Zeitschrift: Helvetica Physica Acta

Band: 18 (1945)

Heft: III

Artikel: Eine einfache Absorptionsmethode zur Energiebestimmung intensitätsschwacher -Spektren

Autor: Huber, O. / Lienhard, O. / Scherrer, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-111605

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 01.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Eine einfache Absorptionsmethode zur Energiebestimmung intensitätsschwacher β-Spektren

von **O. Huber, O. Lienhard, P. Scherrer** und **H. Wäffler.**

(6. III. 1945.)

---

1. Zur Bestimmung der Maximalenergie der β-Strahlen eines radioaktiven Isotops werden hauptsächlich die folgenden drei Methoden benützt:

a) β-Spektrograph nach Danysz
b) Wilsonkammer mit Magnetfeld
c) Absorptionsmessungen.

a) Die genauesten Werte liefert der β-Spektrograph. Die naturgemäss sehr kleine „Lichtstärke" dieses Apparates erfordert intensive Strahlenquellen. Die untere Grenze für die Präparatstärke liegt bei etwa 10^4 β-Teilchen/sec.

b) In der Wilsonkammer kann, im Gegensatz zum β-Spektrographen, der nützliche Raumwinkel sehr gross gemacht werden. Anderseits setzt die kurze Bereitschaftsdauer der Kammer die Ausbeute der Messung stark herab. Um auf jeder Aufnahme mehrere ausmessbare Spuren zu erhalten, benötigt man Präparate, welche einige hundert Teilchen/sec emittieren.

c) Die Absorptionsmessung nach Feather beruht auf der Bestimmung der *Reichweite* der emittierten β-Teilchen und liefert mittelst der von ihm gefundenen Energie-Reichweite Beziehung[1]) sehr genaue Werte für die Maximalenergie des β-Spektrums. Eine exakte Reichweitebestimmung erfordert jedoch eine Aufnahme der Schwächungskurve bis auf etwa $1/10^0/_{00}$ der Anfangsintensität. Es kommen also auch für diese Messmethode nur Präparate, welche mindestens 10^3 Teilchen/sec emittieren, in Frage.

2. Bei den drei genannten Methoden gelangt das aktive Präparat fast immer in dünner Schicht (Schichtdicke $\ll$ Reichweite der β-Strahlen) zur Messung. Bei der Erzeugung radioaktiver Isotope sowohl unter Einwirkung von γ-Strahlen (Kernphotoeffekt) als auch von Neutronen erhält man infolge des grossen Durchdringungsvermögens dieser beiden Strahlenarten die Aktivität am stärksten

---

[1]) N. Feather, Proc. Cambr. Phil. Soc. **34**, 599, 1938.

durch Bestrahlung der Präparate in *dicker* Schicht (Schichtdicke ~ Reichweite der β-Teilchen). Eine Anreicherung des aktiven Isotops, wie sie für eine Energiemessung nach einer der unter a) bis c) genannten Methoden unerlässlich ist, erweist sich in den meisten Fällen als unmöglich. Trotzdem wäre es sehr oft wünschenswert, auch hier einen Anhaltspunkt über die Energie der emittierten β-Strahlen zu besitzen. Zu diesem Zweck haben wir versuchsweise die Schwächungskurven einiger in der genannten Weise erzeugten β-Strahler in Aluminium gemessen. Es ergab sich dabei in allen Fällen ein *exponentieller* Abfall der Strahlungsintensität mit zunehmender Absorberdicke bis zu Schichtdicken, welche die Anfangsintensität auf einen Drittel und weniger heruntersetzen. Dieser Umstand gestattet, die *Halbwertsdicke* eines β-Spektrums durch Aufnahme einiger weniger Punkte der Schwächungskurve zu bestimmen. Trägt man nun für einige β-Strahler, deren Maximalenergien bekannt sind, die so ermittelten *Halbwertsdicken* in Abhängigkeit von den *maximalen Energien* auf, so zeigt sich, dass der Zusammenhang zwischen diesen beiden Grössen praktisch *linear* ist. In Tab. 1 sind die an 6 β-Strahlern gemessenen Halbwertsdicken

Tabelle 1.

Aktives Isotop	Benützte Kernreaktion	Maximalenergie $E_{\beta\,\max}$ (MeV)	Halbwertsdicke (g/cm² Al)
P^{32}	$S^{32}(n, p)$	1,72[1])	0,090
Zn^{63}	$Zn^{64}(\gamma, n)$	2,320[2])	0,148
Al^{28}	$Si^{28}(n, p)$	2,98[3])	0,182
Ne^{23}	$Na^{23}(n, p)$	$4{,}1 \pm 0{,}3$[4])	0,248
Cl^{38}	$Cl^{37}(n, \gamma)$	4,99[5])	0,350[6])
N^{16}	$F^{19}(n, \alpha)$	6,0[7])	0,439[6])

sowie ihre aus der Literatur entnommenen Maximalenergien zusammengestellt. Fig. 1 zeigt die dazugehörige Halbwertsdicke-Energie-Gerade. Ihre Gleichung lautet:

$$E_{\max} = (12{,}30\, H + 0{,}63)\ \text{MeV} \qquad \text{Halbwertsdicke } H \text{ in g/cm}^2\text{ Al.}$$

