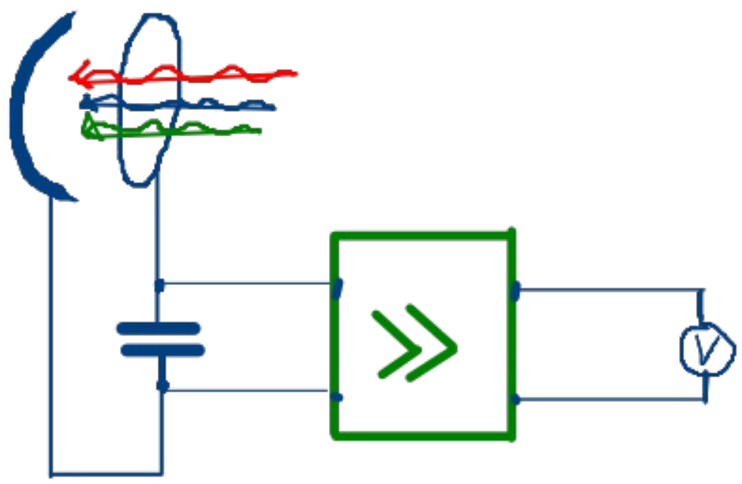
Photoeffekt (lichtelektrischer Effekt)

Direkte Messung der Spannung mit einem hochohmigen Messgerät (Operationsverstärker mit hohem Eingangswiderstand als Spannungsfolger).



Wellenlänge		gem. Spannung
950		0,02
660		0,45
465		1,37
560		0,63
585		0,61
635		0,45

Die Lichtquanten (Photonen) übertragen Energie an die Elektronen der Cs-Kathode. Wenn diese Energie größer als die Austrittsarbeit ist, erhalten die Elektronen zusätzliche kinetische Energie, mit der sie gegen das sich aufbauende elektrische Feld zwischen Kathode und Anode "anarbeiten" können: kinetische Energie wandelt sich in potentielle Energie um.
Die gemessene Spannung gibt an, wie groß diese potentielle Energie (= max. kinetische Energie der Elektronen) ist.
Aufgabe:
Erstelle ein f-E_{kin}-Diagramm. (E = max. kin. Energie)

Welleneigenschaften von Teilchen: die de-Broglie-Wellenlänge

Photoeffekt/Compton-Effekt: Licht lässt sich in manchen Situationen nicht mehr als Wellenphänomen betrachten, sondern als Strom von "Energiepaketen" (Quanten, Photonen).
Aus der Auswertung des Photoeffektes folgt für die Energie der Photonen (Lichtteilchen):

$$E = hf = h\frac{c}{\lambda}$$

h = Plancksches Wirkungsquantum
f = Frequenz
für alle Wellen gilt: $c = \lambda f$

Aus der Relativitätstheorie folgt die sog. Äquivalenz von Masse und Energie:

$$E = mc^2$$

Damit lässt sich eine Photonenmasse berechnen: $hf = mc^2 \Leftrightarrow m = \frac{hf}{c^2} = \frac{h}{\lambda \cdot c}$

Da sich Photonen mit Lichtgeschw. bewegen, gilt für ihren Impuls: $p = m\,c = \frac{h}{\lambda}$

De-Broglie behauptet, dass auch für Teilchen gilt: $p = m \cdot v = \frac{h}{\lambda} \Leftrightarrow \boxed{\lambda = \frac{h}{p}}$

Übliche Impulse von Elektronen und daraus resultierende Wellenlängen: $eU = \frac{1}{2}mv^2$, Bsp, $U = 10\,kV$

$$\Rightarrow v = \sqrt{2eU/m} \approx 6 \cdot 10^7 \frac{m}{s} \Rightarrow p = 5{,}4 \cdot 10^{-23}\,kg\frac{m}{s} \Rightarrow \lambda = 1{,}23 \cdot 10^{-11}\,m$$

$$\approx 12{,}3\,pm$$

(sehr klein!)

1.6.

a) Berechne die Grenzwellenlänge λ_g , oberhalb der mit der verwendeten Photozelle kein Photostrom messbar sein dürfte.

b) Kann die Photozelle auch infrarotes Licht über Photoeffekt nachweisen?

1.7. In einem zweiten Experiment wurde die Spannung in Abhängigkeit von der Zeit bei drei verschiedenen Abständen LED – Photozelle mit einem Oszilloskop gemessen.

