

Aufgabe 13.1:

- Geben Sie für das K-Atom und die Ionen K^+ und K^{2+} die jeweilige Elektronenkonfiguration an!
- Geben Sie die zugehörigen Termsymbole des Grundzustandes an!
- Wie groß sind die Betragsquantenzahlen J der Atomhülle?
- Wie groß sind die zugehörigen Beträge des magnetischen Moments?

Aufgabe 13.2:

Zur Absorption der $K_{\beta,Cu}$ -Linie der Wellenlänge $\lambda_{K_{\beta,Cu}} = 139,2$ pm einer Kupferanode verwendet man Nickel, so dass dann praktisch eine monochromatische Röntgenstrahlung, die $K_{\alpha,Cu}$ -Linie des Kupfers auftritt.

- Berechnen Sie die Wellenlänge der $K_{\alpha,Cu}$ -Linie!
- Skizzieren Sie in einem $I(\lambda)$ -Diagramm (I ist die Intensität der Strahlung) die entsprechenden K -Linien und zeichnen Sie in dieses Diagramm qualitativ die Absorptionskonstante $\mu_{Abs}(\lambda)$ für Ni (mit einer zweiten Ordinate μ parallel zu I) mit der zugehörigen Absorptionskante ein! Begründen Sie mit dieser Skizze, dass durch das Ni-Filter die K_{α} -Linie von Cu nur wenig und die K_{β} -Linie wesentlich geschwächt wird!

Aufgabe 13.3: Linienbreiten

Ein angeregtes Atom im Energiezustand W_2 , das sich mit der Geschwindigkeit \vec{V} bewegt, emittiert beim Übergang in einen energetisch tieferen Zustand W_1 ein Photon in die Richtung \vec{k}/k mit $k = 2\pi/\lambda$. Ein ruhender Beobachter „sieht“ dann ein Photon der Kreisfrequenz $\omega = \omega_0 + \vec{k} \cdot \vec{V}$ (Doppler - Effekt).

- In welcher Richtung von \vec{k} (relativ zu \vec{V}) nimmt ω den größten bzw. kleinsten Wert an?
- Die Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilung liefert für den Betrag der wahrscheinlichsten Geschwindigkeit v_w bei gegebener Temperatur T und Atommasse m_{At} : $v_w = (2k_B T / m_{At})^{1/2}$. Wie groß ist v_w für ein Ne-Atom und $T = 500$ K?
- Der betrachtete Übergang $W_2 - W_1 = h\omega_0/2\pi = h\nu_0$ habe die natürliche Linienbreite $\Delta\nu \approx 20$ MHz. Auf welchen Wert erhöht sich die Linienbreite durch den Dopplereffekt, wenn sie diese abschätzen durch die Annahme, dass in jeder beliebigen Richtung alle Geschwindigkeiten zwischen den Grenzen $v = \pm v_w$ vorkommen?

Aufgabe 13.4: Doppler-Verbreiterung

Eine Doppler-verbreitete Spektrallinie hat das Profil

$$I(\nu) = I_0 \cdot \exp\left[-\left(\frac{c \cdot (\nu - \nu_0)}{v_w \cdot \nu_0}\right)^2\right] \quad \text{mit } v_w = (2k_B T / m_{At})^{1/2} \quad c \text{ ist die Lichtgeschwindigkeit.}$$

- Skizzieren Sie $I(\nu)$!
- Bei welcher Frequenz ν_{max} liegt das Maximum von $I(\nu)$, wie groß ist $I(\nu_{max})$?
- Bei welchen Frequenzen ν_+ und ν_- ist $I(\nu)$ auf den halben Maximalwert abgefallen?
- Berechnen Sie daraus die Halbwertsbreite $\Delta\nu = \nu_+ - \nu_-$ der Spektrallinie!
- Wie groß ist $\Delta\nu$ nach dieser Formel für das Beispiel aus Aufgabe 14.1?

Aufgabe 13.5: Laserverstärkung

Ein Laser habe einen Resonator, der aus einem Spiegel und einem teildurchlässigen Spiegel

(Durchlässigkeit 1%) besteht. Der Abstand der Spiegel beträgt $d = 1$ m. Bei einem vollen Umlauf der Photonen habe die Anordnung in der Resonatormode $\nu = 2 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$ eine als konstant angenommene Nettoverstärkung von 6%. Die Laseroszillation startet zur Zeit $t = 0$ mit einem Photon in dieser Mode, andere Moden werden nicht angeregt.

Wie lange dauert es, bis die ausgetretene Strahlungsintensität einen Wert von 10 mW erreicht hat?

Aufgabe 13.6: Mehrphotonen-Prozesse

Begründen Sie, dass in einem Photonenstrahl die Energieflussdichte (Energie pro Fläche und pro Zeit) gegeben ist durch den Ausdruck $j_e = n h \nu c$. Dabei ist n die räumliche Photonendichte $n = N/V$, $h\nu$ die Photonenenergie und c die Lichtgeschwindigkeit. In Laserstrahlung hoher Intensität kann n so groß werden, dass bei einem Wechselwirkungsprozess mehrere Photonen zugleich ihre Energie übertragen können (Mehrphotonenprozesse).

a) Schätzen Sie für eine Strahlung mit $\lambda = 692,9$ nm (Rubinlaser) ab, wie viele Photonen erforderlich sind, um ein Elektron aus einer Platinkathode ($W_A = 6,3$ eV) abzulösen.

b) Welche Gegenspannung wäre dann erforderlich, um diese Elektronen in einem elektrischen Gegenfeld vollständig abzubremesen?

c) Schätzen Sie den Mindestwert von j_e ab, wenn diese Mehrphotonenprozesse nur dann stattfinden, wenn sich in einem „Reaktionsvolumen“ der Größe $V = (\lambda/2\pi)^3$ mindestens diese Anzahl von Photonen befindet?