

STOFFEN & WARMTE – HAVO

Foton is een opgavenverzameling voor het nieuwe eindexamenprogramma natuurkunde.

Foton is gratis te downloaden via natuurkundeuitgelegd.nl/foton

Uitwerkingen van alle opgaven staan op natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen

Videolessen over de theorie zijn te vinden op natuurkundeuitgelegd.nl/videolessen

Theorie bij dit hoofdstuk wordt behandeld in onderstaande videolessen:

[Moleculen & fasen](#)

[Dichtheid](#)

[Temperatuur](#)

[Warmte](#)

[Warmtetransport](#)

[Warmtegeleiding](#)

[Calorimeter](#)

[Warmtecapaciteit](#)

[Soortelijke warmte](#)

[Warmte-evenwicht](#)

[Spanning & rek](#)

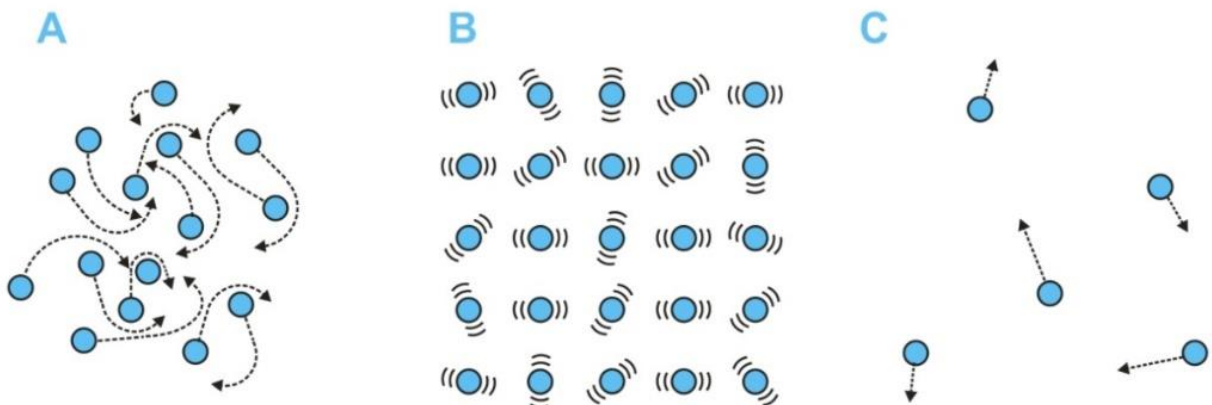
[Elasticiteit](#)



1 Drie fasen

Hieronder staan schematisch de drie fasen of aggregatietoestanden weergegeven.

Geef aan welke afbeelding bij welke fase hoort en geef de belangrijkste eigenschappen van elke fase.



2 Faseovergangen

In de tabel hieronder staan de namen van de faseovergangen weergegeven. Vul de juiste woorden in op de lege plaatsen.

Naam overgang	Van ...	Naar ...
Stollen	Vloeibaar	
Verdampen		Gas
	Gas	Vloeibaar
Rijpen		
	Vast	Gas
Smelten		

3 Van der Waalskracht

De kracht waarmee moleculen elkaar aantrekken is genoemd naar de Nederlandse natuurkundige van der Waals die deze kracht voor het eerst nauwkeurig bepaalde. Vanderwaalskracht ontstaat doordat de verdeling van de elektronen verandert als moleculen elkaar dicht naderen. Resultaat van deze veranderde ladingsverdeling is dat er een elektrische aantrekkingskracht ontstaat, ook al zijn de moleculen op zich niet geladen. Leg uit:

- Waarom vanderwaalskrachten in gassen verwaarloosbaar klein zijn.
- Waarom stoffen met een lage molecuulmassa (meestal) een laag kookpunt hebben.
- Waarom vanderwaalskrachten tussen verschillende molecuulsoorten (adhesie) anders zijn dan tussen moleculen van dezelfde soort (cohesie).

4 Welke fase?

Bepaal van elk van onderstaande stoffen in welke fase ze zich bevinden.

- IJzer bij 1230 K.
- Zuurstof bij $-182\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Aluminium bij 34 K.
- Ethanol (Alcohol) bij $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5 Brownse beweging

Tot in de 20e eeuw waren wetenschappers er niet van overtuigd dat materie uit moleculen was opgebouwd. Moleculen waren immers nog nooit direct waargenomen. Vandaar dat hardnekkig werd vastgehouden aan de term molecuultheorie.

- Leg in je eigen woorden uit wat een theorie is.
- De Schotse plantkundige Robert Brown ontdekte in 1827 onder de microscoop dat stuifmeelkorrels in vloeistof een grillige beweging uitvoeren. Het lijkt alsof ze op willekeurige momenten telkens een zetje in een willekeurige beweging krijgen. Leg uit dat

deze beweging goed verklaard kan worden met de molecuultheorie.

6 Molecuultheorie

Probeer onderstaande verschijnselen met de molecuultheorie te verklaren.

