

Samenvatting Systematische Natuurkunde H4 4vwo

! Er zijn veel formules die van toepassing zijn op de tekst in deze samenvatting, maar niet in de tekst zijn verwerkt. Aan het einde van deze samenvatting staat een tabel met alle formules die van toepassing zijn op dit hoofdstuk (spoiler alert: het zijn er veel).

§1 - Optische eigenschappen

Optische eigenschappen: eigenschappen van een stof die te maken hebben met het gedrag van licht (kleur, glans, etc.).

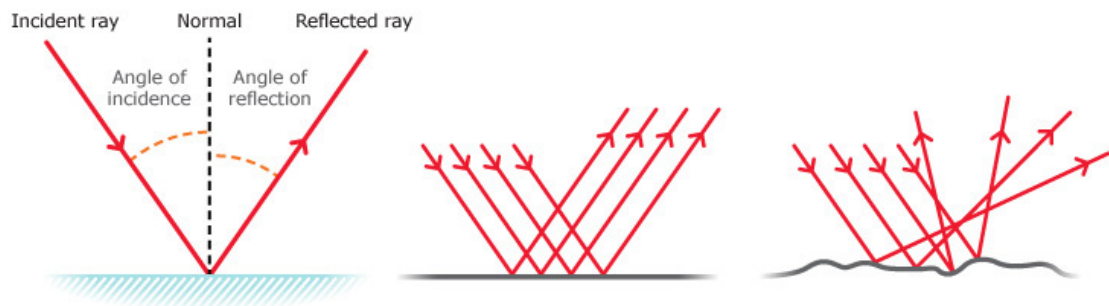
Drie gevolgen van licht dat op een oppervlak valt:

1. **Weerkaatsing:** het licht wordt weerkaatst.
2. **Absorptie:** het licht wordt geabsorbeerd.
3. Het licht wordt doorgelaten en gebroken.

1. Weerkaatsing

Glad oppervlak? → alle lichtstralen in een evenwijdige lichtbundel worden op dezelfde manier weerkaatst
Ruw oppervlak? → de lichtstralen in een evenwijdige lichtbundel worden in verschillende richtingen weerkaatst → **diffusie**

De **normaal** is een denkbeeldige lijn loodrecht op het oppervlak. De **hoek van inval** i is de hoek tussen de invallende lichtstraal en de normaal. De **hoek van terugkaatsing** r is de hoek tussen de terugkaatsende lichtstraal en de normaal. Bij elke vorm van terugkaatsing zijn de twee hoeken gelijk aan elkaar.



2. Absorptie

Licht wordt simpelweg minder weerkaatst, bijvoorbeeld bij de zwarte letters in deze samenvatting. Als iets blauw van kleur is, worden alleen de blauwe lichtstralen weerkaatst en de overige kleuren geabsorbeerd.

3. Breking

Hoek van breking: de hoek die de reeds gebroken lichtstraal maakt met de normaal. Van lucht (A) naar een andere stof (B) is r kleiner dan i → breking naar de normaal toe. Hierbij hoort de formule:

$$n_{A \rightarrow B} = \frac{\sin i_A}{\sin i_B}$$

Hoe groter de **brekingsindex** bij een zelfde hoek van inval, hoe kleiner de hoek van breking.

Zie **Binas tabel 18** voor de brekingsindices van een aantal stoffen (lucht → bepaalde stof). Als je van een bepaalde stof naar lucht wil hebben, gebruik je de formule $n_{B \rightarrow A} = \frac{1}{n_{A \rightarrow B}}$ om het om te rekenen.

Voorbeeld:

$$n_{\text{perspex}} = 1,49$$

$$n_{B \rightarrow A} = \frac{1}{n_{A \rightarrow B}} = \frac{1}{1,49} = 0,671$$

4. Totale terugkaatsing

Grenshoek (g): de hoek van inval die hoort bij een brekingshoek van 90° . Als de hoek van inval groter is dan de grenshoek, treedt totale terugkaatsing op. De grenshoek bereken je met $\sin g = \frac{1}{n}$. Er geldt:

$$n_{\text{perspex} \rightarrow \text{lucht}} = \frac{\sin g}{\sin 90^\circ} = \frac{\sin g}{1} = \frac{1}{n_{\text{lucht} \rightarrow \text{perspex}}}$$

$$\sin g = \frac{1}{1,49}$$

$$g = 42,2^\circ$$

§2 - Temperatuur, warmte en uitzetten

Thermische eigenschappen: eigenschappen van een stof die te maken hebben met de manier waarop een stof omgaat met energie.

