

Mechanica - Inleveropgave 1

Boris van Boxtel - Jean Croes - Mike van Eck - Lotte Gritter

28 september 2022 - Week 39

- (a). De ruimtetijdcoördinaten van de events in stelsel \mathcal{O} zijn: $(x, y, ct) = (L, h, h)$ en $(x, y, ct) = (L, -h, h)$.
- (b). Het toepassen van een Lorentztransformatie op de bij (a). gevonden ruimte-tijd coördinaten, geeft als coördinaten in stelsel \mathcal{O}' : $(L, \gamma h(1 - \frac{v}{c}), \gamma h(1 - \frac{v}{c}))$ en $(L, -\gamma h(1 + \frac{v}{c}), \gamma h(1 + \frac{v}{c}))$. Waar v de snelheid van \mathcal{O}' is ten opzichte van \mathcal{O} .
- (c). De tijd die het licht erover doet om van het lampje naar het papiertje te gaan is $\frac{h}{c}$. De tijd die het licht erover doet om van het papiertje naar de oorsprong te gaan is $\frac{\sqrt{L^2 + h^2}}{c}$. Het tijdstip waarop de waarnemer in \mathcal{O} de lichtflits via het papiertje ziet wordt dus gegeven door:

$$t = \frac{h}{c} + \frac{\sqrt{L^2 + h^2}}{c} \quad (1)$$

- (d). Door lengtecontractie is $h' \neq h$, dus is de tijd die het licht erover doet om bij de oorsprong te komen anders. Door een lorentztransformatie toe te passen vinden we:

$$h' = \gamma h (1 - \beta) \quad (2)$$

Waar $\beta = \frac{v}{c}$.

Nu kunnen we in (1) de substitutie $h = h'$ maken om de tijd gemeten door \mathcal{O}' te vinden. Hieruit volgt dat het tijdstip waarop \mathcal{O} de lichtflits waarneemt gegeven wordt door:

$$t' = \frac{\gamma h (1 - \frac{v}{c})}{c} + \frac{\sqrt{L^2 + (\gamma h (1 - \frac{v}{c}))^2}}{c} \quad (3)$$

- (e). Volgens de waarnemer in \mathcal{O} is de tijd die het licht erover doet om bij het papiertje aan te komen gelijk aan $\frac{h}{c}$. De snelheid van \mathcal{O}' ten opzichte van \mathcal{O} is v , dus $v\Delta t$ is de afgelegde afstand over een tijd Δt . Dus de tijd die het licht erover doet om van het papiertje naar de oorsprong van \mathcal{O} te komen, is gelijk aan $\frac{\sqrt{L^2 + (v\Delta t \pm h)^2}}{c}$. Dus de tijd die het licht erover doet om in \mathcal{O}' aan te komen wordt gegeven door:

$$t = \frac{h}{c} + \frac{\sqrt{L^2 + (v\Delta t \pm h)^2}}{c} \quad (4)$$

Omdat de tijd die het licht erover doet om in \mathcal{O}' aan te komen, en de tijd die \mathcal{O}' erover doet om in dat punt te komen gelijk zijn, geldt $t = \Delta t$. Dus de volgende vergelijking geldt:

$$t = \frac{h}{c} + \frac{\sqrt{L^2 + (vt \pm h)^2}}{c} \quad (5)$$

Deze vergelijking resulteert in een kwadratische vergelijking in t , die kan worden opgelost om de volgende oplossingen te vinden:

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{h}{v+c} + \sqrt{\frac{h^2}{(v+c)^2} - \frac{L^2}{v^2 - c^2}} \\ t_2 &= -\frac{h}{v-c} + \sqrt{\frac{h^2}{(v-c)^2} - \frac{L^2}{v^2 - c^2}} \end{aligned} \quad (6)$$

Waar we de oplossingen die een negatieve waarden voor t aannemen buiten beschouwing hebben gelaten.

Dit is de tijd wanneer dat het licht in \mathcal{O}' aankomt volgens een waarnemer in \mathcal{O} . Dit moeten we dus nog vertalen naar een tijd in \mathcal{O}' . Omdat het event waar het licht en de oorsprong van \mathcal{O}' samenkomen per definitie in de oorsprong van \mathcal{O}' ligt, is de tijd waarop dit gebeurt een eigentijd van \mathcal{O}' . Dus geldt $\tau' = t/\gamma$ waar τ' de eigentijd van \mathcal{O}' is.

Dus het tijdstip waarop de waarnemer in \mathcal{O}' de lichtflits via de papiertjes waarneemt, is gegeven door:

$$\begin{aligned} t'_1 &= \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \left[\frac{h}{v+c} + \sqrt{\frac{h^2}{(v+c)^2} - \frac{L^2}{v^2 - c^2}} \right] \\ t'_2 &= \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \left[-\frac{h}{v-c} + \sqrt{\frac{h^2}{(v-c)^2} - \frac{L^2}{v^2 - c^2}} \right] \end{aligned} \quad (7)$$

En dit kunnen we herschrijven tot het volgende:

$$\begin{aligned} t'_1 &= \frac{h}{c} \sqrt{\frac{c-v}{c+v}} + \frac{1}{c} \sqrt{L^2 + h^2 \left(\frac{c-v}{c+v} \right)} \\ t'_2 &= \frac{h}{c} \sqrt{\frac{(c+v)}{c-v}} + \frac{1}{c} \sqrt{L^2 + h^2 \frac{(c+v)}{(c-v)}} \end{aligned} \quad (8)$$

- (f). Bij (d). en (e). worden verschillende dingen beschreven. Bij (d). beschrijf je de tijd die het licht er, volgens de waarnemer in \mathcal{O}' , in \mathcal{O} over doet om de waarnemer in de oorsprong van \mathcal{O} te bereiken. Dit is korter dan de tijd die de waarnemer in \mathcal{O} waarneemt omdat de afstand h tot de papiertjes volgens de waarnemer in \mathcal{O}' korter is vanwege lengtecontractie.

Bij (e). wordt de tijd beschreven die het licht erover doet om via de papiertjes bij de waarnemer in de oorsprong van \mathcal{O}' te komen. Dit is iets heel anders en geeft dus ook een andere tijd.