atoomsoort je te maken hebt. Een zuurstofatoom heeft bijvoorbeeld meer protonen en neutronen dan een koolstofatoom.

Om dit te begrijpen, kun je het beste weer zelf aan de slag gaan.

Neem drie kleuren klei, of gewone klei en drie kleuren verf. Bijvoorbeeld rood, geel en blauw. Maak daarvan een flinke stapel bolletjes: 25 rode, 25 gele en 25 blauwe.

De blauwe bolletjes noem je protonen, de rode noem je neutronen en de gele elektronen. De elektronen zijn kleiner dan de protonen en neutronen.

Het kleinste atoom dat je kunt maken bestaat uit één proton en één elektron. Prik het elektron op een lange satéprikker, en prik die in de atoomkern (het proton). De satéprikker geeft aan dat het elektron om de kern heen draait. Dit atoom heet waterstof (**H**).

Maak nu ook de volgende atomen. Plak de protonen en neutronen dicht op elkaar en prik daarin op lange satéprikkers de elektronen (één prikper elektron).

Helium (**He**): 2 protonen, 2 neutronen, 2 elektronen.

Koolstof (**C**): 6 protonen, 6 neutronen, 6 elektronen.

Stikstof (**N**): 7 protonen, 7 neutronen, 7 elektronen.

Zuurstof (**O**): 8 protonen, 8 neutronen, 8 elektronen.

En zo kun je nog wel een tijdje doorgaan. Op deze manier kun je alle mogelijke atoomsoorten maken!

Ga naar http://nl.wikipedia.org/wiki/Periodiek_systeem. In dit schema (het periodiek systeem der elementen) staan alle atoomsoorten netjes gerangschikt op grootte. Het getal dat bij een atoomsoort staat, geeft aan hoeveel protonen en elektronen dat atoom bevat.

Hoeveel verschillende atoomsoorten bestaan er?

Hoe heet het grootste atoom?

Hoeveel protonen en elektronen zitten er in zo'n atoom?

Elke keer als er een nieuw atoom wordt ontdekt, moeten wetenschappers een nieuwe naam verzinnen. Meestal wordt het atoom genoemd naar de wetenschapper die hem ontdekt heeft. Maar de naam kan ook verwijzen naar een plaats of een voorwerp.

Zoek in het periodiek systeem vijf namen die je leuk of interessant vindt en zoek uit waar die namen naar verwijzen. Zet er ook bij hoeveel protonen en elektronen dat atoom bevat. En verder alle informatie die je zelf nuttig of interessant vindt!

Les 6 Heel aantrekkelijk!



Nu je weet hoe een atoom in elkaar zit, kun je ook het verschijnsel elektriciteit verklaren. Elektriciteit gebruik je de hele dag. De lamp in je kamer, je ipod, je mobiel, je computer en ga zo maar door. Maar wat is elektriciteit eigenlijk?

Ga eens na op welke manieren jij vandaag al (direct of indirect) elektriciteit hebt gebruikt en maak er een lijst van. Denk ook aan de boiler in de badkamer en het stoplicht op straat.

Elektriciteit ontstaat doordat sommige deeltjes een speciale eigenschap hebben. Deze eigenschap noemen we elektrische lading. Er zijn twee soorten elektrische lading: positieve en negatieve.

Vul de juiste woorden in: 'trekken elkaar aan' of 'stoten elkaar af'.

Deeltjes met dezelfde soort elektrische lading

Deeltjes met tegengestelde elektrische lading

Even een opfrissertje (als je deze opdracht al hebt gedaan in *Topklassers Wetenschap deel 2 - Natuurverschijnselen*, mag je hem overslaan).

Neem een ballon en blaas die op. Wrijf de ballon langs een wollen trui of over je (droge) haar en laat hem los. Wat zie je?

Leg nu een aantal papiersnippers op tafel en hou de ballon erboven. Wat zie je?

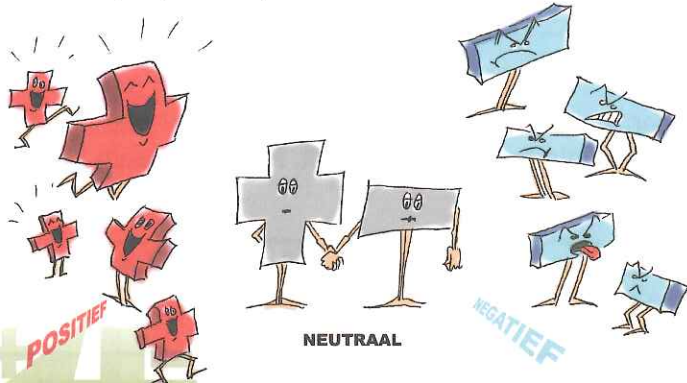
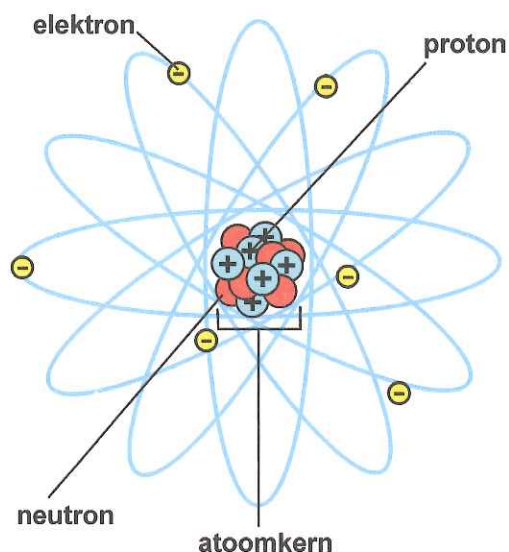
Pak nu een tweede ballon, blaas hem op en wrijf hem over je trui. Hou de twee ballonnen aan een touwtje ongeveer twintig centimeter uit elkaar. Ze mogen elkaar niet raken! Wat gebeurt er?

Hoe kun je deze waarnemingen verklaren?

Ook de protonen en elektronen in een atoom zijn elektrisch geladen.

Protonen hebben altijd een positieve elektrische lading (+) en elektronen een negatieve (-). Neutronen hebben geen elektrische lading: ze zijn neutraal (vandaar hun naam).

In de vorige les heb je gezien dat een atoom altijd precies evenveel protonen en elektronen heeft. De ladingen van die deeltjes heffen elkaar op. Daardoor is een atoom als geheel neutraal (ongeladen).



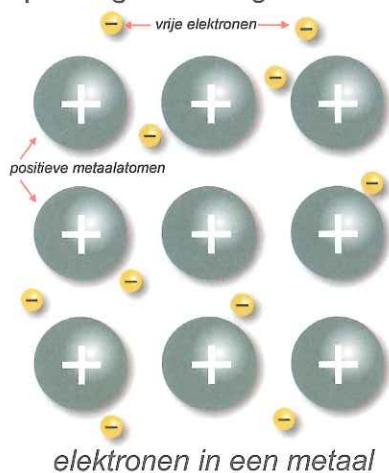
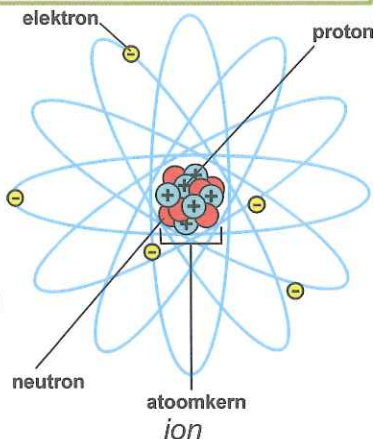
Wat gebeurt er nu in de ballonnenproef?

Een ballon en een trui bestaan uit atomen. Wrijf je een ballon over je trui, dan springen er elektronen van de atomen in je trui op de atomen in de ballon, of andersom. De atomen in de ballon hebben dan dus tijdelijk meer of minder elektronen dan protonen. Daardoor is de ballon als geheel elektrisch geladen en kan hij andere geladen voorwerpen aantrekken of afstoten.

Maak een tekening van bovenstaande experimenten en teken daarin wat er gebeurt met de protonen en de elektronen. De protonen geef je aan met een + en de elektronen met een -.

Niet alle stoffen kunnen zomaar extra elektronen afstaan of opnemen. Dat kan alleen als de elektronen niet zo erg goed vastzitten aan de kern van het atoom. Een atoom dat een elektron teveel of te weinig heeft, heet een ion.

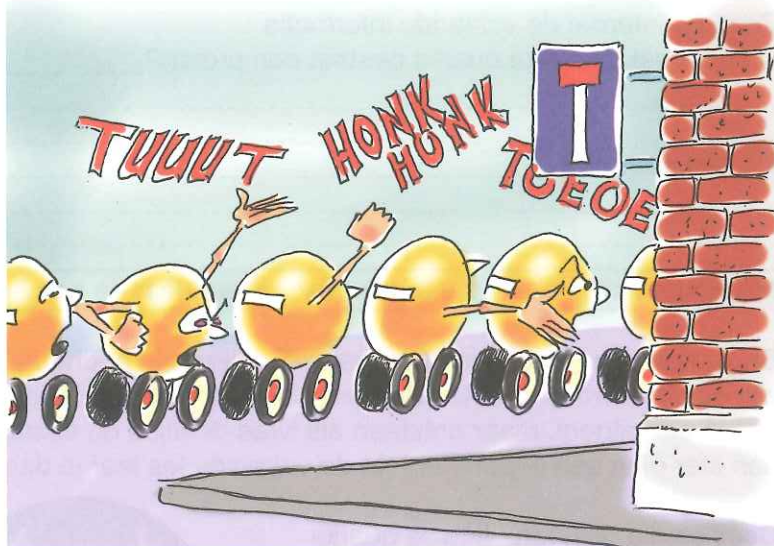
In een metaal, zoals ijzer of koper, springen de elektronen heel gemakkelijk van het ene atoom naar het andere. Als er heel veel elektronen door een metaal (bijvoorbeeld een metalen draad) stromen, ontstaat er een elektrische stroom. Dit kan echter alleen als de draad is aangesloten op een spanningsbron, bijvoorbeeld het stopcontact of een batterij. De spanningsbron zorgt ervoor dat de elektronen gaan stromen.



De stromende elektronen kunnen allerlei apparaten aan het werk zetten, bijvoorbeeld een lamp of een cd-speler. De draad moet dan wel een gesloten kring vormen. Als de draad zomaar ineens stopt, komen de elektronen in een doodlopende straat en kunnen ze niet verder. Er ontstaat dan een elektronenfile!

Leg uit wat er in een stroomdraad gebeurt als je de schakelaar van een lamp aan of uit zet.

Ook in je eigen lichaam speelt elektriciteit een belangrijke rol. Je hersenen zijn bijvoorbeeld één grote wirwar van rondstromende elektronen en ionen. Deze elektrische stroompjes zorgen ervoor dat je kunt denken, zien, voelen, bewegen, enzovoorts.



Wil je een voorwerp optillen, dan sturen je hersenen een elektrisch signaal naar je hand en je vingers. Dit signaal zorgt ervoor dat je vingers samenknijpen en je arm omhoog gaat.

Je ogen zetten het licht en de kleuren die ze opvangen om in elektrische signaaltjes naar je hersenen. De hersenen maken van deze signaaltjes een beeld van het voorwerp dat je ziet.

Op www.proefjes.nl/proef.php?nummer=105&categorie=elektriciteit staat een leuk experiment met elektriciteit. Vraag aan je docent of je dit experiment mag uitvoeren en schrijf er een verslag over.

