



SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

Experimente zur Untersuchung der Kernstrahlung

Das komplette Material finden Sie hier:

School-Scout.de



Experimente zur Untersuchung der Kernstrahlung

Dr. Rolf Winter, Potsdam

Jährlich erkranken in Deutschland Tausende Menschen an Krebs. Eine wirksame Methode zur Bekämpfung dieser Krankheit ist die Untersuchung und Therapie mithilfe von radioaktiver Strahlung. Da diese Strahlung aus dem Atomkern kommt, wird sie auch als **Kernstrahlung** bezeichnet.

In spannenden Experimenten untersuchen Ihre Schüler diesen Typ von Strahlung. Dabei setzen sie sich zunächst mit der Frage auseinander, wie Kernstrahlung entsteht, arbeiten die Eigenschaften dieser Strahlung heraus und lernen verschiedene Nachweisgeräte für Kernstrahlung kennen. Am Schluss gehen wir auf Anwendungen ein.



© Wikimedia Commons/Bionerd. Lizenz: CC BY-SA 3.0

Abb. 1: Patient unter Gammakamera (Schilddrüsen-Szintigraphie)

II/F

**Radioaktive Strahlen
können Krebstumore zerstören!**

Der Beitrag im Überblick	
<p>Klasse: 10–12</p> <p>Dauer: 11 Stunden</p> <p>Ihr Plus:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ viele interessante Experimente ✓ Erklärung der Funktionsweise der Nachweisgeräte für Kernstrahlung ✓ Erkennen der Bedeutung der Kernstrahlungsspektroskopie für die Erforschung der Kernphysik 	<p>Inhalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nachweisgeräte für Kernstrahlung • Experimente zur Untersuchung der α-, β- und γ-Strahlung • Beispiele für Anwendungen der Kernstrahlung: <ul style="list-style-type: none"> – Messungen der Radioaktivität in der Umwelt – Radionuklide in der medizinischen Diagnostik und Therapie – Radionuklide in der Technik

Hinweise zur Gestaltung des Unterrichts

Bezug zu den Physik-Lehrplänen

Im Themenfeld „Kernphysik“ finden sich beispielsweise folgende Stichpunkte:

Brandenburg: Gymnasiale Oberstufe

- Arten der natürlichen radioaktiven Strahlung
- radioaktive Strahlung in unserer Umwelt
- Absorptionsvermögen, Ionisierungsvermögen
- radioaktive Strahlung aus dem Atomkern, einfaches Kernmodell, Begriff stabiler und instabiler Atomkern, Halbwertszeit
- Einsatz radioaktiver Strahlung in der Technik

Bayern: Jahrgangsstufe 12

- Strahlungsarten und ihre grundlegenden Eigenschaften
- Funktionsprinzip eines Nachweisgeräts
- Zerfall radioaktiver Stoffe, Halbwertszeit
- biologische Strahlenwirkung und Strahlenschutz
- Radioaktivität in Medizin, Biologie und Technik
- Experimente zur Unterscheidung der Strahlungsarten

II/F

Einstieg anhand eines Beispiels aus der Medizin

Bei der Untersuchung einer tumorverdächtigen Schilddrüse mit einer sog. **Gammakamera** wird ein Radionuklid (z. B. Iod-131 oder Technetium-99) in eine Armvene gespritzt. Dieses Radionuklid reichert sich nach einer bestimmten Zeit in der Schilddrüse an. Die von ihm ausgesandte γ -Strahlung wird mit den in der Kamera angebrachten Szintillations-Detektoren gemessen (vgl. **M 11**). Ihre Intensität und Verteilung setzt man anschließend in ein farbvisualisiertes Bild um. Diese Bilder werden als **Szintigramme** bezeichnet (siehe **M 14**, Abb. 47).

Aus dem Verteilungsmuster der Radionuklide im Gewebe der Schilddrüse erhält der Arzt Erkenntnisse über tumorartige Veränderungen.



Abb. 1: Patient unter Gammakamera (Schilddrüsen-Szintigraphie)

© Wikimedia Commons/Bionerd. Lizenz: CC BY-SA 3.0

Besonderheiten des Themas

Bei der Behandlung der Kernstrahlung sollten Sie folgende Besonderheiten beachten:

- Wegen der großen erkenntnistheoretischen Bedeutung der **Kernspektroskopie** sollten Sie dieses Thema im Unterricht auch bei Zeitknappheit unbedingt behandeln. Ohne die Kernspektroskopie wäre beispielsweise die Entdeckung des von **Wolfgang Pauli** (1900–1958) hypothetisch vorausgesagten **Neutrinos** nicht möglich gewesen. Vorkenntnisse zu diesem Thema haben die Schüler aus der optischen Spektroskopie.

