

# Grafeen

## Tijdsduur

- 60 minuten

## Groep

- Bedoeld voor de bovenbouw

## Eindproduct

- Een enorm vergroot zelf gebouwd kristalmodel.

## Lesdoelen

- De leerlingen kunnen tussen bepaalde materialen onderscheiden of het een kristal is of niet.
- De leerlingen kunnen een onderscheid maken tussen draaisymmetrie, translatiesymmetrie en spiegelsymmetrie.
- De leerlingen hebben begrip dat de manier van opbouw van een voorwerp invloed heeft op het uiterlijk van een voorwerp.

## Kerdoelen

- kerndoel 42: De leerlingen leren onderzoek doen aan materialen en natuurkundige verschijnselen, zoals licht, geluid, elektriciteit, kracht, magnetisme en temperatuur.
- kerndoel 44: De leerlingen leren bij producten uit hun eigen omgeving relaties te leggen tussen de werking, de vorm en het materiaalgebruik.



## De les

### Introductie (5 minuten)

Gebruik bijvoorbeeld een krantenartikel, een filmpje of verwijs naar de lezing en de workshop. Er is een nieuw materiaal ontdekt dat ze grafeen noemen. Met dit materiaal willen onderzoekers in de toekomst bijvoorbeeld nog snellere en dunnere computers maken. Deze speciale stof zit ook in de punt van je potlood! De wetenschappers noemen grafeen het kristal van de toekomst. Maar hoe zit dat? Wat is een kristal eigenlijk?

### Wat is een kristal? (10 minuten)

Begin de les bijvoorbeeld met een introductiespel. Leg een aantal voorwerpen onder een deken op een tafel. Schrijf op het bord: Kristal en Geen kristal. Leg onder de deken kristallen neer en voorwerpen die beslist geen kristallen zijn. Voorbeelden van kristallen zijn: zout, bergkristal, suiker, sneeuwvlokken, suiker (goed zichtbaar is kandij), kiezels, amethist, pyriet, toermalijn, et cetera. Materialen die geen kristal zijn: een knuffel, een stuk karton, een plant, een plastic fles, een glas. Laat de leerlingen een verdeling van de materialen maken. Laat ze goed kijken naar de materialen, eventueel met een vergrootglas. Vraag de leerlingen goed te kijken naar de vorm van het voorwerp, hoe buigzaam het is, hoe hard het voelt, naar overeenkomsten en verschillen.

De meeste kristallen hebben een uiterlijk met vlakken, een harde, onbuigzame structuur en een glimmend oppervlak. Let goed op: glas is geen kristal! Dit lijkt dezelfde eigenschappen te hebben als bijvoorbeeld bergkristal, maar dat is niet waar. Wetenschappers hebben ontdekt dat glas geen kristal is, al lijkt het er ogenschijnlijk wel erg op. Kristallen hebben een kristalstructuur. Deze kristalstructuur bestaat uit een ordelijk gerangschikt groepje moleculen, ionen of atomen, wat in drie richtingen steeds herhaald wordt.

## Het kristal van de toekomst Winterschool 2011

### Een bijzondere eigenschap (10 minuten)

Het mooie van de opbouw van een kristal is dat al die kleine stukjes op zo'n manier op elkaar zitten dat er altijd symmetrie te vinden is. Wat is symmetrie? Hier kun je de leerlingen vragen of ze weten wat symmetrie is en of ze weten hoe ze symmetrie kunnen vinden. Gebruik bijvoorbeeld een spiegel en duidelijke afbeeldingen. Voorbeelden van mooie afbeeldingen staan op de USB. Er zijn drie verschillende soorten symmetrie die goed te vinden zijn. Al zijn ze niet in elke afbeelding aanwezig. Spiegelsymmetrie, draaisymmetrie en translatiesymmetrie. De laatste laat zich vrij vertalen als verschuifsymmetrie. De kristallen bezitten alle bovengenoemde soorten symmetrie. Een mooie uiterlijke vorm van de kristallen is een uiting van hun interne symmetrie.

### Bouwen met symmetrie (20 minuten)

Kristallen zijn opgebouwd uit kleine deeltjes die in een bepaalde regelmaat terugkomen. De basisvorm van een zoutkristal is een kubus. Op grafeen na zijn alle kristallen driedimensionaal. Geef de opdracht om op basis van een tweedimensionale vorm een driedimensionaal figuur te maken. Een vierkant wordt dan een kubus en een driehoek onder andere een tetraëder. Herhaal de driedimensionale vorm alle richtingen op. Maar maak gebruik van symmetrie. Gebruik een uitgeknipt figuur, bijvoorbeeld een vierkant, driehoek, ruit of een zeshoek en cocktailprikkers, satéprikkers en winegums. Hoe groot kun je het kristal maken? Hoe sterk wordt een kristal wanneer je verschillende lengtes prikkers gebruikt? Kun je nog steeds symmetrie vinden in het bouwwerk?

