

Tentamen i Modern Fysik (SH1014)

14.00-19.00, 2019-04-18, KTH, Stockholm

Examinator/lärare: Torbjörn Bäck (073-7650590), Pär Olsson (073-7650538)

Tillåtna hjälpmedel: miniräknare + (*Matematics Handbook Beta*)

Formelblad 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:32-35.5, C:28-31.5, D:24-27.5, E:20-23.5, Fx:18-19.5, F:0-17.5

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 fri väteatom befinner sig i tillståndet $(n, l, m_l, m_s) = (3, 1, -1, \frac{1}{2})$ när den de-exciterar till grundtillståndet och emitterar en foton.
- a) Vilken våglängd får den emitterade fotonen? [2 p]
- b) Väteatomen får en rekyl på grund av emissionen. Bestäm dess hastighet (riktning och fart). [3 p]

2. a) Visa att det relativistiska uttrycket för rörelseenergin E_k övergår i det klassiska uttrycket $E_k = \frac{1}{2}m_0v^2$ vid låga hastigheter. [3 p]
- b) En elektron som har fått hastigheten $0.9 c$ i en accelerator har en viss kinetisk energi, E_k . Hur många gånger högre blir E_k vid hastigheten $0.99 c$? [1 p]
- c) Hur stort relativt fel skulle man få om man räknade klassiskt i b)? [1 p]

3. En partikel med massan m befinner sig i en endimensionell potential, $U(x)$. Partikelns vågfunktion kan skrivas:

$$\psi(x) = \begin{cases} Ax^4e^{-ax} & \text{för } x > 0 \\ 0 & \text{för } x \leq 0 \end{cases}$$

- a) Normera vågfunktionen, dvs bestäm konstanten A . [1 p]
- b) Bestäm väntevärdet $\langle p^2 \rangle$. [3 p]
- c) Bestäm medelvärdet av partikelns kinetiska energi. [1 p]
4. Wiens förskjutninglag är sambandet mellan frekvensen vid emissionsmaximum $\nu_{\max}$ och temperaturen T för en strålande svartkropp.
- a) Härled Wiens förskjutninglag, så långt som det är analytiskt möjligt, från Plancks strålningslag. Uppskatta sedan numeriskt eller grafiskt proportionalitetskonstanten som anger relationen mellan frekvens för emissionsmaximum och temperaturen. [4 p]
- b) Givet att solens spektrum har sitt emissionsmaximum vid våglängden 500 nm, bestäm solens yttemperatur. [1 p]
5. Avståndet mellan två nukleoner i en atomkärna är ungefär $1.4 \cdot 10^{-15}$ m. Den japanske forskaren Hideki Yukawa förutsade redan 1935 att det existerar en virtuell partikel, en *meson*, som förmedlar den starka kraft som binder samman protonerna och neutronerna i atomärnan. Denna utbytespartikel skapas bara tillfälligt i partiklarnas växelverkan. Vi antar att mesonen rör sig med ljushastigheten, c , mellan de två nukleonerna och att den precis överlever tiden motsvarande sträckan mellan nukleonerna. Heisenbergs osäkerhetsrelation tillåter mesonen att existera under denna tid. Beräkna mesonens vilomassa. [5 p]

Vänd blad!

6. **a)** Kraftkonstanten, k , för bindningen i CO-molekylen är 187 N/m. Bestäm energin (i enheten eV) mellan grundtillståndet och det första exciterade vibrationstillståndet. [3 p]
- b)** Är ljuset från övergången från den första exciterade vibrationsnivån till grundtillståndet *synligt*, *ultraviolett*, eller *infrarött*. Motivera svaret. [2 p]
7. Den brittiske astronomen Fred Hoyle föreslog 1953 att ett viktigt steg i den s.k. nukleosyntesen i stjärnor skulle kunna bestå i att tre alfa-partiklar slås samman till en ^{12}C -atomkärna. Denna kärna kommer att bildas i ett exciterat tillstånd, vid en viss energi, E , över kärnans grundtillstånd. Hoyle förutsåg värdet på denna energi och hans överraskande idé visade sig senare stämma väl med experimentella data. Antag att alfa-partiklarna befinner sig i vila före reaktionen (detta är förstås inte sant i en stjärna, utan en förenkling i detta tal). Med hjälp av tabellvärden på experimentella massor, beräkna excitationsenergien, E , i ^{12}C -atomkärnan. [5 p]
8. I ett acceleratorlaboratorium så har forskarna lyckats ta bort alla elektroner, utom en, från en blyatom. Denna blyjon har laddningen $+81e$ (där e är elektronladdningen) och befinner sig i sitt grundtillstånd. Man bestrålar sedan blyjonen med gammastrålning. En gammafoton, $E_\gamma = 662 \text{ keV}$, från en ^{137}Cs -källa, växelverkar medelst fotoelektrisk effekt med elektronen. Beräkna elektronens energi efter att den lämnat blyjonen. [5 p]