

Bei höheren Cd-Gehalten fällt die Emission in der Mn-Bande rasch ab, während die kurzwellige Bande noch stabil bleibt oder sogar ansteigt (vgl. Abb. 1, Kurve 2, 3).

Es muß deshalb angenommen werden, daß die Anregungsenergie für die Mn-Emission zu einem

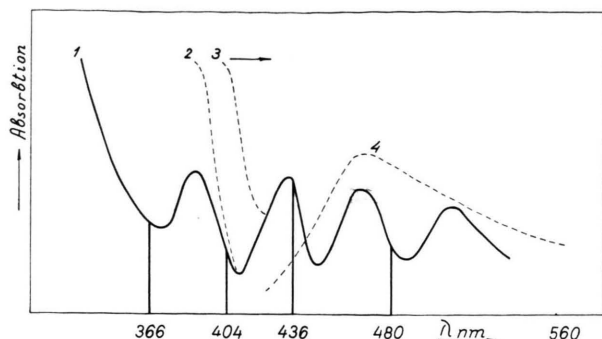


Abb. 4. Absorptionskurven von $(\text{ZnCd})\text{S}:\text{Mn}^{2+}$ und Cd-Emission in $(\text{ZnCd})\text{S}:\text{Mn}$ -Präzipitat-Leuchtstoffen. 1) Absorption von ZnS mit 2% Mn (nach KRÖGER); 2), 3) Änderung der Absorptionskurve mit wachsendem Cd-Gehalt (nach TREPTOW); 4) Die durch kleine Menge von Cd ($5 \cdot 10^{-2}$ g Atom/g Mol ZnS) im ZnS-Präzipitat und im ZnS:Mn-Präzipitat-Leuchtstoff hervorgerufene Emission.

großen Teil direkt über die kurzwelligen Absorptionsmaxima des Mn^{2+} aufgenommen wird. Mit steigendem Cd-Gehalt verschiebt sich die Absorptionskante des $(\text{ZnCd})\text{S}$ zu größeren Wellenlängen. Sobald die Absorptionskante bei größeren Wellenlängen liegt als die UV-Anregung ($\lambda_{\text{max}} = 365$ nm), ist eine direkte Anregung der Mn-Zentren im Volumen nicht mehr möglich (vgl. Abb. 4). Das erklärt die beobachtete steile Abnahme der Emissionsstrahlungsstärke.

Der Unterschied in den Lumineszenz-Spektren von Präparaten, die entweder durch Zusammenfällung oder zusätzlichen Einbau von Cd hergestellt sind, scheint im Zusammenhang mit der Oberflächenablagerung des Cd im zweiten Falle zu stehen.

Der experimentelle Teil dieser Arbeit wurde am Physikalisch-Technischen Institut, Bereich Lumineszenzforschung, Liebenwalde, der Deutschen Akademie der Wissenschaften, Forschungsgemeinschaft, durchgeführt. Wir sind dafür Herrn Dr. H. ORTMANN, sowie für die Fachbesprechungen und Konsultationen Herrn Dr. K. D. KYNEV und Herrn Dr. H. J. TREPTOW sehr zu Dank verpflichtet.

Decay Schemes of Mo^{91} and Mo^{91m}

S. DE BARROS, P. R. MAURENZIG*, G. BAPTISTA, L. F. CANTO

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro

and A. G. DE PINHO and J. M. F. JERONYMO

Department of Physics, P.U.C., Rio de Janeiro, Brasil

(Z. Naturforsch. 25 a, 1250—1254 [1970]; received 13 March 1970)

Seven previously unreported gamma rays in the decay of Mo^{91} g.s. were observed and had their energy and intensity measured.

For Mo^{91m} two new gamma rays were observed and the levels fed by its decay were identified with $l=1$ levels found by (He^3, d) reaction.

