

# Parabolische spiegels maken

N.G. Schultheiss

## 1 Inleiding

Deze module volgt op de module “Spiegels”. Deze module wordt vervolgd met de module “Lenzen slijpen”. Uiteindelijk kun je met de opgedane kennis een telescoop bouwen en de werking verklaren. Deze module is als een technische module op te vatten. We onderzoeken de technieken om een parabolische spiegel te maken.

Hieronder volgt een korte samenvatting van de formules die je al beheerst.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$F = m \cdot a$$

$v$ : snelheid (velocity / vitesse) in [m/s].

$s$ : plaats (space / espace) in [m]. ( $\Delta$ : “de verandering van”, bijvoorbeeld  $\Delta s = s_{eind} - s_{begin}$ .)

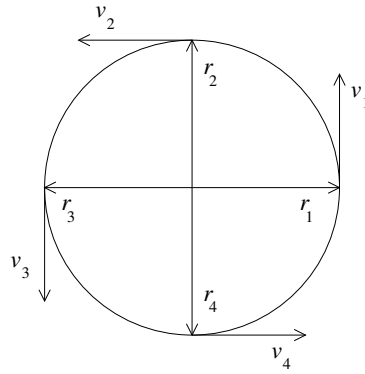
$t$ : tijd (time / temp) in [s].

$a$ : versnelling (acceleration) in [m/s<sup>2</sup>].

$F$ : kracht (force) in [N].

## 2 Een draaiend vat

Als we een vloeistof in een draaiend vat gieten krijgt het oppervlak de vorm van een parabool. Om dit te verklaren bestuderen we eerst de krachten die bij het draaien optreden. Laten we eerst een soort kaart van de cirkelbeweging maken voor de tijdstippen  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  en  $t_4$ .



Figuur 2.1: De plaats van een draaiend voorwerp

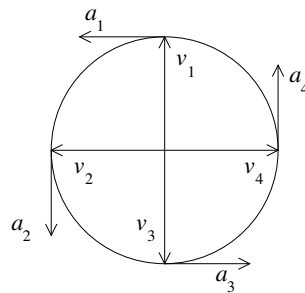
Met figuur 1.1 kunnen we de snelheid bepalen als we de omlooptijd voor 1 rondje op  $T$  zetten. De afgelegde weg kunnen we vinden door de omtrek van de cirkel door de tijd te delen:

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad (2.1)$$

En ook:

$$T = \frac{2\pi r}{v} \quad (2.2)$$

Figuur 1.1 is een afbeelding een “plaatsruimte”. We kunnen de snelheidsvectoren ook in een “snelheidsruimte” afbeelden.



Figuur 2.2: De snelheid van een draaiend voorwerp

Met figuur 1.1 kunnen we de versnelling bepalen, de omlooptijd is nog steeds  $T$ . De snelheidsverandering kunnen we vinden door de omtrek van de cirkel door de tijd te delen:

$$a = \frac{2\pi v}{T} \quad (2.3)$$

Formule 2.2 is te substitueren in formule 2.3.

$$a = \frac{2\pi v}{\left(\frac{2\pi r}{v}\right)} \quad (2.4)$$

Of ook:

$$a = \frac{2\pi v^2}{2\pi r} \quad (2.5)$$

$$a = \frac{v^2}{r} \quad (2.6)$$

We weten dat:

$$F = m \cdot a \quad (2.7)$$

Substitutie geeft:

$$F = \frac{mv^2}{r} \quad (2.8)$$

Een draaiend vat verdraaid voor alle punten altijd een zelfde hoek. De snelheid van een punt en de straal van het punt zijn rechtevenredig. We introduceren een nieuwe grootte de hoeksnelheid  $\omega$ . Deze kan in graden per seconde, maar liever in radialen <sup>1</sup> per seconde worden gemeten. We kunnen de relatie tussen  $v$  en  $\omega$  schrijven als:

