Institutt for fysikk, NTNU
TFY4160/FY1002: Bølgefysikk
Høst 2006

Øving 13

Gjennomgang: Torsdag 23. november

Oppgave 1

a) $\overline{\text{S}}$iv spaserer med en hastighet 5 km/t i fartsretningen inne i et tog som kjører med en hastighet 80 km/t. Bestem $\overline{\text{S}}$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) $\overline{\text{S}}$iv løper nå med en hastighet $c/2$ inne i toget som kjører med en hastighet $3c/4$. Hva er nå $\overline{\text{S}}$ivs hastighet i forhold til Sam.

c) Vis at så lenge $\overline{\text{S}}$iv løper og toget kjører med hastigheter som begge er mindre enn c, vil $\overline{\text{S}}$ivs hastighet i forhold til Sam også være mindre enn c.

Oppgave 2

Sam er en dag vitne til følgende dramatiske opptrinn:
$\overline{\text{S}}$iv har kokt 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 $\overline{\text{S}}$iv, som prøver å komme seg unna. Sam noterer at $\overline{\text{S}}$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 $\overline{\text{S}}$iv å unnslippe?

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 ustabilt og spaltes fortrinnsvis til et positron (eventuelt elektron, hvis det er snakk om μ^-), et nøytrino og et antinøytrino,

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

Laboratorieeksperimenter viser at levetiden til myoner med lave hastigheter (dvs essensielt i ro) er ca 2.2 μs. 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 $\boldsymbol{u}$ i inertialsystemet S og med hastighet $\overline{\boldsymbol{u}}$ i inertialsystemet $\overline{S}$. $\overline{S}$ beveger seg med hastighet $\boldsymbol{v} = v\hat{x}$ i forhold til S. Finn $\overline{\boldsymbol{u}}$ uttrykt ved $\boldsymbol{u}$ og $\boldsymbol{v}$ (og c, selvsagt).

Oppgave 6

$\overline{\text{S}}$iv og Sam er tvillinger. Når de fyller 18 år, får de hver sin klokke av foreldrene. Fra sin rike onkel i Amerika får $\overline{\text{S}}$iv og Sam et hurtiggående romskip. $\overline{\text{S}}$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. $\overline{\text{S}}$iv får raskt romskipet opp i toppfart som er $0.98c$. Epsilon Indi viser seg å være både ugjestmild og forlatt, så $\overline{\text{S}}$iv vender umiddelbart tilbake til jorden. Hvor gamle er Sam og $\overline{\text{S}}$iv når $\overline{\text{S}}$iv går inn for landing?

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