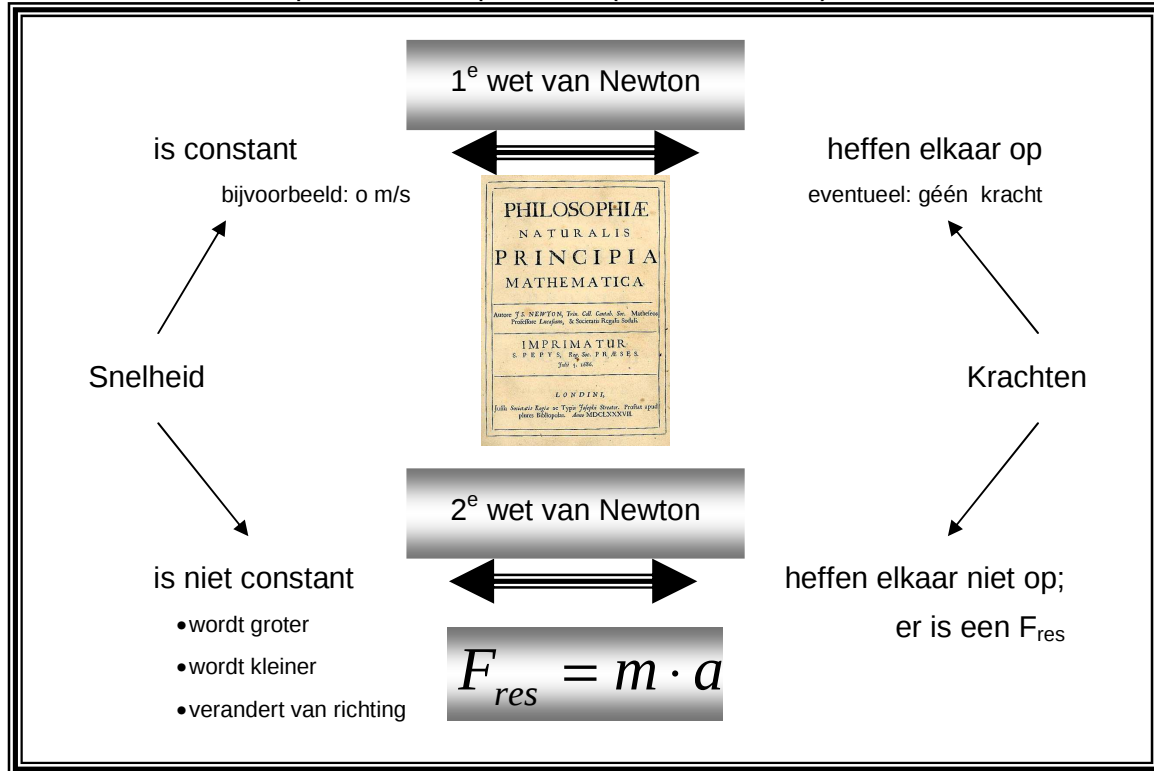


§ 3.5 t/m 3.7 ΔΟΣ ΜΟΙ ΠΟΥ ΣΤΩ ΚΑΙ ΚΙΝΩ ΤΗΝ ΓΗΝ¹

De wetten van Newton verklaren de beweging van een voorwerp aan de hand van de krachten die op dat voorwerp werken (zie hoofdstuk 4):



Het voorwerp wordt daarbij als een 'puntmassa' opgevat: een voorwerp zonder afmetingen. De krachten op het voorwerp grijpen allemaal in hetzelfde punt aan.

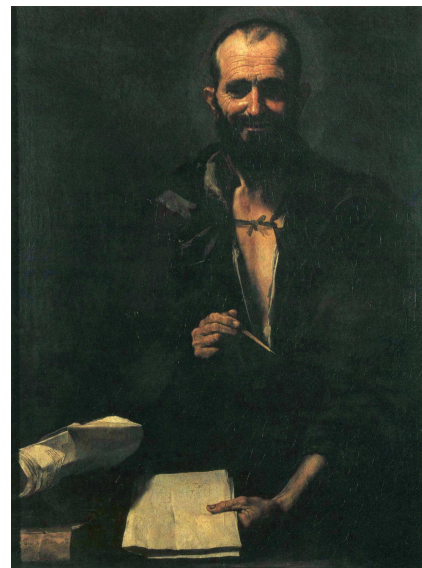
In werkelijkheid heeft een voorwerp afmetingen.

