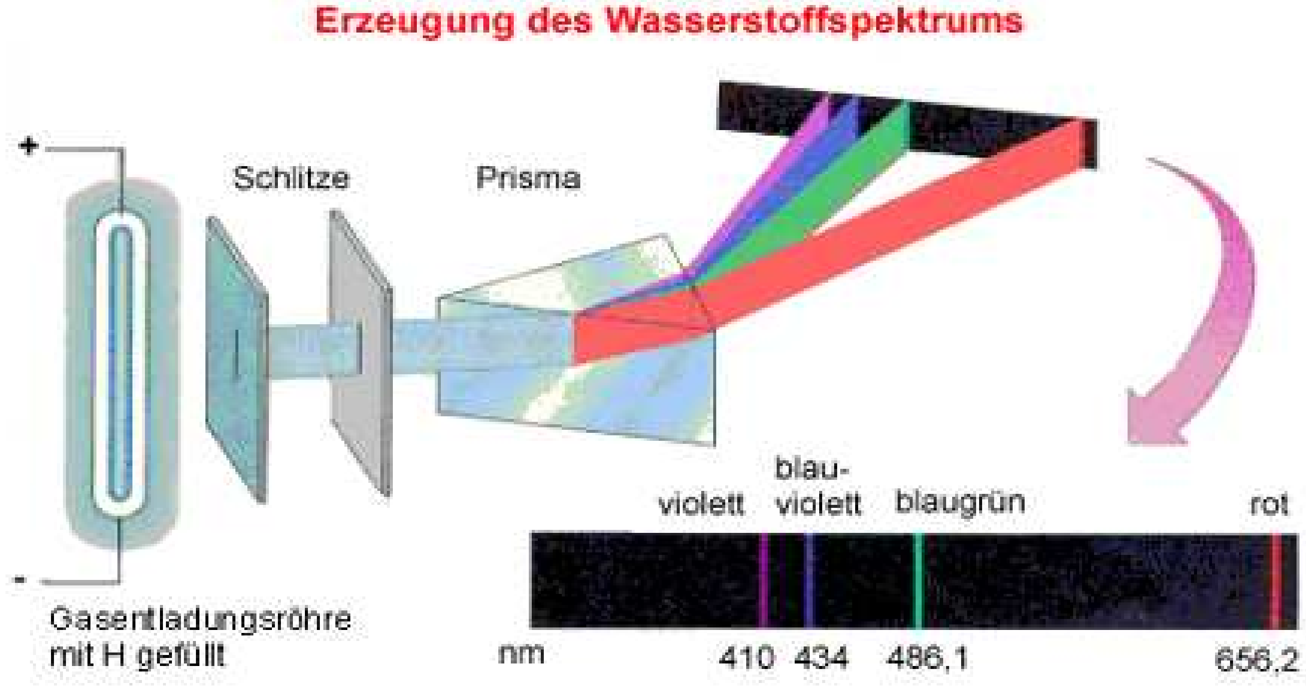
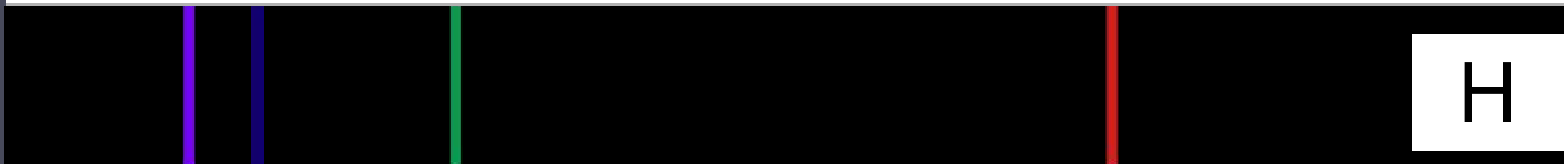
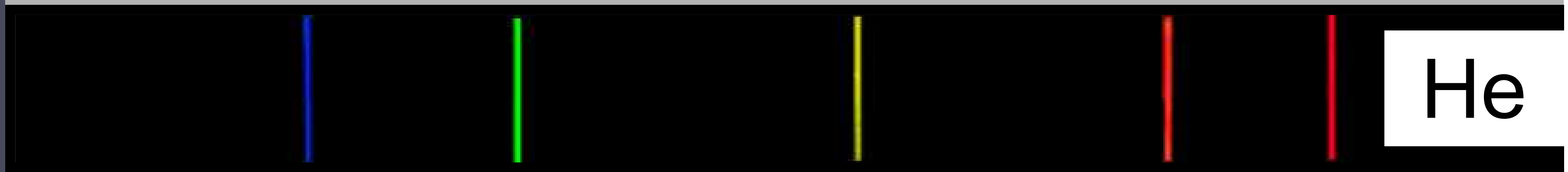
Die Spektren der Atome

