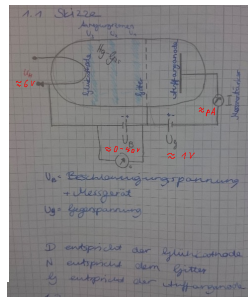
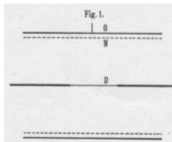


1. Franck-Hertz-Versuch

Im Jahr 1913 führten J. Franck und G. Hertz Elektronenstoßversuche durch. Ihrer Veröffentlichung fügten sie die nebenstehende Skizze bei; dazu heißt es im Text:

[...] D ist ein Platindraht, dessen mittleres Stück dünner ist und durch elektrischen Strom zum Glühen gebracht werden kann. N ist ein feines Platindrätz, welches den Draht D im Abstand von vier Zentimetern zylindrisch umgibt, und G eine zylindrische Platinfolie, welche von N einen Abstand von 1 bis 2 mm hatte. [...] Die meisten Ansätze laufen darauf hinaus, daß die Frequenz einer bestimmten Eigenschwingung eines Elektrons multipliziert mit der Konstanten h gleich der zur Ionisation benötigten Energie gesetzt wird. [...]

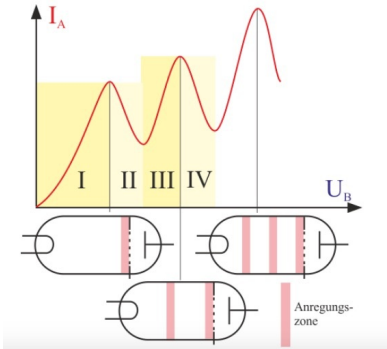


- Skizzieren Sie die Schaltung des Franck-Hertz-Versuchs, wie er heute im Unterricht z. B. mit Quecksilberdampf durchgeführt wird. Beschriften Sie alle wesentlichen Teile und zeichnen Sie auch die benötigten Messgeräte ein. Welchen Teilen Ihrer Schaltskizze entsprechen die Teile D, N und G der Originalveröffentlichung?
- Im Versuch strahlen angeregte Quecksilberatome Licht einer Wellenlänge von $2,53 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ aus.
 - Welche Beschleunigungsspannung der Elektronen ist dafür mindestens nötig?
 - Wie lässt sich Licht aus diesem Wellenlängenbereich qualitativ nachweisen?
- Zeichnen Sie in einem Spannung-Strom-Diagramm eine für den Versuch charakteristische Messkurve. Die Beschleunigungsspannung beträgt dabei maximal 13 V. Erläutern Sie kurz das Zustandekommen der einzelnen Bereiche der Messkurve und erklären Sie, warum die Stromstärke bei steigender Spannung nicht mehr auf Null zurückgeht.

1.2 a) $E = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda} = e \cdot U \Leftrightarrow U = \frac{h \cdot c}{\lambda \cdot e} = 4,9 \text{ V}$

b) z. B. in (Smartphone-) Kamern

1.3.



Bereich I:

Mit wachsender Beschleunigungsspannung U_B erreichen pro Zeiteinheit immer mehr Elektronen die Anode und besitzen genügend Energie, um durch das Gegenfeld zum Auffänger zu gelangen. Die Elektronen stoßen auf ihrem Weg zwar mit Quecksilberatomen, die Stöße sind aber elastisch, so dass die Elektronen wegen der großen Masse ihrer Stoßpartner keine Energie verlieren.

Bereich II:

Haben die Elektronen eine bestimmte kinetische Energie erreicht, so nimmt die Anzahl der Elektronen, die in der Zeiteinheit zum Auffänger gelangen, stark ab. Ein Teil der Elektronen hat offensichtlich nicht mehr genügend Energie, um das Gegenfeld zu durchlaufen. Dies kommt dadurch zustande, dass ein solches Elektron nun in der Lage ist, ein Quecksilberatom, mit dem es in Wechselwirkung getreten ist, auf den nächsthöheren Energiezustand zu heben, dabei aber seine gesamte kinetische Energie verliert. Da diese Elektronen offensichtlich keine Energie mehr aufnehmen, muss die Zone, in der diese inelastischen Stöße stattfinden, unmittelbar vor dem Gitter liegen.

