

Atomphysik

In der Atomphysik wird das physikalische Verhalten der Atomhülle untersucht, mit entscheidender Bedeutung auch für die chemische Bindung.

(Böse Zungen behaupten auch, die Chemie sei bloß die Physik der Atomhülle ;-))

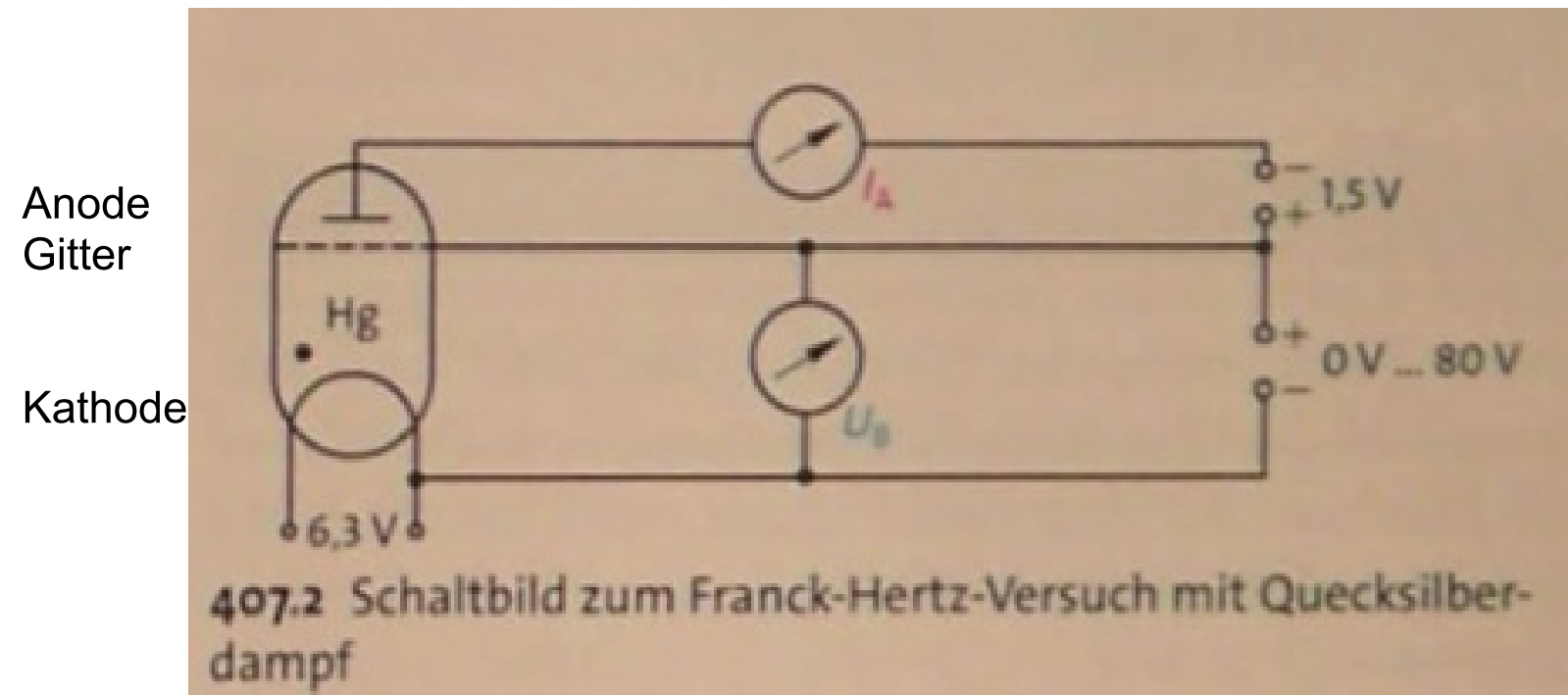
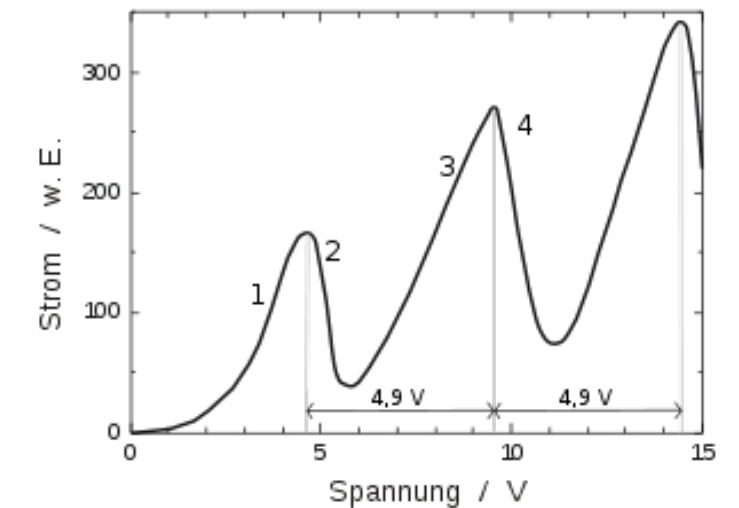
Weiter wird sich zeigen, dass Impuls und Energie von Atomen gequantelte Größen sind.

