

(4P) Vorname [REDACTED] Nachname [REDACTED]..... Matrikelnummer [REDACTED] Note [REDACTED]

Verständnisfragen (46P) (hier sind nur kurze Erklärungen oder Stichwörter verlangt)

1. (20P) Das Wasserstoffatom: Ergänzen Sie im Bild (Extraseite):

- Unkorrigierte Energien für $n=2,3$ und die zugehörige Energieformel!
- Aufspaltungen (incl. Feinstruktur) incl. Nomenklatur (Bsp.: $3p_{3/2}$)!
- Welche Linien/Zustände entsprechen dem Bohr-Modell (B), welche der Sommerfeldschen-Erweiterung (S), wo kommt Dirac (D) ins Spiel? Bitte eindeutige Markierung der Niveaus im Bild mit den Buchstaben B , S und/oder D !
- Übergangsauswahlregeln!
- Übergänge (zwischen $n=2$ und $n=3$)! Zeichnen Sie sie ein! Wieviele gibt es?
- Welche *inneratomaren* Wechselwirkungen gibt es bei einem H-Atom? Geben Sie typische Größenordnungen für die relativen Niveaueverschiebungen an.

2. (2P) Definieren Sie den Begriff des Wirkungsquerschnitts und geben dessen Einheit an!

3. (2P) Nennen Sie 2 Versuche welche die Ladungsquantelung zeigen und NENNEN KURZ wie?

4. (2P) Nennen Sie je einen Versuch, mit dem zweifelsfrei der Wellen- bzw. Teilchencharakter von Licht nachgewiesen werden kann!

5. (2P) Was ist der Stark Effekt?

6. (4P) Welche Potentialform hebt die l -, welche die m -Entartung auf?

5. (2P) Was ist der Stark Effekt?

6. (4P) Welche Potentialform hebt die l -, welche die m -Entartung auf?

7. (5P) Rutherford

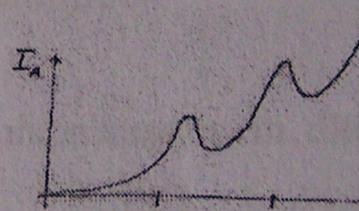
(a) Warum widerspricht der Rutherford'sche Streuversuch dem Thomsonschen Rosinenkuchenmodell (homogene Ladungsverteilung von n Elektronen der Ladung $+Z$ und n Teilchen der Ladung $-Z$)?

(b) Wie lautet die θ -Abhängigkeit des Rutherford'schen Wirkungsquerschnitt, welche Einheit besitzt er?

(c) Rutherford erkannte, dass bei sehr großen Streuwinkeln, also sehr kleinen Stoßparametern, Abweichungen zu seiner Formel auftraten. Was folgerte er daraus?

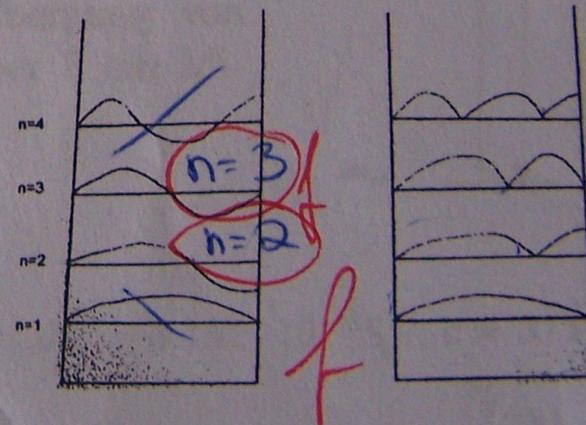
8. (3P) Franck-Hertz

Elektronen im HG-Gas. Was zeigt der x -Abstand der beiden Peaks im Bild? Was sagt die Y -Koordinate aus?



9. (4P) Unendlich tiefer Kasten

Stimmen alle Kurven? Wenn nicht, welche nicht (durchstreichen)? Ordnen Sie $n=1,2,3,4$ den übrigen Kurven zu. Welches Schaubild zeigt die Wellenfunktion der Schrödingergleichung, welches die Ortswahrscheinlichkeit (links/rechts)? (y-Achse nicht skalentreu)



10. (4P) Wie lauten die Energieabhängigkeiten $E \sim n$ in den Potentialen $V(X)=\text{const.}$ (Potentialtopf), $V \sim x^2$ und $V \sim 1/r$? Was ist die Ursache dieser Quantelungen?

