Schlussfolgerung: Energie des Lichts löst Elektronen ab und beschleunigt sie

$$E_{Licht} = W_A + E_{kin}$$

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m_e v^2 = e_0 U_B$$

Intensität des Lichts legt nur fest, wie viele Elektronen abgelöst werden, E_{kin} ist aber nur proportional zu λ

$$E_{Ph} = h\,\nu = W_A + e_0 U_B$$

Welle Teilchen Dualismus

Widerspruch zum bestehen Atommodell ?

Das Bohr'sche Atommodell (1913)

Bohr (Rutherfords Schüler) verbesserte Rutherfords Modell

4 Postulate!

1. Die Elektronen bewegen sich auf kreisförmigen Bahnen
2. Elektronen dürfen nur auf Bahnen mit dem Drehimpuls $L = \frac{nh}{2\pi}$ mit $n \in \mathbb{N}$ aufhalten
3. Strahlungsfreier Umlauf auf diesen Bahnen
4. $\Delta E = h\nu \cdot \Delta n$ bei Bahnwechsel

Zum 1. Postulat:

Zwischen elektrisch geladenen Teilchen treten elektrostatische WWen. Diese elektrostatische Kraft wird durch das Coulomb'sche Gesetz beschrieben (im Vakuum)

$$F_C \sim \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \quad \text{bzw.} \quad F_C = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

mit $\varepsilon_0 = 8{,}854 \cdot 10^{-12} \frac{A \cdot s}{V \cdot m}$

$(1\,VAs = 1\,VC = 1\,Ws = 1\,J)$

Bewegt sich das Elektron mit der Bahngeschwindigkeit v um den Kern, tritt die Zentripetal/Zentrifugalkraft auf

$$F_z = m a_z = \frac{m v^2}{r}$$

Für einen stabilen Umlauf muss gelten:

$$F_C = F_z$$

Somit gilt:

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = \frac{m v^2}{r}$$

bzw.

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e_0^2}{r^2} = \frac{m_e v^2}{r} \qquad \text{mit } Q_1 = Q_2 = e_0$$

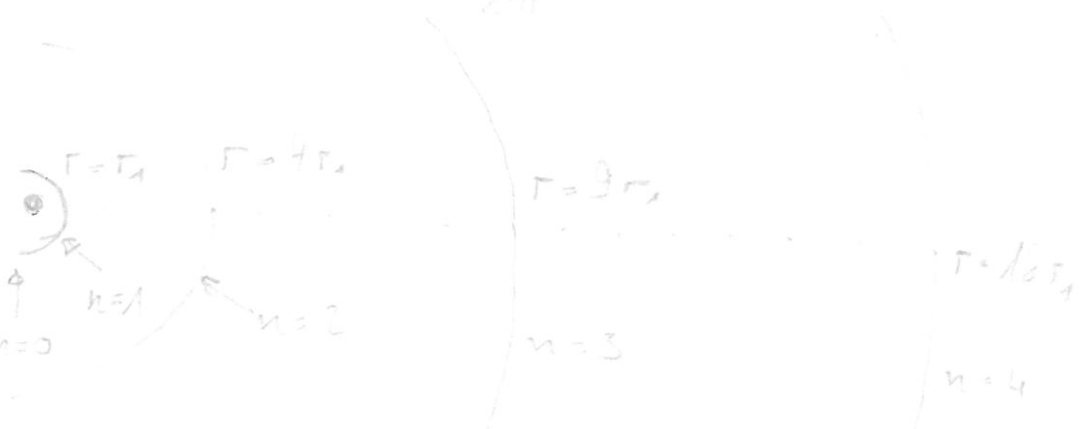
Einbringen des Drehimpulses L und Quantenzahl n