Die Entwicklung der Atommodelle Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts führten deshalb zwangsläufig zu einem Bruch mit der klassischen Physik. Die Quantenphysik wurde in der Atomphysik weiterentwickelt, sodass die Erfolge bei der Beschreibung von Atomen ihr endgültig zum Durchbruch verhalfen.

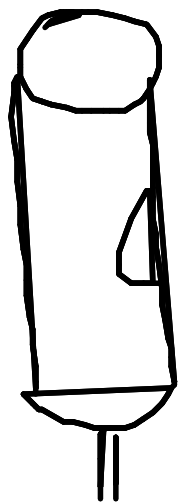
Energieaustausch mit Atomen

Die quantenhafte Absorption (mit anschließender Emission)

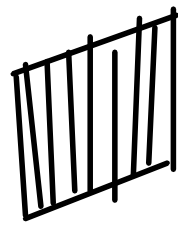
Der Franck-Hertz-Versuch



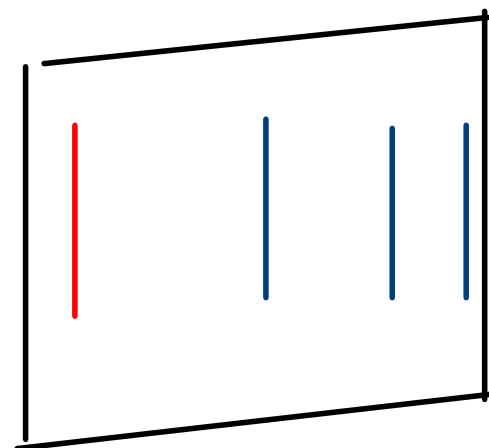
Die quantenhafte Emission



Wasserstofflampe



opt. Gitter



Schirm

Linienspektrum

Die Aussendung (Emission) von Licht eines Gases in diskreten Linien bedeutet, dass die Gasatome nur bestimmte, für das Gas charakteristische Energiebeträge abgeben.

J. J. BALMER fand 1884 das Bildungsgesetz

$$f = C \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right),$$

die sogenannte **Balmer-Formel** mit der Konstanten $C = 3,288 \cdot 10^{15}$ Hz. Durch Einsetzen von $m = 3, 4, 5$ und 6 erhält man die Frequenzen f der vier bekannten Wasserstofflinien im sichtbaren Teil des Spektrums.