- Wanneer inkt voorzichtig in een bekeerglas water gedruppeld wordt zal de inkt zich na verloop van tijd spontaan verdelen door het water.
- Wanneer aan één kant van het lokaal de gaskraan even opgedraaid wordt, duurt het even voordat aan de andere kant van het lokaal de gaslucht geroken wordt.
- Beide bovengenoemde processen vinden bij hogere temperatuur sneller plaats dan bij lagere temperatuur.

7 Atomen & moleculen

Hieronder staan een aantal uitspraken over atomen en moleculen. Bepaal van elke uitspraak of het over moleculen of over atomen gaat.

	Atoom	Molecuul
Naam afgeleid van het Grieks voor "ondeelbaar"		
Naam afgeleid van het Latijn voor "kleine hoeveelheid"		
Bestaat uit een kern met daaromheen elektronen		
Ontleedt bij hoge temperatuur		
Zijn de bouwstenen van moleculen		
Zijn opgebouwd uit atomen		
Bestaan vrijwel oneindig veel soorten van		
Bestaan iets meer dan 100 soorten van		

8 Plasma

Wanneer je een stof in de gasfase nog verder verhit zal de stof eerst ontleden in afzonderlijke atomen. Wanneer nog verder verhit wordt treedt op een gegeven moment plasmavorming op: de elektronen komen los van de atomen waar ze bij hoorde.

- Een plasma geleidt elektriciteit, in tegenstelling tot een gewoon gas.
Leg uit hoe dit kan.
- Plasma wordt ook wel "de vierde fase" genoemd. Leg deze naam uit.
- In tegenstelling tot andere faseovergangen, is de overgang van gas naar plasma geleidelijk en niet abrupt bij één overgangstemperatuur. Leg uit hoe dit komt.

9 Massa

In deze opgave is de temperatuur steeds 293 K en is de druk gelijk aan de standaarddruk.

Bepaal aan de hand van de dichtheid de massa van onderstaande hoeveelheden stof.

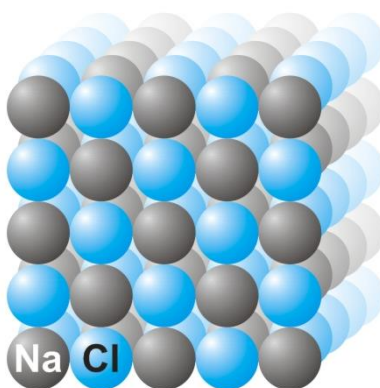
- 1,0 liter ethanol.

- b Lucht in een kamer van 3,0 x 4,0 x 3,0 m.
- c Een messing cilinder met een diameter van 7,0 cm en een hoogte van 6,5 cm.
- d Een koper bol met een diameter van 21 cm.

10 Kristalrooster

In gewoon keukenzout zitten natrium- en chlooratomen om en om gerangschikt in een zogenaamd kubisch rooster (zie afbeelding hieronder).

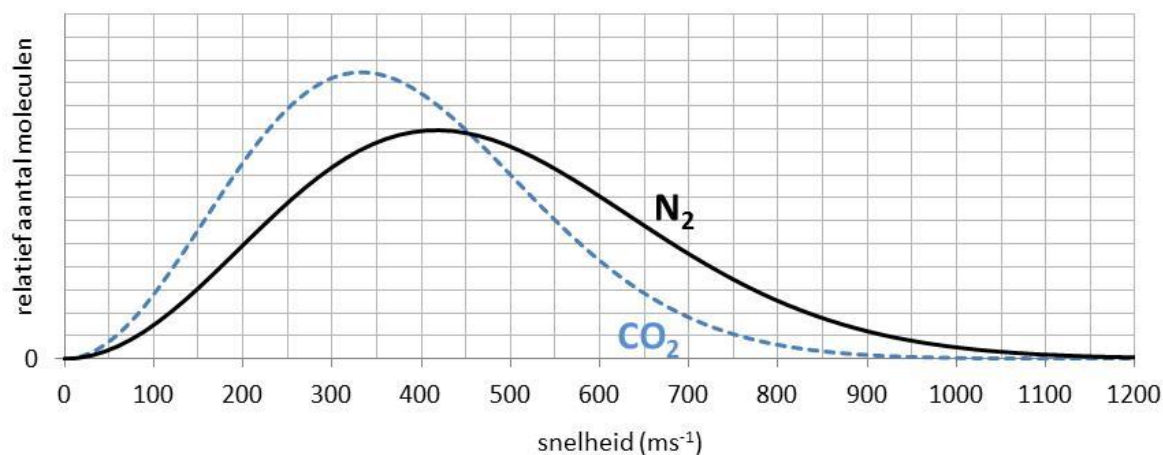
- a Bereken de massa van een kubusvormige zoutkristalletje van $1,0 \text{ mm}^3$. Bereken hiervoor eerst het volume en zoek de dichtheid van keukenzout op in BINAS tabel 10A.
- b Bereken hoeveel atomen zich in totaal in het zoutkristal bevinden. In het kristal bevinden zich evenveel natrium als chlooratomen. De atoommassa's van natrium en chloor zijn te vinden in BINAS tabel 99.
- c Bereken hoeveel atomen zich op een rijtje bevinden langs één van ribben. (Hint je hebt hiervoor een derdemachtswortel nodig).
- d Bereken afstand die ieder atoom inneemt in het kristalrooster.