Die mithilfe der Kernspektroskopie durchgeführte **Messung der Umweltradioaktivität** liefert Hinweise auf die Art der Quelle.

- Zunächst sollten Sie Ihre Schüler mit der Existenz und dem Nachweis der Kernstrahlung bekannt machen und danach die Eigenschaften und Anwendungen vermitteln.
- Bei den Experimenten ist zu beachten, dass der **Nulleffekt** vor allem bei solchen Messungen eine Rolle spielt, bei denen er mehr als 10 % der Zählrate beträgt. Dem

statistischen Charakter der Emission von Kernstrahlung sollten Sie besondere Aufmerksamkeit widmen, da hier erstmalig im Physikunterricht ein bisher nicht behandelter Zusammenhang demonstriert wird. Der dabei einzuführende Begriff der **Halbwertszeit** gestattet ein quantitatives Erfassen der zufälligen Ereignisse.

- Die im Physikunterricht zur Verfügung stehenden **Experimentiergeräte** verschiedener Firmen unterscheiden sich in der Konstruktion, nicht aber in der Funktion. Bei der **Nebelkammer** sollten Sie darauf achten, dass die Mechanismen sowohl zur Expansion des Kammervolumens als auch zum Absaugen der Ionen möglichst einfach sind. Als Zählrohre sind **Fensterzählrohre** zu empfehlen, da sie sowohl für α - als auch für β - und γ -Strahlung geeignet sind.
- Für den Physikunterricht werden verschiedene **Strahlenquellen** angeboten. Die Strahlenschutzverordnung unterscheidet dabei zwischen Quellen, deren Aktivität unterhalb der sog. **Freigrenze** liegt, und solchen, bei denen die Aktivität größer ist als diese Grenze. Für den Umgang mit Strahlenquellen, deren Aktivität die Freigrenze nicht überschreitet, benötigt der Physiklehrer keine besondere Genehmigung. Wollen Sie jedoch im Physikunterricht mit Strahlenquellen experimentieren, deren Aktivität oberhalb der Freigrenze liegt, müssen Sie im Besitz der „**Fachkunde im Strahlenschutz**“ sein. Der Erwerb dieses Fachkundenachweises ist für Physiklehrer an die Teilnahme an einem speziellen Kurs gebunden. Die Modalitäten dazu sind in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich geregelt. Im Allgemeinen haben die Bildungs- bzw. Kultusministerien entsprechende Verwaltungsvorschriften erlassen, die Sie bei den zuständigen Schulämtern erfragen können.

Als gut geeignet für den Physikunterricht haben sich die α -Strahlenquellen **Ra-226** und **Am-241**, als β -Strahlenquellen **Sr-90** und **Kr-85** (β -Minus-Strahler) und als γ -Strahlenquellen **Cs-137** und **Co-60** erwiesen. Bei der β -Plus-Strahlenquelle **Na-22** ist zu beachten, dass sie nur eine verhältnismäßig kurze Lebensdauer hat (Halbwertszeit 2,6 Jahre). Aber auch **Uranglas, alte Leuchtzifferblätter, Thoriumglühstrümpfe, Bohnen, Pilze, rote Ziegelsteine, Holzasche und Paranüsse** eignen sich als Strahlenquellen, allerdings haben sie nur eine geringe Aktivität.

II/F

Bezug zu den Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz

Allg. physikalische Kompetenz	Inhaltsbezogene Kompetenzen Die Schüler ...	Anforderungsbereich
F 4, B 2 K 3	... kennen den Begriff „Kernstrahlung“ und können ihn in das Thema „Kernphysik“ einordnen,	I, II
F 1, F 2, B 1, K 1, K 3, K 7	... können hinsichtlich der Eigenschaften von Kernstrahlung Vergleiche zu geladenen Teilchen und zu Lichtquanten (Photonen) ziehen,	I–III
E 7, E 8, E 9, E 10	... können physikalische Fragestellungen mittels eines vorstrukturierten Experiments untersuchen,	I, II
K 5, K 6	... sind in der Lage, selbstständig Experimente mit Strahlenquellen durchzuführen und auszuwerten,	I, II
F 1, F 3 E 3, E 5	... können Anwendungen der Kernstrahlung mithilfe der Energiespektren beschreiben.	I–III

Für welche Kompetenzen und Anforderungsbereiche die Abkürzungen stehen, finden Sie auf der beiliegenden CD-ROM 46.

