

# Tentamen i FUF050 Subatomär Fysik, F3

Skrivtid:	2020-10-09 14:00 - 18:00
Tillåtna hjälpmedel:	Alla hjälpmedel är tillåtna. <i>Det är dock inte tillåtet att samarbeta eller ta hjälp av andra personer.</i>
Inlämning:	Lämna in dina lösningar via Canvas. Se instruktion nedan.
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.
Examinator:	Andreas Ekström.
Rättningsgranskning:	Canvas.

Instruktion för inlämning via Canvas:

- Skrivtiden avslutas kl 18.00, och inlämningen via Canvas stänger automatiskt kl 18.30. Scanna/fotografera dina lösningar och ladda därefter upp till Canvas Assignments: Omtentamen Okt 2020.
- **Om du har beviljats förlängd skrivtid**, då har du 6 timmar på dig att genomföra tentamen, och därefter 45 minuter på dig att ladda upp dina lösningar till Canvas Assignments: Omtentamen Okt 2020 [Förlängd skrivtid]. Inlämningen stänger automatiskt kl 20.45.
- Lösningar till tentamensproblem skall skrivas på papper, som vid en vanlig salstentamen.
- **Märk varje papper tydligt med ditt namn, tentamensuppgiftens nummer och sidnummer.**
- Lösningarna förväntas vara välstrukturerade, välmotiverade, och begripligt presenterade. Skriv och rita tydligt.
- Tänk på att ha god belysning när du scannar eller fotograferar dina lösningar. Använd gärna en dokumentscannings-app, t.ex. CamScanner, Genius Scan, OfficeLens, Adobe Scan
- Namnge dina bildfiler enligt Problem\_YY\_sida\_XX.\*  
Exempel: Problem\_01\_sida\_02.jpg
- Om du vill kan du sammanställa bilder som tillhör samma lösning i ett dokument (t ex Word eller PDF) och namnge filen Problem\_YY. Exempel: Problem\_03.docx eller Problem\_03.pdf.
- Om du använder Zoom på mobiltelefon och dessutom behöver scanna lösningar så kommer Zoom att bryta videon. Därför måste du skriva "Scannar lösningar" i Zoom-chatten så att tentavakten vet vad som försiggår.

1. a. Visa, med hjälp av dimensionsanalys hur man konverterar sönderfallsvidden  $\Gamma_\mu$  för en muon

$$\Gamma_\mu = \frac{G_F^2 m_\mu^5}{192\pi^3}$$

från ett uttryck angivet med naturliga enheter till ett uttryck angivet i fysikaliska enheter, dvs där man ej längre antar  $\hbar = c = 1$ . Sönderfallsvidden är relaterad till medellivslängden  $\tau$  via  $\Gamma = \hbar/\tau$ . (6 p.)

- b. Beräkna medellivslängden för en muon enligt uttrycket du härledde i (a)-uppgiften. (4 p.)

2. I en gammal tentauppgift från 1970-talet efterfrågades en undre gräns för massan  $m_W$  för en vid tillfället hypotetisk och okänd partikel  $W^+$ . Till sin hjälp hade tentanden på 70-talet följande information: man har försökt skapa  $W^+$  mha reaktionen

$$\nu + p \rightarrow p + \mu^- + W^+$$

där neutriner med total energi  $E_\nu = 5$  GeV spreds mot stillastående protoner (protonmassa  $m_p = 938$  MeV/ $c^2$ ). Till allas besvikelse skapades inte någon  $W^+$  partikel. Vilken undre gräns kan vi med säkerhet anta för  $m_W$ ? Myonen  $\mu^-$  och dess massa ( $m_\mu = 106$  MeV/ $c^2$ ) är känd och vi antar att neutronen är masslös. (10 p.)

