

Aufgabe 1

- (a) Was ist Gegenstand der Atomphysik?
- (b) Was ist Gegenstand der Kernphysik?

Antwort:

- a) Gegenstand der Atomphysik ist die Atomhülle, welche aus negativ geladenen Elektronen besteht.
- b) Gegenstand der Kernphysik ist der Atomkern, welcher aus positiv geladenen Protonen und elektrisch neutralen Neutronen besteht.

Aufgabe 2

- (a) Was hat der Chemiker John Dalton im Jahr 1804 entdeckt?
- (b) Was ist die kleinste Einheit eines chemischen Elements?
- (c) Was hat der Physiker Ernest Rutherford durch seine Streuversuche im Jahre 1911 entdeckt?

Antwort:

- a) Chemische Elemente verbinden sich immer in bestimmten Massenverhältnissen. Beispiele:
7 g Stickstoff (N) mit 4 g Sauerstoff (O) zu 12 g Distickstoffoxid (N_2O),
7 g Stickstoff (N) und 8 g Sauerstoff (O) zu 15 g Stickstoffoxid (NO)
7 g Stickstoff (N) und 12 g Sauerstoff (O) zu 19 g Distickstofftrioxid (N_2O_3)
7 g Stickstoff (N) und 16 g Sauerstoff (O) zu 23 g Stickstoffdioxid (NO_2)
- b) Dalton schloss daraus richtiger Weise, dass die chemischen Elemente aus kleinsten Einheiten, den Atomen bestehen.
- c) Durch die Streuversuchen fand Ernest Rutherford heraus, dass das Atom aus einer Hülle und einem besonders kleinen Kern besteht, wobei im Kern fast die Gesamtmasse des Atoms vereint und das Atom ansonsten relativ leer ist. Er konnte auch die Größe des Atomkerns abschätzen. Dieser ist 100.000 mal kleiner als das Atom, welches aus der Hülle und dem Kern besteht.

Aufgabe 3

- (a) Skizziere den Aufbau eines Atoms (Grundstruktur und Bestandteile)!
- (b) Skizziere grob den Unterschied zwischen den Atommodellen von Ernest Rutherford (1911) und Niels Bohr (1913)!
- (c) Orbitalmodell: Was ist ein Orbital?

Antwort:

- a) Das Atom besteht aus einer Hülle, welche aus negativ geladenen Elektronen besteht und aus einem Kern, welcher aus positiv geladenen Protonen und elektrisch neutralen Neutronen besteht. Zwischen den Elektronen und Protonen wirkt eine elektrische Anziehungskraft, welche die Elektronen an den Kern binden. Die Anzahl der Elektronen ist hierbei gleich der Anzahl der Protonen, so dass das Atom nach außen elektrisch neutral ist. Wenn die Anzahl der Elektronen nicht gleich der Anzahl der Protonen ist, hat das Atom nach außen eine elektrische Ladung und es wird dann von einem Ion gesprochen. 99 Prozent der Masse des Atoms sind im Atomkern vereint.

- b) Rutherford beschreibt das Atom wie oben. Nils Bohr verknüpfte dieses Modell mit der Quantentheorie. Demnach können sich die Elektronen nur auf bestimmten Bahnen strahlungsfrei um den Atomkern bewegen. Willkürliche Bahnen sind nicht möglich. Diese Bahnen, welche kreisförmig oder ellipsenförmig sein können, repräsentieren die möglichen Energiezustände dieser Elektronen und werden als Schalen bezeichnet. Daher wird auch vom Schalenmodell der Atome gesprochen. Die innerste Schale am Atomkern hat die niedrigste Energiestufe. Jede weitere vom Kern entferntere Schale hat eine entsprechend höhere Energiestufe. Übergänge der Elektronen zwischen den Schalen sind entsprechend mit der Aufnahme oder Abgabe von Energie verbunden. Die Abgabe der Energie erfolgt in Form von elektromagnetischer Strahlung der Energie $E = h \cdot f$. D.h. diese Strahlung hat immer eine bestimmte Frequenz bzw. Wellenlänge. Dies wird im Rahmen des Aufgabenzettels zur Atomphysik vertieft werden.
- c) Der Grund dafür, warum nur bestimmte Elektronenbahnen im Atom existieren können, lieferte erst die Quantenmechanik. Nach dieser kann das Elektron auch als Welle betrachtet werden. In diesem Fall sind nur Bahnen möglich, auf deren Bahnumfang sich eine ganze Anzahl von Wellenlängen unterbringen lässt. In allen anderen Fällen würden sich die Wellen aufgrund von Interferenz (Wellenberg und Wellental treffen aufeinander und neutralisieren sich) auslöschen. Allerdings gilt hierbei auch die Unschärferelation. Aufenthaltsort und Impuls eines Teilchens können nicht mit beliebiger Genauigkeit, sondern nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit angegeben werden. Der wahrscheinliche Aufenthaltsbereich eines Elektrons wird als Orbital bezeichnet. (Siehe hierzu Unterkapitel 8.6 „Das quantenmechanische Atommodell bzw. Orbitalmodell“, Seiten 86 – 89, im Lehrwerk „Grundlagen der Physik“)

