



**Aufgabe 1:** Der Compton Effekt basiert auf

<input type="checkbox"/>	(1)	den Welleneigenschaften von Elektronen.
<input type="checkbox"/>	(2)	Interferenz von Lichtwellen, die von Elektronen gestreut wurden.
<input type="checkbox"/>	(3)	der Streuung von Photonen an schwach gebundenen, nahezu freien Elektronen eines Materials.
<input type="checkbox"/>	(4)	der Streuung von Photonen an stark gebundenen Innerschalenelektronen eines Atoms.

**Aufgabe 2:** Ein Teilchenstrahl trifft von der negativen x-Richtung auf eine positive Potentialenergie-Stufe bei  $x = 0$ . Die kinetische Energie der Teilchen ist kleiner als die potentielle Energie der Stufe. Welche der folgenden Aussagen beschreibt das Verhalten der Teilchen an der Stufe am besten?

<input type="checkbox"/>	(1)	Alle Teilchen werden bei $x=0$ reflektiert.
<input type="checkbox"/>	(2)	Einige der Teilchen werden an der Stufe reflektiert, der Rest dringt in die Region $x>0$ ein.
<input type="checkbox"/>	(3)	Einige Teilchen werden an der Stufe reflektiert, der Rest wird absorbiert.
<input type="checkbox"/>	(4)	Alle Teilchen werden reflektiert, sie können jedoch eine kurze Distanz in die Region $x>0$ eindringen.

**Aufgabe 3:** Für welche Zustände im Wasserstoffatom ist die Wahrscheinlichkeit, ein Elektron im Raum zu finden, unabhängig von der Raumrichtung?

<input type="checkbox"/>	(1)	nur $l = 0$ Zustände
<input type="checkbox"/>	(2)	nur $m_l = 0$ Zustände
<input type="checkbox"/>	(3)	nur $n = 1$ Zustände
<input type="checkbox"/>	(4)	keine

**Aufgabe 4:** Über welche Eigenschaft eines Wasserstoffatoms gibt die Quantenzahl  $m_l$  Auskunft?

<input type="checkbox"/>	(1)	die Energie
<input type="checkbox"/>	(2)	den Radius des Orbitals
<input type="checkbox"/>	(3)	die Größe des Bahndrehimpulses
<input type="checkbox"/>	(4)	die z-Komponente des Bahndrehimpulses

**Aufgabe 5:** Die Zustandsdichte gibt Information über

<input type="checkbox"/>	(1)	die Wahrscheinlichkeit, dass ein gewisser Zustand besetzt ist.
<input type="checkbox"/>	(2)	die Zahl von Zuständen (besetzt oder auch unbesetzt), die bei einer gewissen Energie zur Verfügung steht.
<input type="checkbox"/>	(3)	die Zahl besetzter Zustände bei einer gewissen Energie.
<input type="checkbox"/>	(4)	den Typ von Verteilungsfunktion, der das Teilchen beschreibt.

**Aufgabe 6:** Die Kernkraft

<input type="checkbox"/>	(1)	hat eine unendlich große Reichweite.
<input type="checkbox"/>	(2)	wird unendlich groß, wenn der Teilchenabstand gegen Null geht.
<input type="checkbox"/>	(3)	wirkt auf Elektronen, die sich innerhalb des Kerns aufhalten.
<input type="checkbox"/>	(4)	ist allgemein stärker als die elektromagnetische Kraft.

**Aufgabe 7:** Ordnen Sie die 4 Fundamentalkräfte nach den Werten der typischen Lebensdauer der durch sie hervorgerufenen Prozesse, beginnend mit der Kraft mit der längsten typischen Lebensdauer.

<input type="checkbox"/>	(1)	Elektromagnetische Kraft, schwache Kraft, Gravitation, starke Kraft.
<input type="checkbox"/>	(2)	Starke Kraft, schwache Kraft, Elektromagnetische Kraft, Gravitation.
<input type="checkbox"/>	(3)	Gravitation, schwache Kraft, Elektromagnetische Kraft, starke Kraft.
<input type="checkbox"/>	(4)	Starke Kraft, Elektromagnetische Kraft, schwache Kraft, Gravitation.

**Aufgabe 8:** In einem Behälter sei eine große Zahl radioaktiver Atomkerne. Dann ist zu jedem Zeitpunkt die Zerfallsrate (Zahl der Zerfälle pro Sekunde):

<input type="checkbox"/>	(1)	direkt proportional zur Zahl der Kerne, die schon zerfallen sind.
<input type="checkbox"/>	(2)	direkt proportional zur Zahl der Kerne, die noch nicht zerfallen sind.
<input type="checkbox"/>	(3)	direkt proportional zur Halbwertszeit für den Zerfall.
<input type="checkbox"/>	(4)	zeitlich konstant.

