

Das Korrespondenzprinzip

Die Vorhersagen von quantenmechanischen Modellen stimmen im Grenzfall hoher Quantenzahlen mit denen der klassischen Modelle überein.

Beispiel: Übergangsfrequenz im Wasserstoff-Atom

QM:
$$\nu_{if} = \frac{R_y}{h} \left(\frac{1}{m_f^2} - \frac{1}{m_i^2} \right)$$

für benachbarte Zustände

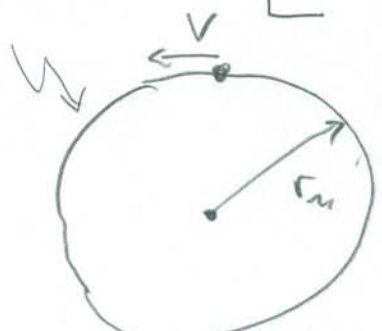
$$m_f = m_i - 1$$

$$\boxed{\nu_{if} = \frac{R_y}{h} \left(\frac{1}{(m_i - 1)^2} - \frac{1}{m_i^2} \right)}$$

$$\approx \boxed{\frac{R_y}{h} \frac{2}{m_i^3}}$$

klassisch: Frequenz der Dipolstrahlung des e^- auf Umlaufbahn

$\nu = \frac{1}{T}$


$$\boxed{\nu = \frac{v}{2\pi r_m}} = \boxed{\frac{R_y}{h} \frac{2}{m^3}} \rightarrow \text{identisch mit QM Resultat}$$

mit
$$v = \frac{e}{\sqrt{4\pi\epsilon_0 m r_m}}$$

und
$$r_m = \frac{n^2 h^2 \epsilon_0}{\pi m e^2}$$

T: Umlaufzeit

Rydberg - Atome

Atome bei denen sich ein einzelnes e^- in einem Zustand mit einer sehr grossen Hauptquantenzahl ($n > 20$) befindet.

Eigenschaften

- grosse Bahn radien des e^-

$$\boxed{r_n = r_1 n^2}$$

$$\rightarrow n = 100 \Rightarrow r_n \sim 500 \text{ nm}$$

\rightarrow Atom ist 10^4 mal grösser als gewöhnliches Wasserstoff-Atom

- Rydberg - Atome beliebiger Elemente haben Eigenschaften ähnlich dem Wasserstoff-Atom

$\rightarrow e^-$ bewegt sich effektiv im Feld des einfach ionisierten Atoms

- grosse Dipolmomente

$$\boxed{d \sim e r_n \propto e r_1 n^2}$$

\rightarrow sehr starke Wechselwirkung mit Photonen

Dipolmoment
des Wasserstoff-Atoms

- kleine Übergangsfrequenzen

$$\rightarrow \boxed{\nu \sim \frac{R_y}{h} \frac{2}{n^3}} \Rightarrow \nu \Big|_{n=100} = 6.6 \text{ GHz}$$

