

Tentamen i Modern Fysik (SH1014)

14.00-19.00, 2018-04-03, 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. 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. En partikel i en potential $V(x)$ har vågfunktionen

$$\begin{aligned}\psi &= Axe^{-ax} & x > 0 \\ \psi &= 0 & x < 0\end{aligned}$$

a) Normera vågfunktionen, dvs. bestäm konstanten A. [1p]

b) Bestäm väntevärdet $\langle p^2 \rangle$. [3p]

c) Beräkna medelvärdet av partikelns kinetiska energi. [1p]

(Tips: Följande integral är användbar i detta problem

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

2. a) Visa att lösning till Schrödingerekvationen för en fri partikel i tre dimensioner

$$-\hbar^2/2m \left(\partial^2 \Psi / \partial x^2 + \partial^2 \Psi / \partial y^2 + \partial^2 \Psi / \partial z^2 \right) = E\Psi$$

kan skrivas $\Psi(x,y,z) = A \exp(i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r})$. [2 p]

b) Vad är sambandet mellan $k = (k_x, k_y, k_z)$ och energin E ? [3 p]

3. Två kärnor med samma antal nukleoner (masstal) men olika antal protoner kallas isobarer. Spegelisobarer betecknar kärnor där dessutom antalet protoner och neutroner har bytts mellan kärnorna, t.ex. $^{23}_{11}\text{Na}$ och $^{23}_{12}\text{Mg}$.

Beräkna bindningsenergin per nukleon för dessa två kärnor. Hur förklararas skillnaden?

Atomära massor : $M(^{23}\text{Na}) = 22.989767u$, $M(^{23}\text{Mg}) = 22.994127u$

4. Endast en av följande elektronkonfigurationer (a,b,c,d) är tillåten.

konfiguration a: 1s², 2s², 2p⁸, 3s², 3p²

konfiguration b: 1s², 2s², 2p⁶, 3s³, 3p²

konfiguration c: 1s², 2s², 2p⁶, 3s², 3p⁴

konfiguration d: 1s², 2s², 2p⁶, 3s², 3p⁷

a) Vilken är den korrekta konfigurationen och vilken är atomen som den motsvarar?

Motivera för varje icke-giltig konfiguration varför du förkastar den. [4 p]

b) Vilken viktig princip har vi brutit mot i de övriga 3 icke-giltiga konfigurationerna? [1 p]

5. Comptonspridning kan användas både för att mäta riktning och energi hos fotoner i kärnfysikexperiment. För ett visst preparat mättes ett spektrum hos comptonspridda elektroner som tydligt motsvarade en i stort sett monokromatisk gamma-strålning. Den maximala elektronenergin mättes till 170 keV. Beräkna våglängden för den inkommande monokromatiska strålningen. **[5 p]**

6. I atomärt väte finns en uppsplittring av energinivån p g a upplinjering av protonens och elektronens spinn. En övergång mellan nivåerna resulterar i utsändandet av en radiovåg med våglängden 21 cm. Övergången är ”förbjuden” vilket gör att den är sällsynt, samt att det exiterade tillståndet är långlivat med en livstid av ungefär 10^5 år. I galaxer finns dock tillräckligt många vätaatomer för att vågor från denna övergång skall kunna observeras på jorden.

a) Antag att medellivslängden motsvarar en tidsosäkerhet för tillståndet. Bestäm osäkerheten i energiskillnaden vid mätning av övergången. **[1 p]**

b) Vilken fotonenergi observeras om vågorna sänds ut från en galax med hastigheten $0.1c$ jämfört med jorden? **[4 p]**

7. I ett tabellverk kan man läsa att $c\tau = 491 \mu\text{m}$ för en B^+ -meson, där c är ljushastigheten i vakuum och τ är medellivslängden i partikelns vilosystem. Samtidigt finner man i beskrivningen från ett experiment att medelsträckan en B^+ -meson färdas innan den sönderfaller är 3 mm. Vilken rörelsemängd måste B^+ -mesonen ha i experimentet? (B -mesonens massa är $5279 \text{ MeV}/c^2$) **[5p]**

8. Den tvåatomiga molekylen HO har en fjäderkonstant på $9.68 \cdot 10^2 \text{ kg/s}^2$ och ett jämviktsavstånd på 0.092 nm. Den befinner sig i ett exiterat tillstånd där vibrationskvanttalet $V = 4$ och rotationskvanttalet $J = 1$.

a) Vilken/ Vilka övergångar är möjliga för molekylen? Varför? **[3p]**

b) Beräkna våglängden av fotoner som emitteras vid dessa övergångar. **[2p]**