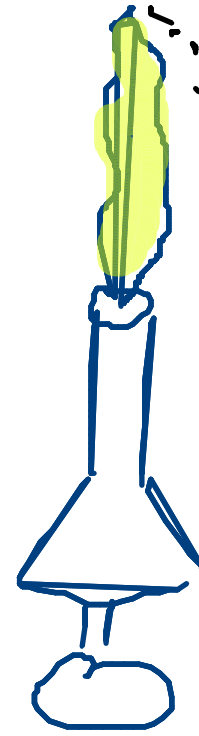
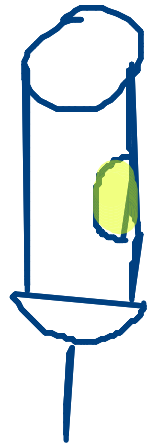


Linie	Wellenlänge λ in nm	Frequenz f in Hz	Energie $E = hf$
H _{α}	656	$4,57 \cdot 10^{14}$	$3,03 \cdot 10^{-19}$ J = 1,89 eV
H _{β}	486	$6,17 \cdot 10^{14}$	$4,09 \cdot 10^{-19}$ J = 2,55 eV
H _{γ}	434	$6,91 \cdot 10^{14}$	$4,58 \cdot 10^{-19}$ J = 2,86 eV
H _{δ}	410	$7,31 \cdot 10^{14}$	$4,84 \cdot 10^{-19}$ J = 3,02 eV

409.2 Linien des Wasserstoffspektrums im sichtbaren Bereich im Vergleich zu dem kontinuierlichen Spektrum einer Glühlampe

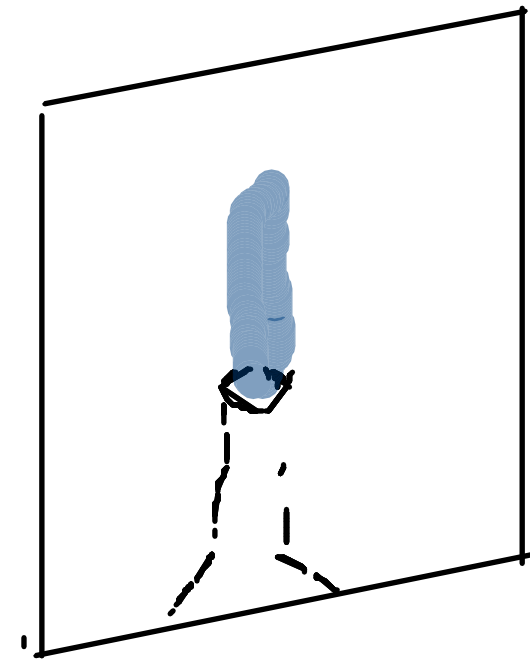
Die Resonanzabsorption

Natriumdampf Lampe



NaCl

Brenner



Wand/Schirm

Die Flamme ist zunächst durchsichtig für Na-Licht, wirft aber einen Schatten, wenn NaCl in ihr verdampft wird.

Erklärung:

Atome absorbieren genau die Energiebeträge, die sie auch emittieren.

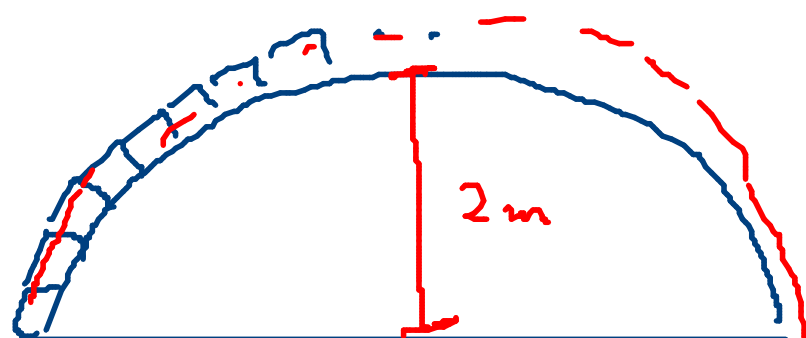
(Der Na-Dampf in der Flamme absorbiert das Na-Licht und emittiert es anschließend in alle Richtungen gleichverteilt, wodurch auf der Wand weniger ankommt als vorher: Schatten.)

