

Tentamen i Modern Fysik (SH1012/SH1013)

08.00-13.00, 2014-08-22, 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.

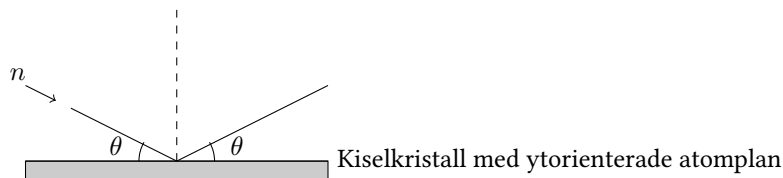
Gör dina egna, rimliga, uppskattningar när det behövs. Det ska framgå tydligt från din text vilka antaganden och uppskattningar du gjort

Lycka Till!

1. Isotopen Pb-214 bildas spontant i sönderfallskedjan som börjar med naturligt förekommande uran (U-238). Beskriv hur denna kedja av sönderfall fortsätter från ^{214}Pb (steg för steg, med redovisande av sönderfallstyp och isotoper/nuklider) fram till en stabil nuklid [3 p].

Om vi i ett isolerat system har en viss mängd ^{214}Pb -atomkärnor vid en given tidpunkt, hur lång tid tar det tills endast 1% återstår? [2 p]

2. På KTH, under Drottning Kristinas väg vid Q-husen, fanns tidigare en kärnreaktor kallad R1. En doktorand vid R1 studerade på 1960-talet långsamma neutroner. Kärnreaktorn emitterade ett kraftigt flöde av termiska och långsamma neutroner i ett kontinuerligt energi-intervall (0.001 eV - 10 eV). Vid ett visst experiment ville doktoranden välja ut endast neutroner med den kinetiska energin 8.2 meV. För att kunna separera ut just dessa neutroner använde han en s.k. *monokromator*; han kollimerade neutronstrålen från reaktorn till en smal stråle och lät neutronerna falla in mot en kiselkristall (med det redan kända avståndet 3.14 Å mellan atomplanen). Vilken vinkel θ mot kristallplanet gav den önskade kinetiska energin på de reflekterade neutronerna? [5 p]



3. En mycket enkel/naiv modell av en atomkärna kan se ut på följande sätt; en neutron befinner sig i en rektangulär lådpotential med oändligt höga sidor, i en dimension.

Applicera denna modell för att studera en energiövergång i atomkärnan ^{12}C . Gör först en rimligt uppskattning angående potentialgropens bredd. Neutronen befinner sig det första (lägsta) exciterade tillståndet och hoppar sedan ned till grundtillståndet; beräkna vilken energi (uttryckt i eV) som denna övergång motsvarar [3 p].

Energien skickas ut i form av en foton. Beräkna dess våglängd och berätta vad denna strålning kallas för [2 p].

4. De s.k. ädelgaserna (He, Ne, Ar, ...) är kemiskt stabila eftersom de har fyllda elektronskal. Förklara varför de två första ädelgaserna har just atomtalen 2 (helium) och 10 (neon) (beskriv tydligt hur de relevanta kvanttalen ger fyllda skal vid just 2 respektive 10 elektroner) [2 p].

Det gula ljuset från en natriumlampa motsvarar en våglängd vid ca 589 nm (det är egentligen två närliggande våglängder, men det är av mindre vikt i just detta problem). Detta ljus motsvarar övergången från ett 3p-tillstånd ner till 3s-grundtillståndet, dvs en övergång utan ändring av n -kvanttal. Grundläggande kvantmekanik för vätes spektrum har ju dock lärt oss att energin på de olika tillstånden endast beror av huvudkvanttalet. Förklara tydligt varför 3s- och 3p-tillstånden har så helt olika energier i natriumatomen [3 p].

5. En positivt laddad pi-meson i vila sönderfaller till en myon och en myon-neutrino:

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$$

Vi antar att neutrinoen är masslös. Om vi kan detektera den laddade myonen, vilken (kinetisk) energi förväntar vi oss mäta upp? [5 p]

6. På ett nanofysiklab experimenterar en ingenjör med en ny halvledarkrets där en potentialbarriär (som vi förenklat kan anta ha rektangulär form) med tjockleken 1.2 nm har en varierbar energipotential. En inkommande ström av elektroner med energin 3.69 eV möter barriären som till en början ligger på energin 4.0 eV. Endast en liten andel av elektronerna tar sig igenom på andra sidan barriären, men de genererar en mätbar ström. Om ingenjören vill fördubbla denna ström, vilket värde ska potentialen sättas till då? [3 p]

Ingenjören testar sedan att långsamt sänka potentialen ytterligare, ända tills transmissionen är total (100%), trots att potentialen har ett värde större än 0. Vilket värde har potentialen nu? [2 p]

7. Spektrallinjer från den diatomära molekylen CH observerades 1997 från nebulosan NGC7027. Man fann en serie rotationsövergångar. Övergången motsvarande $J = 2 \rightarrow J = 1$ (där J är rotationskvanttalet) detekterades vid våglängden 179.62 μm , dvs långt in i det infraröda området.

Med antagandet att vi kan betrakta molekylen som en stel rotor, beräkna våglängden som motsvarar övergången $J = 3 \rightarrow J = 2$ [2 p].

Beräkna avståndet, R , mellan kolatomen och väteatomen [3 p].

8. Kaptenen på en rymdstation skickar ut sina två bästa piloter (Lisa och Johan) i varsitt rymdskepp i två vinkelräta riktningar för att studera omgivningarna. Rymdskepp 1 (Lisas skepp) rör sig (från rymdstationen sett) med hastigheten $0.6 c$ i positiva x -riktningen. Rymdskepp 2 (med Johan vid spakarna) rör sig (från rymdstationen sett) med hastigheten $0.8 c$ i positiva y -riktningen. Beräkna hastigheten v/c som Lisa observerar att Johan har relativt henne [5 p].