$$v = \omega r \quad (2.9)$$

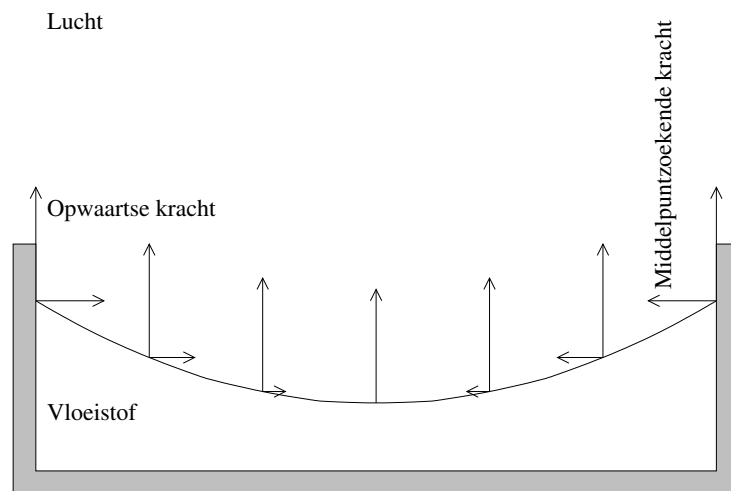
Deze middelpuntzoekende kracht is nu ook te schrijven als:

$$F = m\omega^2 r \quad (2.10)$$

Nu kunnen we schetsen hoe de krachten op een deeltje op het draaiend vloeistofoppervlak werken. Naast de opwaartse kracht werkt er ook een middelpuntzoekende kracht op het deeltje.

---

<sup>1</sup>Een cirkel heeft  $360^\circ$  of  $2\pi$  radialen. 1 radiaal is dus  $\frac{360^\circ}{2\pi}$ .



Figuur 2.3: De krachten op een deeltje op een draaiend vloeistofoppervlak

**Opdracht 1:** *Bestudeer de afleiding. Probeer te begrijpen hoe de gedachten zich van formule naar formule ontwikkelen.*

**Opdracht 2:** *Laat met een schets zien dat de draaiende vloeistof een parabolisch oppervlak krijgt.*

### 3 Glas

Een draaiend glaasje op een tafel is nog geen spiegel. We hebben nu echter wel een model hoe we een parabolische spiegel kunnen maken. Als we een vloeistof kunnen laten stollen hebben we een parabolisch oppervlak. Een heel vat glas stolt niet overal tegelijk en er ontstaan spanningen in het glas omdat sommige delen al gestold zijn en al krimpen terwijl andere delen nog vloeibaar zijn. Deze spanningen zijn te verminderen door het glas langzaam af te koelen.

Tegenwoordig wordt vensterglas gemaakt met het Pilkington proces. Bij het Pilkington Float Glass proces laat men het vloeibare glas op vloeibaar tin stromen. De temperatuur van het tin ligt net onder het smeltpunt van glas. Aan de ene kant is het glas dus nog vloeibaar en terwijl het over de tin stroomt stolt het glas. Op een gegeven moment is het glas vast en kan men de glasplaat van het tinbad afschuiven. Omdat er steeds nieuw vloeibaar glas wordt aangevoerd kan er in principe een oneindig lange glasplaat worden gemaakt.

Op vergelijkbare manier kunnen we dus een vat vloeibare tin nemen en daar een laagje glas op gieten. Na het afkoelen hebben we een parabolische glasplaat. Dit is natuurlijk een beetje moeilijk thuis of op school uit te voeren. Met warm water en kaarsvet is dit wel te doen in een Petri-schaaltje op een draaiend tafeltje.

**Opdracht 3:** *Probeer met water en paraffine (kaarsvet) een werkend productieproces voor parabolische oppervlakken te maken. Maak een verslag van je onderzoek. Wat heb je nodig? Hoe werkt het proces? Wat zijn de problemen? Hoe los je die op?*

**Opdracht 4:** *Om spiegels te maken moeten we omschakelen van water met paraffine naar tin en glas. Deze stoffen moeten redelijk zuiver zijn om een homogene spiegel te maken. Onderzoek hoe glas gemaakt wordt.*