I. Introduction

The nucleus Nb^{91} with 41 protons and a magic number of neutrons, is expected to present a relatively simple low energy level spectrum. In fact, results of rather extensive studies of the nuclei in the

region of the Zirconium isotopes indicate that the low-lying states can be relatively well described by assuming the participation of relatively few shell-model levels¹⁻⁴.

Information about the levels of Nb^{91} has been obtained by (He^3, d) reaction⁵ and by the decays of

Reprint requests to Department of Radioactivity, CBPF GB-ZC 82, Rio de Janeiro, Brasil.

* Permanent address: Department of Physics, University of Florence, Italy.

¹ B. F. BAYMAN, A. S. REINER, and R. K. SHELINE, Phys. Rev. 115, 1627 [1959].

² I. TALMI and I. UNNA, Nucl. Phys. 19, 225 [1960].

³ N. AUERBACH and I. TALMI, Nucl. Phys. 64, 458 [1965].

⁴ J. VERVIER, Nucl. Phys. 75, 17 [1965].

⁵ J. PICARD and G. BASSANI, Nucl. Phys. A 131, 631 [1969].



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

both Mo^{91} and $\text{Mo}^{91\text{m}}$ (see Refs. ⁶⁻⁸). In the present work these decays were re-investigated by using very efficient high-resolution Ge(Li) detectors (22 and 30 cm^3).

II. Experimental Method

The sources were prepared by irradiating metallic Mo (enriched to 95% in Mo^{92}) in the bremsstrahlung beam of the linear accelerator of C.B.P.F. The maxi-

