

- 1) Ein gewisses zweiatomiges Molekül absorbiere Energie zur Schwingungsanregung. Der erste angeregte Schwingungszustand liege um 2,0 meV über dem Grundzustand. Wie hoch liegt der zweite angeregte Schwingungszustand über dem Grundzustand?
 - a. 2,5 meV
 - b. 8,0 meV
 - c. 6,0 meV
 - d. 4,0 meV
- 2) Das Sauerstoffatom hat die Elektronenkonfiguration $1s^2 2s^2 2p^4$. Im Grundzustand hat der Gesamtwert m_s für alle 8 Elektronen den größtmöglichen Wert, der mit dem Pauliprinzip vereinbar ist. Wie groß ist dieser Wert?
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
- 3) Ein Natriumatom, ein Neutron, ein Proton und ein Elektron sollen die gleiche nicht relativistische Energie haben. Welches der vier Teilchen hat die kürzeste der Broglie Wellenlänge?
 - a. Natriumatom
 - b. Neutron
 - c. Proton
 - d. Elektron
- 4) Welche der folgenden Quantenzahlkombinationen n, l, m_l, m_s sind für ein Elektron im Wasserstoffatom erlaubt?
 - a. 3, 2, 3, $\frac{1}{2}$
 - b. 3, 3, 2, $\frac{1}{2}$
 - c. 3, 1 0, $-\frac{1}{2}$
 - d. 2, 1, 1, 0
- 5) Die Wahrscheinlichkeit, ein Teilchen an einem bestimmten Ort des Raumes zu finden,
 - a. Ist direkt proportional zur Amplitude der Wellenfunktion.
 - b. Kann nie gleich null sein.
 - c. Hängt von dem Quadrat der Amplitude der Wellenfunktion ab.
 - d. Kann manchmal unendlich groß sein.
- 6) Der photoelektrische Effekt
 - a. Zeigt, dass Elektronen sich wie Wellen verhalten.
 - b. Hat mit der Interferenz von Lichtwellen zu tun, die von einer Metalloberfläche reflektiert werden.
 - c. Stimmt ausschließlich überein mit der Wellentheorie des Lichts.
 - d. Zeigt, dass Licht sich so verhält, als sei es aus Teilchen zusammengesetzt.

- 7) Betrachte ein Sauerstoffatom mit seinen 4 Elektronen in der 2p Schale ($l=1$).
Wenn wir die z-Komponenten der Spins dieser 4 Elektronen addieren, wie groß ist die maximale z-Komponente des Gesamtspins, die mit dem Pauli-Prinzip übereinstimmt?

- a. $+2h$
- b. $+3/2 h$
- c. $+h$
- d. $+1/2 h$
- e. 0

- 8) Die Schrödingergleichung für den harmonischen Oszillator lautet

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{1}{2} kx^2\psi = E\psi$$

Ihre Lösungen ausgedrückt in der klassischen Frequenz ω_0 haben die Energien E_n .

- a. $E_n = \left(n^2 + \frac{1}{2}\right) \hbar\omega_0$
- b. $E_n = n\hbar\omega_0$
- c. $E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right)^2 \hbar\omega_0$
- d. $E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) \hbar\omega_0$

- 9) Die radiale Wellenfunktion für ein 2p($l=1$) Elektron im Wasserstoffatom lautet