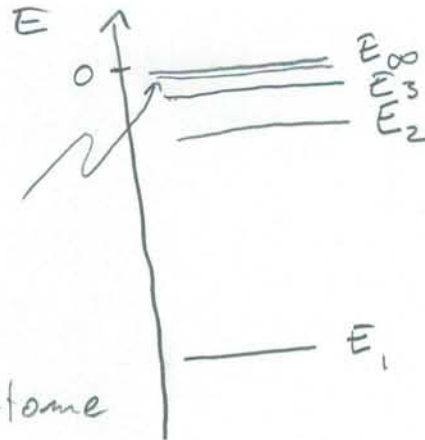
- **lange Lebensdauern**

↳ bis zu Sekunden $\tau \approx 1s$

- **leicht ionisierbar**

↳ $E_n \sim \frac{1}{n^2}$

↳ einfache Detektion
der ionisierten Atome



- Erzeugung durch Wechselwirkung mit Photonen
geeignet gewählter Frequenz ν

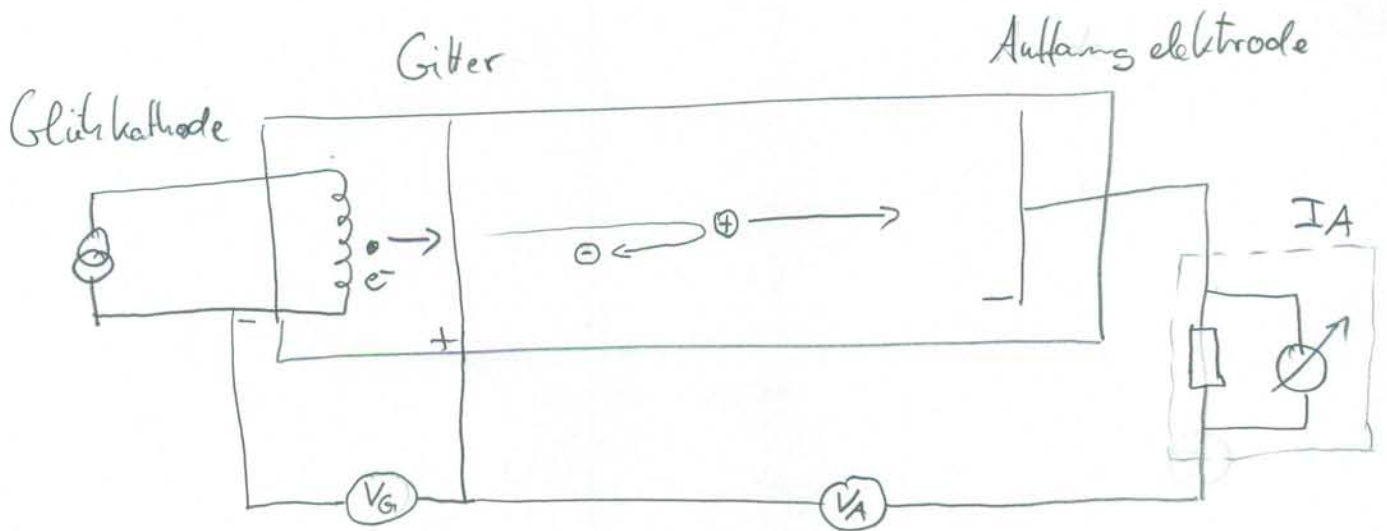
- Detektion mit Sekundärelektronen-Vervielfachern

Anwendung: Grundlagenforschung zur
Untersuchung der Wechselwirkung
einzelner Photonen mit einzelnen
Atomen

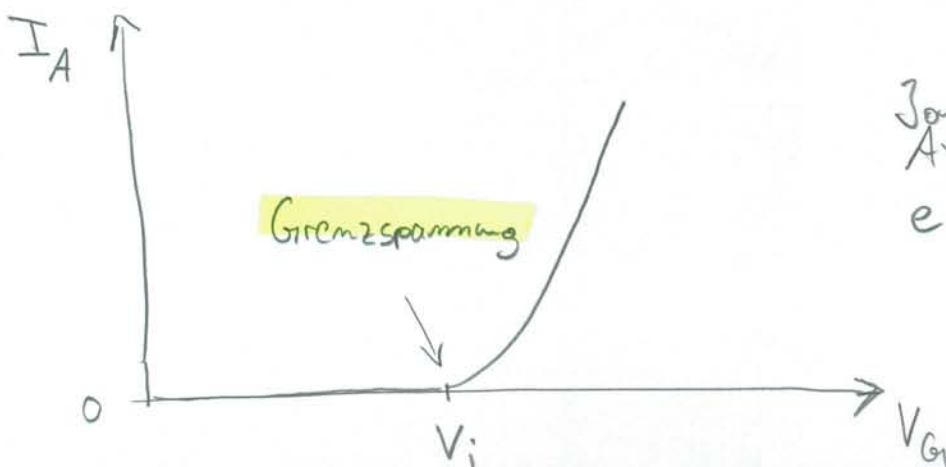
Nicht spektroskopische Methoden zur Bestimmung diskreter Energieniveaus der Elektronen in Atomen

