**Natuurkunde hoofdstuk 5**

**Lars samenvatting:**

**Molecuulmodel**

Krijt is een slechte geleider voor elektrische stroom en warmte. Breek je een stukje krijt doormidden dan heb je twee stukjes krijt. Dat wil zeggen: stukjes witte stof met dezelfde dichtheid en geleidingsvermogen voor warmte en elektriciteit. Hoe vaker je de stukjes breekt hoe meer stukjes je krijgt. De stukjes hebben allemaal één overeenkomst: de *stofeigenschappen*. De kleinste deeltjes ie zo ontstaan, zijn de krijtmoleculen. Deze moleculen bestaan weer uit *atomen*.

Alle stoffen zijn opgebouwd uit moleculen. Dee bestaan uit een of meer, soms dezelfde en soms verschillende, atomen. Tussen de moleculen werken aantrekkende krachten. Dat kunnen *Van der Waals-krachten* of elektrische krachten zijn. De krachten zijn groter naar mate de afstand tussen de moleculen kleiner is. In vaste stoffen zorgen de krachten ervoor dat de moleculen in een regelmatig patroon worden gehouden. De moleculen zitten niet echt stil maar ze trillen een beetje. De heftigheid van die trilling is een maat voor de temperatuur.

**Temperatuur en warmte**

Als we een stof verwarmen neemt de beweeglijkheid van de moleculen toe. De moleculen gaan sneller bewegen. In een vloeistof of gas bewegen ze met een grotere snelheid kriskras door elkaar. De temperatuur is gedefinieerd op de snelheid van de moleculen. Om e snelheid van de moleculen te vergroten, is kinetische energie nodig. De kinetische energie van de moleculen hangt van de snelheid van de moleculen en de massa van de moleculen. Voor veel en/of zwaardere moleculen is meer warmte nodig.

Er is verschil tussen temperatuur en warmte: De temperatuur wordt alleen door *de snelheid* van de moleculen bepaald. De massa wordt door *de snelheid* en *de massa* bepaald.

**Potentiële energie van moleculen**

De arbeid die de zwaartekracht kan verrichten, noemen we *potentiële energie* of in dit geval *zwaarte-energie*. We zeggen dat een voorwerp potentiële energie heeft, als de zwaartekracht arbeid op het voorwerp kan verrichten. Ook als twee moleculen verder uit elkaar gaan, krijgen ze meer potentiële energie omdat de aantrekkende kracht meer arbeid kan verrichten. Gaan de moleculen weer naar elkaar toe, dan verricht de aantrekkende kracht arbeid en wordt de potentiële energie dus kleiner. Hoe verder de moleculen van elkaar af zitten des te meer arbeid kan de aantrekkende kracht verrichten en des te groter is de potentiële energie. Maar die potentiële energie moet wel ergens vandaan komen. Ook hier voeren we die energie toe in de vorm van warmte.

**Warmte**

Als de moleculen een hogere snelheid krijgen, door temperatuur stijging, zullen de moleculen vaker en harder tegen elkaar botsen. Ze zullen elkaar krachtiger opzij duwen waardoor ieder molecuul meer ruimte krijgt, de stof zet dan uit. Dus: behalve om de snelheid van de moleculen te vergroten is er ook warmte nodig om de stof uit te laten zetten. De toegevoerde warmte is gelijk aan de som van de toename van de kinetische energie en de toename van de potentiële energie. De potentiële en kinetische energie noem je ook wel de inwendige energie.

**Smelten en verdampen**

Bij het smelten blijft de temperatuur gelijk terwijl je toch warmte toevoert. Als een vaste stof smelt, verlaten de moleculen het vaste patroon. De toegevoerde warmte wordt hier blijkbaar niet gebruikt om de snelheid van de moleculen te vergroten en om te temperatuur te verhogen. De warmte wordt hier gebruikt om de moleculen verder uit elkaar te brengen. Hij zorgt alleen voor het vergroten van de potentiële energie.

