

Experimentalphysik 3

Schriftliche Prüfung vom 6.5.2014

1. Ein gut kollimierter Elektronenstrahl trifft auf einen Kristall mit dem Netzebenenabstand $d = 1 \text{ \AA}$. Bei $\varphi = 30^\circ$ beobachtet man ein Interferenzmaximum (Braggsche Reflexion).
 - a) Wie groß ist die De Broglie-Wellenlänge der Elektronen und mit welcher Spannung wurden die Elektronen beschleunigt?
 - b) Mit welcher Spannung muß man eine Röntgenröhre betreiben, damit unter dem selben Winkel ein Reflexionsmaximum beobachtet wird (Berechnung für $\lambda = 5 \cdot \lambda_{\min}$)?
 - c) Warum sind die benötigten Spannungen im Fall a) und b) so stark unterschiedlich (qualitativ)?

2. a) Ein Elektron trifft von links auf eine Potentialbarriere endlicher Ausdehnung der Höhe E . Beschreiben Sie im klassischen und im quantenmechanischen Bild die Wahrscheinlichkeit, das Elektron rechts der Barriere vorzufinden (Skizze), für
 - a) $E_e > E$,
 - b) $E_e < E$. (Skizzen).
 Wie nennt man den für $E_e < E$ beobachteten Effekt und welche Anwendungen kennen Sie?
 - c) Wie lautet die zeitfreie Schrödinger-Gleichung und was bedeuten die in ihr vorkommenden Größen?

3. a) Was bedeuten in der Atomphysik die Quantenzahlen n , ℓ , s , m_ℓ , m_s ?
 (b) Woher weiß man, daß die Größe ℓ etwas mit dem Drehimpuls des Elektrons zu tun hat?
 c) Welchen Betrag $|\vec{L}_q|$ hat ein Drehimpuls, wenn der Wert der zugehörigen Quantenzahl q gegeben ist. Wie groß sind die zugehörigen Projektionen $|\vec{L}_{q,z}|$?

4. Welche Auswahlregeln wurden für Dipol-Übergänge innerhalb eines Termschemas (z.B. Na-Atom) empirisch gefunden und wie lassen sich diese Regeln quantenmechanisch begründen?

5. Behandeln Sie ein System mit 2 Elektronen ($\ell_1=1, \ell_2=2$). Welche Terme können gebildet werden:
 - a) nach der LS- und
 - b) nach der jj-Kopplung.
 - c) Welcher Unterschied ist in der energetischen Anordnung der Terme festzustellen?
 - d) Welche Gemeinsamkeit gibt es bzgl. der Anzahl der Terme und ihrer Gesamt-Drehimpulse?

6. a) Stellen Sie die radialen Elektronendichten für die Subniveaus der Hauptquantenzahlen 1 bis 4 graphisch dar (relativ zueinander einigermaßen im selben Maßstab) und beschreiben Sie die Systematik hinsichtlich der auftretenden Anzahl der Maxima. Für welche Bahnquantenzahlen deckt sich das Ergebnis mit den Bohrschen Radien?
 b) Warum liegen im Termschema des Na-Atoms gewisse Terme bei viel tieferen Bindungsenergien als beim Wasserstoff-Atom, andere wieder bei praktisch derselben Bindungsenergie?

7. a) Nach welchen physikalischen Methoden können die Elemente im Periodensystem eingeordnet werden? Nach welchen Gesichtspunkten erfolgte die Einordnung ursprünglich?
 b) Behandeln Sie das Bohrsche Aufbauprinzip des Periodensystems und erklären Sie mit Hilfe der radialen Elektronendichte, warum nach dem Element Ar die 4s-Schale und nicht die 3d-Schale gefüllt wird.

8. a) Was wurde mit dem Stern-Gerlach-Versuch gezeigt?
 b) Was versteht man unter dem Begriff "Zeeman-Effekt" und wie äußert sich dieser Effekt?
 c) Wie wurde der Zeeman-Effekt demonstriert? (Skizze der Versuchsanordnung mit Beschreibung der verwendeten Bauteile bzw. Geräte und ihrer Funktion).
9. a) Mit welchen Detektoren kann man in der Kern- und Elementarteilchenphysik die Bahnkurven von Teilchen sichtbar machen? Welche Information erhält man, wenn zusätzlich ein Magnetfeld angelegt wird?
 b) Wie kann man Neutronen nachweisen?
10. Die erste künstliche Kernumwandlung wurde mit der Reaktion
 ${}^7\text{N}_{14} + {}^2\text{He}_4 \rightarrow {}^8\text{O}_{17} + {}^1\text{H}_1$

nachgewiesen. Die relativen Atommassen sind: ${}^7\text{N}_{14}$: 14,0031; ${}^2\text{He}_4$: 4,0026; ${}^8\text{O}_{17}$: 16,9993; ${}^1\text{H}_1$: 1,0078.

- a) Welche Mindestenergien (in MeV) muß das α -Teilchen am Kernort besitzen, um die Reaktion auszulösen?
 b) Welche Energie (in MeV) muß das α -Teilchen in großer Entfernung besitzen, damit die Reaktion ausgelöst wird (als Abstand vom N-Kern wird $3 \cdot 10^{-13}$ cm angenommen).

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Js}, e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}, c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}, m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m} \quad (1 \text{ F/m} = 1 \text{ C/Vm} = 1 \text{ As/Vm}), m(1/12 {}^6\text{C}_{12}) = 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{ kg}.$$