Les 7 Quarks en andere rare snuiters

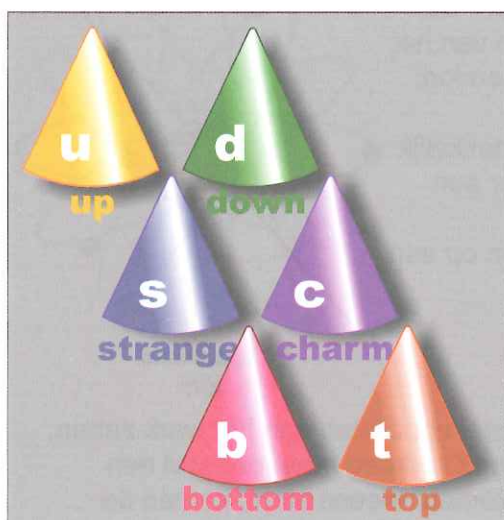
Moleculen, atomen, protonen, neutronen, elektronen. Begint het je al te duizelen? Hou je dan maar vast, want we zijn nog steeds niet bij het kleinste deeltje aangeland! Ook protonen en neutronen zijn namelijk opgebouwd uit nóg kleinere deeltjes. Deze bouwstenen van protonen en neutronen heten quarks. Ze zijn ongeveer even groot als een elektron. Hoe groot was dat ook alweer?



proton



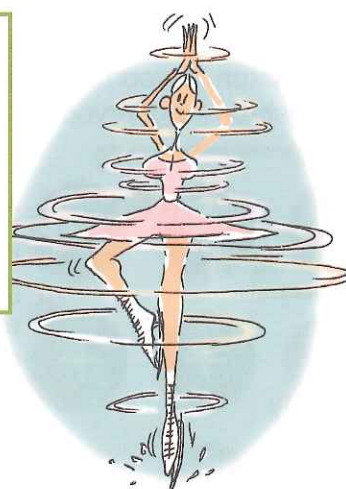
neutron



Er zijn zes verschillende soorten quarks. Deze hebben rare Engelse namen, namelijk 'up', 'down', 'charm', 'strange', 'top' en 'bottom'.

Hoe quarks er precies uitzien weet niemand. Waarschijnlijk zijn ze een beetje puntvormig en draaien ze heel hard rond.

Er bestaan geen officiële Nederlandse namen voor de quarks. Als jij deze namen zou mogen verzinnen, welke zou je dan kiezen? Het mag een vertaling zijn van de Engelse woorden, maar je mag ook zelf zes passende namen verzinnen.



Met deze zes quarks kun je weer allerlei combinaties gaan maken.

Zoek op internet de volgende informatie.

Uit hoeveel en welke quarks bestaat een proton?

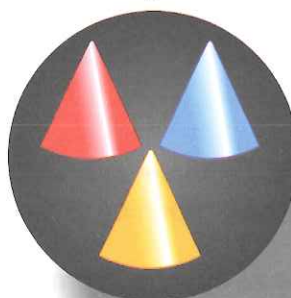
En een neutron?

Maak van beide deeltjes een tekening en zet daar de namen van de quarks in.

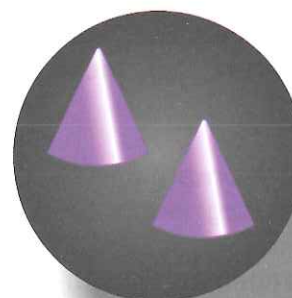
En zo kun je nog wel even doorgaan. Er blijken in het heelal nog veel meer deeltjes voor te komen die zijn opgebouwd uit quarks. Sommige bestaan uit twee quarks, andere uit drie. De meeste deeltjes zitten niet in een atoom, maar ontstaan als twee deeltjes op elkaar botsen, bijvoorbeeld bij de explosie van een ster of in een experiment. In de volgende les leer je daar meer over.

Deeltjes die bestaan uit twee quarks noemen we mesonen. Deeltjes die bestaan uit drie quarks noemen we baryonen.

Tot welke groep behoren protonen en neutronen?



baryon

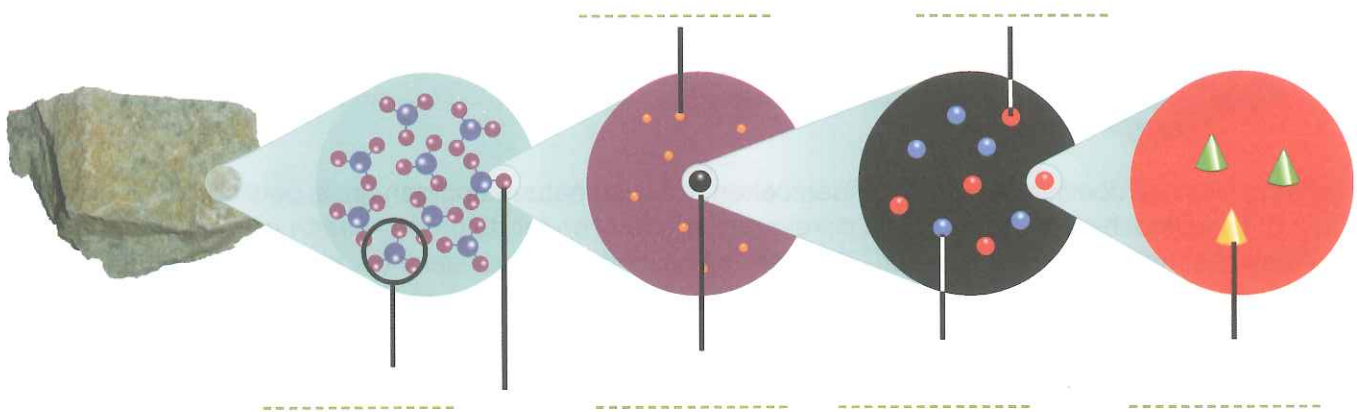


meson

Een quark zit dus altijd in een groepje van twee of drie soortgenoten. Je zult ze nooit 'los' tegenkomen. Bij elektronen ligt dat anders. In de vorige les heb je gezien dat elektronen ook vaak in hun eentje rondzwerven. Dat is maar goed ook, anders zou er helemaal geen elektriciteit bestaan! Deze familie van eenlingen noemen we de leptonen.

Voor zover wetenschappers nu weten zijn quarks en leptonen (waaronder de elektronen) écht de allerkleinste deeltjes die er bestaan. Ze maken deel uit van een hele familie van elementaire (dat wil zeggen: ondeelbare) deeltjes. Deze familie noemen natuurkundigen het standaardmodel van elementaire deeltjes. Dit zijn dus echt de állerkleinste legosteentjes waaruit alle voorwerpen en stoffen in het heelal zijn opgebouwd.

Nog even samenvattend. Zet de volgende namen op de juiste plek in de tekening: atoom, elektron, neutron, proton, kern, molecuul, quark



We zullen je verder niet vermoeien met alle andere deeltjes uit het standaardmodel, want dan zie je door de bomen het bos niet meer. Maar één deeltje willen we nog even apart noemen: het neutrino.

Neutrino's zijn piep-, piep-, piepkleine deeltjes, nog kleiner dan quarks en elektronen, die ontstaan in het heelal. Ze behoren tot dezelfde familie als de elektronen: de leptonen dus. Neutrino's zijn echter zó klein, dat ze zich niks aantrekken van andere deeltjes. Ze vliegen er gewoon dwars doorheen!



Hou je hand maar eens tien tellen recht voor je. Elke seconde vliegen er alleen al honderd miljard neutrino's door de nagel van je duim!

Hoeveel neutrino's zijn er in de tien tellen door je hele hand gevlogen?

Geef voor de klas een presentatie waarin je uitlegt uit welke deeltjes alle stoffen en voorwerpen op aarde zijn opgebouwd. Begin met een herkenbaar voorwerp (bijvoorbeeld een boterham) of een stof (bijvoorbeeld limonade), en vertel welke deeltjes daarin zitten. (Je mag natuurlijk ook een andere stof of een ander voorwerp kiezen!). Ga steeds een stapje verder (kleiner), tot en met de quarks en elektronen. Gebruik daarbij de kleimodellen die je in eerdere lessen hebt gemaakt. Probeer het zó uit te leggen, dat zelfs de juf of meester het kan begrijpen. Wedden dat de hele klas met open mond en rode oortjes zit te luisteren?

Les 8 Spookdeeltjes



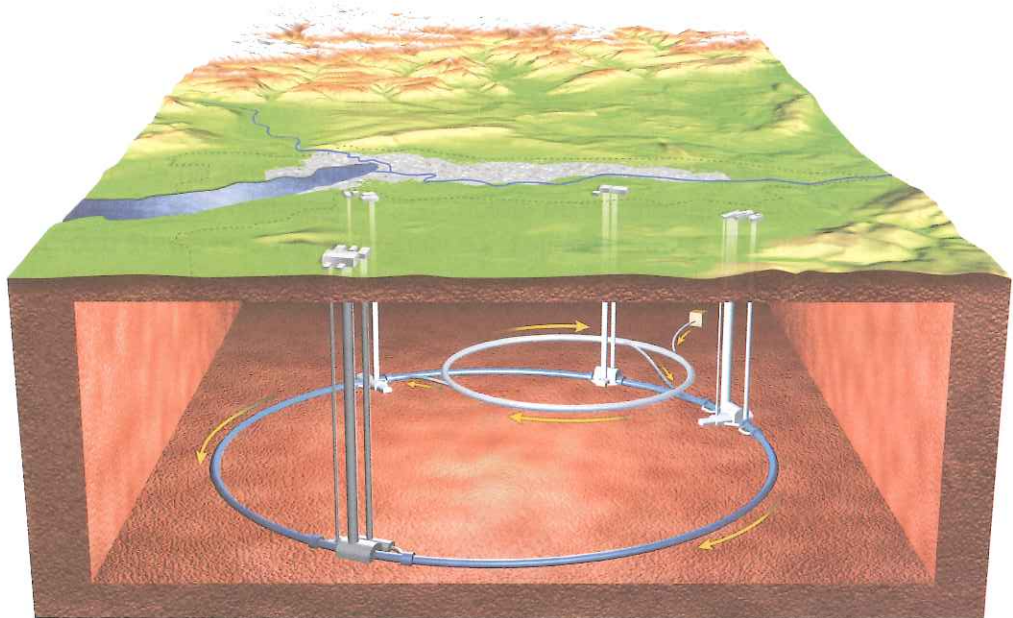
Nu vraag je je misschien af hoe natuurkundigen dat allemaal weten. Quarks en elektronen zijn zo ongelooflijk klein dat je ze zelfs met de allersterkste microscoop niet kunt zien. Hoe weten we dan dat deze deeltjes bestaan? En uit hoeveel quarks een proton of een neutron bestaat?

Probeer de volgende vragen eens te beantwoorden. Je mag het antwoord opzoeken of zelf een gokje wagen.

Wat is het kleinste voorwerp of deeltje dat je met het blote oog kunt zien?

En welk voorwerp of deeltje zou je onder een sterke microscoop nog kunnen zien?

Om nóg kleinere deeltjes te kunnen onderzoeken, bouwen natuurkundigen grote botsingsmachines. Zo'n botsingsmachine bestaat uit een cirkelvormige tunnel onder de grond, waarin wetenschappers de deeltjes heel hard rond laten draaien. Ze doen dat bijvoorbeeld door een stuk metaal te beschieten met elektronen. De atomen uit het metaal schieten dan los en vliegen de tunnel in. Magneetvelden langs de zijkant zorgen ervoor dat de deeltjes steeds harder gaan. Daarom noemen ze zo'n tunnel ook wel eens een deeltjesversneller.