De hoeveelheid warmte die nodig is om 1 kg van een stof te laten smelten, heet *smeltwarmte*. Die warmte is afhankelijk van de soort stof. Smeltwarmte wordt aangegeven met Ws met eenheid J/kg.

Ook bij verdampen van een vloeistof blijft de temperatuur gelijk terwijl de afstand tussen de deeltjes sterk toeneemt. Bij verdampen moet je warmte toevoeren om de moleculen verder uit elkaar te brengen. Ook hier is warmte alleen nodig om de potentiële energie te vergroten. De hoeveelheid warmte die nodig is om een stof te laten verdampen heet *verdampingswarmte*. Verdampingswarmte wordt aangegeven met Wv met eenheid J/kg. Ook bij condenseren en stollen blijft de temperatuur gelijk. Ook de snelheid van de moleculen blijft gelijk. De kinetische energie blijft dus onveranderd. Bij het stollen en condenseren neemt wel de afstand tussen de moleculen af en dus ook de potentiële energie. Die energie komt vrij als warmte. Stollingswarmte (Wst) en condensatiewarmte (Wc) worden op net zo’n manier gedefinieerd. Er geldt: Wc = Wv en Wst = Ws.

**Stof verwarmen**

Voor sommige stoffen is er maar weinig warmte nodig om in temperatuur te stijgen en voor andere stoffen is er weer meer warmte nodig. Hoeveel warmte hangt ook van de hoeveelheid stof af en van e grootte van de temperatuurstijging. Een twee keer zo grote hoeveelheid stof kost ook twee keer zoveel warmte. De hoeveelheid warmte (Q) is recht evenredig met de hoeveelheid stof. Dit geld ook voor de temperatuur stijging: als je een stof twee keer zoveel wil laten stijgen in temperatuur is er ook twee keer zoveel warmte nodig.

**Soortelijke warmte**

Hoe de benodigde warmte van de soort stof afhangt, is moeilijk te beschrijven. Daarom heeft men de grootte van die waarde vastgesteld dor meting. Men onderzoekt alleen hoe de hoeveelheid warmte van de soort stof afhangt, en niet tegelijk van de hoeveelheid stof m en de temperatuurstijging ΔT. De hoeveelheid warmte die nodig is om een stof één graden te laten stijgen noemt men de *soortelijke warmte* van die stof. Als de temperatuur weer daalt komt die warmte die toegevoegd is ook weer vrij. Soortelijke warmte wordt aangegeven met een c.

**Warmte opnemen en vasthouden**

In het voorjaar duurt het nog een hele tijd voor de temperatuur van het water zo hoog is dat je in de zee of in een meertje kunt zwemmen. Het duurt wel tot de zomer voor het water voldoende warmte van de zon heeft opgenomen en de temperatuur van het water een beetje aangenaam is. In het najaar houdt het water van de zee de warmte ook weer heel lang vast en dat zorgt ervoor dat de temperatuur van het water nog lang hoog blijft. Het water kan veel warmte opnemen en vasthouden en daarom verandert de temperatuur van het water maar heel geleidelijk.

**Warmtecapaciteit**

De warmtecapaciteit van een voorwerp is de hoeveelheid warmte die nodig is om het hele voorwerp 1 K (1 ̊ C) in temperatuur te laten stijgen. De warmtecapaciteit wordt aangegeven met de hoofdletter C en uitgedrukt J/K. Als een thermometer een warmtecapaciteit heeft van 20 J/K dan is er 20 J nodig om de thermometer 1 K te verwarmen.

**Thermoskan**

Om warmteverlies tegen te gaan moet je voorkomen dat er geleiding, straling en stroming kan optreden, want dit zijn de 3 manieren waarop je warmte (energie) verliest. In de thermoskan wordt hierin op een uitstekende manier voorzien. Een thermoskan wordt ook wel en ‘Dewar-vat’ genoemd. Het is vernoemd naar Dewar die de thermoskan voor het eerst maakte in 1892.