### Aufgabe 9: Harmonischer Oszillator

- (a) Zeichnen Sie für den quantenmechanischen harmonischen Oszillator (die potentielle Energie wird beschrieben durch  $U(x) = \frac{1}{2} kx^2$ ) jeweils in einer Skizze die Lage der Energieniveaus  $E_n$ , die Wellenfunktionen  $\Psi_n(x)$  und die Aufenthaltswahrscheinlichkeiten  $|\Psi_n(x)|^2$  für die 4 energetisch niedrigsten Zustände ( $n=0-3$ ). (5P)
- Gehen Sie bei der Beschreibung von  $\Psi(x)$  und  $|\Psi_n(x)|^2$  auch auf deren Verhalten an den Rändern (Übergang zwischen den Bereich innerhalb und ausserhalb) des Potentials ein. (1P)
- (b) Basierend auf den Aufenthaltswahrscheinlichkeiten, unter welchen Bedingungen nähert sich das Verhalten des quantenmechanischen harmonischen Oszillators dem des klassischen harmonischen Oszillators (mit Skizze und Erklärung)? (1P)
- (c) Die Wellenlänge der Schwingung eines zweiatomigen Moleküls betrage  $6 \mu\text{m}$ . Berechnen Sie die Energie des Grundzustands und der ersten beiden angeregten Zustände (in eV). Welche Energie ist nötig, um das Molekül aus dem Grundzustand in den 2. angeregten Zustand zu bringen? (3P)

### Aufgabe 10: Normaler Zeeman-Effekt

- (a) Erläutern Sie den Begriff „Entartung“ der Energie von Zuständen anhand des Beispiels des 2-dimensionalen Potentialtopfes mit unendlich hoher Barriere, und anhand des Bahndrehimpulses von Elektronen (für Elektronen mit  $l > 0$ ). (3P)
- (b) Der normale Zeeman-Effekt beschreibt die Wechselwirkung zwischen dem magnetischen Bahnmoment und einem externen magnetischen Feld. Mit der Annahme, dass das B-Feld in z-Richtung zeigt, gilt für diese Wechselwirkung:  $U = -\mu_{L,z}B = m_l\mu_B B$ . Beschreiben Sie (Zeichnung), welche Auswirkung das Anlegen eines magnetischen Feldes auf die Energiezustände eines Elektrons im 1s-, 2p- und 3d-Niveau hat. (3P)

Zeichnen Sie, unter Berücksichtigung der Auswahlregel  $\Delta m_l = 0, \pm 1$ , die erlaubten optischen Übergänge zwischen dem 3d und dem 2p Niveau ein. Beim Übergang eines Elektrons vom 3d auf das 2p Niveau werden Photonen emittiert. Wie viele erlaubte Übergänge gibt es und wie viele unterschiedliche Photonenfrequenzen sind für diese Übergänge zu erwarten? (3P)

### Aufgabe 11: Mehrelektronen-Atome

- (a) Die Elektronen-Energieniveaus von Mehrelektronenatomen werden durch sogenannte Termsymbole (allgemein:  $^nX_m$ ) gekennzeichnet. Erklären Sie, wofür  $n$ ,  $X$  und  $m$  stehen. (1P)
- (b) Was versteht man im Fall von Mehrelektronenatomen unter den Bezeichnungen Singulett und Triplett. Erläutern Sie dies anhand des angeregten Zustands  $1s^12s^1$  von Helium. (3P)
- (c) Sauerstoff besitzt die Elektronenkonfiguration  $1s^22s^22p^4$ . Nennen Sie die Hund'schen Regeln und bestimmen Sie anhand dieser den Grundzustand des Sauerstoff-Atoms (nachvollziehbar, Angabe des Termsymbols). (4P)

### Aufgabe 12: Statistische Physik

- (a) Was versteht man unter Mikrozuständen und Makrozuständen eines Systems? (2P)
- (b) Erläutern Sie den Unterschied zwischen klassischen Teilchen und Quantenteilchen in Bezug auf die Unterscheidbarkeit der Teilchen. (1P)
- (c) Wie wirkt sich der Unterschied zwischen klassischen Teilchen und Quantenteilchen (siehe Punkt (b)) auf die Multiplizität (Anzahl von Mikrozuständen) eines Makrozustandes aus. (1P)
- (d) Gegeben ist ein Satz von 4 identischen Atomen, die den Regeln der Quantenmechanik unterliegen. Die Atome können folgende, äquidistanten Energieniveaus besetzen:

8 eV    \_\_\_\_\_  
6 eV    \_\_\_\_\_  
4 eV    \_\_\_\_\_  
2 eV    \_\_\_\_\_

Wie groß ist die mittlere Energie der 4 Atome bei einer Temperatur von  $T = 0$  K, wenn sich die Atome wie

- Spin-1-Teilchen verhalten?
- Spin-1/2- Teilchen verhalten?
- Spin-1/2-Teilchen im starken magnetischen Feld (alle Spins zeigen in dieselbe Richtung) verhalten? (3P)

### **Aufgabe 13: Radioaktivität**

- (a) Beschreiben Sie den Alpha-Zerfall (in Worten und mit Gleichung) und gehen Sie dabei auf den Mechanismus der Teilchen-Emission ein (zugrundeliegendes Prinzip und Skizze). (3P)
- (b) Was versteht man unter der Halbwertszeit eines radioaktiven Elements? (1P)
- (c) Ein radioaktives Element besitzt eine Halbwertszeit von  $t_{1/2} = 3477$  Jahren. Nach wie vielen Jahren ist die Anzahl der noch verbleibenden radioaktiven Kerne auf 1 % der ursprünglich vorhandenen radioaktiven Kerne gefallen? (2P)



#### Aufgabe 14: Elementarteilchen

- (a) Erläutern Sie die Begriffe „Feldteilchen“ und „Antiteilchen“. (2P)
- (b) Geben Sie für die 4 Fundamentalkräfte die entsprechenden Feldteilchen an. (2P)
- (c) Das instabile  $\Omega^-$  Baryon zerfällt in einer Reihe von Prozessen, wobei am Ende der Zerfallsreihe nur stabile Teilchen erhalten werden. Welche Teilchen entstehen. Geben Sie die Zerfallsgleichungen an ( $\Omega^- \rightarrow mX + nY + \dots$ ). (4P)