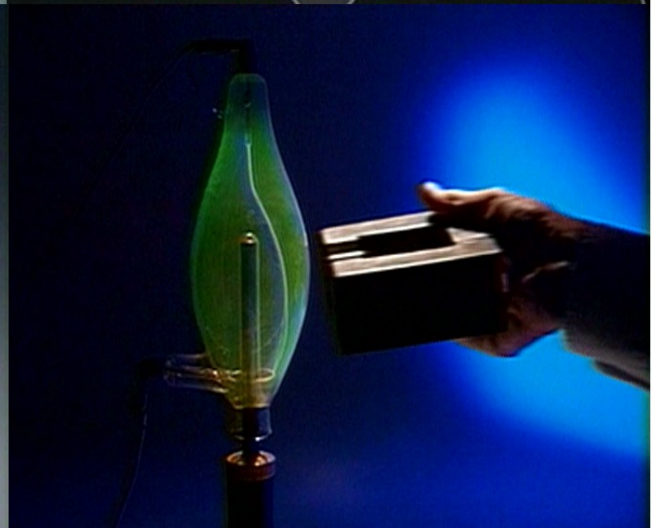
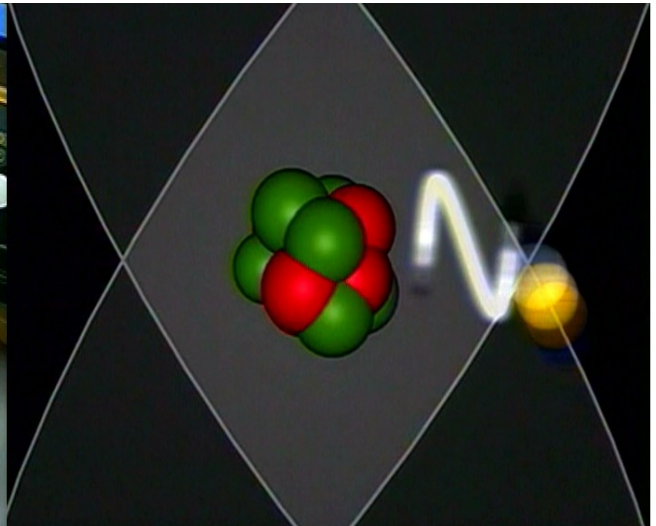


RADIOAKTIVITÄT

12255



MEDIENBEGLEITHEFT zur DVD
15 Minuten, Produktionsjahr 2006

<u>Verwendung:</u>	Physik
<u>Schulstufe:</u>	9. – 12. Schulstufe (5. – 8. Klasse)
<u>Didaktische Ziele:</u>	

Die Schüler sollen 3 Schlüsselbegriffe der Radioaktivität verstehen, jeder Film dauert 5 Minuten und trägt einen eigenen Titel:

1. Feststellung und Ursprung der Radioaktivität
2. Arten und Eigenschaften
3. Messung und Halbwertszeit

Merke: Um nur Film 2 und 3 zu zeigen, mit „skip“ bis zum betreffenden Titel springen.

Hintergrundinformation zum Video

Die Kernphysik befasst sich mit dem Studium radioaktiver Elemente. Radioaktivität äußert sich in der spontanen (= nicht von außen hervorgerufenen) Abgabe von Teilchen oder Strahlen aus dem Atomkern eines radioaktiven Elements. Nicht alle Atomkerne zerfallen von selbst, die meisten sind stabil.

Die üblichen Strahlungsarten werden Alpha (α), Beta (β) und Gamma (γ) genannt. α - und β -Strahlung bestehen aus Teilchen mit bestimmter Masse und Energie. Dies hat zur Folge, dass der zurückbleibende Kern – das Tochternuclid – sich vom Ausgangskern – dem Mutternuclid – in Masse und Protonenzahl unterscheidet, d.h., dass ein neues Element gebildet wird.

γ -Strahlung ist hochenergetische elektromagnetische Strahlung (Licht sehr kurzer Wellenlänge). Sie tritt nur gemeinsam mit α - und β -Strahlung auf. Ihre Emission hat keine Elementumwandlung zur Folge, sie dient zur energetischen Stabilisierung des entstandenen Kerns – in der Zerfallsgleichung wird der energiereiche Kern durch ein „m“ (metastabil) nach der Massenzahl gekennzeichnet – und ist für dieses Nuclid charakteristisch („die heiße Tochter kühlt ab“).

