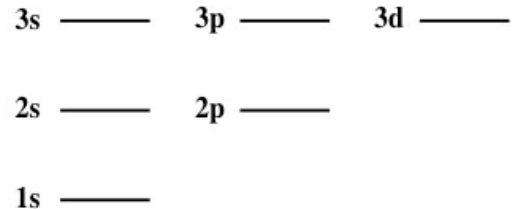


**Institut f. Angewandte Physik**  
**UE Grundlagen der Physik III WS 2013/14**

## 10. Übung am 9. 1. 2014

**39) Wasserstoffatom:**

Gegeben ist folgendes vereinfachtes Termschema des H-Atoms:



a) Berechnen Sie die Lebensdauern der eingezeichneten Niveaus unter Verwendung der beigefügten Tabelle.

b) Berechnen Sie die natürlichen Linienbreiten der Übergänge  $2p \rightarrow 1s$ ,  $3s \rightarrow 2p$  und  $3d \rightarrow 2p$ .

**(2 Pkte)**

**H – Table B.  $(nl)_i - (nl)_k$  Transitions**

Transition	$\lambda(\text{\AA})$	$E_i(\text{cm}^{-1})$	$E_k(\text{cm}^{-1})$	$g_i$	$g_k$	$A_{ki}(\text{sec}^{-1})$	$f_{ik}$
$1s - 2p$	1215.67	0	82259	2	6	$6.265 \times 10^8$	0.4162
$1s - 3p$	1025.72	0	97492	2	6	$1.672 \times 10^8$	$7.910 \times 10^{-2}$
$1s - 4p$	972.537	0	102824	2	6	$6.818 \times 10^7$	$2.899 \times 10^{-2}$
$1s - 5p$	949.743	0	105292	2	6	$3.437 \times 10^7$	$1.394 \times 10^{-2}$
$1s - 6p$	937.804	0	106632	2	6	$1.973 \times 10^7$	$7.800 \times 10^{-3}$
$2p - 3s$	6562.86	82259	97492	6	2	$6.313 \times 10^6$	$1.359 \times 10^{-2}$
$2p - 4s$	4861.35	82259	102824	6	2	$2.578 \times 10^6$	$3.045 \times 10^{-3}$
$2p - 5s$	4340.48	82259	105292	6	2	$1.289 \times 10^6$	$1.213 \times 10^{-3}$
$2p - 6s$	4101.75	82259	106632	6	2	$7.350 \times 10^5$	$6.180 \times 10^{-4}$
$2s - 3p$	6562.74	82259	97492	2	6	$2.245 \times 10^7$	0.4349
$2s - 4p$	4861.29	82259	102824	2	6	$9.668 \times 10^6$	0.1028
$2s - 5p$	4340.44	82259	105292	2	6	$4.948 \times 10^6$	$4.193 \times 10^{-2}$
$2s - 6p$	4101.71	82259	106632	2	6	$2.858 \times 10^6$	$2.163 \times 10^{-2}$
$2p - 3d$	6562.81	82259	97492	6	10	$6.465 \times 10^7$	0.6958
$2p - 4d$	4861.33	82259	102824	6	10	$2.062 \times 10^7$	0.1218
$2p - 5d$	4340.47	82259	105292	6	10	$9.425 \times 10^6$	$4.437 \times 10^{-2}$
$2p - 6d$	4101.74	82259	106632	6	10	$5.145 \times 10^6$	$2.163 \times 10^{-2}$

**40) Wasserstoffatom: Normaler Zeeman-Effekt**

In einem äußeren Magnetfeld werden atomaren Energieniveaus durch den Zeeman-Effekt verschoben.

a) Optische Dipol-Übergänge zwischen den Energieniveaus sind nur dann erlaubt, wenn die Auswahlregeln  $\Delta \ell = \pm 1$  und  $\Delta m_\ell = 0, \pm 1$  erfüllt sind. Wie lauten die möglichen Übergänge

zwischen der  $n = 2$  und der  $n = 1$  Schale des Wasserstoffatoms?

b) Was wird bei einer spektroskopischen Messung dieser Übergänge beobachtet, wenn die Stärke des Magnetfeldes erhöht wird? Illustrieren Sie ihr Ergebnis.

c) Berechnen Sie die Zeeman-Aufspaltung (Einfluss auf Wellenlänge) der Spektrallinien in einem Magnetfeld von

i.  $B = 10 \text{ T}$ .

ii.  $B = 10^{-4} \text{ T}$  (dem Erdmagnetfeld).

**(2 Pkte)**

**41) Wasserstoffatom: Spin-Bahn-Kopplung, Feinstruktur**

Im Bohrschen Atommodell hatten wir ein sehr einfaches Termschema der Energieniveaus, da die Energien nur von der Hauptquantenzahl  $n$  abhingen. Unter Verwendung der Quantentheorie spalten die Energieniveaus auf und zeigen eine Feinstruktur.

a) Stellen Sie eine Tabelle der möglichen Zustände für  $n=1, 2$  und  $3$  auf.

b) Berechnen sie die Verschiebung der Energieniveaus für  $n=1, 2$  und  $3$  und zeichnen sie sie schematisch in ein Termschema ein (vergleich mit  $E_n$  ohne Korrekturterme). Welche Zustände sind noch immer entartet?

c) Wie viele erlaubte elektrische Dipolübergänge gibt es für die Balmer-Alpha-Linie?

**(3 Pkte)**

**42) Wasserstoff: Isotopeneffekt**

Vergleichen sie den Effekt unterschiedlicher Isotope des Wasserstoffs (H,D,T) auf die Energieniveaus mit der vorher berechneten Feinstruktur. Wie groß sind die Verschiebungen der Energieniveaus im Vergleich zu Wasserstoff (H) bei Deuterium (D) und Tritium (T) für  $n=1, 2$  und  $3$  ohne Berücksichtigung der Feinstruktur.

**(1 Pkt)**

**43) Wasserstoffatom:**

Der  $3p \rightarrow 2s$  – Übergang der  $H_\alpha$  -Linie der im sichtbaren Spektralbereich liegenden Balmer-Serie des Wasserstoffatoms hat eine Frequenz  $\nu = 4,57 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  und eine natürliche Linienbreite von  $\Delta\nu = 3 \cdot 10^7 \text{ Hz}$ .

a) Welche Energie wird bei der Emission des Photons infolge des Rückstoßimpulses auf das Wasserstoffatom übertragen, und wie groß ist die damit verbundene Rückstoßverschiebung (der Frequenz) der  $H_\alpha$ -Linie ?

b) Berechnen Sie die Dopplerbreite dieser Linie bei Raumtemperatur ( $T = 298 \text{ K}$ ).

c) Welchen Einfluss hätte die Feinstruktur aller Übergänge von  $n = 3$  auf  $n = 2$ ? Qualitative Diskussion!

d) Was schließen Sie daraus ?

**(2 Pkte)**