

Aufgabe 1

- 1) Bei ansteigender Beschleunigungsspannung U_B zeigt sich, dass auch der Anodenstrom I_A ansteigt, allerdings unterbrochen von 3 Zwischenminima. Das heißt, dass bei steigender Beschleunigungsspannung U_B die Elektronen zunehmend größere Energien E_{kin} erhalten, und so kontinuierlich beschleunigt werden.

Die beschleunigten Elektronen geben, bei passender Energie, ihre Energie quantenhaft an die e^- im Neon-Atom weiter, die dadurch angeregt werden.

Die beschleunigten Elektronen besitzen jetzt aber nicht mehr genug Energie, um gegen die Gegenspannung anzukommen und erreichen die Auffängerelektrode nicht. Deshalb zeigt der Anodenstrom dort ein Minimum.

Da 3 Minima vorhanden sind, wiederholt sich der Vorgang 3 mal.

Die e^- im Neon-Atom werden auf ein höheres Energieniveau angehoben, fallen wieder zurück und geben dabei Photonen ab. So zeigt sich die Lichterscheinung bei jedem Minimum.

1.2.1 Mit einer Anodenspannung von 70V liegt die Spannung über den benötigten $U_p = 60V$, damit die gebundenen Elektronen des Neons angeregt werden können.

Die Anregungsspannung für ein einzelnes Elektron des Ne-Atoms liegt bei ca. 20V, daher kann das von der Anodenspannung beschleunigte Elektron max. an drei gebundene Elektronen seine Energie abgeben.

Denn auf dem Weg des beschleunigten Elektrons von der Kathode zur Anode regt dieses rund dreimal jeweils ein gebundenes an. Durch die Abregung dieser Neon-Elektronen geben diese jeweils ein Lichtquant ab und es kommt zu der Leuchterscheinung.

Durch das zufällige Aufeinandertreffen der Elektronen sind es wahrscheinlich keine scharf abgegrenzten Schichten, sondern gehen ineinander über.

1.3 E, m

$$E = q \cdot U = e \cdot U = 20 \text{ eV} \approx 3,2 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

Die Energieniveaus liegen $\Delta E = 20 \text{ eV}$ auseinander

1.4 Wenn $\Delta E_{\text{As}} = \Delta E_{\text{Au}}$ wäre, würde gelten:

$$\frac{hc}{\lambda} = \Delta E$$

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} \approx 62 \text{ nm}$$

Die Emission würde bei $\lambda = 62 \text{ nm}$, also im ultravioletten Spektralbereich, erfolgen und wäre daher unsichtbar.

1.5

Mögliche Übergänge der Absorption:

Das Elektron kann nur aus dem Grundzustand $n=1$ angeregt werden, da es nur für 10^{-8} s im angeregten Zustand verbleibt und danach wieder abgeregt wird. Es ist also mindestens eine Energie von 16,6 eV nötig um das Elektron überhaupt anzuregen.

Mögliche Übergänge der Emission

Bei der Emission sind auch Übergänge z.B. von der vierten auf die dritte oder zweite Energiestufe möglich. So werden bei der Abregung mehrere Wellenlängen emittiert, deren Energiesumme der Absorptionsenergie entspricht.

Für rotes Licht

$$\lambda_1 = 640 \text{ nm}$$

$$\lambda_2 = 670 \text{ nm}$$

$$E_1 = h \cdot \frac{c}{\lambda_1} \approx 1,94 \text{ eV} = 3,104 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_2 = h \cdot \frac{c}{\lambda_2} \approx 1,85 \text{ eV} = 2,965 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

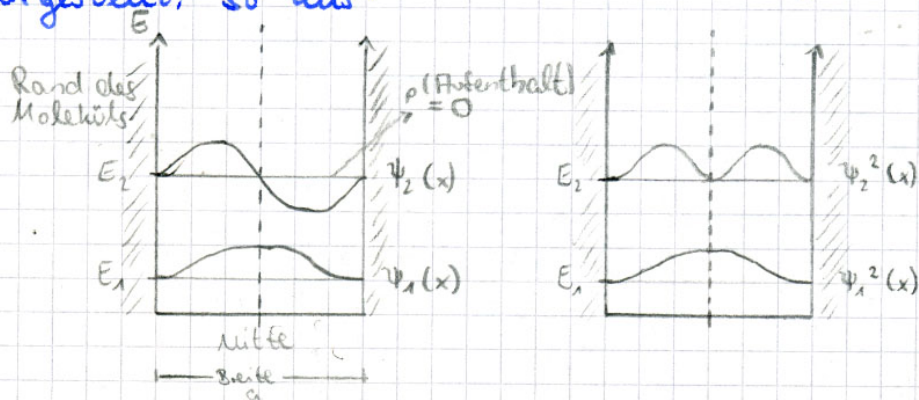
aus Energieniveauschema:

$$\Delta E = 18,6 \text{ eV} - 16,7 \text{ eV} = 1,9 \text{ eV}$$

Die Energiedifferenz der dritten und zweiten

2.1)