### Wat zijn de resultaten? (15 minuten)

Vergelijk de uiteindelijke resultaten met anderen in de klas en maak bijvoorbeeld foto's van de resultaten. Grafeen wordt een tweedimensionaal kristal genoemd. Welke eigenschappen van een kristal kun je herkennen in een laag grafeen? Wat is het verschil tussen tweedimensionaal en driedimensionaal?

## Benodigdheden

- Een grote zak winegums, piepschuim- of kleibolletjes, magnetix of kikkererwtjes.
- Cocktailprikkers in verschillende lengtes.
- Basisvormen zoals een driehoek, een vierkant, een zeshoek en een ruit.
- Voorbeelden van echte kristallen, zoals suiker, zout, zand, bergkristal, amethyst, etc.
- Afbeeldingen met daarin verschillende soorten symmetrie.
- Spiegeltjes.
- Voorwerpen die geen kristal zijn.
- Een tafelkleed.

## Bronnen

### Websites

- <http://www.kennislink.nl/publicaties/grafeen-1>
- <http://www.youtube.com/watch?v=HeiMfLmJtzk>
- <http://www.expeditionchemistry.nl/>
- <http://www.encyclopedoe.nl/>
- <http://www.techniekinjeklas.nl/>
- <http://nl.wikipedia.org/wiki/Hoofdpagina>

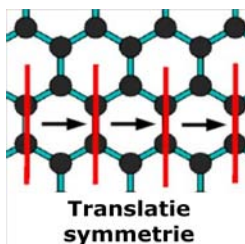
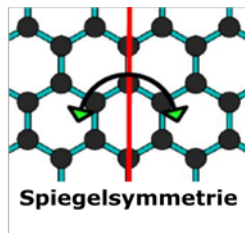
### Literatuur

- Kristallen, Freddie van Hees, De Ruiter Houten, 1995 ISBN 90-05-00280-8
- Structuur, Kim Taylor, Casterman Dronten, 1992, ISBN 90-303-4904-2
- Hoe... splits je een atoom?, Hazel Richardson e.a., Könemann Keulen, 2000, ISBN 3829052545
- 365 natuur- en scheikundeproefjes, R. Churchill, Könemann Keulen, 2000, ISBN: 3828902200

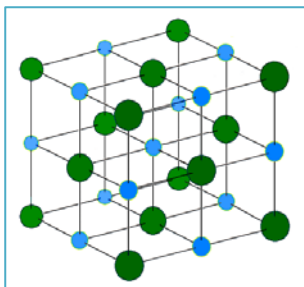
### Instanties

- <http://www.ru.nl/wetenskapsknooppunt/>
- <http://www.kristalmuseum.nl/>
- <http://www.natuurmuseum.nl>

## Soorten symmetrie



## Kristalstructuur van zout



## Meer lesideeën

- Uitgerust met een (digitale) camera gaan de leerlingen zelf op zoek naar symmetrie.
  - De leerlingen laten hun eigen kristallen groeien. Dit kan met kant en klare pakketten die te koop zijn in speelgoedwinkels, de Hema of op internet. Of gebruik huis- tuin en keukenmaterialen. Kijk op <http://www.expeditionchemistry.nl/62/bling-bling/> voor een proef met bakpoeder en water.
  - De leerlingen laten kristallen groeien met behulp van zout, water, ammoniak, viltstiften, karton of dik filterpapier en een bakje. Beschrijvingen zijn te vinden op [http://www.encyclopedoe.nl/index.php?onderwerp\\_id=152](http://www.encyclopedoe.nl/index.php?onderwerp_id=152)
  - Welke kristallen zijn er in de omgeving? Wat is het verschil tussen een zout- en een suikerkorrel? Gebruik een vergrootglas en teken wat je ziet. En hoe ziet een zandkorrel, een sneeuwvlok of een stukje soda er uit?
  - In kristallen komen veelhoeken voor. Welke veelhoeken kun je uit een papier knippen? Weet je alle namen van de veelhoeken? Met welke veelhoeken kun je een mozaïekvloer leggen zonder een stuk van een tegel af te knippen? Op [www.rekenweb.nl](http://www.rekenweb.nl) staan spelletjes waar dit op de pc kan worden gedaan.
- De leerlingen gaan op zoek naar het dunste materiaal dat ze kunnen vinden in de schoolomgeving. Grafeen is immers het dunste materiaal wat er bestaat, maar hoe dun zou dat zijn? Grafeen heeft ongeveer de dikte van een enkel atoom. Hoe groot een atoom is kun je mooi illustreren met een strookje papier van 28 cm. Knip dit strookje doormidden. Knip de helft weer doormidden, et cetera. Doe dit 31 keer en je hebt een strookje met de lengte van een atoom. Verder kun je je afvragen op welke manieren je dikte kunt meten? Gebruik bijvoorbeeld vergrootglazen, meetlatten en misschien wel een microscoop.
- De leerlingen gaan op zoek naar het sterkste materiaal in de schoolomgeving. Wat maakt een materiaal sterk? Welke kristalvorm is het sterkst? De driehoek, de vierkant of de zeshoek? Bouw constructies en test ze door er een zwaar boek op te leggen of misschien door er op te gaan zitten!

