βètales

www.betales.nl

Hoofdstuk 7
Stoffen en materialen

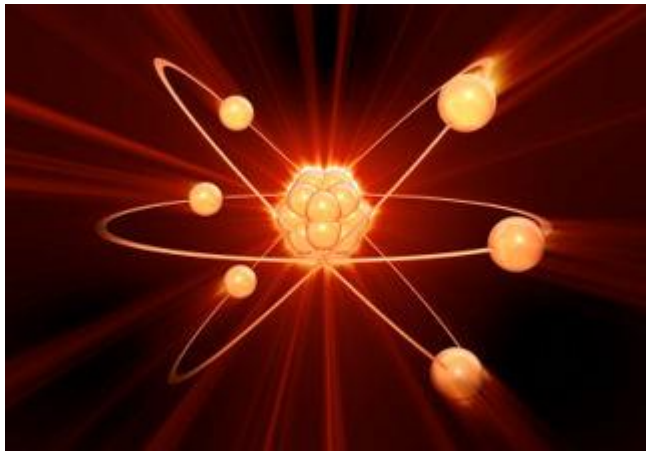
Gemaakt als toevoeging op methode “Natuurkunde Overal”

βètales
www.betales.nl

7.1 Fasen en dichtheid

Een stukje scheikunde

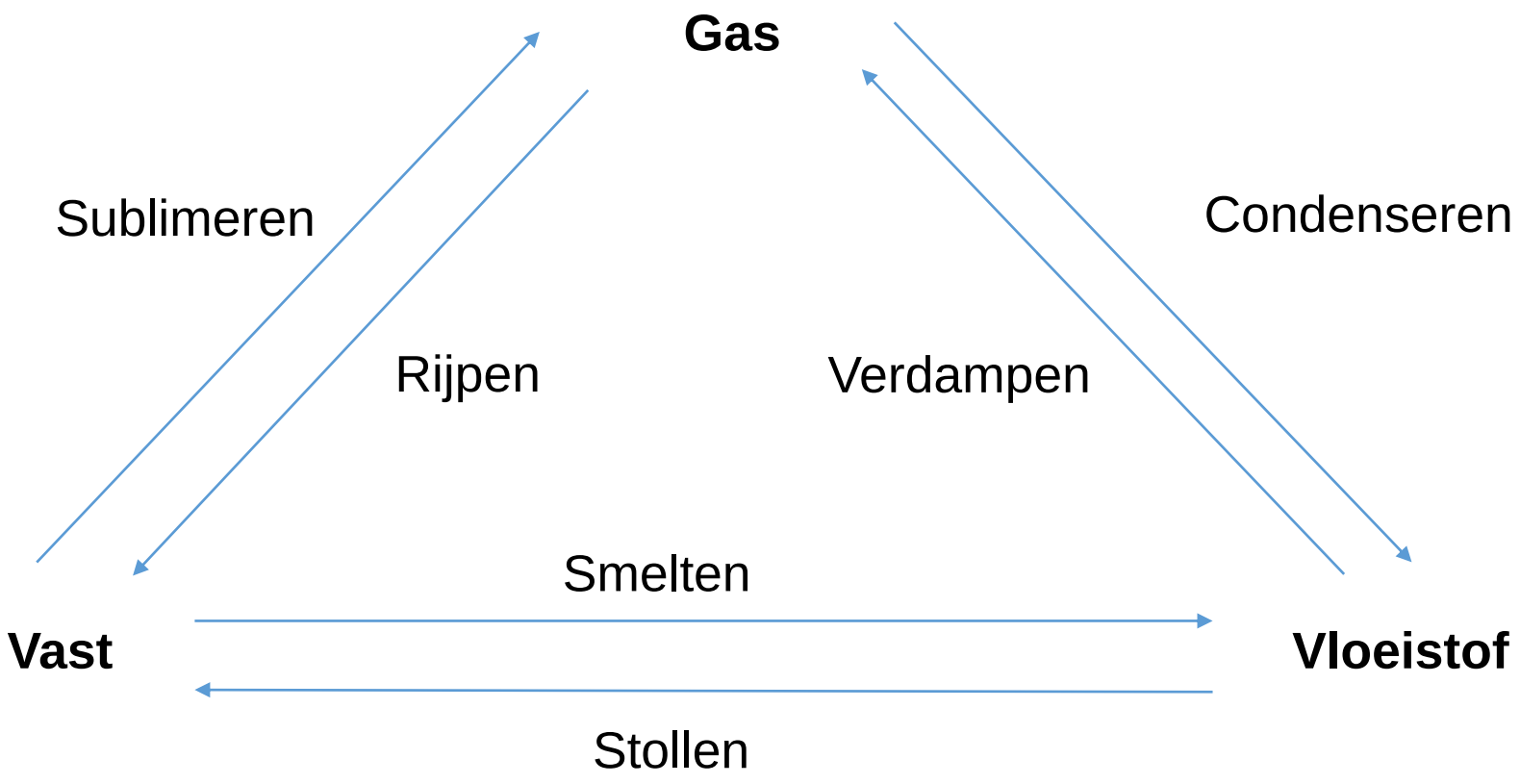
1. Intermoleculaire ruimte
2. Hogere temperatuur, hogere snelheid
3. Alle deeltjes trekken elkaar aan



atomen

βètales
www.betales.nl

Faseovergangen



βètales
www.betales.nl

Dichtheid

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Met:
m de massa in kg
V het volume in m^3
ρ de dichtheid in ???

