FY1002/TFY4160 Bølgefysikk. Institutt for fysikk, NTNU. Høsten 2010.
Veiledning: Tirsdag 23. og onsdag 24. november. Innlev.frist: Mandag 29. november kl 12:00.

Øving 13

Spesiell relativitetsteori.

Oppgave 1

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 2

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 $m_\pi \simeq 139.57$ MeV/c^2, myonet har masse $m_\mu \simeq 105.66$ 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

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

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 3

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 4

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 "kompositttpartikkelen"?

Oppgave 5

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.

Noen svar:
3 a) 5.66 GeV. b) 4.3 u. c) $0.186c$.
4 $4.1m$.
5 a) 29°, $0.837c$. b) 4.74.