

Polarisation der 4 f-Schale von Eu durch Stösse mit optisch gepumptem Cs

Autor(en): **Tilgner, R. / Fricke, J. / Haas, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Helvetica Physica Acta**

Band (Jahr): **42 (1969)**

Heft 5

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-114090>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Polarisation der 4 *f*-Schale von Eu durch Stöße mit optisch gepumptem Cs

von R. Tilgner¹⁾, J. Fricke²⁾ und J. Haas

Physikdepartment der Technischen Hochschule München

(29. I. 69)

Abstract. An experiment is described in which the $^8S_{7/2}$ ground state of Eu was polarized by collisions with optically pumped Cs. The rf induced transitions between the Zeeman sublevels of Eu were detected as a change in the Cs pumping light transmission.

1. Einleitung

Die Methode, den Drehimpuls eines optisch gepumpten Atomdampfes durch Spinaustauschstöße zu einem gewissen Anteil auf zweite Stosspartner zu übertragen, wurde bisher mit freien Elektronen [1], H, D, T [2], allen Alkalien, z.B. [3, 4], Cu [5], Ag [6], N [7], P [8], He³ [9], sowie an einigen Ionen, z.B. He⁺ [10] als zweite Stosspartner erfolgreich durchgeführt. Bei fast allen diesen Experimenten erfolgte der Spinaustausch zwischen den äusseren Schalen der Stosspartner. In der vorliegenden Arbeit wird von einem Experiment berichtet, bei dem es gelang, die innere 4 *f*-Schale der Eu-Isotope 151 und 153 im Grundzustand durch Stöße mit optisch gepumptem Cs zu polarisieren. Der Nachweis der Polarisation erfolgte durch Beobachtung der Absorption des Cs-D₁-Pumplichtes bei gleichzeitigem Induzieren magnetischer Dipolübergänge zwischen den Zeeman-Niveaus der Eu-Isotope.

2. Experimentelles

Die Anordnung entsprach im wesentlichen der von HOFMANN-REINECKE [5] für den Spinaustausch zwischen Cu und Cs. In Abänderung der dort beschriebenen Anordnung erhitze bei diesem Experiment der Heizfaden ein Mo-Rohr, das als Ofen für die Verdampfung des Eu diente (siehe Fig. 1). Als Puffergas dienten bei allen Versuchen etwa 10 Torr Ar.

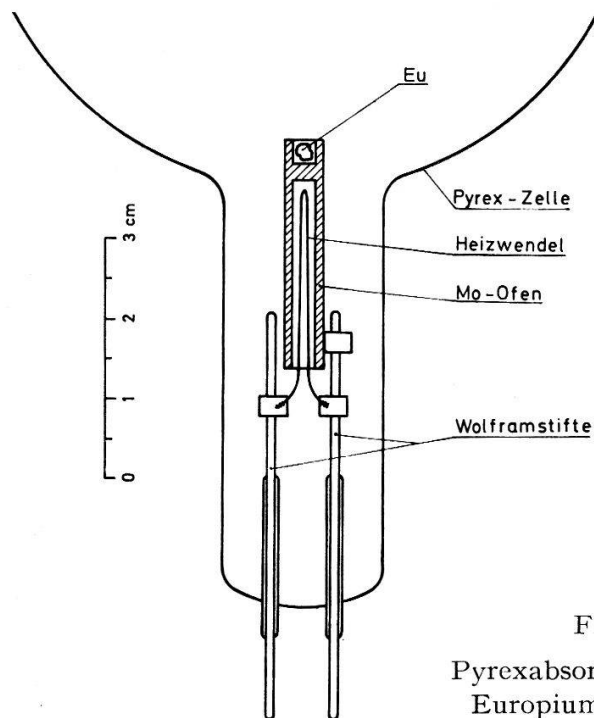
3. Das Termschema der Eu-Isotope 151 und 153

Die beiden stabilen Isotope Eu¹⁵¹ und Eu¹⁵³ haben jeweils einen Kernspin $I = 5/2$. Die Grundzustandskonfiguration $^8S_{7/2}$ kommt durch Drehimpuls-Addition der Elektronenspins (Bahndrehimpulse abgesättigt) in der gerade halb gefüllten 4 *f*-Schale zustande. Der g_J -Faktor wurde experimentell von SANDARS und WOODGATE [11] zu $1,9935 \pm 0,0003$ bestimmt. Während man bei der angegebenen Grundzustandskonfiguration keine Hyperfeinstruktur erwartet, zeigt der Grundzustand tatsächlich eine Hyperfeinstruktur, was durch Auftreten einer Austausch-Polarisation [12] der inneren und äusseren *s*-Elektronen durch die (4 *f*⁷)-Schale erklärbar ist. Durch Wechselwirkung mit dem Kern spaltet der Grundzustand in 6 Niveaus mit Gesamt-

¹⁾ Diese Arbeit ist Teil einer Dissertation, die gegenwärtig an der Technischen Hochschule München ausgeführt wird.