Wegen der hohen Energie der radioaktiven Strahlung ist diese schädlich; sie erzeugt sog. „spurs“ in der Materie, Bahnen, entlang derer sie Ionen, freie Elektronen, radikale und zerstörte Moleküle zurücklässt.

Trotzdem gibt es viele praktische Anwendungen radioaktiven Materials, deren Aktivität bzw. Zerfallsrate aber genau bekannt sein muss. Da der Zerfall bekannten Gesetzen folgt, kann Radioaktivität zur Altersbestimmung, in der Tumorthherapie und der Tracer-Technik (Verfolgung der Wege, die eine Substanz in einem Organismus nimmt) verwendet werden. Außerdem kann sie zur Beobachtung des Verlaufs chemischer Reaktionen (z.B. Veresterung, Verseifung etc.) herangezogen werden, was die Möglichkeit eröffnet, in den chemischen Reaktionsmechanismus gezielt einzugreifen, um z.B. neue Medikamente zu erzeugen.

Mit Hilfe eines Geiger-Müller-Zählrohres (kurz: Geigerzähler) kann radioaktive Strahlung detektiert und gemessen werden. Es ist eine sog. Ionisationskammer: Tritt Strahlung durch ein Fenster ein, trifft sie auf ein Gas und ionisiert dieses (Stoßionisation, - daher spricht man auch von „ionisierender Strahlung“). Die entstandenen Elektronen und Kationen werden durch die angelegte Hochspannung zu den jeweiligen Polen „gesaugt“ und erzeugen dort einen Stromstoß, der verstärkt, elektronisch verarbeitet und angezeigt wird. Mit einem Geigerzähler können aber nur α - und β -Strahlung gemessen werden.

Die Radioaktivität wurde 1896 von Henry Becquerel entdeckt. „Zufällig“ entwickelte er eine photographische, in Papier gewickelte Platte, auf der eine Probe Kaliumuranyl-sulfat gelegen war, und stellte eine Schwärzung dieser fest. Da eine solche Platte sich nur im Licht schwärzt, konnte es, da Licht fehlte, nur die Uranverbindung sein, die die Schwärzung hervorrief.

1911 erfand C.T.R. Wilson die Nebelkammer. In ihr befindet sich (erzeugt durch kurzes, rasches Abkühlen) ein übersättigtes Alkohol-/Wasserdampfgemisch. Entlang der Bahnen der radioaktiven Strahlen werden Luftmoleküle ionisiert, die wiederum als Kondensationskeime für den Dampf dienen. Es entstehen kleine Tröpfchen (Nebel) entlang des Weges, den die Teilchen nehmen.

Kurzinhalt der Videos

Radioaktivität umgibt und immer und überall. Sie stammt aus diversen Quellen. Radioaktivität ist unsichtbar. Zwei Experimente sollen ihre Wirkung demonstrieren: In einem wird Becquerels erste Entdeckung der Radioaktivität auf photographischem Film wiederholt, das andere zeigt den Weg radioaktiver Strahlen in einer Nebelkammer.

Eine Hauptanwendung der Radioaktivität ist die Nuklear-Medizin: Gezeigt wird die Wirkungsweise von „Tracer“-Substanzen bei der Diagnose der Nierenfunktion. Die Halbwertszeit von radioaktivem Barium wird berechnet und die Schüler sollen die Halbwertszeit des Tracers berechnen, der einer Patientin in Film 3 appliziert wird.

Das Programm erfolgt in 3 Teilen: 1 - Feststellung und Ursprung, 2 - Arten und Eigenschaften, 3 - Nutzung der Radioaktivität und Messung der Halbwertszeit. In der Folge wird jeder Teil noch im Detail beschrieben.

1. Feststellung und Ursprung

Radioaktivität ist unsichtbar. Ein Geiger-Müller Zählrohr kann sie detektieren und quantitativ messen. Er ist eigentlich ein Gerät, das Gas-Ionisierung zählt. Die Strahlung tritt durch ein Fenster in die Ionisationskammer und ionisiert ein oder mehrere Gas-Atome (Stoßionisation). Die entstandenen Elektronen und positiven Ionen erzeugen einen elektrischen Stromstoß der weitergeleitet, verstärkt und auf einem Zähler oder anderem Anzeigegerät dargestellt wird. Der Geigerzähler kann nur Alpha- und Betastrahlung feststellen.

Wo immer man sich befindet, herrscht eine Hintergrund-Radioaktivität die von verschiedenen Materialien abgegeben wird, etwa Steine, die Uran enthalten und Leuchtfarben, die Radium enthalten. Auch kosmische Strahlung aus dem Weltraum zählt zur radioaktiven Strahlung.

