T2 Vorlesung

- L. Schiff : „Quantenmechanik“
- Landau/Lifschitz : (Band 3)
- Messiah : „Quantum Mechanics“ (Band 1)
- Feynman : „Lectures on Physics“ (Band 3)
- Schwabl : „Quantenmechanik“ (Band 1,2)
- Paul Dirac : „Principle of Quantum Mechanics“

1 Probleme der klass. Physik

Das klassische Weltbild ist kausal und deterministisch.

- kausal -> Ursache - Wirkungs Prinzip
- deterministisch -> Eindeutige Zeitentwicklung

MATERIE	STRAHLUNG
(Teilchenstruktur)	(Wellennatur)
statistische Gastheorie	Maxwell Theorie
Entdeckung Elektron (Thomson, 1897)	Erzeugung von EM-Wellen (Hertz)
Brown'sche Bewegung (Einstein)	Beugung und Interferenz
Messung der Elementarladung (Millikan, 1910)	
Rutherford'sches Atommodell (1911)	

1.1 Probleme der klass. Physik

1. Schwarze Strahlung
2. Photoeffekt
3. Spezifische Wärme (T4 Vorlesung)
4. Atomhülle
5. Comptoneffekt

1.1.1 Schwarze Strahlung

$E(\nu;\mathrm{T}) = \frac{8\pi}{c^3}.\frac{h.\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{\mathrm{kT}}}-1}$

h ... Planck'sches Wirkungsquantum
$h \cong 6,6.10^{-27}\mathrm{erg.sek} = 6,626.10^{-34}\mathrm{Js}$
k ... Boltzman Konstante
$k \cong 1,38.10^{-16}\frac{J}{K}$
$[h\nu] = [h].[\nu] = \mathrm{Energie}$
$[\mathrm{kT}] = [k].[\mathrm{T}] = \mathrm{Energie}$
$\Rightarrow \left[\frac{h\nu}{\mathrm{kT}}\right] = 1$
c ... Lichtgeschwindigkeit

für $\frac{h\nu}{k\mathrm{T}} \ll 1$ gilt: $e^{\frac{h\nu}{k\mathrm{T}}} \cong 1 + \frac{h\nu}{k\mathrm{T}} \Rightarrow E(\nu,\mathrm{T}) = \frac{8\pi}{c^3}.\frac{h\nu^3}{1+\frac{h\nu}{\mathrm{kT}}-1} = \frac{8\pi}{c^3}.\mathrm{kT}\nu^2$ RAYLEY-JEANS (aus klass. Statistik)

für $\frac{h\nu}{k\mathrm{T}} \gg 1$ gilt: $E(\nu,T) \approx \frac{8\pi}{c^3}.h\nu^3.e^{-\frac{h\nu}{\mathrm{kT}}}$ WIEN'sches Gesetz (Exponentiell)

PLANCK: Hohlraumstrahlung als Oszillator mit diskreten Energien. $E_n = \mathrm{nh}\nu$

1.1.2 Photoeffekt

Elektromagnetische Strahlung auf Metalloberfläche schlägt e^- heraus.

$E_{e^-} = h\nu - A$

A .. Ablösungsenergie (vom Material abhängig)

Einstein (1905): Lichtquantenhypothese, Licht existiert nur in diskreten Portionen.

Später bestätigt durch Comptoneffekt:

$\rightarrow$ Streuung von Licht an Elektronen:

$\lambda' - \lambda = \frac{2h}{m_e c}.\sin^2(\frac{\vartheta}{2})$

Herleitung aus dem Stoßgesetz für den elastischen Stoß unter der Annahme, dass sich Licht wie ein Teilchen (Photon) verhält: $E = h\nu$; Impuls: $|\vec{p}\,| = \frac{h}{\lambda}$

1.1.3 Wellennatur des Lichts

$(\phi_1 + \phi_2)^2 \neq \phi_1^2 + \phi_2^2$

$\Rightarrow$ Wellenerklärung, durch Teilchentheorie nicht erklärbar

1.1.4 Rutherford'sches Atommodell

Probleme:

a) Symetrie

Wasserstoffatom ist Kugelsymetrisch und hat keine dezitierte Ebene. Experimentell ergibt sich aber Kugelsymetrie. Beispiel an Hand der Gastheorie:

van der Waal'sche Gasgleichung:

$(p + \frac{a}{v^2})(v - b) = R\mathrm{T}$

b .. Volumen der Moleküle

für H_2: $b = 23,5\,\frac{\mathrm{cm}^3}{\mathrm{Mol}}$

$(1\,\mathrm{Mol} = 6.10^{-23}\mathrm{Moleküle})$

$\frac{\mathrm{Vol}}{\mathrm{Mol}} = \frac{23,5}{6.10^{-23}}\mathrm{cm}^3 = 4.10^{-23}\mathrm{cm}^3$

$\sqrt[3]{4.10^{-23}} = \sqrt[3]{40}.\sqrt{10^{-24}} \approx 3,4.10^{-8}\mathrm{cm}$

b) Strahlung

Vorstellung: „Schwingender Dipol“

strahlt Energie ab $\rightarrow$ Elektron müsste in den Kern stürzen.

$\frac{\mathrm{dE}}{\mathrm{dt}} \propto \left(\frac{d^2\vec{d}}{\mathrm{dt}^2}\right)$

$\vec{d}$ .. Dipolmoment

c) Diskretes Spektrum

diskretes Spektrum: z.B.: H: $\nu_{n,m} = C\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$

$n < m; n, m...$ pos. Ganzzahl

Erklärung durch BOHR:

Quantisierungsbedingung: $|\vec{L}\,| = n.\frac{h}{2\pi}$; $\left(\hbar = \frac{h}{2p}\right)$

Elektron auf der Kreisbahn:

$\frac{\mathrm{dr}}{\mathrm{dt}} = 0;\ E = \frac{L^2}{2\mathrm{mr}^2} - \frac{e^2}{r} = V_{\mathrm{eff}}(r)$

$\frac{d}{\mathrm{dr}}E(r) = -\frac{L^2}{\mathrm{mr}^3} + \frac{e^2}{r^2} = 0$

$\rightarrow \frac{L^2}{m} = e^2 r \rightarrow r = \frac{L^2}{\mathrm{me}^2}$

$\rightarrow E = \frac{L^2}{2\mathrm{mr}^2} - \frac{e^2}{r} = V_{\mathrm{eff}}(r)$

$E_{\mathrm{Kreisbahn}} = -\frac{1}{2}\frac{\mathrm{me}^4}{L^2} = -\frac{1}{2}\frac{\mathrm{me}^4}{n^2\hbar^2} \propto \frac{1}{n^2}$

$r_n = \frac{n^2\hbar^2}{\mathrm{me}^2}$

für n=1: $r_{\mathrm{Bohr}} = r_B = r_1 = \frac{\hbar^2}{\mathrm{me}^2} = 0,529.10^{-8}\mathrm{cm}$