[1]) J. H. Lawson: Phys. Rev. **56**, (1939) 131.
[2]) A. A. Townsend: Proc. Roy. Soc. **A**, **177**, 357 (1941).
[3]) Eklund und Hole: Ark. Mat. Astr. fys. **29 A** (1943)1.
[4]) E. Pollard und W. W. Watson: Phys. Rev. **58**, 12 (1940).
[5]) Y. Watase und J. Stoh: Proc. phys.-math. Soc. Japan (3) **22**, 623 (1939).
[6]) Gemessen von O. Hirzel, Diplomarbeit ETH. 1944, unveröffentlicht.
[7]) W. A. Fowler, L. A. Delsasso und C. C. Lauritsen: Phys. Rev. **49**, 561 (1936).

Diese Gerade kann nun dazu dienen, bei noch unbekannten β-Spektren aus der Halbwertsdicke auf die Maximalenergie zu schliessen. Ihre Neigung dürfte noch etwas von der geometrischen Anordnung abhängen. Wir verwenden bei unseren Messungen Aluminiumzählrohre von 2,5 cm Durchmesser, 5 cm Zähldrahtlänge und 0,1 mm Wandstärke. Ihre Füllung besteht aus Argon mit einem Zusatz von Alkoholdampf (Gesamtdruck ca. 100 mm Hg). Die Absorber sind als genau auf das Zählrohr passende Aluminiumzylinder ausgebildet. Die Präparate sind ebenfalls Hohlzylinder von 2.8 cm Innendurchmesser und 8—10 cm Länge.

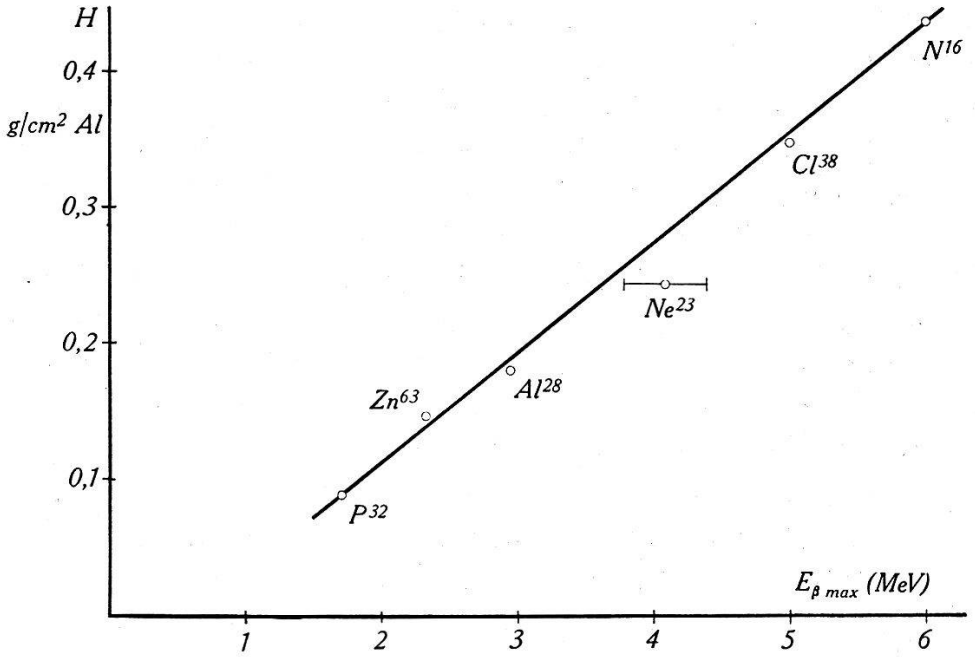

Fig. 1.

Zusammenhang zwischen Halbwertsdicke und Maximalenergie.

3. Die Absorptionsmessung der aus dicker Schicht austretenden β-Teilchen erlaubt eine genaue Bestimmung ihrer Maximalenergie insofern, als ein *einfaches* Spektrum vorliegt. Dagegen lässt sie im allgemeinen nicht entscheiden, ob ein β-Spektrum einfach ist oder ob es sich aus zwei Teilspektren zusammensetzt und liefert im zweiten Falle einen Wert, der zwischen den Maximalenergien der beiden Teilspektren liegt. In den Fällen, wo der β-Zerfall auf einen angeregten Zustand des Folgekerns führt, welcher seinerseits unter Emission von γ-Strahlung in den Grundzustand übergeht, ergibt die Absorptionsmethode über den von den β-Teilchen mitgeführten Anteil der Zerfallsenergie Aufschluss. Allgemein lässt sich sagen, dass diese Methode eine Bestimmung der *unteren Grenze* der bei einem β-Übergang frei werdenden Zerfallsenergie erlaubt. Ihr