Belangrijke eigenschappen verklaard door het molecuulmodel:

- Aantrekkingskracht tussen moleculen → **potentiële energie**. Hoe groter de afstand tussen moleculen, des te groter de potentiële energie en des te kleiner de aantrekkingskracht tussen de moleculen.
- **Intermoleculaire ruimte:** de ruimte tussen de moleculen.
- In een stof bewegen moleculen voortdurend → **kinetische energie**.

Potentiële energie + kinetische energie = **inwendige energie**.

De gemiddelde kinetische energie van de moleculen van een stof is een maat voor de **temperatuur** van een stof. Hoe hoger de gemiddelde kinetische energie van de moleculen, des te hoger de temperatuur.

Warmte (Q): de hoeveelheid energie die wordt verplaatst in Joule (J).

Als je informatie wil over de fasen van stoffen, faseovergangen en de temperatuurschaal, zie dan blz. 151-153 van het theorieboek. Omdat dit algemene kennis is, laat ik deze theorie in deze samenvatting buiten beschouwing.

Lineaire uitzettingscoëfficiënt: als de temperatuur van een stof toeneemt, zet deze uit. Bij een lange staaf is de lengtetoeename groter dan bij een korte, en bij een grotere temperatuurstijging is de uitzetting groter. Zie **Binas tabel 8 t/m 10** voor de lineaire uitzettingscoëfficiënten van de meeste stoffen.

Kubieke uitzettingscoëfficiënt: als de temperatuur van een stof toeneemt, zet deze uit. Dit gebeurt in drie richtingen, waardoor het volume van een stof toeneemt. Zie **Binas tabel 11** voor de kubieke uitzettingscoëfficiënten van vloeistoffen. Voor vaste stoffen geldt: $\gamma = 3\alpha$.

§3 - Transport van warmte

Warmtetransport: warmte verplaatst zich van stoffen met een hoge temperatuur naar stoffen met een lage temperatuur, nooit andersom. De kinetische energie van de stof met de hoge temperatuur neemt af, terwijl de kinetische energie bij de stof met de lage temperatuur toeneemt.

Warmtegeleider: een stof die gemakkelijk warmte geleid.

Isolator: een stof die slecht warmte geleid.

Bij **warmtegeleiding** bewegen de moleculen die verhit worden harder, waardoor ze botsen met de naastgelegen moleculen. Zo geven ze een deel van hun kinetische energie door. Vaste stoffen die elektriciteit goed geleiden, zijn ook goede warmtegeleiders. In metalen geven de vrije elektronen die zweven tussen de metaalionen de warmte gemakkelijk door. Bij gassen en vloeistoffen is de intermoleculaire ruimte groter, waardoor de moleculen minder snel botsen en slecht warmte geleiden.

Bij **warmtestroming** in een vloeistof bewegen de moleculen die heter worden harder, want ze nemen energie op. Hierdoor gaan ze harder bewegen en hebben ze meer ruimte nodig. De dichtheid wordt kleiner, waardoor de warme vloeistof opstijgt en onderweg warmte afgeeft aan de koude vloeistof.

Bij **warmtestraling** is er, in tegenstelling tot warmtegeleiding en warmtestroming, geen **tussenstof** nodig. Wanneer er straling op een voorwerp valt, absorbeert dit voorwerp een deel van de stralingsenergie. Daardoor stijgt de temperatuur van het voorwerp. Donker gekleurde voorwerpen absorberen straling beter dan lichtgekleurde voorwerpen. Letters in een boek absorberen meer licht, wat ook een vorm van straling is, dan de rest van de witte pagina, die meer straling weerkaatst. Ook glimmende voorwerpen absorberen minder straling. Ze weerkaatsen warmtestraling zoals een spiegel licht weerkaatst. De zilverkleurige kap bovenop een terrasverwarmer, weerkaatst de warmtestraling die naar boven gaat.

Hoe makkelijker een stof warmte doorgeeft, des te groter de **warmtestroom**. Dit is de hoeveelheid warmte die per seconde door de dwarsdoorsnede van een staaf gaat in J/s.

Thermische geleidbaarheid of **warmtegeleidingscoëfficiënt** (γ): de warmtestroom van een stof met een dwarsdoorsnede van 1 m^2 en een dikte van 1 m . Zie **Binas tabel 8 t/m 12** voor de warmtegeleidingscoëfficiënten van een aantal stoffen.

