

# Cirkelbeweging

---

4

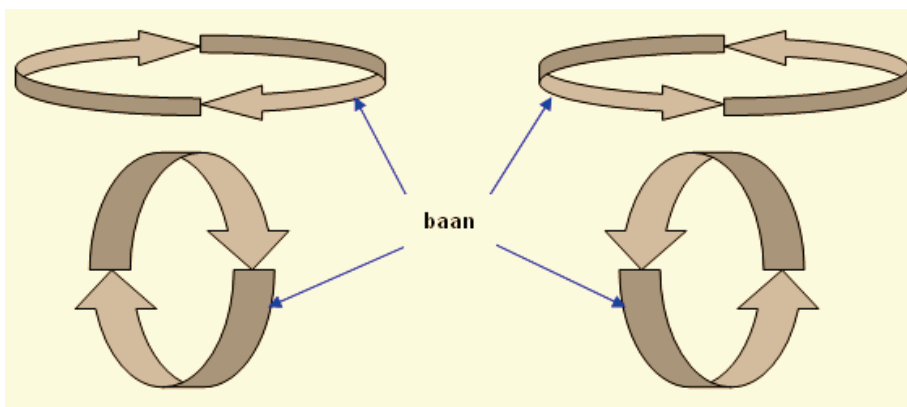


## 4 Cirkelbeweging

### 4.1 Rotatie

Wanneer een voorwerp met een constante snelheid een cirkelvormige baan doorloopt, dan heeft dat voorwerp een eenparige cirkelvormige beweging.

De afspraak is dat een rotatie rechtsom (met de wijzers van de klok mee) positief wordt aangegeven en een rotatie linksom (tegen de wijzers van de klok in) negatief.



### 4.2 Rotatiefrequentie en omtreksnelheid

De **rotatiefrequentie** of **toerental**  $n$  is het aantal omwentelingen per seconde.

Het aantal omwentelingen wordt met  $N$  aangegeven, zodat voor de rotatiefrequentie  $n$  geldt:

$$n = \frac{N}{t}$$

hierin is:

$n$	=	rotatiefrequentie of toerental, in omw/s of $s^{-1}$
$N$	=	het aantal omwentelingen
$t$	=	de tijd, in s

De tijd die nodig is voor één omwenteling wordt de omlooptijd of periodetijd  $T$  genoemd.

De periodetijd is het omgekeerde van de rotatiefrequentie, zodat geldt:

$$T = \frac{1}{n}$$

Als er één omwenteling is afgelegd dan is de afgelegde weg gelijk aan de omtrek van de cirkel.

# Cirkelbeweging

Deze afstand wordt in de periodetijd  $T$  afgelegd.  
Voor de omtreksnelheid  $v$  of baansnelheid geldt dan:

$$v = \frac{s}{t} \quad \rightarrow \quad v = \frac{2\pi \cdot r}{T}$$

Wanneer het voorwerp draait met een toerental (rotatiefrequentie)  $n$  dan wordt de omtreksnelheid:

$$v = 2\pi \cdot r \cdot n = \pi \cdot d \cdot n$$

hierin is

$v$	=	de omtreksnelheid, in m/s
$r$	=	de straal, in m;
$d$	=	de diameter, in m
$n$	=	het aantal omwentelingen per seconde, in omw/s of $s^{-1}$

Aan de formules voor de omtreksnelheid is te zien, dat de grootte van de omtreksnelheid afhankelijk is van de afstand van het voorwerp tot het middelpunt van de cirkel, die doorlopen wordt.

Hieruit volgt, dat alle punten op een draaiende schijf een andere omtreksnelheid bezitten en dat al die punten eenzelfde aantal omwentelingen maken.

