BOHRS ATOMMODELL

- Physik Q3
- sp, 02.09.2016

DER AUSGANGSPUNKT

- Elektronen bewegen sich auf Kreisbahnen um den Atomkern.
- Die Bewegung auf einer Kreisbahn ist strahlungsfrei!

BOHRSCHE POSTULATE

1. Atome gibt es strahlungsfrei nur in bestimmten stationären Zuständen.
2. **Quantenbedingung I:** Der Bahndrehimpuls *mvr* ist gequantelt.
3. **Quantenbedingung II:** Der Bahndrehimpuls *mvr* ist ein ganzzahliges Vielfaches von
$$\hbar = \frac{h}{2 \cdot \pi}$$
(sprich: „h-quer")
4. **Frequenzbedingung:** Bei Übergängen zwischen den stationären Zuständen wird die Energie *hf* als Photon frei. Es gilt: $hf = \Delta E = E_n - E_m$

RADIEN DER ELEKTRONENBAHNEN IM H-ATOM I

- Den Elektronen sind stehende Wellen zugeordnet.
- Coulombkraft F_{el} wirkt zwischen Elektron und Proton.
- Coulombkraft F_{el} wirkt als Radialkraft F_R (Kreisbahn!)
- Idee 1: Nutze die Bedingung für stehende Wellen auf einer Kreisbahn

$$\lambda_n = \frac{2\pi r}{n}$$

- Idee 2: Nutze die Verschränkung von Impuls & Wellenlänge

$$h = \lambda \cdot p$$

RADIEN DER ELEKTRONENBAHNEN IM H-ATOM II

- Ersetze in der Radialkraft $F_R = \frac{m_e \cdot v^2}{r}$ v^2 durch den Impuls p und benutze **Idee 2**.
- Ergebnis → die Bahnradien r_n:

$$r_n = n^2 \cdot \frac{h^2}{4\pi^2} \cdot \frac{4\pi\epsilon_0}{m_e \cdot e^2}$$

- n=1: Bohrscher Radius $r_1 = 0{,}53 \cdot 10^{-10}$ m
- $r_n = n^2 \cdot r_1$, n = 1, 2, 3, ...

DISKRETE ENERGIEZUSTÄNDE I

- Bahnradien r_n entsprechen diskreten Energiezuständen E_n
- Gesamtenergie des Elektrons im elektrischen Feld des Atomkerns: $E = E_{kin} + E_{pot}$
- Kinetische Energie: $E_{kin} = ½ \cdot m \cdot v^2$
- Potentielle Energie:

$$E_{pot} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r}$$

DISKRETE ENERGIEZUSTÄNDE II

- Idee 1: Nutze die Bedingung $F_{el} = F_R$
- Idee 2: Setze die Gleichung für die Bahnradien r_n ein
- Ergebnis:

$$E_n = -\frac{1}{n^2} \cdot (\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0})^2 \cdot \frac{2\pi^2 m_e}{h^2}$$

- **Energieniveaus** (auch: *Energiestufen*)

$$E_n = -13,6eV\frac{1}{n^2}$$

ENERGIEWERTE & BAHNRADIEN DES ELEKTRONS

Quantenzahl	Energiedifferenz zum Grundzustand	Bahnradius
n	ΔE in eV	r_n in 10^{-10} m
1	–	0,53
2	10,2	2,1
3	12,09	4,8
4	12,68	8,5
...	...	...
$n \to \infty$	13,6	-

WASSERSTOFFSPEKTRUM I

- Jeder Energiestufe entspricht eine De-Broglie-Welle
- Energieänderung via Emission bzw. Absorption eines Photons
- $\Delta E = h \cdot f = E_m - E_n = 13,6 eV \cdot (\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2})$
- E_m - E_n: Übergang vom *n*-ten zum *m*-ten Energieniveau
- E_∞ = 13,6 eV → *Ionisierungsenergie* des H-Atoms aus dem Grundzustand

WASSERSTOFFSPEKTRUM II

- Spektrallinien entsprechen Übergänge zw. den Energieniveaus
- Bohr kann die **Rydbergfrequenz** f_R aus seinem Modell herleiten!
- $$f_R = \frac{13,6eV}{h}$$
- $$f = \frac{\Delta E}{h} = \frac{13,6eV}{h} \cdot (\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2})$$

VORTEILE DES ATOMMODELLS

- Absorption & Emission werden durch Energieänderungen beschrieben.
- Die Balmerformel wird hergeleitet.
- Rydbergkonstante f_R und Ionisierungsenergie werden verständlich!
- Der Durchmesser des H-Atoms wird richtig bestimmt.

NACHTEILE DES ATOMMODELLS

- Die Bohrschen Postulaten sind mit der klassischen Physik nicht vereinbar, sie erscheinen willkürlich!
- Bohrs Theorie versagt bei Mehrelektronensysteme (→ Anzahl $e \geq 2$).
- Bohrs Theorie benutzt den klassischen Bahnbegriff → Widerspruch zur Heisenbergschen Unschärferelation.
- Bohr beschreibt das H-Atom statt als Kugel (**3D**) als Scheibe (**2D**).

QUELLEN

- Klaus Jupe, Margrit Ludwig: Kursthemen Physik. Spezielle Relativitätstheorie, Atomphysik. Diesterweg: 1995
- Höfling: Physik
- Bild aus https://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/nawi.inst.251/Didactics/quantenchemie/grafik/11Bohr/Verbot.jpg

ENDE

- Präsentation erstellt mit Reveal.js
- Präsentation online: http://www.wspiegel.de/ppp/bohrs_atommodell.html
- →Zurück zur Startseite . . .