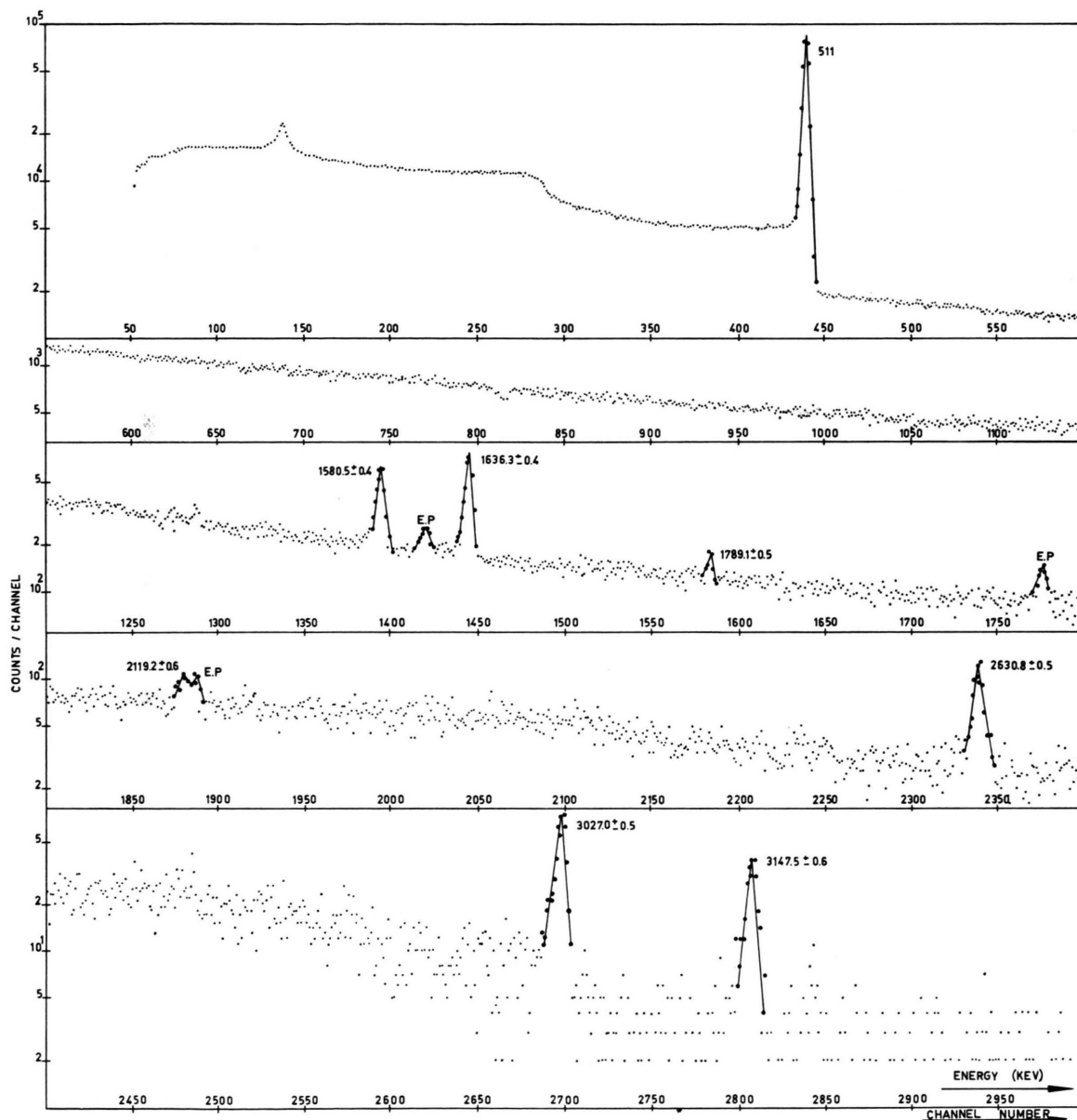


Fig. 1. Spectrum of γ -rays from Mo^{91} .

⁶ F. B. SMITH, N. B. GOVE, R. W. HENRY, and R. A. BECKER, Phys. Rev. **104**, 706 [1956].

⁷ J. D. PRENTICE and K. G. MCNEILL, Phys. Rev. **107**, 1047 [1957].

⁸ T. CRETZU, K. HOHMUTH, and J. SCHINTLMEISTER, Ann. Phys. **16**, 312 [1965].

imum energy varied from 20 to 22 MeV and irradiations were performed using up to 300 mg.

Irradiation times of about 2 min and 45 min were employed for producing short lived isomer and ground state activity, respectively.

A magnetic recording system was also used to facilitate the determination of the half-life of each gamma-ray.

Because of the non-linearity of the electronic equipment over the whole energy range 0–4 MeV, the spec-