Eenhedenbeschouwing

$$[\rho] = \frac{[m]}{[V]} = \frac{kg}{m^3}$$

βètales
www.betales.nl

Rekenvoorbeeld dichtheid

Bereken de dichtheid in kg/m³ bij een massa van 24g en een volume van 3cc.

Onbekende eenheden?
➔ BINAS

βètales
www.betales.nl

Rekenvoorbeeld dichtheid

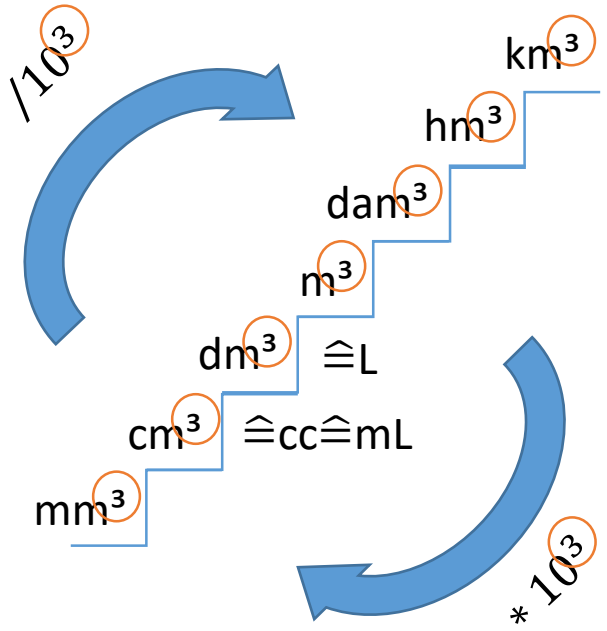
Bereken de dichtheid in kg/m³ bij een massa van 24g en een volume van 3cc.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = 24g \ = 24 \cdot 10^{-3} kg$$
$$V = 3cc \ \ \widehat{=} \ 3cm^3 \ \ = 3 \cdot 10^{-6} m^3$$

$$\rho = \frac{24 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{-6}} \ = \frac{24 \cdot \cancel{10^{-3}}}{3 \cdot 10^{-3} \cdot \cancel{10^{-3}}} = \frac{24}{3} \cdot \frac{1}{10^{-3}} \ = 8 \cdot 10^3 \ kg/m^3$$

Controleer op het einde altijd:
- **Significantie**
- **Eenheid**



βètales
www.betales.nl

Rekenvoorbeeld blokjes

We hebben de volgende 3 blokjes:

A) met massa 80g en ribbe van 4cm
B) met massa van 100g en ribbe van 5cm en
C) met massa 120g en ribbe van 6cm.

a) Beredeneer welk blokje de kleinste dichtheid heeft.
b) Een van de blokjes zinkt in water. Beredeneer welke dat is.

βètales
www.betales.nl

Rekenvoorbeeld blokjes

We hebben de volgende 3 blokjes:

A) met massa 80g en ribbe van 4cm
B) met massa van 100g en ribbe van 5cm en
C) met massa 120g en ribbe van 6cm.

a) Beredeneer welk blokje de kleinste dichtheid heeft.

Beredeneer is niet hetzelfde als bereken!

De massa van A naar B wordt 1,25 keer zo groot.
Het volume van A naar B wordt 2,0 keer zo groot.
Dus wordt de dichtheid van B ~~*groter*~~*/kleiner* dan A.

$$2 \approx 1,25^3$$

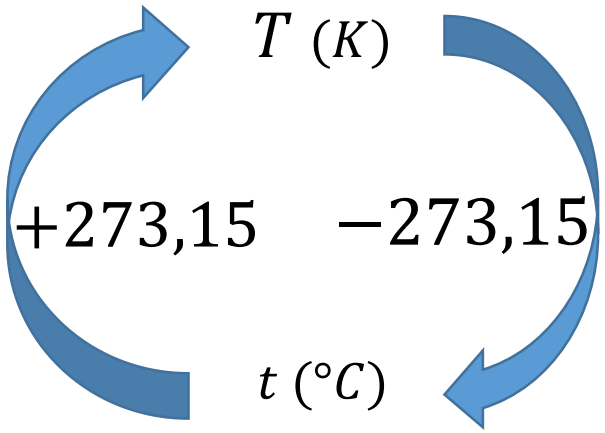
De massa van B naar C wordt 1,20 keer zo groot.
Het volume van B naar C wordt 1,7… keer zo groot.
Dus wordt de dichtheid van C ~~*groter*~~*/kleiner* dan B.

$$1,7 \approx 1,20^3$$

Dus blokje C heeft de kleinste dichtheid.