§4 - Soortelijke warmte

Joulemeter: een vat met kurk als isolator tussen twee bakjes. Wordt gebruikt voor experimenten waarbij er minimale warmte-uitwisseling met de omgeving is vereist. De hoeveelheid opgenomen warmte is recht evenredig met de temperatuurstijging en de massa: $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$.

Soortelijke warmte: de warmte die nodig is om 1 kg van een stof 1 K in temperatuur te laten stijgen. Zie **Binas tabel 8 t/m 12** voor de soortelijke warmte van een aantal stoffen.

§5 - Algemene gaswet

Druk: de kracht per oppervlakte-eenheid.

De luchtdruk op zeeniveau ligt tussen de $0,95 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ en $1,05 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Er wordt daarom nog vaak bar gebruikt. $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ en 1 mbar (millibar) $= 1 \cdot 10^{-3} \text{ bar} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1 \cdot 10^2 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$ (hectopascal)

Het verband tussen druk, volume, temperatuur en hoeveelheid gas heet de **algemene gaswet**:

$$\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R$$

R is hetzelfde voor alle gassen en staat in **Binas tabel 7**.

Ideaal gas: een gas waarbij het volume van de moleculen te verwaarlozen is ten opzichte van het volume van de ruimte waarin het gas zich bevindt. De intermoleculaire ruimte is dan zo groot dat de krachten tussen de moleculen onderling niet merkbaar zijn. Je mag in deze situatie de algemene gaswet toepassen. Elk gas veroorzaakt onder dezelfde omstandigheden eenzelfde druk.

Reëel gas: een gas onder hoge druk dat zich niet meer gedraagt als ideaal gas.

- In een afgesloten ruimte is de druk van een gas overal even groot.
- Hoe hoger de temperatuur van een gas, hoe meer de deeltjes botsen en des te hoger het volume.

Wanneer je het volume van een ruimte met een bepaalde hoeveelheid gas kleiner maakt, stijgt de druk van het gas. Als de temperatuur en het aantal moleculen niet verandert, dan zijn in de algemene gaswet alleen p en V variabelen: $p \cdot V = \text{constante}$. De druk van een gas is dan omgekeerd evenredig met het volume van een gas.

Wanneer je de temperatuur van een ruimte met een bepaalde hoeveelheid gas verhoogt, stijgt de druk van het gas. Als het volume en het aantal moleculen niet verandert, zijn in de algemene gaswet alleen p en T variabelen: $p = \text{constante} \cdot T$. De druk van een gas is dan recht evenredig met de absolute temperatuur.

Proces: een verandering aan de temperatuur, druk en/of volume van een gas in een afgesloten ruimte.
Kringproces: wanneer na een aantal processen de eindtoestand weer gelijk is aan de begintoestand.

§6 - Krachten in materialen

Rek (ϵ): de uitrekking per meter, wordt gebruikt om makkelijk de uitrekking van verschillende kabels met verschillende lengtes te vergelijken.

Spanning (σ): de kracht per m^2 , wordt gebruikt om kabels met verschillende diameter goed te kunnen vergelijken.

Bij een dunne en een dikke kabel van hetzelfde materiaal, breekt de dunne kabel sneller, omdat de oppervlakte van de dwarsdoorsnede kleiner is. Bij dezelfde kracht is de spanning in een dunne kabel groter dan een dikke kabel.

Trekproef: manier om de sterkte van een materiaal te bepalen. Op de uiteinden van een staaf oefen je een steeds grotere kracht uit. Bij elke kracht meet je de uitrekking van de staaf. Hier maak je een **(spanning, rek)-diagram** van.

Drie gebieden van uitrekking:

1. **Elastische vervorming:** de eerste vervorming die op een materiaal (een staaf) plaatsvindt. Deze vervorming is niet blijvend. Als de spanning verdwijnt, krijgt het materiaal weer de oorspronkelijke lengte.
2. **Plastische vervorming:** de rek van het materiaal wordt veel groter, maar de spanning neemt nauwelijks toe. Als de spanning verdwijnt, krijgt het materiaal niet meer de originele lengte.
3. **Insnoering:** de spanning wordt maximaal, waardoor het materiaal op één plaats veel dunner wordt.

Evenredigheidsgrens: het punt tot waar het verband tussen de spanning en de rek recht evenredig is. De evenredigheidsconstante die hierbij hoort, heet de **elasticiteitsmodulus** $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$. In Binas tabel 8 t/m 10 staan de elasticiteitsmoduli van een aantal stoffen.

