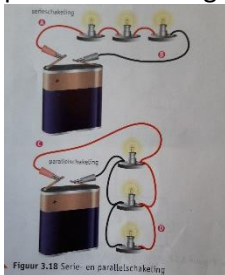


Samenvatting natuurkunde hoofdstuk 3 elektriciteit 1

3.1 lading en stroom

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Elektrische lading      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Door wrijving kunnen voorwerpen elektrisch geladen worden en daardoor kunnen ze krachten uitoefenen</li> <li>• Deze krachthefften kun je verklaren door uit te gaan van twee soorten lading, die men positief en negatief heeft genoemd</li> <li>• Gelijke lading stoten elkaar af en tegengestelde ladingen trekken elkaar aan</li> </ul>  |
| Lading is overal        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Omdat bij het wrijven van stoffen de lading schijnbaar uit het niets tevoorschijn komt, werd er al lang geleden bedacht dat alle stoffen positieve en negatieve lading bevatten</li> <li>• Als van allebei evenveel aanwezig is heffen de positieve en negatieve lading elkaars werking op</li> <li>• Bij het wrijven gaat één soort lading gedeeltelijk over van het doekje naar het voorwerp, of omgekeerd</li> <li>• Het ene voorwerp heeft dus een tekort aan negatieve lading en de andere een overschot aan negatieve lading</li> <li>• Als een voorwerp even veel positieve als negatieve lading bevat noem je dat neutraal</li> <li>• Elektronen zijn negatief geladen</li> <li>• Protonen zijn positief geladen</li> <li>• Neutronen zijn neutraal</li> </ul>  |
| Statische elektriciteit | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Een statisch geladen voorwerp heeft een overschot of een tekort aan negatieve lading</li> <li>• De lading stroomt pas weg als je het voorwerp aanraakt</li> </ul>   |
| Elektrische stroom      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Een batterij heeft twee polen</li> <li>• Dankzij een chemische reactie heeft de ene pool van de batterij een overschot aan elektronen en de andere pool een tekort</li> <li>• Daarom heten de polen minpool en pluspool</li> <li>• Als je de minpool van de batterij via een lampje en metaaldraad verbindt met de pluspool, dan bewegen de elektronen (<math>e^-</math>) door de draad en het lampje van de minpool naar de pluspool: er loopt een elektrische stroom</li> <li>• Binnen de batterij gaan de elektronen juist van de pluspool naar de minpool</li> <li>• Metaal is een geleider</li> <li>• In een geleider kunnen de elektronen bewegen doordat de buitenste elektronen van een metaalatoom maar zwak worden aangetrokken door de atoomkern</li> <li>• Deze elektronen kunnen daardoor makkelijk naar een ander atoom bewegen en daarom worden ze ook wel vrije elektronen genoemd</li> <li>• Om metaaldraad zit vaak plastic waarin de elektronen niet vrij kunnen bewegen wat ook wel een isolator genoemd wordt</li> </ul> |
| Lading en stroomsterkte | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stroomsterkte = <math>I</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Eenheid = A(mpère)</li> </ul> </li> <li>• Lading = hoe meer lading een voorwerp heeft, des te groter is de elektrische kracht (<math>Q</math>)           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Eenheid = C(oulomb)</li> </ul> </li> <li>• De stroomsterkte is de hoeveelheid lading die per seconde door een draad stroomt: <math>I = \frac{Q}{t}</math></li> </ul>  |

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
|                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 ampère is 1 coulomb/seconde</li> </ul>  |
| <b>3.2 spanning en stroomsterkte</b> |  |
| Spanning                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• De elektrische energie van één coulomb lading heet spanning (U)</li> <li>• De spanning is de energie van de lading</li> <li>• Spanning (U) = <math>\frac{\text{elektrische energie (Eel)}}{\text{Lading (Q)}}</math></li> <li>• De eenheid van energie is joule (J)</li> <li>• De eenheid van spanning is dus joule per coulomb of volt (1V = 1 J/C)</li> <li>• 1 <math>\mu A</math> (1 microampère) = één miljoenste ampère</li> </ul>   |
| Spanningsbronnen                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Je kunt elektriciteit pas nuttig gebruiken als je een spanningsbron hebt die voortdurend veel lading rond kan laten stromen in een stroomkring</li> <li>• Je kunt bij batterijen en accu's met een lage spanning, de spanning verhogen door ze in serie te zetten</li> </ul>  |
| Spanning en stroom                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Er is afgesproken dat de stroom van plus naar min loopt</li> <li>• Vanaf nu praten we niet meer over stromende elektronen maar over stromende lading die van plus naar min loopt</li> <li>• Op een stopcontact staat 230 V spanning, alleen pas als je een lampje aan het stopcontact zet loopt er stroom doorheen</li> </ul>   |
| Spanning en stroomsterkte meten      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• De stroommeter meet hoeveel lading per seconde door een draad gaat (ampère meter)</li> <li>• Je moet hem daarom in serie in de schakeling plaatsen</li> <li>• De spanningsmeter meet het energieverval van de lading voor en na het lampje (voltmeter)</li> <li>• Je sluit de meter daarom parallel aan het lampje</li> </ul>   |
| <b>3.3 geleidbaarheid</b>            |  |
| Geleidbaarheid en weerstand          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Een apparaat met een grote geleidbaarheid en dus een lage weerstand laat de stroom makkelijk door</li> <li>• Vb: door een nachtlampje gaat weinig stroom, heeft een kleine geleidbaarheid en dus een grote weerstand</li> <li>• Vb: door een bouwlamp gaat veel stroom, heeft een grote geleidbaarheid dus een kleine weerstand</li> <li>• De eenheid van geleidbaarheid (G) is siemens (S)</li> <li>• De eenheid van weerstand (R) is de ohm (<math>\Omega</math>)</li> <li>• Een ampèremeter moet een zeer kleine weerstand hebben omdat de grootte van de stroomsterkte en spanning in de oorspronkelijke schakeling niet mag veranderen</li> <li>• Een voltmeter moet een zeer grote weerstand hebben zodat bijna alle stroom door het 'lampje' blijft stromen</li> </ul> |
| Serie- en parallelschakeling         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• In een serieschakeling staan de lampjes achter elkaar aangesloten</li> <li>• Bij elk 'lampje' geeft de lading een deel van zijn energie af</li> <li>• Elk lampje krijgt een deel van de spanning</li> <li>• De stroomsterkte door elk lampje is hetzelfde</li> <li>• In een parallelschakeling heeft elk lampje een eigen stroomkring</li> <li>• De lading uit de ene pool van de batterij hoeft maar door één lampje om bij de andere pool van de batterij te komen</li> <li>• De lampjes in een parallelschakeling branden feller dan in een serie</li> </ul>   |