²⁾ Gegenwärtige Adresse: Physics Department, University of Pittsburgh, Pa. 15213 USA.

drehimpulsen $F = 1$ bis 6 auf, die in «verkehrter Termordnung» liegen. Die entsprechenden g_F -Faktoren errechnen sich mit $g_J = 2$ zu $9/2$ ($F = 1$), $13/6$, $19/12$, $27/20$, $37/30$ und $7/6$ ($F = 6$). Im schwachen Magnetfeld spalten die sechs Hyperfeinniveaus in insgesamt 48 Zeeman-Niveaus auf. Dabei bleibt die $|F, m_F\rangle$ -Darstellung wegen der geringen Hyperfeinstrukturaufspaltungen (18–120 MHz) nur bei niederen Magnetfeldern gültig.



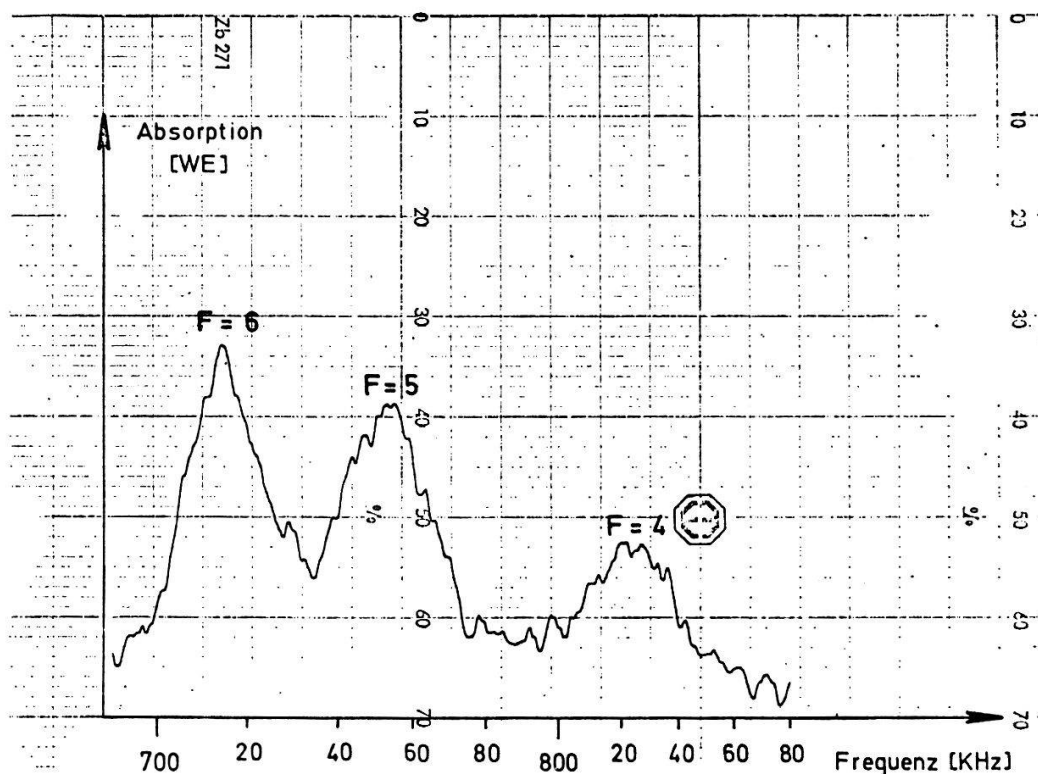
Figur 1
Pyrexabsorptionszelle mit
Europiumdampfquelle.