11 Temperatuur

Temperatuur is een maat voor de snelheid van de moleculen. Preciezer gezegd: De gemiddelde kinetische energie van de moleculen is recht evenredig met de temperatuur in Kelvin. In de grafiek hieronder staat de snelheidsverdeling van N_2 (stikstof) moleculen in lucht bij een temperatuur van 293 K. Horizontaal staat de grootte van de snelheid en verticaal het relatieve aantal moleculen dat met deze snelheid beweegt.

- a De gemiddelde *grootte van de* snelheid in een gas is afhankelijk van de temperatuur maar de gemiddelde snelheid is 0 ms^{-1} . Leg uit waarom.
- b Leg uit hoe de grafiek zou veranderen als de temperatuur hoger zou worden.
- c De stippellijn geeft de snelheidsverdeling van CO_2 (kooldioxide) moleculen die ook in lucht voorkomen bij dezelfde temperatuur (293 K). Leg uit hoe het kan dat deze gemiddeld minder snel bewegen terwijl de temperatuur hetzelfde is.



12 Warmte & temperatuur

Hieronder staan een aantal beschrijvingen van termen die met warmte en temperatuur te maken hebben. Geef bij elke beschrijving aan welke term hierbij hoort.

Kies uit: *Kelvin, °Celsius, Calorie, Q, calorimeter, Joule, absoluut nulpunt en warmte*

	Beschrijving
	Temperatuur waarbij moleculen stil staan
	Eenheid van temperatuur in het dagelijks leven
	SI eenheid van warmte
	Symbool van warmte
	Oude eenheid van warmte
	SI eenheid van temperatuur
	Geïsoleerd bakje
	Energie nodig om iets te verwarmen

13 Warmtetransport

- Noem de 3 manieren van waarop warmte zich kan verplaatsen. Geef bij elk van de drie manieren van warmtetransport een korte beschrijving en een voorbeeld.
- In een thermosfles worden alle soorten warmtetransport zoveel mogelijk tegengegaan. Beschrijf voor elk van de 3 manieren van warmtetransport hoe dit gebeurt.
- Ook in een woonhuis wil je in de winter warmtetransport naar buiten zoveel mogelijk tegengaan. Beschrijf voor elk van de 3 manieren van warmtetransport een isolatiemaatregel.

14 Koelkast

De hoeveelheid warmte die een materiaal per seconde geleidt hangt af van het soort materiaal, het contactoppervlak, het temperatuurverschil tussen beide kanten van het materiaal en de dikte van het materiaal volgens onderstaande formule. De *warmtegeleidingscoëfficiënt* is een materiaalconstante die terug te vinden is in BINAS tabel 10.

Een koelkast van 95 cm x 60 cm x 60 cm is van binnen geïsoleerd met een laag EPS piepschuim met een gemiddelde dikte van 1,75 cm.

- Bereken het totale buitenoppervlak van de koelkast.
- In de keuken waar de koelkast staat is het 18 °C. Binnen in de koelkast wordt de temperatuur op 6,0 °C gehouden. Bereken hoeveel warmte er per seconde van buiten de koelkast binnen komt. Ga er hierbij vanuit dat er alleen sprake is van geleiding door de wanden.
- De koelkast heeft een koelvermogen van 312 W. Dit wil zeggen dat als de koelpomp aan staat er 312 Joules warmte per seconde uit de koelkast weggehaald wordt en aan de buitenlucht wordt afgegeven. Bereken hoeveel % van de tijd de koelpomp aan moet staan om de temperatuur in de koelkast op 6,0°C te houden.
- Leg uit dat een koelkast minder energie verbruikt naarmate de ruimte waarin deze staat kouder is.

$$P = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}$$

P = warmtetransport (Js^{-1})

λ = warmtegeleidingscoëfficiënt ($\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)

A = oppervlak (m^2)

ΔT = temperatuurverschil (K)

d = dikte (m)

15 Geleiding in metalen

Gebruik bij deze opgave BINAS tabel 8

Metalen zijn goede warmtegeleiders. Dit komt omdat in metalen, in tegenstelling tot andere stoffen, *vrije elektronen* aanwezig zijn die niet aan een atoom gebonden zijn maar vrij door het materiaal kunnen bewegen. Door deze vrije elektronen, ook wel *geleidingselectronen* genoemd, kan warmte snel van de ene kant van een voorwerp naar de andere kant worden doorgegeven.