### 3.4 de wet van ohm

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| De wet van ohm                      | <ul style="list-style-type: none"><li>• Je berekent de weerstand door de spanning te delen door de stroomsterkte</li><li>• <math>R = \frac{U}{I}</math></li><li>• Als de spanning tweemaal zo groot wordt zal de stroomsterkte ook verdubbelen</li><li>• Je zegt dat de spanning en de stroomsterkte recht evenredig zijn<ul style="list-style-type: none"><li>○ Dit staat ook wel bekend als de wet van Ohm</li><li>○ De formule schrijf je ook wel als: <math>U = I \cdot R</math></li></ul></li><li>• In plaats van weerstand kun je ook de geleidbaarheid (G) gebruiken</li><li>• Geleidbaarheid is het omgekeerde van weerstand, dus:<ul style="list-style-type: none"><li>○ <math>G = \frac{1}{R}</math> of <math>G = \frac{I}{U}</math></li></ul></li></ul>  |
| Weerstand                           | <ul style="list-style-type: none"><li>• Een weerstand wordt gebruikt om de stroomsterkte of spanning in een schakeling op een gewenste waarde te krijgen</li><li>• Een weerstand heeft een weerstandswaarde die weinig afhangt van de hoeveelheid stroom die er doorheen gaat</li><li>• Een gewone weerstand voldoet aan de wet van ohm</li><li>• De weerstand blijft dan constant (ohmse weerstand)</li><li>• Verdubbel je de weerstand en laat je de spanning hetzelfde dan halveert de stroomsterkte</li><li>• Weerstand en stroomsterkte zijn omgekeerd evenredig</li></ul>   |
| Energie en vermogen                 | <ul style="list-style-type: none"><li>• De elektrische energie die een batterij levert, komt vrij door een chemische reactie</li><li>• In een elektriciteitscentrale komt de energie uit de chemische energie van de brandstoffen</li><li>• De elektrische energie die de bron levert, wordt in de stroomkring in allerlei vormen omgezet<ul style="list-style-type: none"><li>○ Een lampje geeft licht: stralingsenergie en warmte</li><li>○ Voor energie gebruik je het symbool E de eenheid is joule (J)</li><li>○ De elektrische energie die een apparaat per seconde omzet, is het elektrisch vermogen (P) van een apparaat:<ul style="list-style-type: none"><li>○ <math>P = \frac{E}{t}</math></li><li>○ De eenheid van elektrisch vermogen is joule per seconde (J/s) of watt (W)</li><li>○ <math>E = P \times t</math></li></ul></li></ul></li></ul> |
| Vermogen, spanning en stroomsterkte | <ul style="list-style-type: none"><li>• Een elektrisch kacheltje heeft een hoog vermogen<ul style="list-style-type: none"><li>○ Dit komt doordat er een grote stroom doorheen loopt</li><li>○ De elektrische energie die het apparaat per seconde omzet, het elektrisch vermogen, hangt af van de spanning en de stroomsterkte<ul style="list-style-type: none"><li>○ <math>P = U \cdot I</math></li></ul></li></ul></li></ul>  |

Aantekeningen + alle formules op een rijtje

Een elektron heeft een lading van  $-1,6^{-19}$  coulomb

$$I = \frac{Q}{E}$$

$$U = \frac{Eel}{Q}$$

$$U = I \times R$$

$$I = U \times G$$

$$R = \frac{1}{G} \text{ of } G = \frac{1}{R}$$

R <sub>totaal (serieschakeling) = R<sub>1</sub> + R<sub>2</sub> + R<sub>3</sub> + etc</sub>