4. Messungen

Zum Nachweis der erfolgten Spinpolarisation der $4f$ -Schale wurden die Zeeman-Signale ($\Delta m_F = \pm 1$, $\Delta F = 0$) der Niveaus $F = 6$ bis $F = 2$ bei einem statischen H_0 -Feld von 437 mOe registriert. Fig. 2 zeigt die Signale der Resonanzen in den ($F = 6, 5$ und 4)-Hyperfeinniveaus. Dabei nahm die Signalintensität mit fallendem F ab. Das ($F = 2$)-Signal war nur mehr sehr schwach zu erkennen, während der Nachweis der Spinpolarisation im ($F = 1$)-Niveau nicht möglich war und grösseren experimentellen Aufwand vorausgesetzt hätte. Die Linienbreiten der Signale waren nicht nur durch das inhomogene Magnetfeld des Heizfadens, sondern auch durch die beginnende Entkopplung von Kern und Hülle gegeben. Sämtliche Messungen wurden mit Lock-in-Verstärker-Technik durchgeführt.

5. Diskussion

Die Abschirmungswirkung der Elektronen der abgesättigten O- und P-Schale von Europium beim Stoss mit dem polarisierten Cs-Atom ist offensichtlich gering. Dies lässt sich aus der Tatsache folgern, dass die erhaltenen Signale etwa von gleicher Grössenordnung waren wie jene bei einem ähnlich durchgeführten Spinaustausch-Experiment zwischen Cäsium und Kupfer [5]. Das Messergebnis weist auf die Möglichkeit hin, dass Eu-Cs-Stosspaare mit Lebensdauern, die grösser als die gaskinetische Stosszeit von ca. 10^{-12} sec sind, gebildet werden. In Frage kommen metastabile Zustände des Stosspaares (verknüpft mit einer Resonanz bei der Eu-Cs-Streuung) oder



Figur 2

Drei Resonanzen ($F = 6, 5$ und 4) des ${}^8\text{S}_{7/2}$ Grundzustands von Eu bei $H_0 = 437$ mOe. Der Frequenzbereich von 700 bis 880 kHz wurde in 13 Minuten überstrichen. Absorption in willkürlichen Einheiten (WE).

echte gebundene Molekül-Zustände (ermöglicht durch Eu–Cs–Ar-Dreierstöße), wie sie auch im Falle der Rb–Kr-Streuung [13] aufgetreten waren.

Prof. Dr. E. LÜSCHER danken wir für aktive Unterstützung dieser Arbeit. Dem Bundesministerium für Wissenschaftliche Forschung sind wir für Gewährung von Personalmitteln zu Dank verpflichtet.

Nachtrag

Optisches Pumpen bei hohen Temperaturen haben mit einer ähnlichen Technik BALLING et. al. an Li und Ag durchgeführt (Phys. Rev. Lett. 22, 161 (1969)).

Literatur

- [1] H. G. DEHMELT, Phys. Rev. 109, 381 (1958).
- [2] L. W. ANDERSON, F. M. PIPKIN, J. C. BAIRD, Phys. Rev. 120, 1279 (1960).
- [3] S. M. JARRETT, Phys. Rev. 133, [A] 111 (1964).
- [4] H. M. GIBBS, R. J. HULL, Phys. Rev. 153, 132 (1967).
- [5] H. HOFMANN-REINECKE, J. HAAS, J. FRICKE, Z. Naturforschg. 24 a, 182 (1969).
- [6] G. S. HAYNE, H. G. ROBINSON, Bull. Am. Phys. Soc. 5, 411 (1960).
- [7] W. W. HOLLOWAY, E. LÜSCHER, R. NOVICK, Phys. Rev. 126, 2109 (1962).
- [8] R. H. LAMBERT, F. M. PIPKIN, Phys. Rev. 128, 198 (1962).
- [9] R. L. GAMBLIN and T. R. CARVER, Phys. Rev. 138, A946 (1965).
- [10] F. G. MAJOR and H. G. DEHMELT, Phys. Rev. 170, 91 (1968).
- [11] P. G. H. SANDARS, G. K. WOODGATE, Proc. Roy. Soc. A 257, 269 (1960).
- [12] R. WINKLER, Z. Physik 184, 433 (1965).
- [13] M. AYMAR, M. A. BOUCHIAT and J. BROSEL, Phys. Lett. 24A, 753 (1967); M. A. BOUCHIAT, J. BROSEL and L. POTTIER, Phys. Rev. Lett. 19, 817 (1967).