

Prüfung zur Vorlesung
Atom-, Kern- und Teilchenphysik PHY.F10UB
im WS2021/22

25.3.2022

11:00-13:00 Uhr

M. Sterrer

Fragen 1-8 Single Choice Fragen mit jeweils 4 Punkten.

Aufgabe 1:

Der Compton-Effekt beruht auf:

- die Interferenz von Lichtwellen, die von Elektronen gestreut werden
- Streuung von Photonen an den locker gebundenen, fast freien Elektronen eines Materials
- das wellenförmige Verhalten von Elektronen
- Streuung von Photonen an den fest gebundenen inneren Elektronen eines Atoms

Aufgabe 2:

Die Wahrscheinlichkeit, ein Teilchen an einem bestimmten Ort im Raum zu finden:

- kann niemals Null sein.
- kann manchmal unendlich sein.
- hängt von der quadrierten Amplitude der Wellenfunktion ab.
- ist direkt proportional zur Amplitude der Wellenfunktion.

Aufgabe 3:

Für welche Zustände im Wasserstoffatom ist die Wahrscheinlichkeit, ein Elektron im Raum zu finden, unabhängig von der Raumrichtung?

- nur $m_l=0$ Zustände
- nur $n=1$ Zustände
- nur $l=0$ Zustände
- keine

Aufgabe 4:

Welche der folgenden Quantenzahlen n, l, m_l, m_s ist für ein Elektron in einem Wasserstoffatom zulässig?

- 2,1,1,0
- 3,1,0,-1/2
- 3,3,2,-1/2
- 3,2,3,1/2

Aufgabe 5:

Protonen und Neutronen haben einen Spin von $\frac{1}{2}$, genau wie das Elektron. Welche Funktion würde am besten die statistische Energieverteilung von Protonen und Neutronen in einem Atomkern beschreiben?

- Fermi-Dirac
- Protonen und Neutronen folgen in einem Atomkern keinen statistischen Regeln.
- Bose-Einstein
- Maxwell-Boltzmann

Aufgabe 6:

Die Kernkraft

- hat eine unendliche Reichweite, wie die elektromagnetische Kraft oder die Gravitationskraft.
- wird von jedem Proton oder Neutron nur auf seine nächsten Nachbarn ausgeübt.
- wird unendlich stark, wenn der Abstand zwischen zwei Teilchen gegen Null geht.
- von jedem Proton oder Neutron auf alle anderen Protonen oder Neutronen des Kerns ausgeübt wird.

Aufgabe 7:

Welches der folgenden Elemente darf sich bei einem radioaktiven Zerfallsprozess verändern?

- Gesamtzahl der Elektronen
- Gesamtzahl der Nukleonen (Protonen plus Neutronen)
- Elektrische Gesamtladung
- Energie insgesamt

Aufgabe 8:

Ordnen Sie die 4 Grundkräfte nach abnehmender Werten der typischen Zeit, in der die Kraft wirkt.

- Gravitation, schwach, elektromagnetisch, stark
- stark, elektromagnetisch, schwach, gravitation
- elektromagnetisch, gravitation, schwach, stark
- schwach, stark, elektromagnetisch, gravitation

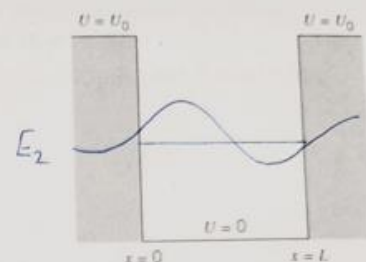
Aufgabe 9: Photoelektrischer Effekt

- (a) Beschreiben Sie das Prinzip des photoelektrischen Effekts (inkl. Skizze der Versuchsanordnung). (3P)
- (b) Wie hängt die kinetische Energie der Photoelektronen von der Intensität und der Frequenz der Strahlungsquelle ab. (2P)
- (c) Bei einem Versuch zum Photoelektrischen Effekt wurde eine Metall-Oberfläche mit Licht der Wellenlänge 435 nm bestrahlt. Für die Photoelektronen wurde eine maximale kinetische Energie von 1.16 eV bestimmt. Berechnen Sie
- die Austrittsarbeit (in eV) des Metalls, (2P)
 - die maximale kinetische Energie der Photoelektronen, wenn die Metall-Oberfläche mit Licht der Wellenlänge 560 nm bestrahlt wird. (1P)
 - die Wellenlänge (in nm), bei der gerade noch Elektronen von der Metall-Oberfläche emittiert werden. (2P)

Aufgabe 10: Wellenfunktionen

- (a) Aus der Wahrscheinlichkeitsinterpretation von Max Born folgen bedeutende Einschränkungen für die erlaubten Lösungen der Schrödinger-Gleichung und somit für die Form (Eigenschaften) von Wellenfunktionen. Nennen Sie 3 Bedingungen, die Wellenfunktionen erfüllen müssen. (3P)

- (b) Gegeben ist ein Energiepotential (Skizze):
- Region 1: $U(x) = U_0$ für $x < 0$
- Region 2: $U(x) = 0$ für $0 < x < L$
- Region 3: $U(x) = U_0$ für $x > L$
- sowie ein Teilchen mit einer Energie E mit $0 < E < U_0$.
- 2 Arten von Wellenfunktionen mögen zur Beschreibung des Teilchens genutzt werden:



$$\psi(x) = A_i \sin k_i x + B_i \cos k_i x$$

$$\psi(x) = A_i e^{k_i x} + B_i e^{-k_i x}$$

mit $i = 1, 2, 3$ für die 3 Regionen.

