

Schrijf op ieder vel dat je inlevert naam en studentnummer.

Opgave 1

- a) Geef de twee belangrijkste aannames waarop de relativiteitstheorie is gebaseerd.
- b) Henk en Ingrid zitten in een trein die met constante snelheid een station passeert. Aan de uiteinden van het perron staan twee gesynchroniseerde stationsklokken. Bij passage van de klokken leest Henk de stationsklokken af terwijl Ingrid haar horloge afleest. Welk soort tijdinterval meten Henk en Ingrid?
Neem de tabel over met de juiste keuze voor ja/nee.

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

Twee gebeurtenissen vinden plaats 7 seconden na elkaar (in de tijd) en 5 seconden van elkaar qua afstand.

- c) Bereken het ruimtetijd interval tussen deze twee gebeurtenissen.
d) Geef aan of dit ruimte-tijd interval tijdachtig, lichtachtig of ruimteachtig is.
e) Geef aan of er een inertiaalstelsel bestaat waarin de gebeurtenissen op de zelfde plaats plaatsvinden. Zo ja, welke snelheid moet dit stelsel dan hebben t.o.v. het Home Frame. Zo nee, geef een argumentatie waarom niet.

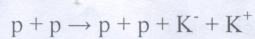
Opgave 2

Twee ruimteschepen Alfa en Bèta passeren elkaar op $t = 0$. Alfa heeft een snelheid $v_\alpha = 0,2$ en Bèta een snelheid $v_\beta = 0,6$, beiden in de positieve x-richting van het Home Frame. Op $t = 5$ h wordt door Alfa een lichtsignaal uitgezonden naar Bèta dat onmiddellijk met een lichtsignaal beantwoord wordt.

- a) Teken een ruimtetijddiagram waarin de wereldlijnen van de ruimteschepen en van de lichtflitsen zijn aangegeven.
- b) Bepaal de coördinaten (tijd en plaats) van elk van de volgende drie gebeurtenissen in het Home Frame.
- Gebeurtenis A: Uitzending van de lichtflits door Alfa
Gebeurtenis B: Ontvangst van de eerste lichtflits en uitzending van de tweede lichtflits door Bèta
Gebeurtenis C: Ontvangst van de tweede lichtflits door Alfa
- c) Kies het stelsel waarin Bèta in rust is als Other Frame. Geef in het ruimte-tijddiagram de coördinaatassen van dit stelsel weer en breng hierop een schaalverdeling aan. Beschrijf hoe je dit doet.
- d) Bepaal grafisch de coördinaten van de drie gebeurtenissen in het Other Frame.
- e) Bereken de coördinaten van de drie gebeurtenissen in het Other Frame m.b.v. de Lorentztransformatie.
- f) Bereken de snelheid van ruimteschip Alfa voor een waarnemer in het ruimteschip Bèta.

Opgave 3

Een proton botst met hoge snelheid β tegen een stilstaand proton. Hierbij worden twee kaonen gevormd.



Beschouw de situatie waarin de kinetische energie van het inkomende proton net genoeg is om de reactie te laten verlopen. De deeltjes na de botsing hebben dan allemaal dezelfde snelheid β_1 .

- a) Geef de wet van behoud van 4-impuls voor deze botsing.
- b) Laat zien dat voor de totale 4-impuls geldt: $P_t^2 - P_x^2 - P_y^2 - P_z^2 = (2\gamma + 2)m^2$,
waarbij: $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$
- c) Bereken de minimale kinetische energie K van het inkomende proton die nodig is om de reactie mogelijk te maken.

Opm.: Hierbij kan gebruik gemaakt worden van het van de in vraag b gegeven relatie.

Gegevens:

Massa van het proton: $m = 938,3 \text{ MeV}$

Massa van het kaon: $m_K = 493,6 \text{ MeV}$

Opm.: Als je er niet in slaagt om vraag c te beantwoorden, geef dan in elk geval een uitdrukking voor de kinetische energie in termen van γ en m .