$$R = A \frac{r}{\alpha_0} e^{-r/2\alpha_0}$$

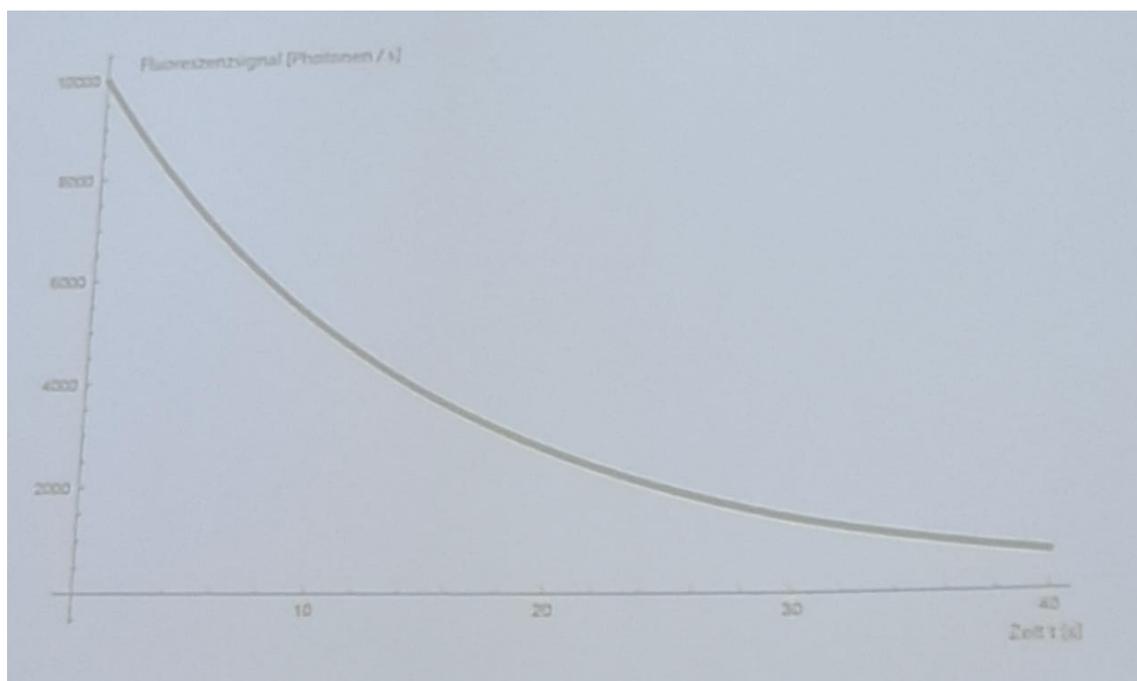
Wobei A eine konstante ist.

- a) Finden sie den wahrscheinlichsten Abstand r zwischen dem Elektron und dem Kern (8 Punkte)
- b) Geben Sie alle möglichen Sätze (Kombinationen) von Quantenzahlen an, die für eine elektron in diesem Zustand erlaubt sind (n, l, m_l, m_s) (4 Punkte)

10) Fluoreszenz

Im Experiment wird beobachtet wie eine gasgefüllte Glaszelle Fluoreszenzlicht aussendet. Die Anregung ins obere Energieniveau findet zum Zeitpunkt $t = 0$ s statt, unmittelbar danach werden 10000 Fluoreszenzphotonen pro Sekunde detektiert. Der weitere Verlauf des Fluoreszenzsignals ist in der Figur dargestellt.

- Bestimmen Sie die Halbwertszeit des Fluoreszenzsignals und markieren Sie diese in der Graphik.
- Geben Sie die Gesetzmäßigkeit an, gemäß derer das Signal abnimmt und berechnen sie die mittlere Lebensdauer eines Atoms im angeregten Zustand. (10 Punkte a+ b zusammen)



11) Ein KCl Kristall wird mit Röntgenstrahlen einer Wellenlänge von 0,25 nm untersucht. Der atomare Gitterabstand im KCl ist 0,315 nm. Bei welchem Winkel wird die erste Bragg-Reflexionsordnung beobachtet?