Im Modell des unendlich tiefen Potentialtopfs stellt man sich vor, dass sich e^- in einem Atom oder Molekül frei bewegen können. Die Bewegung ist durch den Rand des Moleküls begrenzt, sodass das e^- es nicht verlassen kann. Es ist also völlig egal wieviel Energie ein Elektron hat, denn da die Bindungsenergie des Moleküls in den Wänden unendlich wird, kann das e^- unter keinen Umständen diese Grenze überschreiten. Deswegen "unendlich tief"! (Die kinetische Energie bleibt jedoch stets gleich).
 Nun gibt es Orte innerhalb des Moleküls, an denen das e^- mit größerer Wahrscheinlichkeit anzutreffen ist, als an anderen. Dies hängt noch einmal vom Energieniveau ab, auf dem sich das e^- befindet.
 Auf der ersten Energiestufe ist es noch am ehesten in der Mitte des Moleküls anzutreffen, auf der zweiten Stufe dagegen kann es sich dort gar nicht mehr befinden.
 Die Wahrscheinlichkeitsverteilung wird durch die Wellenfunktion $\psi(x)$ dargestellt. Da diese jedoch auch negative Werte liefert, wird die genaue Aufenthaltswahrscheinlichkeit mit deren Quadrat, also $\psi^2(x)$, beschrieben.
 Das Potentialtopfmodell sieht dann, grafisch dargestellt, so aus:



* Hierzu muss es Welleneigenschaften aufweisen.

Aufgabe 2.2:

Aus der geometrischen Herleitung des Potenzialtopfes folgt $\lambda = \frac{2d}{n}$.

Durch de Broglie gilt $p = \frac{h \cdot n}{2d}$.

Für die kinetische Energie gilt die klassische Bedingung $E = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ was $E = \frac{p^2}{2 \cdot m}$ entspricht.

$$\lambda = \frac{2d}{n}$$

$$p = \frac{h \cdot n}{2d}$$

$$E = \frac{1}{2} m v^2$$

$$E = \frac{p^2}{2 \cdot m} = \frac{\left(\frac{h \cdot n}{2d}\right)^2}{2 \cdot m} = \frac{h^2 \cdot n^2}{2^2 \cdot d^2 \cdot 2m} = \frac{h^2 \cdot n^2}{4 \cdot a^2 \cdot 2m} = \frac{h^2 \cdot m^2}{8 \cdot a^2 \cdot m} = \frac{1}{8} \frac{h^2}{m \cdot a} \cdot n^2$$

Aufgabe 2.3

Der energetisch niedrigste Übergang ist von $n=2$
 $\rightarrow n=1$.

Deshalb wird die Differenz der Energie dieses
Übergangs gebraucht

$$\Delta E = \frac{h^2}{8m_e a^2} \cdot 4 - \frac{h^2}{8m_e a^2} \cdot 1$$

$$= \frac{h^2}{8m_e a^2} \cdot (4-1)$$

$$\Delta E = \frac{3h^2}{8m_e a^2}$$

Diese Energiedifferenz entspricht der Energie
des abgestrahlten Lichts.

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$$

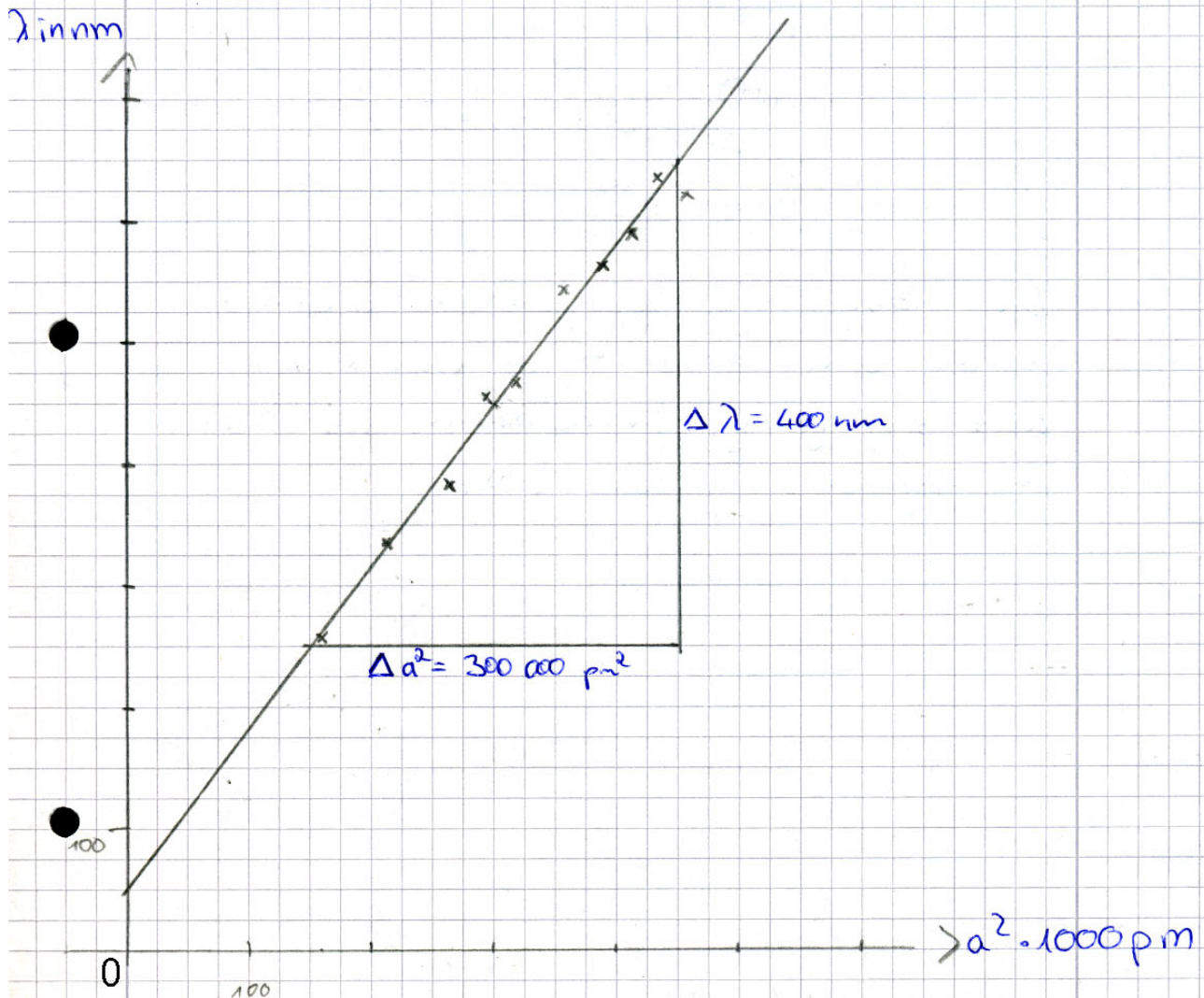
$$\Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = \frac{3h^2}{8m_e a^2}$$

