

Experimente mit Radioaktivität

von
Günter Wahl

1. Auflage

Franzis-Verlag 2012

Verlag C.H. Beck im Internet:
www.beck.de

ISBN 978 3 645 65111 0

Günter Wahl

FRANZIS
EXPERIMENTE



Experimente mit **Radioaktivität**

Günter Wahl
Experimente mit Radioaktivität

Günter Wahl



Experimente mit Radioaktivität

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Hinweis: Alle Angaben in diesem Buch wurden vom Autor mit größter Sorgfalt erarbeitet bzw. zusammengestellt und unter Einschaltung wirksamer Kontrollmaßnahmen reproduziert. Trotzdem sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Der Verlag und der Autor sehen sich deshalb gezwungen, darauf hinzuweisen, dass sie weder eine Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernehmen können. Für die Mitteilung etwaiger Fehler sind Verlag und Autor jederzeit dankbar. Internetadressen oder Versionsnummern stellen den bei Redaktionsschluss verfügbaren Informationsstand dar. Verlag und Autor übernehmen keinerlei Verantwortung oder Haftung für Veränderungen, die sich aus nicht von ihnen zu vertretenden Umständen ergeben. Evtl. beigefügte oder zum Download angebotene Dateien und Informationen dienen ausschließlich der nicht gewerblichen Nutzung. Eine gewerbliche Nutzung ist nur mit Zustimmung des Lizenzinhabers möglich.

© 2012 Franzis Verlag GmbH, 85540 Haar bei München

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträgern oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt.

Die meisten Produktbezeichnungen von Hard- und Software sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im Wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

Satz & Layout: Fotosatz Pfeifer, 82166 Gräfelfing

art & design: www.ideehoch2.de

Druck: GGP Media GmbH, Pößneck

Printed in Germany

ISBN 978-3-645-65111-0

Vorwort

Seit der Entdeckung der verschiedenen Wellenarten rückte die Frage nach dem Wesen der Strahlungen und ihrer Bedeutung für das Leben immer mehr in den Mittelpunkt des naturwissenschaftlichen Interesses. Auch der Laie will wissen, wie sich die Strahlen auf ihn und sein persönliches Leben auswirken können. Normalerweise denkt er bei seinen Fragen zunächst an das sichtbare Licht, etwa die Sonnenstrahlen, die an einem schönen Sommertag durch das Fenster fallen und wie goldene Fäden das Zimmer durchweben. Aber was hier sichtbar wird, sind gar nicht die Strahlen, sondern Staubteilchen, die im Licht aufleuchten. Grundsätzlich sind Strahlen Träger von Energie, die z. B. von einer Strahlenquelle, einem Energiezentrum wie der Sonne, einer Kerze, einem Heizstrahler, einem Lebewesen oder auch einem radioaktiven Mineral entweder sichtbar oder unsichtbar ausgesandt wird. Die stärkste Strahlenausendung ist bei den radioaktiven Stoffen zu finden, deren Atome durch die heftige Wirkung sogar zerfallen können. Wer der Frage nach Ursache und Ursprung der Kernstrahlung nachgeht, erfährt in diesem Buch wesentliche Zusammenhänge.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Strahlenalarm	9
2 Was ist Radioaktivität?	11
3 Atomzerfall	13
4 Halbwertszeit	15
5 Alpha-Zerfall	17
6 Beta-Zerfall	19
7 Gamma-Zerfall	19
8 Neutronenstrahlung	20
9 Wie radioaktive Strahlung gemessen wird	21
9.1 Counts (Impulszählung)	21
9.2 Gray	21
9.3 Sievert	21
9.4 Becquerel	22
10 Strahlung und lebendes Gewebe	23
11 Sicherheitsvorkehrungen	25
11.1 Strahlenschäden und Grenzwerte	25
11.2 Strahlenschutzmaßnahmen	26
12 Strahlenschutz bei Experimenten	29
13 Quellen radioaktiven Materials	31
13.1 Leuchtziffern älterer Uhren	31
13.2 Rauchmelder	32

