

Tentamen Speciale Relativiteitstheorie

21 oktober 2002

Opgave 1.

Een elementair deeltje met massa m ontstaat op zeker moment uit kosmische straling in de atmosfeer, met een snelheid u . Het vervalt een tijd T_0 na zijn ontstaan. Deze levensduur betreft dus de eigen tijd van het deeltje. We willen bepalen welke afstand het deeltje aflegt gedurende zijn levensduur. Het stelsel in rust ten opzichte van de Aarde nemen we als S , het stelsel dat meereist met het deeltje noemen we als S' . De plaats waar het deeltje ontstaat nemen we als de gemeenschappelijke oorsprong.

- Beargumenteer dat plaats en tijd van verval in het stelsel S' van het deeltje worden beschreven door $x' = 0$ en $t' = T_0$.
- Bepaal de afstand die het deeltje gedurende zijn leven heeft afgelegd, dus de positie in S op het moment van verval.
- Bepaal de levensduur van het deeltje gezien vanuit het stelsel S van de Aarde uit het tijdstip van verval.
- Als de afgelegde afstand gelijk is aan cT_0 , hoe groot was dan de snelheid u van het deeltje? Geef ook een uitdrukking voor de impuls van het deeltje in dit speciale geval.

Opgave 2.

Twee ruimtereizigers vertrekken op hetzelfde moment vanaf de Aarde in tegengestelde richtingen. Reiziger R_1 heeft de snelheid $4c/5$, reiziger R_2 heeft de snelheid $-3c/5$. Ze zenden beide na een jaar (in hun eigen stelsel) een radiotelegram naar huis en naar elkaar. De aankomst bij R_1 van het bericht van R_2 is gebeurtenis 1, de aankomst bij R_2 van het bericht van R_1 is gebeurtenis 2. Bij het beantwoorden van de vragen mag u zonder afleiding de uitdrukking voor de Dopplerfactor k uit de Uitbreiding gebruiken.

- Bereken de snelheid van de reizigers ten opzichte van elkaar.

- b. Bepaal na hoeveel jaar de thuisblijvers het bericht ontvangen van R_1 , en van R_2 .
- c. Bepaal na hoeveel jaar R_1 (in zijn eigen tijd) het bericht ontvangt van R_2 en omgekeerd.
- d. Geef de plaats en het tijdstip in het Aardestelsel S van de gebeurtenis 1, dus van de aankomst van het bericht van R_2 bij R_1 .
- e. Geef de plaats en het tijdstip in het Aardestelsel S van de gebeurtenis 2, dus van de aankomst van het bericht van R_1 bij R_2 .

Opgave 3.

Een ruimteschip met massa M_0 is met snelheid u op thuisreis naar de Aarde. Bij aankomst zendt het schip een lichtflits uit in voorwaartse richting die het schip tot stilstand brengt.

- a. Bepaal de energie E_1 van de flits.
- b. Bepaal de massa M_1 van het schip na de remprocedure.

Na een verblijf thuis wordt een flits in achterwaartse richting uitgezonden om het schip weer zijn oorspronkelijke snelheid u te geven. Bedenk dat in dit laatste geval de impuls van de flits negatief is.

- c. Bepaal de massa M_2 die daarna nog over is, en de energie E_2 van deze tweede flits.
- d. Hoe groot was u als na het remmen het schip nog een derde van zijn massa overheeft (dus als $M_1/M_0 = 1/3$)?
- e. Hoe groot is in dit geval de uiteindelijk overblijvende fractie van de oorspronkelijke massa (M_2/M_0)?