R <sub>totaal (parallelschakeling) =  $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \text{etc}$  of  $G_1 + G_2 + G_3 + \text{etc}$</sub>

$$P = \frac{u \times Q}{t}$$

$$P = \frac{E}{t}$$

$$P = U \cdot \frac{Q}{t}$$

$$P = U \cdot I$$

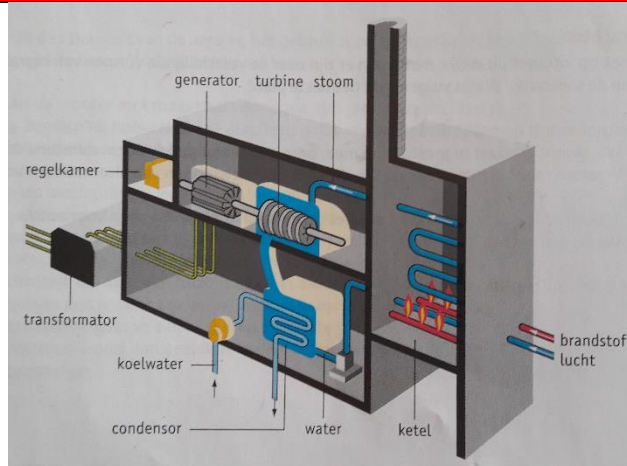
$$P = I^2 \cdot R$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

## Samenvatting natuurkunde hoofdstuk 9 elektriciteit 2

### 9.1 elektriciteit, opgewekt en opgeslagen

#### Elektriciteits-opwekking



- In de ketel wordt water verhit tot waterdamp onder hoge druk
- De warmte wordt geproduceerd door de verbranding van **fossiele brandstoffen** zoals steenkool, gas of olie
- De warmte kan ook vrijkomen bij kernreacties in een **kerncentrale**
- De stroom drijft een turbine aan, die verbonden is met de **generator**
- De generator is een groot uitgevallen fietsdynamo
- Na de generator zit een transformator die de opgewekte spanning verhoogt
- In waterkrachtcentrales drijft het water de generator aan
- Zonnecellen zetten zonlicht rechtstreeks om in elektriciteit
- Zonnecollectoren maken water warm
- Bij het opwekken van elektriciteit door verbranding van brandstof komt altijd veel warmte vrij die nuttig gebruikt wordt bij warmtekrachtkoppeling (WKK)

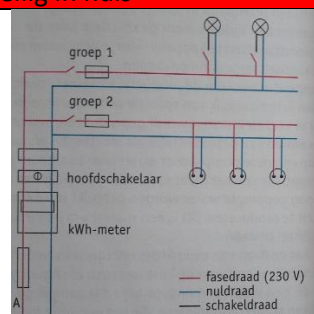
#### De werking van de generator

- Als je stroom door een spoel laat gaan, wordt de spoel een elektromagneet
- Door in een spoel een draaibare magneet te plaatsen, kun je een elektromotor bouwen
- Door de spoel laat je een stroom lopen die steeds van richting verandert

|                          |   |
|--------------------------|---|
|                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Het magneetveld in de spoel verandert dan ook van richting en trekt de draaibare magneet aan of stoot hem af</li> <li>• Door een magneet in een spoel te bewegen ontstaat in de spoel een elektrische spanning</li> <li>• Dit verschijnsel heet <b>inductie</b></li> <li>• Door de magneet in de spoel te draaien, krijg je een wisselende spanning in de spoel</li> <li>• Op dit principe werkt de <b>generator</b></li> </ul>  |
| De transformator         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Een <b>transformator</b> werkt zowel op het principe van de elektromagneet als van inductie</li> <li>• Een transformator bestaat uit een primaire en een secundaire spoel die verbonden zijn door een ijzeren kern</li> <li>• De primaire spoel is aangesloten op <b>wisselspanning</b></li> <li>• De stroom verandert dan steeds van richting</li> <li>• In de spoel ontstaat een wisselend magneetveld</li> <li>• De ijzeren kern in de elektromagneet versterkt het magneetveld en zorgt ervoor dat er ook een wisselend magneetveld in de secundaire spoel ontstaat</li> <li>• De grootte van de opgewekte spanning in de secundaire spoel van de transformator neemt toe naarmate deze spoel meer windingen heeft</li> <li>• Door het kiezen van het aantal windingen van beide spoelen kun je de spanning verhogen of verlagen</li> </ul>  |
| Opslag van elektriciteit | <ul style="list-style-type: none"> <li>• De stroom die uit de centrale de hoogspanningskabels in gaat, moet op hetzelfde moment door de afnemers gebruikt worden</li> <li>• Elektriciteit kan niet zonder meer opgeslagen worden</li> <li>• Om schommelingen in productie en afname op te vangen zijn elektriciteitsnetten gekoppeld</li> <li>• Door de elektriciteitsnetten te koppelen kun je schommeling in elektriciteitsproductie opvangen</li> <li>• Een andere manier om de productie van elektriciteit te regelen is het gebruik van speciale waterkrachtcentrales</li> <li>• Als er te veel elektriciteit wordt geproduceerd werken de generatoren van deze centrales als elektrische pomp</li> <li>• Met behulp van die pomp wordt water naar een hoer punt gepompt</li> <li>• Als er weer meer elektriciteit nodig is kan dat omhoog gepompte water worden gebruikt om extra elektriciteit te produceren</li> <li>• Als je stroom door (aangezuurd) water laat gaan, ontstaat er aan de polen waterstof en zuurstof</li> <li>• Het waterstofgas kun je opslaan</li> <li>• In een <b>brandstofcel</b> of <b>waterstofcel</b> kun je uit waterstof en zuurstof weer water maken, waarbij de energie vrijkomt in de vorm van elektriciteit</li> </ul> |