Als je nu verschillende soorten deeltjes tegen elkaar in laat bewegen, botsen die deeltjes op elkaar. Bij zo'n botsing ontstaan allerlei brokstukken, die worden opgevangen door detectoren in de wand van de tunnel. Aan de snelheid en richting van die brokstukken kunnen de onderzoekers zien wat voor deeltjes (quarks, leptonen of andere elementaire deeltjes uit de deeltjesfamilie) erin zitten.

Op deze manier hebben natuurkundigen de hele familie van elementaire deeltjes in kaart gebracht: het standaardmodel voor elementaire deeltjes.



In dat model zit echter één deeltje dat zich nog nooit in een experiment heeft laten zien: het Higgs-boson. Volgens het model zou dit deeltje wel moeten bestaan, maar het is zó klein, dat geen enkele detector het ooit heeft waargenomen.

En daar kunnen natuurkundigen niet zo goed tegen. Ze willen graag alles wat in het model hoort ook in het 'echt' kunnen zien. Vandaar dat bij het onderzoeksinstituut CERN in Zwitserland in 2008 de allergrootste botsingsmachine ter wereld in gebruik is genomen. Met deze botsingsmachine hopen natuurkundigen eindelijk het Higgs-boson te kunnen vangen.



Hoog tijd om zelf weer eens wat informatie op te zoeken!

CERN is een Franse afkorting. Zoek op voor welke Franse woorden deze afkorting staat. _____

In welke plaats ligt dit instituut? _____

Bij het CERN hebben ze verschillende tunnels voor botsingsproeven. De grootste en nieuwste tunnel, waarin natuurkundigen het Higgs-boson hopen waar te nemen, heet de Large Hadron Collider (LHC). Dat betekent letterlijk 'grote hadronenbotser'. Hadron is een algemene naam voor een deeltje dat is opgebouwd uit quarks.



Welke twee soorten hadronen ken je? _____

Hoe groot is de omtrek van deze ondergrondse tunnel? _____

De deeltjes die in deze tunnel ronddraaien maken 11.103 rondjes per seconde.

Welke afstand leggen deze deeltjes per seconde af? _____

Wat is dus de snelheid van deze deeltjes in m/s? _____

En in km/u? _____

Het Higgs-boson is een geheimzinnig deeltje. Niemand heeft het ooit gezien. Bestaat het dan wel echt? Schrijf een spannend verhaal waarin het Higgs-boson de hoofdrol speelt. Je mag het zo gek maken als je zelf wilt. Fantaseer er maar flink op los!

Toets A

- 1 Wat betekent het woord atoom?
 - a) deeltje
 - b) bouwsteen
 - c) klein
 - d) ondeelbaar
- 2 Hoe heet de Griekse geleerde die voor het eerst het woord atoom gebruikte?
 - a) Plato
 - b) Socrates
 - c) Democritus
 - d) Pythagoras
- 3 Welke van deze stoffen is ook de naam van een atoomsoort?
 - a) water
 - b) ijzer
 - c) steen
 - d) zand
- 4 Wat is de kleinste hoeveelheid van één bepaalde stof?
 - a) een molecuul
 - b) een atoom
 - c) een proton
 - d) een quark
- 5 Welke atoomsoorten zitten er in een watermolecuul?
 - a) waterstof en zuurstof
 - b) waterstof en stikstof
 - c) waterstof en koolstof
 - d) zuurstof en stikstof
- 6 Hoe noemen we de overgang van een gas naar een vloeistof?
 - a) stollen
 - b) condenseren
 - c) verdampen
 - d) smelten
- 7 Hoeveel Kelvin bedraagt het absolute nulpunt?
 - a) -273 K
 - b) 273 K
 - c) 100 K
 - d) 0 K
- 8 Uit welke deeltjes bestaat een atoomkern?
 - a) protonen
 - b) neutronen
 - c) protonen en neutronen
 - d) protonen, neutronen en elektronen
- 9 Uit hoeveel quarks bestaat een baryon?
 - a) een
 - b) twee
 - c) drie
 - d) vier



10 Welk deeltje hebben wetenschappers nog nooit waargenomen?

- a) een quark
- b) een lepton
- c) een neutrino
- d) een Higgs-boson

11 Wat is de Latijnse naam voor natuurkunde?

12 Zet onderstaande deeltjes in volgorde van grootte. Begin met de kleinste.
proton, quark, molecuul, atoom

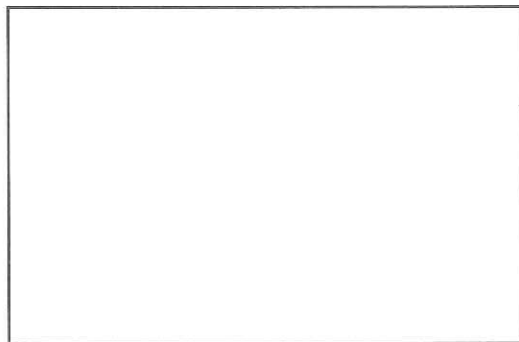
13 Hoeveel soorten atomen bestaan er?

14 Welke atoomsoorten zitten er in het molecuul $C_6H_{12}O_6$? En hoeveel van elke soort?

15 Leg uit wat er met de moleculen in een pan water gebeurt als je het water aan de kook brengt.

16 Wat was de echte naam van Lord Kelvin?

17 Maak een tekening van een atoom. Zet daarin de volgende namen op de juiste plaats: proton, neutron, elektron, kern



18 Wat is een ion?

19 Waarom gaat een lamp uit als je de bijbehorende schakelaar uitzet?

20 Welke soorten quarks bestaan er?

21 Welke quarks zitten er in een neutron?

22 Wat is een deeltjesversneller?

BLOK 3 ALLES IS RELATIEF

Les 9 Een vreemde vogel?

In dit blok gaan we het eindelijk hebben over Einstein. Je weet wel, die beroemde natuurkundige die bijna iedereen kent.

Zoek de antwoorden op de volgende vragen.

Wat is de voornaam van Einstein?

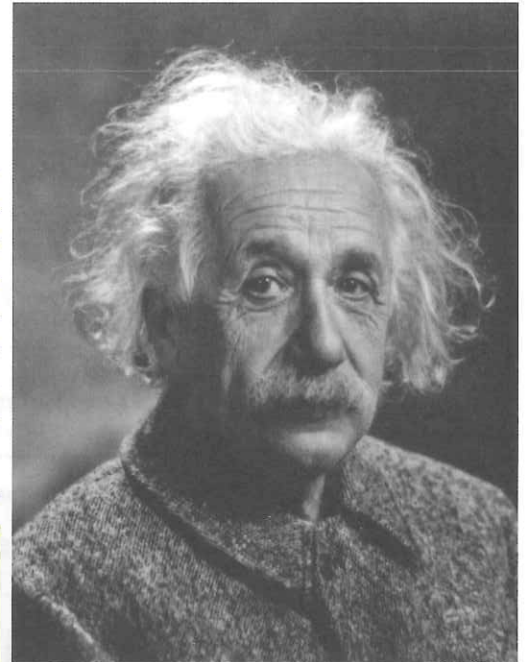
Wanneer en waar is hij geboren?

Wanneer en waar is hij overleden?

Welk muziekinstrument speelde hij?

Hoe heet de natuurkundige theorie die Einstein bedacht heeft?

Schrijf een korte biografie over Einstein waarin je bovenstaande antwoorden verwerkt, plus alle informatie over Einstein die jij zelf nog interessant vindt. Plak er een leuke of mooie foto bij, of maak zelf een tekening van Einstein!



Veel mensen vonden Einstein maar een vreemde vogel. Dat komt doordat hij niet zomaar alles nadeed wat andere mensen deden. Lekker eigenwijs dus. In het gewone leven is dat soms lastig, omdat veel mensen je dan raar vinden.



eigenwijze natuurkundige

Maar voor een natuurkundige is dit een hele goede eigenschap. Zonder deze eigenschap zou namelijk nooit iemand iets nieuws verzinnen en zouden we nu nog steeds niet weten hoe de wereld in elkaar zit! Einstein dacht vaak diep na over de dingen die er om hem heen gebeurde. Daardoor ontdekte hij veel nieuwe natuurkundige verschijnselen.

Eén van de dingen waar Einstein veel over nadacht is snelheid.

Als je vanmorgen op de fiets naar school bent gegaan, heb je een bepaalde afstand afgelegd, bijvoorbeeld 2,8 km. En daar heb je een bepaalde tijd over gedaan, bijvoorbeeld 10 minuten. Met welke snelheid heb je dan gemiddeld gefietst?

Hieronder zie je tien afbeeldingen. Zet onder elke afbeelding de maximale snelheid van het afgebeelde voorwerp. Je kunt kiezen uit 20 cm/u, 20 km/u, 37 km/u, 50 km/u, 120 km/u, 160 km/u, 1000 km/u, 2000 km/u, 30.000 km/u en 1.000.000.000 km/u.



Ieder voorwerp heeft dus zo zijn eigen maximumsnelheid. Maar Einstein bedacht dat geen enkel voorwerp, molecuul, atoom of ander deeltje in het hele heelal ooit harder kan gaan dan het licht. De lichtsnelheid is volgens hem dus de allerhoogste snelheid die er bestaat!

Einstein beweerde ook dat de lichtsnelheid altijd en overal precies hetzelfde is. Namelijk exact 299.792.458 m/s.

Hoeveel km/uur is dat?

In de tijd van Einstein was dit een bizar verzinsel. Maar Einstein was ervan overtuigd dat zijn idee echt waar was. Later hebben natuurkundigen met behulp van experimenten aangetoond dat hij gelijk had. In de volgende les zullen we zien dat dit eenvoudige idee grote gevolgen had voor de wetenschap.

Even wat sommetjes.

De afstand van de aarde tot de zon bedraagt 149.598.000 km.

Om uit te rekenen hoe lang het licht van de zon onderweg is voordat het de aarde bereikt, moet je deze afstand delen door de lichtsnelheid.

Dus: reistijd van het licht = afstand aarde-zon (in meters) / lichtsnelheid (in m/s) = _____ seconden = _____ minuten.

Stel dat een mannetje op de maan een zaklamp aan doet. Hoe lang duurt het dan voordat wij het licht van zijn zaklamp op aarde kunnen zien?

Zoek op:

Afstand aarde-maan = _____

Reken uit:

Reistijd van het licht = _____ / _____ = _____ seconde.

Hoe noemen we de afstand die een lichtstraal in één jaar aflegt?

Hoe groot is deze afstand?

Les 10 $1 + 1 = \dots$ iets minder dan 2!

In deze les gaan we, net als Einstein, nog eens goed nadenken over snelheid.



Stel, je gaat op vakantie met het vliegtuig en je staat met je bagagekarretje op een lopende band op Schiphol. Je bent lekker lui, dus je loopt zelf niet. Je vader staat naast de band stil om een foto van jou te maken. De lopende band heeft een snelheid van 3 km/uur. Met welke snelheid ziet je vader jou dan voorbij komen?

Je vindt het allemaal toch wat langzaam gaan, dus je begint zelf mee te lopen. Je loopt met een snelheid van 4 km/uur ten opzichte van de band. Met welke snelheid ziet je vader jou nu voorbij komen?



Om jouw snelheid ten opzichte van je vader te berekenen, moet je dus jouw snelheid en die van de band bij elkaar optellen.

Nog een voorbeeldje.

Harry Potter zit op zijn bezemsteel en vliegt 150 km/uur. Hij gooit een bal weg met een snelheid van 50 km/uur. Welke snelheid heeft de bal ten opzichte van de grond?