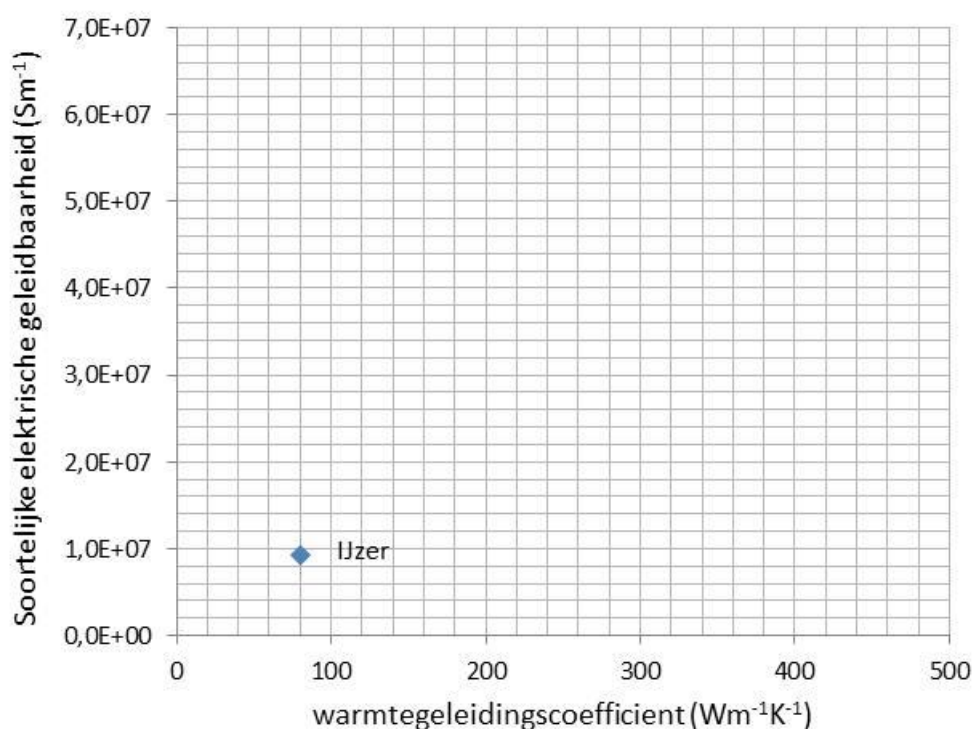
- In BINAS tabel 8 zien we dat de warmtegeleidingscoëfficiënt van ijzer $0,804 \cdot 10^5 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ is. Ga na dat de warmtegeleidingscoëfficiënt van ijzer veel hoger is dan die van niet-metalen.
- Een andere stofeigenschap is de elektrische geleidbaarheid. De soortelijke elektrische geleidbaarheid is een getal dat weergeeft hoe goed een bepaalde stof elektrische stroom geleidt. Symbool: σ , eenheid Sm^{-1} (Siemens per meter). Soortelijke elektrische geleidbaarheid staat niet in BINAS maar kan wel eenvoudig berekend worden uit de

soortelijke weerstand (ρ) die wél in BINAS staat met onderstaande formule. Laat met een berekening zien dat de soortelijke elektrische geleidbaarheid van ijzer $9,52 \cdot 10^6 \text{ Sm}^{-1}$ is.

- c In deze opgave gaan we na of er bij metalen een verband bestaat tussen geleiding van warmte en geleiding van elektriciteit. We doen dit door de twee grootheden tegen elkaar uit te zetten. In de grafiek hieronder staat horizontaal de warmtegeleidingscoëfficiënt en verticaal de soortelijke elektrische geleidbaarheid (σ). IJzer staat al in de grafiek. Maak de grafiek af door ook voor *aluminium*, *koper*, *lood* en *zilver* de punten te tekenen.
- d Als het goed is zie je in de grafiek een duidelijk verband tussen de elektrische geleidbaarheid en warmtegeleiding. Geef een verklaring voor dit verband.

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

σ = Soortelijke elektrische geleidbaarheid (Sm^{-1})
 ρ = Soortelijke weerstand (Ωm)



16 Opwarmen

Bereken hoeveel warmte er toegevoerd moet worden in elk van onderstaande processen. De begintemperatuur is telkens 20°C .

- Het opwarmen tot 100°C van een pan waarbij het opwarmen 450 J per $^\circ\text{C}$ kost.
- Het aan de kook brengen van 500 ml water.
- Het aan de kook brengen van 500 ml melk in bovenstaande pan.

17 Welke stof

Een blokje van 2,5 x 2,5 x 2,5 cm met een massa van 14,3 g van een bepaalde zuivere stof wordt opgewarmd van -30 °C tot -15 °C. Hiervoor blijkt 472 J aan warmte nodig te zijn.

- Bepaal de dichtheid van de stof.
- Bepaal de soortelijke warmte van de stof.
- Bepaal aan de hand van BINAS tabel 10A om welke stof het hier gaat.
- Hoeveel energie is er nodig om het blokje verder in temperatuur te laten stijgen tot 0 °C?
- Om het blokje nóg 15 °C verder in temperatuur te laten stijgen blijkt opeens veel meer energie nodig te zijn. Geef hiervoor twee verklaringen.

18 Geiser

Een gasgeiser kan per minuut 24 liter warm water met een temperatuur van 55 °C leveren. Het toevoerwater heeft een temperatuur van 15 °C.

- Bereken hoeveel warmte het verwarmen van 1,0 L water van 15 °C naar 55 °C kost.
- Bereken het vermogen van de geiser.
- Een manier om heter water uit de geiser te krijgen is door de kraan minder ver open te draaien. Bereken de watertemperatuur als de kraan zover wordt dicht gedraaid dat nog maar 12 liter water per minuut uit de kraan komt. Je mag er hierbij vanuit gaan dat het door de gasgeiser geleverde vermogen gelijk blijft.

