

# Tentamen Relativiteitstheorie

vrijdag 3 maart 2000, 9-12 uur      zaal 5111.0080

**Gebruik voor elke opgave een apart vel. Schrijf op elk vel je naam en studentnummer.**

---

## Opgave 1. (20 punten)

Een ruimteschip A vertrekt van de aarde met snelheid  $v$ . Bij vertrek zijn de klokken op aarde en in het ruimteschip gesynchroniseerd op  $t = t' = 0$ .

Een (aardse) tijd  $T$  later vertrekt een ruimteschip B van de aarde met snelheid  $u$ , in dezelfde richting als A. Aangezien  $u > v$ , wordt A door B ingehaald.

- Op welk tijdstip, volgens de klokken in A, vertrekt het ruimteschip B van de aarde?
  - Op welk tijdstip, volgens de klokken in A, wordt A door B ingehaald?
  - Welke snelheid heeft ruimteschip B volgens een waarnemer in A?
- 

## Opgave 2. (25 punten)

Een bundel protonen wordt langs de x-as versneld over een potentiaalverschil van 1 GeV.

- Wat is de totale energie  $E$  van een proton ?
- Wat is hun impuls  $P_x$  (in MeV/c) ?
- Wat is hun snelheid  $u_x = \beta \cdot c$  ?

De bundel loopt tussen twee evenwijdige platen door waartussen een transversaal elektrisch veld  $\vec{E} = E \cdot \hat{y}$  heerst, met  $E = 10^6$  V/m. De platen zijn 1 m lang.

We verwaarlozen een eventuele verandering van  $u_x$  van de protonen.

- Laat zien dat de impuls van een proton in de y-richting wordt gegeven door

$$P_y = \frac{qEx}{\beta c}$$

waarin  $q$  de lading van een proton is en  $x$  de positie van een proton langs de bundelrichting, gemeten ten opzichte van het begin van de platen.

- Bereken de hoek tussen de snelheidsvector  $\vec{u}$  van de protonen en de x-as nadat de bundel de platen is gepasseerd.
-

---

**Opgave 3.** (25 punten)

Twee afzonderlijke gebeurtenissen hebben in het coördinatenstelsel S de plaats- en tijdcoördinaten  $(x_1, t_1)$  en  $(x_2, t_2)$ . Beantwoord nu de volgende vragen:

- a. Een coördinatenstelsel S' beweegt met een dusdanige snelheid langs de positieve x-as van S, dat de hierboven beschreven gebeurtenissen in S' gelijkplaatsig zijn (d.w.z. dezelfde plaatscoördinaten hebben). Toon aan dat voor het tijdsinterval  $\Delta t'$  tussen beide gebeurtenissen in S' geldt:

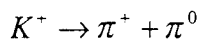
$$\Delta t' = \sqrt{(\Delta t)^2 - (\Delta x)^2 / c^2}$$

Hierin is  $\Delta x = x_2 - x_1$  en  $\Delta t = t_2 - t_1$ .

- b. Toon aan dat voor  $\Delta x > c\Delta t$ , er geen stelsel S' bestaat waarin de twee gebeurtenissen gelijkplaatsig zijn.
- c. Toon aan dat er in dat geval een inertiaalstelsel S' bestaat waarin beide gebeurtenissen simultaan zijn (op dezelfde tijd plaatsvinden).
- d. Bepaal in dat geval de afstand tussen de gebeurtenissen in S', uitgedrukt in  $\Delta x$ ,  $\Delta t$  en  $c$ .
- 

**Opgave 4.** (20 punten)

Beschouw de volgende vervalsreactie:



Het  $K^+$  -meson is in rust als het verval plaatsvindt. De massa's van de mesonen worden gegeven door respectievelijk  $m_K$ ,  $m_+$  en  $m_0$ .

Geef een uitdrukking voor de energiën  $E_+$  en  $E_0$  van de vrijkomende deeltjes in termen van deze massa's.

---