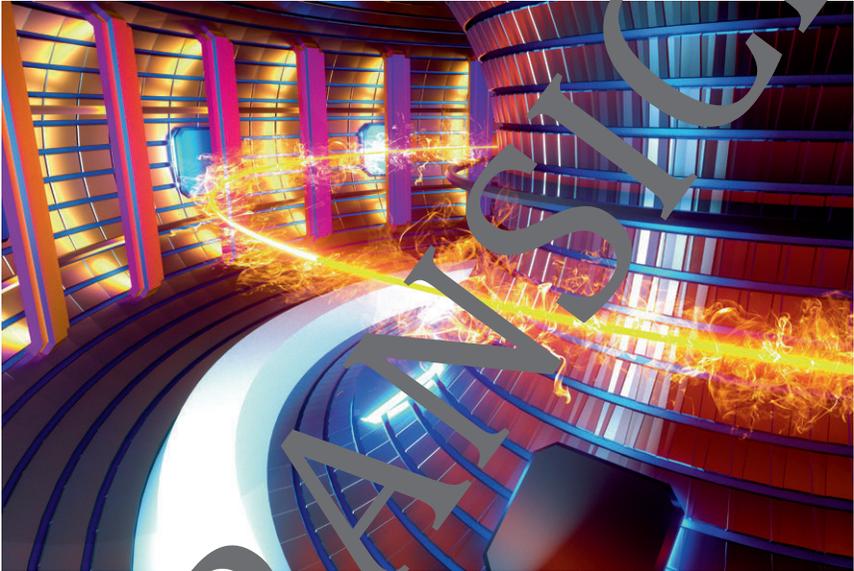


Strahlung, Spaltung, Zerfall – Aufgabensammlung zur Kernphysik

Erwin Kunesch



© MARHARYTA MARO/iStock/Getty Image/Plus

In dieser Einheit werden den Schülerinnen und Schülern zentrale Elemente der Kernphysik anhand von Übungsaufgaben vermittelt. Begleiten Sie Ihre Klasse auf dem Weg von den einfachen Grundlagen der Physik der Atomkerne hin zu weiterführenden Aspekten von Kernumwandlungen und radioaktiver Strahlung. Dabei kommen auch Problemstellungen wie die Anwendungen des Zerfallsgesetzes, einschließlich der damit verbundenen Logarithmik der Halbwertszeit ausführlich zum Tragen. Am Ende der Einheit steht eine umfangreiche Lernerfolgskontrolle zur Verfügung.

Strahlung, Spaltung, Zerfall – Aufgabensammlung zur Kernphysik

Oberstufe (grundlegend, weiterführend)

Erwin Kunesch

Hinweise	1
M1 Aufbau des Atomkerns	3
M2 Massendefekt und Kernbindungsenergie	4
M3 Kernreaktionsgleichungen	5
M4 Kernumwandlung – Kernspaltung – Kernfusion	6
M5 Strahlungsarten	7
M6 Nachweismethoden radioaktiver Strahlung	8
M7 Zerfallsgesetz – Halbwertszeit	9
M8 Halbwertsdicke	11
M9 Kernphysik quodde – Testen Sie Ihr Wissen!	12
Lösungen	14

© RAABE 2024

Die Schülerinnen und Schüler lernen:

die Grundlagen der Kernphysik kennen und bearbeiten dazu eine Reihe von Übungsaufgaben.

Überblick:

Legende der Abkürzungen:

AB Arbeitsblatt FS Formelsammlung LEK Lernerfolgskontrolle
 DA Datenauswertung IT Internet

Thema	Material	Methode
Aufbau des Atomkerns	M1	AB
Massendefekt und Kernbindungsenergie	M2	AB, FS
Kernreaktionsgleichungen	M3	AB
Kernumwandlungen – Kernspaltung – Kernfusion	M4	AB, FS, IT
Strahlungsarten	M5	AB, IT
Nachweismethoden radioaktiver Strahlung	M6	AB, IT
Zerfallsgesetz – Halbwertszeit	M7	AB, FS, DA
Halbwertsdicke	M8	AB, FS
Kernphysik	M9	AB, FS, LEK

Kompetenzprofil:

Inhalt: Radioaktive Strahlung, Unterscheidung von Strahlungsarten, natürliche Zerfallsreihen, Nuklide, Zerfallsgesetz, Altersbestimmung, Halbwertsdicke, Kernumwandlung und -reaktionen, Kettenreaktion, Kernspaltung, Kernfusion, Chancen und Risiken der Kernenergie-technik

Medien: Fachliteratur, Formelsammlung, Internet

Kompetenzen: Erkennen von Phänomenen unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien (S1), Anwenden bekannter mathematischer Verfahren (S7), Erklären der in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen mithilfe bekannter Modelle und Theorien (E6), Reflektieren der Relevanz von Modellen, Theorien, Hypothesen und Experimente für die physikalische Erkenntnisgewinnung (E9), Erläutern der Eigenschaften einer schlüssigen und überzeugenden Argumentation aus verschiedenen Perspektiven (B1)