19 Soortelijke warmte

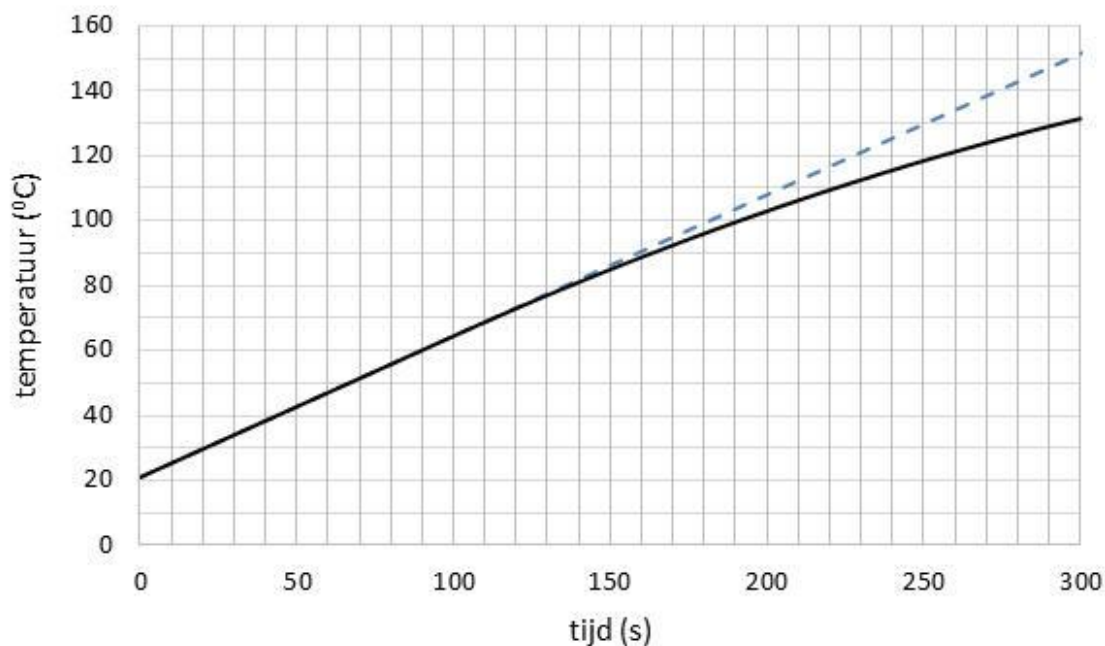
In BINAS tabel 8 staat voor verschillende metalen de soortelijke warmte.

- Leg in je eigen woorden uit wat soortelijke warmte betekent.
- Bij metalen geldt over het algemeen: Hoe groter de dichtheid, hoe kleiner de soortelijke warmte. Ga dit na aan de hand van BINAS tabel 8. Vergelijk hiervoor de soortelijke warmte van een aantal metalen met hoge en lage dichtheid met elkaar.
- Soortelijke warmte hangt samen met het aantal atomen. Temperatuur is namelijk een maat voor gemiddelde bewegingsenergie per atoom en warmte is de energie die nodig is om de temperatuur te verhogen. Hoe meer atomen er aanwezig zijn hoe meer energie er nodig is om al deze atomen van bewegingsenergie te voorzien. Leg uit hoe dit een verklaring kan zijn voor het feit dat metalen met een grotere dichtheid een lagere soortelijke warmte hebben.

20 Friteuse

Een friteuse bestaat uit een geïsoleerde pan met daarin een verwarmingselement. Het elektrisch vermogen van de friteuse bedraagt 1500 W. Het opwarmen van de (lege) friteuse kost 900 J per graad temperatuurstijging. De friteuse wordt gevuld met 1,5 kg vloeibare frituurolie en aangezet. In de grafiek onder deze opgave staat het verloop van de temperatuur (doorgetrokken lijn).

- a Leg uit waarom de grafiek bij hoger wordende temperatuur afwijkt van een rechte lijn.
- b Bepaal aan de hand van de grafiek de soortelijke warmte van de gebruikte frituurolie. Je mag er hierbij vanuit gaan dat de eerste 100 seconde het warmteverlies verwaarloosbaar is en dat de pan en de olie steeds dezelfde temperatuur hebben.
- c Bepaal de hoeveelheid weggelekte warmte tussen $t = 0$ en $t = 300$ s.



21 Hoefijzer

Een smid koelt een ijzeren hoefijzer in een bak koelwater na het smeden. Het roodgloeiende hoefijzer heeft een massa van 700 g, is gemaakt van ijzer en heeft een temperatuur van 890 °C. De koelwaterbak bevat 5,0 L water met een temperatuur van 25 °C. Doordat het koelwater de warmte van het hoefijzer overneemt, daalt de temperatuur van het hoefijzer en stijgt de temperatuur van het koelwater. Uiteindelijk ontstaat er een evenwicht als de temperatuur van het hoefijzer en koelwater gelijk zijn.

Voor de warmteafgifte van het hoefijzer en de warmteopname van het koelwater gelden onderstaande formules. Aangezien de door het ijzer afgegeven warmte opgenomen wordt door het water geldt $Q_{\text{ijzer}} = Q_{\text{water}}$. Bereken wat de eindtemperatuur wordt die het hoefijzer en het koelwater uiteindelijk bereiken.