Stel nu dat de bezemsteel van Harry Potter met de lichtsnelheid zou vliegen (je weet maar nooit met die tovenaars!). En dat Harry zijn bal weer weggooit met een snelheid van 50 km/uur. Hoe hard gaat de bal dan ten opzichte van de grond?

Maar wacht eens even! Als je de snelheid van de bal en de bezem bij elkaar optelt, krijg je een getal dat groter is dan de lichtsnelheid. En in de vorige les heb je geleerd dat dat helemaal niet kan! Hoe moet dat nu?



Dat vroeg Einstein zich ook af. Hij ontdekte dat je bij hoge snelheden (bijna net zo snel als de lichtsnelheid) niet zomaar twee snelheden bij elkaar op mag tellen. Hoe het dan wel moet, gaan we hier niet uitleggen. Dat is namelijk nogal ingewikkeld. Het komt erop neer dat de snelheid ten opzichte van de grond nét iets kleiner is dan de optelling van de snelheden van bezemsteel en de bal. Hoe harder de bezemsteel gaat, hoe meer je van de optelling af moet doen.

Als de bezemsteel met de lichtsnelheid gaat, en Harry de bal weggooit, kan de bal nooit harder gaan dan de bezem zelf, hoe hard Harry ook gooit.



Deze ontdekking noemen we de speciale relativiteitstheorie van Einstein.
In welk jaar heeft Einstein deze theorie bedacht?

Enkele jaren later bedacht Einstein nóg een theorie, die hij de algemene relativiteitstheorie noemde. In het volgende blok leer je daar meer over.

Geen enkel voorwerp kan dus harder gaan dan het licht. Maar met zijn nieuwe theorie ontdekte Einstein nog veel meer bizarre verschijnselen.



Als je op de manier van Einstein aan het rekenen slaat, kom je er namelijk achter dat voorwerpen met een hoge snelheid een ietsiepietsie klein beetje korter worden. Dus een raket van 10 meter lang die met een snelheid van 30.000 km/uur de ruimte in wordt geschoten, wordt daarbij een heel klein beetje ingedeukt. Raar, maar waar!

Ook blijkt de tijd in zo'n raket langzamer te gaan dan op aarde. Zou jij met deze raket meereizen, en je tweelingbroer zou thuis achterblijven, dan zou jij bij terugkomst op aarde nét iets jonger zijn dan je broer!

Het zal je niet verbazen dat wetenschappers in eerste instantie niks van Einsteins rare ideeën geloofden. Maar in de loop der jaren werden er steeds meer proeven gedaan om de theorie te testen en het bleek allemaal haarfijn te kloppen!

Overigens merken we in het dagelijks leven niks van deze rare verschijnselen. Dat komt doordat we hier op aarde bij lange na niet zo snel kunnen bewegen als het licht. De klok in een auto of straaljager loopt dus gewoon precies even snel als de klok bij jou thuis en een Ferrari deukt heus niet in tijdens een autorace. Althans, niet zoveel dat je het kunt zien of meten.



Wat is de maximale snelheid van een Ferrari?

Hoeveel procent van de lichtsnelheid is dat?

Wat hebben we dan eigenlijk aan deze maffe theorie? Denk nog maar eens aan de botsingsmachine van Les 8. De deeltjes die daar rondvliegen gaan bijna net zo hard als het licht. Bij zulke experimenten moeten natuurkundigen dus wel degelijk rekening houden met de ideeën van Einstein.

Maak een stripverhaal waarin de verschijnselen van de speciale relativiteitstheorie een rol spelen.

Les 11 De toverformule

En nu komt dan eindelijk het onderdeel waar Einstein het meest beroemd mee is geworden, namelijk de formule $E = mc^2$. Einstein ontdekte dat je met deze formule voorwerpen of stoffen (gedeeltelijk) kunt laten verdwijnen of tevoorschijn toveren. Een soort toverformule dus! In deze les leer je hoe dat zit.

Een formule is een soort uitspraak in wiskundetaal. Bijvoorbeeld $1 + 1 = 2$. Dat is in feite ook een formule. Of $35 / 7 = 5$. Een formule is dus eigenlijk een som.

Natuurkundigen maken vaak sommen met letters in plaats van met cijfers. Een voorbeeldje: in Les 8 heb je gezien dat je je gemiddelde snelheid op weg naar school kunt berekenen door de afstand te delen door de tijd: $\text{snelheid} = \text{afstand} / \text{tijd}$.

In plaats van de woorden snelheid, afstand en tijd, kunnen we ook letters gebruiken, bijvoorbeeld:
 $\text{snelheid} = v$,
 $\text{afstand} = s$,
 $\text{tijd} = t$.

Er staat dan: $v = s / t$.

Dit is een formule. Wil je een echte berekening maken, dan vul je in plaats van deze letters getallen in.

Maak de volgende berekening:

$s = 500$ meter

$t = 20$ seconde

$v = s / t = \text{-----} / \text{-----} = \text{-----} \text{ m/s.}$

Wat betekent nu de beroemde formule van Einstein: $E = mc^2$?

De E staat voor **energie**. Dat is een lastig begrip om uit te leggen, maar eigenlijk weet je wel wat het is.



Als je moe bent, heb je weinig energie. Als je fit bent, heb je veel energie.

Maar ook voorwerpen hebben energie. Als je fietst, breng je een deel van jouw energie over op je fiets. Daardoor gaan je wielen bewegen. Dit noemen we bewegingsenergie.

In Les 7 zagen we dat je met elektriciteit een lamp kunt laten branden. De elektronen hebben elektrische energie. En als je vuur maakt, wordt het warm. Het vuur bevat warmte-energie.



Op internet staan veel filmpjes over energie. Bijvoorbeeld hier: www.schooltv.nl/mystrix/wereld3.htm (klik op de linker lamp).

Ook auto's, vliegtuigen en andere voertuigen hebben energie nodig om op te rijden. Een heel bijzonder voertuig is de racewagen Nuna. Deze rijdt helemaal op energie uit zonlicht! Zoek op internet naar informatie over deze racewagen en maak er een verslag of informatieve poster over. Beantwoord daarin de volgende vragen. Wat is zonne-energie? Welke wedstrijden heeft de Nuna gewonnen? En verder alles wat je zelf interessant vindt.



De **m** in de formule van Einstein staat voor **massa**. Dat is ongeveer hetzelfde als gewicht. Als jij op de weegschaal gaat staan, geeft de wijzer bijvoorbeeld 42 kg aan. Je hebt dus een massa van 42 kg. Een pak suiker heeft een massa van 1 kg.



De derde letter in de formule van Einstein, de **c**, staat voor de lichtsnelheid. Daar hebben we het in Les 9 al uitgebreid over gehad. Hoe groot was de lichtsnelheid ook alweer precies?

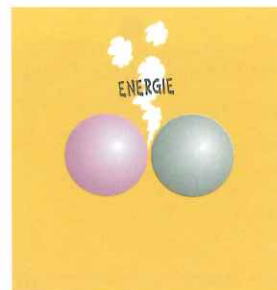
c =

Het tweetje rechtsboven de **c** betekent: kwadraat. Dat wil zeggen dat je de lichtsnelheid met zichzelf moet vermenigvuldigen: $c^2 = c \times c$. Eigenlijk staat er dus $E = m \times c \times c$. Om het korter te maken schrijven natuurkundigen meestal $E = mc^2$. Het x-teken laten ze dus ook weg, die lui lakken!

Reken uit: $c^2 = c \times c =$

Zo, nu ken je de ingrediënten van Einsteins beroemde formule. Maar wat heb je nou aan al die informatie?

Einstein ontdekte dat je de massa van een voorwerp of een stof kunt omzetten in energie. Als je bijvoorbeeld twee atomen op elkaar laat botsen, vallen deze meestal uiteen in enkele brokstukken. Deze brokstukken zijn vaak een heel klein beetje lichter dan de oorspronkelijke atomen. Tijdens de botsing is dus een heel klein beetje massa van de atomen verloren gegaan.



Volgens Einstein wordt deze verloren massa omgezet in energie. En die energie kun je bijvoorbeeld gebruiken om een fiets te laten bewegen, een lamp te laten branden of een atoombom te laten ontploffen.

Om te weten hoeveel energie er ontstaat, hoef je alleen maar even de formule $E = mc^2$ in te vullen!

Een voorbeeldje.

Twee biljartballen van elk 200 gram botsen op elkaar. Na de botsing wegen ze nog maar 199 gram per stuk.

Hoeveel massa is er tijdens de botsing verloren gegaan?

m =

Hoeveel energie is er hierdoor ontstaan?

$E = m \times c^2 =$ x =

Met behulp van deze toverformule hebben natuurkundigen in de vorige eeuw enkele zeer belangrijke uitvindingen gedaan, zoals kernenergie en atoombommen. Ook ontdekten ze dat deze formule ervoor zorgt dat sterren, zoals de zon, licht uitstralen. Ben je benieuwd hoe dat zit? Ga maar gauw door naar de volgende les!

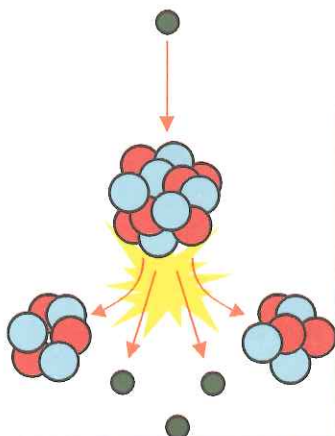
Les 12 Wat een kracht!

Met de toverformule van Einstein kun je dus massa omzetten in energie. Toch kun je niet zomaar je juf of meester laten verdwijnen, of een lekker ijsje tevoorschijn toveren.

De formule van Einstein werkt in de praktijk alleen voor piepkleine deeltjes. Atomen bijvoorbeeld.

Hoe heten ook alweer de deeltjes waaruit de kern van een atoom is opgebouwd?

In de vorige eeuw ontdekten wetenschappers dat je heel veel energie kunt maken door grote, zware atoomsoorten te beschieten met kleinere deeltjes. De grote atomen vallen daarbij uiteen in twee kleinere atomen. Dit heet kernsplijting.

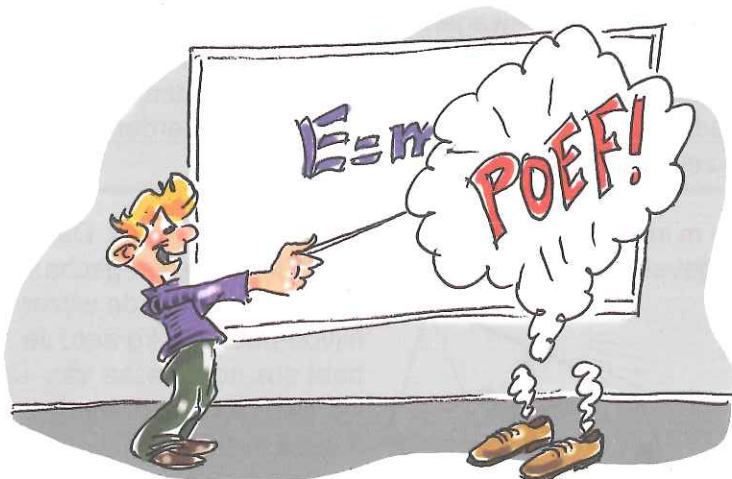


Deze vorm van energie noemen we kernenergie. Het gebouw waarin dit soort energie wordt gemaakt heet een kerncentrale.

Hoe heet de atoomsoort die in de meeste kerncentrales wordt gebruikt om energie te maken?

Sommige mensen vinden dat kernenergie verboden moet worden. De atoomsoorten die vrijkomen na de botsing zenden namelijk een onzichtbare straling uit, die gevaarlijk kan zijn voor de gezondheid van mensen en dieren. Je kunt er bijvoorbeeld kanker van krijgen.