Rechenaufgaben (50P)

1. (3P) Welche Wellenlänge haben Elektronen, die mit einer Potentialdifferenz von 30V beschleunigt wurden?
2. (2P) Welche Masse m besitzt ein Photon der Wellenlänge $\lambda = 700\text{nm}$?
3. (5P) Welche Geschwindigkeit müssen Elektronen mindestens haben, um ein Wasserstoffatom zu ionisieren?

4. (8P) Termschema, Lichtemission, Stöße bei einem hypothetischen Einelektronenatom (nicht Wasserstoff)

n	1	2	3	4	5	∞
$E_n(\text{eV})$	-15.6	-5.3	-3.1	-1.4	-0.8	0

- (a) Wie groß ist die Ionisierungsenergie des Atoms?
- (b) Welche Wellenlänge hat ein Photon, das beim Übergang von $n = 3$ nach $n = 1$ emittiert wird?
- (c) Welche kinetische Energie E_{kin} hat ein freies Elektron mit der Anfangsenergie von 6eV nach einem Stoß mit diesem Atom? (Atom im Grundzustand)?
- (d) Wie groß sind die möglichen Werte von E_{kin} bei einer Anfangsenergie von 12eV des freien Elektrons? (Atom im Grundzustand)?

5. (4P) Berechnen Sie den Erwartungswert des Impulses für die Wellenfunktion

$\Phi(x) = Ae^{\frac{ip_0x}{\hbar}}$ im Intervall $-a \leq x \leq a$ und $\Phi = 0$ im übrigen Bereich.

A sei eine zu bestimmende Konstante!

6. (4P) Atome haben Ausmaße der Größenordnung 1\AA . Berechnen Sie die zugehörige Impulsschärfe und zeigen Sie, dass dies im Einklang mit der Bindungsenergie von einigen eV

freien Elektrons? (Atom im Grundzustand)?

5. (4P) Berechnen Sie den Erwartungswert des Impulses für die Wellenfunktion

$\Phi(x) = Ae^{\frac{i p_0 x}{\hbar}}$ im Intervall $-a \leq x \leq a$ und $\Phi = 0$ im übrigen Bereich.

A sei eine zu bestimmende Konstante!

6. (4P) Atome haben Ausmaße der Größenordnung 1 \AA . Berechnen Sie die zugehörige Impulsschärfe und zeigen Sie, dass dies im Einklang mit der Bindungsenergie von einigen eV steht.

7. (4P) Wieviel Masse verliert die Sonne innerhalb einer Sekunde infolge der Lichtausstrahlung? Energieabstrahlung an der Oberfläche: $63\,000 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$; Sonnendurchmesser: $1\,400\,000 \text{ km} = 109 \text{ Erddurchmesser}$.

8. (20P) Zwei Elektronen bilden einen Gesamtspin $S=1$ und einen Bahndrehimpuls $L=2$!

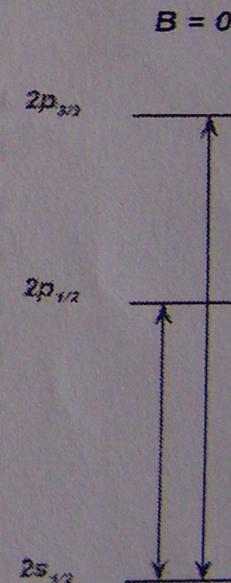
(a) Welche möglichen Werte hat der Gesamtdrehimpuls?

(b) Welchen Winkel bilden S und L für $J=2$?

(c) Zeichnen Sie die magnetisch induzierten Aufspaltungen in die rechte Skizze ein!

(Achtung: hier natürlich nicht mehr $S=1$ und $L=2$)

(d) 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?

