

Tentamen i Modern Fysik (SH1012/SH1013)

14.00-19.00, 2015-06-01, 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. Metallen polonium har en enkel kubisk kristallstruktur med avståndet 335.2 pm mellan atomplanen. Röntgenfotoner med energin 2570.6 eV används i ett diffraktionsexperiment med en poloniumkristall där kristallplanen är orienterade i ytan och där fotonerna träffar ytan i infallsvinkeln, θ , som uppmäts mot ytans normal. Efter reflektion i ytan så mäts fotonernas intensitet upp med ett Geiger-Müller-rör. För vilken/vilka värden på vinkeln θ får vi intensitetsmaxim(um/a)? [2 p] Man vill nu upprepa experimentet (samma geometri etc) men använda neutroner istället för röntgenfotoner. Vilken kinetisk energi måste neutronerna ha för att ge samma resultat (dvs maximum vid samma vinkel)? [3 p]
2. Under ett experiment skickar en väteatom ut en foton vid övergången från 3p-tillståndet till 2s-tillståndet. Beräkna fotonens våglängd i nanometer [2 p]. Experimentet upprepas, men nu har man lagt på ett kraftigt magnetfält på 12 Tesla. Beräkna eventuella våglängdsskift (i nm) pga magnetfältet och förklara vilken/vilka de möjliga fotonenergierna blir i detta fall [3 p].
3. Isotopen ^{113}Cs har en halveringstid på 17 μs och sönderfaller med s.k. *protone-mission*. Det betyder att en proton lämnar atomkärnan och tunnlar igenom potentialbarriären ungefär som vid ett alfasönderfall. Vilken blir dotterkärnan? [1 p]. Använd tabellerade massor och beräkna vilken kinetisk energi protonen får efter att den lämnat kärnan. Ta hänsyn till att en del av den kinetiska energin ges till den rekylrande dotterkärnan [4 p].
4. För tillståndet med $n = 2$, $l = 1$, i väte, beräkna sannolikheten för att elektronen befinner sig innanför Bohrradien [5 p].
5. Margareta är teoretisk fysiker. Hon har glömt bort hur stor en atomkärna är och tycker det är pinsamt att fråga sin kollega Dagmar som är experimentalfysiker, trots att de känner varandra väl. Men hon minns att protonens vilomassa är ca 1 GeV/ c^2 och att avstånden mellan exciterade tillstånd i typiska atomkärnor är av storleksordningen 1 MeV, så hon använder det för att uppskatta storleken. Gör, liksom Margareta, en enkel kvantmekanisk modell med en enkel potential i en dimension och använd den erhållna lösningen till Schrödingerekvationen för att bestämma/uppskatta storleken på atomkärnan [4 p]. Baserat på vad du vet från kursen: vad är den verkliga (ungefärliga) storleken på en atomkärna med masstalet A ? Gjorde Margareta en bra uppskattning? [1 p].
6. Galaxen UGC 2936 studeras av en astronom som använder sig av optisk spektroskopi i det synliga våglängdsområdet. Galaxen befinner sig på avståndet 43.6 Mpc (1 pc=3.26 ljusår) från Jorden. Den är en spiralgalax (vi kan tänka oss den som skiv-formad) och den är orienterad i ett plan som vi betraktar rakt från sidan, så att den ser ut som ett streck i teleskopet.
Våglängden från väteets röda Balmer- α -linje ligger som vi noterat i modern fysikkursen vid våglängden 656.3 nm. Astronomen mäter våglängden på denna väte-linje från två olika punkter på galaxen, på varsin sida om dess centrum, vid radien 12 kpc. Dessa två mätningar ger värdena 663.9 nm respektive 665.1 nm.
Beräkna galaxens (centrums) hastighet relativt Jorden [2 p], samt beräkna hur lång tid det tar för galaxen att rotera ett varv runt sin egen axel [3 p].

7. En oerfaren experimentalfysiker, Oskar, försöker i studentlabbet upprepa Millikans försök för den fotoelektriska effekten. Oskar har fyra lasrar, märkta enligt följande:

- HeNe, 632.8 nm, 5.2 mW
- HeCd, 441.5 nm, 1.8 mW
- Ar, 454.6 nm, 0.8 mW
- HeHg, 567 nm, 12.4 mW

Alla lasrarna lyser med en smal parallell stråle (ca 3 mm i diameter). En laser i taget får lysa på den metallplatta (i vakuum) som Oskar har placerat i sin experimentuppställning. Samtidigt mäter han upp den (maximala) kinetiska energin på eventuella elektroner som kommer ut från metallytan. Tyvärr har Oskar glömt vilken metall han använt i metallplattan, men han vet att hans handledare Dagmar gav honom 4 plattor (Zn,Cu,Li,Na), så det måste vara en av dem, och han kollar upp deras utträdesarbete på Internet:

- Zn, $W=3.6$ eV
- Cu, $W=4.6$ eV
- Li, $W=2.9$ eV
- Na, $W=2.4$ eV

Positiva elektronenergier uppmäts för två av lasrarna. Vilka två (maximala) energier är detta och vilken är metallen i metallplattan? [5 p]

8. Med en partikelaccelerator kan man framställa antiprotoner, $\bar{p}$. Antiprotonen har samma massa som protonen men negativ laddning istället för positiv. En möjlig reaktion för att producera antiprotoner ser ut på följande sätt:

$$p + p \rightarrow p + p + p + \bar{p}.$$

Här träffar en stråle högenergetiska protoner ett strålmål vars protoner befinner sig i vila före reaktionen. Efter reaktionen har vi tre protoner och en antiproton. Beräkna den minsta kinetisk energi för den inkommande protonen (i lab-systemet) som krävs för att reaktionen ska vara möjlig. [5 p]