Het verschijnsel bij gebied 2 (de plastische vervorming) waarbij het materiaal sterk uitrekt, terwijl de spanning niet waarneembaar toeneemt, heet **vloeien**. De spanning waarbij dit gebeurt heet **vloeispanning**.

Materialen waarbij gebied 1 (de elastische vervorming) groot is, noem je **elastisch**. IJzer en koper zijn elastische metalen, maar veel andere materialen hebben juist een klein gebied 1: er treedt vrijwel direct plastische vervorming op (bijv. kauwgum, kneedgum). Als een materiaal nauwelijks rek vertoont, maar bij een bepaalde belasting vrijwel direct breekt, noem je dat een **bros** materiaal (bijv. steen).

Naam	Formule	Symbolenverklaring
Spiegeling	$i = t$	i = hoek van inval t = hoek van terugkaatsing
Brekingswet (lucht naar een andere stof)	$n_{A \rightarrow B} = \frac{\sin i_A}{\sin i_B}$	$n_{A \rightarrow B}$ = brekingsindex voor de overgang van stof A naar B in graden i_A = de hoek van inval in stof A in graden i_B = de hoek van breking in stof B in graden
Brekingswet (een andere stof naar lucht)	$n_{B \rightarrow A} = \frac{1}{n_{A \rightarrow B}}$	$n_{B \rightarrow A}$ = brekingsindex voor de overgang van stof B naar A in graden $n_{A \rightarrow B}$ = brekingsindex voor de overgang van stof A naar B in graden
Verband tussen de grenshoek en de brekingsindex	$\sin g = \frac{1}{n}$	g = de grenshoek in graden n = de brekingsindex van een stof in graden
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\frac{\Delta \ell}{\ell_0} = \alpha \cdot \Delta T$	$\Delta \ell$ = lengtetoeename staaf in m ℓ_0 = oorspronkelijke lengte staaf in m α = lineaire uitzettingscoëfficiënt in K^{-1}
Kubieke uitzettingscoëfficiënt	$\frac{\Delta V}{V_0} = \gamma \cdot \Delta T$ Voor vaste stoffen waarvan γ niet in Binas staat: $\gamma = 3\alpha$	ΔV = volumetoeename van de stof in m^3 V_0 = oorspronkelijk volume van de stof in m^3 γ = kubieke uitzettingscoëfficiënt in K^{-1} ΔT = temperatuurstijging stof in K
Warmtestroom	$P = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$	P = warmtestroom in W (J/s) ΔQ = hoeveelheid verplaatste warmte in J Δt = verstreken tijd in s
Thermische geleidbaarheid of warmtegeleidingscoëfficiënt	$P = \gamma \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}$	P = warmtestroom in W (J/s) γ = thermische geleidbaarheid in $W m^{-1} K^{-1}$ A = oppervlakte van dwarsdoorsnede in m^2 ΔT = temperatuurverschil tussen beide zijden van het materiaal in K d = dikte materiaal in m
Soortelijke warmte	$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$	Q = warmte in J m = massa in kg c = soortelijke warmte in $J kg^{-1} K^{-1}$ ΔT = temperatuurstijging in K
Druk	$p = \frac{F}{A}$ $\left(1 Pa = 1 \frac{N}{m^2} = 1 N m^{-2} \right)$	p = druk in Pa ($N m^{-2}$) F = kracht in N A = oppervlakte in m^2

Naam	Formule	Symbolenverklaring
Algemene gaswet	$\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R$	<p>p = druk in Pa V = volume in m³ n = hoeveelheid gas in mol R = gasconstante in J mol⁻¹ K⁻¹ T = temperatuur in K</p>
Rek	$\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_0}$ <p>Bij aangeven met procenten: $\varepsilon \cdot 100\%$</p>	<p>ε = de rek $\Delta \ell$ = lengteverandering in m ℓ_0 = oorspronkelijke lengte van draad in m</p>
Oppervlakte dwarsdoorsnede cirkel (bijv. kabel)	$A = \frac{1}{4} \pi d^2 \text{ of } A = \pi r^2$	<p>A = oppervlakte van dwarsdoorsnede in m² d = diameter in m r = straal in m</p>
Spanning	$\sigma = \frac{F}{A}$	<p>σ = spanning in N m⁻² F = kracht in N A = oppervlakte van dwarsdoorsnede in m²</p>
Elasticiteitsmodulus	$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$	<p>E = de elasticiteitsmodulus in N m⁻² σ = spanning in N m⁻² ε = de rek</p>