Anwendungsbereich beschränkt sich auf sehr schwache, durch Kernphotoeffekt oder Neutronenbestrahlung erzeugte radioaktive Präparate. Hier allerdings erweist sie sich häufig als ein nützliches Hilfsmittel für die Zuordnung noch unbekannter Isotope. Mit unserer Anordnung konnten wir in einigen Fälle bei sehr schwachen Präparaten, welche ohne Absorber eine Ausschlagszahl von nur 3 Stössen/sec am Zählrohr ergaben, in dem durch die Kurve Fig. 1 gegebenen Energiebereich die Grenzenergie des β-Spektrums mit einer Genauigkeit von $\pm$ 0,2 MeV bestimmen.

4. *Einige Messergebnisse.*

a) *Die in Chlor mit schnellen Neutronen erzeugte 14,5 + 1 sec Aktivität.* Wie bereits beschrieben[1]), tritt bei Bestrahlung von Chlor mit den Neutronen einer (Ra + Be)-Quelle eine Aktivität der Halbwertszeit $T = 14{,}5 \pm 1$ sec (*mittlerer* Fehler) auf. Es kommt eine der beiden Reaktionen $Cl^{37}(n,p)S^{37}$, $Cl^{37}(n,\alpha)P^{34}$ in Frage, so dass eines der beiden noch unbekannten Isotope S^{37}, P^{34} vorliegt. Die Absorptionsmessung ergab eine Halbwertsdicke von 0,340 g/cm², die dazu gehörende β-Energie beträgt $E_{\beta\,max} \geqq 4{,}9$ MeV. (Nach einer freundlichen Mitteilung der Herren Bleuler und Zünti, denen die chemische Trennung der beiden radioaktiven Isotope gelang, handelt es sich um das Isotop P^{34}).

b) *Das Sauerstoffisotop* O^{19} *(T = 31 sec).* P. Scherrer, P. Huber und J. Rossel[2]) bestimmen die Energietönung der Kernreaktion $F^{19}(n,p)O^{19}$ zu $Q = +0{,}48$ MeV. Mit diesem Wert berechnet sich die *obere* Grenze für die Maximalenergie des β-Spektrums von O^{19} als Massendifferenz $O^{19}-F^{19}$ zu $E_{\beta\,max} = 0{,}28$ MeV. Diese Energie wäre für ein radioaktives Isotop so kurzer Lebensdauer auffallend klein und fällt bei Eintragung in das Sargent-Diagramm stark aus der Reihe der bekannten Kerne heraus. Deshalb erschien es uns interessant, das noch unbekannte β-Spektrum des O^{19} hinsichtlich seiner Energie nach der Absorptionsmethode zu untersuchen. Die Messung ergab eine Halbwertsdicke von 0,235 g/cm², woraus für die Maximalenergie des β-Spektrums $E_{\beta\,max} \geqq 3{,}2$ MeV folgt. Dieser Wert stellt somit eine *untere* Grenze für die Massendifferenz O^{19}—F^{19} dar, die Energietönung der Reaktion $F^{19}(n,p)O^{19}$ wird also negativ $(-Q) \geqq +2{,}44$ MeV.

c) Der Kernphotoeffekt mit der Lithium-Gammastrahlung ($h\nu = 17$ MeV) führt an Praseodym auf das radioaktive Isotop

---

[1]) O. Huber, O. Lienhard und H. Wäffler: H.P.A. **15**, 314 (1942).

[2]) H.P.A. **14**, 618 (1941).

[3]) de Wire, Pool, Kurbatow: Phys. Rev. **61**, 564 (1942).

Pr^{140}, $T = 3{,}6 \pm 0{,}2$ min, gemäss der Reaktion $Pr^{141}(\gamma, n)Pr^{140}$. Die Halbwertsdicke dieses Positronenspektrums wurde zu 0,156 g/cm² Al gemessen, was einer Maximalenergie von 2,5 MeV entspricht. Ein uns nach Abschluss dieser Messung zugegangener Bericht der Physical Abstracts resumiert eine Arbeit amerikanischer Forscher[1]), die aus Wilsonaufnahmen die obere Grenze des Positronenspektrums von Pr^{140} zu $E_{\beta\,\max} = 2{,}40 \pm 0{,}15$ MeV erhalten. Aus der guten Übereinstimmung dieser beiden Werte kann man schliessen, dass beim Pr^{140} ein *einfaches* β^+-Spektrum vorliegt.

Dem Jubiläumsfonds E.T.H. danken wir für die Überlassung von Mitteln zur Anschaffung von Apparaten.

Zürich, Physikalisches Institut der E. T. H.

---

[1]) DE WIRE, POOL und KURBATOW: Phys. Rev. **61**, 564 (1942).