

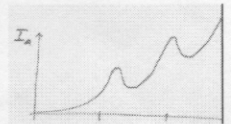
Moderne Physik I Atome und Moleküle

Sommer 2011, Prof. Thomas Müller, Dr. Frank Hartmann, KIT
Semesterabschluss-Klausur 1 23.09.2011

Name: _____; Studienrichtung/Prüfungsordnung: _____; Note(Y/N): _____

1. (4P) Nennen Sie 2 Versuche welche die Ladungsquantelung zeigen und NENNEN Sie in jeweils einer Zeile wie?
2. (10P) Skizzieren Sie das komplette Termschema des Wasserstoffatoms bis $n=3$ (Entartung und Niveausherschiebung sollte sichtbar sein, jedoch OHNE Aufzählung der Effekte)
3. (8P) Was sind Bosonen - Definition und 2 Beispiele? Welcher Statistik folgen sie (Formel) im thermischen Gleichgewicht? Wie stehen diese zum Pauli-Prinzip?
4. (8P) Franck-Hertz

Beschreiben Sie den Franck-Hertz Versuch (Skizze nicht verlangt). Elektronen im Hg-Gas, was zeigt der x-Abstand der beiden Peaks im Bild? Was sagt die Y-Koordinate aus?



5. (8P) Erklären Sie NMR inklusive einer SKIZZE des Aufbaus!
6. (6P) Quarksysteme; Quark-Quark Wechselwirkung: Welches Teilchen ist für die WW verantwortlich? Erklären Sie Confinement! Wie sieht das Potential aus? Warum sieht es so aus?
7. (12P) Das Termschema bei einem hypothetischen Einelektronenschema sieht wie folgt aus:

n	1	2	3	4	5
$E_n(\text{eV})$	-16	-4	-1.777	-1	-0.64

- (a) Sind die Energiezustände des Atom mit einem rein kugelsymmetrischen Potential vereinbar? Warum bzw. warum nicht?
 - (b) Wie groß ist die Ionisierungsenergie des Atoms?
 - (c) Welche Wellenlänge hat ein Photon, das beim Übergang von $n = 3$ nach $n = 1$ emittiert wird?
 - (d) Welche kinetische Energie $E_{kin-Ende}$ hat ein freies Elektron mit der Anfangsenergie von $E_{kin-Anfang} = 6 \text{ eV}$ nach einem Stoß mit diesem Atom? (Atom im Grundzustand)
 - (e) Wie groß sind die möglichen Werte von $E_{kin-Ende}$ bei einer Anfangsenergie von $E_{kin-Anfang} = 13.7 \text{ eV}$ des freien Elektrons nach einem Stoß? (Atom im Grundzustand)
8. (10P) Materiewellen

Angenommen Moleküle eines Gases haben bei $T=300\text{K}$ eine mittlere quadratische Geschwindigkeit von $\langle v^2 \rangle = (600 \text{ m/s})^2$. Wie groß ist die De Broglie Wellenlänge dieser Moleküle? Um welches Gas handelt es sich?

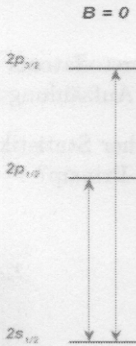
Hinweis für die mittlere kinetische Energie von Gasmolekülen gilt:

$$\langle E \rangle = \frac{3}{2}kT, \quad 35/1.7 \approx 20; \quad \sqrt{9} \quad 1.4 \quad 3.5 \approx 6.6.$$

Auf der nächsten Seite geht es weiter!

9. (16P) Aufspaltung im Magnetfeld und Übergänge

- (a) Zeichnen Sie die magnetisch induzierten Aufspaltungen in die Skizze ein! Nach welchem Physiker ist der Effekt benannt?
- (b) Welches Magnetfeld braucht man, um einen Übergang von $2S_{1/2}; m_j = +1/2$ auf $2S_{1/2}; m_j = -1/2$ mit einer 3 cm Mikrowelle zu induzieren?



10. (20P) Potentialtopf

Ein unendlich tiefes Kastenpotential $V(x)$ zwischen 0 und a ist gegeben durch

$$V(x) = \begin{cases} 0 & \text{für } 0 < x < a \\ \infty & \text{sonst} \end{cases} \quad (1)$$

- (a) Lösen Sie die stationäre Schrödingergleichung. Beachten Sie die Randbedingungen.
- (b) Skizzieren Sie, wie man die Normierung bestimmt (die Durchführung der Integration ist nicht verlangt).
- (c) Skizzieren Sie qualitativ die ersten 3 Anregungen (Wellenfunktionen und Wahrscheinlichkeitsamplitude).
- (d) Nennen Sie die Formel für den Erwartungswert von x für alle n (keine explizite Rechnung/Integration verlangt)
- (e) Wie gross ist die Energiedifferenz zwischen dem Grund- und dem ersten angeregten Zustand (für ein Kastenpotential der Breite a ; keine Zahlen für Konstanten einsetzen)?

Einige Größen und Formeln:

$$k \approx 1.4 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 4.136 \cdot 10^{-15} \text{ eVs} \approx 6.6 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \approx 4 \cdot 10^{-15} \text{ eVs},$$

$$\mu_B = 5.788 \cdot 10^{-5} \frac{\text{eV}}{T} \approx 5.6 \cdot 10^{-5} \frac{\text{eV}}{T};$$

$$\mu_K = 3.152 \cdot 10^{-8} \frac{\text{eV}}{T} \approx 3 \cdot 10^{-8} \frac{\text{eV}}{T};$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}};$$

$$\text{Gravitationskonstante } G = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \approx 6 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2},$$

$$\text{Grundniveau des H-Atoms: } 13.6 \text{ eV}$$

$$\sqrt{16} = 4$$

$$1u \approx 1.7 \cdot 10^{-27} \text{ kg};$$

$$\text{Oberfläche einer Kugel (Kugelschale): } 4\pi r^2$$

$$\text{Kugelkoordinaten: } \Delta = \nabla^2 = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \phi^2}$$