Een voorwerp kan daarom:

- bewegen / verplaatsen (**touwtrekwedstrijd**)
- draaien / kantelen (**momentenwedstrijd**).

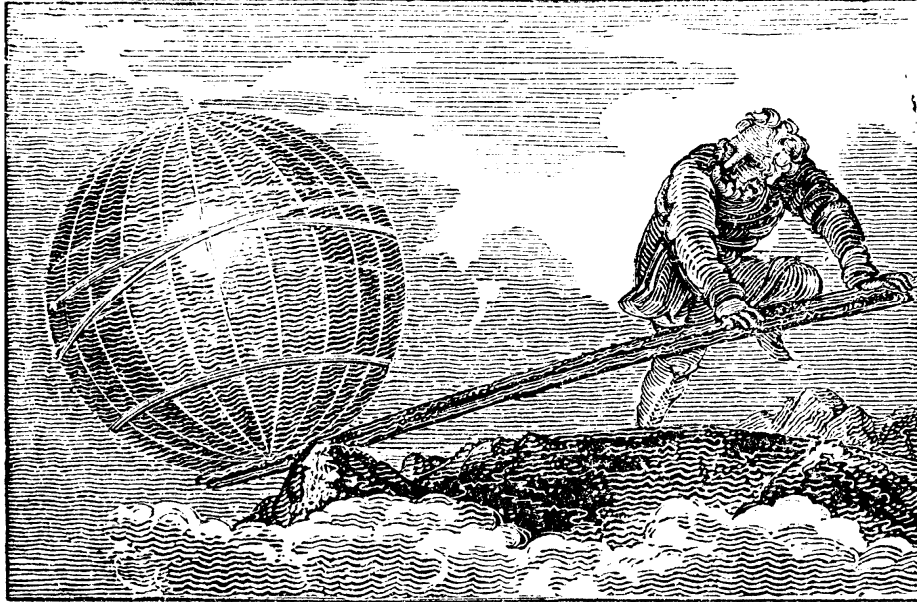
De hefboomwet van Archimedes:

Of een voorwerp zal gaan draaien / kantelen wordt bepaald door de 'draaiwerking' van de krachten die op het voorwerp werken. De 'draaiwerking' van een kracht noemen we het moment M van de kracht.



Archimedes door José de Ribera (1630)

¹ GEEF MIJ EEN PLAATS OM TE STAAN EN IK BEWEEG DE AARDE



Zie: <http://www.math.nyu.edu/~corres/Archimedes/contents.html>
<http://www.math.nyu.edu/~corres/Archimedes/Lever/LeverLaw.html>

Archimedes begreep dat met een kleine kracht een zwaar voorwerp kan worden opgetild (gekanteld). Daartoe moet deze kracht wel:

- Op een slimme plaats aangrijpen (ver van het draaipunt vandaan)
- In de goede richting werken (zo veel mogelijk 'loodrecht').

Het moment M van een kracht is de 'draaiwerking' van deze kracht; d.w.z. de mate waarin een kracht een kanteling kan veroorzaken t.o.v. een draaipunt.

Er geldt: $M = F \cdot d$

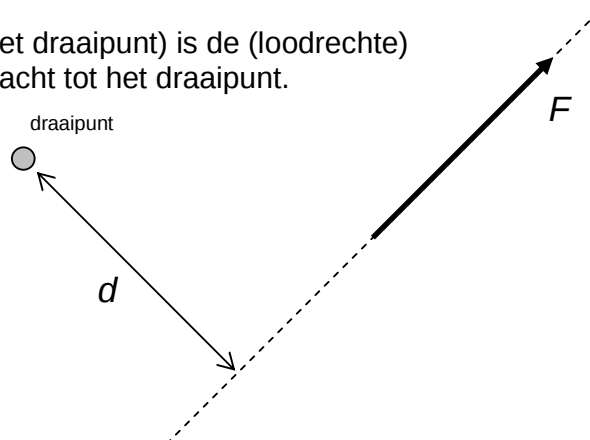
Een kleine kracht kan dus een grote draaiwerking hebben, mits de arm d erg groot is. De werking van gereedschap berust vaak op deze 'hefboomwerking'.

Afspraak:

Als een kracht een draaiing 'met de wijzers van de klok mee' geeft, is het moment negatief.

Als een kracht een draaiing 'tegen de wijzers van de klok in' geeft, is het moment positief.

De arm d van een kracht (t.o.v. het draaipunt) is de (loodrechte) afstand van de werklijn van de kracht tot het draaipunt.