Mediathek

Fachbücher für weitere Hintergrundinformationen:

Meschede, Dieter (Hrsg.). Gerthsen Physik. Springer Verlag. Berlin Heidelberg 2006. Kap. 18.2 Radioaktivität

Tipler, Paul. Physik für Wissenschaftler und Ingenieure. Springer Verlag. Berlin Heidelberg 2015. Kap. 38.2 Radioaktivität

Hänsel/Neumann. Physik Band 3, Atome, Atomkerne, Elementarteilchen, Spektrum Akademischer Verlag 1995. Kap. 11, 12 und 13

Lexikon der Physik. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg Berlin 2000. Band 1–5

Wilke, Hans-Joachim (Hrsg.). Physikalische Schulexperimente Band 2. Volk und Wissen Verlag. Berlin 1999. S. 305–318

Wilke, Hans-Joachim (Hrsg.). Physikalische Schulexperimente Band 3. Volk und Wissen Verlag. Berlin 2002. S. 307–317

Quellen für Literaturwerte:

[1] Lederer, C. M. (Charles M., Hollander, J. M., & Perlman, I. (1967). Table of isotopes (6th ed.). New York: Wiley.

[2] Bearden, J. A. (1967). X-Ray Wavelengths. Reviews of Modern Physics, 39(1), 78–124.

Internet-Adressen

Sehr zu empfehlen sind die Seiten von LEIFI Physik, die Grundwissen, Experimente und Simulationen zum Thema Kernstrahlung bieten:

<http://www.leifiphysik.de/kern-teilchenphysik>

Hinweise zu verschiedenen Experimenten und Experimentiergeräten zur Kernstrahlung erhalten Sie z. B. bei:

<http://www.leybold-shop.de/physik/versuche-sek-ii-universitaet/atom-und-kernphysik.html>

und bei:

<https://www.phywe.de/de/catalogsearch/result/?q=kernstrahlung>

Eine interessante Zusammenfassung zur Wiederholung finden Sie im Schülerlexikon

<https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik/artikel/eigenschaften-radioaktiver-strahlung>

<https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/kapitel/72-physik-des-atomkerns>

Materialübersicht

⌚ V = Vorbereitungszeit SV = Schülerversuch Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt

⌚ D = Durchführungszeit LV = Lehrerversuch Fo = Folie

M 1	Ab	Frischen Sie Ihr Wissen auf!
M 2	Ab	Die Entstehung der Kernstrahlung
M 3	Ab	Nachweisgeräte für Kernstrahlung I
M 4	LV	Bestimmung der Reichweite von α-Strahlung mithilfe einer Expansionsnebelkammer
⌚ V: 10 min		<input type="checkbox"/> Expansionsnebelkammer
⌚ D: 20 min		<input type="checkbox"/> Strahlerstift Ra-226, 60 kBq oder 3,7 kBq
		<input type="checkbox"/> Gemisch aus Wasser und Alkohol (50 % Methanol oder Ethanol und 50 % reines Wasser)
		<input type="checkbox"/> Pipette
		<input type="checkbox"/> Experimentierleuchte mit Kondensator, $f = 100 \text{ mm}$
		<input type="checkbox"/> Stromversorgungsgerät für Experimentierleuchte
		<input type="checkbox"/> Lineal
		<input type="checkbox"/> Wolltuch
M 5	LV	Bestimmung der Halbwertszeit von Radon-220 mit einer Ionisationskammer
⌚ V: 15 min		<input type="checkbox"/> Ionisationskammer
⌚ D: 30 min		<input type="checkbox"/> Gefäß mit Thoriumsalz; Kunststoffflasche
		<input type="checkbox"/> Festwiderstand $50 \text{ M}\Omega$
		<input type="checkbox"/> Hochspannungsquelle, 2 kV
		<input type="checkbox"/> Messverstärker, 10^{-11} A
		<input type="checkbox"/> Messkabel BNC/ 4-mm-Stecker
		<input type="checkbox"/> Spannungsmessgerät, 3V, Strommessgerät
		<input type="checkbox"/> Schlauchklemme
		<input type="checkbox"/> Stoppuhr
M 6	SV/LV	Absorption von β-Strahlung mit einem Geiger-Müller-Zählrohr
⌚ V: 10 min		<input type="checkbox"/> Fensterzählrohr mit Anschlusskabel
⌚ D: 30 min		<input type="checkbox"/> Zählgerät
		<input type="checkbox"/> β -Strahler, z. B. Strontium-90
		<input type="checkbox"/> Absorberplatten aus Kunststoff, Aluminium, Eisen und Blei, je 1 mm
		<input type="checkbox"/> Absorberplatten aus Aluminium, 0,3 mm, 0,5 mm und 1,0 mm dick
M 7	LV	Aufnahme eines β-Spektrums mit einem Magnetspektroskop bei konstantem Bahnradius
⌚ V: 10 min		<input type="checkbox"/> Geiger-Müller-Zählrohr mit Zählgerät
⌚ D: 25 min		<input type="checkbox"/> β -Strahlungsquelle, z. B. Sr-90, Na-22
		<input type="checkbox"/> Magnetspektroskop mit Blendensystem und Öffnungen für Strahlenquelle, Zählrohr und Hallsonde