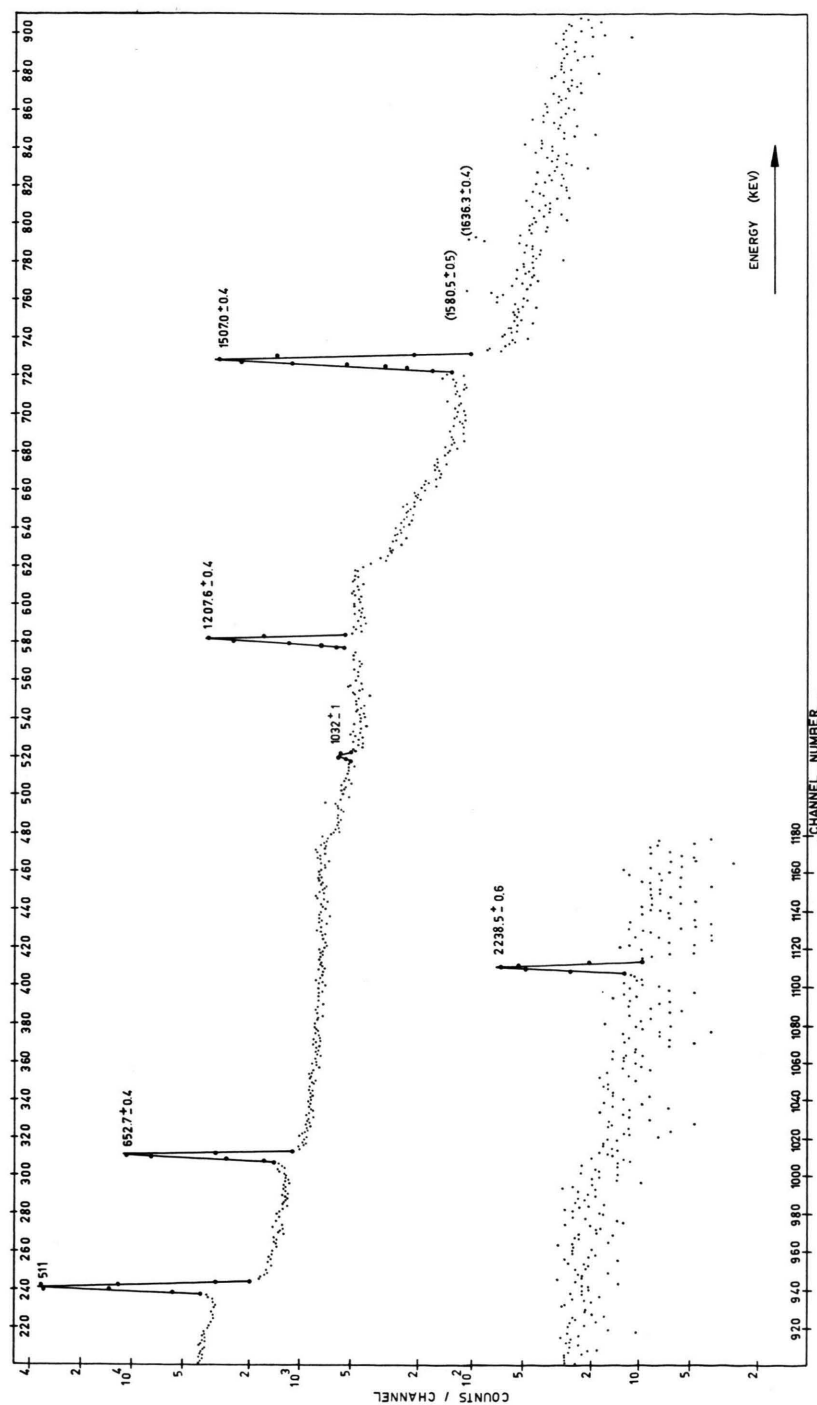


Fig. 2. Spectrum of γ -rays from $\text{Mo}^{91\text{m}}$. Peaks due to the decay of Mo^{91} are indicated in parentheses.

trometer calibration curve was determined by using well-known standard gamma rays in order to fit a polynomial in C (channel number) using a least-squares method. The degree of the polynomial was selected on the basis of a χ^2 -test. The best fit was obtained with a parabolic curve.

Very thick absorbers of Pb and Cu were used to reduce the annihilation radiation. The efficiency curve was constructed with a Co⁵⁶ source in the same geometry as the final measurements.

III. Experimental Results

a) The Decay of the g.s. of Mo⁹¹

Seven gamma rays were observed decaying with a half-life of 15.5 min. They are reported in Table 1. The intensities were arbitrarily normalized to

$$I_{\gamma}(1636 \text{ keV}) = 100.$$

Figure 1 shows a typical pulse height spectrum taken with absorbers of 14 mm of Pb and 6 mm of Cu.

The interpretation of the spectrum is particularly delicate since the difference in energy between some pairs of gamma-rays was of about 511 keV. The very prominent double-escape peak of the 3147 keV and the single-escape peak of the 2630 keV transition rendered difficult the identification of the 2119 keV line. Special care was taken in subtracting from the 3147 keV gamma ray the sum-peak contribution due to 2631 keV transition plus the annihilation peak.

The most straightforward interpretation of the results is to attribute an excited level in Nb⁹¹ to each observed γ -ray.

Energy (keV)	Relative intensity
652.7 $\pm$ 0.4 (I.T.)	260 $\pm$ 30
1032 $\pm$ 1	$\sim$ 3
1207.6 $\pm$ 0.4	82 $\pm$ 7
1507.0 $\pm$ 0.4	100
2238.5 $\pm$ 0.6	3.5 $\pm$ 0.5

Table 2.
Gamma-rays from the decay of Mo^{91m}

b) The Decay of Mo^{91m}

Figure 2 shows a typical gamma spectrum observed after a short irradiation.