Nuttige sommen: 40, 41.

Een voorwerp is in evenwicht als:

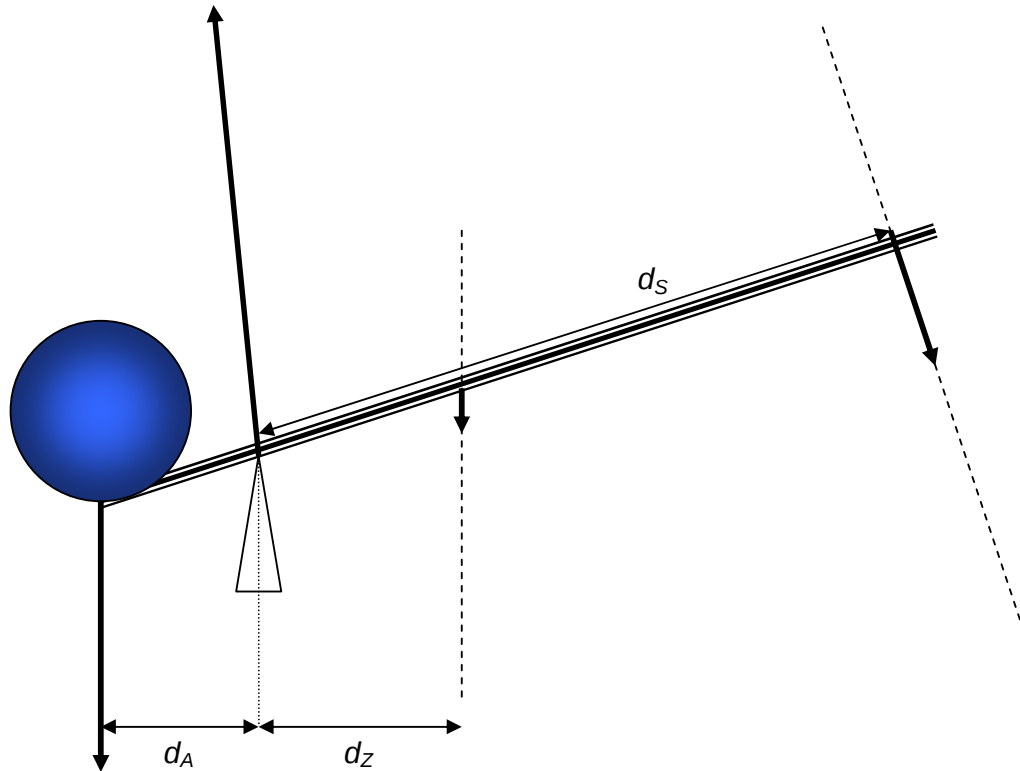
1. De krachten op het voorwerp elkaar opheffen:
én

$$\sum \vec{F} = 0$$

2. De momenten t.o.v. het draaipunt elkaar opheffen:

$$M_{\text{rechtsom}} = M_{\text{linksom}}$$

Voorbeeld: Archimedes tilt de aarde



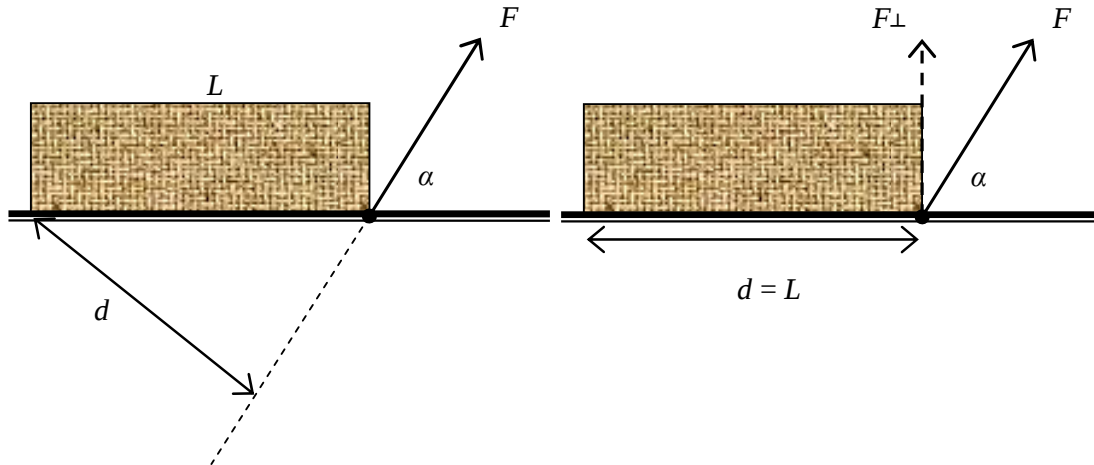
Op de plank werken vier krachten:

1. Het gewicht van de aarde
Het moment van deze kracht is 'tegen de wijzers van de klok in'.
De arm van deze kracht is d_A .
2. De kracht in het draaipunt
De arm van deze kracht is nul; de werklijn van de kracht gaat namelijk door het draaipunt. Deze kracht speelt dus geen rol in het al of niet draaien van de plank.
Deze kracht is schuin links omhoog om de overige drie krachten op te heffen.
3. De zwaartekracht op de plank
De zwaartekracht werkt op elk molecuul van de plank. Gemiddeld werkt de zwaartekracht in het zwaartepunt Z. Als de plank homogeen is, is dit zwaartepunt precies in het midden van de plank.
Het moment van deze kracht is 'met de wijzers van de klok mee'.
De arm van deze kracht is d_Z .
4. De spierkracht van Archimedes
Het moment van deze kracht is 'met de wijzers van de klok mee'.
De richting van de spierkracht is optimaal. De arm van de kracht is daarom d_S .

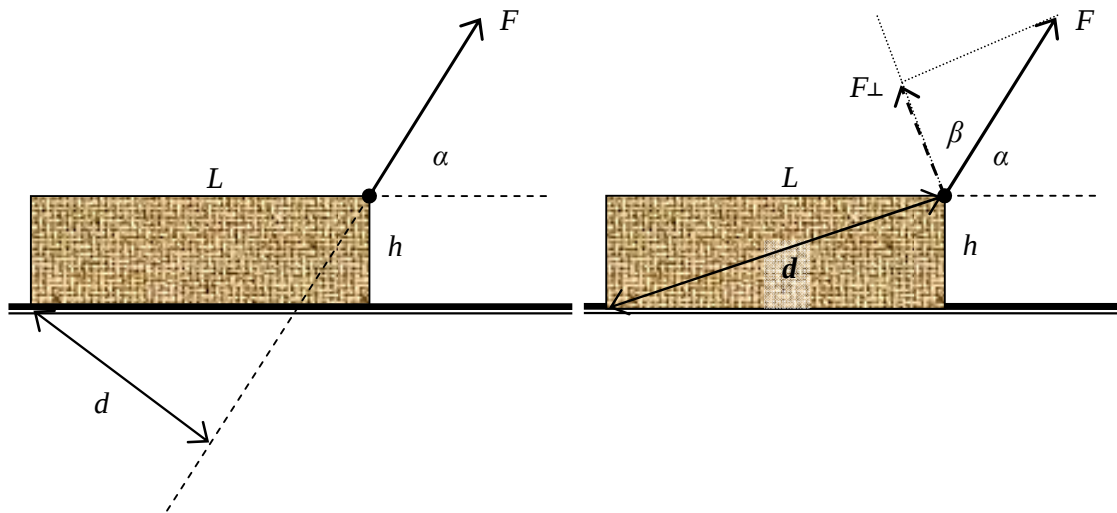
Nuttige sommen: 48, 49, 50, 51.

Voorbeeld: moment M van kracht F op een kist (lengte L en hoogte h)

- Het draaipunt is het linkereinde van de plank
- De kracht maakt een hoek α met de horizontaal.



$M = F \cdot d = F \cdot (L \cdot \sin \alpha)$	$M = F_{\perp} \cdot d = (F \cdot \sin \alpha) \cdot L$
---	---



$M = F \cdot d$	$M = F_{\perp} \cdot d$
$d = (L - h : \tan \alpha) \cdot \sin \alpha$	$d = \sqrt{L^2 + h^2}$
	$F_{\perp} = F \cdot \cos \beta$
	$\beta = \tan^{-1}(\frac{h}{L}) + 90 - \alpha$

Hefbomen

1. Primaire² hefboom



Het draaipunt bevindt zich tussen de last en de uitgeoefende kracht.

2. Secundaire hefboom



De last bevindt zich tussen het draaipunt en de uitgeoefende kracht.
Maak een schatting van de kracht die de vrouw nodig heeft om de kruitwagen met het kind te tillen.

