

Tentamen i Modern Fysik (SH1012/SH1013)

08.00-13.00, 2014-05-27, 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 ^{226}Ac kan sönderfalla på tre olika sätt: β^+ -sönderfall, β^- -sönderfall, och α -sönderfall. Beskriv schematiskt vad som händer (vilka partiklar som skickas ut från atomkärnan i respektive fall) och visa vilken dotterkärna vi får i vart och ett av de tre sönderfallen [3 p]. För α -sönderfallet: utgå från atomära massor och beräkna Q-värdet samt alfapartikelns energi [2 p].
2. Elsa, 91 år, har tjock-TV. För att få henne att skaffa en ny dyr OLED-TV så försöker hennes barnbarn dilla i henne att det kommer farliga röntgenstrålar från den gamla TV-apparaten. Elsa som är F-42:a (Fibonacci) ger sig dock inte så lätt. På katodstråleröret står det 3000 V, och hon vet att elektronerna som accelereras med den spänningen bestämmer den maximala energin för röntgenfotonerna som genereras på insidan av tv-rutan. Bestäm gränsvåglängden ($\lambda_{\min}$) på röntgenstrålningen som bildas när elektronerna träffar insidan på bildröret [2 p].

På pensionärsföreningen Lyckan får Elsa hjälp av sin kompis Olle att koppla upp sig till Internet och hon hittar efter visst besvär NIST:s tabell (se nedan). Tabellen ger uppmätta värden på absorptionskoefficienten, μ , för fotoner motsvarande den exponentiella ($I = I_0 e^{-\mu x}$) absorptionen i glas. Elsa vet dessutom att TV-rutan är ca 5 mm tjock. Hon kan sedan räkna lite och därpå läxa upp sina barnbarn. På samma sätt som Elsa, beräkna den ungefärliga andelen röntgenfotoner som penetrerar TV-rutan [3 p].

Energi [keV]	μ [cm^{-1}]
1.0000	3.1640e+03
1.5000	1.1520e+03
2.0000	1.5000e+03
3.0000	5.1230e+02
4.0000	2.3550e+02
5.0000	1.2600e+02
6.0000	7.5000e+01
8.0000	3.2690e+01
10.0000	1.7050e+01
20.0000	2.2970e+00
30.0000	7.9870e-01
40.0000	4.3410e-01
50.0000	3.0220e-01

3. En partikel med massan m befinner sig i ett bundet tillstånd i en endimensionell potential. Vågfunktion har den (onormerade) formen:

$$\Psi(x) = \begin{cases} A \cdot x e^{-m\omega x^2/2\hbar} & x > 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

Normera vågfunktionen, dvs bestäm konstanten A [1 p]. Ta fram funktionen $V(x)$ för potentialen och rita upp den. Beräkna även energin E för vågfunktionen [4 p].

4. Det för människor synliga spektrumet sträcker sig från violett (ca 400 – 450) via blått (450 – 495), grönt (495 – 570), gult (570 – 590), orange (590 – 620) till rött (620 – 700). En vätelampa (i vilken ständigt ett stort antal exiterade tillstånd slumpmässigt populeras och därefter de-exiteras) lyser med en vacker färg. Men vilken färg är det? Visa vilka övergångar i atomärt väte som ligger i det synliga området 400-700 nm och beskriv den färg de tillsammans borde ge [5 p].
5. I ett experiment vid CERN accelererade studerades π^+ -partiklar. Dessa har en vilomassa på $139.6 \text{ MeV}/c^2$ och sönderfaller till en antimyon, $\bar{\mu}^+$, och en myonneutrino, ν_μ . I experimentet ville man mäta halveringstiden för detta sönderfall. Vid hastigheten $v/c = 0.99995$ så sönderföll 50% av π^+ -partiklarna under en mätsträcka på 540 meter. Beräkna halveringstiden [5 p].

6. En väteatom befinner sig i tillståndet $n = 2, l = 1$. Beräkna elektronens mest sannolika avstånd från atomkärnan. [5 p]

7. Högenergetiska gammafotoner kan växelverka med materia på huvudsakligen tre olika sätt, *fotoelektrisk effekt*, *Comptonspridning*, och *parbildning*. En gammafoton med energin 823 keV infaller mot och växelverkar med en bit bly. Vilken/vilka av de tre processerna är möjliga i detta fall? Notivera ditt svar och förklara vad som händer i de olika fallen [2 p].

En gammafoton med energin 3114 keV infaller mot en *fri* elektron (som befinner sig i vila) i vacuum. Vilken/vilka processer av de tre nämnda ovan är möjliga i detta fall? För varje fall som du anser är möjligt (om något), visa tydligt vilka energier och rörelsemängder de olika partiklarna har. [3 p].

8. Ett team kärnfysiker vill mäta halveringstiden för 2^+ -tillståndet i ^{112}Te . I en kärnreaktion skapas nukliden ^{112}Te genom att en strålmålsfolie (i origo) bombarderas av en acceleratorstråle. ^{112}Te -kärnorna skapas i folien i ett exiterat, kortlivat, tillstånd ($I^\pi = 2^+$), 689 keV över grundtillståndet ($I^\pi = 0^+$). Kärnorna har hög hastighet och lämnar omedelbart folien för att färdas med en konstant hastighet, v_1 , i positiva x -riktningen i vacuum. Vid $x = 100 \mu\text{m}$ sitter en annan tunn folie som bromsar ner kärnorna till viss del. De färdas sedan vidare längs x -axeln med den lägre, konstanta hastigheten v_2 . Gammafotoner som motsvarar $2^+ \rightarrow 0^+$ -övergången skickas ut spontant då det exiterade tillståndet sönderfaller. En detektor detekterar fotoner som går snett bakåt, i $\theta = 158^\circ$ mot den positiva x -axeln. Avståndet från strålmålet till detektorn är ca 30 cm (avsevärt större än den korta distans där sönderfallen sker), så vinkeln θ kan anses konstant i detta fall.

Två toppar med energierna 649 keV och 657 keV detekteras, med den relativa intensiteten $I(649)/I(657) = 0.63$. De två topparna motsvarar de Dopplerskiftade energierna då $2^+ \rightarrow 0^+$ -sönderfallet sker före resp. efter nedbromsningsfolien. Bestäm hastigheterna v_1 och v_2 [2 p]. Bestäm halveringstiden hos 2^+ -tillståndet i ^{112}Te [3 p].