## Opgaven.

1. Een schijf draait met een toerental van  $45 \text{ s}^{-1}$  en heeft een middellijn van 28 cm.  
Hoe groot is omtreksnelheid?
2. Van een wiel met een middellijn van 450 mm is de omtreksnelheid 28 m/s.  
Hoe groot is het toerental?
3. Bereken de omtreksnelheid van een punt aan de omtrek van een wiel, als de omlooptijd 1 seconde is en de diameter van het wiel 1,8 m.
4. Bereken de omtreksnelheid van een punt aan de omtrek van een waterrad.  
De diameter van het rad is 5 m.  
Het aantal omwentelingen per minuut is 3.
5. Een wals moet bij 180 omwentelingen per minuut een omtreksnelheid hebben van 15 m/s.  
Bereken de diameter van deze wals.

# Cirkelbeweging

6. De trommel van een centrifuge heeft een toerental van 2700 omwentelingen per minuut. De diameter van de trommel is 18 cm. Welke snelheid heeft een zakdoek die tegen de wand van de trommel rondslingert?
7. Een elektron in een atoom waterstof beschrijft een cirkelvormige baan met een straal van  $5 \cdot 10^{-11}$  m. De baansnelheid van het elektron bedraagt  $2,1 \cdot 10^6$  m/s. Bereken de rotatiefrequentie van het elektron.



## 4.3 Overbrengingen

Bij de overbrengingen is het de bedoeling de draaiende beweging van de ene as over te brengen op de andere as.

Door te werken met verschillende riemschijfdiameters of tandwielen met verschillend tandaantallen, kunnen we ervoor zorgen dat de toerentallen van de twee assen verschillen.

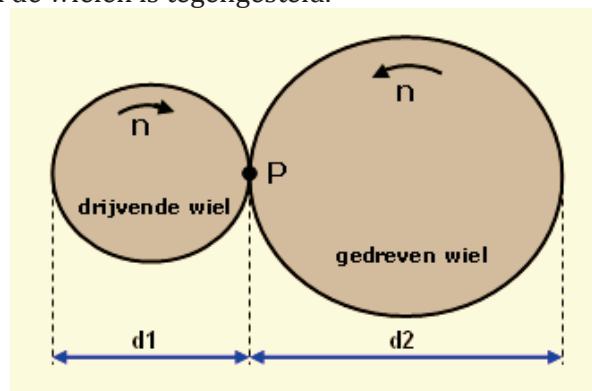
### 4.3.1 frictieoverbrenging

Een frictieoverbrenging is een overbrenging door middel van wrijving. Deze wrijving ontstaat als men het ene wiel dat ronddraait, tegen het andere wiel aandrukt. Slippen is hierbij wel mogelijk.

De twee wielen raken elkaar in het punt P. Slippen wordt in dit geval uitgesloten.

De omtreksnelheid van beide wielen is dan gelijk.

De draairichting van de wielen is tegengesteld.



Voor de omtreksnelheden geldt:

$$v_1 = v_2 \quad \rightarrow \quad \pi \cdot d_1 \cdot n_1 = \pi \cdot d_2 \cdot n_2 \quad \rightarrow \quad d_1 \cdot n_1 = d_2 \cdot n_2$$

hierin is

v	=	de omtreksnelheid, in m/s;
d	=	de diameter, in m
n	=	het toerental, in s <sup>-1</sup>

# Cirkelbeweging

## 4.3.2 riem- en snaaroverbrenging

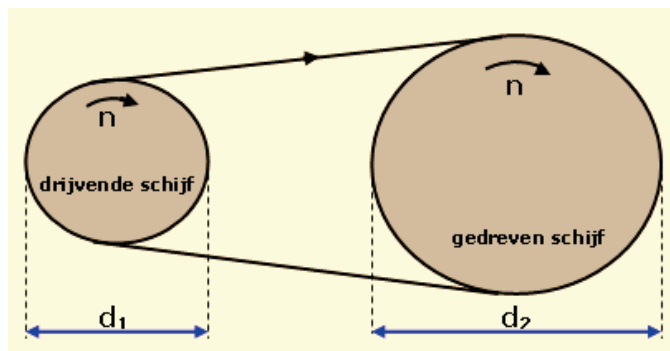
Een riem- of snaaroverbrenging heeft tot doel een draaiende beweging over een bepaalde afstand over te brengen. Tegelijkertijd kan het toerental worden verhoogd of verlaagd.