13.3	Glühstrumpf einer Camping-Gasleuchte	32
13.4	Emaillierte Kochtöpfe	32
13.5	Radongas.	33
13.6	Goldschmuck.	33
13.7	Proben von Uran ²³⁵ und Uran ²³⁸	33
13.8	Mineralien	33
14	Experimente mit einer Nebelkammer	35
15	Bau eines Geigerzählers	39
16	Transistor-Strahlendetektor	45
17	Szintillations-Strahlendetektor	49
18	Geigerzähler mit Glimmröhre im Netzbetrieb	53
19	Geigerzähler mit Glimmröhren im Batteriebetrieb	59
20	Fachlexikon	65
21	AUSBLICK	75
21.1	Warum brauchen wir die Kernfusion und nicht die Kernspaltung? ...	75
21.2	Exotische Experimente zur Kernfusion	77
21.3	Die Zukunftsaussichten der Kernfusion.	81

13 Quellen radioaktiven Materials

Wenn Sie in einem Labor oder in einer Universität arbeiten, so ist laborgerechtes radioaktives Material leicht zugänglich. Für den Heim-Experimentator wird es sicher schwieriger, an entsprechende radioaktive Proben zu gelangen. Aber in fast jedem Haushalt kann man solches Material für Experimente finden. Hier einige Beispiele:

13.1 Leuchtziffern älterer Uhren

Deren Zeiger und Ziffern leuchten auch im Dunkeln ohne äußere Energiezufuhr. Das leuchtende Material besteht aus einer Phosphor-Verbindung und schwachaktivem Radium mit einer Halbwertszeit von 16000 Jahren. Entfernen Sie die Glasabdeckung eines alten Weckers oder Armbanduhr vom Flohmarkt, und Sie haben eine Low-Level-Radiumquelle.

Radium wird heute in Uhren fast nicht mehr verwendet. Statt dessen kommt das Element Tritium zum Einsatz. Dieses hat eine sehr viel geringere Strahlung, die auf keinen Fall das Uhrengehäuse durchdringen kann (siehe *Abb. 7a*).



Abb. 7a: Low-Level-Radiumquelle

13.2 Rauchmelder

Fast jeder ältere Ionisations-Rauchmelder enthält eine Ionisations-Kammer mit einer kleinen Menge Americium²⁴¹, einem künstlichen Element. Es steht in der Periodentabelle zwei Stufen über dem Plutonium. Da Americium²⁴¹ ein ziemlich radioaktiver Stoff ist, wird in den Rauchmeldern nur eine sehr geringe Menge mit $1\mu\text{Curie} = 37.000$ Becquerel verwendet. Die heute weit verbreiteten optischen Rauchmelder enthalten keine radioaktiven Stoffe, Sie müssten sich also einen alten, gebrauchten Ionisations-Rauchmelder beschaffen. Americium²⁴¹ hat eine Halbwertszeit von ca. 12 Jahren.

13.3 Glühstrumpf einer Camping-Gasleuchte

Obwohl es auf keiner Packung angegeben ist, sind viele Glühstrümpfe mit radioaktivem Thorium imprägniert. Verwenden Sie nur neue Glühstrümpfe (siehe *Abb. 7b*).



Abb. 7b: Glühstrumpf einer Camping-Gasleuchte

13.4 Emaillierte Kochtöpfe

In vielen Glasierungen von Kochtöpfen und Geschirr ist Uranoxid enthalten. Auch Fliesen enthalten manchmal erhebliche Mengen an Radioaktivität. Suchen Sie im Haushalt nach gelben, orangefarbenen oder roten Töpfen und testen Sie diese mit einem der später beschriebenen Detektoren.

13.5 Radongas

In der Erdkruste ist das Element Radon enthalten. Dieses zerfällt leicht zu radioaktivem Radongas und dringt durch Ritzen aus dem Boden in Kellerräume bis ins Erdgeschoss. Unbelüftete Räume können mit der Zeit erhebliche Mengen an Radongas ansammeln. Die Menge des Radongases aus dem Boden kann je nach Ort sehr unterschiedlich sein. Ein guter Strahlendetektor, wie in diesem Buch beschrieben, kann dieses Radongas nachweisen.

