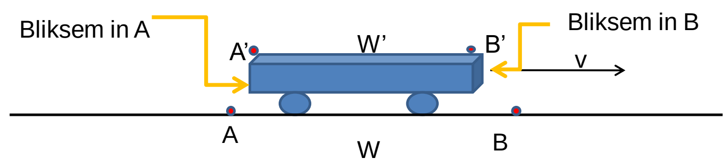
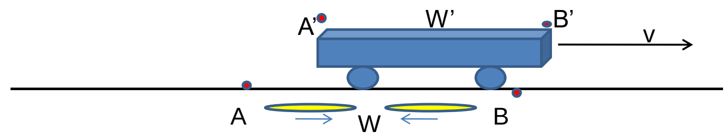
Gevolgen van de speciale relativiteitstheorie

Geen absolute tijd: gebeurtenissen die gelijktijdig gebeuren voor de ene waarnemer, gebeuren niet gelijktijdig voor een andere waarnemer in een ander stelsel dat een ERB uitvoert ten opzicht van het eerste.





Lichtgolven bereiken W gelijktijdig, maar die van B is W' al gepasseerd als die van A nog moet komen.

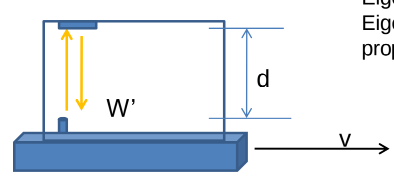
Tijddilatatie

$\Delta t_{e=}$
Eigen tijd =
Eigenzeit =
proper time

Voor waarnemer W' in trein:

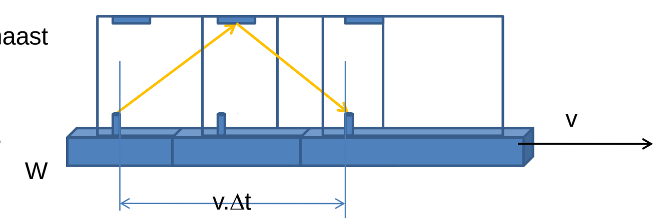
Meet tijd van pulse op en neer: Δt_e

$$\Delta t_e = \frac{afgelegde\ weg}{snelheid} = \frac{2d}{c}$$



Voor waarnemer W naast trein:

Tegen de tijd dat de pulse boven is: is wagen $\frac{v.\Delta t}{2}$ naar rechts.



$$\frac{c.\Delta t}{2}$$

$$\frac{v.\Delta t}{2}$$

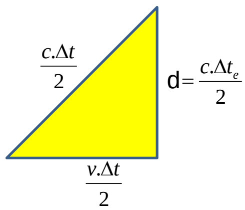
Tijddilatatie

Volgens 2de postulaat van de speciale relativiteitstheorie, meten beide waarnemers c als lichtsnelheid.

In stelsel van W reist het licht verder.

➔ Δt gemeten door W is langer dan Δt_e gemeten door W'

Pythagoras: $\left(\frac{c.\Delta t}{2}\right)^2 = \left(\frac{v.\Delta t}{2}\right)^2 + \left(\frac{c.\Delta t_e}{2}\right)^2$



$$c^2\Delta t^2 = v^2.\Delta t^2 + c^2.\Delta t_e^2$$

$$c^2\Delta t^2 - v^2.\Delta t^2 = c^2.\Delta t_e^2$$

$$\left(c^2 - v^2\right).\Delta t^2 = c^2.\Delta t_e^2$$

$$\Delta t^2 = \frac{c^2.\Delta t_e^2}{\left(c^2 - v^2\right)}$$

$$\Delta t^2 = \frac{c^2.\Delta t_e^2}{c^2.\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} \qquad \Delta t = \frac{\Delta t_e}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}$$

Tijddilatatie

Bereken de tijd die voor een stilstaande waarnemer zal voorbijgegaan zijn als een ruimtetuig gedurende 60,0 seconden (volgens eigen metingen) aan 10,0% van de lichtsnelheid vloog.

$$\Delta t = \frac{\Delta t_e}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}$$

$$\Delta t = \frac{60s}{\left(1 - \frac{(0{,}1c)^2}{c^2}\right)}$$

$$\Delta t = \frac{60s}{\left(1 - 0{,}1^2\right)} = 60{,}6s$$

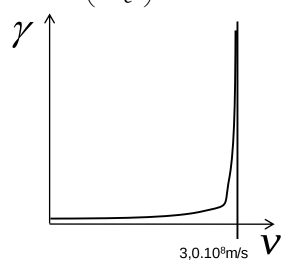
Tijddilatatie

$$\Delta t = \frac{\Delta t_e}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} \qquad \gamma = \frac{\Delta t}{\Delta t_e} = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$\Delta t = \gamma \Delta t_e$$

Gevolg: omdat γ altijd groter dan 1 is, zal Δt gemeten door een waarnemer in beweging ten opzichte van een klok langer zijn dan het tijdsinterval Δt_e gemeten door een waarnemer in rust ten opzichte van de klok.

$$\gamma = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$$



Als een klok beweegt ten opzicht van jou: zal ze trager tikken dan een klok in rust ten opzichte van jou.

Tijddilatatie

Waarnemingen:

Muon: Gelijke lading aan elektron, 207 keer zwaarder

Ontstaan hoog in atmosfeer door botsingen met kosmische straling.

Levensduur: 2,2 μs

Ze bewegen aan bijna de lichtsnelheid.

$$\Delta x = c.\Delta t \qquad \Delta x = 2{,}997\,924\,58.10^8 \frac{m}{s}.2{,}2.10^{-6} s = 660 m$$

Ze kunnen dus nooit het aardoppervlak bereiken. Maar doen het toch.

Maar voor een waarnemer op aarde: $\Delta t = \gamma \Delta t_e$ $\quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}}$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{(0{,}99c)^2}{c^2}\right)}}$$

$$\gamma = 7{,}09$$

$$\Delta t = \gamma \Delta t_e = 7{,}09.2{,}2.10^{-6} = 16.10^{-6} s$$

$$\Delta x = 2{,}997\,924\,58.10^8 \frac{m}{s}.16.10^{-6} s = 4{,}8.10^3 m$$

Tijddilatatie De tweelingparadox

Tweeling: Lanah en Vivien; beide 18 jaar oud.

Blijft op aarde.

Vertrekt naar planeet Gliese 581 op 20 lichtjaren,
Met snelheid 0,95c

Bij terugkomst: Vivien 62 jaar oud, Lanah 33 jaar.

Maar wie beweegt tov wie? Kan Lanah niet zeggen dat de aarde met 0,95c van haar weg bewoog? Dan zou zij ouder moeten zijn.

Lanah versnelde: haar stelsel voerde geen ERB uit, zij ondervond de krachten.