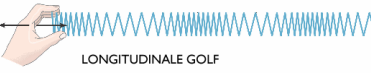
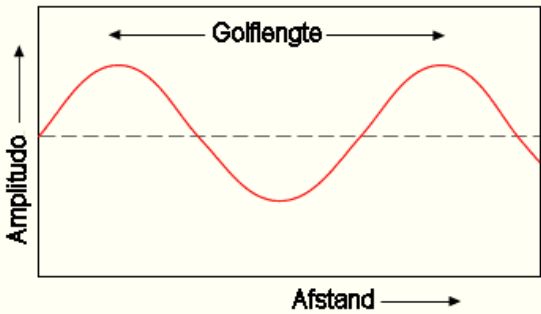
## 9.2 elektriciteit veilig in huis

De elektrische installatie in huis



|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
|                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• De stroom wordt aangevoerd door de bruine draad (<b>fasedraad</b>)</li> <li>• Hierop staat de wisselspanning van 230 volt</li> <li>• Op de <b>nuldraad</b> staat geen spanning en is blauw</li> <li>• De <b>kilowattuurmeter</b> houdt bij hoeveel elektrische energie er gebruikt is</li> <li>• Met de <b>hoofdschakelaar</b> kan de spanning in het hele huis uitgeschakeld worden</li> <li>• De draden tussen de schakelaars en de lampen heten <b>schakeldraden</b>: daar staat alleen spanning op als de schakelaar gesloten is</li> </ul>   |
| Veiligheidsvoorzieningen in een huis | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meestal kan één groep van de huisinstallatie een stroom van 16 Ampère leveren</li> <li>• Als door alle apparaten en lampen van die groep samen meer dan 16 A loopt, is er sprake van <b>overbelasting</b></li> <li>• Een <b>zekering</b> schakelt dan de stroom in de groep uit</li> <li>• Kortsluiting betekent dat de stroom vrijwel zonder weerstand van de fasedraad naar de nuldraad loopt</li> <li>• De aardlekschakelaar controleert of de stroomsterkte die het huis binnen gaat verschilt van de stroomsterkte die het huis verlaat via de nuldraad</li> <li>• Door een defect kan de buitenkant van een elektrisch apparaat onder spanning komen te staan en dit is levensgevaarlijk</li> <li>• Als de buitenkant van het apparaat goed geleidend met de aarde is verbonden, dan loopt er een grote stroom door die aardleiding</li> <li>• De aardlekschakelaar in de meterkast schakelt de stroom dan uit</li> <li>• In ruimten die vochtig kunnen zijn en ruimten met stenen vloeren zitten daarom stopcontacten met <b>randaarde</b></li> <li>• De randaarde verbindt met een extra geel-groene draad in de leiding de buitenkant van het apparaat met de aarde</li> <li>• Een apparaat met dubbele isolatie is aan de buitenkant helemaal van isolerende kunststof en heeft een stekker die in alle stopcontacten past</li> </ul> |
| <b>9.3 weerstanden in soorten</b>    |  |
| Soorten weerstand                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• De weerstand van een stroomdraad hangt af van het materiaal, maar ook van de lengte en dikte</li> <li>• De oppervlakte van de draad wordt vaak de doorsnede genoemd</li> <li>• Doorsnede = oppervlakte (in m<sup>2</sup>)</li> <li>• Diameter = middellijn (in m)</li> <li>• Lengte (l) in meter (m)</li> <li>• Soortelijke weerstand (<math>\rho</math>) in ohm (<math>\Omega</math>)</li> </ul> $R (\text{weerstand draad}) = \rho \times \frac{l}{A}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Geleiders</b> zijn stoffen met een kleine soortelijke weerstand</li> <li>• <b>Isolatoren</b> hebben een zeer grote weerstand</li> <li>• <b>Halfgeleiders</b> zitten ertussenin</li> </ul>  |
| Elektrische componenten              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Een ohmse weerstand voldoet aan de wet van Ohm: als de spanning tweemaal zo groot wordt, verdubbelt de stroomsterkte ook</li> <li>• Bij de meeste metalen neemt de weerstand toe als de temperatuur stijgt <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Zo'n weerstand heet een <b>PTC-weerstand</b></li> </ul> </li> <li>• Een <b>NTC-weerstand</b> is een weerstand waarvan de weerstand juist afneemt als de temperatuur stijgt</li> <li>• Een <b>LDR</b> is een weerstand waarbij de waarde afhangt van de hoeveelheid licht die erop valt: hoe meer licht, hoe minder weerstand</li> </ul>   |