Hoe heet deze straling?



De massa van deze twee nieuwe atomen samen is een heel klein beetje kleiner dan die van het grote atoom waaruit ze zijn ontstaan. En volgens de formule van Einstein wordt die verdwenen massa omgezet in ... energie!



Wil je weten hoe een kerncentrale werkt? Surf dan eens naar de volgende sites: www.hetklokhuis.nl/lees/dossiers/read/dossier_intro.cfm?did=828DCAC6%2D7AC5%2D4D7A%2D9065C593F29825C0 of www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20060223_kernenergie01

Om kernenergie te maken, heb je een kettingreactie nodig. Dat wil zeggen dat de deeltjes die vrijkomen bij de kernsplijting meteen weer op een ander groot atoom botsen. Daarbij ontstaan dan weer nieuwe

deeltjes, die elk weer op een volgend atoom botsen, enzovoorts. Denk maar aan een kettingbotsing in het verkeer. Als dit proces eenmaal op gang komt, is het niet meer te stoppen!

Ook met dominosteentjes kun je een kettingreactie maken. Zet de steentjes zo neer dat elk steentje bij het omvallen steeds twee steentjes omver gooit. Eén duwtje, en de reactie is niet meer te stoppen!



Ook atoombommen maken gebruik van de formule van Einstein. Een atoombom bestaat uit een heel klein brokje uranium. Komt de atoombom tot ontploffing, dan ontstaat er een enorm snelle en heftige kettingreactie. De energie die daarbij vrijkomt geeft een onvoorstelbaar grote explosie. Zo groot, dat binnen een paar seconde tijd een hele stad verwoest kan worden.

Atoombommen zijn gelukkig nog niet vaak in het echt gebruikt. Helaas gebeurde dat wel aan het eind van de tweede wereldoorlog, in Japan. Daarbij werden twee Japanse steden volledig verwoest.

Lees maar eens de volgende tekst:
www.nos.nl/jeugdjournaal/uitleg/Atoombom_Japan/Atoombom_Japan.html

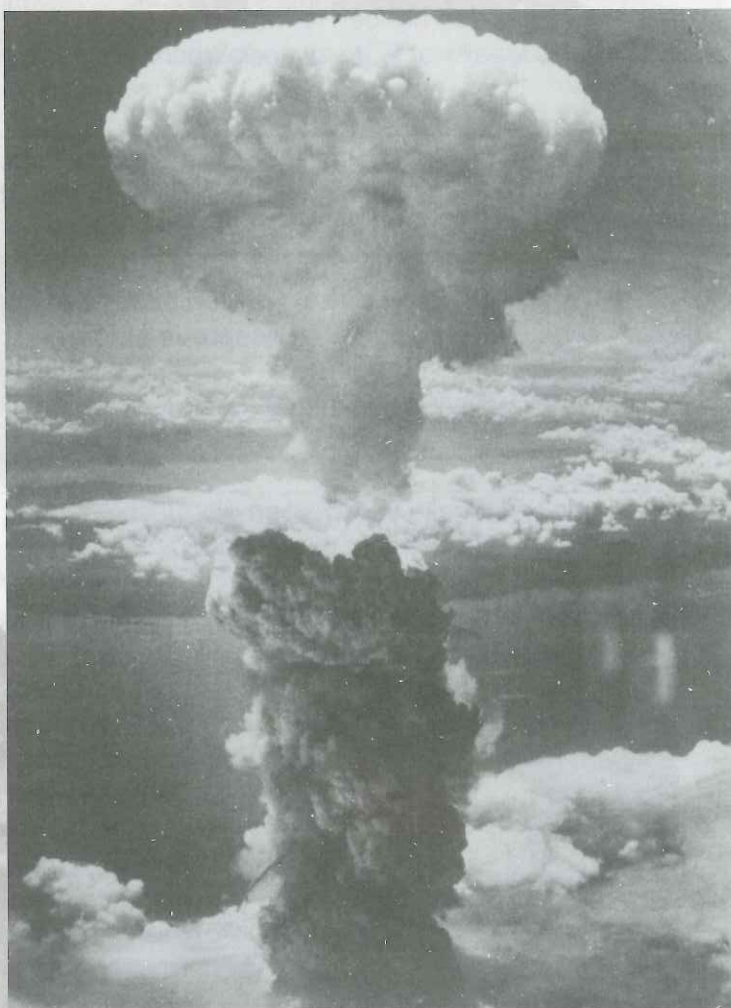
Hoe heten deze Japanse steden?

Op welke data werden deze steden door atoombommen verwoest?

Door welk land werden de bommen gegooid?

Hoe heetten de bommen?

Hoeveel mensen kwamen er door deze bommen om het leven?



Behalve een gigantische verwoestende kracht, komt er bij een atoombom ook heel erg veel gevaarlijke straling vrij. Daardoor werden er in de Japanse steden zelfs jaren later nog heel veel mensen ernstig ziek en kwamen er veel kinderen ter wereld met aangeboren afwijkingen.

Einstein zelf wilde helemaal niks te maken hebben met atoombommen. Hij schaamde zich er zelfs voor dat er zulke rampzalige uitvindingen gedaan werden met zijn formule. Gelukkig hebben de meeste landen op aarde een paar jaar geleden afgesproken dat ze nooit meer atoombommen zullen gebruiken!

Ten slotte is er nog één belangrijke toepassing van de toverformule van Einstein, namelijk het ontstaan van licht in de zon en in de sterren! Dit noemen we kernfusie. Hierbij smelten twee kleine atomen samen tot één groter atoom. Probeer zelf eens uit te zoeken wat kernfusie is en schrijf er een verslag over.

BLOK 4 KROMME RUIMTE, ZWARTE GATEN EN DE OERKNAL

Les 13 Zwaartekracht

Als je een glas cola in je hand houdt en je laat hem los, dan valt ie op de grond.



Als je omhoog springt, kom je vanzelf weer op de grond terecht.

Al deze verschijnselen hebben te maken met de zwaartekracht. Maar wat is de zwaartekracht eigenlijk?



Als je aan het schommelen bent en je houdt je benen stil, dan hangt de schommel na een tijdje stil in het midden.



De zwaartekracht is ontdekt door de Engelse geleerde Isaac Newton. Hij is, net als Einstein, een van de belangrijkste natuurkundigen in de geschiedenis. Zoek informatie over deze geleerde en schrijf een korte biografie over hem.

Op een dag zat Newton onder een appelboom te piekeren. Wat gebeurde er toen?

Welk geniale idee kreeg Newton door deze gebeurtenis?



Newton ontdekte dat alle voorwerpen die massa hebben elkaar aantrekken. Dit noemen we zwaartekracht of gravitatie.

Dus jij trekt aan je computer en de computer trekt aan jou.



Een mug die op een olifant zit trekt aan de olifant en de olifant trekt aan de mug. Jij trekt ook aan de aarde en de aarde trekt aan jou.

De aarde trekt op haar beurt aan de maan en aan de zon, en de zon en de maan trekken aan de aarde.

En ook jij trekt aan de zon en de maan en alle andere sterren en planeten in het heelal. En alle sterren en planeten in het heelal trekken aan jou!

Maar wat merken we daar nu van in het dagelijks leven?

Waarom word je niet met je neus tegen je beeldscherm aan getrokken? En waarom blijft je stoel niet aan je kont plakken als je opstaat?

Dat komt doordat de zwaartekracht maar heel erg klein is. Hoe groter en zwaarder een voorwerp is, hoe harder het aan andere voorwerpen trekt. Bovendien geldt: hoe verder je van een voorwerp bent, hoe zwakker de zwaartekracht tussen jou en dat voorwerp wordt.

De meeste voorwerpen die dichtbij zijn, zijn zó klein dat je hun zwaartekracht niet voelt. De meeste voorwerpen die groot genoeg zijn (zoals de zon en de planeten) staan veel te ver weg. Het enige voorwerp in onze omgeving waarvan we écht de zwaartekracht voelen is... de aarde!

Leg uit hoe het komt dat mensen in Nieuw-Zeeland niet van de aarde af vallen.

Stel dat je een tunnel zou graven van hier naar de andere kant van de aarde, precies door het midden. Wat gebeurt er als je in die tunnel springt?

De zon is veel groter en zwaarder dan de aarde. Toch vallen we niet met z'n allen op de zon. Hoe komt dat?

De kracht waarmee de aarde aan een voorwerp trekt, noemen we gewicht. In Les 11 heb je geleerd dat gewicht ongeveer hetzelfde is als massa, maar dat is eigenlijk fout!

Massa is een eigenschap van een voorwerp. Jij hebt bijvoorbeeld een massa van 42 kg en een pak suiker heeft een massa van 1 kg.

Gewicht is de kracht waarmee de aarde (of een andere planeet) aan dat voorwerp trekt.

Hier op aarde is je gewicht gelijk aan je massa maal 9,8. In formule: $G \text{ (gewicht)} = m \times 9,8$.

Hoe groot is jouw gewicht op aarde?

Op de maan is de zwaartekracht kleiner dan op aarde. Daar geldt: $G = m \times 1,6$.

Hoe groot is jouw gewicht op de maan?

Hoe groot is jouw gewicht op de planeet Mars?

En je massa?

Neem twee stevige plastic flessen en vul er een met water. Noteer de massa en het gewicht van beide flessen. Klim buiten op het schoolplein op een muurtje of op een trap en laat beide flessen tegelijk naar beneden vallen. Welke raakt het eerste de grond? Hoe komt dat denk je? Schrijf je antwoord op een apart A4'tje.

Giet de fles met water leeg, vul hem met zand en bepaal zijn massa. Herhaal de proef. Welke fles raakt nu het eerste de grond?

Doe hetzelfde met verschillende vullingen, bijvoorbeeld watten, kiezels, enzovoorts. Verzin zelf maar iets. Vergelijk steeds de valtijden van één gevulde en één lege fles.

Vergelijk ook de valtijden van twee gevulde flessen met verschillende vullingen. Vergeet niet elke keer de massa te bepalen!

Doe de proef ook eens met een half gevulde fles of laat de flessen eens van een andere hoogte vallen.

Wat is je conclusie?

Schrijf een duidelijk verslag over dit experiment voor in je portfolio.

Zwaartekracht is dus altijd en overal aanwezig. Of toch niet? Je hoort wel eens dat astronauten in de ruimte gewichtloos zijn.

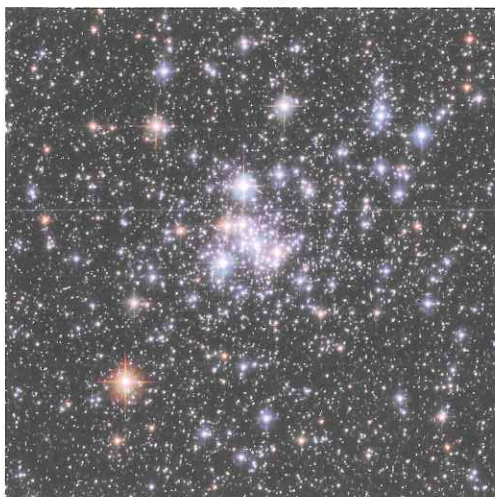
Wat wordt daarmee bedoeld?

Is er in de ruimte dan geen zwaartekracht? Waarom wel/niet?



Bekijk nu eens het volgende filmpje: www.hetklokhuis.nl/klokhuisstreams/az_streams.cfm?letter=z (klik op 'zwaartekracht' en start het filmpje). Welk experiment zou jij graag willen uitvoeren bij gewichtloosheid? Probeer iets origineels te verzinnen wat je écht graag zou willen weten!