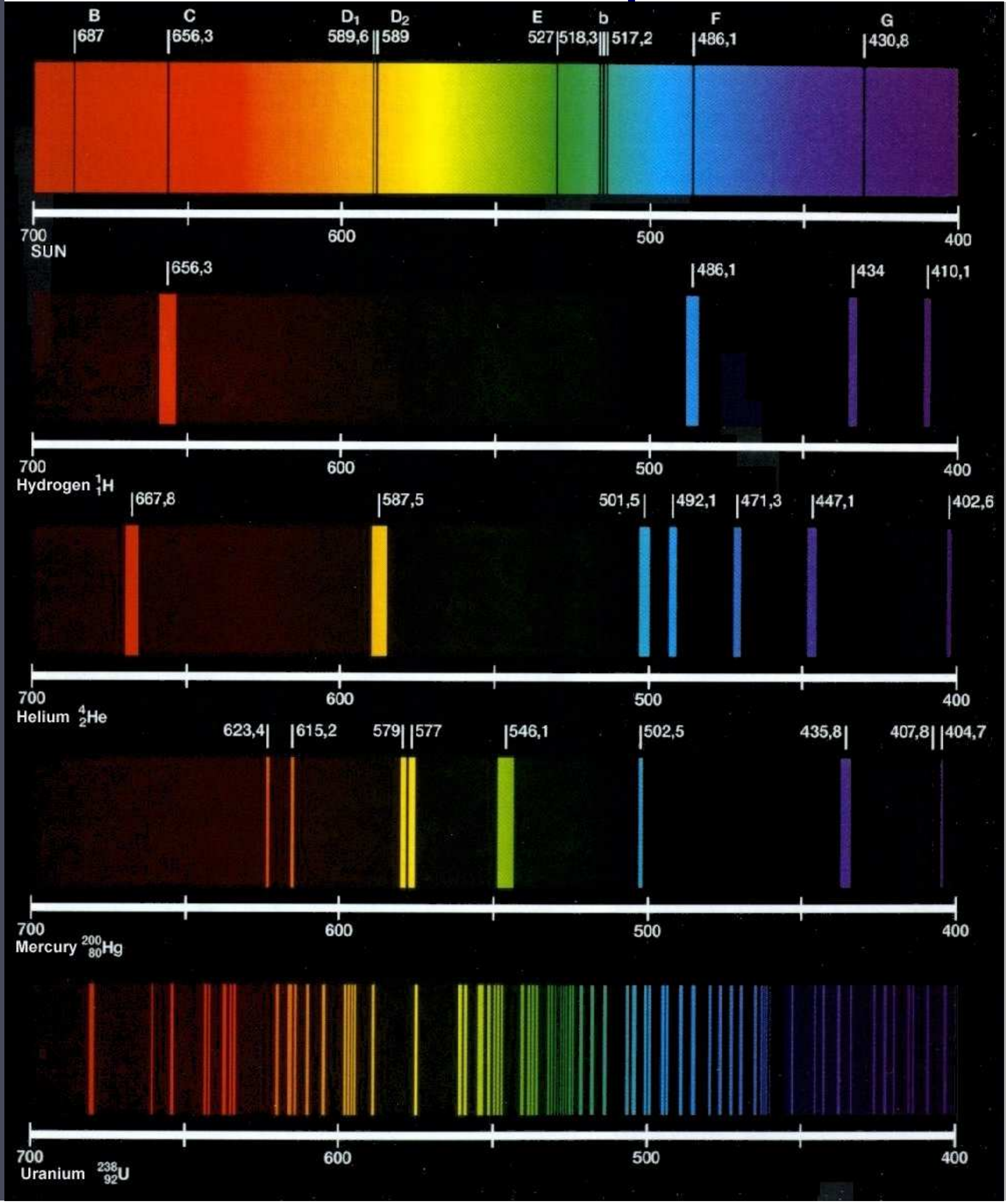
Niels Bohr
1885-1962







Die Spektren der Atome



Sonne

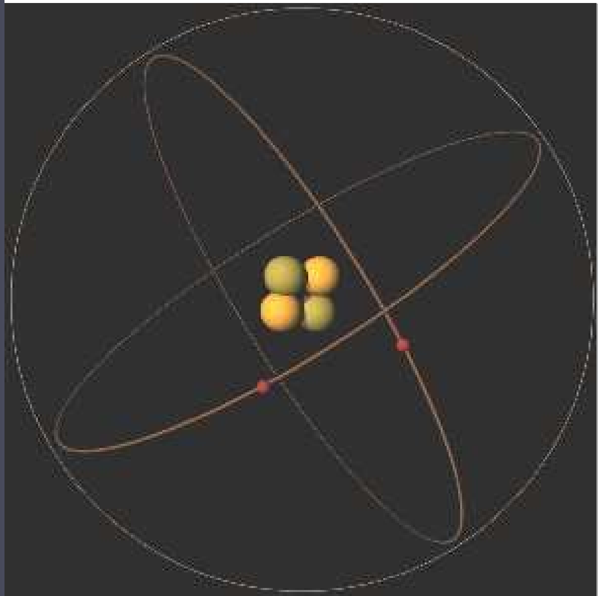
Wasserstoff

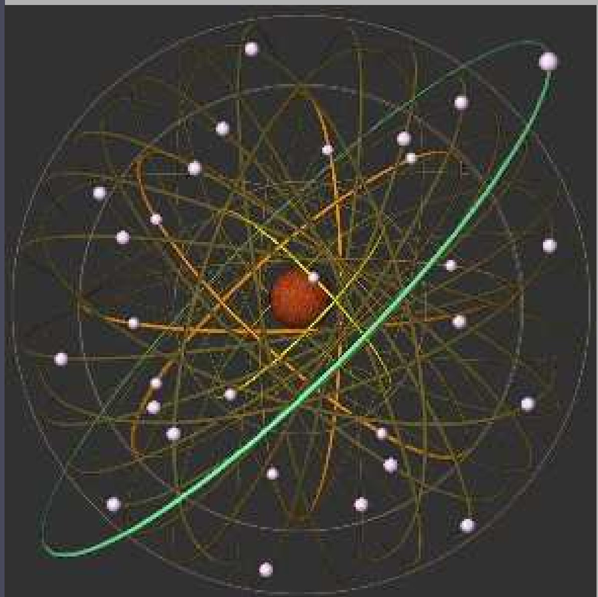
Helium

Quecksilber

Uran

1. Bohrsches Postulat:





Elektronen bewegen sich auf **bestimmten Kreisbahnen**, die innerhalb bestimmter Schalen liegen.