βètales
www.betales.nl

7.2 Warmte



<u>Absolute temperatuur en warmte</u>

$[T] = K$

$T_{Kelvin} = T_{Celcius} + 273{,}15$

WBE: $\sum E_{voor} = \sum E_{na}$

$Q_{in} = Q_{uit}$

$Q_{op} = Q_{af}$

Met:

Q_{op} de hoeveelheid warmte **op**genomen door het koude voorwerp.

Q_{af} de hoeveelheid warmte **af**gegeven door het warme voorwerp.

βètales
www.betales.nl

Warmte voor vloeistoffen

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

Met:
Q de benodigde hoeveelheid warmte in Joule (J)
c de soortelijke warmte in joule per kilogram per kelvin ($J/(kg \cdot K)$)
m de massa van de op te warmen stof in kilogram (kg)
ΔT het (absolute) temperatuurverschil in Kelvin (K)

Warmte voor faseovergangen

$$Q = r_{smelt} \cdot m \; of \; Q = r_{verdamp} \cdot m$$

Met:
Q de benodigde hoeveelheid warmte in Joule (J)
r_{smelt} de smeltwarmte in joule per kilogram (J/kg)
$r_{verdamp}$ de verdampingswarmte in joule per kilogram (J/kg)
m de massa van de op te warmen stof in kilogram (kg)

Extra voor
D-opgave

βètales
www.betales.nl

Rekenvoorbeeld warmte

Dhr. Fruit gaat onderzoek 10 dagen onderzoek doen op de Noordpool naar de biodiversiteit van 38 verschillende diersoorten en 12 verschillende plantensoorten. De gemiddelde temperatuur op de Noordpool is $-40°C$.
Om te overleven heeft hij water nodig. Hiervoor verwarmt hij per dag 2,0L zoet water van $5°C$ tot $55°C$ om legionella besmetting te voorkomen. Hij neemt gasflessen mee van 1,0L, welke hij op een kookstel gebruikt met een rendement van 65%. Het gas in de flessen is aardgas.

a) Bereken hoeveel gasflessen dhr. Fruit moet meenemen.

Tip:
Bedenk dat je het volgende nodig hebt:

- Bereken de hoeveelheid warmte die nodig is
- Bereken de hoeveelheid warmte die één fles kan leveren
- Bereken het aantal flessen

βètales
www.betales.nl

Rekenvoorbeeld warmte

Dhr. Fruit gaat onderzoek 10 dagen onderzoek doen op de Noordpool naar de biodiversiteit van 38 verschillende diersoorten en 12 verschillende plantensoorten. De gemiddelde temperatuur op de Noordpool is $-40°C$.
Om te overleven heeft hij water nodig. Hiervoor verwarmt hij per dag 2,0L zoet water van $5°C$ tot $56{,}5°C$ om legionella besmetting te voorkomen. Hij neemt gasflessen mee van 1,0L, welke hij op een kookstel gebruikt met een rendement van 65%. Het gas in de flessen is aardgas.

a) Bereken hoeveel gasflessen dhr. Fruit moet meenemen.

Onafgeronde getallen tot eindantwoord

$$Aantal\ flessen = \frac{E_{tot}}{E_{per\ fles\ gas}} = \frac{Q}{E_{per\ fles\ gas}} = \frac{4303984{,}78}{20{,}57 \cdot 10^3} \approx 209{,}23 \approx 2{,}1 \cdot 10^2 \text{flessen}$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

Met:

$c = 4{,}187 \cdot 10^3 Jkg^{-1}K^{-1}$

$m = \rho V = 0{,}998 \cdot 2{,}0 = 1{,}996kg$

$\Delta T = T_{eind} - T_{begin} = 56{,}5 - 5 = 51{,}5K$

$$E_{per\ fles\ gas} = r_v \cdot V \cdot \eta$$

Met:

$r_v = 31{,}65MJ/m^3 = 31{,}65 \cdot 10^3 J/dm^3$

$V = 1L \quad \widehat{=} \ 1dm^3$

$\eta = 0{,}65$

$E_{per\ fles\ gas} = 20572{,}5J$

$Q_{1dag} = c \cdot m \cdot \Delta T = 4{,}187 \cdot 10^3 \cdot 1{,}996 \cdot 51{,}5 = 430398{,}478J$

$Q_{10dagen} \approx 4303984{,}78J$

βètales
www.betales.nl

7.3 Warmtetransport

WBE: $\sum E_{voor} = \sum E_{na}$

$$Q_{in} = Q_{uit}$$

$$Q_{op} = Q_{af}$$

Met:
Q_{op} de hoeveelheid warmte **op**genomen door het koude voorwerp.
Q_{af} de hoeveelheid warmte **af**gegeven door het warme voorwerp.