Les 14 Zwarte gaten



De zwaartekracht is dus overal aanwezig. Niet alleen hier op aarde, maar in het hele heelal. Deze kracht zorgt er zelfs voor dat er sterren en planeten bestaan!

Zoek op hoe uit kleine stofdeeltjes sterren en planeten ontstaan. Misschien heb je dit al geleerd in *Topklassers Wetenschap deel 1 - Sterrenkunde*. Leg ook uit wat het verschil is tussen een ster en een planeet.

Om het heelal te onderzoeken, schieten wetenschappers regelmatig raketten de ruimte in. Sommige hebben astronauten aan boord, andere alleen meetapparaten.

Hoe noem je een raketvlucht met astronauten aan boord?

En een raketvlucht zonder astronauten?

Om een raket de ruimte in te schieten, is veel kracht nodig. De raket wordt immers door de zwaartekracht naar de aarde getrokken. De snelheid die een raket moet hebben om aan de zwaartekracht van de aarde te ontsnappen, noemen we de ontsnappingsnelheid.

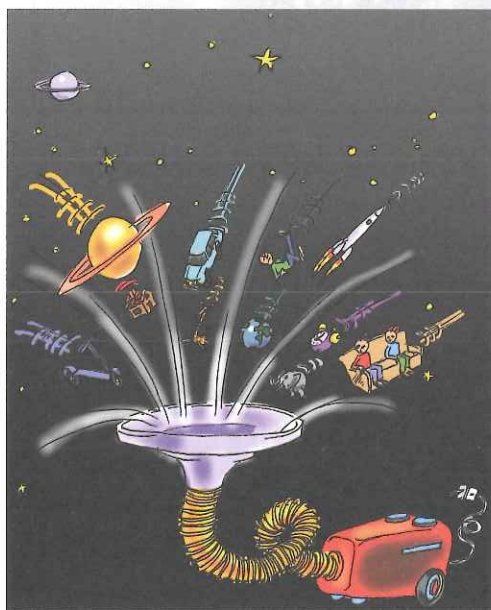


Hoe groot is de ontsnappingsnelheid van de aarde?

En van de maan?

En van de zon?

Hoe zwaarder een planeet of ster is, hoe hoger de ontsnappingsnelheid. In de vorige eeuw ontdekten wetenschappers dat er ook objecten in het heelal zijn die zó zwaar zijn, dat zelfs licht niet kan ontsnappen. Dit noemen we een zwart gat.



Een zwart gat is een soort put in de ruimte. Alle voorwerpen en lichtstralen die in de buurt van die put komen worden onverbiddelijk naar binnen gezogen en komen er nooit meer uit!

Rond een zwart gat loopt een denkbeeldige grens: de horizon. Binnen deze grens kan niks of niemand aan de zwaartekracht van het zwarte gat ontsnappen. Je kunt de grens niet zien of voelen, en je zult het dus niet merken als je deze grens passeert. Maar als je daar eenmaal voorbij bent, dan kun je er nooit meer uitkomen!

Maak een informatieve poster of powerpoint presentatie over zwarte gaten. Verwerk daarin de antwoorden op onderstaande vragen.

Hoe ontstaat een zwart gat?

Hoe zwaar moet een ster zijn om te kunnen eindigen als een zwart gat?

Op welke afstand van de aarde bevindt zich het dichtstbijzijnde zwarte gat?

Hoe zwaar is dit zwarte gat?

In principe kan uit elk voorwerp een zwart gat ontstaan, als je het maar genoeg samenperst. Hoe kleiner de massa van een voorwerp, hoe kleiner het bolletje waarin je die massa moet samenpersen om een zwart gat te maken.

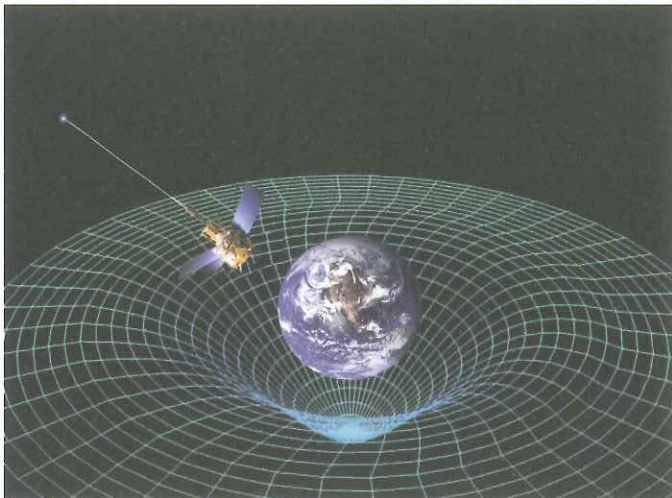
De diameter van dit bolletje heet de Schwarzschilddiameter (genoemd naar de Duitse sterrenkundige Karl Schwarzschild). De Schwarzschilddiameter van een voorwerp met de massa van de zon is 5,9 km. Dus als je de zon samenperst tot een bol met een doorsnede van 5,9 km, dan ontstaat er een zwart gat. De aarde zou je tot 1,8 cm moeten samenpersen, en een mens tot een grootte veel kleiner dan die van een atoom.

In de praktijk is het onmogelijk om zelf een zwart gat te maken. De krachten die nodig zijn om een voorwerp zo sterk samen te persen, kunnen we op aarde bij lange na niet maken!



Neem een vel krantenpapier en frommel die op. Wat is de kleinste prop die je kunt maken?

Ook Einstein dacht veel na over zwarte gaten. Hij was een van de eerste geleerden die het bestaan van zwarte gaten in het heelal voorspelde.



Einstein bedacht dat je op een heel andere manier over de zwaartekracht kunt denken dan we gewend zijn. Hij beweerde dat de massa van een voorwerp ervoor zorgt dat de ruimte rond dat voorwerp een heel klein beetje verbogen wordt.

Snap je er geen snars van? Doe dan maar eens het volgende proefje.

Nodig:

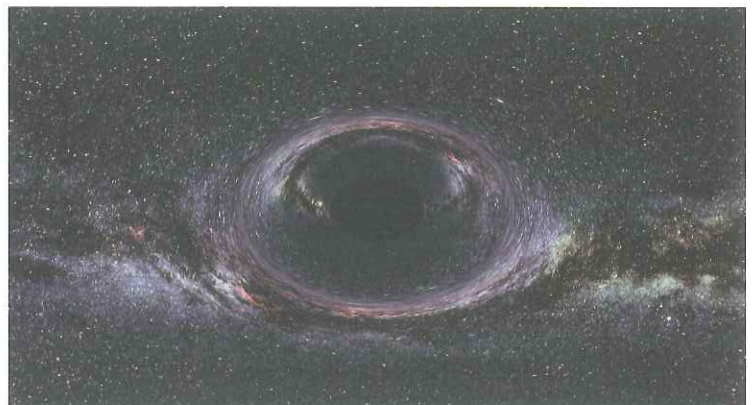
- kruk
- panty
- zware bal (bijvoorbeeld een jeu de boules-bal)
- knikkers

Zet de kruk ondersteboven op de grond en span de panty over de poten tot je een mooi strak vlak hebt. Leg de zware bal in het midden. Wat ziet je? Laat de knikkers een voor een los aan de rand van de panty. Wat gebeurt er met de knikkers? Leg nu eens een zwaardere of minder zware bal in het midden. Wat is je conclusie?

De bal in het midden kun je vergelijken met een ster of een planeet. Hoe zwaarder die planeet, hoe meer de ruimte rond die planeet (de panty) vervormd wordt en hoe sterker voorwerpen in de buurt van die planeet (de knikkers) worden aangetrokken.

Volgens Einstein is de zwaartekracht dus niks anders dan een vervorming van de ruimte! Dit heet de algemene relativiteitstheorie van Einstein.

Wil je meer weten over zwarte gaten? Ga dan naar www.rug.nl/sciencelinx/blackholegame/index.html. Op deze site ga je zelf op ontdekkingsreis naar een zwart gat en ontdek je de antwoorden op al je vragen. Goede reis en veel plezier!



Les 15 De oerknal

Je bent nu bijna aan het einde van dit boekje. Inmiddels weet je alles over protonen, neutronen, elektronen, quarks, Einstein, zwarte gaten en kromme ruimte. Maar hoe is dat alles eigenlijk ontstaan?

Tot halverwege de vorige eeuw dachten geleerden dat het heelal was zoals het was. De oude Grieken dachten zelfs dat de aarde in het middelpunt stond en dat de sterren daar in een soort koepel omheen stonden.

In de middeleeuwen ontdekte Galileo Galileï dat de aarde om de zon draait in plaats van andersom. En weer later werd ontdekt dat ook de zon maar een gewone ster is, die deel uitmaakt van een veel groter sterrenstelsel: de melkweg. En de melkweg is maar een gewoon sterrenstelseltje in een oneindig groot heelal vol grote en kleine sterrenstelsels.



Maar dat was het dan ook. Het heelal is zoals het is, dat is altijd zo geweest en zal altijd zo blijven, dachten de mensen.

Maar halverwege de twintigste eeuw kwamen wetenschappers erachter dat het heelal helemaal niet zo stil en statisch is als het lijkt. Verschillende sterrenkundige hadden al ontdekt dat alle sterren en sterrenstelsels in het heelal uit elkaar bewegen. Daardoor lijkt het net alsof wij in het middelpunt van het heelal zitten, maar dat is niet zo.

Denk maar eens aan een krentenbrood dat de oven in gaat. Als het brood groter wordt, bewegen alle krenten uit elkaar. Elke krent 'denkt' dat hij het middelpunt van die beweging is, omdat alle krenten van hem af bewegen.

Hetzelfde kun je zien in het volgende proefje.

Neem een ballon en blaas die een klein beetje op, tot hij niet meer slap is. Teken nu met een viltstift een aantal dikke stippen verspreid over de ballon. Blaas de ballon verder op. Wat gebeurt er met de afstand tussen de stippen?

Kun je zeggen dat één van de stippen het middelpunt is?

In het heelal gebeurt ongeveer hetzelfde. Als alle sterren van elkaar af bewegen, zonder dat er één in het middelpunt staat, dan moet het heelal zélf steeds groter worden! Net als het krentenbrood en de ballon. Dit noemen we het uitdijende heelal.

Maar als het heelal steeds groter wordt, hoe is het dan ooit begonnen?

Volgens natuurkundigen is het heelal heel lang geleden ontstaan uit één enkel punt, dat met een ongelooflijk zware explosie uit elkaar knalde. Deze explosie noemen we de oerknal.

Wat is het Engelse woord voor oerknal?

Hoe lang geleden vond de oerknal plaats? Waag eerst eens een gokje.

Zoek nu het goede antwoord.

Hoe dat enkele punt er precies uitzag, weet niemand. Ook weten we niet wat er vóór de oerknal was. In feite kun je niet praten over een tijd voor de oerknal, omdat zelfs de tijd en de ruimte pas op het moment van de oerknal zijn ontstaan. Voor de oerknal was er dus niks, helemaal niks.

Inmiddels weten natuurkundigen wel hoe het heelal er vlak ná de oerknal uit moet hebben gezien.

Maak een tekening, stripverhaal of boekje waarin je de volgende fasen van het heelal laat zien. Zoek in Blok 1 en 2 van dit boekje op hoe de verschillende deeltjes ook alweer zijn opgebouwd. Laat dit duidelijk zien in je tekeningen!