Um Radioaktivität zu verstehen muss man die atomare Struktur betrachten. Der Kern eines radioaktiven Atoms ist instabil, kann jederzeit spontan und zufällig zerfallen und dabei Radioaktivität freisetzen.

Radioaktivität wurde als erstes von dem französischen Wissenschaftler Henri Becquerel vor über 100 Jahren entdeckt. Er fand, dass gewisse Gegenstände, auf eine lichtdicht verpackte Photoplatte gelegt, Spuren hinterlassen. Man kann dieses Experiment nachvollziehen, indem man radioaktive Gegenstände auf eine lichtdicht verschlossene Schachtel legt, in der ein photographischer Film eingeschlossen ist. Der entwickelte Film ist an bestimmten Stellen geschwärzt, verursacht durch radioaktive Strahlung.

Eine andere Methode, radioaktive Strahlung zu sehen, bietet die Nebelkammer. Sie enthält übersättigtes Alkohol-/Wasserdampfgemisch und eine Quelle für radioaktive Alpha-Strahlung. Die Strahlung durchdringt das Dampfgemisch und hinterlässt eine Spur von Ionen, an denen der Dampf zu Tröpfchen kondensiert, wodurch die Spur, d.h. der Weg des ionisierenden α -Teilchens als Nebelstreif sichtbar wird.

2. Arten und Eigenschaften

Es gibt 3 Arten natürlicher radioaktiver Strahlung: Alpha (α -), Beta(minus) (β^-) und Gamma (γ)-Strahlung.

Eine β^- -Quelle (Sr-90) liefert 600 Impulse pro Sekunde. Durch ein Blatt Papier kann die Zählrate verringert, durch eine dünne Aluminiumplatte auf annähernd Null reduziert werden (Umgebungs- und Streustrahlung bleiben). β^- -Strahlung ist ein Teilchenstrom, bestehend aus hochenergetischen, negativ geladenen Elektronen, die aus dem Kern stammen. Sie entstehen durch die Umwandlung eines Neutrons in ein Proton und eine Elektron (und eine Antineutrino). Sie werden von Materie leicht absorbiert (Reichweite in Luft ca. 1 m, in Papier einige mm) und durch Magnetfelder abgelenkt. Diese Ablenkung ist Folge der Lorentz-Kraft für den Elektronenstrom („Drei-Finger-Regel“ der linken Hand).

Eine α -Quelle (Am-241) liefert 500 Impulse pro Sekunde. Die Strahlung wird durch ein Blatt Papier vollständig abgeschirmt. α -Teilchen sind Heliumkerne mit der Masse $4u$ und der Ladung $2+$, besteht also aus 2 Protonen und 2 Neutronen. Sie hinterlassen in Materie kurze Spurs mit hoher Energiedichte.

Frage im Film: In welcher Weise werden Alpha-Teilchen in einem positiven oder negativen Magnetfeld beeinflusst?

Antwort: Der positiv geladene α -Teilchenstrom wird von einem Magnetfeld ebenso wie die β^- -Strahlung durch die Lorentz-Kraft abgelenkt. Die Ablenkung erfolgt aber in die andere Richtung („Drei-Finger-Regel“ der rechten Hand) und ist wegen der großen Masse wesentlich schwächer.

γ -Strahlung besteht aus vom Kern emittierten Photonen, also elektromagnetischen Wellenpaketen (Quanten) mit hoher Frequenz. (kurzwelliges Ende des Elektromagnetischen Spektrums) mit hoher Energie. Aufgrund der fehlenden Ladung gehen sie nur selten Wechselwirkungen mit Materie ein und haben daher hohe Durchdringungskraft.

Eine γ -Quelle (Cs-137) liefert 500 Impulse pro Sekunde. Weder ein Blatt Papier noch eine Aluminiumplatte können die Impulsrate verringern, werden also glatt durchdrungen. Erst mehrere Plättchen aus Blei verursachen eine deutliche Verringerung der Impulsrate. Von einem Magnetfeld werden γ -Strahlen nicht abgelenkt.

3. Verwendung von Radioaktivität und Messung der Halbwertszeit

In den Nuklear-Abteilungen der Krankenhäuser wird Radioaktivität in vielfacher Weise für Diagnose und Therapie verwendet.

Im im Film gezeigten Beispiel wird einer Patientin eine Tracer-Substanz injiziert, die sich im Zielorgan Niere sammelt. Beim Zerfall des Radionuclids wird γ -Strahlung emittiert, die den Körper durchdringt und in einer γ -Kamera ein Bild erzeugt. durch die Beobachtung der sich mit der Zeit verändernden Bilder kann die Funktion des Organs überprüft werden.