Aanwijzing: $\Delta T_{\text{ijzer}} = (890 - T_{\text{eind}})$ en $\Delta T_{\text{water}} = (T_{\text{eind}} - 25)$.

$$Q_{\text{ijzer}} = c_{\text{ijzer}} \cdot m_{\text{hoefijzer}} \cdot \Delta T_{\text{ijzer}}$$

$$Q_{\text{water}} = c_{\text{water}} \cdot m_{\text{water}} \cdot \Delta T_{\text{water}}$$

Q = warmteopname/-afgifte (J)

c = soortelijke warmte ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

m = massa (kg)

ΔT = temperatuurverschil (K of °C)

22 Mechanische spanning

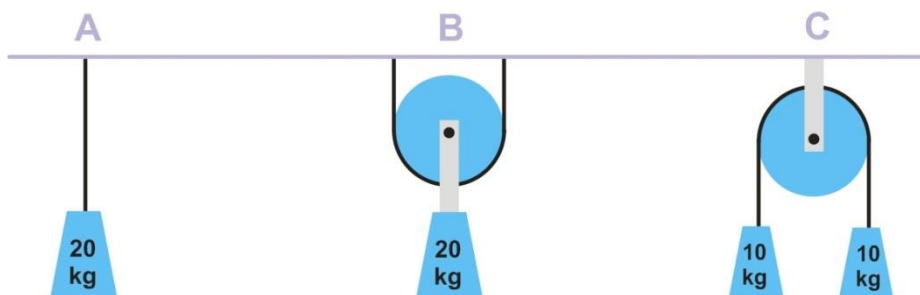
Wanneer op een vaste stof een kracht uitgeoefend wordt ontstaat in het voorwerp een mechanische spanning. De grootte van de mechanische spanning wordt bepaald door de uitgeoefende kracht in verhouding tot de doorsnede van het voorwerp. Hoe groter de mechanische spanning hoe groter het mogelijk effect.

- Zoek in BINAS tabel 35-A6 de formule voor treksterkte (mechanische spanning) op.
- De grootte F die in de formule voorkomt staat voor de uitgeoefende kracht. De grootte A die in deze formule voorkomt is de oppervlak van de doorsnede van het voorwerp. Beredeneer op grond van de formule wat de eenheid van spanning is.
- Op een balk van 20 x 40 cm met een totale lengte van 3,00 m wordt in de lengterichting een kracht uitgeoefend (zie figuur hieronder). Laat zien dat de dwarsdoorsnede in dit geval $0,080 \text{ m}^2$ bedraagt.
- Bereken de mechanische spanning die in de balk ontstaat als er met een kracht van 200 N wordt geduwd.



23 Spankracht

Wanneer via een draad spankracht wordt uitgeoefend ontstaat in de draad een mechanische spanning. Bereken de mechanische spanning in de draad in elk van onderstaande gevallen. De draad heeft een diameter van 4,0 mm.

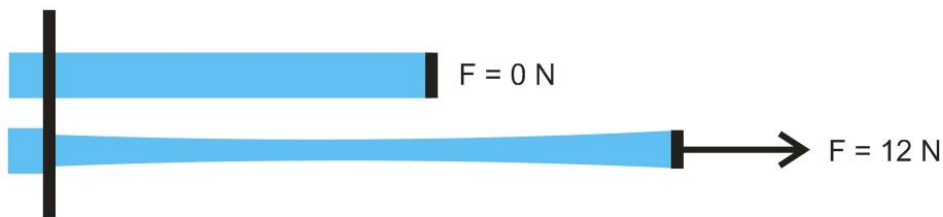


24 Plastic

Een reep flexibel plastic heeft een lengte van 14 cm, een breedte van 1,7 cm en een dikte

van 1,0 mm als er geen kracht op wordt uitgeoefend. Wanneer er met een kracht van 12 N aan het plastic getrokken wordt, rekt het uit tot een lengte van 23 cm (zie afbeelding hieronder). In uitgerekte toestand heeft het plastic op het smalste stuk (in het midden) een breedte van 8,5 mm en een dikte van 0,50 mm.

- Bereken de mechanische spanning in het midden van het plastic in uitgerekt toestand.
- De mechanische spanning in het plastic is niet constant over de hele lengte van het elastiek. Beredeneer waarom de spanning varieert.
- Als de trekkracht groter gemaakt wordt zal het plastic op een gegeven moment breken. Leg uit waarom het plastic op het smalste punt zal breken.



25 Rek

Wanneer op een voorwerp kracht wordt uitgeoefend ontstaat in het voorwerp een mechanische spanning. Een van de gevolgen van mechanische spanning is dat een voorwerp kan uitrekken. Dit wordt uitgedrukt in het begrip *relatieve rek*. Zoek in BINAS tabel 35-A6 de formule voor relatieve rek op en bereken in elk van onderstaande situaties de relatieve rek.

- Een elastiekje van 7,0 cm wordt uitgerekt tot 24 cm.
- Een stalen liftkabel met een totale lengte van 45 m rekt 2,0 mm uit als er iemand in de liftkooi stapt.
- Een voorwerp wordt 12% van zijn eigen lengte langer als er kracht wordt uitgeoefend.

