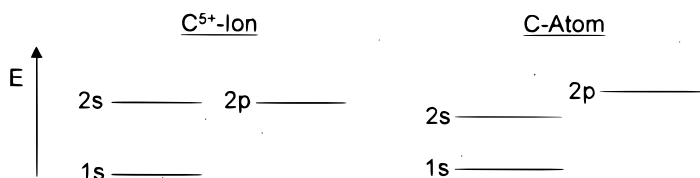


- d) Bestimmen Sie zunächst die mittlere Geschwindigkeit der ^{87}Rb -Gasatome bei $T = 300\text{ K}$. Berechnen Sie die Zahl der Absorptionsprozesse, die im Idealfall mindestens benötigt werden, um ein einzelnes Atom mit $v = 280\text{ m/s}$ vollständig abzubremsen. Nehmen Sie vereinfachend an, dass die Absorption immer resonant stattfindet. Erläutern Sie qualitativ, warum man real keine vollständige Abbremsung erreichen würde. (5 Punkte)
- e) Zur Laserkühlung werden 6, jeweils in den 3 Raumrichtungen paarweise entgegengesetzt gerichtete Laserstrahlen verwendet. Begründen Sie, wie die Laserwellenlänge bei der reinen Laserkühlung gegenüber der resonanten Absorption eines ruhenden Atoms verstimmt werden muss, damit ein Kühleffekt erreicht wird. (3 Punkte)

Aufgabe 2: Kohlenstoff-Atom

Die Einzelelektronenkonfiguration für den Grundzustand des Kohlenstoff-Atoms (C-Atoms) ist $(1s)^2 (2s)^2 (2p)^2$.



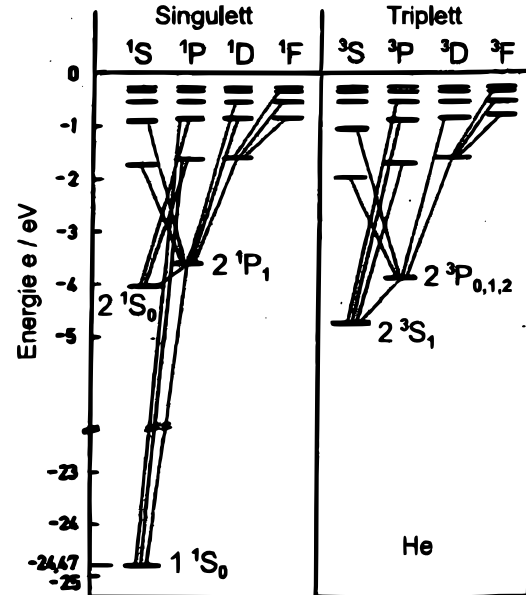
- a) Die Skizze oben zeigt qualitativ (nicht maßstäblich!) die Energieschemata des C^{5+} -Ions und des C-Atoms bis zur Hauptquantenzahl $n=2$, wie sie sich in Zentralfeldnäherung ohne relativistische Korrekturen ergeben. Begründen Sie qualitativ, warum beim C-Atom im Vergleich mit dem C^{5+} -Ion die Entartung zwischen 2s und 2p aufgehoben ist und man deshalb nur die Elektronen in der 2p-Schale als Valenzelektronen behandeln muss. (3 Punkte)
- b) Übernehmen Sie die Skizze und zeichnen Sie für den Grundzustand die Besetzung der Niveaus, inklusive der Spinausrichtung, ein. (2 Punkte)
- c) Begründen Sie, warum man zur Bestimmung der Energierme der Valenzelektronen im C-Atom die L-S-Kopplung (Russel-Saunders-Kopplung) und nicht die j-j-Kopplung verwendet. Geben Sie den Kopplungsmechanismus für die Bestimmung der Energierme im He-Atom und im Hg-Atom an und begründen Sie jeweils kurz Ihre Wahl. (3 Punkte)
- d) In einem möglichen angeregten Zustand des C-Atoms befindet sich ein Valenzelektron in der 3s-Schale. Geben Sie die Einzelelektronenkonfiguration der Valenzelektronen für diesen Fall an. Zeigen Sie, dass sich in diesem Fall für die Valenzelektronen bei L-S-Kopplung die vier Energierme $^1\text{P}_1$, $^3\text{P}_2$, $^3\text{P}_1$ und $^3\text{P}_0$ ergeben. Erläutern Sie die Bedeutung des Buchstabens P und der beiden Zahlen links und rechts des Buchstabens bei den Energiermen. (7 Punkte)

Fortsetzung nächste Seite!

- e) Der energetisch höchste Zustand ist hierbei der 1P_1 -Zustand. Begründen Sie qualitativ, warum dies plausibel ist. (3 Punkte)
- f) Der Grundzustand des C-Atoms mit der Valenzelektronenkonfiguration $(2p)^2$ ist ein 3P_0 -Term. Geben Sie an, zu welchen der vier Energieterme aus d) Übergänge im Rahmen der elektrischen Dipolnäherung möglich sind und begründen Sie dies. (2 Punkte)

Aufgabe 2: He-Atom**(20 Punkte)**

Die Abbildung zeigt das Energietermschema der Einelektronen-Anregungen des He-Atoms.



- a) Geben Sie für die Singulettzustände 1^1S_0 und 2^1P_1 , sowie für den Triplettzustand 2^3S_1 den Gesamtspin S und den Gesamtdrehimpuls J an, sowie auch die Quantenzahlwerte für jedes der beiden Elektronen (Hauptquantenzahl n , Bahndrehimpuls l , Spin s_z). (3P)
- b) Bestimmen Sie mithilfe der energetischen Lage des 1^1S_0 -Grundzustands in der Abbildung die Energie in eV, die zur zweifachen Ionisierung des He-Atoms erforderlich ist. Berücksichtigen Sie hierzu die geänderte Elektronenkonfiguration des einfach ionisierten He-Ions. (4P)
- c) Geben Sie den jeweiligen Symmetriecharakter (symmetrisch oder antisymmetrisch) der Spin- und Ortswellenfunktionen der Zustände 2^1S_0 und 2^3S_1 an. Geben Sie einen Grund für die Energiedifferenz zwischen diesen Zuständen an. (3P)
- d) In der Abbildung ist bei den Energieniveaus die Feinstruktur nicht berücksichtigt. Geben Sie mit Begründung an, ob diese für die Singulett- und/oder für die Triplettzustände auftritt. (2P)
- e) Geben Sie die Bedeutung der eingezeichneten Verbindungslinien zwischen unterschiedlichen Niveaus an und begründen Sie die Systematik der Paare von Zuständen, die jeweils durch eine solche Linie verbunden sind. (2P)
- f) Begründen Sie, warum es keine solche Verbindungslinien zwischen den Singulett- und den Triplettzuständen gibt. Für schwerere Elemente sind solche Verbindungen vorhanden. Geben Sie die physikalische Ursache hierfür an. (2P)
- g) Betrachten Sie in einem Gedankenexperiment ein fiktives He_2 -Molekül aus einem He-Atom A und einem He-Atom B. Benennen Sie die besetzten elektronischen molekularen Orbitale des Grundzustands und geben Sie in einem einfachen Modell an, wie diese sich aus den einzelnen atomaren Orbitalen der Atome A und B zusammensetzen. Skizzieren Sie die Energiepositionen dieser molekularen Orbitale im Bezug zu den Energien der atomaren Orbitale und machen Sie hiermit plausibel, warum keine stabilen He_2 -Moleküle existieren. (4P)