Stoßionisation

- Ionisation von Atomen durch Stoß mit Elektronen



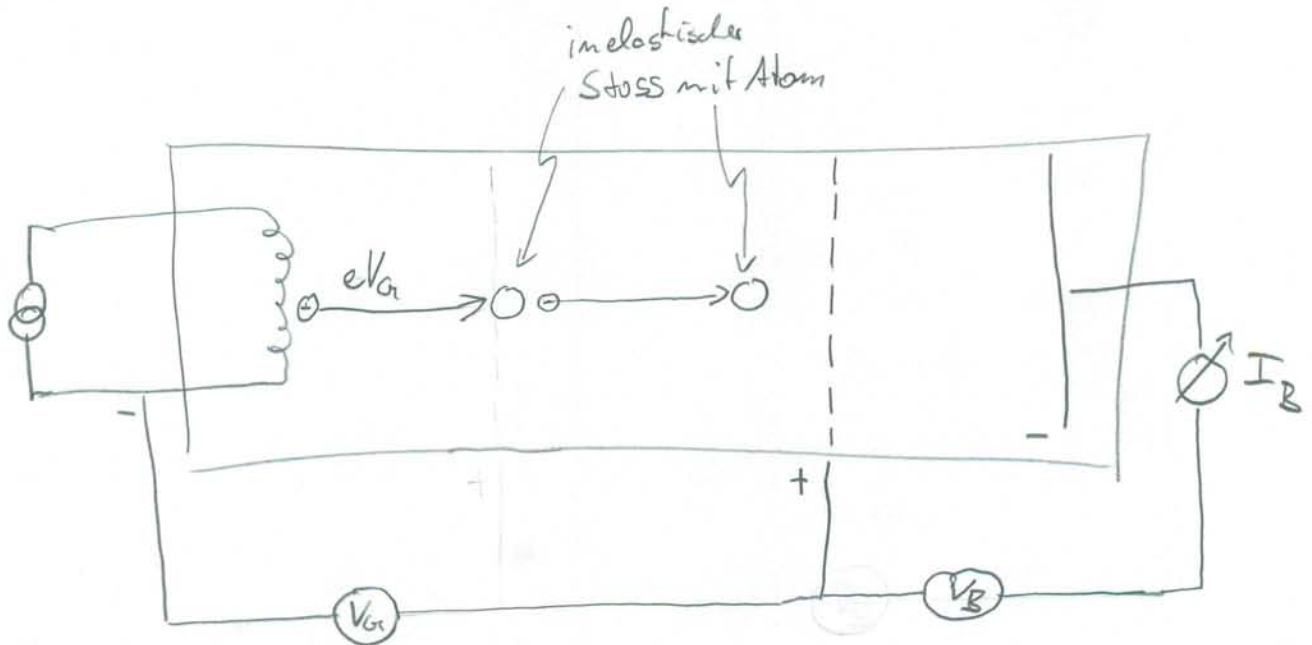
- Aufbau:
- thermische Emission von e^- an Glühkathode
 - Beschleunigung der e^- durch positive Spannung an Gitter V_G
 - Ionisation von Atomen durch e^- -Stoß
 - positiv geladene Ionen werden an Auffangelektrode als Strom detektiert
 - e^- werden an Gitter aufgefangen