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

Met:
P de warmtestroom in watt ($W = J/s$)
λ de warmtegeleidingscoëfficient in watt per meter per kelvin ($W/(m \cdot K)$)
A de oppervlakte in vierkante meter (m^2)
ΔT het temperatuurverschil in kelvin (K)
d de dikte in meter (m)

βètales
www.betales.nl

Rekenvoorbeeld warmtekruik

Bij blessures wordt vaak gebruik gemaakt van een warmtekruik, deze bestaat normaal uit een zak van 1,0kg houten bollen die in de magnetron worden opgewarmd. Het hout heeft een soortelijke warmte van $1{,}88 \cdot 10^3 Jkg^{-1}K^{-1}$.
De warmtekruik wordt in de magnetron opgewarmd tot $85°C$ en wordt vervolgens op de blessure plek neergelegd.
Neem aan dat de blessure plek een massa heeft van $2kg$, een temperatuur van $20°C$, een soortelijke warmte van $4{,}5 \cdot 10^3 Jkg^{-1}K^{-1}$ en dat alle warmte van de kruik wordt opgenomen door de blessure plek.

a) Bereken de temperatuur die de blessureplek kan krijgen.

In werkelijkheid wordt niet alle warmte door de blessureplek, maar gaat er 40% verloren aan de lucht.

b) Beredeneer of de eindtemperatuur nu hoger, lager of gelijk is aan het bij a) berekende antwoord.

c) Bereken nu de temperatuur die de blessureplek krijgt.

βètales
www.betales.nl

Rekenvoorbeeld warmtekruik

Bij blessures wordt vaak gebruik gemaakt van een warmtekruik, deze bestaat normaal uit een zak van 1,0kg houten bollen die in de magnetron worden opgewarmd. Het hout heeft een soortelijke warmte van $1{,}88 \cdot 10^3 Jkg^{-1}K^{-1}$.
De warmtekruik wordt in de magnetron opgewarmd tot $85°C$ en wordt vervolgens op de blessure plek neergelegd.
Neem aan dat de blessure plek een massa heeft van $2kg$, een temperatuur van $20°C$, een soortelijke warmte van $4{,}5 \cdot 10^3 Jkg^{-1}K^{-1}$ en dat alle warmte van de kruik wordt opgenomen door de blessure plek.

a) Bereken de temperatuur die de blessureplek kan krijgen.

$$m_{kruik} = 1kg$$

$$T_{kruik,begin} = 85°C$$

$$T_{kruik,eind} = T_{eind}$$

$$c_{kruik} = c_{hout} = 1{,}88 \cdot 10^3 Jkg^{-1}K^{-1}$$

$$m_{blessure} = 2kg$$

$$T_{blessure,begin} = 20°C$$

$$T_{blessure,eind} = T_{eind}$$

$$c_{blessure} = 4{,}5 \cdot 10^3 Jkg^{-1}K^{-1}$$

$$Q_{kruik} = cm\Delta T$$

$$Q_{blessure} = cm\Delta T$$

Let op, $\Delta T = T_{hoog} - T_{laag} > 0$

$$Q_{af} = Q_{op}$$

$$Q_{kruik} = Q_{blessure}$$

$$c_k m_k \Delta T_k = c_b m_b \Delta T_b$$

$$1{,}88 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot (85 - T_{eind}) = 4{,}5 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot (T_{eind} - 20)$$

$$1{,}88 \cdot 10^3 \cdot (85 - T_{eind}) = 9 \cdot 10^3 \cdot (T_{eind} - 20)$$

$$159{,}8 \cdot 10^3 - 1{,}88 \cdot 10^3 \cdot T_{eind} = 9 \cdot 10^3 \cdot T_{eind} - 180 \cdot 10^3$$

$$-9 \cdot 10^3 \cdot T_{eind} - 1{,}88 \cdot 10^3 \cdot T_{eind} = -159{,}8 \cdot 10^3 - 180 \cdot 10^3$$

$$-10{,}88 \cdot 10^3 \cdot T_{eind} = -339{,}8 \cdot 10^3$$

$$T_{eind} = -\frac{339{,}8}{-10{,}88} \approx 31{,}2°C \approx 31°C$$

βètales
www.betales.nl

Rekenvoorbeeld warmtekruik

Bij blessures wordt vaak gebruik gemaakt van een warmtekruik, deze bestaat normaal uit een zak van 1,0kg houten bollen die in de magnetron worden opgewarmd. Het hout heeft een soortelijke warmte van $1{,}88 \cdot 10^3 Jkg^{-1}K^{-1}$.
De warmtekruik wordt in de magnetron opgewarmd tot $85°C$ en wordt vervolgens op de blessure plek neergelegd.
Neem aan dat de blessure plek een massa heeft van $2kg$, een temperatuur van $20°C$, een soortelijke warmte van $4{,}5 \cdot 10^3 Jkg^{-1}K^{-1}$ en dat alle warmte van de kruik wordt opgenomen door de blessure plek.

c) In werkelijkheid wordt niet alle warmte door de blessureplek, maar gaat er 40% verloren aan de lucht. Bereken nu de temperatuur die de blessureplek krijgt.