Aufgabe 4

- (a) Wie groß ist ein Atom?
 (b) Wie groß ist der Atomkern?
 (c) Wie sind Elektronen, Protonen und Neutronen geladen?
 (d) Wie groß ist der Massenunterschied zwischen einem Elektron und einem Kernteilchen (Proton oder Neutron)?
 (e) Woraus sind Protonen und Neutronen aufgebaut?

Antwort:

- a) $d_a = 10^{-10}$ m
 b) $d_k = 10^{-15}$ m
 c) Elektronen tragen eine negative und Protonen eine positive Elementarladung von $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ As. Neutronen sind elektrisch neutral.
 d) Ein Proton oder Neutron hat 1836 mal mehr Masse als ein Elektron. Die Masse von Protonen bzw. Neutronen liegt bei rund $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg, während das Elektron eine Masse von etwa $9,1 \cdot 10^{-31}$ kg hat
 e) Protonen und Neutronen sind aus sogenannten Quarks aufgebaut. Ein Proton besteht aus zwei Up-Quarks und einem Down-Quark, ein Neutron aus zwei Down-Quarks und einem Up-Quark.

Aufgabe 5

- Was beschreibt die Kernladungszahl bzw. die Ordnungszahl atomphysikalisch bzw. kernphysikalisch und chemisch?
- Wodurch unterscheiden sich die einzelnen chemischen Elemente?
- Was ist die Massenzahl?
- Was sind die Isotope eines Elements?
- Nenne die drei Isotope des Wasserstoffs und beschreibe den Aufbau ihres Atomkerns!

Antwort:

- Atomphysikalisch bzw. kernphysikalisch beschreibt die Kernladungszahl bzw. Ordnungszahl Z die Anzahl der Protonen in einem Atomkern. Chemisch wird dadurch das Element festgelegt. So ist das Element mit der Ordnungszahl 1 immer Wasserstoff, mit der Ordnungszahl 2 immer Helium, usw. D.h. die Anzahl der Protonen im Kern bestimmt um welches chemische Element es sich handelt. Damit sind auch der Aufbau der Atomhülle und die chemischen Eigenschaften des Elements festgelegt.
- Die chemischen Elemente unterscheiden sich wie oben beschrieben nur durch die Kernladungszahl bzw. Ordnungszahl.
- Die Massenzahl M beschreibt die Anzahl der Kernteilchen (Protonen und Neutronen) im Kern. Sie ist also die Anzahl der Protonen Z plus die Anzahl der Neutronen N bzw. die Kernladungszahl Z plus Anzahl der Neutronen N . Es gilt: $M = Z + N$.
- Die Isotope eines Elements mit einer bestimmten Kernladungs- bzw. Protonenzahl unterscheiden sich durch die Anzahl der Neutronen im Kern. Die Anzahl der Neutronen kann für ein bestimmtes Element variieren. Die chemischen Eigenschaften sind damit für alle Isotope eines Elements gleich, die physikalische Eigenschaften (z.B. Dichte, Schmelz- und Siedepunkte) können jedoch variieren. Isotope werden daher zur Unterscheidung mit der Kernladungszahl und der Massenzahl bezeichnet: ${}_Z E^M$. Beispiele ${}_1 H^1$ oder ${}_2 He^4$.
- Die drei Isotope des Wasserstoff sind: einfacher Wasserstoff ${}_1 H^1$ (Kern aus einem Proton), schwerer Wasserstoff ${}_1 H^2$ bzw. Deuterium ${}_1 D^2$ (Kern aus einem Proton und einem Neutron) und super schwerer Wasserstoff ${}_1 H^3$ bzw. Tritium ${}_1 T^3$ (Kern aus einem Proton und zwei Neutronen).