**Huis verwarmen**

Als je ’s winters thuis de kachel uitdoet of de c.v. uitschakelt, wordt het steeds kouder in huis. De warmte in huis lekt weg door ramen, kieren, muren, de vloer en het dak. De warmtestroom van de verwarming door de ramen deuren en kieren het huis uit. Door de stijging van de temperatuur in het huis zal de warmtestroom naar buiten toenemen. Er ontstaat een evenwicht: de warmtestroom naar buiten is even groot als de warmte stroom naar binnen.

**Warmtemeter**

De warmtemeter werkt ongeveer als een Dewar-vat. Hij bestaat uit twee spiegelende bussen in elkaar. Door de spiegelende wanden kan straling niet naar binnen of naar buiten. Tussen de bussen zit isolatiemateriaal, zoals piepschuim of soms gewoon lucht. Hierdoor wordt warmtegeleiding van binnen naar buiten of omgekeerd tegengegaan. De warmtemeter wordt afgesloten met een deksel van isolerend materiaal, wat stroming en geleiding tegengaat.

Met een warmtemeter is het mogelijk nauwkeurig onderzoek te doen naar de warmte die voorwerpen of vloeistoffen opnemen of afgeven, omdat er geen warmte verloren gaat.

**Verwarmingstraject**

Verwarmen we ijs van enkele tientallen graden onder nul alsmaar door dan doorloopt het ijs verschillende fasen:

1) **Het verwarmen van het ijs**. Je voert warmte toe om de kinetische en de potentiële energie

van de moleculen te vergroten.

2) **Het smelten**. De temperatuur blijft gelijk, omdat je op het smeltpunt bent aangekomen.

je voert warmte toe om de moleculen los van elkaar te halen. De potentiële energie van de

moleculen t.o.v. elkaar neemt toe.

3) **Het verwarmen van het water**. De temperatuur stijgt. Je voert warmte toe om de

kinetische en de potentiële energie van de moleculen te vergroten. Het verwarmen verloopt

minder snel omdat de soortelijke warmte van water hoger is dan die van ijs.

4) **Het koken**. De temperatuur blijft gelijk, want je bent aangekomen op het kookpunt. Je

voert warmte toe om de moleculen, bij het kookpunt los van elkaar te halen. De potentiële

energie van de moleculen t.o.v. elkaar neemt toe. De verdampingswarmte is groter dan

de smeltwarmte, daarom verloopt het verdampen langzamer dan smelten.

5) **Het verwarmen van de waterdamp**. De temperatuur stijgt. Je voert warmte toe om vooral

de kinetische energie van de moleculen vergroten. De toename van de potentiële energie

van een gas bij verwarmen is verwaarloosbaar klein.

**Warmte bronnen**

In huis halen we de warmte uit verschillende energiesoorten, zoals chemische energie van bandstoffen of elektrische energie. Ook zonne-energie wordt soms bij de verwarming van huizen gebruikt. Voor e elektrische energie opwekking wordt ook de kernreactor als warmtebron gebruikt.

**Brandstoffen**

Aardgas, dat vooral uit de koolwaterstof methaan bestaat, is op dit moment de belangrijkste warmtebron in Nederland. Koolwaterstoffen leveren bij verbranding naast veel warmte alleen kooldioxide en waterdamp. Op zich ‘onschadelijke’ stoffen, hoewel een teveel aan kooldioxide het broeikaseffect zou veroorzaken. Ook worden proppan- of butagas, hout en steenkool gebruikt.

**Elektrisch verwarmen**

Bij elektrisch verwarmen wordt er stroom door een draad gestuurd. De elektronen die dan door de draad bewegen, botsen hierbij tegen de deeltjes in de draad en brengen die in heftige beweging (kinetische energie). Bij elektrische verwarmingsapparatuur is het rendement zeer hoog. Bijna alle elektrische energie wordt omgezet in warmte. Je moet hierbij wel bedenken dat de elektrische energie meestal is opgewekt door de verbranding van fossiele brandstoffen waarbij hooguit een rendement van 45% werd gehaald. Ook bij de productie van elektrische energie uit kernenergie is het rendement niet erg hoog.

