

## Strahlungsparameter eines 6,12-MeV-Niveaus von $\text{Pr}^{141}$

Von HANS H. FLEISCHMANN und FRIEDRICH W. STANEK

Laboratorium für Technische Physik der TH München  
(Z. Naturforschg. 18 a, 555–556 [1963]; eingegangen am 2. März 1963)

In einer früheren Arbeit<sup>1</sup> wurde die Möglichkeit untersucht, mit Hilfe der diskreten Linien von Neutroneneinfangspektren die Strahlungsparameter einzelner hochangeregter Niveaus, deren Anregungsenergie zufällig hinreichend genau mit der Energie einer Linie des Spektrums übereinstimmt, zu messen. Gleichzeitig wurden zwei Beispiele solcher zufälliger Resonanzen angegeben und ihre Strahlungsbreiten bestimmt. Inzwischen sind von BEN-DAVID und HUEBSCHMANN<sup>2</sup> noch weitere Resonanzen gefunden worden; wobei jedoch noch keine Angaben gemacht wurden, die eine Ermittlung der Strahlungsbreiten erlauben. In der hier beschriebenen Arbeit wurden diese nun für die von ihnen angegebene Resonanz zwischen der 6,12-MeV-Linie des  $\text{Cl}$ -Einfangsspektrums und einem Niveau des  $\text{Pr}^{141}$  bestimmt.

Die experimentelle Anordnung ist die gleiche wie in Anm.<sup>1</sup> beschrieben. Die Quelle bestand aus 16 g  $\text{CaCl}_2$  p. A., deren Temperatur etwa 50 °C betrug. Als Untersuchungs- bzw. Vergleichssubstanzen wurde Pulver von  $\text{PrO}_2$  bzw.  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  oder  $\text{CeO}_2$  verwendet, das in dünnwandige Messingrohre gepreßt wurde. Absorber und Streuer wurden hierbei nur gewichtsmäßig abgeglichen. Bei den Messungen auf Normaltemperatur bestanden die Streuer aus je 54 g  $\text{PrO}_2$  bzw.  $\text{Nd}_2\text{O}_3$ . Bei den Messungen der Temperaturabhängigkeit wurden, gut wärmeisoliert, zwei heizbare Streukörper aus je 40 g  $\text{PrO}_2$  eingebaut, deren Temperatur durch Thermoelemente bestimmt werden konnte; die Temperaturkonstanz betrug hierbei etwa 10 bis 20°. Zur Messung der absoluten Größe des Resonanzeffektes mit diesen Streuern bei Normaltemperatur wurde zuletzt noch ein gleichgebauter  $\text{Nd}_2\text{O}_3$ -Streuer verwandt.

Die Messungen der Selbstabsorption und der Absorption in Paraffin liefen wie schon in Anm.<sup>1</sup> beschrieben ab; bei den Messungen der Temperaturabhängigkeit des Streuquerschnittes wurden jeweils zwei Runden gefahren, bei denen nur die Heizung jeweils des unteren bzw. oberen Streuers eingeschaltet wurde. Bei der Messung der Temperaturabhängigkeit der Selbstabsorption wurde sodann wieder ein vierfacher Zyklus unter Vertauschen der Absorber und der Heizung gefahren. Eine Änderung der Lage der Streukörper während dieser Messungen wurde vermieden, sie könnte höchstens durch Temperatureinflüsse einige 1/10 mm betragen haben.