Aufgabe 6

- Nenne die vier Wechselwirkungen in der Reihenfolge ihrer Stärke, nenne ihre Reichweite und erläutere diese Wechselwirkungen kurz!
- Welche Wechselwirkung ist vorherrschend in der Mechanik bzw. Relativitätstheorie bzw. Kosmologie?
- Welche Wechselwirkung ist vorherrschend in der Atomphysik?
- Welche Wechselwirkungen sind vorherrschend in der Kernphysik?

Antwort:

- Starke Wechselwirkung (Reichweite: etwa 10^{-15} m), elektromagnetische Wechselwirkung (Reichweite: unendlich), schwache Wechselwirkung (Reichweite: etwa 10^{-18} m) und gravitative Wechselwirkung (Reichweite: unendlich). Die Erläuterung der Wechselwirkungen entnehmt bitte aus dem Lehrwerk „Grundlagen der Physik“ Kapitel 7 Quantenphysik, Unterkapitel 7.2 „Die vier Wechselwirkungen“ (Seiten 73 - 75)!

- b) In der Mechanik bzw. der relativistischen Mechanik und damit im Bereich der Kosmologie ist die gravitative Wechselwirkung vorherrschend. So sind die Newtonsche Mechanik und die Allgemeine Relativitätstheorie Gravitationstheorien. Hierbei ist die Allgemeine Relativitätstheorie die exakte und umfassende Theorie der Gravitation. Die Allgemeine Relativitätstheorie ist auch Grundlage der Kosmologie. In der Atom- und Kernphysik, also im Bereich der Quantentheorie, spielt die gravitative Wechselwirkung hingegen keine Rolle.
- c) In der Atomphysik ist die elektromagnetische Wechselwirkung vorherrschend. Diese äußert sich als elektrische Anziehungskraft zwischen den negativ geladenen Elektronen und den positiv geladenen Protonen sowie als elektrische Abstoßungskraft zwischen den negativ geladenen Elektronen.
- d) In der Kernphysik sind mit der elektromagnetischen, der starken und der schwachen Wechselwirkung drei Wechselwirkungen vorherrschend, was die Kernphysik deutlich komplizierter als die Atomphysik macht. Die elektromagnetische Wechselwirkung wirkt als elektrische Abstoßungskraft zwischen den Protonen. Die starke Wechselwirkung wirkt als anziehende Kraft zwischen den Protonen und Neutronen und hält den Atomkern entgegen der elektrischen Abstoßungskraft zwischen den Protonen zusammen. Sie ist stärker als die elektromagnetische Wechselwirkung, jedoch liegt ihre Reichweite mit 10^{-15} m in der Größenordnung des Atomkerns. Größere Atomkerne verlassen den Wirkungsbereich der starken Wechselwirkung und werden instabil, was sich als radioaktiver Zerfall äußert. Die schwache Wechselwirkung ist für die Umwandlung von Protonen in Neutronen, Positronen und Neutrinos bzw. von Neutronen in Protonen, Elektronen und Antineutrinos verantwortlich. D.h. die schwache Wechselwirkung bewirkt den sogenannten Beta-Zerfall.

Hinweise

Gegenstand dieses Aufgabenzettels ist Kapitel 7 Quantenphysik in „Grundlagen der Physik“. Dieses Kapitel ist bitte vollständig zu lesen!

Eine Vertiefung der Quantenphysik erfolgt in Kapitel 8 „Atomphysik“ und in Kapitel 9 „Kernphysik“ im Lehrwerk „Grundlagen der Physik“!