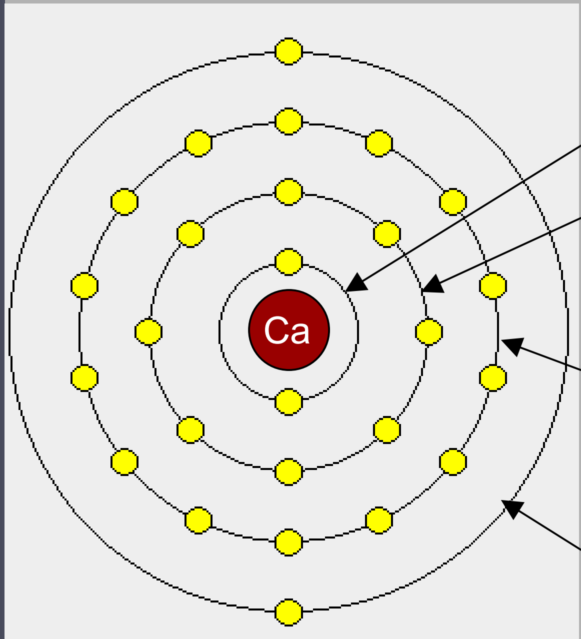
Jede Schale entspricht dabei einem bestimmten Energieniveau.

Solange sie sich innerhalb einer Schale bewegen, bleibt ihre Energie konstant.

Ansonsten gelten die Gesetze der klassischen Mechanik (z.B. Anziehung durch den Kern)

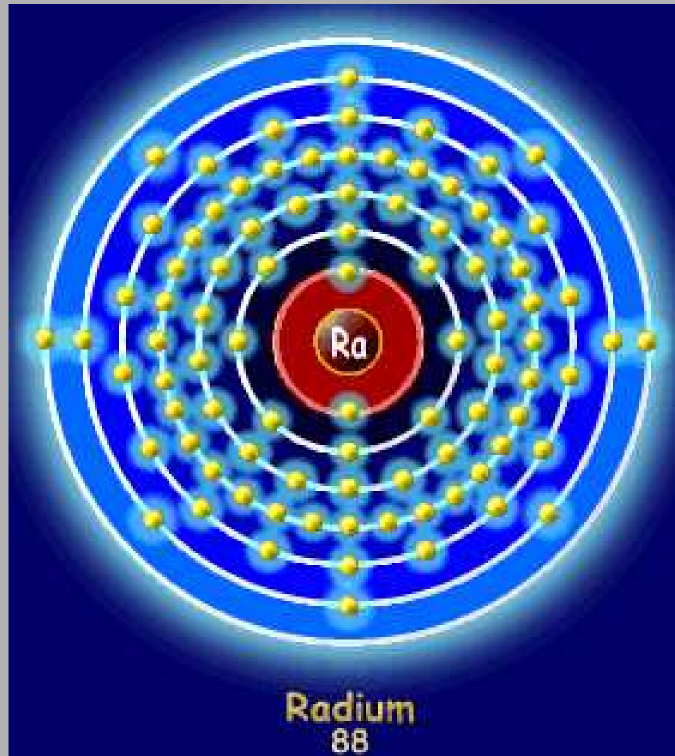
Bohrsches Atommodell

Oft zeichnet man nur eine 2-D-Ansicht der Atome :

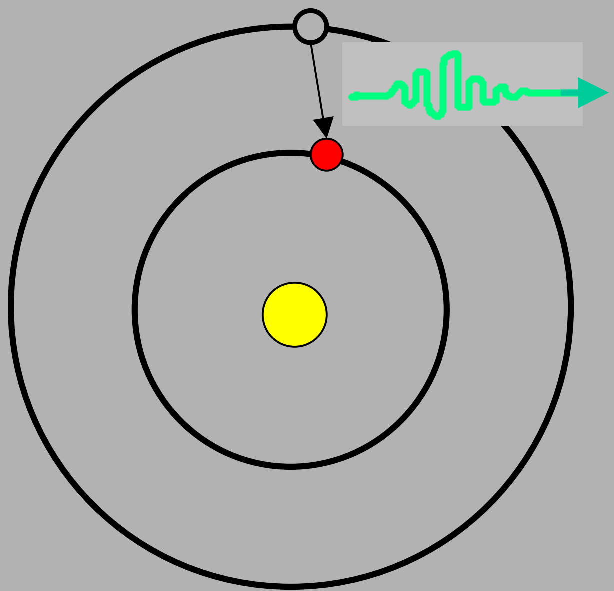


Calcium 26

1. Schale K-Schale
2. Schale L-Schale
3. Schale M-Schale
4. Schale N-Schale

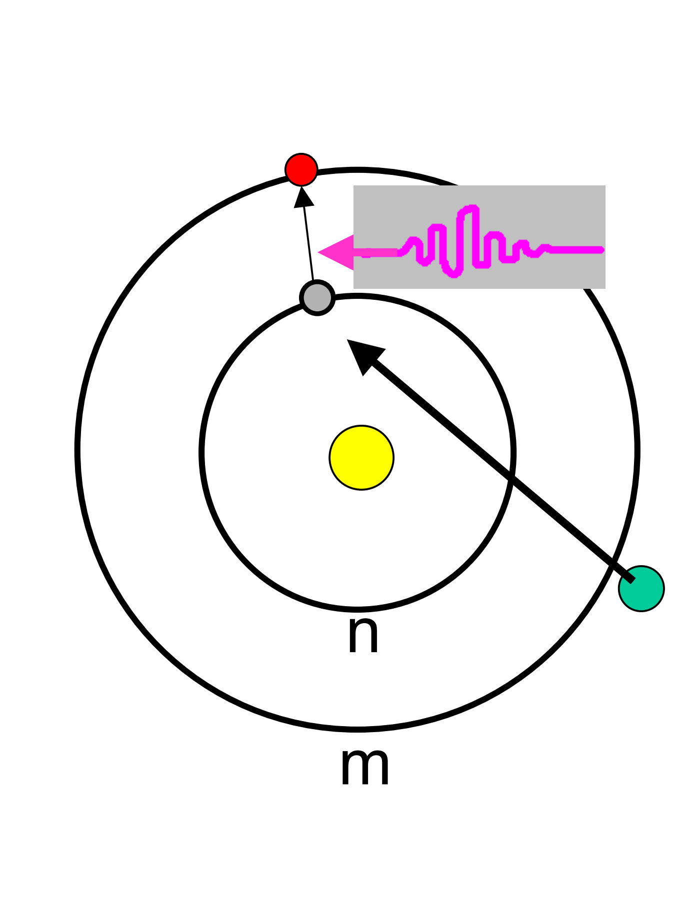


2. Bohrsches Postulat:



Die Bewegung der Elektronen auf diesen Bahnen erfolgt strahlungslos. Beim Übergang des Elektrons von einem Energieniveau E_m zu einem niedrigerem Niveau E_n wird ein Photon mit der Energie $E = hf = E_m - E_n$ freigesetzt.