## Ergebnisse

Abb. 1 und Abb. 2 zeigen die mit den 54 g-Streukörpern aufgenommenen Spektren und das eigentliche Resonanzspektrum als Differenz von beiden. In der angegebenen Weise wurde nun zuerst die Abhängigkeit des effektiven Streuquerschnittes von der Temperatur des Streukörpers für diese Linie gemessen<sup>3</sup>. Das Ergebnis zeigt Abb. 3 zusammen mit der für den angegebenen Wert des Abstandes der beiden Linien voneinander folgenden theoretischen Kurve. Der Streuquerschnitt nahm mit steigender Temperatur ab. Die Selbstabsorptionsmessungen bei Zimmertemperatur ergaben für Absorber mit je 16,8 g/cm<sup>2</sup>  $\text{PrO}_2$  bzw.  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  eine Verringerung des Resonanzeffektes um  $(3,7 \pm 1,4)\%$ ; für Absorber von je 35,3 g/cm<sup>2</sup>  $\text{PrO}_2$  bzw.  $\text{CeO}_2$  eine solche von  $(14,8 \pm 1,5)\%$ , woraus nach Korrektur auf die elektronischen Querschnitte<sup>4</sup> für den Selbstabsorptionsquerschnitt  $\sigma_{SA}$  die Werte  $(1,24 \pm 0,24)$  b bzw.  $(1,06 \pm 0,14)$  b, im Mittel also etwa  $(1,12 \pm 0,12)$  b folgen. Bei einer Streuertemperatur von 530 °C ergab sich eine Verringerung von  $\sigma_{SA}$  um  $(20 \pm 8)\%$ .

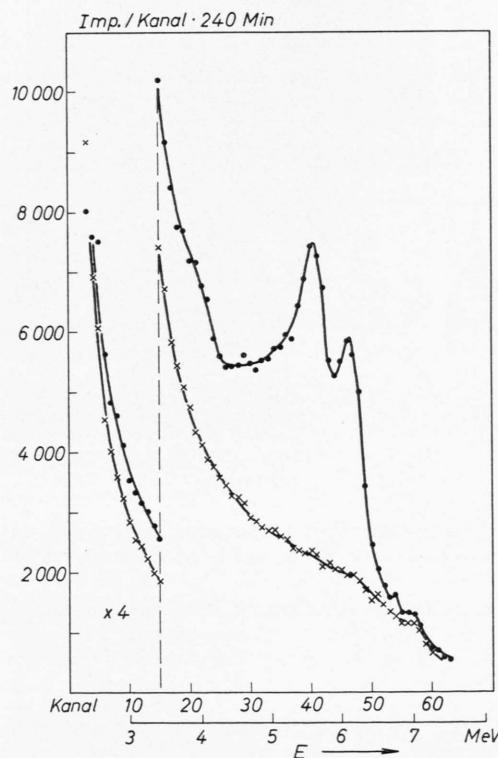


Abb. 1. Streuspektren mit  $\text{PrO}_2$ - bzw.  $\text{Nd}_2\text{O}_3$ -Streukörpern von je 54 g.

<sup>3</sup> Eine Änderung der Quelltemperatur, die auf Grund der wesentlich kleineren Masse der Quellkerne größere Effekte liefern hätte, war aus experimentellen Gründen nicht möglich.

<sup>4</sup> C. M. DAVISSON u. R. D. EVANS, Rev. Mod. Phys. 24, 79 [1952].

<sup>1</sup> H. H. FLEISCHMANN, erscheint demnächst in Ann. Phys., Lpz.  
<sup>2</sup> G. BEN-DAVID (DAVIS) u. B. HUEBSCHMANN, Phys. Letters 3, 87 [1962].



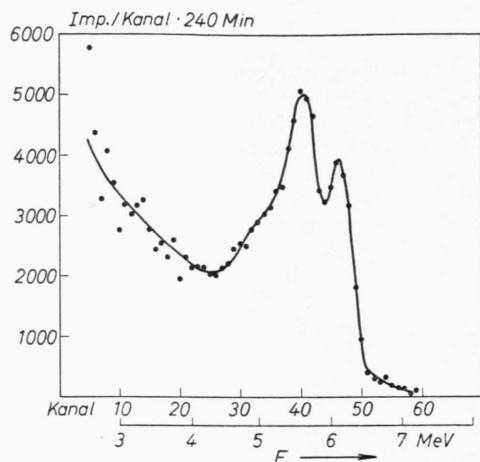


Abb. 2. Differenz der beiden Spektren von Abb. 1.

