Experimentalphysik B (Atomphysik)

Testklausur, 23. Juni 2015

Name: Vorname: Immatr.-Nr:

1.) Experimentelle Hinweise auf den Charakter elektromagnetischer Strahlung und deren theoretische Begründung waren bedeutsam für die Entwicklung der Quantenphysik.

a) Wie lauten die formelmäßigen Zusammenhänge zwischen der Energie des Photons und der Frequenz der Welle und zwischen dem Impuls des Photons und der Wellenlänge, die den Welle-Teilchen-Dualismus direkt zum Ausdruck bringen?
Nennen Sie jeweils ein Beispiel für physikalische Effekte oder Experimente, die vorzugsweise durch das Wellenmodell bzw. in geeigneter Weise durch das Teilchenmodell beschrieben werden können. 3 P

b) Welche Temperatur hat eine schwarze Kugel mit einem Durchmesser von 10 cm, die insgesamt 100 W an die Umgebung abstrahlt? 2 P

c) Wie groß wäre der dadurch verursachte jährliche Masseverlust der Kugel, wenn die Kugel in diesem Zeitraum ohne Energiezufuhr ihre Temperatur halten würde? 2 P

d) Bei Veränderung der Temperatur der Kugel verschiebt sich auch das Maximum der Strahlungsleistung. Bei welchen Temperaturen fällt dieses Maximum mit den Grenzen des Bereiches des sichtbaren Lichts (380 nm bis 780 nm) zusammen? 2 P

2.) In einem Elektronenmikroskop werden die Elektronen zur Erzeugung des Elektronenstrahls durch eine Beschleunigungsspannung von U = 200 kV beschleunigt.

a) Bestimmen Sie unter Berücksichtigung <u>nichtrelativistischer</u> Zusammenhänge die zugehörige Elektronenwellenlänge λ und die Elektronengeschwindigkeit v. Vergleichen Sie die Elektronengeschwindigkeit v mit der Lichtgeschwindigkeit c (Angabe in %) und begründen Sie davon ausgehend die Aufgabestellung b). 4 P

b) Bestimmen Sie unter Berücksichtigung <u>relativistischer</u> Zusammenhänge die zugehörige Elektronenwellenlänge λ und die Elektronengeschwindigkeit v. Vergleichen Sie die Elektronengeschwindigkeit v mit der Lichtgeschwindigkeit c (Angabe in %). 6 P

3.) Mit dem Bohr'schen Atommodell konnten einige experimentelle Befunde verständlich erklärt werden.

a) Nennen Sie die Postulate, die Bohr für die Bewegung der Elektronen im Atom annehmen musste. 3 P

b) Welche Energie hat das Elektron des H-Atoms im Grundzustand? 2 P

c) Einem H-Atom wird vom Grundzustand aus die Energie 12,09 eV zugeführt? Wie ändert sich dadurch die Hauptquantenzahl n des Elektrons? 2 P

d) Um welchen Faktor wächst der Radius der Bohr'schen Bahn, wenn dem H-Atom vom Grundzustand aus die Energie 12,09 eV zugeführt wird? 2 P

4.) Spin-Bahn-Kopplung am Beispiel des Cäsiumatoms (Z = 55)

a) Wir betrachten die beiden Feinstrukturniveaus 6 $P_{1/2}$ und 6 $P_{3/2}$ und das tiefer liegende Niveau 6 S. Was bedeuten die Symbole bei den Niveaus und welche Quantenzahlen kann man daran ablesen? 3 P

b) Nun werden Übergänge aus dem tiefer liegenden Niveau 6 S in diese beiden Feinstrukturniveaus betrachtet. 1 P
Dies entspricht zwei benachbarten Linien der 1. Hauptserie mit Wellenlängen von λ_1= 894,3 nm und λ_2= 852,1 nm.
Warum sind diese Übergänge für optische Anregung erlaubt?

c) Wie groß ist die Energiedifferenz zwischen den beiden Zuständen 6 $P_{1/2}$ und 6 $P_{3/2}$? 2 P

d) Berechnen Sie unter Berücksichtigung der Ionisationsenergie von 3,89 eV für das 6 S-Niveau die Energien der beiden Zustände 6 $P_{1/2}$ und 6 $P_{3/2}$. 2 P

e) Die Energie der Spin-Bahn-Kopplung $V_{l,s}$ wird berechnet zu

$$V_{l,s} = \frac{a}{2}[j(j+1) - l(l+1) - s(s+1)]$$ 4 P

Wie groß ist $V_{l,s}$ in den beiden Feinstrukturniveaus und wie groß ist die Spin-Bahn-Kopplungskonstante a für Cäsium?

Σ 40 P

40P-38P=1,0; 37P-36P=1,3; 35P-34P=1,7; 33P-32P=2,0; 31P-30P=2,3; 29P-28P=2,7; 27P-26P=3,0; 25P-24P=3,3; 23P-22P=3,7; 21P-20P=4,0; <20P=5,0 (nicht bestanden)

Naturkonstanten

Vakuum-Lichtgeschwindigkeit	$c = 2{,}9979 \cdot 10^{8}\ m \cdot s^{-1}$
Boltzmann-Konstante	$k = 1{,}38065 \cdot 10^{-23}\ J \cdot K^{-1}$
Elementarladung	$e = 1{,}6022 \cdot 10^{-19}\ A \cdot s$
Ruhemasse des Elektrons	$m_e = 9{,}1094 \cdot 10^{-31}\ kg$
Ruhemasse des Protons	$m_p = 1{,}6726 \cdot 10^{-27}\ kg$
Planck'sches Wirkungsquantum	$h = 6{,}6261 \cdot 10^{-34}\ J \cdot s$
Elektrische Feldkonstante	$\varepsilon_0 = 8{,}8542 \cdot 10^{-12}\ A \cdot s \cdot V^{-1} \cdot m^{-1}$
Magnetische Feldkonstante	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ V \cdot s \cdot A^{-1} \cdot m^{-1} = 1{,}2566 \cdot 10^{-6}\ V \cdot s \cdot A^{-1} \cdot m^{-1}$
Avogadro-Konstante	$N_A = 6{,}0221 \cdot 10^{23}\ mol^{-1}$
Universelle Gaskonstante	$R = 8{,}3145\ J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$
Rydberg-Konstante	$R_\infty = 1{,}0974 \cdot 10^{7}\ m^{-1}$
Rydberg-Frequenz	$R_y = 3{,}2898 \cdot 10^{15}\ Hz$
Stefan-Boltzmann-Konstante	$\sigma = 5{,}6704 \cdot 10^{-8}\ W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$
Wiensche Konstante	$k = 2{,}8978 \cdot 10^{-3}\ m \cdot K$