Aufbau des Atomkerns

M1

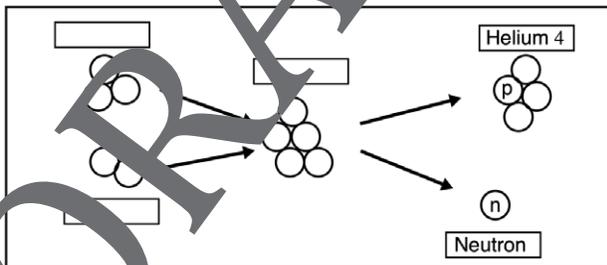
- Zu den Elementarteilchen in der Kernphysik zählen Proton, Neutron, Elektron und Positron.
 - Geben Sie deren Schreibweise unter Verwendung der Symbole e und H mit der Nennung der Ladungszahl und der Massenzahl an.
 - Entscheiden Sie, welches der Elementarteilchen ein Anzeichen für künstliche Radioaktivität ist.
- Geben Sie die Anzahl der Nukleonen, Protonen, Neutronen und Elektronen folgender Atome an:
 - ${}^3_2\text{He}$
 - ${}^{12}_6\text{C}$
 - ${}^{206}_{82}\text{Pb}$
- Ermitteln Sie die Atome, die
 - 38 Neutronen und 32 Elektronen
 - 32 Protonen und 40 Neutronen
 - 4 Neutronen und 9 Nukleonen
 - 235 Nukleonen und 92 Elektronenbesitzen.
- Entscheiden Sie, welche der folgenden Aussagen richtig sind und begründen Sie Ihre Antwort:
 - Isotope sind Elemente mit gleicher Kernladungszahl.
 - Isotope sind Elemente mit gleicher Nukleonenzahl.
 - Isotope sind Elemente mit gleicher Neutronenzahl.
 - Isotope sind Elemente mit gleicher Elektronenzahl.
- Von Wasserstoff gibt es drei Isotope. Geben Sie deren Namen sowie die chemische Bezeichnung in ausführlicher Form und in Kurzschreibweise an und vergleichen Sie die Isotope hinsichtlich Kernladungszahl, Nukleonenzahl, Neutronenzahl sowie Elektronenzahl.
- Es existieren kleinere Teilchen, die am Kernaufbau beteiligt sind, sogenannte Quarks, z. B. up-Quarks (u) und down-Quarks (d), strange-Quarks (s), charm-Quarks (c), bottom-Quarks (b) und top-Quarks (t).
 - Jeder dieser Quarks besitzt entweder eine negative Ladung $-1/3$ der Elementarladung oder $+2/3$ der Elementarladung e . Ordnen Sie die Quarks den richtigen Ladungen zu.
 - Geben Sie an, aus welchen Quarks ein Proton bzw. ein Neutron zusammengesetzt ist.

M4 Kernumwandlung – Kernspaltung – Kernfusion

- Auf einen Li-Kern trifft ein Proton. Dabei zerplatzt der getroffene Kern in zwei α -Teilchen.
 - Stellen Sie eine vollständige Reaktionsgleichung auf.
 - Berechnen Sie den Massendefekt.
 - Berechnen Sie die Gesamtenergie nach der Spaltung.
- Wenn Uran 235 mit einem Neutron beschossen wird, ist auch das Auftreten von Barium 144 möglich. Dabei werden 3 Neutronen frei.
 - Stellen Sie eine vollständige Reaktionsgleichung auf und geben Sie auch den kurzzeitig entstehenden Zwischenkern an.
 - Berechnen Sie den Massendefekt.
 - Schätzen Sie die dem Massendefekt entsprechende Energie auf eine gültige Stelle ab.

Hinweis: Verwenden Sie zur Bestimmung der Atommassen auch das Internet.

- In jüngerer Zeit ist das Thema Kernfusion im Vordergrund gerückt. Dabei fusionieren ein Deuteron und ein Tritiumkern, wobei anschließend ein α -Teilchen und ein Neutron auseinanderfliegen.
 - Stellen Sie eine vollständige Reaktionsgleichung auf.
 - Schätzen Sie die Reaktionsenergie auf zwei gültige Stellen ab.
 - Vervollständigen Sie die Beschriftung der nachfolgenden Skizze. Verwenden Sie dabei die Symbole p und n für die Kerne, die Begriffe Tritium, Deuterium und Helium 4 sowie Helium 3 in die Rechtecke.