Radioaktive Atome zerfallen und wandeln sich dabei in andere Atome um. Sind diese nicht mehr radioaktiv, verringert sich mit der Zeit die Aktivität der Probe.

Die Aktivität von Barium-137m wird über einen Zeitraum gemessen und in einem Impulsrate/Zeit-Diagramm dargestellt. Die Zeit, in der die Impulsrate auf die Hälfte ihres ausgangswertes abnimmt, heißt „Halbwertszeit“ ($t_{1/2}$).

Die Impulsrate des Tracers im Körper der Patientin im Film waren:

Zeit:	9.00	11.00	13.00
Impulse/Sekunde:	112 Mio	88 Mio	67 Mio

Frage im Film: Technetium 99m hat eine Halbwertszeit von 6 Stunden. Wie stark wird die Aktivität von Technetium 99m in 24 Stunden sinken?

Antwort: Wenn die Erstmessung von Technetium 99m 80 Impulse/Sek. war, ist der Wert nach 24 Stunden nur noch 5 Impulse/Sek. Die folgende Aufstellung zeigt diese Abnahme der Werte innerhalb von 24 Stunden:

Zeit in Stunden	0	6	12	18	24
Impulse/Sekunde:	80 Mio	40 Mio	20 Mio	10 Mio	5 Mio

Nach der Vorführung der Filme

Die folgenden Fragen sollen die Diskussion in der Klasse anregen:

Frage: Was sind die charakteristischen Eigenschaften von stabilen und instabilen Atomen?

Antwort: Elemente mit einer höheren Ordnungszahl als 83, etwa Radium, sind alle radioaktiv. Oder genauer: Elemente sind radioaktiv, wenn das Verhältnis von Neutronenzahl zu Protonenzahl eine Stabilitätsgrenze übersteigt.

Die stabilsten Elemente haben niedrige Ordnungszahl und gleich viele Neutronen wie Protonen. Ist die Ordnungszahl höher als 20, haben stabile Elemente mehr Neutronen als Protonen. Elemente jenseits der Stabilitätsgrenze geben spontan radioaktive Strahlung ab.

Frage: Vergleichen Sie die Durchdringungskraft, die Masse und die Ladung von Beta-, Alpha- und Gamma-Strahlung.

Antwort: Die verschiedenen Teilchen oder elektromagnetischen Strahlen, die vom Atomkern ausgesandt werden, besitzen verschiedene kinetische Energie ($E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$). Die Geschwindigkeit v ist proportional der Durchdringungskraft der Teilchen oder Strahlen. Alpha-Teilchen, die viel langsamer sind als Beta-Teilchen, haben nur ein Hundertstel der Durchdringungskraft der Beta-Teilchen. Alpha-Teilchen können Haut nicht durchdringen aber schädigen, da sie ihre Energie auf sehr kurzer Strecke abgeben. D.h. Jedes getroffene Teilchen der Haut bekommt sehr viel Energie (\rightarrow Verbrennungen). Der „Schädigungsfaktor“ von α -Strahlung ist etwa der 20-fache des von β^- - oder γ -Strahlung.

Beta-Teilchen dagegen können die Haut durchdringen. Gamma-Strahlen können zufolge ihrer Durchdringungskraft sowohl Haut als auch innere Organe durchdringen und schädigen.

Die folgende Aufstellung informiert über Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlen:

<u>Art der Strahlen</u>	<u>Symbole</u>	<u>Ladung</u>
Alpha	α , ${}^4_2\alpha$, ${}^4_2\text{He}^{2+}$	2 +
Beta	β , ${}^0_{-1}\beta$, ${}^0_{-1}\text{e}$, β^- , e^-	1 -
Gamma	${}^0_0\gamma$	0

Die hochgestellte Zahl im Symbol bezeichnet die Masse des Teilchens, die tief gestellte die Ladung. Ein Alpha-Teilchen z.B. hat die Masse 4 und die Ladung 2+

Frage: Wie unterscheiden sich Gamma- von Alpha- und Beta-Strahlen und woher rührt ihre starke Durchdringungskraft?

