NTNU

Institutt for fysikk

Faglig kontakt under eksamen:
Professor Kjell Mork
Telefon: 9 18 65 eller 41 61 67 73

Eksamen i FY3403 PARTIKKELFYSIKK
Torsdag 4. desember 2003
09:00–15:00

Tillatte hjelpemidler: Alternativ **C**
Typegodkjent kalkulator, med tomt minne (i henhold til NTNU liste).
K. Rottman: *Matematisk formelsamling*

Sensuren faller 4. januar 2004

Dette oppgavesettet er på 2 sider.

Oppgave 1.
Comptoneffekt er en kollisjon mellom et elektron og et foton. Energi-impuls er gitt ved firerimpulsene p_1 og k_1 for innkommende partikler og p_2 og k_2 for utgående partikler, respektivt. (Bruke $h = 1$, $c = 1$ om du vil)

a) Hva er en relativistisk invariant? Hvordan definerer vi laboratoriesystemet (lab.) og tyngdepunktsystemet (eller massesentersystemet, cm.) for prosessen? Vis for Comptoneffekten at forbindelsen mellom energiene til innkommende foton i de to systemene er gitt ved

$$\omega_1^\ell = \omega_1^c \left(\sqrt{(\omega_1^c)^2 + m^2} + \omega_1^c \right) / m.$$

b) Sett opp energi-impuls balansen for Comptonprosessen. Anta at i lab. systemet kommer fotonet ut med en spredningsvinkel θ. Utled for lab. systemet Comptonrelasjonen mellom energien til utgående foton uttrykt ved energien til innkommende foton og spredningsvinkelen.

c) Vis at i tyngdepunktsystemet er elektronenergier og fotonenergier respektivt like, $E_1 = E_2$, $\omega_1 = \omega_2$. Anta at i tyngdepunktsystemet kommer fotonet ut med spredningsvinkel lik 90°. Hvilken spredningsvinkel har fotonet da i lab. systemet? Sett $\omega_1^c = m$.

d) I tripletprosessen $\gamma + e^- \to e^+ + e^- + e^-$ kolliderer et foton med et elektron og fotonet konverterer til et elektron positron par. Hva er den minste energien fotonet må ha for at prosessen skal være mulig? Angi svaret både i tyngdepunktsystemet og i lab. systemet.

Oppgave 2.

a) Angi kort hvilke elementærpartikler vi har og deres viktigste egenskaper. Fortell spesielt om hvilke partikler vi kan få ved bindinger av kvarker.

b) Dersom vi antar en $SU(3)_{\text{flavour}}$ symmetri mellom de tre letteste kvarkene kan vi bruke SU(3) til å forutsi meson og baryon-multipletter. Anta diagram for 3 og $\overline{3}$ representasjonene og plasser kvarkene og antikvarkene i disse. Vis med geometrisk konstruksjon hva resultatet blir av en kobling av 3 og $\overline{3}$ representasjonene og plasser der de letteste mesonene med respektive symboler og kvantetall.

c) Bruk Young tablå til å finne dimensjonene på de irredusible representasjonene vi får ved en sammensetning av tre kvarker. Tegn opp diagrammet for en dekuplet og angi noen av de letteste baryonene som inngår i en slik dekuplet. Kommenter symmetriegenskapene for bølgefunksjonene til partiklene i dekupletten.

Oppgave 3.

En nøkkel til oppdagelsen av paritetsbruddet var det såkalte θ–τ paradokset der to tilsynelatende like partikler desintegrerte forskjellig. Forklar problemstillingen og skisser også det eksperimentet som først påviste paritetsbruddet.

Oppgave 4.

Det ikke-relativistiske differensielle spredningstverrsnittet for Comptoneffekten er

$$\mathrm{d}\sigma = \frac{1}{2} r_0^2 \left(1 + \cos^2\theta\right) \mathrm{d}\Omega$$

når elektronet er i ro i starten og θ er fotonets spredningsvinkel.

a) Finn det totale spredningstverrsnittet σ.

b) Når en partikkelstråle med N partikler går et kort stykke $\mathrm{d}x$ gjennom et materiale som har en tetthet ρ_s spredere pr. volumenhet blir totalt et antall partikler $\mathrm{d}N$ spredt, $\mathrm{d}N = N\rho_s\sigma\,\mathrm{d}x$. Finn hvor mange partikler som spres ut av strålen når den går et langt stykke x gjennom materialet.

c) Finn hvor langt en stråle med ikke-relativistiske fotoner vil gå i karbon før intensiteten er halvert på grunn av Comptonspredning.

Oppgitt:

For karbon C er atomvekten $A = 12$, protontallet $Z = 6$, tettheten ρ kan settes til 2 gram/cm^3.
Avagadros tall $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}.
Klassisk elektronradius $r_0 = 2.179 \cdot 10^{-15}$ m.
Atomisk masseenhet $u = 1.6605 \cdot 10^{-27}$ kg.