

## Øving 13

Gjennomgang: Torsdag 23. november

### Oppgave 1

- a)  $\bar{S}$ iv spaserer med en hastighet 5 km/t i fartsretningen inne i et tog som kjører med en hastighet 80 km/t. Bestem  $\bar{S}$ ivs hastighet i forhold til Sam, som betrakter det hele fra perrongen, både i følge Galileo og i følge Einstein. Hvor stor (prosentvis) feil gjør Galileo i dette tilfellet?
- b)  $\bar{S}$ iv løper nå med en hastighet  $c/2$  inne i toget som kjører med en hastighet  $3c/4$ . Hva er nå  $\bar{S}$ ivs hastighet i forhold til Sam.
- c) Vis at så lenge  $\bar{S}$ iv løper og toget kjører med hastigheter som begge er mindre enn  $c$ , vil  $\bar{S}$ ivs hastighet i forhold til Sam også være mindre enn  $c$ .

### Oppgave 2

Sam er en dag vitne til følgende dramatiske opptrekk:

$\bar{S}$ iv har koka Arnes øving i bølgefysikk og blir dessverre (for henne) oppdaget. Arne er av den nådeløse typen og fyrer av et skudd med pistolen sin etter  $\bar{S}$ iv, som prøver å komme seg unna. Sam noterer at  $\bar{S}$ iv er raskere enn Arne; de to løper med hastigheter henholdsvis  $5c/8$  og  $3c/8$ . Pistolen gir kula en utgangshastighet  $5c/16$  (i forhold til pistolen). Klarer  $\bar{S}$ iv å unnsnippe?

### Oppgave 3

Anta at du har stilt opp en lang rekke med synkroniserte klokker, en for hver 300000. km. Hvilken tid *ser* du på klokke nummer 201 når den du har rett ved siden av deg (nummer 1) er 12:00:00? Hvilken tid *observerer* du på klokke nummer 201?

## Oppgave 4

Relativitetsteori handler ikke bare om *tenkte* eksperimenter (*gedanken* experiments): Når høyenergetiske partikler (for eksempel protoner) kolliderer med atomer i den øvre delen av atmosfæren (15 - 20 km over bakken), genereres det nye partikler, for eksempel såkalte pioner. Pioner kan være elektrisk nøytrale eller ha ladning  $+e$  eller  $-e$ . Uansett er de svært ustabile, med levetider bare noen få ns (nanosekunder). Et ladet pion spaltes ("henfaller") fortrinnsvis til et myon og et (myon-)nøytrino, eksempelvis

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$$

Myonet er også ustabil og spaltes fortrinnsvis til et positron (eventuelt elektron, hvis det er snakk om  $\mu^-$ ), et nøytrino og et antinøytrino,

$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu + \bar{\nu}$$

Laboratorieeksperimenter viser at levetiden til myoner med lave hastigheter (dvs essensielt i ro) er ca  $2.2 \mu\text{s}$ . Hvordan kan det da ha seg at en betydelig andel av myonene som dannes i den øvre delen av atmosfæren når helt ned til jordoverflaten? Den gjennomsnittlige energien til myonene som når jordoverflaten er målt til ca 2 GeV, mens myonets hvileenergi er ca 105.7 MeV. (Merk at "levetid" her må oppfattes som "midlere levetid": Noen myoner lever kortere enn dette mens andre lever lenger.)

## Oppgave 5

En partikkel A beveger seg med hastighet  $\mathbf{u}$  i inertialsystemet  $S$  og med hastighet  $\bar{\mathbf{u}}$  i inertialsystemet  $\bar{S}$ .  $\bar{S}$  beveger seg med hastighet  $\mathbf{v} = v\hat{x}$  i forhold til  $S$ . Finn  $\bar{\mathbf{u}}$  uttrykt ved  $\mathbf{u}$  og  $\mathbf{v}$  (og  $c$ , selvsagt).

## Oppgave 6

$\bar{S}$ iv og Sam er tvillinger. Når de fyller 18 år, får de hver sin klokke av foreldrene. Fra sin rike onkel i Amerika får  $\bar{S}$ iv og Sam et hurtiggående romskip.  $\bar{S}$ iv er glad i å reise og bestemmer seg for å ta en tur til Epsilon Indi, en stjerne som ligger ca 12 lysår unna jorden. For Sam gjelder "borte bra men hjemme best", så han blir hjemme.  $\bar{S}$ iv får raskt romskipet opp i toppfart som er  $0.98c$ . Epsilon Indi viser seg å være både ugjestmild og forlatt, så  $\bar{S}$ iv vender umiddelbart tilbake til jorden. Hvor gamle er Sam og  $\bar{S}$ iv når  $\bar{S}$ iv går inn for landing?

Bruk  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s der numerisk verdi på lyshastigheten er nødvendig.