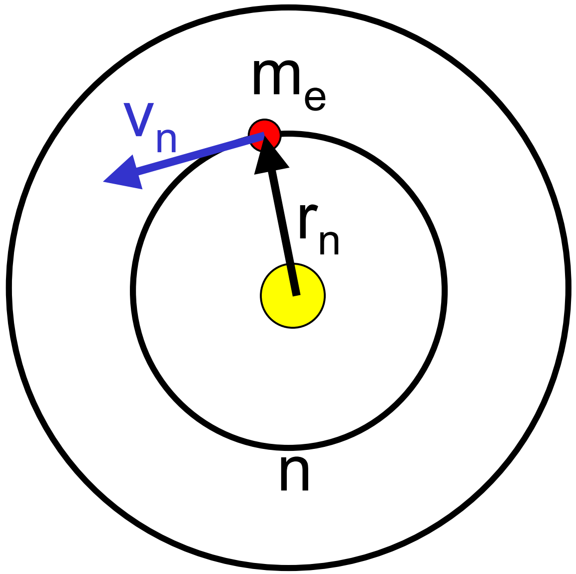
2. Bohrsches Postulat:



Umgekehrt muss einem Elektron die Energie $\Delta E = hf = E_m - E_n$ zugeführt werden, damit es vom niedrigen Energieniveau E_n auf das höhere Energieniveau E_m angehoben werden kann.

Die Energiezufuhr kann z.B. durch Einstrahlung von Licht oder durch Beschuss mit anderen Teilchen erfolgen.

3. Bohrsches Postulat:

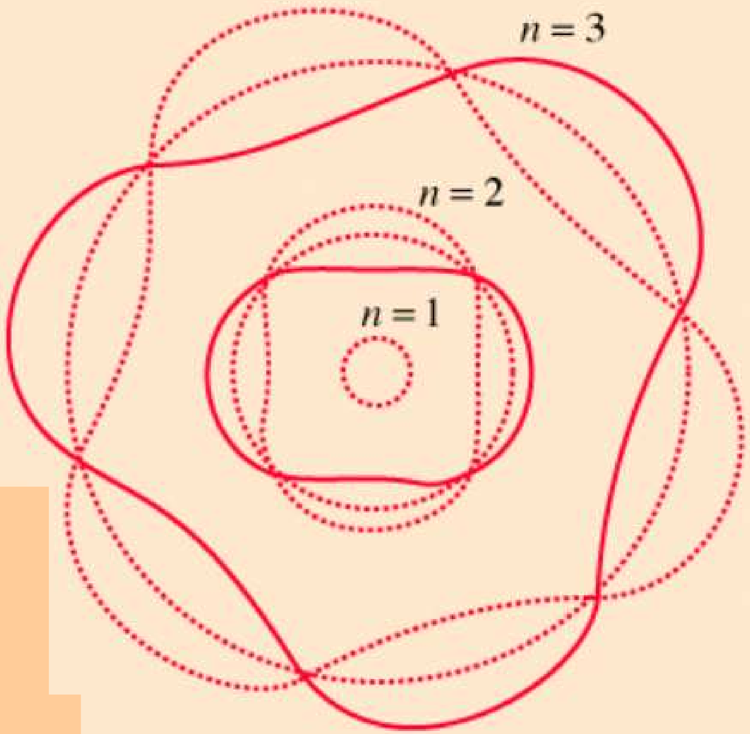


Der Bahndrehimpuls der Elektronen darf nur diskrete (gequantelte) Werte annehmen:

$$m_e \, v_n \, r_n = n \cdot \frac{h}{2\pi} = n \cdot \hbar$$

$h = 6{,}62 \; 10^{-34}$ Js

3. Bohrsches Postulat anders formuliert



$$m \cdot v_n \cdot r_n = n \cdot \frac{h}{2\pi}$$

$$2\pi \cdot r_n = n \cdot \frac{h}{m \cdot v_n}$$

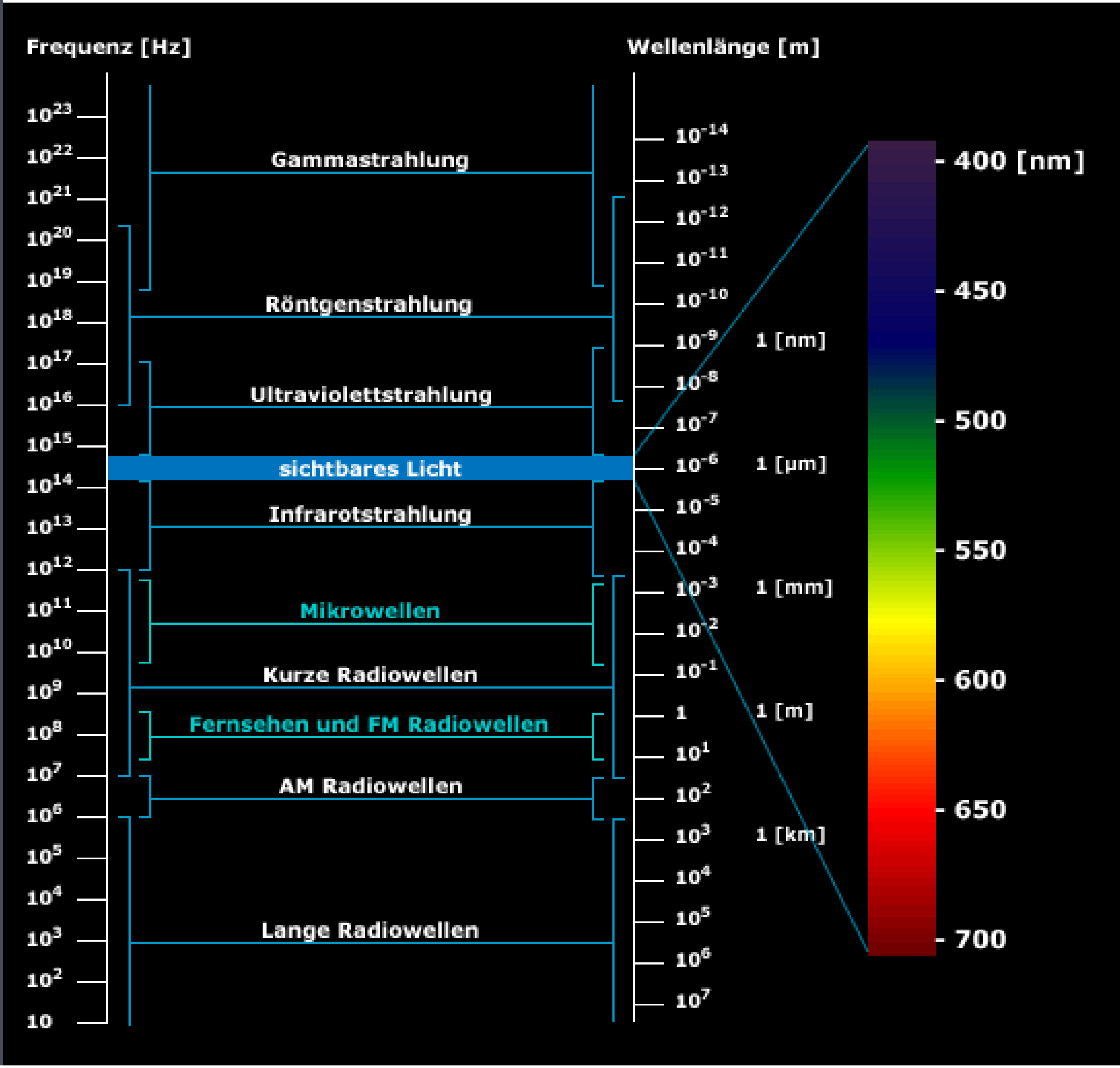
$$2\pi \cdot r_n = n \cdot \frac{h}{p_n}$$

$$2\pi \cdot r_n = n \cdot \lambda_n$$

λ_n ist hier die de Broglie-Wellenlänge des Elektrons auf der n-ten Bahn.

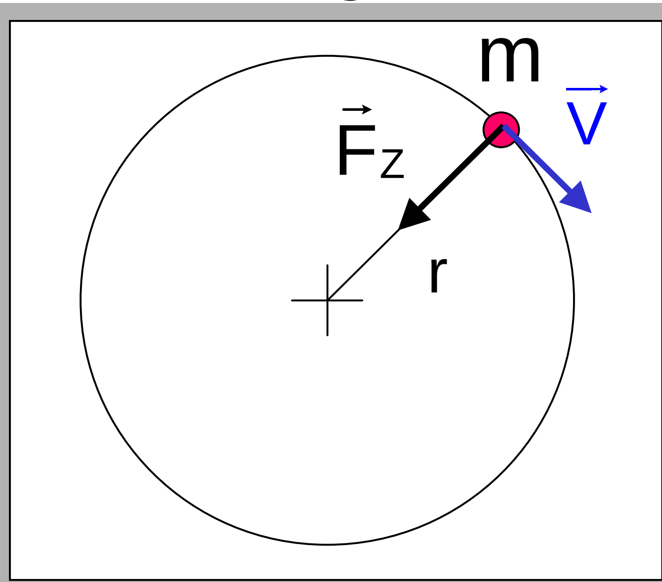
Es sind nur Bahnen erlaubt, bei denen sich mit dieser Wellenlänge eine stehende Welle ausbilden kann!

Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

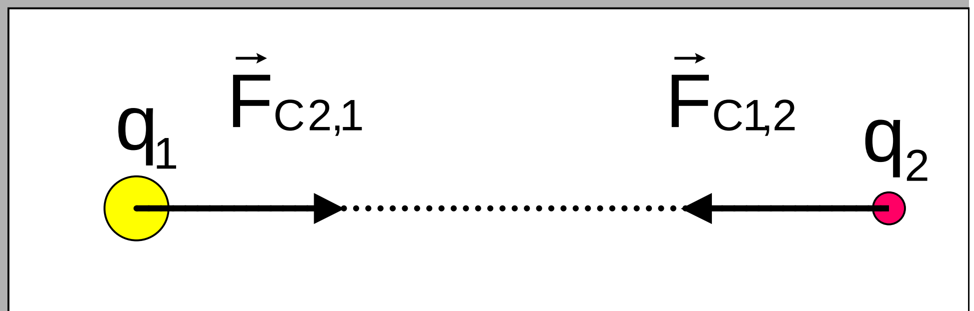


Das H-Atom nach Bohr - Grundlagen

$$\vec{F}_{Zentripetal} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

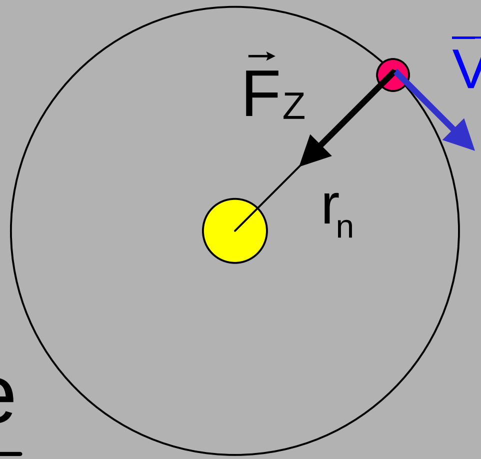


$$\vec{F}_{Coulomb} = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_n^2}$$