0 – 0,0001 seconde: Het heelal is een hete soep van quarks, leptonen en fotonen (lichtdeeltjes). De temperatuur is extreem hoog: wel 30 x duizend x miljard x miljard x miljard Kelvin. Dit getal bestaat uit een 3 en dertig nullen!

0,0001 – 1 seconde: Door de uitdijning koelt het heelal af. De quarks klonteren samen en vormen protonen en neutronen. De leptonen vormen elektronen.

1 seconde – 3 minuten: Het heelal koelt nog verder af. Het is er nu nog “maar” 1 miljard Kelvin. De neutronen en protonen vormen lichte atoomkernen, zoals waterstof en helium. De elektronen vliegen daar als vrije vogels tussendoor.

300 duizend jaar: Het is nu nog maar 4500 Kelvin in het heelal. De elektronen plakken vast aan de atoomkernen, en vormen zo hele atomen. Daaruit ontstaan de eerste moleculen.

100 miljoen jaar: De atomen en moleculen klonteren samen tot sterren. In de kernen van deze sterren ontstaan zwaardere atomen, zoals zuurstof en ijzer. Dit gebeurt door middel van kernfusie.

Zoek zelf op wanneer de zon, aarde, planten, dieren en mensen zijn ontstaan en maak je tekening, stripverhaal of boekje af.



De vraag is nu hoe het verder gaat met het heelal. Sommige wetenschappers denken dat de uitdijning tot stilstand komt en dat het heelal zelfs weer zal gaan krimpen. Totdat het weer in één punt samenkomt.

Andere geleerden denken dat het heelal voor altijd en eeuwig zal blijven uitdijen.

En weer anderen denken dat de uitdijning zal stoppen en dat er dan een heelal ontstaat dat nooit meer groter of kleiner wordt.

Wat denk jij? En waarom denk je dat? Schrijf een spannend verhaal over de toekomst van het heelal. Hoe zal deze toekomst eruit zien vanaf de aarde?

Les 16 Wat we nog niet weten

Waarschijnlijk ben je zo langzamerhand helemaal duizelig van alle nieuwe informatie die je in dit boekje hebt gekregen. Dat is niet zo gek hoor. Natuurkundigen hebben er duizenden jaren over gedaan om dit allemaal te ontdekken en jij krijgt het zo maar even in zestien lessen voor je kiezen.

Natuurlijk is de informatie in dit boekje nog lang niet alles wat er over natuurkunde te vertellen is. Wetenschappers weten inmiddels behoorlijk veel over de aarde en het heelal en alles wat zich daarin afspeelt. En elke dag komen daar talloze nieuwe ontdekkingen bij.

Maar er is ook nog heel veel wat we niet weten. Zo is het nog maar de vraag of quarks en leptonen echt de allerkleinste deeltjes zijn die er bestaan. Misschien komt er binnenkort wel weer een nieuwe Matroesjka tevoorschijn!

Verzin zelf eens een nieuw soort deeltje of een groep van deeltjes, dat nóg kleiner is dan quarks en schrijf er een verslag over. Hoe heten de deeltjes? Hoe zien ze eruit? Welke soorten zijn er? Welke combinaties kun je ermee maken om quarks en/of leptonen te vormen?

Zoals je weet zijn ook mensen, dieren en planten gemaakt van moleculen en atomen. Toch hebben deze 'bouwwerken' nog iets extra's, dat een stoel, een grasmaaier en een trompet niet hebben. Ze leven. Maar wat is leven eigenlijk? Wat zorgt ervoor dat een voorwerp leeft? Bestaat er ook zoiets als een zieldeeltje?

Wat is volgens jou het verschil tussen een levend en een niet-levend voorwerp? Kijk ook eens op internet wat je over dit onderwerp kunt vinden. Denk je dat er een zieldeeltje bestaat? Hoe zou dat eruit kunnen zien?

Verder zijn er nog steeds een heleboel vragen over het heelal. Wat was er voor de oerknal? Zijn er nog meer heelallen zoals de onze? Of hele andere? Hoe zien die er dan uit? En kunnen wij daar ooit mee in contact komen?

Ook hebben sterrenkundigen ontdekt dat het grootste deel van ons eigen heelal onzichtbaar is. Waarnemingen en berekeningen van de zwaartekracht tussen sterrenstelsels wijzen erop dat er veel meer massa in het heelal moet zijn dan wij kunnen zien. Maar waar is deze massa? Hoe ziet hij eruit? En waarom kunnen wij deze deeltjes niet zien of op een andere manier waarnemen?

De ontbrekende massa in het heelal wordt donkere materie genoemd. Zoek informatie over dit onderwerp en maak er een kort verslag of informatieve poster over. Hoe zou de donkere materie er volgens jou uit kunnen zien?

En zo zijn er nog veel meer onderwerpen waar natuurkundigen geen antwoord op weten. Elke dag doen duizenden wetenschappers hun best om de antwoorden op deze vragen te vinden. Sommigen doen dat door heel hard na te denken, zoals Einstein. Anderen doen liever proefjes in een laboratorium.



een ring van donkere materie

Heel af en toe wordt er een belangrijke ontdekking gedaan. Die ontdekking komt dan in de krant of op het journaal. Als de ontdekker geluk heeft, ontvangt hij zelfs een prijs voor zijn vondst. Dat is meestal een groot geldbedrag, waarmee hij weer meer onderzoek kan doen.

De allerhoogste onderscheiding die een wetenschapper kan krijgen is de Nobelprijs. Deze is genoemd naar de rijke Zweedse scheikundige en zakenman Alfred Nobel.

Wanneer leefde deze zakenman?

Wat heeft hij uitgevonden?

Waarom stelde hij de Nobelprijs in?

Voor welke vakgebieden bestaat er een Nobelprijs?

Welke wetenschappers die je in dit boekje bent tegengekomen, hebben ooit de Nobelprijs voor natuurkunde gewonnen?

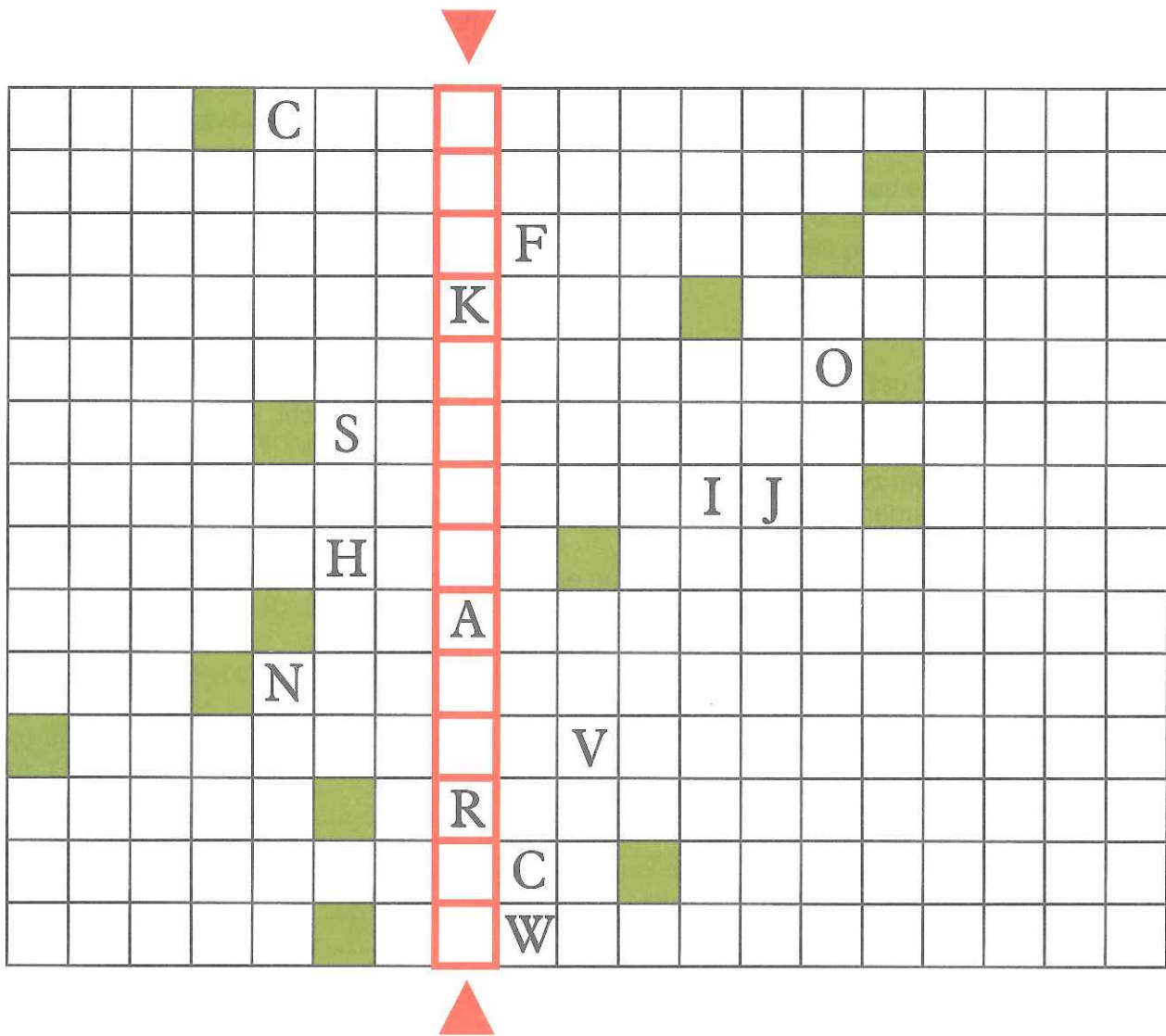
Maak een lijst van Nederlandse wetenschappers die ooit de Nobelprijs hebben gewonnen. Zet er ook bij in welk jaar dat was, en voor welk vakgebied.

Zou jij ook wel eens de Nobelprijs willen winnen? Denk dan maar eens goed na over de openstaande vragen eerder in deze les. Of over alle vragen die er tijdens het doornemen van dit boekje in je hoofd zijn opgenomen. Wie weet kun je dan over een jaar of vijftig je eigen naam aan het bovenstaande lijstje toevoegen!



Veel succes en tot ziens in Zweden!

Puzzelen... even kijken wat je allemaal nog weet



Op de bladzijde hiernaast staat een aantal vragen. Achter elke vraag staat een getal tussen haakjes. Dat getal geeft aan uit hoeveel letters het antwoord bestaat.

Alle antwoorden moeten van links naar rechts ingevuld worden. Om je te helpen zijn er al een paar letters ingevuld.