Een veel gebruikte snaar is de V-snaar. Deze V-snaar kan een vrij grote kracht overbrengen.

Naast de V-snaar wordt ook vaak een platte riem gebruikt. Een platte riem kan echter een minder grote kracht overbrengen dan een V-snaar. Ook is kans op slippen bij een platte riem groter dan bij een V-snaar. De afstand tussen beide schijven is niet van belang.



We sluiten slip weer uit. De omtreksnelheid van beide schijven is gelijk en gelijk aan de riemsnelheid. De draairichting van de schijven is ook gelijk.



Voor de omtreksnelheid geldt:

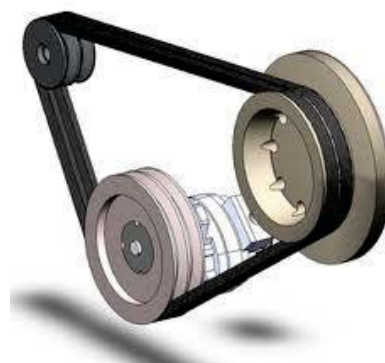
$$v_1 = v_2 \quad \rightarrow \quad \pi \cdot d_1 \cdot n_1 = \pi \cdot d_2 \cdot n_2 \quad \rightarrow \quad d_1 \cdot n_1 = d_2 \cdot n_2$$

hierin is

$v$  = de omtreksnelheid, in m/s;

$d$  = de diameter, in m

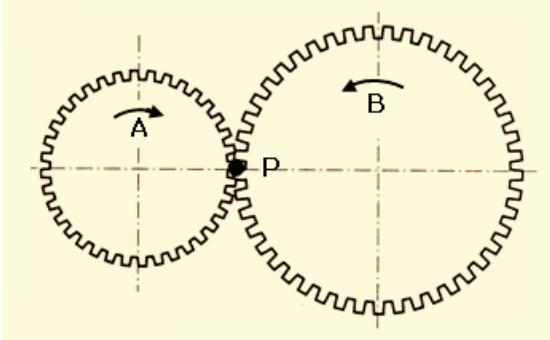
$n$  = het toerental, in  $s^{-1}$



# Cirkelbeweging

## 4.3.3 tandwieloverbrenging

Bij een tandwieloverbrenging treedt beslist geen slip op. De wielen zijn voorzien van tanden die in elkaar grijpen en al draaiend de beweging overbrengen.



Stel dat tandwiel A 48 tanden heeft en een toerental van 35 omw/min.  
In het punt P passeren dan per minuut  $35 \times 48 = 1680$  tanden.

Omdat tandwiel A grijpt in tandwiel B moet er in het punt P ook 1680 tanden van tandwiel B passeren.

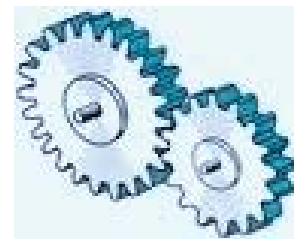
Tandwiel B heeft 60 tanden., dus tandwiel B draait dan per minuut  $1680 : 60 = 28$  keer rond.  
Het toerental van tandwiel B is 28 omw/min.

Uit het voorbeeld blijkt dat:

$$z_1 \cdot n_1 = z_2 \cdot n_2$$

hierin is

$z$  = het aantal tanden in het tandwiel  
 $n$  = het toerental, in  $s^{-1}$



Let op, de draairichting van beide tandwielen is tegengesteld.

## 4.3.4 kettingoverbrenging

Een kettingoverbrenging is in feite een combinatie van een riemoverbrenging en een tandwieloverbrenging. Van slippy is hier geen sprake. Met kettingwielen kunnen nog grotere krachten worden overgebracht dan met riemen of snaren.

De draairichting is hier voor beide tandwielen gelijk.