Bereich III:

Steigert man die Beschleunigungsspannung U_B , so verlagert sich die Zone unelastischer Stöße (Anregungszone) in Richtung zur Kathode hin, die stoßenden Elektronen erreichen bis zur Anode wieder genügend Energie, um zum Auffänger zu gelangen, aber nicht genügend, um ein weiteres Quecksilberatom anregen zu können. Der Auffängerstrom steigt wieder an.

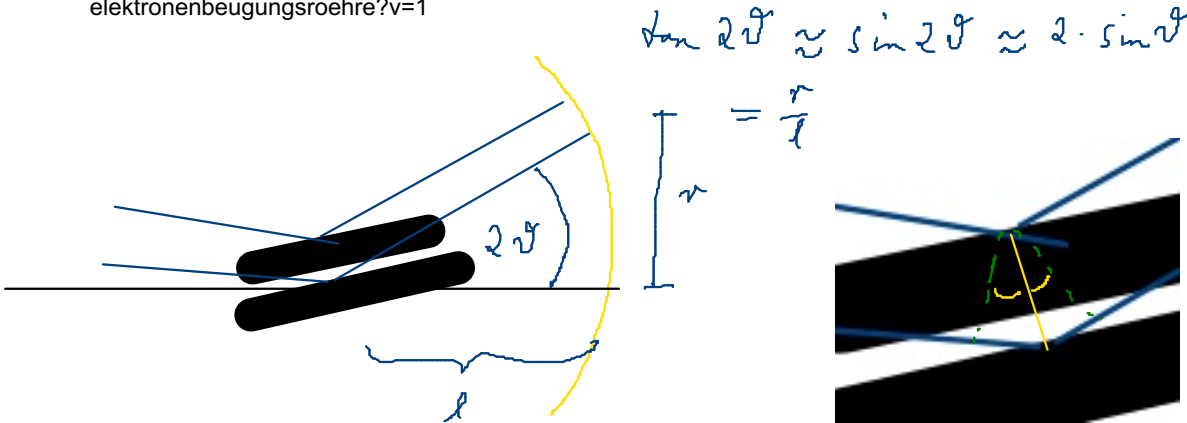
Bereich IV:

Der zweite Abfall des Auffängerstroms tritt ein, wenn die unelastischen Stöße etwa in der Mitte zwischen Kathode und Gitter erfolgen und die Elektronen unmittelbar vor der Anode wieder genügend Energie besitzen, um eine zweite Anregung durchzuführen

2. Elektronenbeugungsröhre

- 2.1. Beschreiben Sie mit Hilfe einer Skizze den Aufbau der im Unterricht verwendeten Elektronenbeugungsröhre.
- 2.2. Erläutern Sie mit Hilfe einer instruktiven Skizze, wie es zur Ausbildung von Ringen am Beobachtungsschirm kommt. Erklären Sie auch, wie diese Beobachtung mit der Wellenvorstellung gedeutet werden kann.
- 2.3. Geben Sie an, wie sich demonstrieren lässt, dass die beobachtete Erscheinung nicht auf elektromagnetische Wellen zurückgeht.
- 2.4. Leiten Sie anhand einer Skizze den Zusammenhang zwischen der de-Broglie-Wellenlänge, dem Netzebenenabstand d in einem Graphitkristall und der Größen r (Ringradius) und l (Abstand des Graphitkristalls von der Beobachtungsebene) her. Kleinwinkelnäherung ist erlaubt.
- 2.5. Berechnen Sie klassisch (also nicht-relativistisch), wie groß die Beschleunigungsspannung war, wenn bei einem Graphitkristall mit Netzebenenabstand $d = 2,13 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ in erster Ordnung ein Ringradius von $r = 9,0 \text{ mm}$ auftrat. Der Abstand des Kristalls von der Beobachtungsebene war $l = 18 \text{ cm}$.

