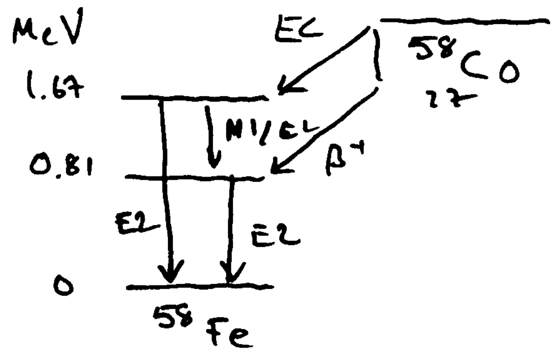
1. Isotopen $^{249}_{97}Bk$ har stabil deformation med deformationsparametern $\varepsilon \approx 0.2$ . Energierna för de åtta första exciterade tillstånden är 8.8, 39.6, 41,8, 82.6, 93.7, 137.7, 155.8 och 204.6 keV. Inordna dessa tillstånd samt grundtillståndet i två rotationsband. Ange rörelsemängdsmoment och paritet för samtliga tillstånd. Det relevanta Nilssondiagrammet bifogas som Figur 1. *)

(3 p.)

2. Ett förenklat sönderfallsschema för $^{58}Co$ visas nedan. Betasönderfallen är av tillåten typ. Vilka värden på impulsmoment och partiet erhålles för de i figuren angivna kärntillstånden.




(2p.)

3. Flödet av neutriner från solen är $10^{11}$ per $cm^2$ och sekund. En Volvo 240 antas bestå av 1 ton järn.

a) Bestäm den inducerade radioaktiviteten i järnet efter 24 timmar om tvärsnittet för bildning av $^{56}Mn$ i inverst betasönderfall är $10^{-20}$ b? Halveringstiden för $^{56}Mn$ är 2 timmar och 36 minuter.

b) Hur stor är aktiviteten efter ytterligare 24 timmar om man antar att neutrinoströmmen plötsligt upphör?

( 3p.)

4. Enligt Fermis teori för betasönderfall kan ett betaspektrums form beskrivas som funktion av kinetiska energin, $T_e$, för elektronen. Visa att då $Q << m_e c^2$ är medelenergin av ett betaspektrum $< T_e > = 1/3\ Q$. (Q är ändpunktsenergin för betasönderfallet och $m_e$ elektronmassan)

Hur stor blir medelenergin som antineutrinerna för med sig vid sönderfallet av den tyngsta väteisotopen tritium

$$^3H \rightarrow {}^3He + e^- + \overline{\nu_e} \quad (1)$$

(3 p.)

*) Fig. 2 ②

5. Använd Q värdet för sönderfallet (1) för att göra en uppskattning av radien hos $^{3}He$.

(3 p.)

6. Den neutrala mesonen $K^0$ kan spontant konverteras till sin antipartikel $\overline{K^0}$. Man finner experimentellt att sönderfallet av denna meson ger upphov till två olika livslängder.

$\tau(K_1) = 0.892 \cdot 10^{-10}$ s
och
$\tau(K_2) = 5.18 \cdot 10^{-8}$ s

Diskutera orsaken till detta. En detaljerad redogörelse krävs för full poäng.

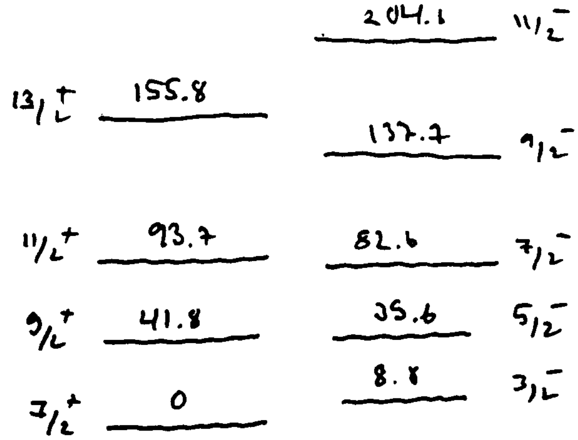
( 3 p.)

7. Visa att universums utsträckning är begränsad endast då den konstant, k, som anger rum-tidens krökning är positiv. Bestäm för k>0 den tidpunkt då universum når sin maximala utsträckning om vi antar att universum domineras av strålning. I detta fall är energidensiteten, ρ, omvänt proportionell mot $R^4$ , dvs. $\rho=a/R^4$ (a är en konstant).
Ledning: Universums utsträckning bestäms av den så kallade skalfaktorn R ( R=R(t), R(0)=0 ), som uppfyller

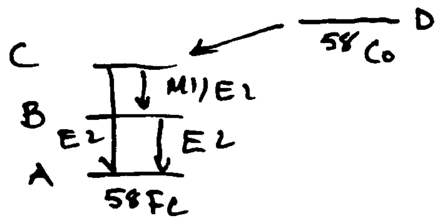
$$\frac{1}{R^2}\left(\frac{dR}{dt}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho - \frac{k}{R^2}.$$

( 3p.)

