

Tentamen i Modern Fysik (SH1012/SH1013)

14.00-19.00, 2016-05-30, KTH, Stockholm

Tillåtna hjälpmedel: miniräknare + (Matematics Handbook Beta)

Formelblad samt tabeller delas ut vid tentamen

Tentamen består av 8 problem som vardera ger maximalt 5 poäng. För godkänt krävs 20 poäng. Betyget baseras på uppnådd poäng (efter tillägg av 0.5 bonuspoäng per godkänd inlämningsuppgift, dvs maximalt 4 bonuspoäng). Betygskriterierna är följande:
A:36-40, B:32-35, C:28-31, D:24-27, E:20-23, Fx:18-19, F:0-17

Motivera dina svar tydligt med uträkningar och text (och bilder när det är lämpligt). Skriv tydligt.

Gör dina egna, rimliga, uppskattningar när det behövs. Det ska framgå tydligt från din text vilka antaganden och uppskattningar du gjort.

Lycka Till!

1. I CERN skapas π^+ mesoner med en rörelseenergi på 1 GeV då en protonstråle kolliderar med protoner i ett stillasittande mål. I vila har π^+ en halveringstid på 18ns. Hur långt från målet kommer pionerna i genomsnitt innan de sönderfaller, sett från laboratoriets perspektiv? [5p]

2. a) Härled ett uttryck för skalärprodukten $\mathbf{L} \cdot \mathbf{S}$ uttryckt i kvanttalen j , l och s genom att utgå från $\mathbf{J} = \mathbf{L} + \mathbf{S}$. [2p]

b) Beräkna vinkeln mellan banrörelsemängsmomentet och spinnet för tillstånden $j = 1/2$, $l = 1$ och $j = 3/2$, $l = 1$. Använd att $\cos\Theta = |\mathbf{L}| |\mathbf{S}| \cos\Theta$ där Θ är vinkeln mellan dem. [3p]

3. En väteatom befinner sig i det första exciterade tillståndet med $n=2$ och $l=0$. Hur många sådana tillstånd är möjliga? [1p] Beräkna osäkerheten Δr för radien för $n=2$ och $l=0$ tillståndet, uttryckt i a. [4p] Integralen

$$\int_0^\infty r^m e^{-br} dr = \frac{m!}{b^{m+1}}$$

är användbar i detta problem.

4. En elektron med energin 5 eV rör sig mot ett negativt potentialsteg. Potentialen är $V(x) = 0$, $x < 0$ och $V(x) = -2$ eV, $x > 0$. a) Dela upp i lämpliga regioner och ställ med kvantmekanisk formalism upp formen på partikelvågens vågfunktion (använd först godtyckliga normaliseringskonstanter och ange om någon konstant är lika med 0). Ställ även upp alla relevanta randvillkor som gäller för vågfunktionen i detta fall. [2p] b) Bestäm reflektionskoefficienten, R . [3p]

5. I naturligt kalium finns det 0,012% av den radioaktiva isotopen ^{40}K . Beräkna aktiviteten av ^{40}K i en människokropp som väger 100 kg. Antag att 0,35% av kroppsvikten är kalium. Halveringstiden för ^{40}K är $1.31 \cdot 10^9$ år. $m_{\text{atom}}(^{40}\text{K}) = 39.963999$ u. [5p]

6. Av alla nuklider har $^{62}_{28}\text{Ni}$ den högsta bindningsenergin per nukleon. Beräkna bindningsenergin per nukleon för denna nuklid med hjälp av vätskedroppsmodellen (Weizsäckers halvempiriska formel) [2p]. Vilken term ger största bidrag [1p]? Vad representerar denna term [1p]? Jämför denna bindningsenergi per nukleon med det värde du får om du använder den atomära massan för $^{62}_{28}\text{Ni}$, $m_{\text{atom}}(^{62}\text{Ni}) = 61.928345$ u [1p].

7. I en vätemolekyl H_2 byts ena väteatomen ut mot deuterium (D), dvs vi får molekylen HD. Eftersom elektronstrukturen är i det närmaste densamma kan man anta att kärnavståndet R och fjäderkonstant k inte ändras. Beräkna med vilka faktorer rotations- och vibrationsövergångar ändras. [5p]

8. Neutronstrålning med kinetiska energin 0.014 eV används i ett diffraktionsexperiment för att avgöra avståndet mellan atomplanen i ett okänt material. Om man ser konstruktiv interferens vid vinklarna 23.0° och 51.4° mot ytan, men ingenting däremellan, vad är avståndet mellan planen? [5p]