3. Tertiaire hefboom



De kracht wordt tussen het draaipunt en de last uitgeoefend.

Bij een primaire en bij een secundaire hefboom kun je 'een last tillen' met een betrekkelijk kleine kracht.
Een flessenopener (kroonkurk) kun je op twee manieren gebruiken; zie som 57.

² De definities van primaire, secundaire en tertiaire hefboom hoef je niet te kennen.
Het is wel van groot belang steeds goed onderscheid te maken tussen:

1. Het draaipunt
2. De plaats waar de last werkt
3. Het aangrijpingspunt van de uitgeoefende kracht.

Tandwielen

Op een racefiets zitten (meestal) twee voorbladen en een kroontje met (bijvoorbeeld) zeven verschillende achterbladen (tandwielen).

Afhankelijk van het parcours wordt een 'verzet' gekozen. Een licht verzet heeft weinig tandjes voor een veel tandjes achter (bijvoorbeeld 39 x 21) en wordt bij wind tegen of bergop gebruikt. Een 'zwaar' verzet wordt juist bij wind mee of bergaf gebruikt.



Volgens het diagram legt een racefiets met een verzet van 53 x 16 bij één omwenteling van de pedalen een afstand van 7,0 m af. Bereken de diameter d van de wielen.

Bij één omwenteling van de trappers draait het (achter)wiel $\frac{53}{16}$ x rond. De omtrek van een cirkel: $\pi \cdot d$.

$$d = \frac{7 \cdot 16}{\pi \cdot 53} = 0,67 \text{ m} \quad (= 26 \text{ inch})$$

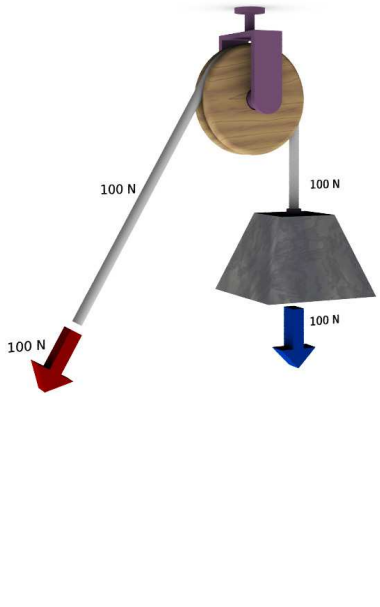
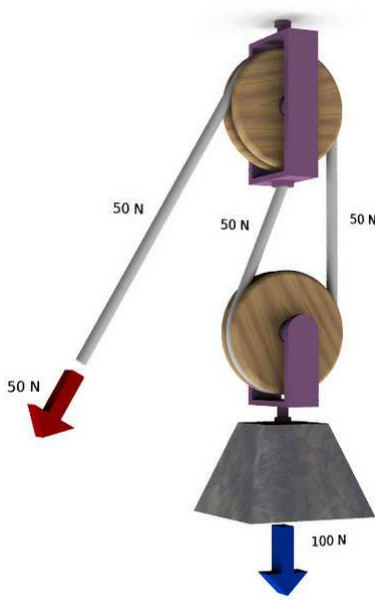
Lance Armstrong was in staat om met dit verzet lange tijd met een trapfrequentie (toerental) van 120 min^{-1} te fietsen. Bereken zijn snelheid.

Per seconde maken de trappers $\frac{120}{60}$ omwentelingen.

$$v = 7,0 \cdot \frac{120}{60} = 14 \text{ m/s} \quad (= 50 \text{ km/h})$$



Katrollen

Met een vaste katrol trek je naar beneden; je kunt jouw eigen gewicht gebruiken.	Met een losse katrol til je slechts de helft van de last (+ de helft van het katrol).	Met een takel combineer je beide systemen.
		

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Katrol>
<http://www.walter-fendt.de/ph14e/pulleysystem.htm>

Een bekende filosoof merkte reeds op:
'Elk voordeel hep z'n nadeel'.

Bij een hefboom of een takel kun je volstaan met een kleinere kracht.
Deze kleinere kracht moet echter wel over een grotere afstand worden uitgeoefend.



Nuttige sommen:
Het voorbeeld op bladzijde 178 – 179 + de bijbehorende som 59 zijn erg belangrijk.
Verder: 53, 60, 61, 63.

Proefwerk oefenopgave:

<http://www.natuurkunde.nl/artikelen/view.do?supportId=710091>
<http://www.natuurkunde.nl/artikelen/view.do?supportId=939081>