

Tentamen i Modern Fysik (SH1014)

14.00-19.00, 2019-01-14, 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. Robin har blivit utvald att som första människa resa till en annan stjärna och far iväg i en mycket snabb raket till systemet α -Centauri AB som ligger 4.37 ljusår bort. Robin tillbringar där ett jordår för att undersöka dubbelstjärnan och exoplaneterna och åker sedan hem i samma fart som dit. Vid hemkomsten har Robin åldrats fem år.

a) Vilken fart hade raket? [3 p]

b) Hur lång tid har gått på Jorden när Robin kommit hem igen? [2 p]

2. En väteatom i sitt grundtillstånd blir exciterad av en foton med $\lambda = 121.6 \text{ nm}$.

a) Bestäm vilket tillstånd atomen hamnar i, specificera alla relevanta kvanttal. [2 p]

b) Bestäm, för det exciterade tillståndet, den radie där det är mest sannolikt att hitta elektronen. [3 p]

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

$$\psi(x) = \begin{cases} Ax^2 e^{-ax} & \text{för } x > 0 \\ 0 & \text{för } x \leq 0 \end{cases}$$

a) Normera vågfunktionen, dvs bestäm konstanten A . [2 p]

b) Bestäm $U(x)$ och beräkna partikels energi, E . [3 p]

Följande integral kan vara användbar: $\int_0^\infty r^m e^{-br} dr = \frac{m!}{b^{m+1}}$.

4. Werner Heisenberg behöver din hjälp att uppskatta avståndet mellan de två elektronerna i ett bundet supraleddande Cooperpar. Elektronernas kinetiska energi ges av Fermienergin, vilken typiskt är 10 eV. Osäkerheten i kinetisk energi kan uppskattas som bindningsenergin, som bestäms av bredden på det supraleddande bandgapet på ca 10^{-3} eV . Uppskatta avståndet mellan elektronerna. [5 p]

5. I s.k. *lättevattenreaktorer*, den typ av kärnreaktorer som vi använder för elproduktion i Sverige, så används vanligt vatten både för kylning av reaktorhärden och för moderering (nedbromsning) av de snabba neutronerna. Vid normaldrift så finns i vattnet ett högt flöde (ca 10^{14} neutroner $[\text{s}^{-1} \text{cm}^{-2}]$) av termiska neutroner. Medelenergin för en termisk neutron är 0.025 eV. En vanlig process i vattnet är att en vätekärna i en vattenmolekyl absorberar en neutron och bildar en ny isotop.

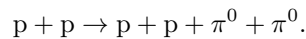
a) Skriv beteckningen för denna nya isotop på formen ${}^A\text{X}$, där A är masstalet och X är grundämnesbeteckningen. [1 p]

b) Den nya isotopen har endast ett stabilt kvanttillstånd (som således är dess grundtillstånd). Energivinsten (Q -värdet) vid absorption av den termiska neutronen emitteras i form av en gammafoton. Använd relevant data (såsom massor och/eller energier) och beräkna, med två värdesiffror, energin för gammafotonen. [4 p]

Vänd blad!

6. **a)** Ta fram det generella uttrycket för $\Delta E(J)$, dvs energiskillnaden mellan två på varandra följande rotationsnivåer för en roterande molekyl. [1 p]
b) Kolmonoxidmolekylen, CO, kan exciteras genom rotation. De två vanligast förekommande isotoperna för kol och syre är ^{12}C respektive ^{16}O . Astronomen Josefin studerar absorptionsspektrumet för kolmonoxid i ljuset från en avlägsen nebulosa. En tydlig absorptionslinje syns vid frekvensen $0.115 \cdot 10^{12}$ Hz, och Josefin vet att denna linje motsvarar övergången $J = 0 \rightarrow J = 1$. Hon observerar också en mycket svagare linje vid $0.110 \cdot 10^{12}$ Hz, och Josefin undrar om detta kan bero på att en annan kolisotop än ^{12}C finns i nebulosan. Bestäm vilken isotop (på formen ^AX) det är. [4 p]

7. Neutrala pimesoner, π^0 , kan skapas på olika sätt. En möjlig reaktion för produktion av två π^0 -partiklar per kollision är:



I ett acceleratorlaboratorium så låter man en högenergetisk stråle av protoner träffa stillastående protoner. Beräkna protonstrålens lägsta kinetiska energi (i labsystemet), för vilken reaktionen ovan är möjlig. [5 p]

8. Americiumisotopen ^{241}Am sönderfaller med α -sönderfall. Dotterkärnan populeras då i ett exciterat tillstånd.

a) Vilken är denna dotterkärna? [1 p]
(Ange masstal, A , och grundämne X, på formen ^AX .)

Då dotterkärnan de-exciteras till grundtillståndet så emitteras en gammafoton med energin 60 keV. Fotonen träffar en guldfolie och sprids där mot en elektron medelst Comptonspridning.

b) Ange för vilken spridningsvinkel, θ , som den spridda fotonen får den lägsta möjliga energin och beräkna den fotonenergin. [4 p]

Några relevanta atomnummer (protontal) för grundämnena kring americium är:
U:92, Np:93, Pu:94, Am:95, Cm:96, Bk:97, Cf:98.