|  |  |
|--|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Een weerstand waarvan je de grootte met een knop kunt stellen is een <b>schuifweerstand</b> of een <b>variabele weerstand</b></li> <li>• Een onderdeel dat de stroom slechts in één richting doorlaat, is de <b>diode</b></li> <li>• De sperrichting laat hij vrijwel geen stroomdoor</li> <li>• Een gelijkrichter maakt van wisselstroom gelijkstroom</li> <li>• Een diode die licht geeft als er stroom door gaat, heet <b>led</b></li> </ul>   |
| <b>9.4 serie en parallel</b>                         |  |
| Serieschakeling                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Als je in een serieschakeling één lamp uit de kring haalt dan gaan de anderen ook uit</li> <li>• <math>U = I \times R</math></li> <li>• De stroomsterkte is overal gelijk</li> <li>• De totale spanning wordt verdeeld over de onderdelen:<br/><math>U_{\text{tot}} = U_1 + U_2 + U_3</math></li> <li>• De deelspanningen over de onderdelen zijn recht evenredig met de weerstanden:<br/><math>U_1 : U_2 : U_3 = R_1 : R_2 : R_3</math><br/>De vervangingsweerstand is de som van de weerstanden van alle onderdelen: <math>R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + R_3</math></li> </ul> |
| Parallel-schakeling                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Over elke weerstand staat dezelfde spanning</li> <li>• De stroom vertakt zich maar alle deelstromen (takstromen) bij elkaar opgeteld is de totale stroomsterkte: <math>I_{\text{tot}} = I_1 + I_2 + I_3</math></li> <li>• De deelstromen zijn evenredig met de geleidbaarheid v.d. weerstanden</li> <li>• <math>I_1 : I_2 : I_3 = G_1 : G_2 : G_3</math></li> <li>• <math>G_{\text{tot}} = G_1 + G_2 + G_3 \rightarrow \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}</math></li> </ul>   |
| Serie en parallel gecombineerd                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veel schakelingen bestaan uit een combinatie van serie en parallel</li> <li>• Bij het rekenen van zo'n type schakeling gebruik je de regels voor parallel in het stukje parallelschakeling</li> <li>• Voor het parallelle deel kun je eerst de vervangingsweerstand uitrekenen</li> <li>• Deze <math>R_{\text{tot}}</math> staat in serie met de andere weerstand</li> <li>• Bij berekeningen moet je soms ook met het vermogen <math>P = U \cdot I</math> rekenen</li> </ul>   |
| <b>Samenvatting natuurkunde h5 trillen en golven</b> |  |
| <b>5.1 slingeren en trillen</b>                      |  |
| Trilling   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bij een trilling beweegt een voorwerp regelmatig heen en weer rond de evenwichtsstand (ruststand)</li> <li>• Als de beweging naar boven en beneden zich steeds op dezelfde manier herhaalt, is de beweging een trilling</li> <li>• Voor elke trilling is een kracht nodig die het trillende voorwerp steeds terug naar de evenwichtstand trekt</li> <li>• In de evenwichtsstand heeft het voorwerp snelheid waardoor het de evenwichtsstand voorbij schiet</li> </ul>   |
| Slingeren, trillen en frequentie                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• De afstand tot de evenwichtstand noem je de uitwijking (<math>u</math>)</li> <li>• In de uiterste uitwijking heet de amplitude (<math>A</math>)</li> <li>• De tijd die één trilling duurt is de trillingstijd (of periode) (<math>T</math>)</li> <li>• Het aantal trillingen per seconde heet de frequentie (<math>f</math>) (in Hz)</li> <li>• <math>f = \frac{1}{T}</math></li> </ul>   |
| Trillingen bekijken                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• De oscilloscoop geeft een grafiek weer van de spanning tegen de tijd</li> <li>• Je kunt zo de trillingstijd en de frequentie bepalen</li> </ul>   |