Skizze: Erwin Kunesch

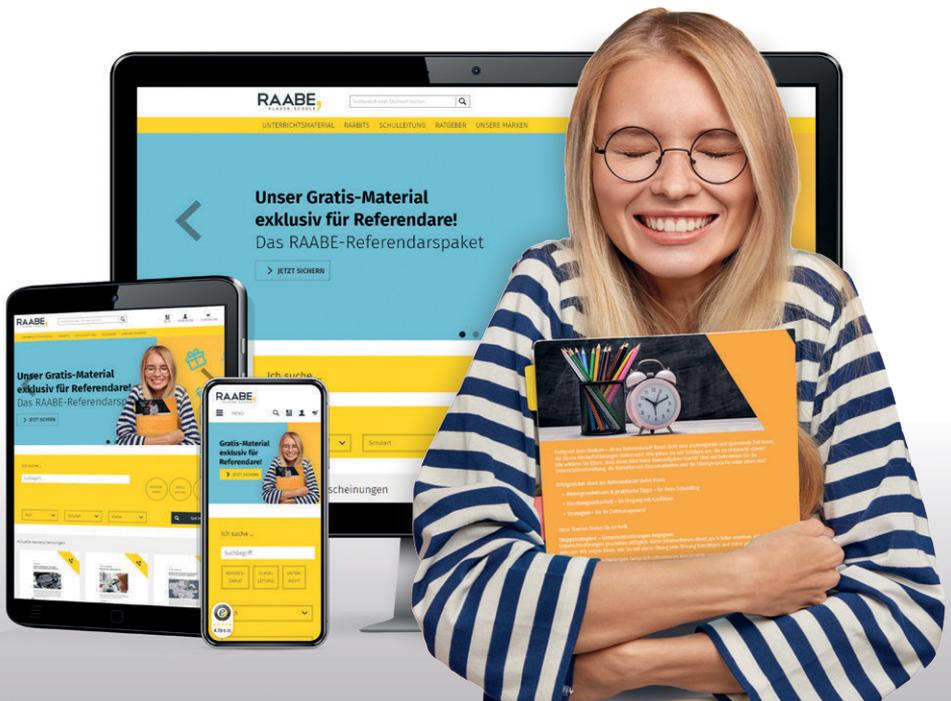
- Nennen Sie die Vorteile der Kernfusion gegenüber der Kernspaltung.
- Recherchieren Sie im Internet bzw. in der einschlägigen Literatur, welche zwei möglichen Wege die Wissenschaft geht, um eine Kernfusion anzustoßen.
- Erklären Sie die technischen bzw. physikalischen Schwierigkeiten für die Umsetzung der Kernfusion.

Halbwertsdicke

M8

- Wird ein Material radioaktiver Strahlung ausgesetzt und von dieser durchstrahlt, so verringert sich die Intensität dieser Strahlung materialabhängig.
 - Blei hat für γ -Strahlung eine Halbwertsdicke von 13 mm. Erläutern Sie die Bedeutung dieser Angabe.
 - Ermitteln Sie die Dicke einer Schutzschicht aus Eisen, damit die Intensität auf 20 % der ursprünglichen Intensität absinkt.
 - Entscheiden Sie, ob eine Schutzschicht aus Aluminium mit einer Halbwertsdicke von 9 cm effektiver wäre, und begründen Sie Ihre Entscheidung.
- Die Gesetzmäßigkeiten für den radioaktiven Zerfall gelten auch für die Strahlung durch ein bestimmtes Material. Dabei entspricht die Halbwertszeit $t_{1/2}$ der Halbwertsdicke $D_{1/2}$, nach der die radioaktive Strahlung auf die Hälfte abgesunken ist. Analog gilt also die Formel für die Impulsrate $I_z(d) = I_0 \cdot e^{-\alpha \cdot d}$ mit $\alpha = \ln(2)/D_{1/2}$, was in diesem Fall als Absorptionskoeffizient bezeichnet wird. Dividiert man α durch die Dichte des durchstrahlten Stoffes, so erhält man den Massenabsorptionskoeffizienten $\frac{\alpha}{\rho} = \frac{\ln(2)}{D_{1/2} \cdot \rho}$ mit $\rho = m/V$. Die Impulsrate eines β -Strahlers sinkt bei Durchgang durch eine Aluminiumschicht der Dicke 0,40 mm auf die Hälfte ab.
 - Berechnen Sie den Absorptionskoeffizienten.
 - Berechnen Sie die Dicke der Aluminiumfolie, wenn die Impulsrate nur noch 20 % der ursprünglichen Strahlung beträgt.
 - Berechnen Sie die Halbwertsdicke und den Massenabsorptionskoeffizienten.
- Bei einem Absorptionsexperiment mit β -Strahlen durch Aluminiumfolien hat sich als Massenabsorptionskoeffizient $0,3 \text{ cm}^2/\text{g}$ ergeben.
 - Berechnen Sie die Halbwertsdicke.
 - Berechnen Sie die Halbwertsdicke für Eisen bei gleichen Rahmenbedingungen.

Sie wollen mehr für Ihr Fach? Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



Über 5.000 Unterrichtseinheiten
sofort zum Download verfügbar



Webinare und Videos
für Ihre fachliche und
persönliche Weiterbildung



Attraktive Vergünstigungen
für Referendar:innen mit
bis zu 15% Rabatt



Käuferschutz
mit Trusted Shops



Jetzt entdecken:
www.raabe.de