

Viel Erfolg

Name _____ Matrikelnummer _____ (1P)

Prüfungsordnung: PO2008 (Note) PO2010 (Schein) (Zutreffendes bitte umkreisen)
Andere PO _____

1. (4P) Skizzieren Sie die Bragg-Reflexion! Geben Sie den Zusammenhang zwischen Braggwinkel und Abstand der Netzebenen (Formel) an.
2. (4P) NENNEN Sie je einen Versuch, mit dem zweifelsfrei der Wellen- bzw. Teilchencharakter von Licht nachgewiesen werden kann! Beschreiben Sie stichwortartig die Versuche (1-3 Zeilen).
3. (4P) Beschreiben Sie kurz den Einstein-de-Haas-Effekt; welche Größe wird hier bestimmt?
4. (2P) Was versteht man unter dem anomalen Zeemann Effekt?
5. (3P) Was versteht man unter Lamb-Shift? Nennen Sie die Größenordnung der Verschiebung (in eV und in MHz)?
6. (6P) Erklären Sie NMR inklusive einer Skizze des Aufbaus.
7. (5P) Röntgenstrahlung
 - (a) Wie entsteht Röntgenstrahlung? Ist Röntgenstrahlung kontinuierlich oder diskret?
 - (b) Wie wird Röntgenstrahlung absorbiert?
 - (c) Was versteht man unter Absorptionskanten?
8. (5P) Was ist der Unterschied zwischen Rayleigh Streuung und Raman Streuung? Was haben sie gemeinsam? Wo wird die Raman Streuung angewendet (Anwendungsbeispiel)?
9. (2P) Welche Potentialform hebt die l-Entartung auf?
10. (10P) Moleküle
 - (a) Wie kann man das Absinken der Energieniveaus in einem Molekülorbital qualitativ mit der Unschärferelation erklären?
 - (b) Was versteht man unter einem Heteronuklearen Molekül? Können die Atome des Moleküls hierbei unterschiedlich sein? Nennen Sie mögliche Bindungsarten (VIER).
 - (c) Was versteht man bei einem Wasserstoff-Molekülion unter einer geraden und einer ungeraden Wellenfunktion: Zeichnen Sie die beiden Wellenfunktionen Ψ . Welche ist bindend und warum (wo ist in diesem Fall die Elektronenaufenthaltswahrscheinlichkeit am größten)?
 - (d) Man stellt fest, dass das Kohlenstoffatom in der äußeren Elektronenschale zwei s- und zwei p-Elektronen besitzt. Dementsprechend müssten diese Orbitale bei den C-H-Bindungen im Methan (CH_4) zu unterschiedlichen Bindungen führen. Tatsächlich stellt man aber fest, dass die vier Bindungen gleichartig und nicht unterscheidbar sind. Erklären Sie das.

11. (16P) Das Wasserstoffatom:

Ergänzen Sie im Bild (Extrascite):

- Aufspaltungen (incl. Feinstruktur) incl. Nomenklatur (Bsp.: $3p_{3/2}$)!
- Übergangsauswahlregeln!
- Übergänge (zwischen $n=2$ und $n=3$)! Zeichnen Sie sie ein! Wieviele gibt es?
- Nennen Sie fünf (haupt-)inneratomare Wechselwirkungen (verantwortlich für Niveaus, Aufspaltung, Verschiebung). Geben Sie typische Größenordnungen für die relativen Niveaushiftungen an.

12. (4P) Zwei Elektronen bilden einen Gesamtdrehimpuls $S=1$ und einen Bahndrehimpuls $L=2$!

- Welche möglichen Werte hat der Gesamtdrehimpuls? (Skizze!)
- Welche Winkel bilden S und L für $J=2$? (Winkel: Zahl nicht verlangt; nur Formell!)

13. (4P) Welche Wellenlänge haben Elektronen, die mit einer Potentialdifferenz von $U=0.5V$ beschleunigt wurden? (Zahlenwert gefragt)

14. (12P) Hypothetisches Einelektron-Atom

Nehmen Sie ein hypothetisches rein kugelsymmetrisches Einelektron-Atom an. Der Übergang in diesem Atom von $n=4$ nach $n=1$ emittiert ein Photon der Energie 15.0 eV .