Antwort: Gamma-Strahlung ist im Gegensatz zu Alpha- und Beta-Strahlung eine elektromagnetische Strahlung. Das elektromagnetische Spektrum zeigt die verschiedenen Typen der elektromagnetischen Strahlen. Sichtbares Licht, das wir am besten kennen, erstreckt sich über Wellenlängen von 400 bis 700 nm

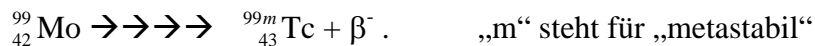
(1 nm = $1 \cdot 10^{-9}$ m, also ein Milliardstel Meter). Die Frequenz des sichtbaren Lichts ist um 10^{15} /sec. Gammastrahlung hat eine Wellenlänge von 10^{-4} nm (= ein Zehn-tausendstel nm) und eine Frequenz um 10^{21} /sec. Da die Frequenz proportional zur Energie ist, ist Gamma-Strahlung 10^6 (1 Million) mal höher energetisch als sichtbares Licht. Jede elektromagnetische Strahlung kann entweder als Welle oder als Quanten, sog. Photonen, beschrieben werden.

Die Energie elektromagnetischer Strahlung ist proportional zu ihrer Frequenz (f):

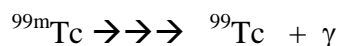
$$E = h \cdot f \quad (h = \text{Planck'sches Wirkungsquantum, } 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js})$$

Frage: Entwickeln Sie Formeln für die Halbwertszeit einer radioaktiven Substanz, von Technetium-99m, von Cobalt-60!

Antwort: Technetium ist ein Radio-Isotop das nicht natürlich vorkommt. Molybdän-99 ergibt durch Beta-Zerfall Technetium-99m, wie die folgende Gleichung zeigt:



Technetium-99m zerfällt langsam mit einer Halbwertszeit von 6 Stunden durch Abgabe von Gamma-Strahlung in stabiles Tc:

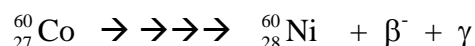


Die Zerfallsgeschwindigkeit einer radioaktiven Substanz wird normalerweise durch die Halbwertszeit ausgedrückt, $t_{1/2}$ der Substanz.

Die Gleichung lautet: $t_{1/2} = \frac{0,693}{k}$

Die Halbwertszeit bezieht sich auf die Zeit die vergeht, bis die Hälfte der Substanz zerfallen ist. Die Zerfallskonstante k ist charakteristisch für die radioaktive Substanz. Stellt man in einem Diagramm die Masse oder Teilchenzahl N einer Probe der Zeit gegenüber, kann man bestimmen, welche Zeit eine bestimmte Substanzmenge zum Zerfall benötigt.

Cobalt-60 wird für die Behandlung gewisser Krebsarten verwendet. Die Gleichung seines Zerfalls in einfachere Atome lautet:



Frage: Wie kann die Halbwertszeit eines radioaktiven Kerns definiert werden?

Antwort: Das ist die Zeit, in der der Kern mit 50%iger Wahrscheinlichkeit zerfällt.

Diese Frage soll auf die statistische Deutung des radioaktiven Zerfalls überleiten.

Forschen und Untersuchen

1. Welche Rolle hat Marie Curie in der Geschichte der Radioaktivität gespielt?
2. Schadet jede Art von Strahlung der Gesundheit? Was macht Strahlung gefährlich?
3. Was passierte Uhrmachern, die Radium verwendeten, um die Zeiger zum Leuchten zu bringen?
4. Forschen Sie nach, ob es ein besseres Material als Blei gibt, um Gammastrahlen während einer Röntgenaufnahme abzuschirmen. Was sind dessen Vor- und Nachteile?
5. Was für praktischen Nutzen haben Alpha-, Beta- und Gammastrahlen?
6. Wenn man Strahlung in irgendeiner Form für medizinische Zwecke nutzt – gibt es schädliche Effekte auf andere Körperteile? Warum oder warum nicht?
7. Was ist der Barium-Schlucktest und wozu dient er?
8. Untersuchen Sie, ob Radon-Gas in Ihrer Wohnung auftritt. Welche Gebiete in Österreich weisen erhöhte Radon-Dichten auf? (Wald- und Mühlviertel, Gastein, etc.)

Medieninhaber und Herausgeber:
BUNDESMINISTERIUM FÜR UNTERRICHT;
KUNST UND KULTUR

Medienservice

1014 Wien, Minoritenplatz 5

Tel. 01/53 120-4829, Fax: 01/53 120-4848

E-Mail: medienservic@bmukk.at

Bestellungen:

AMEDIA Servicebüro

1140 Wien, Sturzgasse 1a

Tel. 01/982 13 22, Fax: 01/982 13 22-311

E-Mail: office@amedia.co.at

Verlags- und Herstellungsort: Wien