**Formules**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Wat te berekenen | Formule | Betekenissen |
| Kinetische energie | Ekin = ½ ∙ m ∙ v^2 | m = massa  v = snelheid van de deeltjes |
| Zwaartekracht arbeid | W = m ∙ g ∙ h | m = massa  g = valversnelling (9.81 m/s^2)  h = hoogte t.o.v. de grond |
| Hoeveelheid warmte | Q = m ∙ c ∙ ΔT | m = massa  c = soortelijke warmte  ΔT = Temperatuursverschil |
| Opgenomen/afgestane warmte | Q op= Q af | Q = hoeveelheid warmte |
| Hoeveelheid warmte (smelten) | Q = m ∙ Ws | m = massa  Ws = smeltwarmte |
| Hoeveelheid warmte (stollen) | Q = m ∙ Wst | m = massa  Wst = stollingswarmte |
| Hoeveelheid warmte (verdampen) | Q = m ∙ Wv | m = massa  Wv = verdampingswarmte |
| Hoeveelheid warmte (condenseren) | Q = m ∙ Wc | m = massa  Wc = condenseringswarmte |
| Energie | E = P ∙ t | P = vermogen  t = tijd (s) |

**Spence samenvatting 5.1-5.3:**

**Paragraaf 1:**

* Als je iets verwarmt word het warm en zet het uit. Als je een draad heel erg verwarmt gaat hij gloeien (licht uitstralen).
* Als je krijt in verschillende stukken breekt hebben ze nog altijd dezelfde *stofeigenschappen.* De kleinste deeltjes die ontstaan heten *krijtmoleculen*. Deze bestaan uit *atomen*.
* Tussen de moleculen werken aantrekkende krachten. Dat kunnen *Van der Waals-krachten* zijn of elektrische krachten. Hoe kleiner de afstand, hoe groter de kracht.
* Deze krachten houden in vaste stoffen de moleculen in een vast patroon, de moleculen kunnen nog wel trillen. De trilsnelheid ligt aan de temperatuur. Hoe hoger de temperatuur, hoe sneller de trilling. Deze hardere trillingen noemen we ook wel een grote *beweeglijkheid*.
* In een vloeistof bewegen moleculen dwars door elkaar. Met temperatuurstijgingen bewegen ze sneller.
* Om de snelheid van de moleculen te vergroten is *kinetische energie* nodig.
* Warmte is energie. Dus als er meer warmte is, is de kinetische energie groter.
* Kinetische energie hangt ook af van de massa van de moleculen (Ekin = ½ x m x v2)
* Er is een verschil tussen warmte en temperatuur:   
  Soms heb je bijvoorbeeld heel weinig warmte nodig om de temperatuur heel hard te laten stijgen.  
  Temperatuur -> Snelheid moleculen  
  Warmte -> Massa moleculen
* Mensen voelen de gevoelstemperatuur. Onze lichamen geven, hoe kouder het is, hoe meer, warmte af aan de omgeving. Daarom hebben wij het kouder dan het eigenlijk is.
* Als iets valt en de zwaartekracht verricht er arbeid op krijg je de formule: W = Fz x s. Combineer je deze formule met Fz = m x g en s=h, krijg je -> W = m x g x h.
* De arbeid die de zwaartekracht kan verrichten heet *potentiële energie* (of *zwaarte-energie*). Een steen heeft potentiële energie als er zwaartekracht op verricht kan worden.
* Als twee objecten naar elkaar toe worden getrokken, noem je dat aantrekkingskracht. Als ze ver van elkaar staan is er meer potentiële energie omdat de aantrekkingskracht meer arbeid moet verrichten dan als ze dicht bij elkaar staan. Potentiële energie wordt toegevoerd in de vorm van warmte
* Als moleculen snel bewegen, botsen ze. Hierdoor ontstaat er meer ruimte waardoor de stof uitzet. Je hebt hiervoor warmte nodig. De toegevoerde warmte is gelijk aan: toename van kinetische én toename van potentiële energie. Deze twee soorten energie worden samen inwendige energie genoemd.
* Bij een faseovergang blijft de temperatuur gelijk terwijl je toch warmte toevoert. De warmte zorgt hier alleen voor een grotere afstand tussen de moleculen en hiermee een grotere potentiële energie.
* De hoeveelheid warmte nodig om 1 kg te laten smelten van een stof heet smeltwarmte.  
  Symbool: Ws  
  Eenheid: J/kg
* De hoeveelheid warmte nodig om 1 kg te laten verdampen van een stof heet verdampingswarmte.  
  Symbool: Wv  
  Eenheid: J/kg
* Smeltpunt = Stolpunt en Verdampingspunt = Condensatiepunt. Deze punten verschillen per stof. Verdampingspunt is over het algemeen hoger dan het smeltpunt.
* Dus je hebt ook Condensatiewarmte en Stollingswarmte  
  Wc = Wv en Wst = Ws