13.6 Goldschmuck

Es gab einmal eine Zeit, da wurde Gold als Umhüllung für schwach radioaktives Material verwendet. Das Gold wurde dadurch radioaktiv und behielt diese Radioaktivität bei der Wiederverwertung nach dem Einschmelzen. Das geschmolzene Gold wurde wieder zu Schmuck verarbeitet, wieder eingeschmolzen und wieder zu Schmuck verarbeitet, usw. usw. Die Radioaktivität aus dieser Zeit hat sich durch das Vermischen mit nichtradioaktivem Gold immer mehr verdünnt, ist aber heute noch besonders in älteren Schmuckstücken nachweisbar.

13.7 Proben von Uran235 und Uran238

Winzige Proben können manchmal über Zulieferer von Laborbedarf bezogen werden. Einige Lieferanten weigern sich, an Privatpersonen zu liefern. Hier ist es Ihrem Einfallreicherum überlassen, sich so etwas zu beschaffen. Schulen und Universitäten werden im allgemeinen mit solchen relativ ungefährlichen Proben beliefert.

Manchmal gibt es auch aus alten Militärbeständen radioaktive Proben. Diese Proben wurden dazu benutzt, die Strahlungsdetektoren regelmäßig zu testen. Die Radioaktivität dieser Proben ist genau angegeben und man kann damit Detektoren auf Funktion und Genauigkeit prüfen.

13.8 Mineralien

Auf Mineralien-Börsen werden schwach radioaktive Gesteinsproben angeboten, die meist aus dem Erzgebirge oder aus dem Schwarzwald stammen (*siehe Abb. 7c*).



Abb. 7c: Mineral aus dem Erzgebirge

14 Experimente mit einer Nebelkammer

Radioaktive Partikel sind viel zu klein, um sie mit den Augen oder einem Elektronenmikroskop sichtbar zu machen. Jedoch kann man die Spuren solcher Teilchen in einer einfachen Nebelkammer mit dem bloßen Auge sehen. Vielleicht haben Sie schon einmal im Physik- oder Chemieunterricht mit einer Nebelkammer experimentiert. Hier eine Anleitung, wie sie so etwas zu Hause machen können:

Als Zutaten für eine Nebelkammer benötigen Sie eine Plastikschüssel mit eng anliegendem, gut durchsichtigem Deckel, einige Würfel Trockeneis (gefrorenes Kohlendioxid), ein wenig Brennspiritus und eine Strahlungsquelle.

Bevor sie mit Trockeneis hantieren, sollten Sie sich mit den Sicherheitstipps für Trockeneis beschäftigen. Die Eisstücke haben eine Temperatur von -110 Grad und dürfen nur mit Lederhandschuhen berührt werden, keinesfalls mit der bloßen Hand, starke Verbrennungen wären die Folge. Der Transport muss in einer Kühltasche oder in einer Thermoskanne erfolgen, der Deckel der Thermoskanne darf keinesfalls dicht verschlossen werden (Explosionsgefahr). Da das Trockeneis aus gefrorenem Kohlendioxid besteht, gibt es bei Erwärmung Kohlendioxidgas ab. Dieses Kohlendioxid kann den Luftsauerstoff in einem Raum komplett verdrängen und so zur Erstickung führen (Haustiere, Babys, schlafende Menschen). Keinesfalls dürfen Sie Trockeneis in einem Keller lagern. Das Kohlendioxid ist sehr viel schwerer als Luft, es lagert sich unsichtbar am Boden ab. Ein Kilogramm Trockeneis kann den gesamten Sauerstoff aus einem Raum von unten beginnend verdrängen. Da Kohlendioxid *vollkommen geruchlos* ist, kann ein geschlossener Raum, wie etwa ein Keller, zur Todesfalle werden. Lagern sie das Trockeneis nur in einem gut durchlüfteten, oberirdischen Raum.

Die Plastikschüssel sollte einen klaren durchsichtigen Deckel besitzen und einen flachen Boden, der innen schwarz gefärbt ist. Kleben Sie einen ca. 1,5 cm breiten Streifen Samt um den Innenrand der Schale, wie in *Abb. 7d* gezeigt. Wenn der Kleber trocken ist, können Sie loslegen.