| 5.2 trillen en kracht                       |  |
|---|--|
| Stemvorken en oscilloscopen                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Als je het geluid van een stemvork onderzoekt blijkt deze trilling heel regelmatig</li> <li>De uitwijkingsgrafiek (u, t-grafiek) heeft een sinusvorm en is dus een <b>harmonische trilling</b></li> </ul>   |
| Harmonische trilling en kracht              | <p>Voor een harmonisch trillend voorwerp geldt de wet van Hooke.<br/> Er is een kracht richting de evenwichtstand die evenredig is met de uitwijking:<br/> <b><math>F = C \times u</math></b> (kracht (in N) = veerconstante (in N/m) <math>\times</math> uitrekking (in m))</p>   |
| De trillingstijd van een massa aan een veer | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bij een viermaal zo grote massa duurt een trilling tweemaal zo lang</li> <li>Als de veer viermaal zo stug is, wordt de trillingstijd tweemaal zo klein</li> <li><b><math>T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{C}}</math></b> (T in s, m in kg en C in N/m)</li> </ul>  |
| Plaats- en snelheidsgrafieken               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Uit een plaatsgrafiek van een harmonische trilling kun je de snelheidsgrafiek afleiden door de sinus een kwart-periode op te schuiven</li> </ul>  |
| 5.3 meetrillen                              |  |
| Eigenfrequentie                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>De vaste frequentie waarmee een voorwerp kan trillen is de eigenfrequentie van het voorwerp</li> </ul>  |
| Resonantie                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Als een voorwerp in trilling wordt gebracht met precies zijn eigenfrequentie, kan het heftig gaan (mee)trillen <ul style="list-style-type: none"> <li>Dit verschijnsel heet resonantie</li> </ul> </li> </ul>   |
| Resonantie voorkomen                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Trillingen kun je voorkomen door de trilling te dempen of door de eigenfrequentie te veranderen</li> </ul>  |
| 5.4 golven                                  |  |
| Golven                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>De voorste begrenzing van de golf heet de 'kop' van de golf</li> <li>Een golf ontstaat doordat een trilling doorgegeven wordt</li> </ul>  |
| Geluidsgolven                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Transversale golven zijn golven waarbij de trillingsrichting dwars op de bewegingsrichting van de golf staat</li> <li>Longitudinale golven zijn golven waarbij de trillingsrichting dezelfde bewegingsrichting heeft als de golf</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> |
| Golflengte en golfsnelheid                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>de golflengte is de afstand die de golf in één trillingstijd aflegt</li> <li>Het symbool voor de golflengte is labda (<math>\lambda</math>)</li> <li>De golfsnelheid is de golflengte gedeeld door de trillingstijd:</li> <li><math>v = \frac{\lambda}{T}</math></li> <li>Dus: <math>v = \lambda \times f</math></li> </ul> <div style="text-align: center;"> <p><b>Golf (momentopname)</b></p>  </div>                     |
| 5.5 muziekinstrumenten                      |  |
| Interferentie in een trillende snaar        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Als twee golven elkaar beïnvloeden ontstaat een staande golf</li> <li>De invloed die twee golven op elkaar uitoefenen heet interferentie</li> </ul>   |



|  |   |
|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Punten in een golf die niet trillen heten de knopen</li> <li>• Punten in een golf die maximaal trillen heten de buiken</li> </ul>  |
| Verband tussen snaarlengte en golflengte | <ul style="list-style-type: none"> <li>• De grondtoon is de laagst mogelijke toon en de boventoon de hoogst mogelijke</li> </ul> <p><i>Bij het aantokkelen van een snaar ontstaan de grondtoon en de boventonen. Uit de lengte van de snaar kun je de golflengtes van deze tonen afleiden</i></p> |
| Blaasinstrumenten                        | <i>In een blaasinstrument ontstaan een grondtoon en een boventoon. Uit de lengte van de buis kun je de golflengten en frequenties van deze tonen afleiden.</i>  |

## Hoofdstuk 12 eigenschappen van stoffen en materialen

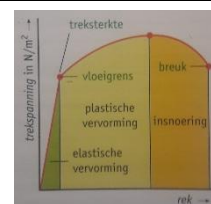
### 12.1 het deeltjesmodel

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Vast, vloeibaar, gasvormig |   |
| Temperatuur                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• De laagste temperatuur die mogelijk is, is <math>-273\text{ }^{\circ}\text{C}</math></li> <li>• Verwarm je de stof, dan neemt de gemiddelde snelheid van de moleculen toe</li> <li>• Temperatuur = een maat voor de gemiddelde bewegingsenergie van moleculen</li> <li>• <math>-273\text{ }^{\circ}\text{C} = 0\text{ K(kelvin)}</math></li> </ul> |
| Dichtheid                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• De dichtheid van een stof is de massa van een kubieke meter stof</li> <li>• <math>\rho = \frac{m}{V}</math></li> </ul>   |

### 12.2 warmtetransport

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Temperatuur en warmte           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatuur is een maat voor de gemiddelde bewegingsenergie van de moleculen</li> <li>• Warmte is energie die van de ene plaats naar de andere plaats gaat</li> <li>• Warmte meet je in joule, temperatuur in graden Celsius of in kelvin</li> </ul>  |
| Stroming, geleiding en straling | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geleiding = de warmte wordt doorgegeven door botsende moleculen of atomen</li> <li>• Stroming = bewegende moleculen nemen warmte mee</li> <li>• Bewegingsenergie wordt ook omgezet in straling</li> </ul>   |
| Isolatie                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Om te voorkomen dat warmte door stroming weglekt, moet je ervoor zorgen dat lucht (of vloeistof) zich niet kan verplaatsen</li> <li>• Materialen met veel lucht in kleine ruimtes verhinderen dat lucht gaat stromen</li> <li>• Als de lucht in kleine ruimtes niet kan stromen, is dat materiaal een goede isolator</li> </ul> |
| De warmtegeleidings-quotiënt    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• De hoeveelheid warmte per seconde (<math>P</math> (in J/s)) die door een muur stroomt - de warmtestroom - is evenredig met de oppervlakte van de muur (<math>A</math>) en het temperatuurverschil <math>\Delta T</math> (in kelvin)</li> <li>• <math>P = \lambda A \frac{\Delta T}{d}</math></li> </ul>                         |