- Berechnen Sie die Energien $n=1$ bis $n=4$.
- Welche Wellenlänge λ hat das Photon beim Übergang von $n=4$ nach $n=1$?
- Überprüfen Sie die folgende Aussage: "Ein Elektron der Energie 15.3 eV ist gerade in der Lage das Atom zu ionisieren (Atom im Grundzustand)."
- 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)
- Wie groß sind die möglichen Werte von $E_{kin-Ende}$ bei einer Anfangsenergie von $E_{kin-Anfang} = 13\text{ eV}$ des freien Elektrons nach einem Stoß? (Atom im Grundzustand)

15. (18P) Die Radial-Eigenfunktionen des $1s$ -Zustandes des Wasserstoffatoms ist kugelsymmetrisch und hat die Form:

$$\Psi(r) = a \times e^{-\frac{r}{r_1}}$$

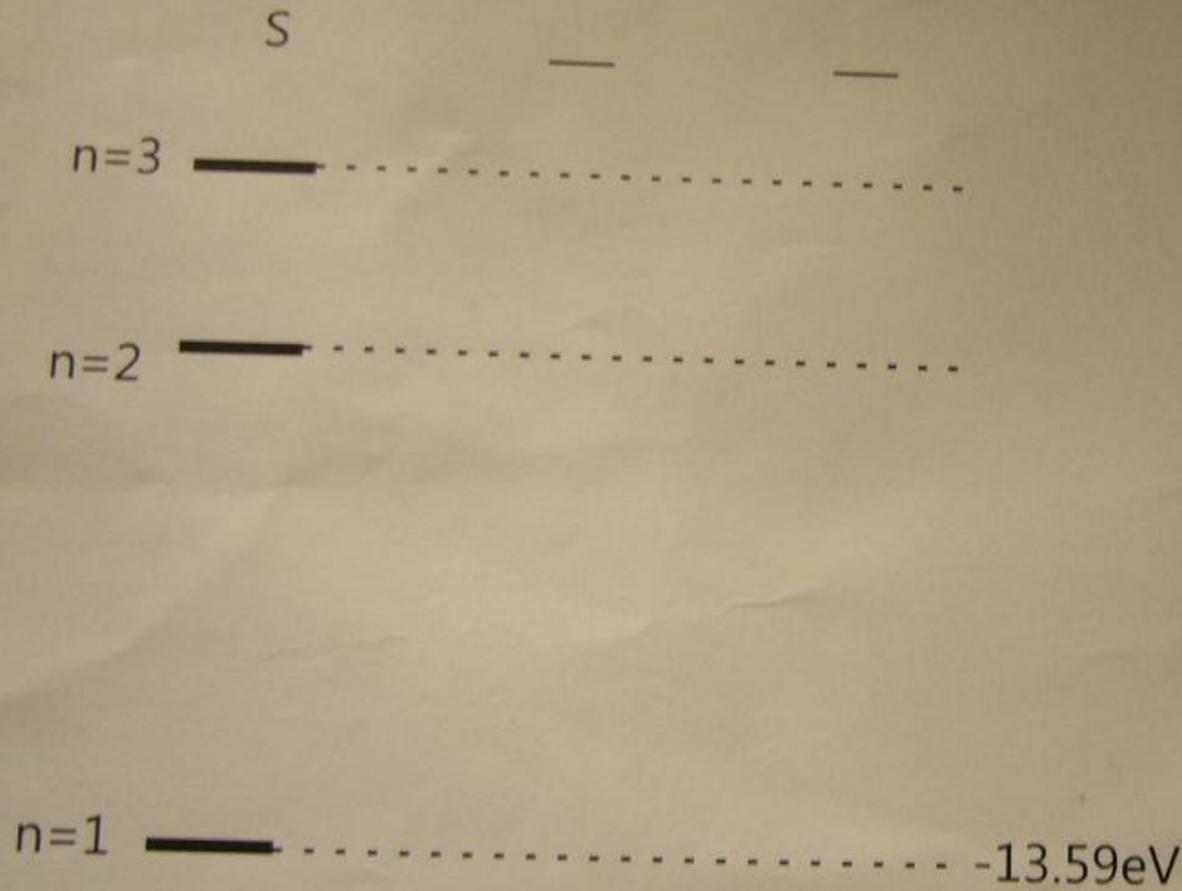
r_1 ist der erste Bohrsche Radius und a eine, durch die Normierung festzulegende Konstante.

- Leiten Sie eine Formel für die Energie dieses Zustandes aus der Schrödinger-Gleichung her.
- Bestimmen Sie die Aufenthaltswahrscheinlichkeit $W(r)$ des Elektrons im Abstand r vom Kern!
- In welchem Abstand ist die Aufenthaltswahrscheinlichkeit am größten?
- Zeichnen Sie die beiden Funktionen $\Psi(r)$ und $W(r)$!

Einige Größen und Formeln:

$h = 6.626 \times 10^{-34}\text{ Js} = 4.136 \times 10^{-15}\text{ eVs}$ (runden Sie 6.626 auf 6, bzw. 4.136 auf 4);
 $e = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $\mu_B = 5.5788 \times 10^{-5} \frac{\text{eV}}{\text{T}}$; $e = 1.6 \times 10^{-19}\text{ C}$; $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31}\text{ kg}$ (runden Sie 9.11 auf 10); $\sqrt{16} = 4$; $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $2\pi \approx 6$

Wasserstoffspektrum



Die inneratomaren Wechselwirkungen im H-Atom!