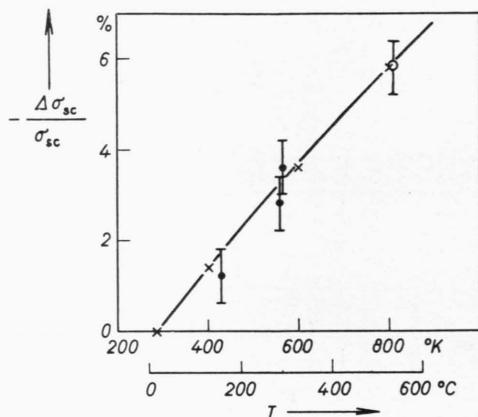


Abb. 3. Temperaturabhängigkeit des Resonanzeffektes (Änderung gegenüber der Streuung bei Zimmertemperatur).

### Auswertung

Auf Grund der Verringerung des Streuquerschnittes  $\sigma_{sc}$  mit steigender Temperatur muß der Abstand von Quell-Linie und Resonanzniveau kleiner als die thermische Linienbreite sein, wie es auch die Größe von  $\sigma_{sc}$  schon vermuten läßt. In diesem Gebiet läßt sich die GAUSS-Näherung für die Form der Resonanzlinie im allgemeinen sehr gut verwenden. Unter der weiteren

Annahme, daß die Effektiv-Temperaturen von Quelle und Streukörpern gleich den gemessenen sind, erhält man damit einen Abstand der beiden Linien

$$(E_0 - E_R) = (5,03 \pm 0,15) \text{ eV.}$$

Mit diesem Wert ergibt sich weiterhin aus den in Anm.<sup>1</sup> eingeführten Formeln eine Grundübergangsbreite von

$$\gamma_0 = \frac{2 J_g + 1}{2 J_a + 1} (100 \pm 15) \text{ meV.}$$

Der Spin des angeregten Niveaus  $J_a$  muß dabei noch offen bleiben ( $J_g = 5/2$ ). Bei dieser hohen Übergangswahrscheinlichkeit kommt jedoch nur eine elektrische Dipol-Strahlung in Frage, so daß  $3/2 \leq J_a \leq 5/2$  sein muß. Für die Selbstabsorption bei  $530^\circ\text{C}$  ergibt sich aus dem errechneten Wert von  $(E_0 - E_R)$  eine Verringerung von etwa 25%, die gut mit dem experimentellen Wert übereinstimmt. Unter der Annahme einer Quellintensität von 11 Quanten pro 100 Einfangen, was etwa der Mittelwert der beiden von GROSHEV<sup>5</sup> angegebenen Werte ist, ergab sich ein mittlerer Streuquerschnitt von 280 mb, was bei einer Unsicherheit von einem Faktor von knapp 1,5 gut mit dem von BEN-DAVID angegebenen Wert übereinstimmt. Mit dem obigen Wert von  $(E_0 - E_R)$  berechnet sich daraus ein Verzweigungsverhältnis  $\gamma/\gamma_0 = 0,43$  ( $\sigma_{SA}/\sigma_{sc} \approx 1,7$ ), was sehr gut mit dem in Abb. 2 dargestellten Teil des Resonanzspektrums verträglich ist, da der Wiederanstieg bei kleinen Energien im wesentlichen echt sein dürfte. Hieraus ergibt sich gleichzeitig eine Rechtfertigung für die oben eingeführte GAUSS-Näherung.

Bei  $\text{Pr}^{141}$  wurden bisher sonst keine Strahlungsbreiten gemessen. Eine eingehendere Diskussion der hier angegebenen Werte ist daher noch nicht möglich; doch stimmt zumindest die Gesamtstrahlungsbreite gut mit Werten überein, wie sie bei Neutronenresonanzen benachbarter Elemente gemessen wurden. Die Kleinheit des Verzweigungsverhältnisses überrascht dagegen etwas; sie dürfte auf den Abschluß der 82er-Neutronenschale bei  $\text{Pr}^{141}$  zurückzuführen sein.

Zum Schluß möchten wir Herrn Prof. MAIER-LEIBNITZ für die Förderung der Untersuchungen und sein stetes Interesse dabei herzlich danken. Herrn J. ANDRÄ danken wir für Hilfe bei den Auswertungen.

<sup>5</sup> L. V. GROSHEV, A. M. DEMIDOV, V. N. LUTSENKO u. V. J. PELKHOV, *Atlas of  $\gamma$ -Ray Spectra from Radiative Capture of Thermal Neutrons*, Pergamon Press, Oxford 1959.