

Schrijf op ieder vel dat je inlevert naam en studentnummer.

Maak ieder opgave op een apart vel.

Opgave 1

- Geef de twee belangrijkste uitgangspunten van de speciale relativiteitstheorie
- Geef de metrische vergelijking en beschrijf hoe deze moet worden afgeleid.
- Beschrijf wat er bedoeld wordt met het begrip causaliteit.

Opgave 2

Een trein rijdt langs een perron met twee gesynchroniseerde stationsklokken op de uiteinden van het perron. De trein heeft een rustlengte die gelijk is aan de rustlengte van het perron. Op de uiteinden van de trein bevinden zich de passagiers Henk en Ingrid. Henk leest bij het passeren de stationsklokken af. Ingrid leest bij het passeren van de stationsklokken haar horloge af.

- Neem onderstaande tabel over en geef er in aan wat voor tijdintervallen Henk en Ingrid meten.

	coördinaattijd	eigentijd	ruimtetijd
Henk	ja/nee	ja/nee	ja/nee
Ingrid	ja/nee	ja/nee	ja/nee

Henk en Ingrid kennen de snelheid v van de trein ten opzichte van het perron en weten dat perron en trein dezelfde rustlengte hebben. Uit hun metingen van het tijdinterval willen zij nu de lengte van de trein bepalen. Zij doen dit door het door hen zelf gemeten tijdinterval te vermenigvuldigen met de snelheid van de trein.

- Is deze procedure correct in het geval van Henk ?
- Is deze procedure correct in het geval van Ingrid ?
- Geef een toelichting bij je antwoorden op de onderdelen b en c.

Opgave 3

Een trein (Other Frame) beweegt met snelheid $\beta = 0,6$ in Oostelijke richting langs een perron. Jan bevindt zich helemaal voor in de trein; Piet juist helemaal achterin. De trein heeft een rustlengte $L' = 100$ ns. Jan en Piet schieten op elkaar met een pistool. Hun kogels hebben een snelheid $v = 0,5$ ten opzichte van de trein. Een waarnemer op het perron (Home Frame) neemt het duel waar. Hij neemt waar dat Jan en Piet hun kogels gelijktijdig afschieten.

Het schot van Piet noemen we gebeurtenis A. A valt samen met de oorspronggebeurtenis. Het schot van Jan is gebeurtenis B. Jan en Piet worden niet geraakt want de kogels botsen tegen elkaar (gebeurtenis C).

- Bereken de snelheden van de kogels in het Home Frame.
- Teken een tweewaarnemer diagram. Voorzie de assen van een schaalverdeling en beschrijf hoe je die schaalverdeling vaststelt.
- Bereken met behulp van de Lorentztransformatie het tijdstip (in het Other Frame) waarop Jan zijn schot afvuurt.
- Geef de gebeurtenissen A, B en C en de wereldlijnen van de kogels aan in het diagram.
- Bepaal grafisch de coördinaten van gebeurtenis C in het stelsel van de trein.

Opgave 4

Een deeltje met massa m , dat zich ten opzichte van het Home frame in rust bevindt, absorbeert een foton met energie hf .

Bij alle onderdelen van deze vraag is het de bedoeling dat je het antwoord geeft in termen van m , h en f .

- a) Bereken de snelheid v van het deeltje na de botsing (in het Home Frame).
- b) Bereken de massa M van het deeltje na de botsing.
- c) Geef de kinetische energie van het deeltje na de botsing (in het Home Frame).
- d) Laat zien dat de frequentie f van het inkomende foton in het Centre of Mass-frame

gegeven wordt door:
$$f_{CM} = \frac{mf}{\sqrt{2mhf + m^2}}$$

Opmerking: Het Centre of Mass-frame is het inertiaalstelsel waarin de totale impuls gelijk is aan nul.

Beoordeling

- | | |
|----|---|
| 1a | 2 punten |
| 1b | 3 punten |
| 1c | 3 punten |
| 2a | 3 punten (1 punt aftrek voor elke fout, maximaal 3 punten aftrek) |
| 2b | 1 punt |
| 2c | 1 punt |
| 2d | 3 punten |
| 3a | 3 punten |
| 3b | 3 punten |
| 3c | 2 punten |
| 3d | 2 punten |
| 3e | 2 punten |
| 4a | 2 punten |
| 4b | 2 punten |
| 4c | 2 punten |
| 4d | 2 punten |

Toetscijfer = aantal punten/4 +1