1.




2.




A : $I^\pi = 0^+$   j-j

B = $I^\pi = 2^+$   (E2!)

C = $I^\pi = 2^+$   (E2)

D : Tillåtet $\beta$ sönderfall   $\Delta I = 0, \pm 1$, $\Delta\pi$ = nej

$I^\pi = 1^+, 2^+, 3^+$ möjliga (Exp. $2^+$)

3. $^{56}Fe + \bar{\nu} \rightarrow {}^{56}Mn + e^+$

$T_{1/2} = 2.6$ h

$A = R(1 - e^{-\lambda t})$

$$R = N\sigma I = \frac{10^6\ g}{56\ g/mol} \cdot 6.022\cdot 10^{23}\ mol^{-1} \cdot 10^{-20} \cdot 10^{-28}\ m^2 \cdot \frac{10^{11}}{10^{-4}\ m^2 s} = 1.075\cdot 10^{-5}\ s^{-1}$$

a) $A(24h) = 1.075\cdot 10^{-5}\ s^{-1}\left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{2.6}24}\right) = 1.07\cdot 10^{-5}\ s^{-1}$

b) $A = 1.07\cdot 10^{-5}\ s^{-1} \cdot e^{-\frac{\ln 2}{2.6}\cdot 24} = 1.8\cdot 10^{-8}\ s^{-1}$

4. $N(p) \sim p^2 q^2 \sim p^2 (Q-T)^2$

$Q \ll mc^2$   $T = p^2/2m$

$$\langle T \rangle = \frac{\int_0^Q N(T)\, T\, dT}{\int_0^Q N(T)\, dT} = \frac{\int_0^Q T^{3/2}(Q^2 - 2QT + T^2)\, dT}{\int_0^Q T^{1/2}(Q^2 - 2QT + T^2)\, dT} = \frac{Q}{3}$$

$^3H \rightarrow {}^3He + e^- + \bar{\nu}_e$

$Q = [M(^3H) - M(^3H)]c^2 = 18.6$ keV

$Q \ll mc^2$

Medelenergi för $\bar{\nu}_e$   $\frac{2}{3}Q = 12.4$ keV

5. $Q = [m(^3H) - m(^3He)]c^2 = \{ m(^1H) + 2m_n - \frac{B}{c^2}(^3H) -$

$- (2m(^1H) + m_n - \frac{B}{c^2}(^3He)\} c^2 = 18.6 \text{ keV} =$

$= (m_n - m(^1H))c^2 - B(^3H) + B(^3He)$

$B(3H) - B(3He) = 763.4 \text{ keV}$

Skillnaden i B = den el.statiska repulsionen mellan de två protonerna i 3He

$E_C \approx \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 R} = 763.4 \Rightarrow R = \frac{1.44 \text{ MeV fm}}{763.4 \text{ keV}} = 1.9 \text{ fm}$

---

7. $\frac{1}{R^2}\left(\frac{dR}{dt}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho - \frac{k}{R^2}$ (1) $R(0) = 0$

Begränsa universum $\left.\frac{dR}{dt}\right|_{t=t_m} = 0$

Endast då $k > 0$ eftersom $\rho > 0$

$\rho = \frac{a}{R^4}$

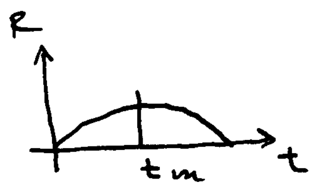
$R^2\left(\frac{dR}{dt}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3} a - kR^2$

$\int_0^R \frac{R' dR'}{\sqrt{\frac{8\pi}{3} Ga - kR'^2}} = \int_0^t dt'$

$-\frac{1}{k}\sqrt{\frac{8\pi}{3}Ga - kR^2} + \frac{1}{k}\sqrt{\frac{8\pi}{3}Ga} = t$

vilket ger

$R^2 = 2\sqrt{\frac{8\pi G}{3}a}\, t - kt^2$




$R^2$ max för $t_m = \frac{1}{k}\sqrt{\frac{8\pi G}{3}a}$

$R^2_{max} = 2\sqrt{\frac{8\pi G}{3}a}\,\frac{1}{k}\sqrt{\frac{8\pi G}{3}a} - k\frac{1}{k^2}\cdot\frac{8\pi G}{3}a =$

$= \frac{1}{k}\cdot\frac{8\pi G a}{3}$