Hier geldt dezelfde formule als bij tandwielen namelijk:

$$z_1 \cdot n_1 = z_2 \cdot n_2$$



# Cirkelbeweging

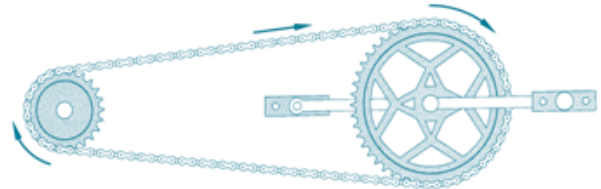
Bij tandwielen werkt men vaak met een **overbrengsverhouding**. Dit is de verhouding tussen het aantal tanden van de beide tandwielen. Deze overbrengsverhouding wordt aangegeven met  $i$ .

In het voorbeeld heeft tandwiel A 48 tanden en tandwiel B 60 tanden.  
De overbrengsverhouding is dan:

$$i = \frac{z_1}{z_2} = \frac{48}{60} = 0,8$$

hierin is

$i$  = de overbrengsverhouding;  
 $z$  = het aantal tanden in het tandwiel;



Tandwiel A heeft een toerental van 35 omw/min, dan heeft tandwiel B een toerental van  $4/5 \times 35 = 28$  omw/min.

voorbeeld

Een voorbeeld van een meervoudige overbrenging.

In de tekening maakt as P 1200 omw/min. Tandwiel 2 en 3 zijn beide op as Q gemonteerd.

Bereken:

- het toerental van as R
- de overbrengsverhouding van as P naar as R

Van as P naar as Q:

$$z_1 \cdot n_1 = z_2 \cdot n_2$$

$$30 \cdot 1200 = 90 \cdot n_2$$

$$n_2 = \frac{30 \cdot 1200}{90} = 400 \text{ omw/min}$$

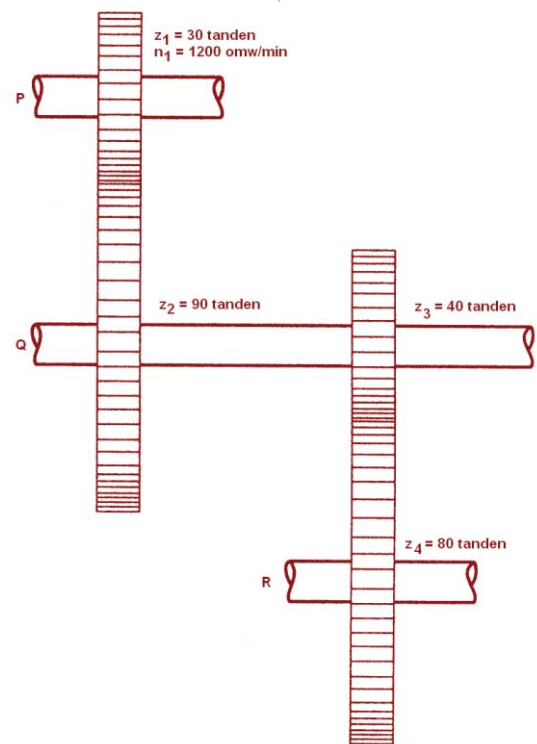
$n_3 = n_2$  want tandwiel 2 en tandwiel 3 zijn op dezelfde as bevestigd.

Van as Q naar as R

$$z_3 \cdot n_3 = z_4 \cdot n_4$$

$$40 \cdot 400 = 80 \cdot n_4$$

$$n_4 = \frac{40 \cdot 400}{80} = 200 \text{ omw/min}$$



- b. overbrengingsverhouding van tandwiel 1 naar tandwiel 2

$$i = \frac{z_1}{z_2} = \frac{30}{90} = \frac{1}{3}$$

overbrengingsverhouding van tandwiel 3 naar tandwiel 4

$$i = \frac{z_3}{z_4} = \frac{40}{80} = \frac{1}{2}$$

De totale overbrengingsverhouding is:

$$i_{\text{totaal}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{6}$$

Controle:

$$n_4 = i_{\text{totaal}} \cdot n_1 = \frac{1}{6} \cdot 1200 = 200 \text{ omw/min}$$

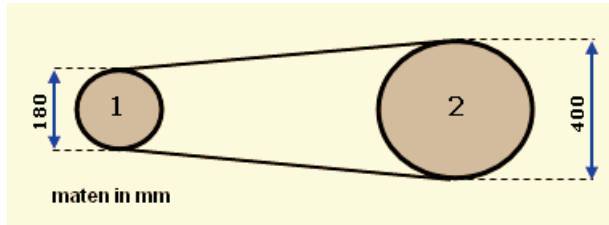
## Opgaven.