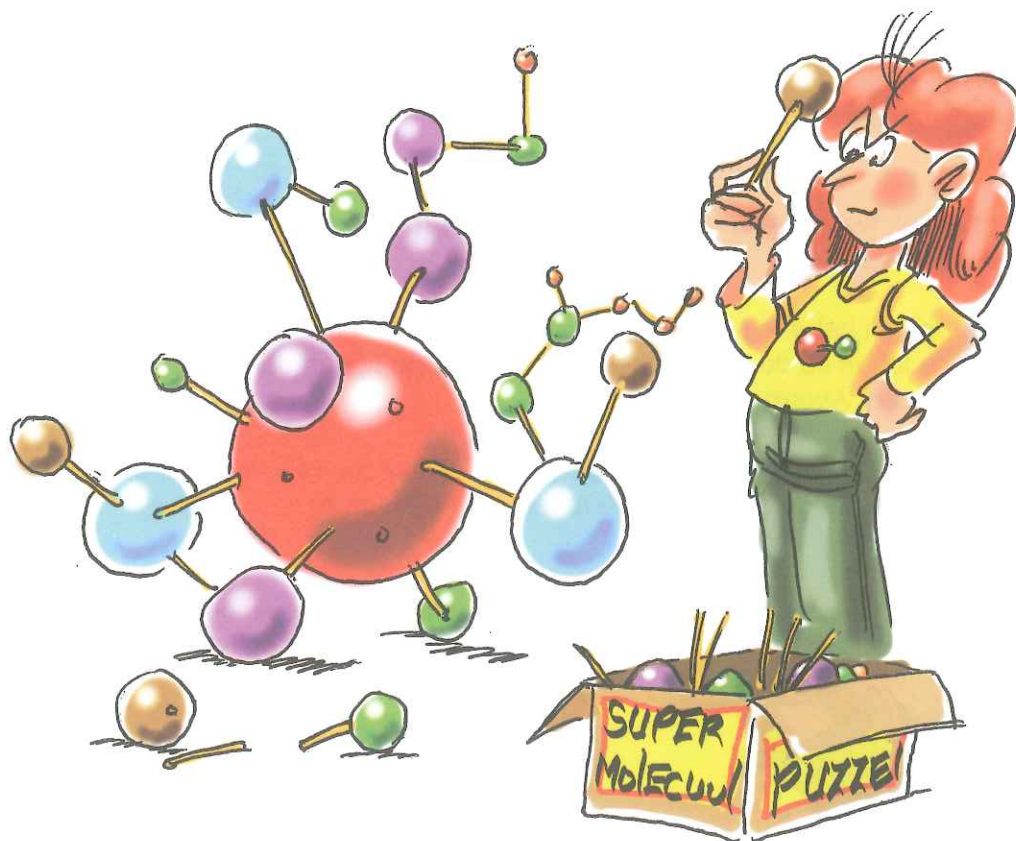
Er zijn ook al een paar hokjes groen gemaakt. Daar begint of eindigt een antwoord. Let op! Je hebt niet altijd alle hokjes nodig!

Als je het goed doet, lees je tussen de twee pijlen een woord dat je al eerder bent tegengekomen in dit boekje.

Wat je niet weet, zoek je natuurlijk op!

Succes en veel plezier!

- Het begin van het heelal. (7)
- In deze situatie voel je geen zwaartekracht. (12)
- De eerste stad die werd getroffen door een atoombom. (9)
- Latijns woord voor natuurkunde. (6)
- Van dit piepkleine deeltje vliegen er per seconde miljarden door je hand. (8)
- De belangrijkste prijs die een wetenschapper in zijn carrière kan krijgen. (10)
- Dit verschijnsel ontstaat als een zware ster instort onder zijn eigen zwaartekracht. (8)
- Deze quark heeft een vreemde Engelse naam. (7)
- Ring onder de grond waarin natuurkundigen elementaire deeltjes onderzoeken. (18)
- De overgang van een gasvormige stof naar een vloeistof. (11)
- Deze Griekse geleerde bedacht dat er atomen bestaan. (10)
- Ontdekker van de zwaartekracht. (6)
- Dit baryon heeft een positieve elektrische lading. (6)
- Proces dat zorgt voor het licht van de zon en andere sterren. (9)



Bouw je eigen natuurkundecircus!

In dit boekje heb je veel geleerd over natuurkunde. Je hebt wel in de gaten dat natuurkunde vaak rare en mysterieuze verschijnselen oplevert. Denk maar aan de toverformule van Einstein, waarmee je materie kunt laten verdwijnen of tevoorschijn toveren. Of aan die mysterieuze zwarte gaten, van waaruit zelfs het licht niet kan ontsnappen.

Maar ook dichterbij huis kan natuurkunde voor raadselachtige situaties zorgen. Wat dacht je van een karretje dat vanzelf tegen de zwaartekracht in omhoog rijdt? Of een pingpongballetje dat in de lucht blijft hangen?

In deze les geven we drie voorbeelden van mysterieuze proefjes die je gemakkelijk zelf kunt maken. Maar op internet kun je nog veel meer van dit soort proefjes vinden. Als je er een paar verzameld hebt, kun je een leuke show opvoeren voor de klas, voor je vrienden of voor je familie.

Stop je experimenten in een mooie versierde doos, bouw er een vrolijk theater omheen, trek een glimmend pak aan en maak er een spectaculaire show van. Voor je het weet, trek je volle zalen met je natuurkundecircus!

O ja, zoek van te voren wel even uit hoe de proefjes precies werken en welke natuurkundige verschijnselen er een rol spelen. Er kan namelijk altijd een bolleboos zoals jij in de zaal zitten, die precies wil weten wat er gebeurt. En dan wil je natuurlijk niet met een mond vol tanden staan!

Ga maar gauw aan de slag. Veel succes en vooral heel veel plezier!

De anti-zwaartekracht machine

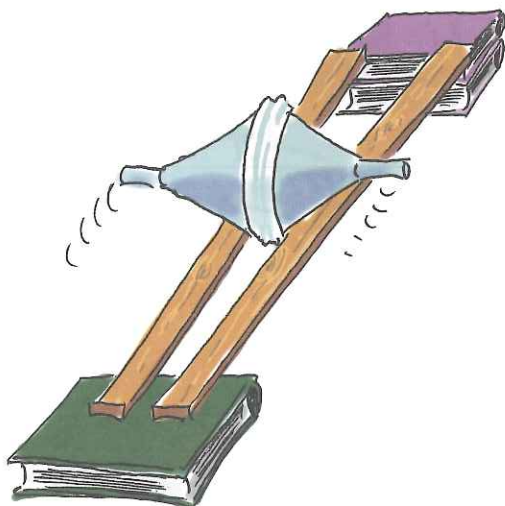
Wat heb je nodig?

- een aantal dikke en dunne boeken
- twee latten (bijvoorbeeld lange meetlatten)
- twee plastic trechters
- stevige tape

Maak met de boeken twee stapels van ongelijke hoogte (bijvoorbeeld een stapel van één boek en een stapel van twee boeken).

Leg de twee latten met het ene uiteinde op de hoge stapel en het andere uiteinde op de lage stapel. Zorg ervoor dat de latten op de lage stapel dichterbij elkaar liggen dan op de hoge stapel. De latten liggen dus in een soort V-vorm.

Plak de twee trechters met de grote openingen tegen elkaar stevig aan elkaar vast. Leg deze 'kegel' op het laagste punt van de latten. Wat gebeurt er?



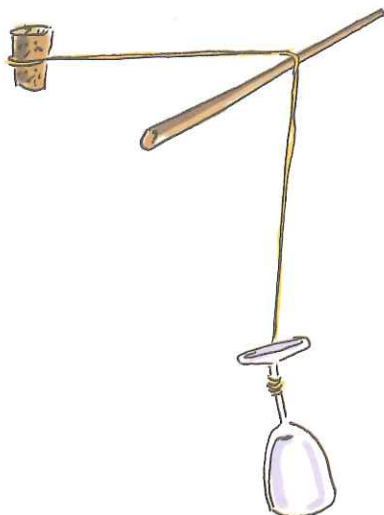
Als het goed is rolt de kegel omhoog. Is dat niet het geval, experimenteer dan met de afstand tussen de latten en de hoogte van de stapels boeken.

Beschrijf je bevindingen in een verslag. Hoe verklaar je dit experiment?

Het roekeloze wijnglas

Wat heb je nodig?

- dun touwtje van ongeveer één meter lang
- wijnglas
- kurk van wijnfles
- rond, glad stokje van ongeveer 40 cm (bijvoorbeeld een lang potlood)



Bind het touwtje met één uiteinde aan de steel van het wijnglas en met het andere uiteinde aan de kurk.

Houd het stokje in je rechterhand voor je uit.

Neem de kurk in je linker hand en laat het wijnglas bungelen.

Trek het touw over het stokje, totdat het wijnglas net onder het stokje hangt.

Laat nu de kurk los!

Wat gebeurt er?

Beschrijf je bevindingen in een verslag.

Hoe verklaar je dit experiment?

Dit experiment is extra spannend als je van te voren aan het publiek vraagt wat er volgens hen zal gebeuren als je de kurk loslaat.

Wedden dat iedereen denkt dat het glas kapot valt?

De klimmende golfbal

Wat heb je nodig?

- een golfbal of pingpongballetje
- een grote glazen pot met deksel
- een pak rijst

Leg het balletje op de bodem van de pot. Giet daar bovenop de rijst, tot ongeveer 2 cm onder de rand van de pot. Doe de deksel op de pot en schudt de pot op en neer. Wat gebeurt er?

Als het goed is beweegt het balletje naar de bovenkant van de pot. Is dat niet het geval, experimenteer dan met verschillende soorten balletjes, andere korrels, of meer of minder rijst in de pot. Lukt het het beste als je de pot op en neer of heen en weer schudt?

Beschrijf je bevindingen in een verslag.

Hoe verklaar je dit experiment?

Op de volgende websites vind je nog veel meer leuke en spannende proefjes:

www.kidzlab.nl

www.proefjes.nl

www.madsciencenet.nl/kids.htm



Toets C

- 1 Uit welke deeltjes bestaat een watermolecuul? Let op! Noem alle soorten deeltjes die je in dit molecuul kunt tegenkomen!
.....
.....
.....
- 2 Je pakt een ijsblokje uit de koelkast, stopt het in een glas en zet dat een tijdje in de zon. Vervolgens schenk je de inhoud van het glas in een pannetje, dat je verwarmt op het vuur. Beschrijf wat er van begin tot eind gebeurt met de moleculen in het ijsblokje.
.....
.....
.....
.....
- 3 Hoeveel graden Celsius bedraagt het absolute nulpunt? Wat gebeurt er bij deze temperatuur?
.....
.....
.....
- 4 Wat is het verschil tussen quarks en leptonen? Noem van beide soorten deeltjes één voorbeeld.
.....
.....
.....
- 5 Wat voor experimenten doen natuurkundigen in een deeltjesversneller? Waarom doen ze dat?
.....
.....
.....
- 6 Leg uit wat de formule $E = mc^2$ betekent en wat je ermee kunt doen.
.....
.....
.....
.....
- 7 Je tweelingbroer maakt een ruimtereis met een raket. Zijn raket vliegt met de helft van de lichtsnelheid. Stel dat jij de raket zou kunnen zien, wat zou je dan opvallen?
a) de raket lijkt langer dan op aarde
b) de raket lijkt korter dan op aarde
c) niets, de raket is niet veranderd
- 8 Na een jaar komt je broer terug. Wie van jullie is er na dat jaar de oudste?
a) jullie zijn allebei even oud
b) je tweelingbroer is iets ouder dan jij
c) je tweelingbroer is iets jonger dan jij
- 9 Hoe wordt kernenergie gemaakt? Wat is het grote nadeel van deze energiesoort?
.....
.....
.....
.....

10 Wat is kernfusie? Waar vindt dit verschijnsel plaats? _____

11 Leg uit wat er gebeurt als je in de buurt van een zwart gat komt. _____



12 Hoe ziet de toekomst van het heelal eruit? Noem drie mogelijkheden! _____

Foto's

Pagina 12: vast, vloeibaar en gas © E.J.W. Campen

Pagina 20: Botsingsmachine © CERN, Switzerland

Pagina 21: Large Hadron Collider © CERN, Switzerland

Pagina 29: Nuna © Paul Beckers (Nuon Solar Team)

Illustraties

Kre-add/Marcel Westervoorde, Alphen a/d Rijn

Vormgeving en lay-out

Kre-add/Marcel Westervoorde, Alphen a/d Rijn

Eerste druk, eerste oplage 2008

© 2008 Uitgeverij Bekadidact, Baarn

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet van 1912 gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

ISBN 978 90 262 4228 1