Nehmen Sie eine Kuchenbackform, stellen sie diese zur thermischen Isolation auf ein Handtuch und geben Sie etwas Trockeneis hinein. Die Fläche des Trockeneises sollte nur wenig größer sein als der Boden der Plastikschüssel und die Höhe ca. 1 cm. Man braucht nicht mehr Trockeneis, aber weniger könnte zu schlechten Ergebnissen führen. Tränken Sie den Samt in der Plastikschüssel unter Zuhilfenahme eines Pinsels mit dem unverdünntem Brennspiritus, je satter, desto besser. Als Nächstes legen Sie die Strahlungsquelle in die Mitte der Schale, schließen den Deckel und stellen die ge-

schlossene Schale auf das Trockeneis in der Kuchenbackform. Lassen Sie das Ganze ca. 10 bis 15 Minuten ruhig ohne Zugluft stehen.



Abb. 7d: Kleben Sie den Samtstreifen an den oberen Rand der Schüssel und tränken Sie ihn mit Brennspritus.

Verdunkeln Sie den Raum so gut wie möglich und leuchten Sie mit einer Taschenlampe von oben oder vom Rand her in die Schüssel. Das Innere sollte nebelig aussehen. Der verdampfende Alkohol aus dem Samt hat eine gesättigte Alkohol-Atmosphäre im Innern erzeugt, man kann auch sagen, es entstand eine kleine, in sich geschlossene Alkohol-Wolke.

Suchen Sie im Nebel nach geraden oder gekrümmten hellen Linien. Dabei müssen Sie mit der Position der Taschenlampe etwas experimentieren. Je schärfer und gebündelter der Lichtstrahl ist, desto deutlicher sind diese Linien sichtbar. Die Linien im Nebel sind die Spuren von radioaktiven Zerfallsprodukten. Die radioaktiven Partikel stoßen auf ihrem Weg durch die Wolke mit einigen Alkoholmolekülen zusammen. Diese werden dabei ionisiert. An die ionisierten Moleküle lagern sich weitere Moleküle an und bilden schließlich ein Tröpfchen. Viele solcher winzigen Tröpfchen hintereinander gereiht sind als Spur eines radioaktiven Partikels sichtbar (*Abb. 8*).

Gute Ergebnisse erzielt man mit zahlreichen kräftigen radioaktiven Proben etwa von Uranoxid oder mit einer stecknadelkopfgroßen Radiumprobe. Schlechte Ergebnisse erhält man mit Thorium-imprägnierten Glühstrümpfen von Camping-Gasleuchten und Americium²⁴¹ aus alten Ionisations-Rauchmeldern. Wenn Sie die Proben austauschen, sollten Sie den überschüssigen Alkohol aus der Schale entfernen und den

Samtstreifen wieder gut mit Alkohol tränken. Danach müssen Sie wieder ca. 10 bis 15 Minuten warten, bis Sie eventuelle Spuren betrachten können.

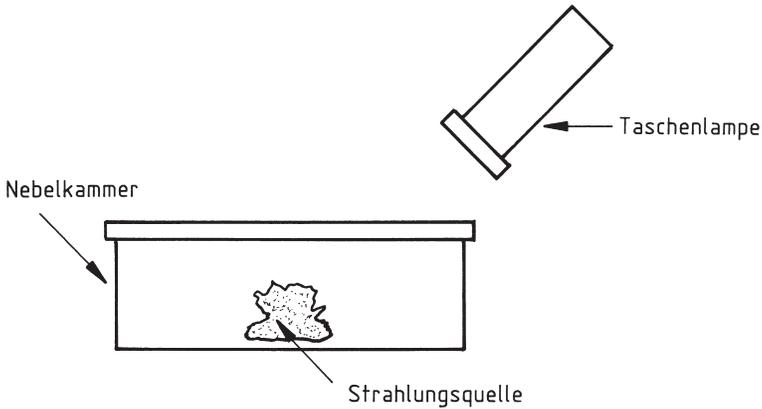


Abb. 8: Für beste Sichtbarkeit der radioaktiven Spuren leuchten Sie seitlich quer oder seitlich schräg von unten in die Schüssel.