8. Twee tandwielen grijpen in elkaar. Het aantal tanden op tandwiel 1 is 36 en op tandwiel 2 is dat 48.  
Als tandwiel 1 een toerental heeft van 3 omw/s, hoe groot is dan het toerental van tandwiel 2?
9. Twee tandwielen grijpen in elkaar en hebben 12 resp. 72 tanden.  
Bereken het aantal omwentelingen per minuut van het kleinste tandwiel, als de rotatiefrequentie van het grootste tandwiel 20 omw/s bedraagt.
10. Een aandrijvende as maakt 2000 omwentelingen per seconde en heeft een riemschijf met een diameter van 20 cm. Over deze schijf loopt een riem, die ook gaat over een riemschijf van 80 cm middellijn op de aangedreven as.  
Bereken het aantal omwentelingen per seconde en de omtreksnelheid voor de aangedreven as. Hoe groot is de riemsnelheid?

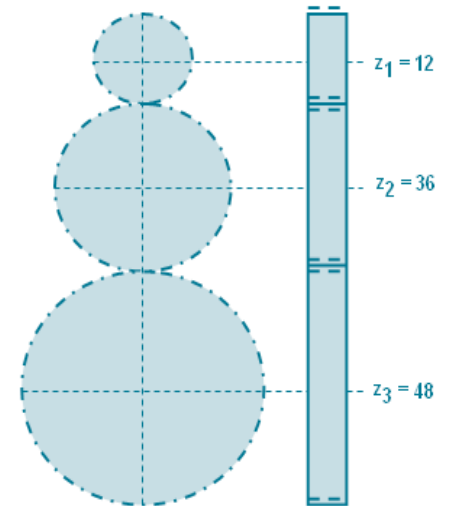


# Cirkelbeweging

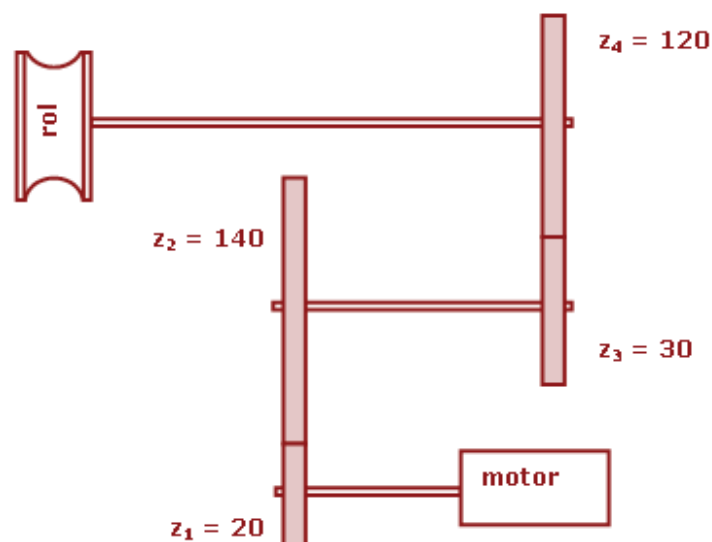
11. Het toerental van wiel 1 is 1200 omw/min.  
Hoe groot is de snelheid van de riem op wiel 2?



12. Drie samenwerkende tandwielen hebben een aantal tanden, zoals in de tekening is aangegeven. Het kleinste tandwiel heeft een toerental van 24 omw/s.  
Bereken het toerental van het grootste tandwiel.