$m_{kruik} = 1kg$

$T_{kruik,begin} = 85°C$

$T_{kruik,eind} = T_{eind}$

$c_{kruik} = c_{hout}$
$= 1{,}88 \cdot 10^3 Jkg^{-1}K^{-1}$

$m_{blessure} = 2kg$

$T_{blessure,begin} = 20°C$

$T_{blessure,eind} = T_{eind}$

$c_{blessure} = 4{,}5 \cdot 10^3 Jkg^{-1}K^{-1}$

$$Q_{kruik} = cm\Delta T$$

$$Q_{blessure} = cm\Delta T$$

$$Q_{af} = Q_{op}$$

$$Q_{kruik} = Q_{blessure}$$

$$c_k m_k \Delta T_k \cdot \eta = c_b m_b \Delta T_b$$

$$1{,}88 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot (85 - T_{eind}) \cdot 0{,}6 = 4{,}5 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot (T_{eind} - 20)$$

$$1{,}128 \cdot 10^3 \cdot (85 - T_{eind}) = 9 \cdot 10^3 \cdot (T_{eind} - 20)$$

$$95{,}88 \cdot 10^3 - 1{,}128 \cdot 10^3 \cdot T_{eind} = 9 \cdot 10^3 \cdot T_{eind} - 180 \cdot 10^3$$

$$-9 \cdot 10^3 \cdot T_{eind} - 1{,}128 \cdot 10^3 \cdot T_{eind} = -95{,}88 \cdot 10^3 - 180 \cdot 10^3$$

$$-10{,}128 \cdot 10^3 \cdot T_{eind} = -275{,}88 \cdot 10^3$$

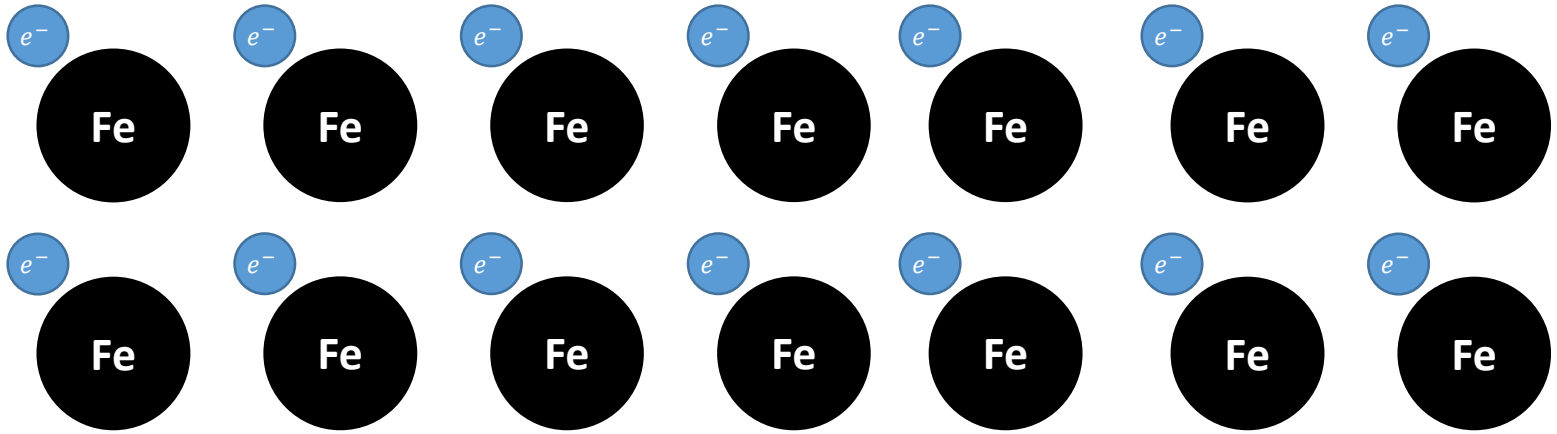
$$T_{eind} = -\frac{-275{,}88}{-10{,}128} \approx 27°C$$

βètales
www.betales.nl

7.4 Elektrische geleiding

Metalen geleiden

Een metaal is een rooster gemaakt van atomen. De elektronen kunnen vrij bewegen tussen de atomen. Om deze reden geleiden metalen stroom goed.



