

Tentamen i Modern Fysik (SH1012)

08.00–13.00, 2013-08-23, 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 eventuellt tillägg av 0.5 bonuspoäng per godkänd inlämningsuppgift VT 2013, dvs maximalt 4 bonuspoäng. Bonus från tidigare år gäller ej). 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 gjorts**

Lycka Till!

1. Vid den stora acceleratoren LHC på CERN kan man låta Pb-208-atomkärnor kollidera med varandra vid höga hastigheter. Antag att en av blyatomkärnorna färdas med hastigheten $0.999 c$. Massan för Pb-208 är 207.98 u. Beräkna atomkärnans totala energi, E [2 p].

För stillstående observatörer ändrar objekt vid höga hastigheter sin form. Antag att blykärnan rör sig i x-led med hastigheten ovan. Beskriv dess form (betraktat från en i labbet stillastående observatör) och ange dess (ungefärliga) absoluta mått uttryckt i fm($=10^{-15}$ m) i x-, y-, och z-led [3 p].

2. På KTH:s reaktorfysiklab finns en neutronkälla placerad i en stor vattentank. Då neutronerna bromsats in i vattnet till nära vila absorberas de av vattnets protoner (i vätet) och på så sätt bildas isotopen deuterium (^2H). Deuteriumatomkärnan bildas i sitt grundtillstånd och den överblivna energin skickas ut i form av en gammafoton. Vilken energi (uttryckt i keV) har dessa fotoner? [5 p]

Notera: Weiszäckers formel är inte lämplig att använda i denna uppgift.

3. En väteatom befinner sig i sitt grundtillstånd $(n, l, m_l) = (1, 0, 0)$. Utgå ifrån formelsamlingens uttryck för väteatomens vågfunktioner.

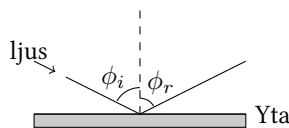
Beräkna den mest sannolika radien, r_0 , uttryckt i a_0 . [2 p]

Beräkna väntevärdet för radien, $\langle r \rangle$, uttryckt i a_0 . [3 p]

4. Röntgenstrålning med våglängden 0.24243 nm faller in mot en polonium-metallyta. Ett 1:a intensitetsmaximum uppmäts i vinkeln $\phi_r = \phi_i = 68.8^\circ$ mot ytans normal enligt figuren nedan. Vad är avståndet mellan atomplanen? [2 p]

Om man använt neutroddiffraction istället, vilken kinetisk energi (uttryckt i eV) skulle neutronerna behöva ha för att ge maximum i samma vinkel? [2 p]

Polonium har enkel kubisk kristallstruktur. Poloniumisotopen Po-209 har en atomär massa på 208.98 u. Beräkna metallens densitet. [1 p]

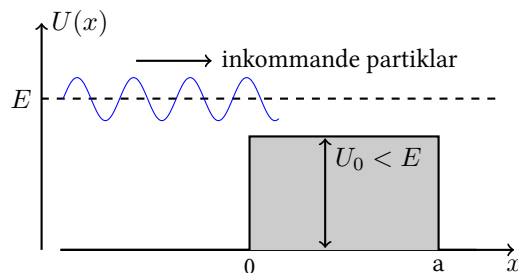


5. Den tekniska fysikern Eulalia är 20 år. Hon är intresserad av relativitetsteori och liv på främmande planeter. Hon har nyligen tagit emot en signal som hon tolkar som intelligent liv från en exoplanet som ligger 250 ljusår från jorden. Eulalia planerar nu att åka dit, lära känna rymdvarelserna under ett år på deras planet, och sedan åka tillbaka hela vägen och berätta för alla på jorden om sin resa. Vilken hastighet måste hennes rymdskepp ha för att hon ska hinna med detta under sin livstid? [3 p].

Hur lång tid har gått på jorden när hon kommer tillbaka? [2 p]

6. Betrakta den mot potentialbarriären inkommande partikelvågen i figuren nedan. Dela upp i lämpliga regioner och ställ med kvantmekanisk formalism upp formen på partikelvågens vågfunktion (använd först godtyckliga normaliseringskonstanter och ange om någon konstant är lika med 0. Ställ även upp alla relevanta randvillkor som gäller för vågfunktionen i detta fall. [2 p]

Härled, med utgångspunkt från ovanstående formalism, formelbladets uttryck för reflektionskoefficienten, R , dvs för sannolikheten att en inkommande partikel reflekteras. Visa alla steg i härledningen tydligt. [3 p]



7. En cesiumatom emitterar en foton (karaktäristisk Röntgenstrålning) motsvarande en elektronövergång från L-skalet ($n = 2$) till K-skalet ($n = 1$). Beräkna energin för denna foton. (Vi kan förenklat anta i detta fall att de olika elektronerna inte påverkar varandra) [3 p]

Karaktäristisk röntgenstrålning kan bl.a. uppstå som en direkt följd av s.k. *inre konversion*. Som ett exempel sönderfaller ett exiterat tillstånd (662 keV över grundtillståndet) i isotopen/atomkärnan ^{137}Cs med inre konversion. Förklara vad inre konversion innebär och exemplifiera med detta sönderfall i ^{137}Cs för att beskriva förloppet. Alla inblandade partiklar ska redovisas. [2 p]

8. Comptonspridning; En inkommande gammafoton som rör sig i x -riktningen (se figur) med energin 1173 keV sprids mot en elektron i origo $(x,y)=(0,0)$. Elektronen träffar en detektor i punkten $(x,y)=(10\text{ cm}, 1\text{ cm})$. Beräkna den detekterade elektronens kinetiska energi, E_{kin} , samt den spridda fotonens rikting (uttryckt som vinkeln θ mot den inkommande fotonens riktningsvektor. Gör en egen figur så riktningarna framgår tydligt). [5 p]

