Henk Druiven, 27 augustus 2019.

De speciale relativiteitstheorie voor dummies.

Als een object beweegt ten opzichte van een (niet versnellende) waarnemer dan heeft Einstein ons geleerd dat de tijd van het object **t'** verschilt van de tijd **t** van de waarnemer en wel zo dat

$$t' = t\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

Einstein leidde dit af door te stellen dat de lichtsnelheid voor iedereen en alles gelijk is.

De vergelijking kan ook anders worden geschreven en wel als:

$t'^2 = t^2 - \frac{s^2}{c^2}$ of $t^2 = t'^2 + \frac{s^2}{c^2}$. $\frac{s}{c}$ is de afstand uitgedrukt in lichtseconden.

Het mooie aan deze vergelijking is dat het niet uitmaakt in welke richting het object beweegt, zolang de snelheid maar constant is.

Een voorbeeld:

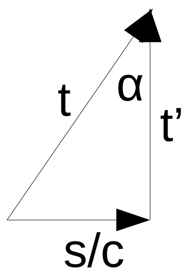
> Stel we schieten een klokje met een enorme snelheid naar Mars en met de zelfde snelheid weer terug.
> Mars staat op dat moment op 180 miljoen km (gelijk aan 10 lichtminuten) bij ons vandaan (heen en terug 360 miljoen km is 20 lichtminuten).
> Volgens een waarnemer op aarde doet het klokje er 40 minuten over om weer terug te keren. Op welke stand staat het klokje als die bij vertrek op nul is gezet?

Antwoord:

$$t_{klok} = \sqrt{t^2 - \left(\frac{s}{c}\right)^2} = \sqrt{40^2 - 20^2} = 34{,}64\, min = 34\, min + 38\, sec\,.$$

Anders gezegd: “Als een object een zekere afstand overbrugt in het inertiaalstelsel van een waarnemer dan overbrugt het object daarmee ook een zekere tijd.”

Grafisch kun je dit als volgt weergeven:

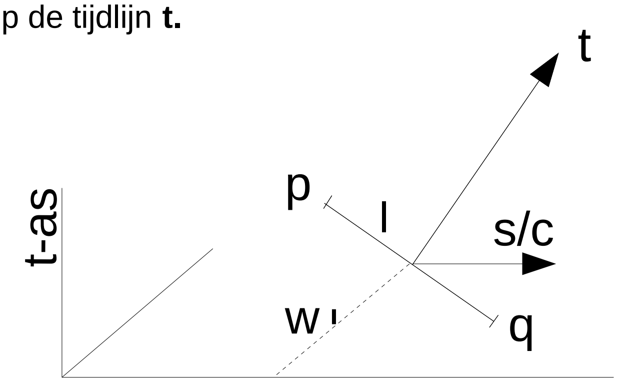


Voor de waarnemer volgt het object de tijdlijn **t**.
s ligt in de ruimtedimensies van de waarnemer.

Henk Druiven, 27 augustus 2019.

De ruimtedimensies van het object staan haaks op de tijdlijn **t.**
Voor de waarnemer ziet dat er als volgt uit:

l is de lengte van het object tussen **p** en **q**.
Voor het gemak laten we hier een van de drie ruimtedimensies weg.

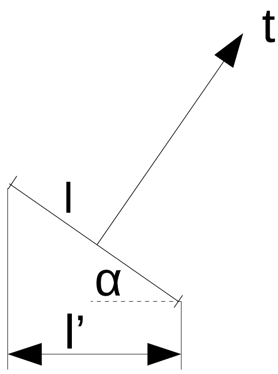


Lorentz-FitzGeraldcontractie:

De lengte van het object ligt voor de waarnemer deels in zijn ruimte en deels in de tijd. De waarnemer ziet om die reden een verkorting van het object, namelijk de projectie van **l** op de ruimtedimensies van de waarnemer.

$$l' = l.\cos(\alpha) = l\frac{t'}{t} = l\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

$\frac{v}{c}$ is de snelheid uitgedrukt in eenheden van c.

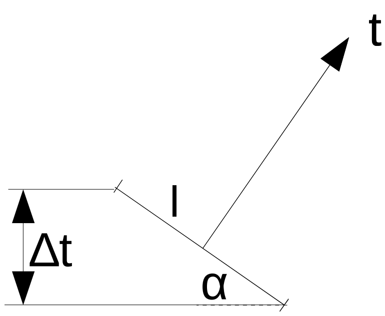


Als op **p** en **q** klokken zijn opgesteld die met elkaar zijn gesynchroniseerd dan meet de waarnemer tussen deze twee kokken een tijdsverschil gelijk aan de projectie van **l** op de tijdlijn van de waarnemer.

$$\Delta t = l/c.\sin(\alpha) = l/c.\frac{s/c}{t} = \frac{l}{c}.\frac{v}{c}$$

$\frac{l}{c}$ is de lengte in lichtseconden.

$\frac{v}{c}$ is de snelheid uitgedrukt in eenheden van c en is een maat voor de roodveschuiving.



Zie ook:
Kan iets anders dan de expansie van het universum de Hubble-roodverschuiving verklaren?
Het rekenen met relativistische grootheden kan een stuk eenvoudiger