.....
.....
.....
.....
.....

Übergangsregeln:

$\Delta l = \dots$ $\Delta m_j = \dots$ $\Delta J = \dots$

Wieviele Übergänge gibt es hier?

.....

1 Bragg

Skizzieren Sie die Bragg-Reflexion. Wie lautet die Bragg-Bedingung?

2 Röntgen

- (a) Wie entsteht Röntgenstrahlung? Ist Röntgenstrahlung kontinuierlich oder diskret?
- (b) Wie wird Röntgenstrahlung absorbiert?
- (c) Was versteht man unter Absorptionskanten?

3 Elektronwellenlänge

Welche Wellenlänge haben Elektronen, die mit einer Potentialdifferenz von $U = 0.5 \text{ V}$ beschleunigt wurden? (Zahlenwert gefragt!)

4 Lamb-Shift

Was versteht man unter dem Lamb-Shift? Welche Größenordnung hat er (in eV und MHz)?

5 Einstein-De-Haas

Beschreiben Sie kurz den Einstein-de-Haas Versuch! (Skizze!) Welche Größe wird gemessen?

6 NMR

Beschreiben Sie kurz NMR!

7 Potential

Welche Potentialform hebt die l -Entartung auf?

8 LS-Kopplung

Zeichnen sie die möglichen Werte von J bei $L = 2$ und $S = 1$. Wie groß ist der Winkel zwischen L und S für $J = 2$? (keine Zahlen einsetzen, nur Formel)

9 Raman / Rayleigh

Was ist der Unterschied zwischen Raman- und Rayleigh-Streuung? Was sind ihre Gemeinsamkeiten? Wo kann Raman-Streuung (im Gegensatz zu anderen Streuungen) eingesetzt werden?

10 Zeeman

Was ist der anormale Zeemaneffekt?

11 Moleküle

- (a) Wie kann man quantenphysikalisch mithilfe der Heisenbergschen Unschärferelation erklären, warum die Energieniveaus bei einem Molekül herabgesenkt sind?
- (b) Was ist ein heteronukleares Molekül? Können die beiden ATome dabei unterschiedlich sein? Nennen Sie fünf Bindungsarten eines heteronuklearen Moleküls!
- (c) Bei einem Wasserstoffmolekül gibt es zwei Möglichkeiten der Linearkombination der beiden Einzelwellenfunktionen. Welche ist ungerade / gerade. Welche ist bindend? Warum? Wo ist die größte Aufenthaltswahrscheinlichkeit bei dieser Linearkombination?
- (d) Erklären sie, warum ein CH_4 -Molekül vier gleiche Bindungen ausbilden kann!

12 Welle-Teilchen-Dualismus

Nennen sie und beschreiben Sie kurz ein Experiment, mit dem zweifelsfrei der Wellen- bzw. Teilchencharakter von Licht nachgewiesen werden kann.

13 Wasserstofflinien

Zeichnen Sie in das Zusatzblatt die Aufspaltungen der Wasserstofflinien ein (mit Feinstruktur). Geben Sie die Auswahlregeln an. Zeichnen Sie die möglichen Anregungen zwischen $n = 2$ und $n = 3$ ein. Wie viele gibt es? Welche 5 Wechselwirkungen sind für die Energieverteilung verantwortlich? Was sind ihre typischen Größenordnungen?

14 Termschema eines hypothetischen Wasserstoffs

Bei einem Atom mit Wasserstoffpotential misst man 15 eV beim Übergang zwischen dem 4. und dem 1. Anregungszustand.

- (a) Berechnen Sie die Energien E_n für $n = 1..4$!
- (b) Welche Wellenlänge hat ein Photon, welches beim Übergang zwischen dem 4. und dem 1. Zustand emittiert wird?
- (c) Ein Elektron mit der kinetischen Energie von 6 eV stößt auf das Atom im Grundzustand. Welche mögliche Energie hat das Elektron nach dem Stoß?
- (d) Ein Elektron mit der kinetischen Energie von 12 eV stößt auf das Atom im Grundzustand. Welche mögliche Energie hat das Elektron nach dem Stoß?

15 Wellenfunktion des s-Orbitals

Die Wellenfunktion des 1-s-Zustandes im Wasserstoffatom ist gegeben durch

$$\psi(r) = ae^{-r/r_1}$$

mit einer aus der Normierbarkeit zu bestimmenden Konstante a und dem Bohrschen Radius r_1 .

- (a) Wie lautet die Schrödingergleichung für dieses Problem? Wie groß ist die Energie E in diesem Zustand?
- (b) Wie groß ist die Aufenthaltswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von r ?
- (c) Wo ist sie am größten?

(d) Zeichnen Sie die Wahrscheinlichkeit und die Wellenfunktion!