The gamma rays decaying with a 68 sec half-life are given in Table 2. The intensities were normalized to $I_{\gamma}(1507 \text{ keV}) = 100$. The resulting decay scheme is shown in Fig. 3.

The levels fed by the decay of Mo^{91m} are easily identified with $l=1$ levels found by (He³,d) reaction (5). Adopting the β^+/IT ratio and the relative intensity of the most energetic beta branch given in Ref. 6, we found the beta branches intensities and $\log ft$ values given in Fig. 3. It is worth noting that the $\log ft$ values are smaller for some highly excited $l=1$ states than for the first excited state. On the other hand the spectroscopic strength $(2j+1)C^2S$ found⁵ for the first 1/2 state is relatively larger than for other $l=1$ states.

Energy (keV)	Relative intensity
1580.5 $\pm$ 0.4	70 $\pm$ 5
1636.3 $\pm$ 0.4	100
1789.1 $\pm$ 0.5	15 $\pm$ 3
2119.2 $\pm$ 0.6	$\sim$ 8
2630.8 $\pm$ 0.5	39 $\pm$ 6
3027.0 $\pm$ 0.5	29 $\pm$ 4
3147.5 $\pm$ 0.6	16 $\pm$ 2

Table 1.
Gamma-rays from the decay of Mo⁹¹ g.s.

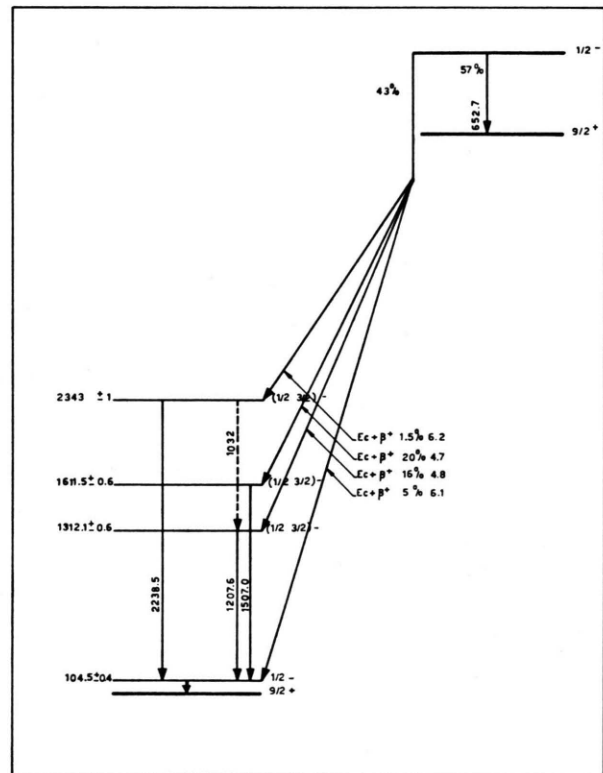


Fig. 3. Decay scheme of Mo^{91m}. Energies are given in keV.

IV. Discussion

AUERBACH and TALMI³ have calculated the levels of Nb⁹¹ considering only protons in the 2 p 1/2 and 1 g 9/2 orbits.

The presence of many $l=1$ states and the values of $\log ft$ and spectroscopic factors suggest that the 2 p 3/2 orbit is also of fundamental importance in the description of the low-lying negative parity states and that all the observed $l=1$ levels contain appreciable amounts of configuration mixing.

Positive parity states are best described by those authors³. Calculated levels at 1.62 MeV ($7/2^+$) and 1.71 MeV ($9/2^+$) correspond probably to the strongly populated 1.580 and 1.636 MeV levels.

As discussed in Ref. ³, deviations between calculated and experimental energies may well be around

0.1 MeV. Any positive parity level was neither calculated nor observed below 1.5 MeV.

Levels reported at 0.80 MeV and 1.04 MeV in Ref. ⁸ were not confirmed by us.