βètales
www.betales.nl

Geleidbaarheid

$$G = \frac{I}{U}$$

Met
G de geleidbaarheid in ampère per volt (A/V)
I de stroomsterkte in ampère (A)
U de spanning in volt (V)

$$G = \frac{\sigma \cdot A}{l}$$

Met
σ de stroomgeleidingscoëfficient in siemens per meter (S/m)
A de oppervlakte van de geleider dwars op de stroomrichting in vierkante meter (m^2)
l de afstand die de stroom in de lengterichting door de geleider moet afleggen (m)

βètales
www.betales.nl

Weerstand

$$R = \frac{1}{G} = \frac{1}{\frac{\sigma \cdot A}{l}} = \frac{l}{\sigma \cdot A} = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{l}{A} = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Met
R de weerstand van de draad in ohm (Ω)
G de geleidbaarheid in siemens ($S = A/V$)

$$G = \frac{\sigma \cdot A}{l}$$

Met
σ de stroomgeleidingscoëfficient in siemens per meter (S/m)
A de oppervlakte van de geleider dwars op de stroomrichting in vierkante meter (m^2)
l de afstand die de stroom in de lengterichting door de geleider moet afleggen (m)

βètales
www.betales.nl

Weerstand

$$R = \frac{1}{G} = \frac{1}{\frac{\sigma \cdot A}{l}} = \frac{l}{\sigma \cdot A} = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{l}{A} = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Met
R de weerstand van de draad in ohm (Ω)
G de geleidbaarheid in siemens ($S = A/V$)
ρ de soortelijke weerstand van het materiaal van de draad in ohmmeter ($\Omega m = m/S$)

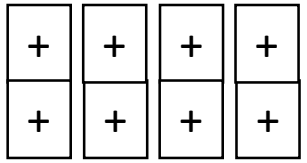
$$G = \frac{\sigma \cdot A}{l}$$

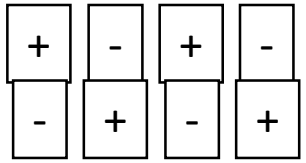
Met
σ de stroomgeleidingscoëfficient in siemens per meter (S/m)
A de oppervlakte van de geleider dwars op de stroomrichting in vierkante meter (m^2)
l de afstand die de stroom in de lengterichting door de geleider moet afleggen (m)

