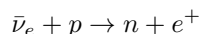


Tentamen i FUF050 Subatomär Fysik, F3

Tid: 2013-01-18 em
Hjälpmedel: Physics Handbook, nuklidkarta, Beta, Chalmersgodkänd räknare
Poäng: Totalt 75 poäng, för betyg 3 krävs 40 poäng, för betyg 4 krävs 60 poäng, för betyg 5 krävs 80 poäng.
Ev. poäng från inlämningar inkluderas.
Frågor: Thomas Nilsson, tel. 772 3258, 0702-144 195

1. Supernovan SN1987A exploderade 23 februari 1987 och frigjorde $N \approx 10^{57}$ antineutriner, varav ett antal kunde detekteras av Kamiokande-detektorn i Japan. Avståndet till supernovan var 140000 ljusår från jorden. Detektorn bestod av 2000 ton vatten och kunde detektera de positroner som producerades i det inversa β -sönderfallet:

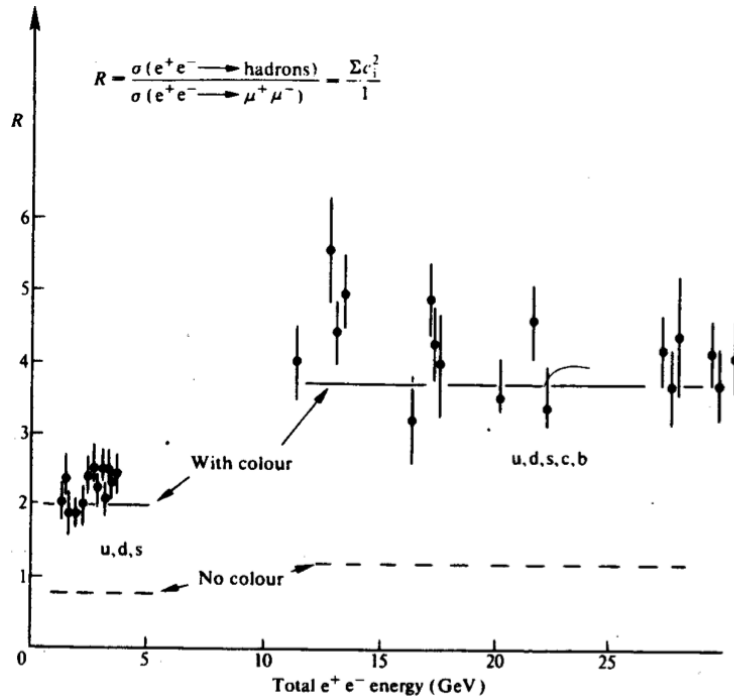


genom reaktioner med väteatomerna. Tvärsnittet för denna reaktion vid neutrinernas medelenergi 15 MeV är $\sigma = 2 \cdot 10^{-45} m^2$. Hur många neutriner kan man förväntas detektera om detektionseffektiviteten för de producerade positronerna är 100%? (10 p)

2. Använd semi-empiriska massformeln för att visa under vilka villkor en deformationerad kärna fissionerar spontant, dvs. då en ökande deformation leder till energivinst. Anta att kärnan är en ellipsoid med axlarna $a = R(1 + \epsilon)$ och $b = R(1 + \epsilon/2)$ uttryckt i deformationsparametern ϵ . (10 p)

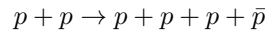
Ledtråd: Anta att yt-termen approximativt skalar enligt $(1 + 2/5\epsilon^2 + \dots)$ och Coulomb-termen enligt $(1 - 1/5\epsilon^2 + \dots)$

3. Redogör för de processer varmed element tyngre än järn bildats. Beskriv varför förloppet inte kan förklaras med endast en process. (10 p)
4. Beskriv de grundläggande typerna av växelverkan som existerar, även med avseende på utbytespartiklar och räckvidd. Rita ett Feynmandiagram för någon typ av växelverkan. (10 p)
5. Färgkvanttal i kvarkmodellen:
 - a. Varför måste färgkvanttalet införas för att beskriva Ω^- ? (5 p)
 - b. Hur har existensen av färgkvanttal kunnat påvisas experimentellt (se fig. 1)? En kvalitativ förklaring är tillräcklig. (5 p)