| 12.3 warmte-uitwisseling                      |   |
|---|---|
| Soortelijke warmte                            | <p>De soortelijke warmte <math>c</math> van een stof is de warmte die nodig is om 1 kg van die stof <math>1^\circ\text{C}</math> (1 K) in temperatuur te laten stijgen</p> <p>De hoeveelheid warmte <math>Q</math> die nodig is om <math>m</math> kg stof <math>\Delta T</math> graad Celsius (kelvin) te laten stijgen, bereken je met: <math>Q = c \cdot m \cdot \Delta T</math></p> <p>(hoeveelheid warmte = soortelijke warmte <math>c</math> · massa · temperatuurverschil)</p>  |
| Soortelijke warmte en dichtheid               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Hoe kleiner de dichtheid van het metaal, hoe groter de soortelijke warmte van dat metaal</li> <li>Bij metalen met een grotere dichtheid is de massa per atoom, de atomaire massa, groter.</li> </ul>   |
| Warmte - uitwisseling                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>De warmte dat wordt opgenomen (<math>Q_{op}</math>) moet gelijk zijn aan de hoeveelheid warmte die wordt afgestaan (<math>Q_{af}</math>) <ul style="list-style-type: none"> <li>Dit geldt alleen als er geen warmte ontsnapt of bijkomt</li> </ul> </li> </ul>   |
| 12.4 warmtegeleiding en elektrische geleiding |   |
| Metalen en stroomgeleiding                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Het feit dat metalen zulke goede geleiders zijn, wordt veroorzaakt door de manier waarop een metaal is opgebouwd <ul style="list-style-type: none"> <li>Een metaal kun je je voorstellen als een rooster van positieve atoomresten en daartussen vrije, beweeglijke elektronen <ul style="list-style-type: none"> <li>Tussen deze positieve atoomresten en de vrije elektronen heersen sterke elektrische krachten die het geheel stevig bij elkaar houden</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>De buitenste elektronen van een metaalatom worden zwak aangetrokken door de atoomkern, hierom worden ze vrije elektronen of geleidingselektronen genoemd</li> <li>Het symbool voor soortelijke weerstand is <math>\rho</math> (rho)</li> <li><math>R_{\text{(weerstand (in ohm))}} = \frac{\rho \times l}{A}</math></li> </ul> |
| Warmtegeleiding en elektrische geleiding      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Warmte wordt in metalen getransporteerd doordat de atoomresten trillingen aan elkaar doorgeven, maar vooral door de geleidingselektronen die de energie met zich meevoeren <ul style="list-style-type: none"> <li>De metalen bevatten veel geleidingselektronen en hun bewegingsenergie is groter op plaatsen waar de temperatuur hoger is</li> </ul> </li> </ul>  |
| 12.5 rekken en trekken                        |   |
| Trekspanning                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Hoeveel een materiaal uitrekt of buigt en wanneer het breekt zijn eigenschappen van een materiaal</li> <li>Bij het testen van de sterkte van materialen gebruik je het begrip trekspanning</li> <li>Voor de trekspanning <math>\sigma</math> (sigma) (in <math>\text{N/m}^2</math> of Pa) geldt: <math>\sigma = \frac{F}{A}</math></li> </ul>  |
| Rek   | <ul style="list-style-type: none"> <li>De definitie van rek <math>\varepsilon</math> (epsilon) is de lengtetoename <math>\Delta l</math> van een draad in verhouding tot de oorspronkelijke lengte van de draad <math>l_0</math></li> <li><math>\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}</math></li> </ul>  |
| Elastische en plastische vervorming           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Elastische vervorming is wanneer de vormverandering niet definitief is</li> <li>Is de vormverandering wel definitief, dan heb je te maken met plastische vervorming</li> <li>Een spanning-rekdiagram bestaat uit drie delen: <ol style="list-style-type: none"> <li>1<sup>e</sup> deel: de vervorming is elastische en recht evenredig</li> <li>2<sup>e</sup> deel: voorbij de vloeigrens is de vervorming plastisch</li> <li>3<sup>e</sup> deel: het draad snoert en breekt tenslotte</li> </ol> </li> </ul>  |