16 Transistor-Strahlendetektor

Aus einem einfachen Silikon-Transistor lässt sich ein Strahlendetektor basteln, der allerdings nicht sehr empfindlich ist. Verwenden Sie einen NPN-Transistor in einem TO-5 Gehäuse, z. B. 2N3429.

Entfernen Sie vorsichtig das Oberteil des Metallgehäuses mittels einer feinen Drahtzange oder fräsen Sie mit einer Minibohrmaschine das obere Teilstück weg. Eventuell müssen Sie mehrere Versuche unternehmen, bis es klappt und das Substrat innen nicht beschädigt wird bzw. die entstehenden Metallspäne keinen Kurzschluss verursachen.

Nach dem Öffnen untersuchen Sie das Innere mit einer starken Lupe auf Beschädigungen und Schmutz. Erscheint alles OK, verbinden Sie den Transistor mit einem Audioverstärker wie in *Abb. 13*. Löschen Sie alle Lichter im Raum und schützen Sie das Substrat vor Sonnenlicht. Schalten Sie den Verstärker ein. Jetzt sollten Sie ein Rauschen hören.



Abb. 13: Nach dem Entfernen der Metallkappe des Transistors schließen Sie ihn an einen Audioverstärker an. Der Basisanschluss bleibt offen. Falls Sie übermäßiges Rauschen hören, polen Sie die Anschlüsse C und E mal probeweise um.

Prüfen Sie, ob das Rauschen stärker wird, wenn Sonnenlicht auf den Transistor fällt. Das Licht einer Leuchtstofflampe sollte ein lautes Brummen erzeugen. Der Transistor ist für Infrarot empfindlich und gibt eine Spannung proportional zur einfallenden Lichtmenge ab. Eine Leuchtstofflampe leuchtet in Europa genau 100-mal in der Sekunde auf (50 Hz). Deshalb entsteht dieser Brummtön.

Legen Sie eine starke Strahlungsquelle direkt neben den Transistor. Sie sollten ein schwaches, aber deutliches Klicken hören. Eine gute Strahlungsquelle für diesen Versuch ist das Americium²⁴¹ aus einem Ionisations-Rauchmelder. Wenn Sie nichts hö-

ren, drehen Sie den Verstärker lauter auf. Es könnte auch sein, dass Sie es mit einem anderen Transistor versuchen müssen.

Denken Sie daran, dass dies nur eine sehr rudimentäre Form eines Transistor-Strahlungsdetektors ist. Die zur Verfügung stehende Detektionsfläche ist nur winzig und dünn, deshalb treffen nicht sehr viele Partikel auf die kleine Substratsfläche. Viele Partikel schießen daran vorbei oder gehen ungehindert durch.

Um bessere Ergebnisse zu erhalten, können Sie die Schaltung nach *Abb. 14* versuchen. Diese hat eine mehr als 1000-fache Verstärkung. Auch hier darf kein Licht auf den Transistor fallen. Das Licht würde die Empfindlichkeit stark herabsetzen.