H-Atom nach Bohr - Grundlagen

$$\vec{F}_{Zentripetal} = \frac{m_e \cdot v^2}{r_n}$$



$$\vec{F}_{Coulomb} = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{e \cdot e}{r_n^2}$$

$$F_z = F_C : \quad \boxed{\frac{m_e \cdot v_n^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{e \cdot e}{r_n^2}}$$

$$L = n \cdot \hbar : \quad \boxed{m_e \cdot v_n \cdot r_n = n \cdot \hbar}$$

H-Atom nach Bohr – Bahnradien / Frequenzen

$$\frac{m_e \cdot v_n^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{e \cdot e}{r_n^2}$$

$$m_e \cdot v_n \cdot r_n = n \cdot \hbar$$

Lösung dieses Systems:

$$r_n = \frac{\varepsilon_0 \cdot h^2}{m_e \cdot \pi \cdot e^2} \cdot n^2 \qquad r_n = r_1 \cdot n^2 \quad \text{mit} \quad r_1 = 5{,}292 \cdot 10^{-11} \mathrm{m}$$

$$v_n = \frac{e^2 \cdot}{2 \cdot \varepsilon_0 \cdot h} \cdot \frac{1}{n^2} \qquad v_n = v_1 \cdot \frac{1}{n} \quad \text{mit} \quad v_1 = 2{,}1877 \cdot 10^6 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$f_n = \frac{v_n}{2\pi r_n} = \frac{m_e \cdot e^4}{4\pi \cdot \varepsilon_0^2 \cdot h^3} \cdot \frac{1}{n^3} \qquad f_n = f_1 \cdot \frac{1}{n^3} \quad \text{mit} \quad f_1 = 6{,}5796 \cdot 10^{15} \frac{1}{\mathrm{s}}$$

Das H-Atom nach Bohr - Energien

$$\frac{m_e \cdot v_n^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{e \cdot e}{r_n^2}$$

$$m_e \cdot v_n \cdot r_n = n \cdot \hbar$$

Lösung dieses Systems:

$$W_{pot(n)} = -\frac{m_e \cdot e^4}{4\varepsilon_0^2 \cdot h^2} \cdot \frac{1}{n^2} \quad W_{pot(n)} = W_{pot(1)} \cdot \frac{1}{n^2} \text{ mit } W_{pot(1)} = -27{,}211\,\text{eV}$$

$$W_{kin(n)} = \frac{m_e \cdot e^4}{8\varepsilon_0^2 \cdot h^2} \cdot \frac{1}{n^2} \quad W_{kin(n)} = W_{kin(1)} \cdot \frac{1}{n^2} \text{ mit } W_{kin(1)} = 13{,}605\,\text{eV}$$

$$W_{(n)} = -\frac{m_e \cdot e^4}{8\varepsilon_0^2 \cdot h^2} \cdot \frac{1}{n^2} \quad W_n = W_1 \cdot \frac{1}{n^2} \text{ mit } W_1 = -13{,}605\,\text{eV}$$

Das H-Atom nach Bohr - Energiestufen

$$\frac{m_e \cdot v_n^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{e \cdot e}{r_n^2}$$

$$m_e \cdot v_n \cdot r_n = n \cdot \hbar$$

Lösung dieses Systems:

$$\Delta W_{n,m} = W_m - W_n = \frac{m_e \cdot e^4}{4\varepsilon_0^2 \cdot h^2} \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

$$\Delta W_{n,m} = W_1 \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right) \text{ mit } W_1 = -13{,}605\,\text{eV}$$

Das H-Atom nach Bohr - Frequenzstufen

$$\frac{m_e \cdot v_n^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{e \cdot e}{r_n^2}$$

$$m_e \cdot v_n \cdot r_n = n \cdot \hbar$$

Lösung dieses Systems:

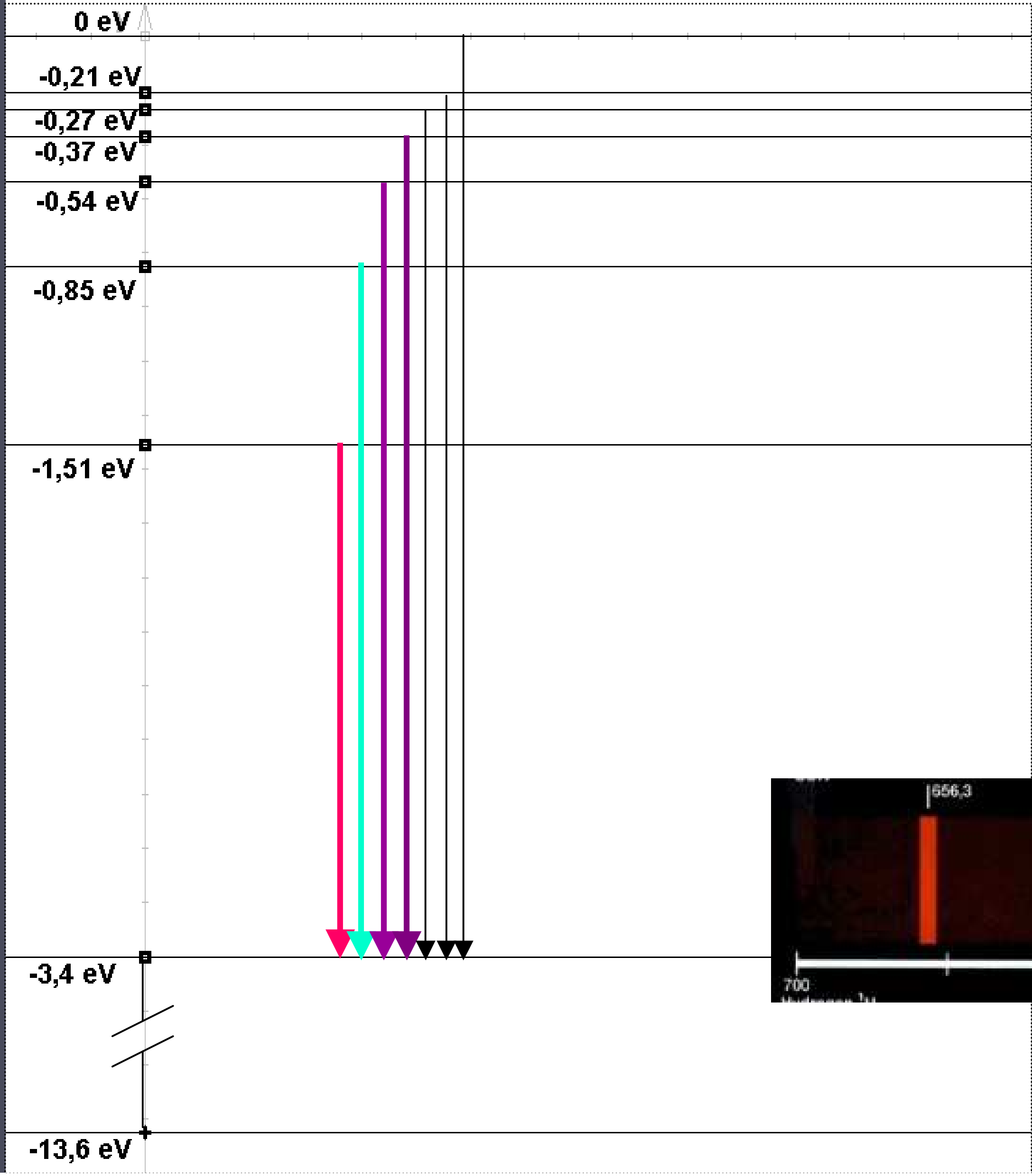
$$f_{m,n} = \frac{m_e \cdot e^4}{4\varepsilon_0^2 \cdot h^3} \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

$$f_{m,n} = R_y \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right) \text{ mit } R_y = 3{,}2898 \cdot 10^{15} \frac{1}{s}$$

$$\lambda_{m,n} = \frac{c}{f_{m,n}}$$

Umrechnungsfaktor $\lambda \cdot W = h \cdot c = 1{,}2398 \cdot 10^{-6}\ eV \cdot m$