26 Uitzetting

Behalve door een kracht kan een voorwerp ook langer worden door een temperatuurstijging. We spreken in dit geval niet over rek maar over *uitzetting*. De meeste materialen zetten uit bij hogere temperatuur. De mate waarin een materiaal uitzet hangt af van het soort materiaal volgens onderstaande formule. De lineaire uitzettingscoëfficiënt die in de formule voorkomt is te vinden in BINAS tabellen 8 t/m 10.

- Verklaar met de molecuultheorie waarom materialen uitzetten bij hogere temperatuur.
- Bij het leggen van treinrails wordt bij het plaatsen van elke rail steeds een kleine ruimte opengelaten voordat de volgende rail gelegd wordt. Zo kan de rail in de zomer bij grote hitte uitzetten zonder dat de rails vervormen. Bij het bouwen van een spoorlijn worden roestvrijstalen rails gebruikt met een lengte van 25,0000 m (bij 293 K). Tussen de rails wordt steeds een tussenruimte van 6,0 mm opengelaten. Bereken de maximale temperatuur die de treinrails aankunnen voordat er krachten op de rail gaan werken.
- Nadeel van een ruimte tussen de rails is het lawaai wat de treinwielen maken bij iedere

tussenruimte (De methode wordt om deze reden ook nauwelijks meer toegepast). Leg uit waarom dit lawaai in de winter sterker is dan in de zomer.

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

ΔL = lengtetoename (m)

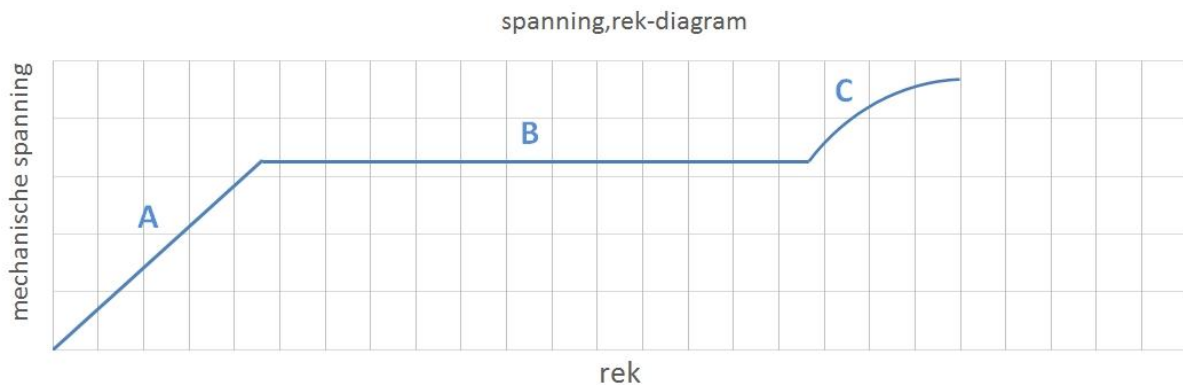
L_0 = beginlengte (m)

α = lineaire uitzettingscoëfficiënt (K^{-1})

ΔT = temperatuurverschil (K of $^{\circ}C$)

27 Spanning,rek-diagram

Bij materialen die in de bouw of constructie worden gebruikt is het belangrijk om te weten hoe sterk ze zijn. Dit wordt onderzocht in zogenaamde trekproeven: Het te onderzoeken materiaal wordt vastgeklemd waarna de lengte bij toenemende kracht wordt gemeten. De resultaten van zo'n onderzoek worden gewoonlijk vastgelegd in een *spanning,rek-diagram*, soms ook wel *trekdiagram* genoemd. In een spanning,rek-diagram zijn drie fasen te onderscheiden, in onderstaande afbeelding weergegeven als A, B, en C. Beschrijf elk van de drie fasen en leg uit wat er met het materiaal gebeurt.



28 Elasticiteitsmodulus

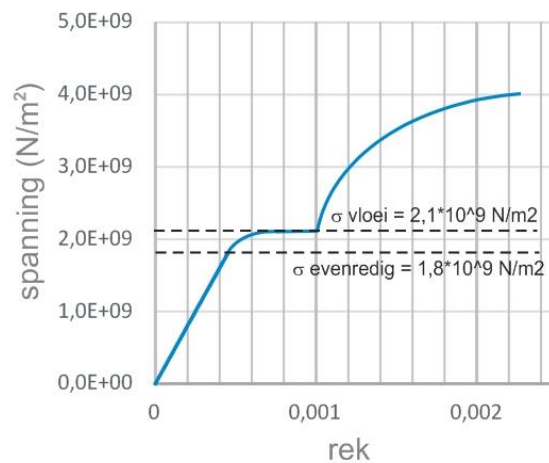
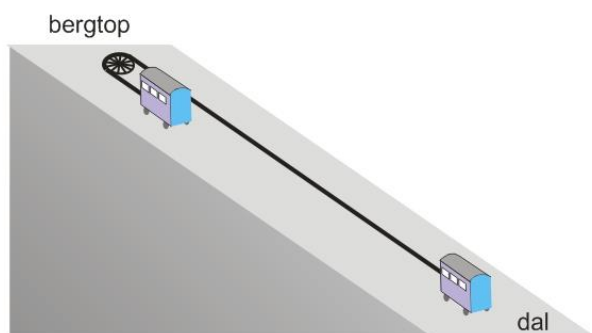
De *elasticiteitsmodulus*, soms kortweg *elasticiteit* genoemd, is een getal wat de rekbaarheid van een stof aangeeft in de elastische fase. Een materiaal met een grote elasticiteitsmodulus rekt nauwelijks uit als er mechanische spanning opgezet wordt. Een materiaal met een lage elasticiteitsmodulus rekt makkelijk uit.