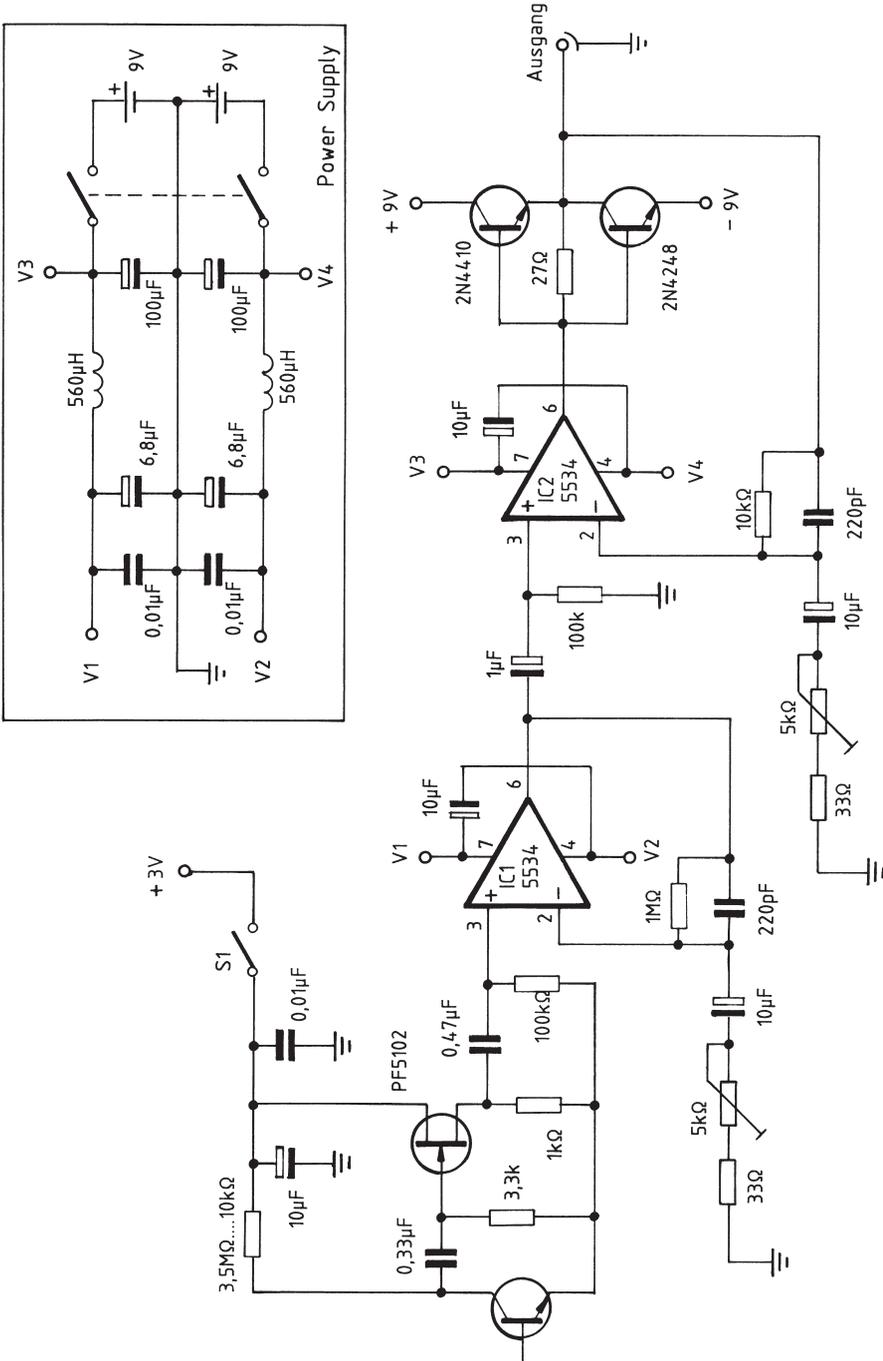


Abb. 14: Ein besonders empfindlicher Verstärker zum Anschluss an den Transistor-Strahlen-Detektor.



Günter Wahl



Experimente mit Radioaktivität

In diesem Buch erfahren Sie, wie Kernstrahlung entsteht und welche Eigenschaften einschließlich Gefahren sie beinhaltet. Obwohl man Kernstrahlung nicht hören, sehen oder riechen kann, lässt sie sich auf einfache Weise nachweisen. Den Schwerpunkt des Buches bildet der Bau eines einfachen Geigerzählers. Mit dessen Hilfe können zum Beispiel versteckte Strahlenquellen ausfindig gemacht werden.

Wer tiefer in diese Materie einsteigen will, kann mittels einer selbstgebauten Nebelkammer den Flug von Kernteilchen beobachten.

Aus dem Inhalt

- Atomzerfall
- Halbwertszeit
- Alpha-, Beta- und Gammastrahlen
- Wie wird Strahlung gemessen?
- Strahlungsauswirkung auf lebende Zellen
- Quellen radioaktiver Strahlung im normalen Umfeld
- Nebelkammer-Experimente
- Selbstbau eines Geigerzählers
- Strahlungsdetektor mit Transistor
- Strahlungsdetektor mit Szintillationsrohr

ISBN 978-3-645-65111-0



9 783645 651110

19,95 EUR [D]

Besuchen Sie uns im Internet: www.franzis.de