βètales
www.betales.nl

7.5 Vervorming

Het verschil tussen metalen en zouten

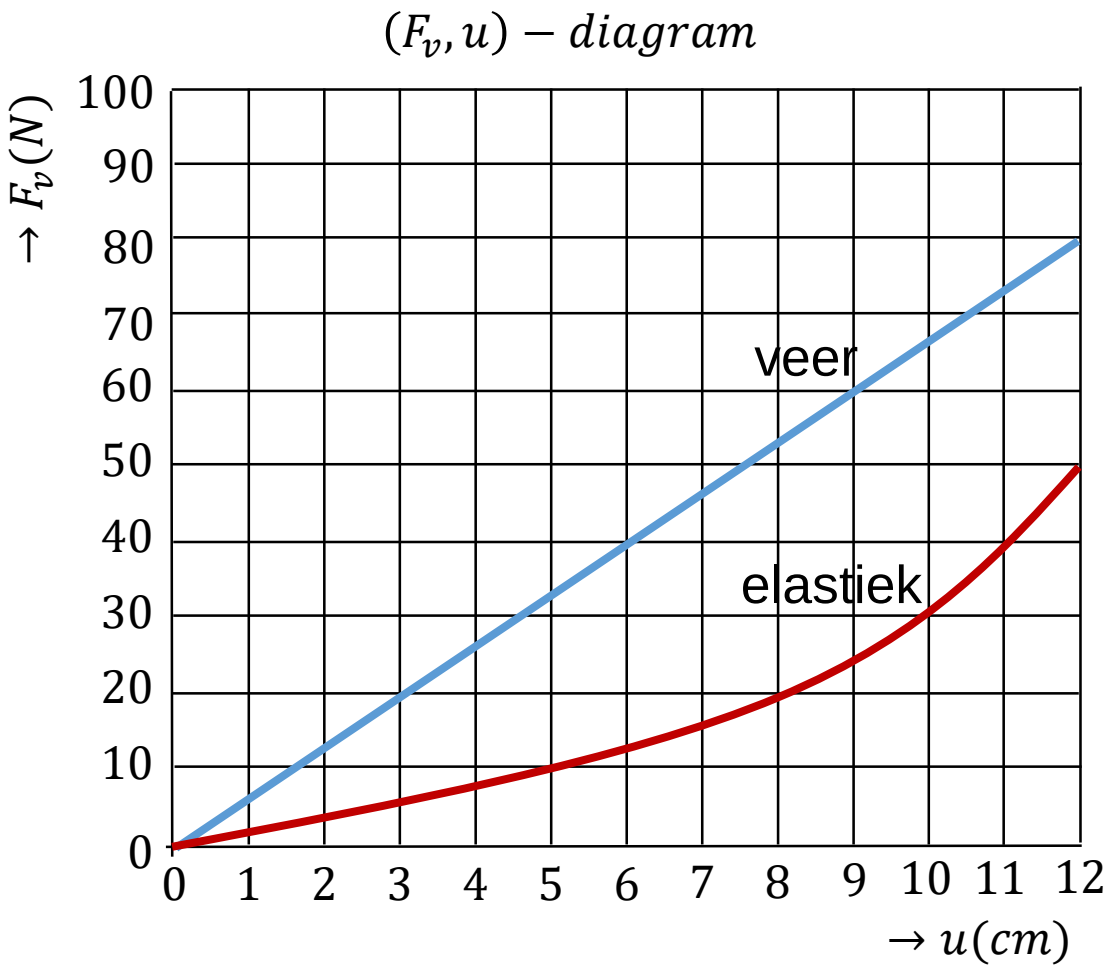




βètales
www.betales.nl

Vervorming

Voor verschillende materialen/vormen is een verschillende kracht nodig om deze te vervormen.



βètales
www.betales.nl

Spanning

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = E \cdot \epsilon$$

Met
σ de spanning in pascal ($Pa = N/m^2$)
F de kracht in newton (N)
A_0 de oppervlakte van de dwarsdoorsnede loodrecht op de richting van de kracht **voordat** deformatie heeft plaatsgevonden in vierkante meter (m^2)
ϵ de relatieve rek
E de elasticiteitsmodulus in pascal(Pa)

Rek

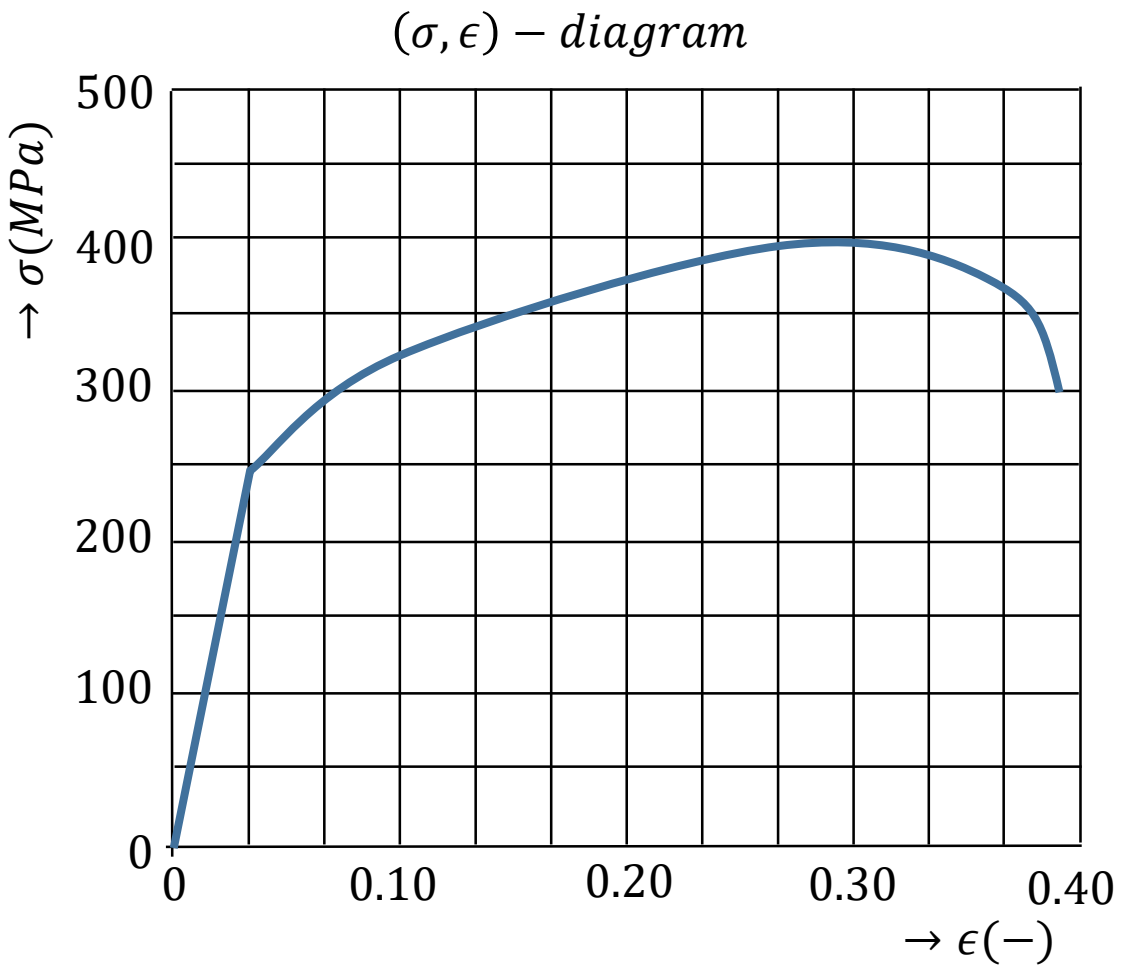
$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Met
ϵ de relatieve rek
Δl de lengteverandering in meter (m)
l_0 de lengte **voordat** deformatie heeft plaatsgevonden in meter (m)

