

Øving 12

Oppgave 1

a) \bar{S} am spaserer med en hastighet 5 km/t i fartsretningen inne i et tog som kjører med en hastighet 80 km/t. Bestem \bar{S} ams hastighet i forhold til Siv, 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} am løper nå med en hastighet $c/2$ inne i toget som kjører med en hastighet $3c/4$. Hva er nå \bar{S} ams hastighet i forhold til Siv.

c) Vis at så lenge \bar{S} am løper og toget kjører med hastigheter som begge er mindre enn c , vil \bar{S} ams hastighet i forhold til Siv også være mindre enn c .

(Denne deloppgaven er muligens litt vanskelig. Et tips kan være å innføre dimensjonsløse størrelser $\beta = v_{\bar{S}S}/c$, $\beta_1 = v_{\bar{S}T}/c$ og $\beta_2 = v_{TS}/c$. Oppgaven blir da å vise at hvis både $\beta_1 < 1$ og $\beta_2 < 1$, så er også $\beta < 1$, eventuelt $\beta^2 < 1$.)

Oppgave 2

Siv blir en dag vitne til følgende dramatiske opptrinn:

\bar{S} am har kokt Arnes øving i bølgefysikk og blir dessverre (for ham) oppdaget. Arne er av den nådeløse typen og fyrer av et skudd med pistolen sin etter \bar{S} am, som prøver å komme seg unna. Siv noterer at \bar{S} am 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} am 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* (dvs: *måler*) du på klokke nummer 201?

Oppgave 4

\bar{S} am og Siv er tvillinger. Når de fyller 18 år, får de hver sin klokke av foreldrene. Fra sin rike onkel i Amerika får \bar{S} am og Siv et hurtiggående romskip. \bar{S} am 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 Siv gjelder "borte bra men hjemme best", så hun blir hjemme. \bar{S} am får raskt romskipet opp i toppfart som er $0.98c$. Epsilon Indi viser seg å være både ugjestmild og forlatt, så \bar{S} am vender umiddelbart tilbake til jorden. Hvor gamle er Siv og \bar{S} am når \bar{S} am går inn for landing?

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

Oppgave 5

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,

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

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 6

Et positivt ladet pion, π^+ , som ligger i ro, spaltes i to nye partikler, et myon, μ^+ , og et myon-nøytrino, ν_μ . Pionet har masse $m_\pi \simeq 139.57 \text{ MeV}/c^2$, myonet har masse $m_\mu \simeq 105.66 \text{ MeV}/c^2$. Nøytrinoet har så liten masse at vi kan se bort fra denne og sette $m_\nu = 0$.

a) Bruk prinsippet om bevarelse av relativistisk impuls og energi til å vise at myonets energi blir

$$E_\mu = \frac{(m_\pi^2 + m_\mu^2) c^2}{2m_\pi}$$

b) Vis deretter at myonets hastighet blir

$$v_\mu = \frac{m_\pi^2 - m_\mu^2}{m_\pi^2 + m_\mu^2} c$$

Regn ut tallverdier for E_μ og v_μ .

Oppgave 7

En partikkel har i et bestemt inertialsystem total energi 5 GeV og impuls 3 GeV/ c . (Dvs størrelsen cp , med dimensjon energi, har verdien 3 GeV.)

a) Hva er partikkelens energi i et system der impulsen er 4 GeV/ c ?

b) Hva er partikkelens masse?

c) Hva er relativ hastighet mellom disse to inertialsystemene? (Denne relativhastigheten har samme retning som partikkelens hastighet.)

Oppgave 8

En partikkel med masse m og kinetisk energi $2mc^2$ kolliderer med og fester seg til en partikkel i ro med masse $2m$. Hva blir massen M til "komposittpartikkelen"?

Oppgave 9

En partikkel med masse M er i ro i labsystemet og spaltes spontant i tre identiske partikler, hver med masse m . En av partiklene farer vestover med hastighet $4c/5$, en annen farer sørover med hastighet $3c/5$.

a) I hvilken retning, og med hvor stor hastighet farer partikkel nr 3?

b) Bestem masseforholdet M/m .

Oppgave 10

To satellitter beveger seg i motsatt retning, med hastigheter henholdsvis $-v$ og v relativt deg. Den ene satellitten sender ut elektromagnetiske bølger med frekvens f_0 . Hva er frekvensen f på signalet som den andre satellitten mottar? Hva blir forholdet f/f_0 dersom $v \ll c$?

Noen svar:

7 a) 5.66 GeV. b) 4.3 u. c) 0.186c.

8 4.1m.

9 a) 29° , 0.837c. b) 4.74.