

Tentamen i Modern Fysik (SH1012/SH1013)

08.00-13.00, 2015-08-21, 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. Här nedan listas ett antal elektronkonfigurationer. De kan beskriva atomer i grundtillståndet eller i exciterade tillstånd. Samtliga atomer är laddningsneutrala.

- (a) $1s^2 2s^1$
- (b) $1s^2 2s^2 3s^1$
- (c) $1s^2 2s^2 2p^1$
- (d) $1s^2 2s^2 2p^4$
- (e) $1s^2 2s^2 2p^6 2d^2$
- (f) $1s^2 2s^2 2p^5 4d^1$

- Vilken/vilka konfiguration(er) är felaktiga/otillåtna? [1 p]
- Vilken/vilka konfiguration(er) motsvarar en atom i ett grundtillstånd? [2 p]
- Ange vilka grundämnen som (de tillåtna) konfigurationerna motsvarar. [2 p]

2. I ett studentlab (x, y -planet) används två små gammadetektorer med mycket god energiupplösning. Vid $x = y = 0$ [m] är en radioaktiv källa placerad, den sänder ut gammafotoner med energin 662 keV. Källan är kollimerad så att fotonerna endast emitteras ut längs med den positiva x -axeln. Detektor 1 är placerad i $y = 0, x = 1$ [m], och detektor 2 i $y = 1, x = 1$ [m]. Ett experiment utförs nu för att studera vad som händer då en gammafoton Comptonsprids (och lämnar en del av sin energi) i detektor 1 och sedan träffar detektor 2 där den växelverkar med fotoelektrisk effekt (och därmed lämnar all sin resterande energi). Vilka energier (i keV) uppmäter vi i detektor 1 respektive detektor 2? [2 p].

Detektor 2 flyttas nu runt i alla möjliga vinklar (utom rakt på x -axeln) och experimentet upprepas för många vinklar och de olika energierna noteras. Avståndet mellan de två detektorerna hålls konstant. Vi kan kalla energin som uppmäts i detektor 1 för E_1 och energin i detektor 2 för E_2 . Om dessa energi-par plottas som punkter i en graf (E_1 och E_2 på vinkelräta axlar), vilken kurvform får vi av alla punkterna tillsammans? Rita en bild! [3 p].

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

$$\psi(x) = \left(\frac{\alpha}{\pi}\right)^{1/4} \frac{1}{\sqrt{2}} (2\alpha x^2 - 1) e^{-\alpha x^2/2},$$

där $\alpha = m\omega/\hbar$. Ta fram funktionen $U(x)$, uttryckt i m, ω , och x , samt beräkna partikelns energi, E . [5 p]

4. En väteatom befinner sig i ett tillstånd med $n = 2$ och $l = 1$. Hur många olika sådana tillstånd är möjliga [1 p]?

Välj ett av dessa tillstånd (ange noga vilket) och hitta det/de θ där vi har störst sannolikhet att hitta partikeln [4 p].

5. Atomkärnan ^{90}Sr sönderfaller med β^- -sönderfall. Beskriv hur β^- -sönderfallet går till; inkludera relevanta partiklar före och efter sönderfallet (kvarkar behöver inte introduceras i detta fall), samt vilken dotterkärna som bildas. [2 p]

I en enkel modell för betasönderfall har fysikern Bart (felaktigt) antagit att en elektron befinner sig inuti atomkärnan före sönderfallet och sedan flyger ut från kärnan. Bart tänker sig att elektronernas maximala energi borde kunna uppskattas med hjälp av Heisenbergs osäkerhetsrelation eftersom både atomkärnans storlek och elektronens massa är kända. Använd denna modell och uppskatta de emitterade elektronernas maximala *kinetiska* energi för fallet ^{90}Sr ovan. [3 p]

6. En astronom, Alex, på Jorden som studerar stjärnsystemet Alfa Centauri (4.37 ljusår bort) ser en rymdfarkost passera Alfa Centauri. Farkosten rör sig rakt mot oss och Alex kan uppmäta hastigheten till $0.55 c$ relativt Jorden. Ljuset från händelsen/passagen når Jorden den 21:a augusti 2015.

Efter förhandlingar i FN bestämmer man att det ska skickas ut en raket för att möta den främmande farkosten och se om den har fredliga avsikter. En rymdraket (med astronauten Ellen) skickas ut från Jorden den 1:a september 2015 med hastigheten $0.45 c$ relativt Jorden, rakt mot den främmande farkosten.

I farkosten sitter den främmande livsformen XLSyf och noterar efter en tid raket som kommer från Jorden. Med vilken hastighet tycks den (för XLSyf) närma sig? [2 p].

När Ellen och XLSyf möts i rymden så hälsar de artigt och det visar sig att XLSyf är mycket sympatisk och endast på jakt efter bränsle. Ellen skickar omedelbart ett meddelande (med radiovågor) till Jorden och meddelar dessa nyheter. När (årtal? månad?) mottags detta meddelandet på Jorden? [3 p].

7. I kärnreaktorer skickas ett mycket stort antal högenergetiska (typiskt $1 - 2 \text{ MeV}$) neutroner ut från bränslestavarna. Vatten omger bränslet och har (förutom som kylmedel) uppgiften att bromsa ner neutronerna till lägre hastigheter. En vanlig process i denna miljö är att en neutron absorberas av en proton (i vattnets väte) och bildar kärnan ^2H , dvs deuterium. Om vi antar att protonen är i vila före reaktionen, vilken är den lägsta neutronenergin där denna reaktion är möjlig? [2 p]

Efter reaktionen skickas en gammafoton i regel ut för energins bevarande. Beräkna energin på denna gammafoton. [3 p]

8. I vätemolekylen, H_2 , så befinner sig de två protonerna på ett avstånd av 0.074 nm från varandra. Molekylen kan exciteras genom rotation. Beräkna först energin (i eV) för de tre första (rotations)exciterade energinivåerna [4 p].

Bestäm våglängden (i nm) hos de fotoner som emitteras vid övergången $J = 3 \rightarrow J = 2$, där J är rotationskvanttalet. [1 p]