Jonisationsenergie des Atoms:
 $eV_i = E_i$

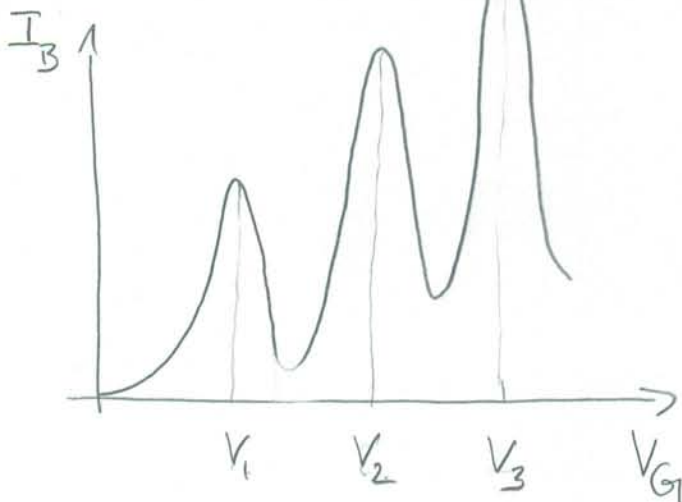
Das Franck-Hertz Experiment

- Demonstration der **quantisierten Absorption** von Energie in Stößen zwischen Atom und Elektron



Beschleunigung von e^- mit variabler Spannung V_{G1}

Messung des Elektronenstroms I_B bei kleiner Bremsspannung V_B



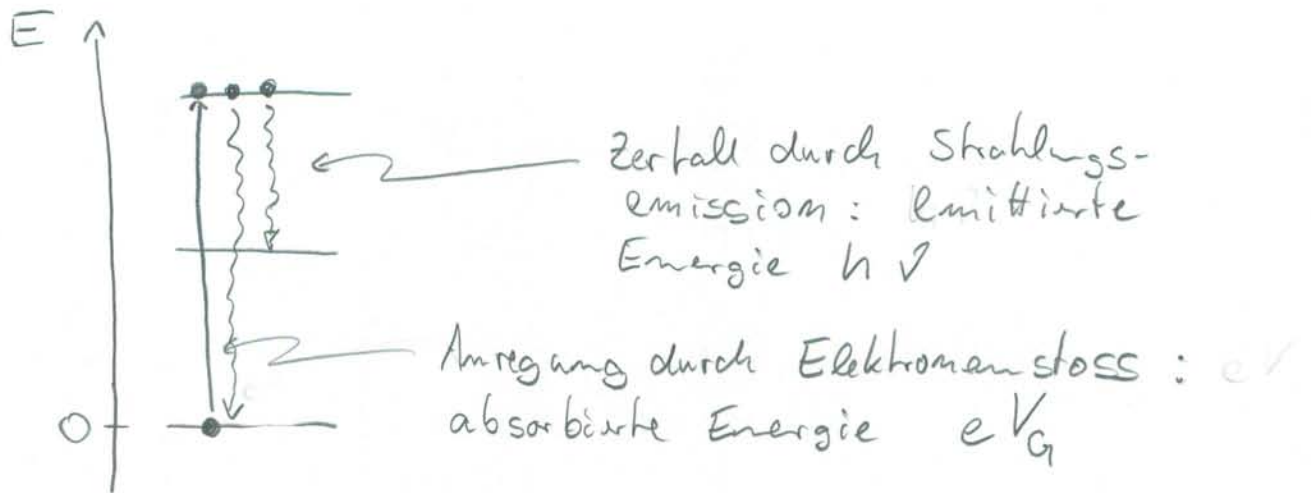
↳ Elektronenstrom gibt Aufschluss über das Anregungsspektrum des Atoms

$V_{G1} < V_1$: elastische e^- - Atom Stöße

$V_1 < V_{G1} < V_2$: ein inelastischer e^- - Atom Stoß

$V_2 < V_{G1} < V_3$: zwei inelastische e^- - Atom. Stöße

- Erzeugung von elektromagnetischer Strahlung
im Franck-Hertz Experiment



⇒ Konsistente Ergebnisse bei detaillierter
Untersuchung der absorbierten (Stöße)
und emittierten Energie (Spektroskopie)