13. Een boormachine wordt aangedreven door een elektromotor en tandwielen. (zie tekening). De elektromotor heeft een toerental van 1400 omw/min.  
Hoe groot is het toerental van de rol?



# Cirkelbeweging

14. Een fietser rijdt op een horizontale weg met een snelheid van 21,6 km/h. De wielen van de fiets hebben een diameter van 70 cm (banddikte meegerekend). De dynamo wordt door het voorwiel aangedreven op een zodanige plaats, dat de diameter van de draaicirkel 66 cm is. Het wieltje op de dynamo heeft een diameter van 15 mm. Er treedt geen slip op.



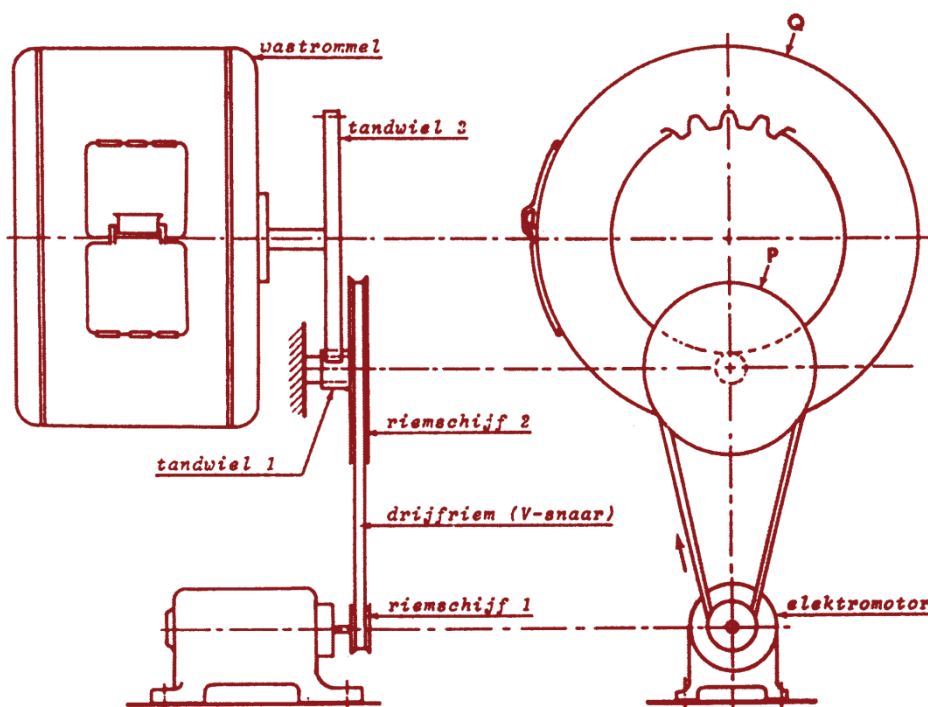
Bereken:

- de omtreksnelheid van het voorwiel.
- de snelheid van het hoogste punt van de band ten opzichte van de weg.
- het toerental van de dynamo in omwentelingen per seconde.

De kettingwielen op de trapas en het achterwiel hebben respectievelijk 46 en 18 tanden.

- Bereken het toerental van de trapas in omwentelingen per minuut.

15. Een bepaald type wasmachine heeft een wastrommel met een diameter van 450 mm. De aandrijving van de wastrommel geschiedt overeenkomstig de tekening. We beschouwen de wasmachine zonder water en zonder wasgoed! De riemschijven 1 en 2 hebben diameters van respectievelijk 35,0 mm en 175 mm. Tandwiel 1 vormt één geheel met riemschijf 2.



# *Cirkelbeweging*

Op een gegeven moment draait de wastrommel met een constante rotatiefrequentie van 1,20 omw/s. De as van de elektromotor maakt dan  $2,88 \cdot 10^3$  omwentelingen per minuut en draait rechtsom.

Stel vast:

Draait de wastrommel rechts- of linksom?

Bereken:

- a. de omtreksnelheid van een punt P aan de omtrek van riemschijf 2.
- b. het toerental van zowel tandwiel 1 als tandwiel 2.