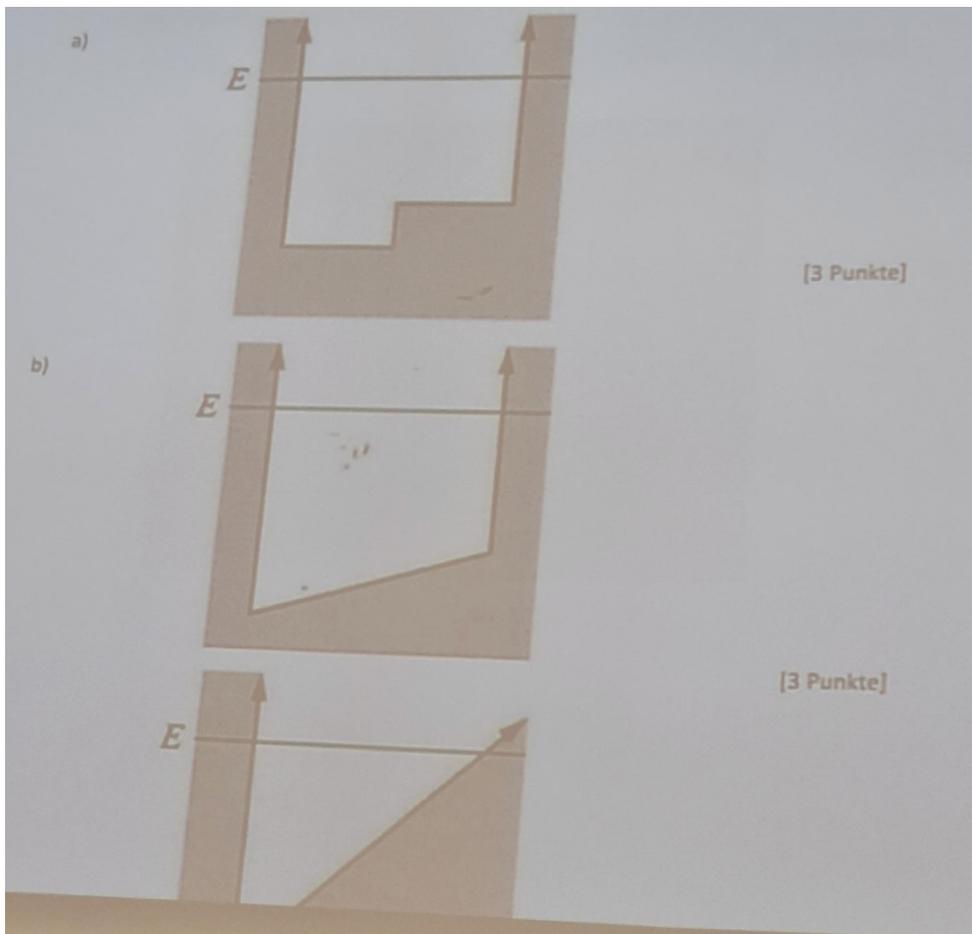
(4 Punkte)

12) Wie sieht die Wellenfunktion bei der Energie E qualitativ aus?

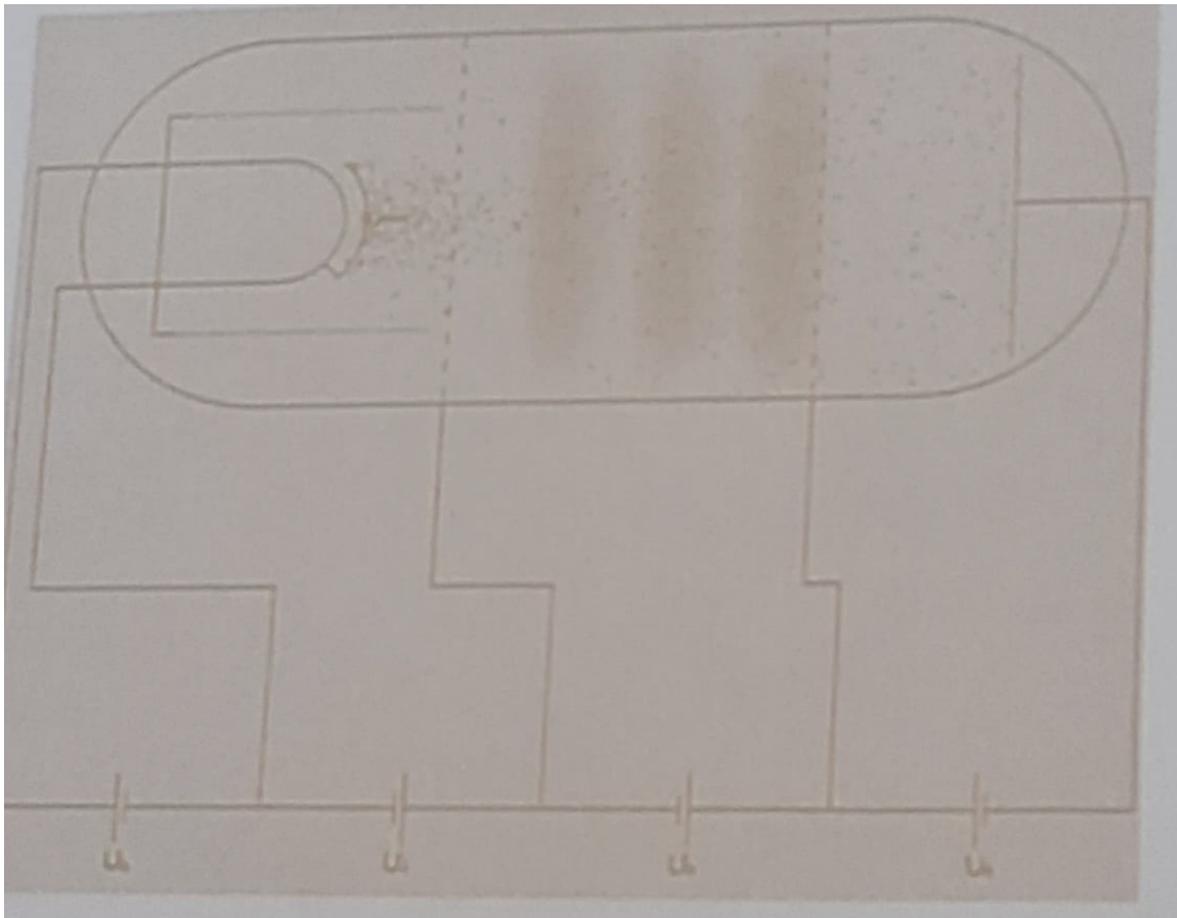
Zur Erinnerung aus dem Vorlesungsskript: Denken Sie an die Lösung für das einfache „square well potential“ für ein Teilchen der Energie $E > U$, wobei U der Wert des Potentials ist:
Potentials ist:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = -\frac{2m}{\hbar^2} (E - U)\psi \Rightarrow \frac{d^2\psi}{dx^2} = -k^2\psi(x) \text{ mit } k^2 = \frac{2m(E - U)}{\hbar^2}$$