**Paragraaf 2:**

* De hoeveelheid warmte (Q) die nodig is, hangt af van de hoeveelheid stof (massa) en de soort stof.
* Maak je massa twee keer zo groot, heb je ook twee keer zoveel warmte nodig. Q is dus recht evenredig met de massa (m).  
  Dus: Q ~ m
* Als de temperatuur stijgt van 10 oC naar 20 oC, moet de warmte ook verdubbeld worden. Voor Q en de temperatuurstijging (Δt) geldt dus: Q ~ Δt.
* Een temperatuurstijging in oC (Δt) is hetzelfde als een temperatuurstijging in K (ΔT).  
  Dus: Q ~ ΔT
* Men onderzoekt alleen de hoeveelheid warmte. Er wordt dus van een vaste massa (=1 kg) en een vaste temperatuurstijging uitgegaan (ΔT = 1 K)
* De hoeveelheid warmte die nodig is om 1 kg van een stof 1 K (of 1 oC) in temperatuur te laten stijgen, noemt met de soortelijke warmte (c) van die stof.
* Je schrijft het zo: Soortelijke warmte van koper: c = 0,387 x 103 Jkg-1K-1 of   
  c = 0,387 x 103 J/kg oC. Om 1 kg koper 1 oC in temperatuur te laten stijgen is dus 387 J nodig. Als de temperatuur daalt, komt die warmte weer vrij.
* Om 1 kg stof 1 oC in temperatuur te laten stijgen, is de soortelijke warmte c nodig. 2 kg wordt dus 2 x c.
* Om m kg stof 1 oC in temperatuur te laten stijgen is m x c nodig. Dus 2 oC wordt dus m x c x 2 want Q ~ Δt
* Om m kg stof Δt in temperatuur te laten stijgen, is m x c x Δt nodig. Als je de temperatuur uitdrukt in kelvin krijg je: m x c x ΔT. Als c in J/kg x K, m in kg en ΔT in K uitdrukt, vind je de Q in joule (J).
* Water kan goed warmte vasthouden. In de herfst is het water nog warm van de zomer. In de lente is het water vaak nog heel koud van de winter. Dit veroorzaakt ons zeeklimaat.

**Paragraaf 3:**

* Als een voorwerp uit meerdere stoffen bestaat, kan je niet van alle stoffen de soortelijke warmte gaan gebruiken. Bij deze ingewikkelde stoffen gebruik je *warmtecapaciteit*
* De warmtecapaciteit van een voorwerp is de hoeveelheid warmte die nodig is om het hele voorwerp 1 K (of 1 oC) in temperatuur te laten stijgen.
* Warmtecapaciteit:  
  Symbool: C  
  Eenheid: J/K (of J/oC)
* Als je 20 J hebt en je temperatuur moet 5 K stijgen - > 20 J/K x 5 K = 100 J
* Voor een voorwerp met een warmtecapaciteit en temperatuurstijging, geldt over het algemeen, dat er warmte nodig is: Q = C x ΔT