$$\lambda = \frac{8hc m_e a^2}{3h^2}$$

$$\lambda = \frac{8m_e c}{3h} \cdot a^2$$

Aufg. 2.4)

a/pm	402	513	462	563	596	646	533	628	659	705	654
a^2	161604	263169	213444	316969	355216	417316	284089	394384	434281	497025	427716
λ/nm	256	385	340	465	546	588	455	563	636	685	624



Steigung: $\frac{\Delta \lambda}{\Delta a^2} = \frac{400 \text{ nm}}{3 \cdot 10^{-19} \text{ m}} = 1,3 \cdot 10^{12} \text{ m}$

Es entsteht eine geeignete Ausgleichsgerade, leichte Abweichungen sind durch die grobe Skalierung zu erklären.

Aufg. 2.5)

aus der Beziehung

$$\lambda = \frac{8mc}{3h} a^2$$

ergibt sich für den theoretischen Wert.

$$\frac{\lambda}{a^2} = \frac{8mc}{3h}$$

$$\frac{\lambda}{a^2} = \frac{8 \cdot 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 2,9979 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{3 \cdot 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}$$

$$\approx 1,099 \cdot 10^{12} \frac{\text{nm}}{\text{pm}^2}$$

Die Abweichungen des praktisch errechneten Wertes vom theoretisch zu erwartenden Wert sind gering. Sie resultieren aus Fehlern im zugrunde liegendem Fall.

Aufgabe 2.6

Es fällt auf, dass die Messwerte einerseits erkennbar um die Ausgleichsgerade streuen, andererseits die Ausgleichsgerade keine Nullpunktgerade ist. Die Steigung der Geraden entspricht dagegen relativ gut der theoretischen Vorhersage. Die Streuung der Messwerte um die Ausgleichsgerade zeigt, dass in den verschiedenen Kristallen individuelle Abweichungen vom Modell des linearen Potentialtopfs auftreten, es liegt kein systematischer Fehler vor. Die Verschiebung der Geraden in positive λ -Richtung hat dagegen offensichtlich eine systematische Ursache. Denkbar wäre, dass die Wellenfunktion $\psi(x)$ entgegen der Modellannahme ein Stück in die Wände des Topfs eindringen kann, was zu einer etwa konstanten Erhöhung der Wellenlänge führt; sei Δa eine angenommene Vergrößerung, so gilt:

$$\begin{aligned}\lambda' &= \frac{8mc}{3h} (a + \Delta a)^2 \\ &= \frac{8mc}{3h} a^2 + \frac{16mc}{3} a \Delta a + \frac{8mc}{3h} \Delta a^2 = \lambda + \Delta \lambda \\ &> \lambda,\end{aligned}$$

also $\lambda' > \lambda$.

Aufgabe 2.7 Der energetisch nächstliegende Übergang ist von $n=1$ nach $n=3$. Damit ist

$$\Delta E = \frac{1}{8} \frac{h^2}{m_e a^2} (3^2 - 1^2) = \frac{8}{8} \frac{h^2}{m_e a^2} = \frac{h^2}{m_e a^2}$$

und damit

$$\lambda_{31} = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{m_e a^2}{h} = \underline{\underline{130 \text{ nm}}}$$

Eine weitere Absorptionslinie wäre im Bereich um $\lambda = 130 \text{ nm}$ (also im UV) zu erwarten.