- Wat voor soort verband bestaat er tussen spanning en rek? Zoek hiervoor eerst in BINAS tabel 35-A6 de formule voor de elasticiteitsmodulus op.
- Waarom is elasticiteit alleen in de elastische fase van belang?
- Bereken of de elasticiteitsmodulus van rubber hoger of een lager is dan die van eikenhout. Controleer je antwoord in BINAS tabel 10A.
- Een metaaldraad vertoont bij een mechanische spanning van $1,8 \cdot 10^6 \text{ Nm}^{-2}$ een rek van $2,34 \cdot 10^{-5}$. Bepaal aan de hand van BINAS tabel 8 welk metaal dit is.
- Bereken hoeveel spanning er nodig is om het metaaldraad uit de vorige vraag 0,025% in lengte te laten toenemen.

29 Kabeltrein

In bergachtige gebieden wordt het vervoer bergop en bergaf soms verzorgd met een kabeltrein. Zie schematische afbeelding hieronder links: Twee wagons zijn met een lange kabel met elkaar verbonden. Deze kabel loopt boven op de berg over een grote katrol. Op deze manier draagt de zwaartekracht van de naar beneden gaande wagon bij aan het omhoogtrekken van de omhooggaande wagon. Het is voor de veiligheid cruciaal dat de kabel stevig genoeg is.

- De kabel van een kabeltrein is 450 m lang en heeft een dikte van 2,8 cm. Bereken de oppervlakte van de doorsnede van de kabel.
- Hieronder staat het rek-trekdiagram van een kabel van hetzelfde materiaal en met dezelfde doorsnede. Waarom is deze test niet uitgevoerd op de echte kabel die in de kabeltrein gebruikt wordt?
- Uit het diagram blijkt dat de maximale toegestane lengteverandering 20 cm bedraagt. Een grotere uitrekking kan potentieel gevaarlijk zijn. Leg uit hoe dit uit het diagram blijkt.
- Bepaal de elasticiteitsmodulus van de kabel uit het diagram.
- Als de lege wagons aan de kabel hangen zorgen ze voor een spankracht van $2,2 \cdot 10^4$ N in de kabel. Bereken hoeveel de kabel uitrekt op het moment dat alleen de lege wagons aan de kabel hangen.
- Op een drukke dag zit één van de wagons vol. De wagon weegt in totaal 12000 kg. Laat met een berekening zien dat dit geen gevaar oplevert. Ga er hierbij van uit dat elke kg massa zorgt voor 3,2 N spankracht in de kabel.



ANTWOORDEN VAN DE REKENOPGAVEN

Uitwerkingen en uitleg van alle opgaven zijn te vinden op natuurkundeuitgelegd.nl/uitwerkingen

9 Massa

- a 0,80 kg
- b 47 kg
- c 2,1 kg
- d 43 kg

10 Kristalrooster

- a $2,2 \cdot 10^{-6}$ kg
- b $4,6 \cdot 10^{19}$
- c $3,6 \cdot 10^6$
- d $2,8 \cdot 10^{-10}$ m

14 Koelkast

- a $3,00 \text{ m}^2$
- b 72 J
- c 23 %

16 Opwarmen

- a 36 kJ
- b $1,7 \cdot 10^5$ J
- c $2,0 \cdot 10^5$ J

17 Welke stof

- a $0,92 \cdot 10^2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- b $2,2 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- c ijs
- d 472 J

18 Geiser

- a $1,7 \cdot 10^5$ J
- b $6,7 \cdot 10^4$ W
- c $95 \text{ }^\circ\text{C}$

20 Friteuse

- b $1,7 \cdot 10^3 \text{ Jkg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- c 66 kJ

21 Hoefijzer

- a $38 \text{ }^\circ\text{C}$

22 Mech. spanning

- b Nm^{-2}
- d $2,5 \cdot 10^3 \text{ Nm}^{-2}$

23 Spankracht

- a $1,6 \cdot 10^7 \text{ Nm}^{-2}$
- b $7,8 \cdot 10^6 \text{ Nm}^{-2}$
- c $7,8 \cdot 10^6 \text{ Nm}^{-2}$

24 Plastic

- a $2,8 \cdot 10^6 \text{ Nm}^{-2}$

25 Rek

- a 2,4
- b 0,12
- c $4,4 \cdot 10^{-5}$

26 Uitzetten

- b $44 \text{ }^\circ\text{C} / 317 \text{ K}$

28 Elasticiteit

- d zilver
- e $1,9 \cdot 10^7 \text{ Nm}^{-2}$

29 Kabeltrein

- a $6,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
- d 4,0 m