Figur 1: Färgkvanttal

6. Vid FAIR-anläggningen, som är under konstruktion i Tyskland, kommer ett flertal forskningsprojekt använda strålar av antiprotoner. Antiprotoner kan produceras med hjälp av en protonstråle på ett stationärt strålmål bestående av väte genom reaktionen:



- Förklara varför inte en antiproton kan skapas utan att samtidigt skapa ytterligare en proton (2 p)
 - Rita ett kvarkdiagram för ovanstående reaktion (3 p)
 - Vilken är den lägsta kinetiska energi som krävs för protonstrålen för att reaktionen ska kunna inträffa? (5 p)
7. Visa att differentiella tvärsnittet för Rutherfordspridning kan skrivas

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{zZe^2}{4\pi\epsilon_0}\right)\left(\frac{1}{4T_a}\right)\frac{1}{\sin^4\frac{\theta}{2}}$$

(15 p)

(Ledning: $v = \frac{dr}{dt}\hat{r} + r\frac{d\hat{\beta}}{dt}$)

Lösningsskisser tentamen FUF050 Subatomär Fysik 130118

Thomas Nilsson

31 januari 2013

1. Antalet neutriner per ytenhet vid jorden är:

$$\rho = \frac{10^{57}}{4\pi(140000 \cdot 9,46 \cdot 10^{15})^2} = 4,5 \cdot 10^{13} m^{-2}$$

2000 ton vatten innehåller

$$N = \frac{2}{18} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \cdot 2 \cdot 10^9 = 1,3 \cdot 10^{32}$$

väteatomer. Antalet detekterade neutriner blir då:

$$N_{det} = \sigma \cdot \rho \cdot N = 2 \cdot 10^{-45} \cdot 4,5 \cdot 10^{13} \cdot 1,3 \cdot 10^{32} = 12$$

2. Se räkneövningsanteckningar
3. Se kurslitteratur och slides, exempel på punkter som bör vara med:
- s- och r-process, neutronflöde
 - isotoper "skyddade" från r-process av stabila isotoper
 - produktion av de tyngsta elementen och neutronrika som ej nås i s-process
4. Se kurslitteratur, punkter som bör vara med:
- Samtliga fyra typer av växelverkan med utbytespartiklar
 - Utbytespartiklarnas massa relaterat till räckvidden
5. Se kurslitteratur och slides
6. a. Laddnings-och baryontal måste bevaras
- b. Kan göras på ett flertal sätt där ett par av uud och $\bar{u}\bar{d}$ skapas.

- c. För att skapa ett system W som kan sönderfalla i tre protoner och en antiproton måste det ha minst den invarianta massan $m_W = 4m_p$. Bilda invarianta massan genom

$$\begin{aligned}\vec{W} &= \vec{P}_b + \vec{P}_t \\ -m_W^2 c^2 &= \vec{W}^2 = \vec{P}_b^2 + \vec{P}_t^2 + 2\vec{P}_b \cdot \vec{P}_t = -2m_p^2 c^2 + 2\vec{P}_b \cdot \vec{P}_t\end{aligned}$$

där p_b och p_t är strål- respektive strålmålsprotonen med $\vec{P}_b = [0, 0, p_b, E_p/c]$, $\vec{P}_t = [0, 0, 0, m_p c]$. Sätt in detta samt tröskelvärdet:

$$\begin{aligned}-m_W^2 c^2 &= -16m_p^2 c^2 = -2m_p^2 c^2 - 2m_p E_p \\ 7m_p c^2 &= E_p\end{aligned}$$

Totala energin måste alltså minst motsvara $7m_p c^2$, alltså $T_b > 6m_p c^2 = 5.63 \text{ GeV}$ kinetisk energi.

7. Se räkneövningsanteckningar