Kvantfysikens grunder Tentamen 3.3.2020

En handskriven dubbelsidig A4 luntlapp får användas. Denna lämnas in tillsammans med tentsvaren.

Kom ihåg att skriva ut motiveringar och mellansteg i beräkningarna ni gör!

Uppgift 1.

Förklara, definiera och/eller exemplifiera följande begrepp.
(1 poäng per begrepp)

a) Egenvärde
b) Schrödingerekvationen
c) Klotytfunktion
d) Heisenbergs osäkerhetsrelation
e) Parbildning och annihilation
f) Materievågor

Uppgift 2.

a) Beskriv den fotoelektriska effekten. Hur såg experimentet ut och vad bevisade det? **(2 poäng)**
b) Beskriv Comptoneffekten. Vad är processen som undersöks i experimentet? Vad bevisar det om fotoner? **(2 poäng)**
c) Kring samma tider som fotonen undersöktes, debatterades också atomens struktur, där ett förslag (som visade sig vara rätt) var att negativt laddade elektroner i en atom kretsade kring en positivt laddad kärna. Beskriv ett experiment som bevisade denna hypotes. **(2 poäng)**

Uppgift 3.

En partikel i en endimensionell låda med oändligt höga kanter är bunden till intervallet $\left[-\frac{a}{2},\frac{a}{2}\right]$ och befinner sig i sitt första exciterade tillstånd. Beräkna sannolikheten för att finna partikeln i subintervallet $\left[\frac{a}{8},\frac{3a}{8}\right]$. De onormaliserade egenfunktionera inne i lådan har formen

$$\psi_n(x) = \begin{cases} A\cos\frac{n\pi x}{a} & ,\ \text{då}\ \ n=1,3,5,\ldots \\ B\sin\frac{n\pi x}{a} & ,\ \text{då}\ \ n=2,4,6,\ldots \end{cases}$$

(6 poäng)

Uppgift 4.

Niehls Bohr lyckades konstruera en atommodell som beskrev elektronernas energinivåer i väte. Radierna för de möjliga elektronbanorna var $r = r_n = \frac{4\pi\epsilon_0\hbar^2 n^2}{e^2 m}$. Visa hur Bohr kom fram till detta resultat. **(6 poäng)**

Uppgift 5.

En partikel med energin E träffar en potentialbarriär med höjden V_0 och bredden a, där $V_0 > E$. Vad menas i detta sammanhang med

a) klassiskt förbjudet område? **(1,5 poäng)**
b) tunneleffekt? **(1,5 poäng)**
c) Skissera sannolikhetsdensiteten $\psi^*(x)\psi(x)$ i området inom och kring potentialbarriären. Beskriv med ord varför sannolikhetsdensiteten ser ut som den gör i de olika områden. **(3 poäng)**

Lycka till!

(konstanter och formler som kanske hjälper finns på nästa sida)

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2} + V\Psi = i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t}$$

$$F = \frac{mv^2}{r}$$

$$i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t} = E\Psi$$

$$u_\nu = \frac{N_\nu}{V}\langle\epsilon\rangle = \frac{8\pi h}{c^3}\frac{\nu^3}{e^{h\nu/kT}-1}$$

$$\frac{\nu-\nu'}{\nu\nu'} = \frac{h}{m_e c^2}(1-\cos\theta)$$

$$\lambda_m T = 2,898\cdot 10^{-3}Km$$

$$E_n = -\frac{\mu}{m}Z^2\frac{E_0}{n^2}$$

$$F = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Z_1 Z_2}{r^2}$$

$$\sin^2 x = \frac{1-\cos 2x}{2}$$

$$M(T) = \sigma T^4, \sigma = 5,67\cdot 10^{-8}W/(m^2K^4)$$

$$E^2 = c^2p^2 + m^2c^4$$

$$1eV = 1.602\cdot 10^{-19}J$$

$$h = 6.626\cdot 10^{-34}Js$$

$$c = 299792458m/s$$

$$m_e = 9.11\cdot 10^{-31}kg$$