II/F

Materialübersicht – Fortsetzung

M 7	LV	Fortsetzung
⌚ V: 10 min		<input type="checkbox"/> Spule, 600 Wdg
⌚ D: 20 min		<input type="checkbox"/> U- und I-Kern, geblättert
		<input type="checkbox"/> runder Eisenkern zum Höhenausgleich des U-Kerns
		<input type="checkbox"/> Netzgerät, 20 V/5 A
		<input type="checkbox"/> Teslameter mit tangentialer Hallsonde
M 8	LV	Aufnahme eines β-Spektrums mit einem Magnetspektroskop bei konstanter Magnetfeldstärke
⌚ V: 10 min		<input type="checkbox"/> Geiger-Müller-Zählrohr mit Lochblende
⌚ D: 30 min		<input type="checkbox"/> Zählgerät
		<input type="checkbox"/> β -Strahlungsquelle, z. B. Kr-85, Na-22
		<input type="checkbox"/> Bleiabschirmung der Quelle
		<input type="checkbox"/> magnetisches Ablensystem, bestehend aus 6 Keramikmagnetplatten 125 x 80 x 15 mm
		<input type="checkbox"/> Distanzstücke, 1 cm
		<input type="checkbox"/> Teslameter mit tangentialer Hallsonde
		<input type="checkbox"/> Lineal
M 9	Ab	Nachweisgeräte für Kernstrahlung II
M 10	Fo	Kernstrahlungsdetektoren
M 11	LV	Aufnahme eines γ-Spektrums mit einem Szintillationsdetektor
⌚ V: 10 min		<input type="checkbox"/> Szintillationsdetektor für γ -Strahlung
⌚ D: 35 min		<input type="checkbox"/> Hochspannungsnetzgerät, 1 kV
		<input type="checkbox"/> γ -Strahler, z. B. Co-60, Cs-137
		<input type="checkbox"/> Oszilloskop
		<input type="checkbox"/> Computer-Messwerterfassungssystem, bestehend aus Vielkanalimpulshöhenanalysator (VKA), PC und spezieller Software
		<input type="checkbox"/> Digitalkamera mit Stativ
M 12	LV	Aufnahme eines α-Spektrums mit einem Halbleiterdetektor
⌚ V: 10 min		<input type="checkbox"/> Strahlenquelle, z. B. Am-241, Ra-226
⌚ D: 35 min		<input type="checkbox"/> Halbleiterdetektor mit Vorverstärker
		<input type="checkbox"/> Vakuumkammer für Spektroskopie
		<input type="checkbox"/> Vakuumpumpe
		<input type="checkbox"/> Computer-Messwerterfassungssystem, bestehend aus Vielkanalimpulshöhenanalysator (VKA), PC und spezieller Software
M 13	Ab	Anwendungen der Kernstrahlung
M 14	Fo	Anwendungen der Kernstrahlung

Die Erläuterungen und Lösungen zu den Materialien finden Sie ab Seite 36.

Minimalplan

Bei Zeitknappheit können Sie ein oder zwei Experimente Ihrer Wahl weglassen.

M 1 Atomkern im Modell – frischen Sie Ihr Wissen auf!

Modelle für den Atomkern gibt es viele. Mit jedem lassen sich bestimmte Eigenschaften des Kerns erklären, aber mit keinem Modell kann alles erklärt werden. Das ist analog zu den Modellen für die Atomhülle.