βètales
www.betales.nl

Spannings-rekdiagram

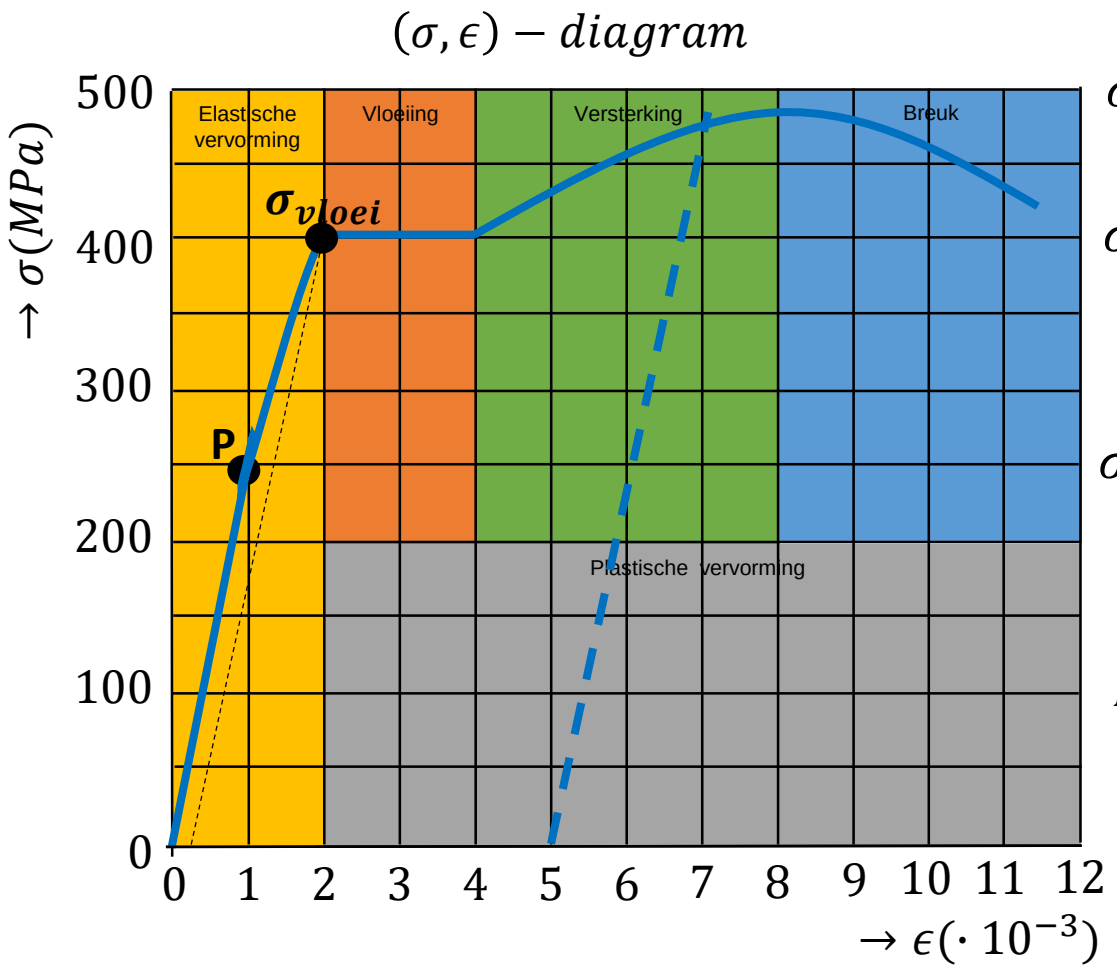
Deze verschilt per materiaalsoort. Hieronder een voorbeeld.



βètales
www.betales.nl

Spannings-rekdiagram

Deze verschilt per materiaalsoort. Hieronder een voorbeeld.



$$\sigma_{trek} = 480MPa$$

$$\sigma_{vloei} = 400MPa$$

$$\sigma_{evenredig} = 250MPa$$

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} = \frac{250 \cdot 10^6}{1 \cdot 10^{-3}} = 2{,}5 \cdot 10^9 Pa$$

βètales
www.betales.nl

Duw- en treksterkte

Verschillende materialen hebben verschillende toepassingen.

βètales
www.betales.nl