

FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Technik und Umwelt

Wissenschaftliche Berichte

FZKA 5967

**STELLAR NEUTRON CAPTURE CROSS SECTIONS  
OF THE Nd ISOTOPES**

K. WISSHAK, F. VOSS, F. KÄPPELER, L. KAZAKOV<sup>1</sup>, and G. REFFO<sup>2</sup>

Institut für Kernphysik

<sup>1</sup>Institute for Physics and Power Engineering, Obninsk, Kaluga Region, Russia

<sup>2</sup>ENEA, Centro Dati Nucleari, Via Martiri di Monte Sole 4, I-40138 Bologna, Italy

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

1997

# ABSTRACT

The neutron capture cross sections of  $^{142}\text{Nd}$ ,  $^{143}\text{Nd}$ ,  $^{144}\text{Nd}$ ,  $^{145}\text{Nd}$ ,  $^{146}\text{Nd}$ , and  $^{148}\text{Nd}$  have been measured in the energy range from 3 to 225 keV at the Karlsruhe 3.75 MV Van de Graaff accelerator. Neutrons were produced via the  $^7\text{Li}(p,n)^7\text{Be}$  reaction by bombarding metallic Li targets with a pulsed proton beam. Capture events were registered with the Karlsruhe  $4\pi$  Barium Fluoride Detector. The cross sections were determined relative to the gold standard. The experiment was difficult due to the small cross sections of the even isotopes at or near the magic neutron number  $N=82$ , and also since the isotopic enrichment of some samples was comparably low. The necessary corrections for capture of scattered neutrons and for isotopic impurities could be determined reliably thanks to the high efficiency and the spectroscopic quality of the  $\text{BaF}_2$  detector, resulting in a consistent set of  $(n,\gamma)$  cross sections for the six stable neodymium isotopes involved in the s-process with typical uncertainties of 1.5–2%. From these data, Maxwellian averaged cross sections were calculated between  $kT = 10$  keV and 100 keV. The astrophysical implications of these results were investigated in an s-process analysis based on the classical approach, which deals with the role of the s-only isotope  $^{142}\text{Nd}$  for the  $N_s < \sigma >$ -systematics near the magic neutron number  $N=82$ , the decomposition of the Nd abundances into the respective r-, s-, and p-process components, and the interpretation of isotopic anomalies in meteoritic material.

# ZUSAMMENFASSUNG

## DIE STELLAREN $(n,\gamma)$ QUERSCHNITTE DER Nd ISOTOPE

Am Karlsruher Van de Graaff Beschleuniger wurden die Neutroneneinfangquerschnitte von  $^{142}\text{Nd}$ ,  $^{143}\text{Nd}$ ,  $^{144}\text{Nd}$ ,  $^{145}\text{Nd}$ ,  $^{146}\text{Nd}$  und  $^{148}\text{Nd}$  im Energiebereich von 3 bis 225 keV relativ zu Gold als Standard bestimmt. Neutronen wurden über die  $^7\text{Li}(p,n)^7\text{Be}$ -Reaktion durch Beschuß metallischer Li-Targets mit einem gepulsten Protonenstrahl erzeugt. Einfangereignisse wurden mit dem Karlsruher  $4\pi$  Barium-Fluorid-Detektor nachgewiesen. Das Experiment wurde durch die kleinen Einfangquerschnitte in der Nähe der magischen Neutronenzahl  $N=82$  und durch die relativ schwache Isotopenanreicherung einiger Proben erschwert. Die dadurch bedingten Korrekturen für Untergrund durch gestreute Neutronen und für Fremdisotope ließen sich jedoch aufgrund der hohen Nachweiswahrscheinlichkeit und der spektroskopischen Qualität des  $\text{BaF}_2$ -Detektors zuverlässig ermitteln. Auf diese Weise konnte für die sechs am s-Prozeß beteiligten, stabilen Neodymisotope ein konsistenter Satz von  $(n,\gamma)$ -Querschnitten mit typischen Unsicherheiten von 1.5–2% bestimmt werden. Aus diesen Daten wurden maxwellgemittelte Querschnitte zwischen  $kT = 10$  keV und 100 keV berechnet. Die Konsequenzen dieser Ergebnisse für die Nukleosynthese im s-Prozeß wurde auf der Grundlage der klassischen Näherung untersucht, insbesondere im Hinblick auf die Rolle des reinen s-Kerns  $^{142}\text{Nd}$  für die  $N_s \langle \sigma \rangle$ -Systematik bei der magischen Neutronenzahl  $N=82$ , die Zerlegung der Nd-Häufigkeiten in die jeweiligen r-, s-, and p-Prozeß-Anteile und die Interpretation von Isotopenanomalien in meteoritischem Material.

# Contents

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>EXPERIMENT</b>	<b>3</b>
2.1	Experimental Method . . . . .	3
2.2	Samples . . . . .	4
2.3	Measurements . . . . .	5
<b>3</b>	<b>DATA ANALYSIS</b>	<b>7</b>
3.1	Total Cross Sections . . . . .	7
3.2	Capture Cross Sections . . . . .	8
<b>4</b>	<b>RESULTS FOR THE NEUTRON CAPTURE CROSS SECTIONS</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSION OF UNCERTAINTIES</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>MAXWELLIAN AVERAGED CROSS SECTIONS</b>	<b>51</b>
<b>7</b>	<b>ASTROPHYSICAL IMPLICATIONS</b>	<b>57</b>
7.1	The Nd Branchings in the reaction path of the s-Process . . . . .	57
7.2	Isotopic anomalies . . . . .	59
7.3	r- and p-process abundances . . . . .	60
<b>8</b>	<b>ACKNOWLEDGMENTS</b>	<b>62</b>
	<b>REFERENCES</b>	<b>63</b>