Note added in proof: New reaction data concerning the level scheme of Nb⁹¹ is now available (CATES, BALL and NEWMAN, Phys. Rev. **187**, 1682 [1969]). The four $l=1$ levels observed in our work and also reported in Ref. ⁵ are confirmed. After the completion of this work a paper by K. HESSE and E. FINCKH (Nucl. Phys. A **141**, 417 [1970]) has come to our knowledge. Many other transitions are attributed to the decays of both Mo^{91g.s.} and Mo^{91m}. Energies and intensities of their most prominent gamma-rays are in fair agreement with our results as well as conclusions concerning the non existence of the 0.80 and 1.04 MeV levels.

Acknowledgments

The authors are indebted to Dr. A. MOREIRA and his collaborators for their kind cooperation during the irradiations. This work was sponsored by C.N.E.N., B.N.D.E., C.N.Pq.

Der Einfluß der Primärmasse auf die Struktur großer Luftschauer

K. O. THIELHEIM

Universität Kiel

(Z. Naturforsch. **25 a**, 1254—1258 [1970]; eingegangen am 28. Februar 1970)

Results of Monte Carlo Simulations of Extensive Air Shower Development are discussed with respect to the influence of primary mass on shower characteristics (energy spectrum and lateral distribution of hadrons, frequency of nuclear active "multicores", mean total energy of hadrons, fluctuation of total hadron energy, mean total number of myons, fluctuation of total myon number, mean central electron density, frequency of electromagnetic "multicores"). Critical comments are presented concerning some empirical data.

1. Vorbemerkungen

Anfangswerte für die Entwicklung großer Luftschauer der kosmischen Strahlung sind die Richtung Ω , die Energie E_0 und die Massenzahl M (bzw. die Ladungszahl Z) des Primärteilchens. Bekanntlich wirken sich die beiden zuerst genannten Werte stark auf die Struktur des Luftschauers aus. Sie sind daher verhältnismäßig leicht aus Messungen an Schauerteilchen abzuschätzen. Wir haben den bisher nicht bekannten, jedenfalls wesentlich schwächeren Einfluß der Primärmasse mit Hilfe der Monte Carlo-Methode theoretisch untersucht¹.

Es sind Mittelwerte und Standardabweichungen vom Mittelwert verschiedener Parameter, welche die

Struktur eines Schauers in Meereshöhe charakterisieren, berechnet worden. Für den Vergleich mit Experimenten eignen sich besonders solche Mittelwerte, die bei festgehaltener Gesamtteilchenzahl bestimmt werden, da diese — im Gegensatz zur Primärenergie — wenigstens prinzipiell meßbar ist.

Qualitativ läßt sich der mögliche Einfluß der Primärmasse auf Grund des Superpositionsprinzips diskutieren, indem A -induzierte Schauer der Primärenergie E_0 durch zufällige Überlagerung von A p-induzierten Schauern der Primärenergie E_0/A hergestellt werden. In einer früheren Arbeit² wurde gezeigt, daß dieses Vorgehen zu einem vernünftigen Kompromiß zwischen verschiedenen, möglichen Fragmentationsmodellen führt. Demnach ist die Abhän-

Sonderdruckanforderungen an Prof. Dr. KLAUS O. THIELHEIM, Institut für Reine und Angewandte Kernphysik, Christian-Albrechts-Universität, D-2300 Kiel, Olshausenstraße 40—60.

¹ Ich danke der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Unterstützung dieser Arbeit (Th 104/1, Th 104/3 und Th 104/5).

² K. O. THIELHEIM, E. K. SCHLEGEL u. R. BEIERSDORF, Proc. 10-th Int. Conf. on Cosmic Rays, Calgary 1967, **2**, 37. Die Voraussetzung des Superpositionsprinzips führt zu einer Unterschätzung von Schwankungsgrößen in A -induzierten Schauern.