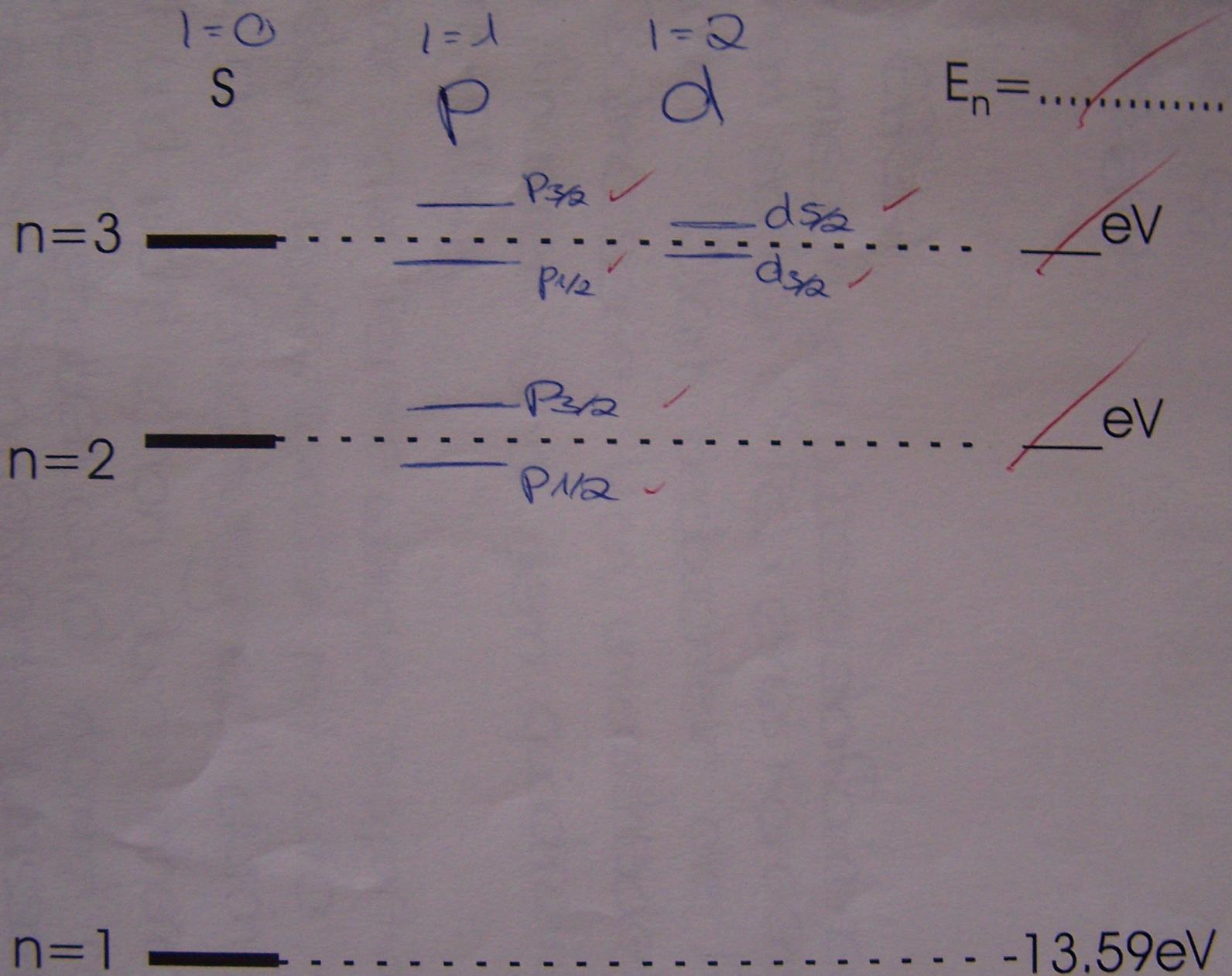


Einige Größen:

$$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 4.136 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}, \mu_B = 5.788 \cdot 10^{-5} \frac{\text{eV}}{\text{T}}; \mu_K = 3.152 \cdot 10^{-8} \frac{\text{eV}}{\text{T}}; c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}};$$

Grundniveau des H-Atoms: 13.6 eV

Wasserstoffspektrum (zu Aufgabe 1)



Bohr:

Sommerfeld:

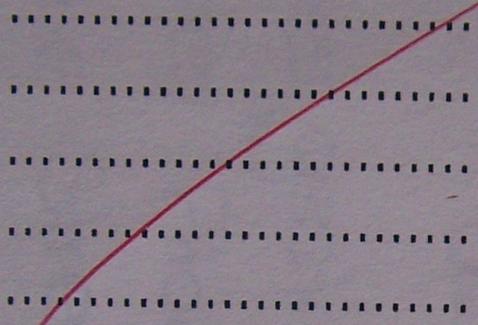
Abbildung 1: Zu ergänzendes Spektrum des Was

Aufgabe 1)

$$E_n = \dots\dots\dots$$

$$-13.59 \text{ eV}$$

Die inneratomaren Wechselwirkungen im H-Atom!



$$-13.59 \text{ eV}$$

Übergangsregeln:

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

Wieviele Übergänge gibt es hier?

$$-13.59 \text{ eV}$$



Dirac: