

Tentamen i Modern Fysik (SH1014)

8.00-13.00, 2018-01-15, 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. 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. En partikel med massan m befinner sig i en tvådimensionell potential $U(x,y)$ med följande egenskaper:

$$U(x,y) = 0 \quad \text{för } 0 < x < a \text{ och } 0 < y < b$$

$$U(x,y) = \infty \quad \text{annars}$$

a) Visa att partikelns energi kan skrivas enligt

$$E = (\pi^2 \hbar^2 / 2m) (n_1^2 / a^2 + n_2^2 / b^2)$$

samt att vågfunktionen kan skrivas enligt

$$\psi(x,y) = C \sin(n_1 \pi x / a) \sin(n_2 \pi y / b). \quad [4p]$$

b) Normera vågfunktionen, dvs bestäm konstanten C . [1p]

2. Den tvåatomiga molekylen HX (X är okänd) har en effektiv fjäderkonstant på $9.68 \cdot 10^5$ g/s² och ett jämviktsavstånd på 0.092 nm. Våglängden av en foton som HX kan absorbera genom en vibrationsövergång ($\Delta V = 1$) är 2.4 μm , där V är vibrationskvanttalet.

a) Beräkna reducerade massan för HX. [2p]

b) Vilken atom är X? [1p]

c) Beräkna energierna för de lägsta rotations- och vibrationstillstånden för HX. [2p]

3. a) En väteatom befinner sig i ett tillstånd med $n = 2$, $l = 1$ och $m_l = 0$. Beräkna elektronens mest sannolika radie, r_0 uttryckt i a_0 . [2.5p]

b) Beräkna det/de värden på vinkeln θ där vi har störst sannolikhet att hitta elektronen. [2.5p]

4. En stav med längden L_0 rör sig med hastigheten v längs den horisontella axeln, x' . Staven är orienterad så att den har en vinkel θ_0 relativt x' -axeln.

a) Bestäm stavens längd uppmätt av en stationär observatör. [2.5p]

b) Bestäm vinkeln som staven har relativt stationära observatörens horisontella axel, x . [2.5p]

5. Atomkärnan $^{212}_{83}\text{Bi}$ kan sönderfalla på två olika sätt: α -sönderfall och β^- -sönderfall.

a) Beskriv schematiskt vad som händer vid sönderfallet, dvs vilka partiklar som sänds ut från atomkärnan i de två fallen samt visa vilka dotterkärnor som skapas. [2.5p]

b) Utgå från atomära massor och beräkna Q -värdet för de två sönderfallen. [2.5p]

6. Naturligt samarium innehåller 15 % av den radioaktiva isotopen ^{147}Sm , som sönderfaller genom att avge en α -partikel. Ett gram (1 g) naturligt samarium sänder ut 89 α -partiklar per sekund. Bestäm ^{147}Sm isotopens halveringstid med hjälp av den givna informationen. [5p]

7. Kim har hittat en synbart ogenomskinlig halvledare och vill ta reda på vad det är för någon. För att avgöra saken mäter hen upp dess ledningsförmåga. När Kim värmer halvledaren 9 grader C från rumstemperatur så fördubblas ledningsförmågan jämfört med vid rumstemperatur. Kim antar att populationen av ledningselektroner är avgörande.

a) Vilken eller vilka av de nedanstående kan hen avföra på en gång? **[1.5p]**

b) Visa med hjälp av beräkningar vilken av följande halvledare Kim har hittat. **[3.5p]**

Halvledare	Bandgap E_g
Ge	0.68 eV
Si	1.18 eV
GaAs	1.43 eV
CdSe	1.73 eV
ZnTe	2.25 eV
GaN	3.4 eV
diamant	5.5 eV

Fermi-Dirac-fördelningen: $N(E) = 1 / [\exp(E-E_F)/kT + 1]$

8. En partikel som i alla hittills mätta avseenden är kompatibel med Higgs bosonen förklarades upptäckt av LHC-experimenten vid CERN i juli 2012. I ATLAS-experimentets publikation som släpptes en dryg månad senare finns nedanstående delfigur. Använd denna för att uppskatta Higgs-bosonens livslängd. Tips: tänk på osäkerhetsrelationen.

Figurens x-axel är invarianta massan (i GeV/c^2) av två fotoner som tros komma från Higgs-bosonens sönderfall. Invarianta massan motsvarar vilomassan för en partikel mätt från dess sönderfallsprodukter. Y-axeln är antalet fall en viss massa mätts efter att bakgrund har subtraherats. Den heldragna kurvan är en anpassning. **[5p]**