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{e_0^2}{r^2} \cdot m_e r^3 = \frac{m_e v^2}{r} m_e r^3 = L^2 = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2}$$

$$\longrightarrow r = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2} \frac{4\pi\varepsilon_0}{e_0^2 m_e} = n^2 \frac{h^2 \varepsilon_0}{\pi m_e e_0^2} = n^2 a_0$$

mit $a_0 = 0{,}53$ Å

Zum 2. Postulat: $L = r \cdot p = m_e r v = \frac{n h}{2\pi}$ $n \in \mathbb{N}$



Zum 3. Postulat

Keine Veränderung zu Rutherford
Umlauf ist strahlungsfrei

Zum 4. Postulat

$\Delta E = \Delta n \cdot h \cdot \nu$ oder $\Delta E = h \cdot \nu$, für $\Delta n = 1$

Betrachtung der Gesamtenergie eines Elektrons

27.10.2014

$$E = E_{kin} + E_{pot}$$

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m_e v^2 = \frac{1}{2} \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e_0^2}{r}$$

$$E_{pot} = \int_{\infty}^{r} F_c \, dr = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} e_0^2 \int_{\infty}^{r} \frac{dr}{r^2} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e_0^2}{r}$$

$$\Rightarrow E = -\frac{1}{2} \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e_0^2}{r} = -\frac{e_0^2}{8\pi\varepsilon_0 r}$$

(Gesamtenergie Summe aus kinetischer u. potentieller Energie, Betrag von E_{pot} doppelt so groß wie E_{kin})

$$-E_{pot} = 2 E_{kin}$$

mit Def vom Drehimpuls folgt:

$$E = -\frac{e_0^2 \pi e_0^2 m_e}{8\pi\varepsilon_0 n^2 h^2 \varepsilon_0} = -\frac{1}{n^2} \cdot \frac{m_e e_0^4}{8 h^2 \varepsilon_0^2}$$

Beim Übergang von z.B. $n = 2 \rightarrow n = 1$ folgt also

$$\Delta E = E_2 - E_1$$

$$= \frac{m_e e_0^4}{8 h^2 \varepsilon_0^2} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = h \cdot \nu = h \frac{c}{\lambda} = h c \tilde{\nu}$$

$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda}$ (Wellenzahl)

<u>Spektrallinien</u>, die durch den Übergang von Elektronen von 2 Niveaus zu einander entstehen haben die Wellenzahl

$$\tilde{\nu} = \frac{m_e e_0^4}{8 h^3 \varepsilon_0^2 c} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = \underbrace{R}_{\text{Rydberg-Konstante}} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$R_\infty = 109737 \ cm^{-1}$

→ Übergangsserien

$n_1 = 1$	Lyman	UV
$n_1 = 2$	Balmer	Vis
$n_1 = 3$	Paschen	IR
$n_1 = 4$	Brackett	IR
$n_1 = 5$	Pfund	noch langwelliger

Ist $n_2 = \infty$ so erfolgt Ionisierung ($1e^-$ wird entfernt)
Man spricht von der Seriengrenze

$$\lim_{n_2 \to \infty} \tilde{\nu} = R \cdot \frac{1}{n_1^2} = \tilde{\nu}_{gr}$$

z.B. Lyman $n_1 = 1 \longrightarrow \tilde{\nu}_{gr} = R$

$$\Rightarrow E_{ion} = h c \tilde{\nu}_{gr} = 13.6 \ eV$$

<u>Achtung</u> Bohrsches Atommodell nur für $1e^-$ Systeme gültig (H^0 oder $\underbrace{He^+}_{\text{Kernladung } z = 2}$)

$$F_C = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{z e_0^2}{r^2} \longrightarrow r = \frac{n^2}{z} a_0 \qquad E = -\frac{z^2}{n^2} \, 13.6 \ eV$$

$$\tilde{\nu} = R z^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

de Broglie (1923) Bewegte Teilchen sind Materiewellen

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m v}$$

Welleneigenschaften des Elektrons können durch Beugung an Kristallen gezeigt werden (Davisson und Germer, 1927)

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{p^2}{2m} = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

↳ Welle - Teilchen Dualismus