<https://www.leifiphysik.de/quantenphysik/quantenobjekt-elektron/aufgaben#lightbox=/themenbereiche/quantenobjekt-elektron/lb/elektronenbeugungsröhre?v=1>



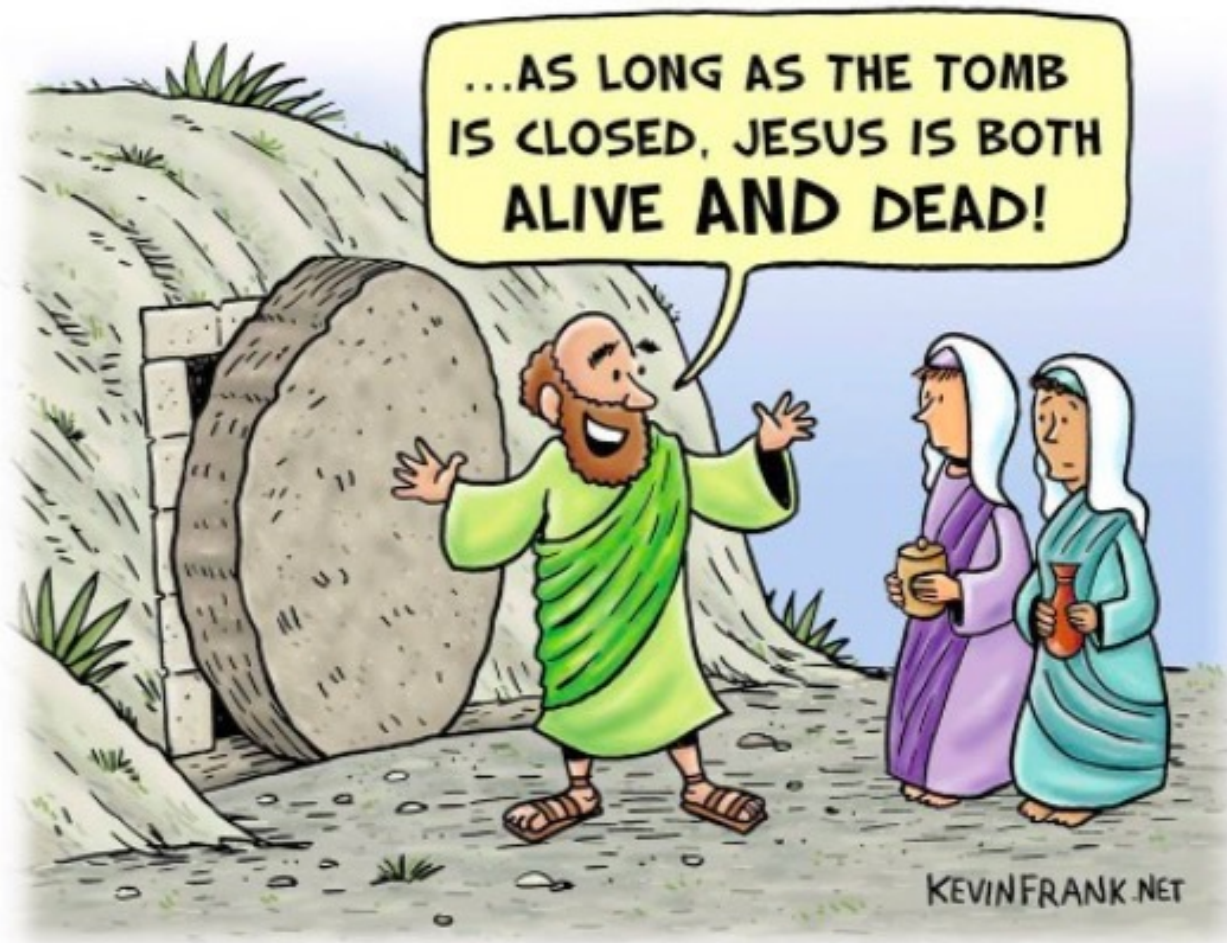
Gangunterschied:
 $2 \cdot d \sin \vartheta = \lambda$

$$\Rightarrow \frac{r}{l} = \frac{\lambda}{d}$$

$$2.5. \quad \lambda = \frac{r \cdot d}{l} = 1,1 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

$$\text{de-Broglie: } \lambda = \frac{h}{p} \quad \wedge \quad eU = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{p^2}{2m}$$

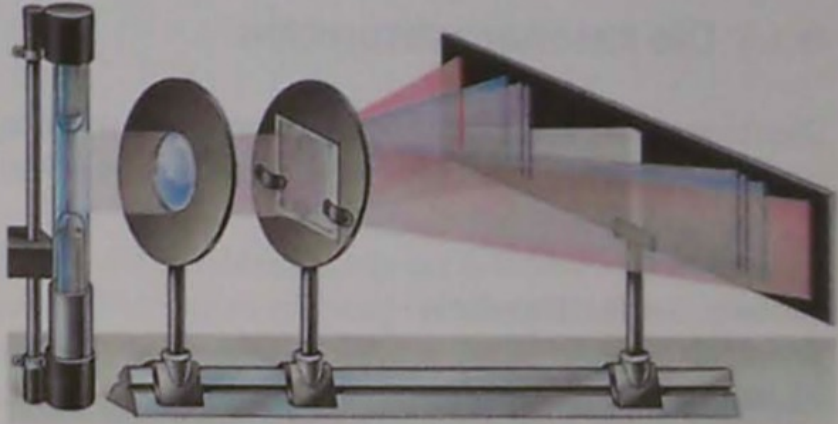
$$\Leftrightarrow U = \frac{h^2}{\lambda^2 \cdot 2m \cdot e} = 13,3 \text{ eV}$$



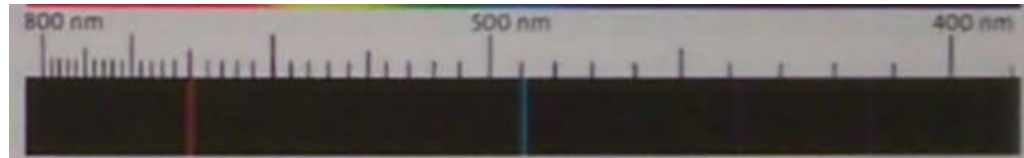
Saint Schrodinger, the forgotten disciple.

Resonanzabsorption

Balmer-Formel und Bohrsches Atommodell



409.1 Einfacher Versuchsaufbau zur Demonstration des Wasserstoffspektrums. Auf dem Schirm erscheint das Hauptmaximum in der Mitte und links und rechts davon die vier Linien im Spektrum erster Ordnung.



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

$$\text{Balmer: } f = 3,288 \cdot 10^{15} \text{ Hz} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) = \dots \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) \\ = 4,57 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \stackrel{!}{=} H_{\alpha}$$

$$A^1)_{a)} m=7: f_7 = 7,55 \cdot 10^{14} \text{ Hz}, \lambda_7 = 390 \text{ nm}$$

$$m=8: f_8 = 7,71 \cdot 10^{14} \text{ Hz}, \lambda_8 = 380 \text{ nm}$$

$$b) m \rightarrow \infty \Leftrightarrow \frac{1}{m} \rightarrow 0: f_{\infty} = \frac{c}{4} = 8,22 \cdot 10^{14} \text{ Hz}, \lambda_{\infty} = 365 \text{ nm}$$

Berechnung der diskreten Energiezustände des H-Atoms:

$$E_n = E_{\text{pot},n} + E_{\text{kin},n} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_n} + \frac{1}{2} m_e v_n^2$$

$$\frac{m_e v_n^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_n^2}$$

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

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

$$\text{in } (*) \text{ eingesetzt: } r_n = \frac{e^2 4\epsilon_0^2 h^2}{4\pi\epsilon_0 m_e e^4} n^2 = \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m_e e^2} n^2$$

$$\Rightarrow E_n = -\frac{e^2 m_e e^4}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_0 h^2 n^2} + \frac{1}{2} m_e \frac{e^4}{4\epsilon_0^2 h^2 n^2}$$

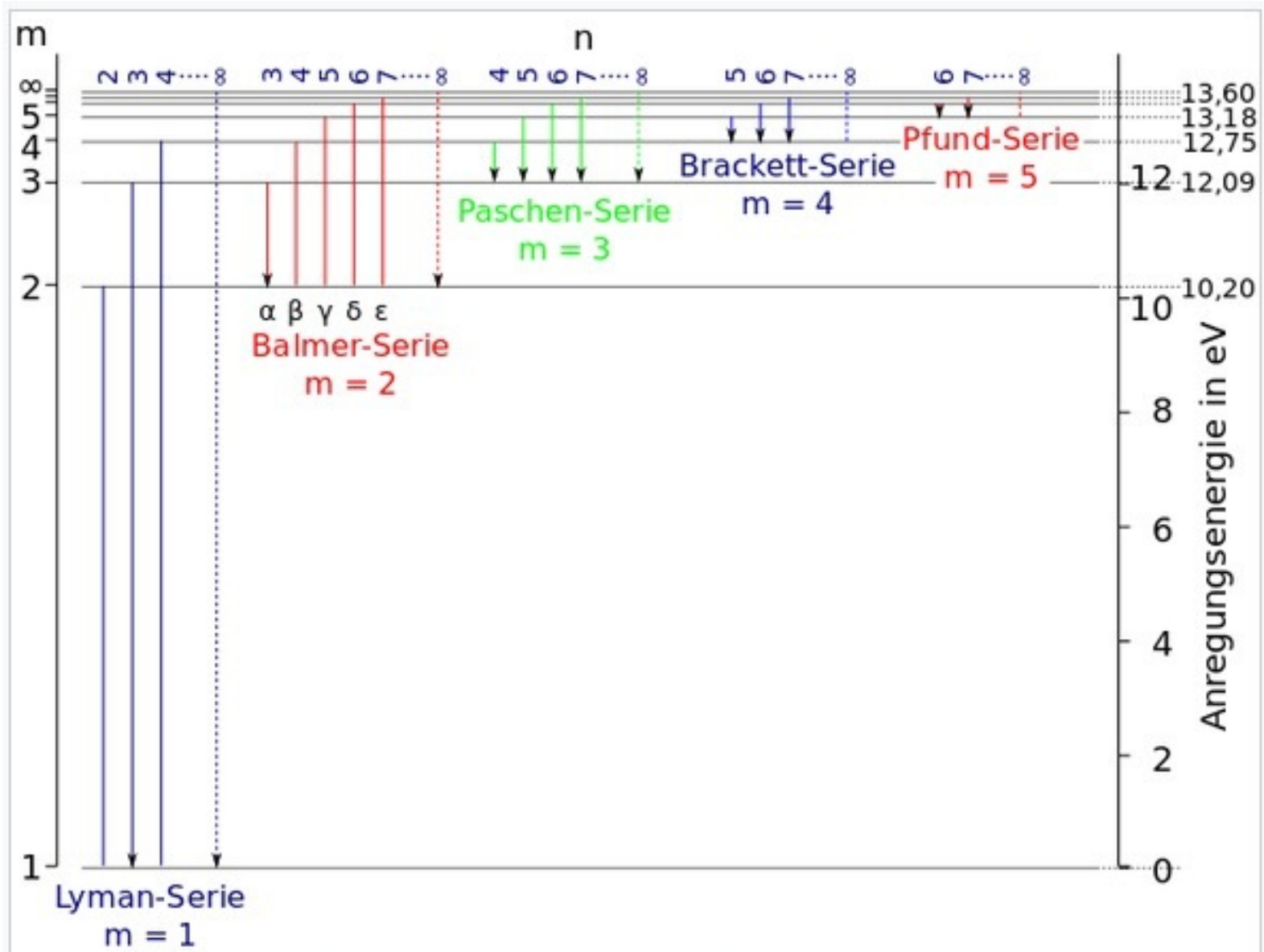
$$= -\frac{m_e e^6}{4\epsilon_0^2 h^2 n^2} + \frac{m_e e^4}{2 \cdot 4\epsilon_0^2 h^2 n^2}$$

$$= -\frac{1}{2} \frac{m_e e^4}{\epsilon_0^2 h^2} \cdot \frac{1}{n^2} = -2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J} \cdot \frac{1}{n^2} = -13,6 \text{ eV} \cdot \frac{1}{n^2}$$

1. Bohrsches A:
 $L = n \frac{h}{2\pi}, n=1,2,\dots$
 $= r_n \cdot m_e v_n$

n	E_n	$\Delta E/\text{eV}$	$\Delta E/\text{J}$	f/Hz
1	13,6			
2	3,4	1,89	$3,02 \cdot 10^{-19}$	$4,56 \cdot 10^{14} \hat{=} H_\alpha$
3	1,51			
4	0,85	2,55	$4,08 \cdot 10^{-19}$	$6,16 \cdot 10^{14} \hat{=} H_\beta$

Bezeichnung	Wellenlänge in nm	f/Hz	$\Delta E/\text{J}$	$\Delta E/\text{eV}$
Lyman- α -Linie (Ly- α)	121,5			
Lyman- β -Linie	102,5			



Energieniveaus des Wasserstoffatoms mit nach Serien geordneten Übergängen