3. Utnyttja den semiempiriska massformeln för att avgöra vilken isobar med masstal 88 som troligtvis är mest stabil. (10 p.)
4. Använd Weinberg, Glashow, och Salams teori för att uppskatta massorna för de två vektorbosoner som förmedlar den elektrosvaga kraften. (10 p.)
5. Vi antar att vi har två alfasönderfallande isotoper med laddningstal 84 och 82. Vi antar vidare att dessa två isotoper har näst intill identisk kvantmekanisk inre struktur, och väldigt lika masstal, samt identiska (alfa-)sönderfallskonstanter. Om Isotopen med laddningstal 84 sänder ut alfa-kärnor med kinetisk energi  $E_\alpha = 6.2$  MeV, hur stor kinetisk energi har troligtvis alfa-kärnorna som sänds ut från isosopen med laddningstal 82? Motivera ditt svar väl och tydligt. Nyckeldragen i eventuella teorier som används skall förklaras. (20 p.)
6. Antag att en proton med 4 MeV kinetisk energi och en deuteron med 8 MeV kinetisk energi träffar en blyvägg. Bägge partiklar infaller vinkelrät mot väggen. Uppskatta vilken av partiklarna som kan färdas längst sträcka inuti väggen? (15 p.)

*Lycka Till!*

*Lösningsskiss* Tentamen i FUF050 Subatomär Fysik  
2020-10-09

1. a. Tänk på att dimensionen för  $G_F$  är  $E^{-2}(\hbar c)^3$ . Ansätt

$$[\Gamma_\mu] = \frac{[G_F]^2 [m_\mu]^5 [\hbar]^x [c]^y}{[192\pi^3]}$$

vilket löses av  $x = -6$  och  $y = 4$ .

- b. Insättning av  $\hbar = 6.58212 \cdot 10^{-25}$  GeV s,  $G_F/(\hbar c)^3 = 1.16638 \cdot 10^{-5}$  GeV<sup>-2</sup>, och  $m_\mu = 105.65$  MeV/c<sup>2</sup> ger  $\tau \approx 2.19 \cdot 10^{-6}$  s.
2.  $m_W > 2.16$  GeV. Använd fyrrörelsemängdens bevarande och beräkna tröskelenergin för att skapa  $W^+$ .
3. Derivatn av (BE/A) map Z ger ett maximum för  $Z \approx 38$ . Alltså <sup>88</sup>Sr.
4. Enligt teorin har vi  $M_W^2 c^4 = \frac{\pi \alpha (\hbar c)^3}{\sqrt{2} G_F \sin^2 \theta_W}$  och  $M_Z^2 c^4 = \frac{\pi \alpha (\hbar c)^3}{\sqrt{2} G_F \sin^2 \theta_W \cos^2 \theta_W}$ . Vilket ger  $M_W = 77.5$  GeV/c<sup>2</sup> och  $M_Z = 88.4$  GeV/c<sup>2</sup>.
5. Enligt Geiger-Nuttall har vi en relation mellan sönderfallskonstanten  $\lambda$  och energin  $E_\alpha$  enligt

$$\lambda \sim w(\alpha) \frac{v}{2R} e^{-G}$$

där Gamowfaktorn  $G \propto \frac{Z}{\sqrt{E_\alpha}}$ . Enligt alla förutsättningar i uppgiften kan vi anta att energin för alfapartiklarna som sänds ut från den andra isotopen ges av  $E_{\alpha,2} \approx \frac{6.2 \cdot 82^2}{84^2} = 5.9$  MeV. För full poäng krävs att man identifierar alla relevanta faktorer i Geiger-Nuttall relationen och förklarar hur antagande om likartade masstalen samt kvantmekanisk struktur möjliggör den enkla uppskattningen av  $E_{\alpha,2}$ .

6. En elektriskt laddad partikel som är tyngre än en elektron förlorar absoluta merparten av sin energi via jonisationsförluster. Energiförlusten kopplad till detta beskrivs av Bethe-Blochformeln. Vi kan räkna ut partiklarnas respektive hastigheter med hjälp av icke-relativistisk kinematik. Detta ger  $v_p \approx v_d$  ty  $m_d \approx 2m_p$ . Vi har också att  $q_p = q_d = 1e$ . Alltså är deras energiförluster så gott som identiska, och de kommer att färdas lika långt in i blyväggen.