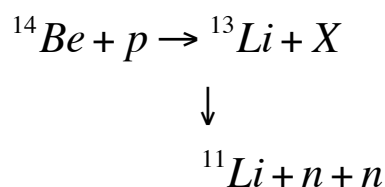


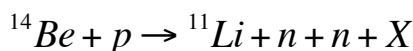
Tentamen i FUF050 Subatomär Fysik, F3

- Tid: 2011-01-14 fm
- Hjälpmedel: Physics Handbook (med tillhörande 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 32 58/0702 144195

1. I ett experiment vid GSI, Darmstadt, upptäcktes nyligen den obundna kärnan ^{13}Li i form av ett resonanstillstånd i reaktionen



genom att detektera sönderfallsprodukterna ^{11}Li tillsammans med två neutroner. X representerar här partiklar som inte detekteras. Dessa produkter kan emellertid resultera direkt från ^{14}Be utan att ^{13}Li bildas, enligt:

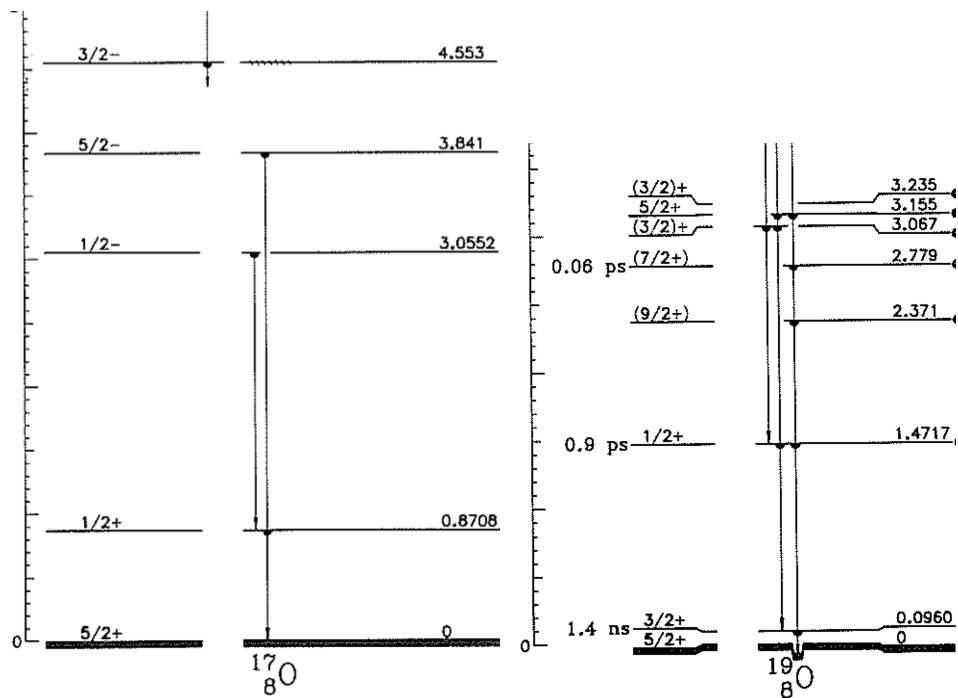


- a. Beskriv hur man kan skilja en reaktion med produktion av ^{13}Li från den direkta reaktionen. (10 p)
- b. Hur kan livslängden hos en kortlivad partikel såsom en ρ -meson bestämmas experimentellt? (5 p)
2. Använd semi-empiriska massformeln för att visa under vilka villkor en deformationerad kärna fissionerar spontant, dvs. då en ökande deformation leder till energivinst. Anta att kärnan är en ellipsoid med axlarna $a = R(1 + \varepsilon)$ och $b = R(1 + \varepsilon/2)$ uttryckt i deformationsparametern ε . (10 p)
- Ledtråd: Anta att yt-termen approximativt skalar enligt $(1 + \frac{2}{5}\varepsilon^2 + \dots)$ och Coulomb-termen enligt $(1 - \frac{1}{5}\varepsilon^2 + \dots)$
3. Redogör för processerna i CNO-cykeln. Jämför denna med pp-kedjan med avseende på fusion av väte till helium. (10 p)
4. Beskriv hur tritiums sönderfall potentiellt kan användas för att bestämma elektronneutrinons massa (10 p)
5. Genom att skicka en stråle av ${}^9\text{Li}$ på ett strålmål av deutererad plast (där väte ersatts med deuterium, kemisk formel C_6D_6) kan compoundkärnan ^{11}Be bildas. Antag att tvärsnittet för reaktionen

Ytterligare uppgifter finns på baksidan

är 11 mb, strålintensiteten är $2 \cdot 10^7/s$, energin 3,9 MeV/u och att strålmålet (plastfolien) har tjockleken $120 \mu\text{g}/\text{cm}^2$:

- a. Hur många ^{11}Be bildas per sekund? (5 p)
 - b. Vilken excitationenergi får compoundkärnan? (5 p)
6. Om man jämför de lågt liggande tillstånden i ^{17}O och ^{19}O (se fig. 1) finner man att den största skillnaden är att ^{19}O har två extra tillstånd med spinn-paritet $3/2^+$ och $9/2^+$. Visa att dessa tillstånd kan uppstå från konfigurationen $(d_{5/2})^3$ och därför inte förväntas förekomma i ^{17}O . (10 p)
7. J/ψ -partikeln och dess exciterade tillstånd kallas ibland för "den starka växelverkans positronium";
- a. Motivera varför dessa system lämpar sig för studier av den starka växelverkan (4 p)
 - b. Vilka av följande sönderfallskanaler är möjliga för J/ψ -partikeln? Indikera möjliga processer på kvarknivå för dessa, visa vilka urvalsregler som bryts för övriga. (6 p)
 - i. $J/\psi \rightarrow D_0 \bar{D}_0$
 - ii. $J/\psi \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$
 - iii. $J/\psi \rightarrow p + \bar{p} + \omega$



Figur 1 Lågenergetiska tillstånd i $^{17,19}\text{O}$

Lösningsskisser tentamen FUF050 Subatomär Fysik 110114

Thomas Nilsson

14 januari 2011

1. a Bilda invarianta massan för systemet av utgående partiklar genom att mäta samtliga utgående rörelsemängdsvektorer och identifiera samtliga partiklar. För de resulterande fyr-vektorerna gäller då ^{13}Li bildas:

$$\vec{P}_{13} = \vec{P}_{11} + \vec{P}_{n1} + \vec{P}_{n2}$$

Invarianta massan:

$$-m_{13}^2 c^2 = (\vec{P}_{13})^2$$

ger då en topp vid resonansens vilomassa, medan direktproducerade partiklar ger en bred fasrumsfördelning.

- b Genom att mäta bredden på den invarianta massan och använda onogrannhetsrelationen.

2. Se räkneövningsanteckningar

3. Se Krane, exempel på punkter som bör vara med:

- hela CNO-cykeln
- undvikande av flaskhalsen (svag växelverkan) $^1\text{H} + ^1\text{H} \rightarrow ^2\text{H} + e^+ + \nu$

4. Se Krane

5. a Strålmålet har lika många deuteroner som kolatomer, varje "par" har molmassan $M_{CD} \approx 14 \text{g/mol}$

Antal deuteroner/areaenhet:

$$N_d = \frac{\rho N_A}{M_{CD}} = \frac{1.2 \cdot 10^{-4} \cdot 6.02 \cdot 10^{23}}{14} \left[\frac{\text{g/cm}^2}{\text{mol} \cdot \text{g/mol}} \right] = 5.16 \cdot 10^{18} \text{cm}^{-2}$$

Produktionshastighet:

$$\begin{aligned} R &= I \cdot N_d \cdot \sigma \\ &= 2 \cdot 10^7 \cdot 5.16 \cdot 10^{18} \cdot 11 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-24} [\text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{barn} \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{barn}}] \\ &= 1.1 \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

- b ${}^9\text{Li}$ fusionerar med ${}^2\text{H}$ och bildar compoundkärnan ${}^{11}\text{Be}^*$. För denna gäller att:

$$\vec{P}_{11^*} = \vec{P}_9 + \vec{P}_d \quad (1)$$

där

$$\vec{P}_9 = [0, 0, p_9, E_9/c], \vec{P}_d = [0, 0, 0, m_d c]$$

kvadrera 1:

$$\begin{aligned} -m_{11^*}^2 c^2 &= \vec{P}_{11^*}^2 = (\vec{P}_9 + \vec{P}_d)^2 \\ &= \vec{P}_9^2 + \vec{P}_d^2 + 2\vec{P}_9 \cdot \vec{P}_d \\ &= -m_9^2 c^2 - m_d^2 c^2 - 2m_d E_9 \\ &= -m_9^2 c^2 - m_d^2 c^2 - 2m_d (T_9 + m_9 c^2) \end{aligned}$$

alltså är excitationenergin:

$$\begin{aligned} E^* &= (m_{11^*} - m_{11})c^2 \\ &= (\sqrt{m_9^2 + m_d^2 + 2m_d(T_9/c^2 + m_9)} - m_{11})c^2 \end{aligned}$$

med $m_{11} = M({}^{11}\text{Be}) = 11.021658$ u, $m_9 = M({}^9\text{Li}) = 9.0267895$ u, $m_d = M({}^2\text{H}) = 2.01410179$ u och $T_9 = 9 \cdot 3.9$ MeV fås $E^* = 24.3$ MeV. En icke-relativistisk lösning är givetvis även OK då $T_9 \ll m_9$.

6. Se räkneövningsanteckningar

7. a Se Krane, punkter som bör vara med:

- J/ψ och andra charmonium-tillstånd består av ett $c\bar{c}$ -par med excitationsspektrum som ej är starkt beroende av kvarkmassorna
- sönderfaller ej genom stark växelverkan vilket ger lång livslängd och liten bredd

b Kvarkelementarprocesser för iii) kan göras på flera sätt då ingående och utgående partiklarna består av kvark-antikvarkpar (Överraskande nog fanns inte ω -mesonen med i PH, den nödvändiga informationen gavs under tentamen.)

- i. Bryter energikonservering
- ii. Bryter leptontal L_e och L_μ
- iii. OK