Skizzieren Sie für jeden der 3 Fälle den Verlauf der Wellenfunktion, insbesondere der Wellenlängen (-Änderungen) unter Berücksichtigung der Randbedingungen.



- 13) In einer Franck-Hertz-Röhre beobachten Sie zwischen den Beschleunigungselektroden eine Lichtemission wie in der Abbildung. Die Beschleunigungsspannung U_2 der die Elektronen zwischen den beiden netzen ausgesetzt sind beträgt 12 V.
- a) Schätzen Sie die Anregungsenergie der im Volumen eingeschlossenen Atome ab. (3 Punkte)
- b) Welche Wellenlänge hat das Licht, das beim Übergang des Elektrons zurück in den Grundzustand frei wird? (3 Punkte)



14) Berechnen Sie die Änderung der Wellenlänge für den $2p \rightarrow 1s$ Übergang in Wasserstoff, wenn die Atome einem Magnetfeld von 3,00 T ausgesetzt sind (6 Punkte)

15) Die Austrittsarbeit von Natrium ist 2,28 eV.

- a) Wie groß ist die cut-off Wellenlänge für Natrium? (3 Punkte)
- b) Wie groß ist die maximale kinetische Energie der Elektronen, wenn eine Wellenlänge von 308 nm benutzt wird? (3 Punkte)

16) Bestimmen Sie gemäß Pauliprinzip und Hundscher Regeln die elektronische Grundzustandskonfiguration von Stickstoff $1s^2 2s^2 2p^3$ für die drei Elektronen in der p-Schale: (10 Punkte)

- a. Geben Sie die Quantenzahlen der drei p-Schalen Elektronen an:

Schreibweise (n, l, m, s)

(_ _ _ _)

(_ _ _ _)

(_ _ _ _)

- b. Geben Sie an, wie Gesamtspin S und Bahndrehimpuls L aus den quantenzahlen berechnet werden und bestimmen Sie die Werte für den Grundzustand von Stickstoff

S =

17) Ein Elektron bewegt sich mit der Geschwindigkeit $0,0202 c$ und ist dabei in einem RAUM – Bereich von 0,12 nm Breite gefangen. (1 Dimensionale Modellannahme)

- a. Welcher Wertebereich würde die Geschwindigkeit bei einer Messung aufweisen?
- b. Geben Sie die Broglie Wellenlänge des Elektrons an und skizzieren Sie das entsprechende Wellenpaket