Das Bohrsche Atommodell

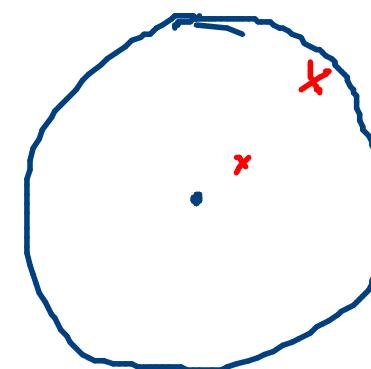
Exkurs Rotation:

Vgl. Translation (geradlinige Bewegung) - Rotation

Translation	Rotation ($\vec{r} \perp \vec{\omega}$)
\vec{s} $\vec{v} = \frac{d\vec{s}}{dt}$ $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ m $\vec{p} = m \vec{v}$ $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{dm}{dt} \vec{v} + m \frac{d\vec{v}}{dt}$ (Sonderfall: $\vec{F} = m \vec{a}$) $E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2$	φ (Bogenmaß), $s = r \cdot \varphi$ $\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{2\pi}{T}$, $v = r \omega$ $J = m r^2$ (Massenpunkt) <u>1. Bohrsches Postulat</u> $L = r m v = n \cdot \frac{h}{2\pi}$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) $M = r F$ Drehmoment $E_{rot} = \frac{1}{2} J \omega^2$



$$s = 2m \cdot \pi = 6,28m$$



Das Bohrsche Atommodell

1. Bohrsches Postulat:

Das Elektron bewegt sich um den Atomkern auf einer Kreisbahn.

Der Drehimpuls $L = rmv$ kann dabei nur folgende Werte annehmen:

$$(r_n \cdot m \cdot v_n) L = n \cdot \frac{h}{2\pi}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Die Bewegung der Elektronen erfolgt strahlungsfrei, also ohne Abgabe von Energie in Form von elektromagn. Strahlung (Widerspruch zur klassischen Physik; Stichwort Hertzscher Dipol).

2. Bohrsches Postulat:

Elektronen können nur Energie aufnehmen oder abgeben, wenn sie von einer zur anderen übergehen. Der Energieverlust erfolgt durch Abgabe eines Photons, die Energiezunahme durch Absorption eines Photons:

$$\Delta E = E_n - E_m = hf$$

Gesamtenergie eines e^- (auf der Bahn n):

$$E_n = E_{kin,n} + E_{pot,n} = \frac{1}{2} m v_n^2 + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r_n}$$

Damit sich ein Körper auf einer Kreisbahn bewegt, muss eine Kraft - hier die elektrische - als Zentripetalkraft wirken:

$$F_z = F_e \Leftrightarrow m \frac{v_n^2}{r_n} = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r_n^2} \quad \text{im H-Atom } |Q_1| = |Q_2| = e$$

$$\Leftrightarrow (L \cdot v_n) m v_n^2 r_n = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \quad (*)$$

$$\Leftrightarrow n \frac{h}{2\pi} \cdot v_n = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\Leftrightarrow v_n = \frac{e^2 \cdot 2\pi}{4\pi\epsilon_0 \cdot h \cdot n} = \frac{e^2}{2\epsilon_0 \cdot h \cdot n} \quad (**)$$

$$\Rightarrow E_{kin,n} = \frac{1}{2} m v_n^2 = \frac{1}{2} m \frac{e^4}{4\epsilon_0^2 h^2 n^2} = \frac{m e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{n^2}$$

in (*):

$$r_n = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m \cdot v_n^2}$$

(**) eingesetzt:

$$r_n =$$

$$\Rightarrow E_{pot,n} =$$

$$\Rightarrow E_n =$$

<-- 18.1.2013