## Achtergrondinformatie over grafeen

Het doel van de Winterschool is om de hedendaagse wetenschap naar het basisonderwijs te brengen. Door middel van de deelname aan de Winterschool en de lesideeën kunnen leraren hieraan meewerken. In de workshop Grafeen van de Winterschool 2011 hebben de deelnemers zich bezig gehouden met een belangrijk kenmerk van grafeen; namelijk de kristalstructuur. De deelnemers hebben in de workshop geleerd wat een kristal is, wat belangrijke eigenschappen van een kristal zijn en hoe ze zelf een model van een kristal kunnen bouwen.

### **Maar wat is grafeen eigenlijk?**

Waarom is het zo bijzonder? Wat kunnen we met grafeen? En wat maakt grafeen nou een kristal?

Grafeen is een materiaal dat volledig bestaat uit koolstof, net als bijvoorbeeld diamant en grafiet. Grafeen is zelfs onderdeel van grafiet. Grafiet – wat je onder meer vindt in het binnenste van een potlood – bestaat uit gestapelde laagjes van grafeen. Als je met een potlood iets schrijft, schraap je een paar van die laagjes van de stapel af en duw je ze op het papier.

Grafeen is dus een plat laagje materiaal van één atoom dik: dunner dan dat kan niet! De atomen zijn gerangschikt in de vorm van zeshoeken, waardoor grafeen er, als je het heel erg vergroot, uit ziet als een honingraat of kippengaas. Grafeen wordt daarom ook wel eens gekscherend ‘nano-kippengaas’ genoemd.

Grafeen heeft een aantal bijzondere eigenschappen. Door de krachtige koolstofbindingen in het materiaal is grafeen het sterkste materiaal dat tot nu toe bekend is. Verder is grafeen doorzichtig en flexibel en stijf tegelijk. Je kunt het opvouwen en laten trillen als een trommelvlies. Daarnaast geleidt grafeen bijzonder goed. Deze eigenschappen zijn interessant voor de medische wereld en de elektronica- en sensorindustrie.

### **Toepassingen?**

Er wordt nog volop onderzoek gedaan naar toepassingen van grafeen. Bijvoorbeeld als sensor voor de gevoelige detectie van (mogelijk giftige) moleculen, als onderdeel van een techniek om DNA mee af te lezen, als bekabeling van een ruimtelift, als bacteriekiller of misschien wel als middel om medicijnen op de juiste plaats in het lichaam af te leveren. Eén van de voornaamste toepassingsgebieden van grafeen is echter de elektronica. De doorzichtigheid en geleiding maken grafeen een topkandidaat voor een nieuwe generatie buigzame beeldschermen of touchscreens en transistors in computerchips. Grafeen is een materiaal dat ons in de toekomst veel kan brengen.

### **Kristalstructuur**

Omdat de basisstructuur van grafeen een kristalstructuur is, valt het onder de kristallen. Tijdens de workshop is dit kenmerk uitgelicht. Kristallen zijn namelijk overal om ons heen. Denk aan het zout op de friet, de suiker in de koffie, de sneeuwvlokken in de winter, het zand in de zandbak en de graag geziene diamant in sieraden.

Een kristal bestaat uit een ordelijk gerangschikt groepje moleculen, ionen of atomen, wat in drie richtingen steeds herhaald wordt. De totale structuur die in de rangschikking ontstaat, wordt een kristalstructuur of kristalrooster genoemd. Een kenmerk van de kristalstructuur is de symmetrie die er in terug te vinden is.

Symmetrie is een bepaalde vorm van regelmaat. Je hebt onder andere drie belangrijke soorten symmetrie: spiegelsymmetrie, draaisymmetrie en translatiesymmetrie. Een object heeft spiegelsymmetrie al twee helften in een bepaalde zin elkaars spiegelbeeld zijn. Typische voorbeelden zijn: de letter A is spiegelsymmetrisch ten opzichte van de verticale as. En de letter B is dat ten opzichte van de horizontale as. Een object heeft draaisymmetrie als je het over een bepaalde hoek kunt draaien om weer hetzelfde plaatje te krijgen. Een plusteken kun je bijvoorbeeld een kwarttrondje draaien en dan heb je weer een plusteken. Translatiesymmetrie kun je ook wel vrij vertalen met verschuifsymmetrie: als je het object een stukje verschuift, zie je precies hetzelfde. Een tegelvloer is bijvoorbeeld translatiesymmetrie: wanneer je alle tegeltjes precies een tegeltje opschuift heb je nog steeds dezelfde tegelvloer.

### **Kristallen in de klas**

Het thema van de workshop is een pittig onderwerp voor leerlingen uit het primair onderwijs. In het merendeel van de lesmethodes voor Natuur en techniek wordt het onderwerp niet behandeld en worden de termen moleculen en atomen helemaal vermeden. Naar onze mening is dat geheel onnodig. Met behulp van de wereld om ons heen kunnen kinderen experimenteren en onderzoeken welke materialen er zijn en waaruit die bestaan. Geen van de kerndoelen vraagt om specifieke natuurkundige formules, maar bijvoorbeeld wel om het doen van onderzoek naar materialen en de eigenschappen van materialen.

