4. Skizzieren Sie das Termschema von Kalium (Z=19) und geben Sie jeweils die vollständige spektroskopische Bezeichnung eines Niveaus an (jeweils tiefstliegendste Zustände und eine radiale Anregung). Durch welche Quantenzahlen ist ein Zustand vollständig charakterisiert?Wie gross ist der Entartungsgrad eines Zustands?

Antwort :
Lässt man die Hyperfeinstruktur ausser Acht, dann ist ein vollständiger Satz von Quantenzahlen gegeben durch:
n, l, j, j_z dabei steht l für die Parität des Zustandes $\pi = (-1)^l$; der Entartungsgrad ist (2j+1)

5. Die Atommasse von Kalium ist 39.1. Zeigt Kalium eine Aufspaltung des Grundzustands? Alle Kaliumatome? Vergleichen Sie die Grösse der Aufspaltung des Grundzustands mit der des K-Dubletts. Schreiben Sie hierzu die Wechselwirkungsterme im Hamiltonoperator auf, die hierfür massgebend sind.

Antwort:
Stabile Isotope sind ^{39}K (93%) *und* ^{41}K (7%). Beide haben ein ungepaartes Proton und damit einen halbzahligen Kernspin.Damit auch ein magnetisches Moment $\mu_K = g_J(eh/2\pi)/(2m_p) * J_K$, das mit dem magnetischen Moment des 4s Elektrons $\mu_e = (eh/2\pi)/(2m_e) * 1/2$ koppelt. Die potentielle Energie ist $U_{HFS} = -(\mu_K * \mu_e)/r^3$. Das K-Dublett entspricht dem Übergang 4p $\rightarrow$ 4s. Dabei ist der 4p Zustand aufgespalten durch die Feinstrukturkopplung. Sie ist verursacht durch die magn. Wechselwirkung zwischen dem Bahnmoment ($\sim 1/m_e$) und dem Elektronenspin. Die Feinstrukturaufspaltung ist damit um etwa einen Faktor $m_p/m_e \approx 2000$ grösser.

1. Wie gross sind die Energien der Lyman-Serie? Welche Art von Strahlung? Skizzieren Sie ein Experiment zur Messung der Wellenlängen dieser Serie?

Antwort:
Die Serie entspricht den Übergängen in den H-Grundzustand.

$$\lambda_m = -13.6eV * (1 - 1/m^2), m = 2, 3, 4, ..$$

Es handelt sich um UV-Strahlung. Spektroskopie durch Reflektionsgitter und szintillierende Schirme. Strahlengang im Vakuum.

2. Wie sieht das effektive Potential für die Radialbewegung des Elektrons im H-Atom aus für n=3 und l=0,1,2 . Skizzieren Sie diese Potentiale nebeneinander und zeichnen Sie jeweils die Energien der Grundzustände und deren Wellenfunktionen ein.

Antwort:
das effektive Potential ist die Summe aus Coulombpotential und Zentrifugalpotential:

$$U_{eff}(r) = -e^2/r + l(l+1)h^2/(2\pi)^2/(2m_e r^2)$$

Die Energien für l=1,2 sind identisch zu den Zuständen mit l=0 und n=2 bzw. 3. Die Wellenfunktionen haben einen Knoten bei r=0 im Gegensatz zu l=0.

3. Skizzieren Sie die radiale Aufenthaltswahrscheinlichkeit für einen 3p Zustand und die Aufenthaltswahrscheinlichkeit im Winkelraum für $m_z = 1, m_x = 1, m_y = 1$. (Schwefel hat zwei ungepaarte 3p Elektronen. Welche Struktur erwarten Sie für das H_2S Molekül? Was bedeuten die Bindungstriche der Chemiker in diesem Fall?)

Antwort:
Ein 3p Zustand hat einen Knoten in der radialen Wellenfunktion: $n_r = n - l$. Die Elektronenorbitale sind Keulen entlang der Achsen gegeben durch eine Aufenthaltswahrscheinlichkeit $\sim cos^2\Theta$ für $m_z = 1$. Die anderen Orbitale sehen genau so aus.Es sind dies die $p_x und p_y$ Orbitale, die aus Linearkombinationen der Kugelwellenfunktionen entstehen: $p_x = N(Y_1^1 - Y_1^{-1})$. Zwei ungepaarte p-Elektronen die maximalen Bindungsüberlapp brauchen stehen senkrecht aufeinander. Es ergibt sich also ein polares Molekül mit einem Winkel $> 90^o$. Es ist zu vermuten, dass der Überlapp durch sp - Hybridisierung erhöht wird.

6. Skizzieren Sie den Massenabsorptionskoeffizienten μ für Röntgenstrahlung als Funktion von E_γ. Welche Prozesse gibt es? Wie hängt μ von Z, E_γ. Woher kommen die Absorptionskanten?

Antwort:
Es gibt Photoeffekt, Comptoneffekt und Paarbildung (für $E_\gamma > 2m_e$). Der Photoeffekt fällt proportional E_γ^{-5} ab und ist proportional zu $\sim Z^{-3.5}$. Die Absortionskanten entsprechen der Ionisation von Elektronen einer Schale. E_{Kante} = Bindungsenergie des Elektrons

7. Wie messen Sie die Energie von Röntgenquanten? Geben Sie mindestens 2 Detektoren an und skizzieren Sie ihr Prinzip.

Antwort:
a) voll absorbierende Detektoren: Hier wird der Photoeffekt ausgenutzt, bei dem die Gesamtenergie in Jonisation umgesetzt werden kann. Detektoren mit hohem Z sind bevorzugt. Beispiele: Zählrohr mit Xenon, Germanium-Zähler, Szintillationskristall z.B. NaJ oder BGO.
Bei hoher Flussdichte der Gammas kann auch ein Braggspektrometer verwendet werden +Zhlrohr.

9. Erklären Sie den Paramagnetismus der seltenen Erden. Wie viele gibt es? Für welche Elemente erwarten Sie noch Paramagnetismus?

Antwort:
Bei den seltenen Erden wird die 4f-Schale aufgefüllt (l=3). In diese Schale können 2*(2l+1)=14 Elektronen eingefüllt werden. Nach der Hundschen Regel werden sie möglichst einzeln ungepaart eingebaut – es gibt also permanete magnetische Momente der ungepaarten Elektronen und damit Paramagnetismus. Dasselbe gilt für die meisten Nebengruppenelemente (ungepaarte Elektronen in d-Schalen)

8. Was zeichnet Hauptgruppenelemente aus? In Bezug auf die Elektronenkonfiguration, Chemisches Verhalten, Wertigkeit? Wie ändert sich das Volumen von Alkali zu Edelgas?

Antwort:
Hauptgruppenelemente haben s und p-Elektronen als Valenzelektronen. Diese haben eine hohe Aufenthaltswahrscheinlichkeit bei grossen Radien, erlauben also grossen Überlapp bei kovalenten Bindungen, Bei Alkali lässt sich das Valenzelektron leicht ionisieren so dass ionische Bindungen dominieren. Das Atomvolumen nimmt innergalb einer Reihe vom Alkali zum Edelgas stark ab.