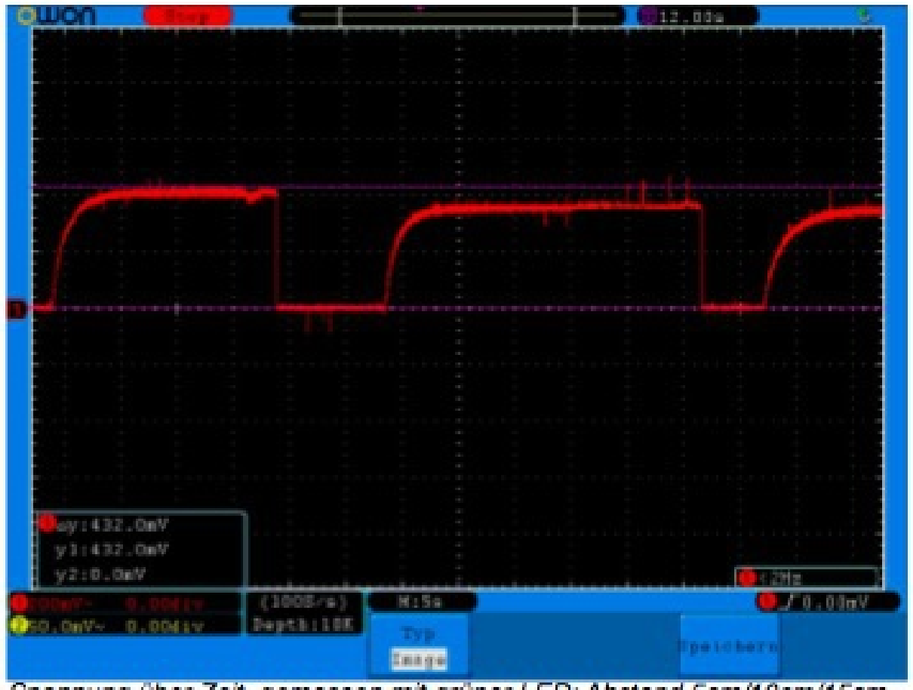
a) Beschreibe den Verlauf der Graphen.

b) Deute den zeitlichen Verlauf der Spannung. Begründe vor allem,

i. warum kein linearer, sondern ein „umgekehrt" exponentieller Anstieg vorliegt;

ii. warum die Graphen für verschiedene Abstände ein unterschiedliches zeitliches Verhalten aufweisen;

iii. warum sich unterschiedliche Grenzspannungen ergeben.



Spannung über Zeit, gemessen mit grüner LED; Abstand 5cm/10cm/15cm

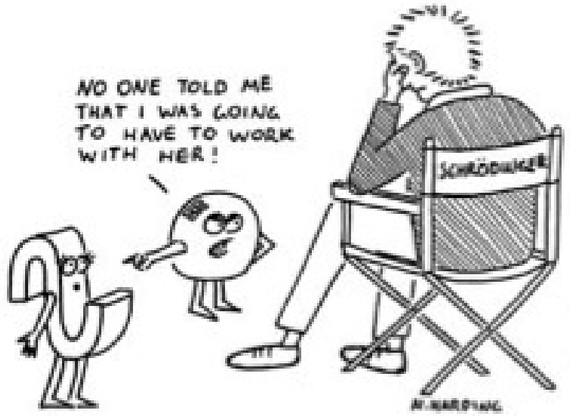
Elektronen als Quantenobjekte *Gegenstand dieser Aufgabe sind Überlegungen zur deBroglie-Wellenlänge von Materie. Der Nachweis der Welleneigenschaften massiver Materie war schließlich ein entscheidender Schritt zu einem neuen Verständnis von Materie.Erwin Schrödinger konnte später auf der Grundlage der Welleneigenschaften der Elektronen in Atomen ein sehr präzises Atommodell entwickeln.*

2.1. Beschreibe qualitativ - also ohne Angabe von numerischen Daten - das Experiment zum Nachweis der deBroglie-Wellenlänge, das wir im Unterricht durchgeführt haben.

2.2. Die verwendete Elektronenstrahlröhre kann Elektronen in einem Bereich der Beschleunigungsspannung zwischen $U_{min}=150\text{V}$ und $U_{max}=3500\text{V}$ emittieren. Berechne die Grenzen für die Wellenlänge der Elektronen.

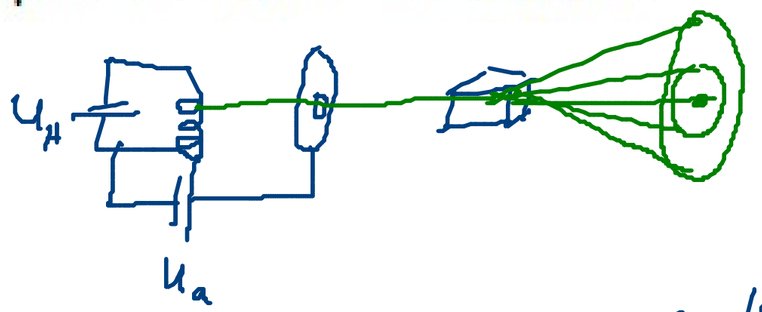
2.3. Ein Staubkorn ($m=0{,}002\,g$) sinkt im Schwerefeld der Erde mit einer konstanten Geschwindigkeit von $v=3\text{mm}/s$. Bestimme seine Wellenlänge.

2.4. Warum hat die deBroglie-Wellenlänge für solche Körper wie in 2.3. keine alltägliche Bedeutung?



Viel Spaß und gutes Gelingen!

2.1.



Nachweis, dass e^- an Kristallgittern gebeugt werden und auf einem (Leucht-)schirm interferieren.

2.2. $eU_a = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m} \overset{\text{(de Broglie)}}{=} \frac{h^2/\lambda^2}{2m} \Rightarrow \lambda = \sqrt{\frac{h^2}{2emU_a}} = \frac{h}{\sqrt{2emU_a}}$

$= \begin{cases} 0{,}1\,nm & \text{bei } 150\,V \\ 21\,pm & \text{"} \; 3500\,V \end{cases}$

2.3. $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v} = 1{,}1 \cdot 10^{-25}\,m$

2.3 Beugung und Interferenz gibt es nur, wenn die Gitterkonstante in der Größenordnung der Wellenlänge liegt. So winzige Gitter (10^{-25} m) gibt es aber in der Natur nicht.
(Z.B. max. Größe eines Quarks: 10^{-17} m)

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 ;-))

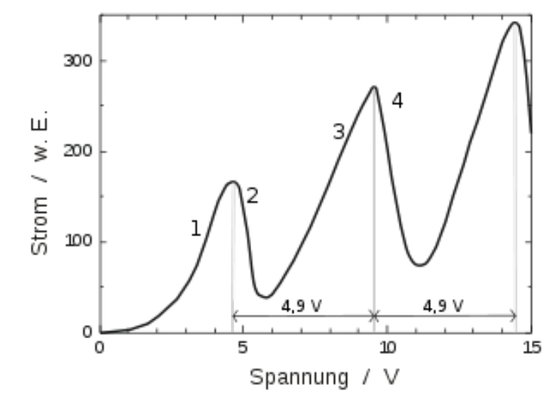
Weiter wird sich zeigen, dass Impuls und Energie von Atomen gequantelte Größen sind.

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

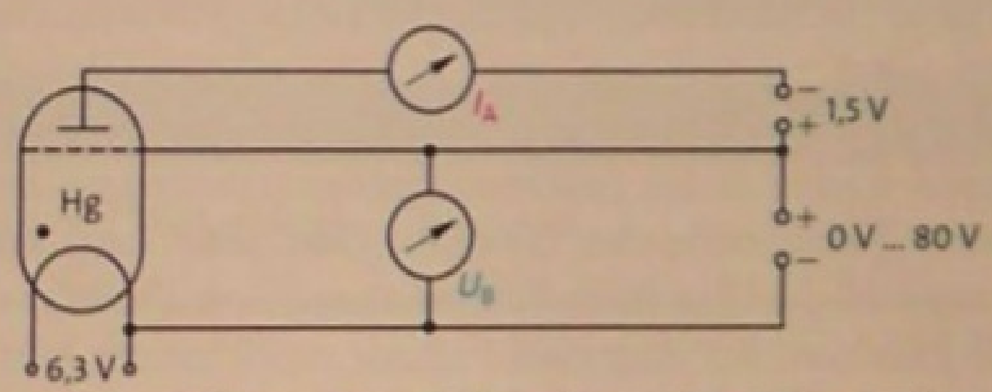
Die quantenhafte Emission

Der Franck-Hertz-Versuch

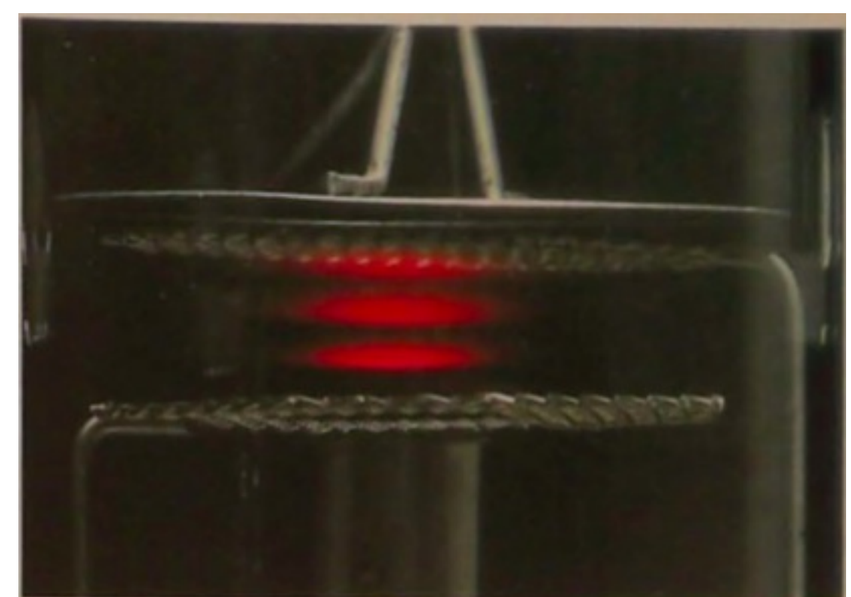


Anode
Gitter

Kathode



407.2 Schaltbild zum Franck-Hertz-Versuch mit Quecksilberdampf



407.1 Franck-Hertz-Versuch mit Neon: Leuchtschichten bei einer Beschleunigungsspannung von 80 V

<-- Dez 2012