Es haben sich **drei Kernmodelle** bewährt:

(1) Tröpfchenmodell:

Das Tröpfchenmodell behandelt den Kern ähnlich wie einen Flüssigkeitstropfen. Danach verhalten sich die Nukleonen eines Atomkerns wie die Moleküle einer Flüssigkeit. Ähnlich wie Kohäsionskräfte die Moleküle zu einem Tropfen vereinen, halten Kernkräfte die Nukleonen zusammen. Diese Kernkräfte werden als **starke Wechselwirkung** bezeichnet, die nur im Innern des Atomkerns wirken und selbst da nur zwischen benachbarten Nukleonen. Das Tröpfchenmodell verschafft eine Einsicht in den Verlauf der Bindungsenergie eines Kerns und damit dessen Masse (Abb. 2).

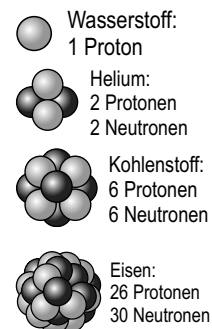


Abb. 2: Tröpfchenmodell

(2) Schalenmodell:

Es ist bekannt, dass es bei bestimmten Werten der Protonen- bzw. der Neutronenanzahl in einem Atomkern zu Besonderheiten kommt. Sie werden deshalb als **magische Zahlen** bezeichnet. Beträgt die Anzahl der Neutronen eines Kerns 2, 8, 20, 28, 50 oder 82, gibt es besonders viele **stabile Isotope** des betreffenden Nuklids. Ist auch die Anzahl der Protonen entsprechend, weisen die Kerne außergewöhnlich **hohe Bindungsenergien** auf. Vergleicht man dieses Verhalten mit der Atomhülle, kann dem Atomkern durch die Einführung von **Quantenzahlen** auch eine Schalenstruktur zugeschrieben werden. Die Nukleonen befinden sich also in diskreten Energiezuständen. Das Schalenmodell des Atomkerns erklärt damit die diskreten Energien der α -Teilchen und der γ -Quanten (Abb. 3).

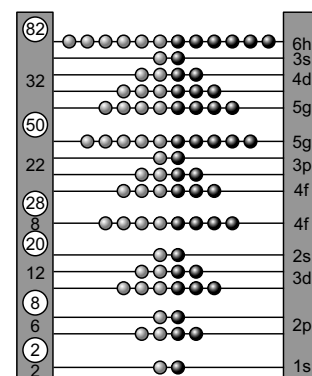


Abb. 3: Schalenmodell

(3) Potenzialtopfmodell:

Die Anordnung der Protonen und Neutronen im Atomkern kann mithilfe eines Potenzialansatzes beschrieben werden. Den einfachsten Fall stellt ein **Kastenpotenzial** dar (Abb. 4). Hierbei ist die potenzielle Energie konstant innerhalb des Kerns und null außerhalb des Kerns. Da die Protonen neben der starken Wechselwirkung auch noch der **Coulombabstoßung** unterliegen, ist ihr Potenzialtopf nicht so tief wie derjenige der Neutronen. Außerdem wirkt die Coulombabstoßung noch über den Kernrand hinaus, sodass sich auf der Protonenseite ein **Potenzialwall** anschließt. Für die Besetzung der Energieniveaus gilt wie bei den Elektronen in der Atomhülle das **Pauli-Prinzip**: Zwei Teilchen dürfen nicht in allen Quantenzahlen übereinstimmen. Wie die Elektronen besitzen die Nukleonen eine **Spinquantenzahl** mit den Werten $+1/2$ oder $-1/2$. Daher gibt es für die Protonen bzw. Neutronen pro Energieniveau nur je zwei Plätze.

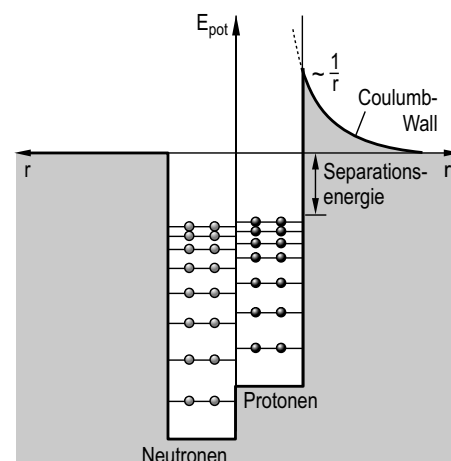


Abb. 4: Potenzialtopfmodell

Separationsenergie ist die zur Abtrennung eines Neutrons bzw. Protons von einem Atomkern nötige Energie.

II/F



SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

Experimente zur Untersuchung der Kernstrahlung

Das komplette Material finden Sie hier:

School-Scout.de