H-Atom nach Bohr -Balmerserie-



$$\lambda_{3,2} = 656 \text{ nm}$$

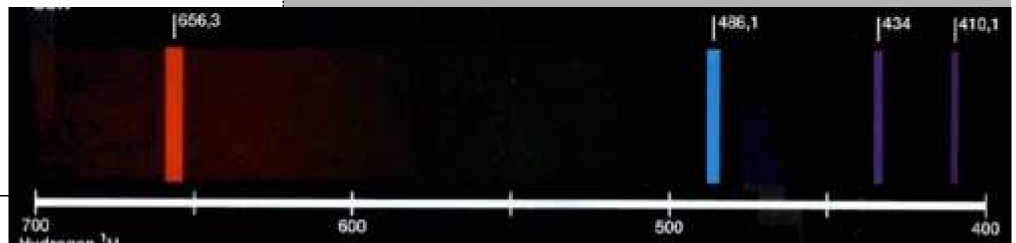
$$\lambda_{4,2} = 486 \text{ nm}$$

$$\lambda_{5,2} = 434 \text{ nm}$$

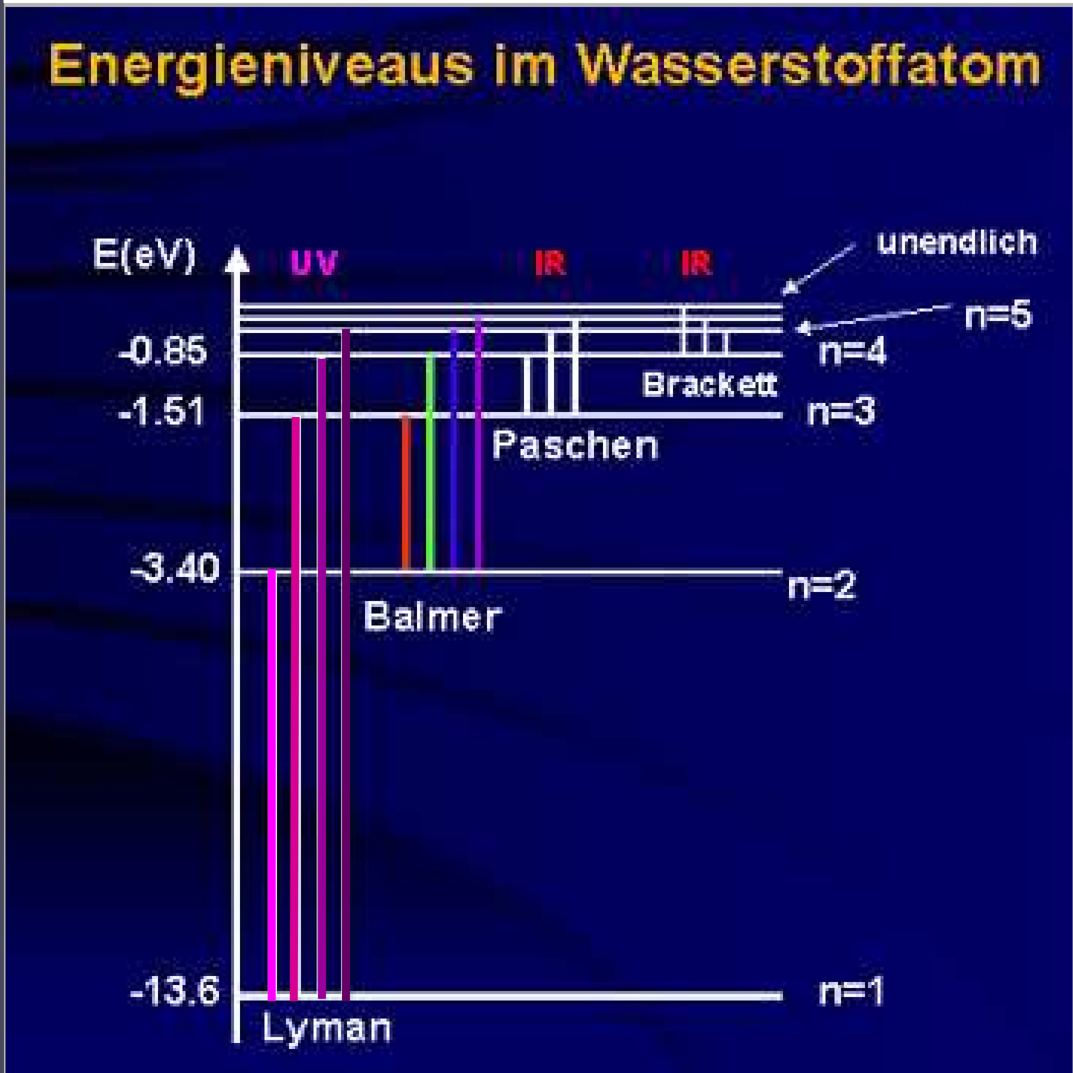
$$\lambda_{6,2} = 410 \text{ nm}$$

$$\lambda_{7,2} = 387 \text{ nm}$$

$$\lambda_{\infty,2} = 365 \text{ nm}$$



Energieniveaus beim H-Atom



Das Moseley Gesetz

Nach Bohr gilt für das H-Atom:

$$f_{m,n} = R_y \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right) \text{ mit } R_y = 3{,}2898 \cdot 10^{15}\ \frac{1}{s}$$

Nach Moseley gilt für Atome mit der Kernladungszahl Z :

$$f_{m,n} = R_y \cdot (Z - \sigma)^2 \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right) \text{ mit } R_y = 3{,}2898 \cdot 10^{15}\ \frac{1}{s}$$

Für die K_α–Strahlung ist $\sigma=1$

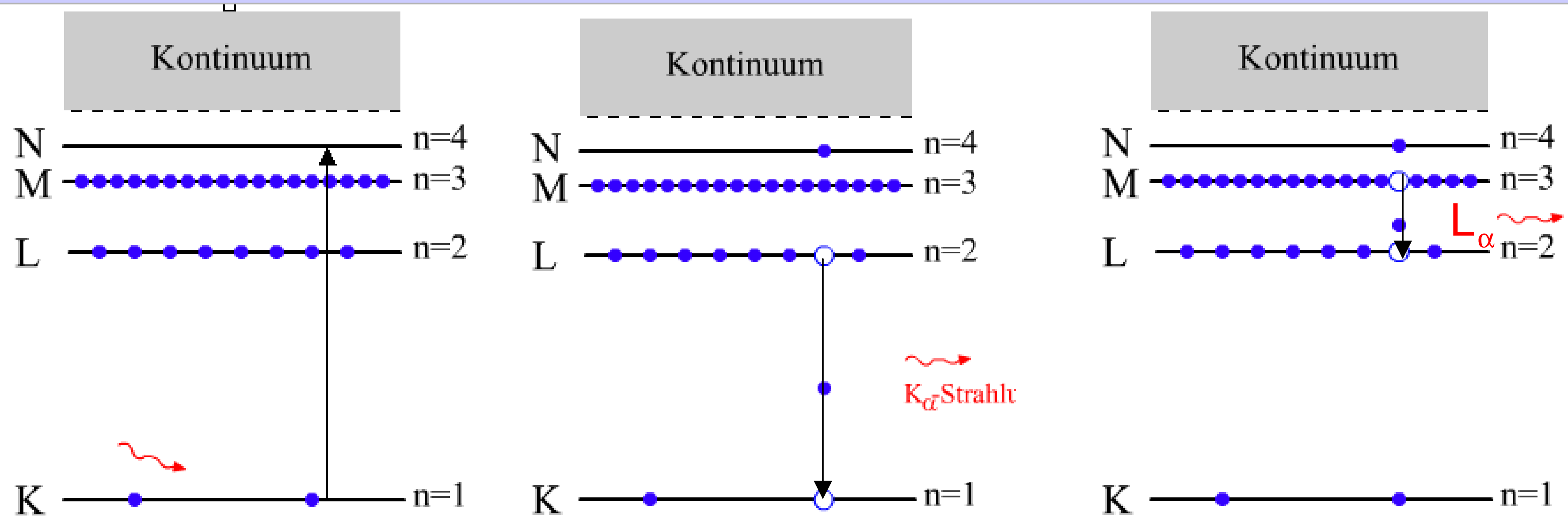
Für die K_β–Strahlung ist $\sigma \approx 1$

Für die L_α–Strahlung ist $\sigma=7$

Das Moseley Gesetz

Nach Moseley gilt für Atome mit der Kernladungszahl Z :

$$f_{K_\alpha} = R_y \cdot (Z-1)^2 \cdot \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right) \quad \text{mit } R_y = 3{,}2898 \cdot 10^{15} \frac{1}{s}$$



Für Cu $Z = 29$: $f_{K_\alpha} = 3{,}29 \cdot 10^{15} (28)^2 \cdot \left(\frac{3}{4}\right) \frac{1}{s} = 1{,}93 \cdot 10^{18} \frac{1}{s}$

$$\lambda_{K_\alpha} = \frac{c}{f_{K_\alpha}} = 1{,}55 \cdot 10^{-10}\,\text{m}$$