|  |  |
|--|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• De treksterkte van het materiaal is de maximale trekspanning waarbij het materiaal nog net niet gaat vloeien</li> <li>• Materialen die nauwelijks rek vertonen en snel breken noem je bros</li> </ul>   |
| Elasticiteitsmodulus                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• De stijfheid van een materiaal uit een getal is de elasticiteitsmodulus</li> <li>• De elasticiteitsmodulus E is gedefinieerd als de verhouding tussen de trekspanning <math>\sigma</math> en de rek <math>\varepsilon</math></li> <li>• Omdat rek geen eenheid heeft is de eenheid van E N/m<sup>2</sup></li> <li>• <math>E = \frac{\sigma}{\varepsilon}</math></li> </ul>  |
| <b>H13 functionele materialen (verplicht SE)</b> |  |
| <b>13.1 kunststoffen</b>                         |  |
| Plastic  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Downcycling is wanneer het plastic niet meer de zuiverheid heeft van de oorspronkelijke plastic</li> <li>• Als je van gebruikt plastic weer plastic maakt dat niet van nieuw te onderscheiden is, spreek je van recycling</li> <li>• Plastic wordt voornamelijk geproduceerd uit aardolie</li> <li>• Plastic bestaat uit lange ketelvormige moleculen: polymeren <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Deze moleculen zitten niet in een regelmatig rooster maar liggen als de slierten van een boord spaghetti door elkaar</li> <li>○ Polymeren ontstaan doordat kleine moleculen aan elkaar koppelen tot ketens</li> </ul> </li> </ul> |
| Thermoharders en thermoplasten                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kunststoffen kun je verdelen in: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Thermoplasten (kun je smelten) (moleculen zijn lange ketens)</li> <li>- Thermoharders (kun je niet smelten) (moleculen netwerkstructuur)</li> </ul> </li> </ul>   |
| Hoe herken je kunststoffen                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voor recycling is het nodig dat het polystyreen niet gemengd raakt met andere soorten kunststof</li> <li>• Gemengd kunststof heeft moeilijk voorspelbare eigenschappen</li> <li>• Stoffen kun je herkennen aan stoffeigenschappen</li> </ul>  |
| PVC (polyvinylchloride)                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polyvinylchloride</li> <li>• Bestaat voor 60% uit chloor</li> <li>• Bij verbranding kunnen giftige stoffen ontstaan</li> </ul>  |
| <b>13.2 koolstof</b>                             |  |
| Koolstof in verschillende vormen                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diamant en grafiet bestaan uit allotropen van koolstof</li> <li>• Stoffen die van hetzelfde element zijn gemaakt maar een andere structuur hebben, heten allotropen</li> </ul>  |
| Grafeen  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grafeen is een enkele laag grafiet</li> <li>• Grafeen is het sterkste materiaal dat bestaat</li> </ul>  |
| Koolstof nanobuisjes                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Door grafeen op te rollen ontstaan koolstof nanobuisjes</li> <li>• Koolstof nanobuisjes zijn ontzettend sterk en tegelijkertijd heel licht</li> </ul>   |
| <b>13.3 metalen</b>                              |  |
| Toepassingen van metalen                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veel metalen roesten maar zink roest niet</li> <li>• Ferrometalen zijn ijzer en alle legeringen waarbij ijzer een onderdeel vormt</li> <li>• Metaal heeft een goede vormbaarheid</li> </ul>   |
| De atoomstructuur van metalen                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atomen zijn opgebouwd uit een kern met daaromheen elektronen</li> <li>• Bij metaalatomen is het buitenste elektron veel minder sterk gebonden dan bij niet-metalen</li> <li>• Hierdoor ontstaat het metaalrooster, waarbij het atoom zonder het geleidingselektron, de atoomrest, op zijn plaats trilt en omringd is door een elektronengas</li> </ul>  |

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
|                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Deze elektronen kunnen vrij bewegen en worden daarom vrije elektronen genoemd <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Omdat de elektronen vrij kunnen bewegen kunnen metalen goed geleiden</li> </ul> </li> </ul>  |
| <b>13.4 silicium</b>            |  |
| De structuur van silicium       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• De atomen in het rooster van silicium zitten aan elkaar vast met atoombindingen</li> <li>• Bij een atoombinding worden de atomen bij elkaar gehouden door een gemeenschappelijk elektronenpaar dat zich tussen de atomen bevindt</li> <li>• Toch kan silicium toch een beetje stroom geleiding omdat de elektronen toch nog vrij door het metaalrooster kunnen bewegen</li> <li>• Op de plek waar het elektron vertrokken is, ontstaat en gat waar een overschot aan positieve lading ontstaat</li> <li>• Silicium is een halfgeleider</li> <li>• In het rooster bewegen de negatieve elektronen en de positieve gaten</li> </ul> |
| P-type en n-type halfgeleiders  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Door onzuiverheden toe te voegen aan silicium gaat het beter geleiden</li> <li>• Door verontreiniging kun je slim kiezen, bepalen of er sprake is van gatengeleiding (p-type) of elektronengeleiding (n-type)</li> <li>• Bij n-type halfgeleiders kunnen elektronen vrij bewegen terwijl de positieve lading vastzit</li> <li>• Bij p-type halfgeleiders geleiden positieve gaten de stroom terwijl de negatieve lading vastzit</li> </ul>  |
| Led-lampen                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Light Emitting Diode (weerstand die in 1 richting stroom doorlaat en aan de andere richting stroom tegenhoudt)</li> <li>• Een diode maak je door een n-type halfgeleider te plakken op een p-type halfgeleider</li> <li>• Een Led geeft licht door de energie die vrijkomt als elektronen in gaten vallen</li> </ul>  |
|                                 |  |
| Zonnecellen                     | <i>Bij een zonnecel valt licht op de grenslaag van een n-type en p-type halfgeleider. Een foton maakt een elektron-gat paar. Door de spanning in het grensvlak gaat het elektron en het gat bewegen</i>  |
| <b>13.5 technisch ontwerpen</b> |  |
| Stap 1: de probleemstelling     | <i>De eerste stap van een technisch ontwerp is de probleemstelling met een eisenpakket</i>   |
| Stap 2: het beste concept       | <i>Een morfologisch overzicht is een hulpmiddel om tot het beste concept te komen</i>  |
| Stap 3: bouw, test en evaluatie | <i>In de derde fase wordt een prototype van het ontwerp gebouwd, getest en verbeterd</i>   |