Geben Sie Gesamtwellenfunktionen an, die das Verhalten des Teilchens in Region 1, Region 2, und Region 3 beschreiben, unter Benutzung der passenden Indizes für die jeweiligen Parameter. Wenn irgendwelche Koeffizienten A_i oder B_i gleich Null sind, begründen Sie dies. (4P)

- (c) Beschreiben Sie anhand des Ergebnisses aus Aufgabe b) den Unterschied zwischen dem darin betrachteten Fall eines Teilchens im Potentialtopf mit endlichen Potentialwänden und dem Fall, wenn die Potentialwände unendlich hoch sind. Gehen Sie dabei auf die Anpassung von Wellenfunktionen beim Übergang von einer Region in eine benachbarte Region ein. (2P)

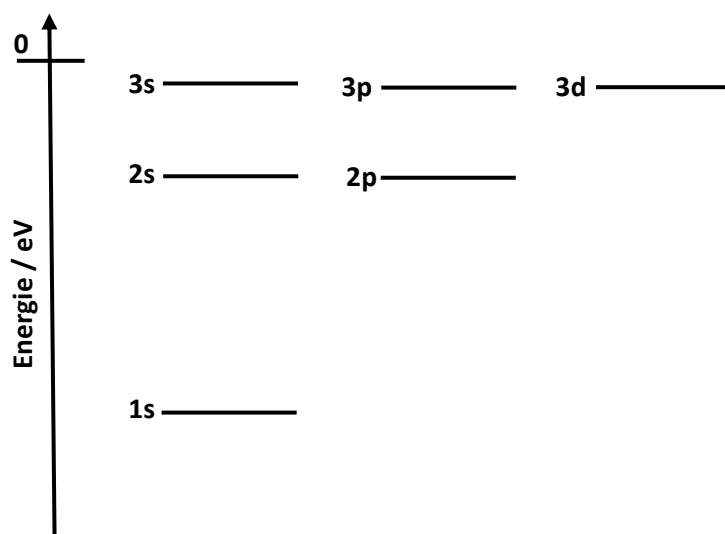
Aufgabe 11: Drehimpuls und Heisenberg'sche Unschärferelationen

- Stellen Sie die Eigenschaften des Drehimpulses von Elektronen im Bohrschen Atommodell und im quantenmechanischen Atommodell gegenüber (Skizze und Formel). (3P)
- Welchen prinzipiellen Eigenschaften beschreiben die durch die Einführung der Drehimpuls-Quantisierung erhaltenen Quantenzahlen. (2P)
- Beschreiben Sie in diesem Zusammenhang die Heisenberg'sche Unschärfe-Relation zunächst allgemein und dann speziell angewandt auf den Drehimpuls (mit Skizze). (2P)
- Erklären Sie, warum die im Bohrschen Atommodell eingeführte Quantisierung des Drehimpulses nicht korrekt ist (mit Skizze). (2P)

Aufgabe 12: Optische Übergänge und Auswahlregel

Die Abbildung stellt die niedrigsten Ein-Elektronenzustände des Wasserstoffatoms dar.

- Berechnen Sie die Energie der Zustände. (2P)
- Wie lautet die Auswahlregel für den optischen Übergang zwischen den einzelnen Zuständen? (1P)
- Zeichnen Sie die erlaubten optischen Übergängen (als Pfeil von Zustand zu Zustand) ein, bei denen es zu einer Emission von Photonen (Spin = 1) kommt. (2P)
- Begründen Sie anhand des Erhaltungssatzes für den Gesamt-Drehimpuls die Auswahlregel. (2P)



Aufgabe 13: Mehrelektronen-Atome

- (a) Was versteht man unter Abschirmung von Kernladung im Zusammenhang mit Atomen mit mehreren Elektronen. (2P)
- (b) Beschreiben Sie ein einfaches Modell, mit dem die Abschirmung erklärt werden kann. (2P)
- (c) Li hat im Grundzustand die Elektronenkonfiguration $1s^2 2s^1$ und kann im weiteren Sinn als Wasserstoff-ähnliches Atom angenommen werden. Die experimentell gemessene Ionisierungsenergie des Grundzustands beträgt 5.4 eV, die der angeregten Zustände $1s^2 2p^1$ und $1s^2 3d^1$ jeweils 3.54 eV und 1.51 eV. Berechnen Sie mit Hilfe des einfachen Modells die entsprechenden Energien und diskutieren Sie Abweichungen von den experimentell ermittelten Werten. (3P)

Aufgabe 14: Elementarteilchen

- (a) Erläutern Sie die Begriffe „Feld-Teilchen“ und „Anti-Teilchen“. (2P)
- (b) Ein Teilchen besteht aus drei Quarks mit der Quark-Zusammensetzung (uds). Handelt es sich hierbei um ein Lepton, ein Meson, oder ein Baryon? (1P)
- (c) Bei einem Zerfallsprozess wird das Teilchen mit der Quarkstruktur (uds) in ein anderes Teilchen mit der Quarkstruktur (udu) umgewandelt:
 $(uds) \rightarrow (udu) + X$
Nennen Sie die Art der Wechselwirkung (stark, schwach, elektromagnetisch), über die dieser Zerfallsprozess vermittelt wird und begründen Sie Ihre Wahl. (2P)
- (d) Das Teilchen X in Aufgabe (c) ist ein Austauscheteilchen. Um welches handelt es sich?