

n TOF al CERN: misura di sezioni d'urto neutroniche ad alta accuratezza, alta risoluzione ed in un ampio intervallo energetico per l'astrofisica nucleare e per le tecnologie nucleari emergenti

Paolo Maria MILAZZO (per la collaborazione n_TOF)



Commissione Scientifica Nazionale Linea 3



Motivazioni Scientifiche

Astrofisica nucleare



Tecnologie nucleari emergenti

Reattori di IV generazione Smaltimento delle scorie radioattive



Roma, 19 settembre 2011

Commissione Scientifica Nazionale Linea 3





REVIEW	SOF
Modern 1	PHYSICS
VOLUME 29, NUMBER 4	October, 1957
Synthesis of the Ele	ments in Stars*
E MARGARET RURBINGE G R RUBBINGE W	ILLIAM A FOWLER AND F HOVLE
Kellogg Radiation Laboratory, California Mount Wilson and Palomar Observatories, Ca California Institute of Technology,	Institute of Technology, and rnegie Institution of Washington, Pasadena, California
"It is the stars, The stars above us (Kin	, govern our conditions"; <i>g Lear</i> , Act IV, Scene 3)
but perhaps	
"The fault, dear Brutus, is not in our (Julia	stars, But in ourselves," is Caesar, Act I, Scene 2)
TABLE OF CONT	TENTS
I. Introduction. A. Element Abundances and Nuclear Structure. B. Four Theories of the Origin of the Elements. C. General Features of Stellar Synthesis. II. Physical Processes Involved in Stellar Synthesis, The Associated with Them. A. Modes of Element Synthesis	Pay 54 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55
B. Method of Assignment of Isotopes among Processes C. Abundances and Synthesis Assignments Given in th D. Time-Scales for Different Modes of Synthesis.	(i) to (viii)
III. Hydrogen Burning, Helium Burning, the a Process, and A. Cross-Section Factor and Reaction Rates. B. Pure Hydrogen Burning. C. Pure Helium Burning. D. a Process. E. Succession of Nuclear Fuels in an Evolving Star. F. Burning of Hydrogen and Helium with Mixtures of	Neutron Production
IV. e Process.	
 V. s and r Processes: General Considerations A. "Shielded" and "Shielding" Isobars and the s, r, p F B. Neutron-Capture Cross Sections. C. General Dynamics of the s and r Processes. 	58 700cesses
VI. Details of the s Process.	

"Man inhibits a universe composed of a great variety of elements and their isotopes ..."





Gli elementi chimici più pesanti del Ferro sono prodotti grazie a reazioni indotte da neutroni all'interno delle stelle

> ~ ½ by s-process ~ ½ by r-process

S process (SLOW) T ≈ 10⁸ K - n_n≈10⁸ neutroni/cm³ Tempi di cattura ≈ 1 anno

/ process (RAPID)

T > 10⁹ K - $n_n \approx 10^{20}$ neutroni/cm³

Tempo di esposizione ≈ secondi



Roma, 19 settembre 2011

Commissione Scientifica Nazionale Linea 3



Gli elementi chimici più pesanti del Ferro sono prodotti in reazioni indotte da neutroni all'interno delle stelle



Roma, 19 settembre 2011

Commissione Scientifica Nazionale Linea 3



l processo S procede lungo la valle di stabilità $oldsymbol{eta}$









Misurare (ad alta accuratezza) sezioni d'urto di cattura neutronica per

Isotopi rari

- Isotopi a bassa sezione d'urto
- Isotopi radioattivi (*branching points*)

Permette di

Raffinare i modelli teorici dedicati allo studio delle abbondanze nell'Universo
 Ottenere informazioni sull'evoluzione delle stelle





Motivazioni Scientifiche, Tecnologie nucleari

IL PROBLEMA DELLE SCORIE

Solo in Francia, sono prodotte oltre 50 tonnellate all'anno di attinidi e frammenti di fissione a lunga vita media (t > 104 years)

- L'immagazzinamento risulta pericoloso per • criticità
- possibilità di contaminazione faglie acquifere
- terrorismo nucleare

496

S. Leray / Nucl. Instr. and Meth. in F

Table 1

Half-life and amount of the principal long-lived isotopes in the fuel unloaded every year from all the French reactors

Element (quantity)	Isotope	Half-life (years)	Quantity (ton/year)
Plutonium (11.4 ton/year)	²³⁸ Pu ²³⁹ Pu ²⁴⁰ Pu	$ 88 2.4 \times 10^4 6.5 \times 10^3 $	0.19 6.53 2.52
Minor actinides (1.1 ton/year)	²³⁷ Np ²⁴¹ Am ²⁴³ Am ²⁴⁵ Cm	2.1×10^{6} 430 7.4×10^{3} 8.5×10^{3}	0.48 0.25 0.14 0.001
Fission products (39 ton/year)	¹³⁵ Cs ⁹⁹ Tc ⁹³ Zr ¹²⁹ I ¹⁰⁷ Pd	$2.3 \times 10^{6} \\ 2.1 \times 10^{5} \\ 1.5 \times 10^{6} \\ 1.0 \times 10^{7} \\ 6.5 \times 10^{6} \\ \end{array}$	0.4 1.0 0.9 0.2 0.25

Lo smaltimento di rifiuti radioattivi (attinidi e frammenti di fissione) prodotti in reattori nucleari o dallo smantellamento di armi nucleari costituisce un grave problema ambientale

Roma, 19 settembre 2011

Commissione Scientifica Nazionale Linea 3





Motivazioni Scientifiche, Tecnologie nucleari Reattori nucleari di nuova generazione (Gen-IV)

pensati per

◆ Avere una maggiore efficienza di burn-up → decisa riduzione delle scorie
- riutilizzo di parte del combustibile spento,
- produzione di energia bruciando scorie ad alta radiotossicita' (Np, Am, Cm);
◆ Presentare forme di sicurezza intrinseca;
◆ Non consentire la proliferazione nucleare;
◆ Ridurre tempi e costi di costruzione.

Trasmutazione

⁹⁹Tc (2.1x10⁵ years) +n \rightarrow ¹⁰⁰Tc (16 sec)

¹⁰⁰Ru





Misurare (ad alta accuratezza) sezioni d'urto di fissione neutronica per

Pu

- Attinidi minori

- Elementi strutturali

Permette di

Prototipizzare reattori di Gen-IV

Target Accura for Fast React	cies tors	Energy Range	Current Accuracy (%)	Target Accuracy (%)
T 1920	inel	0.5 ÷6.1 MeV	10 ÷ 20	2 ÷ 3
U230	capt	2.04 ÷24.8 keV	3 ÷ 9	1.5 ÷ 2
Pu241	fiss	454. eV ÷1.35 MeV	8 ÷ 20	2 ÷ 5
Pu239	capt	2.04 ÷498 keV	7 ÷15	$4 \div 7$
Pu240	fiss	0.498 ÷1.35 MeV	6	1÷3
Pu242	fiss	0.498 ÷2.23 MeV	19 ÷ 21	3 ÷5
Pu238	fiss	0.183 ÷1.35 MeV	17	3 ÷5
Am242m	fiss	67.4 keV ÷1.35 MeV	17	3 ÷4
Am241	fiss	2.23 ÷6.07 MeV	9	2
Am243	fiss	0.498 ÷6.07 MeV	12	3
Cm244	fiss	0.498 ÷1.35 MeV	50	5
Cm245	Fiss	67.4 ÷183 keV	47	7
Fe56	Inel	0.498 ÷2.23 MeV	16 ÷ 25	3 ÷ 6
Na23	inel	0.498 ÷1.35 MeV	28	4 ÷10
Pb206	inel	1.35 ÷2.23 MeV	14	3
Pb207	Inel	0.498 ÷1.35 MeV	11	3

Aliberti, Palmiotti, Salvatores, NEMEA-4 workshop, Prague 2007

Commissione Scientifica Nazionale Linea 3



Roma, 19 settembre 2011



La facility n_TOF @ CERN





n_TOF è una sorgente di **spallazione** che sfrutta un fascio di protoni da 20 GeV/c del PS (360 neutroni per protone)



- Bersaglio di spallazione di Pb, 80x80x60 cm³, raffreddato ad acqua (moderatore)
- Base di volo ~200 m
- Due collimatori, tre muri di schermaggio, un magnete
- Possibilià di cambiare il profilo del fascio in sala sperimentale (per misure di cattura e fissione)

		Elevato flusso istantaneo	10 ⁵ n/cm²/pulse
		Largo spettro energetico	1 eV < E _n < 250 MeV
		Alta risoluzione energetica	$\Delta E/E \sim 10^{-4}$ (fino a 100 keV)
		Basso repetition rate	1 pulse/2.4 s (0.4 Hz)
		Basso background	10 ⁻⁵ (1 particella/cm²/pulse)
Roma, 19 settembre 2011	Commission	e Scientifica Nazionale Linea <mark>3</mark>	paolo.milazzo@ts.infn.it







La facility n_TOF @ CERN

Cose office n_TOF ?	Qual è la ricaduta diretta sulle misure ?
Neutroni disponibili in un ampio intervallo	Misura di sez. d'urto di cattura fino a 1 MeV
di energia (1 eV < E _n < 250 MeV)	Misura simultanea di sez. d'urto di fissione dall'eV alle centinaia di MeV
	Misura di piccole sez. d'urto di cattura
Elevato flusso istantaneo (10 ⁵ n/cm²/bunch)	Misura di campioni disponibili in modeste quantità
	Misura di campioni radioattivi
Risoluzione in energia	Studio accurato delle risonanze
Low neutron sensitivity	Misura accurata di sez. d'urto anche nei casi in
Basso background	Cui $\sigma_{el} / \sigma_{capture} \gg 1$







Apparati sperimentali

Sez. d'urto di cattura (1): scintillatori liquidi



Realizzati ad hoc per n_TOF low neutron sensitivity C₆D₆ liquid scintillators

NIM A496 (2003) 425

C₆D₆ detector

Sample changer



neutroni

Roma, 19 settembre 2011

Commissione Scientifica Nazionale Linea 3



Apparati sperimentali

Sez. d'urto di cattura (2): 4π Total Absorption Calorimeter

- 42 cristalli BaF₂, spessore 15 cm
- Alta efficienza ai γ di cattura

Offre un'ottimale discriminazione del background e permette di distinguere le cascate γ di cattura da quelle di fissione => ideale per misure di cattura su **bersagli fissili e disponibili in piccole quantità**







Roma, 19 settembre 2011

Commissione Scientifica Nazionale Linea 3





Risultati recenti (2010-2011)



Milestone 1/2011

L'analisi dei dati è stata completata a dicembre 2010; i risultati sono stati presentati a conferenze (NIC XI, ND2010); un Physical Review C sta per essere sottomesso.





Risultati recenti (2010-2011)



Milestone 2/2011

Misure completate; Analisi dati in corso.





Milestone 3/2011 243 Am(n, f), 245 Cm(n, f)

EPJ manuscript No. (will be inserted by the editor)

Sottomesso a Eur. Phys. J. A

Measurement of the neutron induced fission cross section of ²⁴³Am relative to ²³⁵U from 0.5 to 20 MeV

F.Bellon¹¹, M.Calviani^{2,3}, N.Colonna⁴, P.Mastinu², P.M.Milazzo⁴, U.Abbondamo⁴, and

- ¹ Istituto Nazionale di Elsica Nucleare (INFN), Trieste, Italy
- ³ Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Laboratori Nazionali di Legnaro, Italy
- ⁴ CERN, Geneva, Switzerland
- ¹ Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Bari, Italy
- ⁵ CEA, Irût, Gif-sur-Yvette, France
- ⁶ Universidade de Santiago de Compostela, Spain
- 7 Centro de Investigaciones Energeticas Medioambientales y Technologicas, Madrid, Spain
- ⁸ University of Lodz, Lodz, Poland
- ¹⁰ Karlsruhe Institute of Technology, Campus Nord, Institut für Kernohysik, Germany
- ¹⁰ Atominstitut der Österreichischen Universitäten. Technische Universität Wien, Austria
- ¹¹ Centre National de la Recherche Scientifique/IN2F3 IReS, Strasbourg, France
- 12 Faculty of Mathematics and Physics, Charles University in Prague, Czech Republic
- ¹⁸ Universitat Politecuica de Catalunya, Barcelona, Spain
- ¹¹ International Atomic Energy Agency (IAEA), NAPC/Nuclear Data Section, Vienna, Austria.
- ¹⁵ Universidad de Sevilla, Spain
- ¹⁰ Instituto Tecnológico e Nuclear(ITN), Lisbon, Portugal
- ¹⁰ LIP Coimbra & Departamento de Física da Universidade de Coimbra, Portugal
- ¹⁸ University of No.re Dame, No.re Dame, USA.
- 19 Instituto de Física Corpuscular, CSIC-Universidad de Valencia, Spain
- ²⁰ Aristotle University of Thessaloniki, Greece.
- ²¹ Joint Institute for Nuclear Research, Frank Laboratory of Neutron Physics, Dubna, Russia.
- ²² Institute of Physics and Power Engineering, Obninsk, Russia
- ²⁸ Centre National de la Recherche Scientifique/IN2F3 CENBG, Bordeaux, France
- ²⁴ Los Alamos National Laboratory, New Mexico, USA
- ³⁵ Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan
- ²⁶ University of Ioannina, Greece
- 27 Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, USA
- 28 NCSR, Athens, Greece
- ²⁹ Universidad de Sevilla, Spain
- ⁴⁰ Dipartimento di Fisica, Università di Bologna and Sezione INFN di Bologna, Italy
- ³¹ National Technical University of Athens. Greece
- $^{(52)}$ Institut für Fakultät für Physik, Universität Wien, Austria
- ³⁸ Pôle Universitaire Léonard de Vinci, Paris La Défense, France
- ³¹ CEC-JRC-IRMM, Geel, Belgium
- ³⁵ Department of Physics and Astronomy, University of Basel, Switzerland
- ⁴⁶ ENEA, Bologna, Italy
- ³⁷ Università degli Studi di Pavia, Pavia, Italy
- ³⁸ Centre National de la Recherche Scientifique/IN2P3 IPN, Orsay, France

Received: date / Revised version: date

Abstract. The ratio of the neutron induced fission cross sections of ²²³Am and ²³⁵U was measured in the energy range from 0.5 to 20 MeV with uncertainties of $\approx 4\%$. The experiment was performed at the CERN n.TOF facility using a fast ionization chamber. With the good counting statistics that could be achieved thanks to the high instantaneous flux and the low backgrounds, the present results are useful for resolving discrepancies in previous data sets and are important for "uture reactors with improved fuel burn-up.

PACS: 25.85.Ec Neutron-induced fission - 28.41.-i Fission reactors

The neutron-induced fission cross-section of ²⁴⁵Cm: new results from n TOF

M. Calviani^{1,18}, M.H. Meaze²¹, N. Colonna², J. Praena³, U. Abbondanno⁴, G.Aerts⁵, H. Alvarez⁶, F. Alvarez-Velarde⁷, S. Andriamonje^{5,18}, J. Andrzejewski⁸, P. Assimakopoulos⁹⁷, L. Audouin¹⁰, G. Badurek¹¹, M., Barbagallo², P. Baumann¹², F. Bečvář¹³, F. Bellom⁴⁵, B. Berthier¹⁰, E. Berthoumieux⁵, F. Calviño¹⁴, D. Cano-Otl³, R. Capote⁶⁵, C. Carrapiço¹⁷⁵, P. Cennin¹⁸, V. Chepel¹⁹, E. Chiaveri⁸, G. Cortes¹⁴, A. Couture⁷⁰, J. Cox²⁰, M. Dahlfors¹⁸, S. David¹⁰, I. Dillmann²¹, C. Domingo-Pardo²², W. Dridi⁵, I. Duran²³, C. Eleftheriadis²⁴, M. Embid-Segura⁷, L. Ferrant¹⁰, A. Ferrari¹⁸, R. Ferreira-Marques¹⁹, K. Fujji⁴, W. Furman²⁵, S. Galanopoulos³⁵, G. Giubrone⁴¹, I. Goncalves¹⁹, E. Gonzalez-Romero¹⁵, A. Goverdovski²⁶, F. Gramegna¹, C. Guerrero¹⁵, F. Gunsing⁵, B. Haas²⁷, R. Haight²⁸, M. Heil²¹, A. Herrera-Martinez¹⁸, M. Igashira²⁹, E. Jericha¹¹, F. Käppeler²¹, Y. Kadi¹⁸, D. Karadimos⁹, D. Karamanis⁹, V. Ketlerov²⁶, M. Kerveno¹², P. Koehler³⁰, V. Konovalov²⁶, E. Kossionides³¹, M. Krtička¹³, C. Lampoudis³², C. Lederer³⁴, H. Leeb¹¹, A. Lindote¹⁹, I. Lopes¹⁹, M. Lozano³, S. Lukic¹², J. Marganiec⁸, S. Marrone², T. Martínez¹⁸, C. Massimi³³, P. Mastinu¹, E. Mendoza⁷, A. Mengoni^{16,18}, P.M. Milazzo⁴, C. Morcau⁴, M. Mosconi²¹, F. Neves¹⁹, H. Oberhummer¹¹, S. O'Brien²⁰, J. Panein⁵, C. Papachristodoulou⁹, C. Papadopoulos³⁵, C. Paradela⁶, N. Patronis⁹, A. Pavlik³⁴, P. Pavlopoulos⁵⁶, L. Perrof, M.T. Pigni¹¹, R. Plag²¹, A. Plompen³⁷, A. Plukis⁵, A. Poch¹⁴, C. Pretel⁴, J. Quesada³, T. Rauscher³⁸, R. Reifarth²², M. Rosetti²⁹, C. Rubbia⁴⁰, G. Rudoll⁴², P. Rullhusen³⁷, J. Salgado¹⁷ C. Santos¹⁷, L. Sarchiapone^{1,18}, I. Savvidis³², P. Schillebeeckx³⁷, C. Stephan¹⁹, G. Tagliente², J.L. Tain⁴¹, L. Tassan-Got¹⁰, L. Tavora¹⁷, R. Terlizzi², G. Vannini³³, V. Variale², P. Vaz¹⁷, A. Ventura³⁹, D. Villamarin¹⁵, M.C. Vincente¹⁵, V. Vlachoudis¹⁸, R. Vlastou³⁵, F. Voss²¹, S. Walter²¹, M. Wiescher¹⁰, K. Wisshak²¹

(The n TOF Collaboration, www.cern.ch/ntof))

¹INFN-Laboratori Nazionali Legnaro and Dipartimento di Fisica, Università di Padova -INFN-Sezione di Bari ³Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain³ ⁴Istituto Nazionale Fisica Nucleare, Trieste, Italy ³CEA/Saclay - DSM/DAPNIA, Gif-sur-Yvette, France ⁴ Universidade de Santiago de Compostela, Spain Centro de Investigaciones Energeticas Medioambientales y Tecnologicas. Madrid. Spain ⁶University of Lodz, Lodz, Poland ^o University of Ioannina, Greece ¹⁰ Centre National de la Recherche Scientifique/IN2P3 - IPN, Orsay, France ¹¹ Atominstitut der Österreichischen Universitäten, Technische Universität Wien, Austria ¹² Centre National de la Recherche Scientifique/IN2P3 - IReS, Strasbourg, France 13 Charles University, Prague, Czech Republic ¹⁴ Universidad Politecnica de Catalunya, Barcelona, Spain ¹⁵ Centro de Investigaciones Energeticas Medioambientales y Tecnologicas, Madrid, Spain ⁶ International Atomic Energy Agency (IAEA), Nuclear Data Section, Vienna, Austria ¹⁷Instituto Tecnológico e Nuclear(ITN), Lisbon, Portugal 18 CERN, Geneva, Switzerland ¹⁹LIP - Coimbra & Departamento de Fisica da Universidade de Coimbra, Portugal ²⁰University of Notre Dame, Notre Dame, USA ²⁷Forschungszentrum Karlsruhe GmbH (FZK), Institut für Kernphysik, Germanv ²²GSI Helmholtzzentrum für Shwerionenforshung GmbH, Darmstadt, Germanv ^{22}Um ²⁴.4 via di sottomissione a Phys. Rev. C

^{ce}Institut ²⁷Centre National de la reconerche scientifiquestivat 5 - CENDO, Boraeaux, France

Joint Institute for Nuclea

stituto Nazionale di Fisica Nucleare

Roma, 19 settembre 2011

Commissione Scientifica Nazionale Linea 3



Attività (2011)

Prima misura assoluta



Milestone 1/2012



Spettro dei tempi di volo. Corrisponde a energie dei neutroni 0.02 eV – 500 keV





Attività (2011)

Sottomesso a Phys. Rev. C

96 Zr(n, γ) measurement at the n_TOF facility at CERN

G. Tagliente,^{1,*} P. M. Milazzo,² K. Fujii,² U. Abbondanno,² G. Aerts,³ H. Álvarez,⁴ F. Alvarez-Velarde,⁵
S. Andriamonje,³ J. Andrzejewski,⁶ L. Audouin,⁷ G. Badurek,⁸ P. Baumann,⁹ F. Bečvář,¹⁰ F. Belloni,²
E. Berthounieux,³ F. Calviño,¹¹ M. Calviani,¹² D. Cano-Ott,⁵ R. Capote,^{13,14} C. Carrapiço,¹⁵ P. Cennini,¹⁶
V. Chepel,¹⁷ E. Chiaveri,¹⁶ N. Colonna,¹ G. Cortes,¹¹ A. Couture,¹⁸ M. Dahlfors,¹⁶ S. David,⁹
I. Dillmann,^{7,19} C. Domingo-Pardo,^{20,19} W. Dridi,³ I. Duran,⁴ C. Eleftheriadis,²¹ M. Embid-Segura,⁵
A. Ferrari,¹⁶ R. Ferreira-Marques,¹⁷ W. Burner,²² L. Construction Denotes Denotes 5 E. Construction,¹²

C. Guerrero,⁵ F. Gunsing,³ B. I
F. Käppeler,⁷ Y. Kadi,¹⁶ D. Karac
C. Lamboudis,²¹ H. Leeb,⁸ A. Linde
C. Massimi,²⁷ P. Mastinu,¹² A. M
S. O'Brien,¹⁸ J. Pancin,³ C. Pa
A. Pavlik,³⁰ P. Pavlopoulos,³¹ L. F
J. Praena,¹² C. Pretel,¹¹ J. Q
P. Rullhusen,³² J. Salgado,¹⁵ C
L. Tassan-Got,³⁵ L. Tavora,¹¹
M. C. Vincente,⁵ V. Vlachoudis,¹

Di prossima sottomissione a Phys. Rev. C Neutron capture cross-section of stable isotopes of magnesium in the resonance region

C. Massimi,^{1,2}, P. Koehler,³ N. Colonna,⁴ F. Gunsing,⁵ F. Käppeler,⁶ G. Lorusso,⁴ A. Mengoni,^{7,8} G. Vannini,^{1,2} II Abbondanno.⁹ G. Aerts.⁵ H. Álvarez.¹⁰ F. Álvarez-Velarde.¹¹ S. Andriamonje.⁵ J. Andrzejewski.¹² P. Assimakopoulos,^{13,†} L. Audouin,¹⁴ G. Badurek,¹⁵ M. Barbagallo,⁴ P. Baumann,¹⁶ F. Bečvář,¹⁷ F. Belloni,⁹ E. Berthoumieux.⁵ M. Calviani.⁸ F. Calvião.¹⁸ D. Cano-Ott.¹¹ R. Capote.^{7,19} C. Carrapico.^{20,5} A. Carrillo de Albornoz.²⁰ P. Cennini.⁸ V. Chepel.²¹ E. Chiaveri.⁸ G. Cortes.²² A. Couture.²³ J. Cox.²³ M. Dahlfors.⁸ S. David.¹⁴ I. Dillmann,⁶ R. Dolfini,²⁴ C. Domingo-Pardo,²⁵ W. Dridi,⁵ I. Duran,¹⁰ C. Eleftheriadis,²⁶ M. Embid-Segura,¹¹ L. Ferrant,^{14, †} A. Ferrari,⁸ R. Ferreira-Marques,²¹ L. Fitzpatrick,⁸ H. Frais-Koelbl,⁷ K. Fujii,⁹ W. Furman,²⁷ I. Goncalves,²¹ E. González-Romero,¹¹ A. Goverdovski,²⁸ F. Gramegna.²⁹ E. Griesmayer.⁷ C. Guerrero.¹¹ B. Haas,³⁰ R. Haight,³¹ M. Heil,³² A. Herrera-Martinez,⁸ M. Igashira,³³ S. Isaev,¹⁴ E. Jericha,¹⁵ Y. Kadi,⁸ D. Karadimos,¹³ D. Karamanis,¹³ M. Kerveno,¹⁶ V. Ketlerov,²⁷ V. Konovalov,²⁶ E. Kossionides,³⁴ M. Krtička,¹⁷ C. Lampoudis,^{26,5} H. Leeb,¹⁵ C. Lederer,³⁵ A. Lindote,²¹ I. Lopes,²¹ R. Losito,⁸ M. Lozano,¹⁹ S. Lukic,¹⁶ J. Marganiec,¹² L. Marques,²⁰ S. Marrone,⁴ T. Martínez,¹¹ P. Mastinu,²⁹ E. Mendoza,¹¹ P.M. Milazzo,⁹ C. Moreau.⁹ M. Mosconi.⁶ F. Neves.²¹ H. Oberhummer.¹⁵ S. O'Brien.²³ M. Oshima.³⁶ J. Pancin.⁵ C. Papachristodoulou.¹³ C. Papadopoulos.³⁷ C. Paradela.¹⁰ N. Patronis.¹³ A. Pavlik.³⁵ P. Pavlopoulos.³⁸ L. Perrot.⁵ M.T. Pigni.¹⁵ R. Plag.⁶ A. Plompen.³⁹ A. Plukis.⁵ A. Poch.²² J. Praena.¹⁹ C. Pretel.²² J. Quesada.¹⁹ T. Rauscher.⁴⁰ R. Reifarth.³¹ M. Rosetti.⁴¹ C. Rubbia.²⁴ G. Rudolf.¹⁶ P. Rullhusen.³⁹ J. Salgado,²⁰ C. Santos,²⁰ L. Sarchiapone,⁸ R. Sarmento,²⁰ I. Savvidis,²⁶ C. Stephan,¹⁴ G. Tagliente,⁴ J.L. Tain.²⁵ D. Tarrío,¹⁰ L. Tassan-Got.¹⁴ L. Tavora.²⁰ R. Terlizzi.⁴ P. Vaz.²⁰ A. Ventura.⁴¹ D. Villamarin.¹¹ V. Vlachoudis,⁸ R. Vlastou,³⁷ F. Voss,⁶ A. Wallner,³⁵ S. Walter,⁶ H. Wendler,⁸ M. Wiescher,²³ and K. Wisshak⁶ (The n_ Collaboration (www.cern.ch/ntof))





Attività (2011) Nuovi scintillatori liquidi C6D6

Scintillatori liquidi per misure di cattura neutronica, in fibra di carbonio. Ubiettivo: ridurre la *neutron sensitivity* di un ordine di grandezza ed aumentare la sicurezza per meglio usarli nel laboratorio di classe A





Roma, 19 settembre 2011



Attività (2011) Nuovi scintillatori liquidi C6D6

La costruzione: Preparati stampi in alluminio Preparati pezzi con diverse prove di stampaggio Assemblato primo prototipo

Problemi e Soluzioni

- 1. Trovare una resina certificata per resistere al benzene
- 2. Trovare le giuste combinazioni di resina-indurenteritardante per permettere la lavorazione dei pezzi
- 3. Definire le parti di carica del gelcoat riflettente
- 4. Definire gli spessori minimi della fibra per evitare infiltrazioni di luce
- 5. Verificare la tenuta della resina al benzene



- 2. Dopo molti tentativi, trovate le giuste combinazioni (molto dipendenti dalla temperatura di lavoro)
- 3. Realizzato il gelcoat uniforme
- 4. Primo prototipo entrava luce. Schermato con layer aggiuntivi di fibra
- 5. Incollaggio finestra quarzo punto debole a causa dell'impossibilità di fare il post curing- realizzato secondo prototipo





Attività (2011) Nuovi scintillatori liquidi C6D6

Primi tests al CERN hanno mostrato ottime performances.



paolo.milazzo@ts.infn.it

Fisica Nucleare

Roma, 19 settembre 2011

Commissione Scientifica Nazionale Linea 3



<u>Attività (2011)</u>

Proposal to the INTC Committee

Neutron capture cross section of ⁹³Zr

Abstract: We propose to measure the neutron capture cross section of the radioactive isotope ⁹³/r. Aim of this project is to improve the accuracy of existing results, because a fine measurement of this cross section is relevant both for nuclear astrophysics and emerging nuclear technology. In particular, the quality of the data that could be obtained at n_TOF will allow on one side for a better knowledge of the s-process nucleosynthesis flow, and on the other side to prototype systems for transmutation of nuclear waste, given that this radioactive isotope is widely present in fission products.

Spokeperson: G.TAGLIENTE, INFN, Bari, Italy (giuseppe.tagliente@ba.infn.it)

The n_TOF collaboration

1. Introduction

The origin of the elemental abundances from iron to uranium can be almost completely assigned to neutron capture reactions by two main stellar scenarios, each being responsible for the production of about one half of the abundances in the mass region $A \ge 56$. Explosive nucleosynthesis related to supernovae or neutron star mergers is characterized by complex reaction networks involving short-lived and very neutron-rich nuclei. Because of the extremely high temperatures (T>10⁹ K) and neutron densities $(n_0>10^{20} \text{ cm}^{-3})$ the time scale for neutron capture is of the order of milliseconds. Accordingly, this process is known as the rapid neutron capture process or r process [1]. The advanced burning phases of stellar evolution are periods of neutron capture nucleosynthesis by the slow s-process [1]. Depending on the stellar mass it operates in thermally pulsing low-mass Asymptotic Giant Branch (AGB) stars (main component) [2] or during core He and shell C burning in massive stars (weak component) [3]. Under s-process conditions temperatures are $\approx (1-9) \times 10^8$ K and neutron densities can vary between $\approx 10^6$ and 10^{11} cm⁻³. Because typical neutron capture times are much larger than average half lives of β -unstable nuclei, the reaction path of the s-process follows the valley of stability by a sequence of neutron captures and β -decays once an unstable isotope is encountered.

Situated at and near magic neutron number N = 50, the zirconium isotopes take a particular position on the s-process path, just at the border between the weak and main component. Because of their magic or near magic neutron configurations all Zr isotopes exhibit relatively small (n, y) cross sections. As far as the unstable isotope ⁹³Zr is concerned it can be considered as stable on the time scale of the s process because of its long half life of 1.5 Myr. The corresponding s-abundance of ⁹³Zr decays only later to provide the s-component of the daughter 93Nb, which itself lies outside the s-path.

Analyzing the presolar SiC grains, which witness the composition of s-processes enriched material from circumstelar envelopes of Rea Giants[xx]. The Nb/Zr ratios observed in most grains are grater to be satisfactorily explained with present ⁹³Zr cross section data.

http://www.irfu.cea.fr/Sphn/NRA_school_2011/

for technological applications.

Welcome

- Programme Directions
- Application Form

Contact

The second Neutron Resonance Analysis School will be hosted at the EC-JRC-IRMM in

Neutron Resonance Analysis School 2011

Geel, Belgium from November 14 to November 18, 2011. Neutron-induced nuclear reactions are important in a wide range of applications ranging from stellar nucleosynthesis, symmetry breaking effects in compound nuclei, the investigation of nuclear level densities, to applications of nuclear technology, including the transmutation of nuclear waste, accelerator driven systems and nuclear fuel cycle investigations. Accurate measurements and a careful analysis of measured nuclear data are the crucial basis for evaluated nuclear data libraries, which in their turn form the basis

This school is intended to provide a practical introduction to the analysis of measured neutron-induced resonance reaction data and to the processing of experimental and evaluated data. Lectures and hands-on computer exercises will be alternated. Topics include neutron-induced reactions. R-matrix theory, neutron time-of-flight measurements. uncertainty and covariance assessment, data formats (ENDE EλFOR) and related topics.

The school is almed at PhD students, post-docs and researchers working in the field related to neutron time-of-flight measurements and neutron resonance analysis. Since the capacity of receiving participants is limited, priority will be given to applications of PhD students and post-docs

Application

Scope.

If you would like to participate in the school, please fill in the application form before June 15, 2011. You will be notified whether you are selected for participation to the school. The registration fee is 200 EUR and includes access to the lectures and lunches. A special all-in fee of 700 EUR can be offered to a limited number of persons. The all-in fee includes registration, accommodation, meals and daily transport between the hotel and the IRMN

In addition there is a possibility for limited financial support. Applicants for financial support should submit a CV and a short letter of motivation.

School Secretariat

Carmen Cabanillas-Platero (EC-JPC-IRMN)

Organizing Committee

- Enrico Chiaveri (CERN); · Emmeric Dupont (OECD/NEA) Frank Gunsing (CEA, France) Jan Heyse (EC-JRC-IRMM) Stefan Kopecity (EC-JRC-IRMM) Christos Lampoudis (EC-JRC-IRMM) Cristian Massimi (INFN, Bologna, Italy)
- Naohiko Otsuka (İAEA)
- Peter Schillebeeckx (EC-JRC-IRMM), Chairman
- Peter Siegler (EC-JRC-IRMM)

The school is supported by

• European Commission, JRC-IRMM (Int. org.) CE4 - Irfu (France)

- IAEA (Int. erg.) · OBCD-NEA (Int. org.)









Commissione Scientifica Nazionale Linea 3





Pubblicazioni (2010)

Ε. Tagliente et el., *The ⁹²Zr(n, γ) reaction and its implications for stellar nucleosynthesis* Phys. Rev. C 81, 055801 (2010)

E. Messimi et el., ¹⁸⁷Au(n, y) cross section in the resonance region Phys. Rev. E 81, 044616 (2010)

N. Colonna et al., *Neutron cross-section for next generation reactors: new data from n_TOF* Applied Radiation and Isotopes 68 (2010) 643

M. Mosconi et al., *Neutron physics of the Re/Os clock. I. Measurement of the (n, γ) cross sections of* ^{186,187,188} *Os at the CERN n_TOF facility* Phys. Rev. C 82, 015802 (2010)

K. Fujii et al., Neutron physics of the Re/Os clock. III. Resonance analyses and stellar (n, g) cross sections of 186,187,188 Ds.

Phys. Rev. C 82, 015804 (2010)

APS spotlighting exceptional research

C. Paradela et al., *Neutron-induced fission cross section of*²³⁴U and ²³⁷Np measured at the *CERN Neutron Time-of-Flight (n TOF) facility* Phys. Rev. C 82, 034601 (2010)

N. Colonna et al., *Advanced nuclear energy systems and the need of accurate nuclear data: the n_TOF project at CERN*

Energy and Environmental Science, 3, 1910 (2010)

Impact Factor 9.4



Roma, 19 settembre 2011

Commissione Scientifica Nazionale Linea 3



Pubblicazioni (2011)

E. Belloni et al., Neutron-induced fission cross section of ²³³U in the energy range 0.5<E_n<20 MeV Eur. Phys. J. A 47:2 (2011)

C. Lederer et al., *¹⁹⁷Au(n, γ) in the unresolved resonance region* Phys. Rev. C 83, 034608 (2011)

D. Tarrio et al., Neutron-induced fission cross section of ^{nat}Pb and ²⁰⁹Bi from threshold to 1 GeV: an improved parametrization Phys. Rev. C 83, 044620 (2011)

E. Tagliente et al., Neutron capture on ${}^{54}Zr(n, \gamma)$ *: resonance parameters and maxwellian-averaged cross sections* **Phys. Rev. C 84, 015801 (2011)**





Campagna di misura prevista per il 2012

Misura	Campione	Motivazione	Rivelatore
Cattura (n,y)	^{61,64} Ni + ⁵⁸ Fe	Astrofisica	C ₆ D ₆
Test (n,α)	10 B	Rivelatori innovativi	Diamante
Cattura (n,γ)	236	Tecnologie Nucleari	Calorimetro C ₆ D ₆
Fissione + Cattura	²⁴⁰ Pu, ²⁴² Pu	Tecnologie Nucleari	Calorimetro MicroMegas





Attività 'formativa'

GModel RPSPOI-2ROR: No. of Pages 13

Research Policy xxx (2011) xxx xxx



Is Italian science declining?

Cinzia Daraio^{a,*}, Henk F. Moed^{b,1}

² Department of Management, University of Bologna, Via U. Terracini, 28, 40131 Bologna, Italy ^b Centre for Science and Technology Studies (CWTS), Leiden University, The Netherlands

ARTICLE INFO

A B S T R A C T

Article history: Received 24 June 2011 Accepted 26 June 2011 Available online xxx

Keywords: Italian science Public research organizations Bibliometric indicators International collaboration R&D policy The paper analyses the Italian contribution to the world scientific production, its relative citation impact, its international collaborations and scientific productivity compared with the most productive EU countries over the period 1980–2009. It shows that despite the fact that the level of funding has been dramatically low during the past decades, Italian science has been able to increase its performance up to 2007. Italian science is a "cathedral in the desert". However, a recent reduction in the level of scientific production, the lagging behind in international scientific collaboration (highly correlated with the relative citation impact) and the great heterogeneity of researchers' productivity (absence of correlation of number of researchers with quality and quantity of scientific production) may mark the start of a decline of latian science. The paper concludes that the increased funding must go hand-in-hand with reform of autonomy and governance and calling for a sound system of internal quality control and performance enhancement.

© 2011 Elsevier B.V. All rights reserved.

PhD students G. Lorusso, S. Marrone, K. Fujii, M. Calviani, F. Belloni

MSU, CERN, Riken, CEA-Saclay

(+ numerose tesi di Laurea)



Post-Doc stranieri C. Moreau, J. Praena, M. Meaze, N. Dzysiuk



Roma, 19 settembre 2011

Commissione Scientifica Nazionale Linea 3





Upgrading della facility (fatto)

Nuovo bersaglio di spallazione (2009)



Acqua borata come moderatore (2010)

Background ridotto di un fattore 10



Area sperimentale trasformata in Laboratorio di Classe A (2010)

Più facile e pulita la misura di bersagli radioattivi





H

Upgrading della facility (in fase di studio)

econda sala sperimentale (2014)



Roma, 19 settembre 2011

Commissione Scientifica Nazionale Linea 3

TTL2 (854)

paolo.milazzo@ts.infn.it

1: 500





Upgrading della facility (in fase di studio)

n_TOF EAR2 Estimated Budget V 1,2		INDICO	
	04/04/2011	[KCHF]	
Dismantling barrack 559		100	
CE new building n_TOF EAR2		1 280	
Ventilation		540	
Electric services		120	
Elec general services		80	
UPS		40	
Access, alarms & fire detection		250	
Access, interlock system		120	
Fire detection, alarms		80	
Shielded door (EAR2 entrance)		50	
Crane		70	
Radioprotection, monitoring		100	
Beam line		220	
New target concrete tap		50	
New shaft collimation, shielding		50	
Dump		20	
Vacuum chambers, pump, control		50	
Gaz supply facility		20	
Detector support facility (vertical)		30	
	Total [KCHF]	2 580	
Contingency		10%	
	Total [KCHF]	2 838	
	Total [Ki	EUR] (1 EUR = 1,35 CHF)	2 10

La versione finale del progetto verrà presentata all'INTC a febbraio 2012

Si stimano in un anno i tempi necessari alle operazioni di Ingegneria Civile

Roma, 19 settembre 2011

Commissione Scientifica Nazionale Linea 3





CERN

Technische Universitat Wien **IRMM EC-Joint Research Center, Geel** IN2P3 - IPN - Orsay, IN2P3 - IReS - Strasbourg, CEA - Saclay FZK – Karlsruhe AstroParticle Consortium (Athens, Thessaloniki, Thrace ...) INFN Bari, Bologna, LNL, Trieste ENEA – Bologna, Università di Bologna LIP - Universitade de Coimbra, ITN Lisbona INR – Dubna, IPPE – Obninsk CIEMAT - Madrid, IFIC - Valencia, University of Santiago de Compostela, University of Cataluna University of Basel

University of Notre Dame, LNL, ORNL

Austria Belgio

> Francia Germania

≈ 40 Istituti ≈ 120 Ricercatori

Grecia

Italia

Portogallo Russia

Spagna Svizzera USA **Contratti EC** FP5 n-TOF-ND-ADS FP6 EUROTRANS FP7 ANDES







N_TOF ITALIA Bari Bologna LN Legnaro Trieste M.Barbagallo, N.Colonna, M.De Poli N.Dzysiuk, F.Gramegna, C.Massimi, P.Mastinu, M.Mastromarco, M.Meaze, P.M.Milazzo, G.Tagliente, R.Terlizzi, G.Vannini, V.Variale, A.Ventura

15 Ricercatori 11.3 FTE 75% impegno/ricercatore 20.7 k&/FTE (per il 2012)



paolo.milazzo@ts.infn.it

Roma, 19 settembre 2011

Commissione Scientifica Nazionale Linea 3



200]1→	20	11

Finanziamenti ricevuti	2 M€
Pubblicazioni (riviste con referee)	46

Imnatto I	NFN QUI	rallahana	7inno in	tonnozional	
			4		

	INFN	Collaborazione Internazionale	%	
Maintenence and operation	30 kCHF	254 kCHF	12	
Ricercatori	15	≈ 110	≈ 1 4	ſ
Pubblicazioni	25	46	54	





Milestones 2011

Sezione d'urto di cattura ⁶² Ni e invio del relativo articolo alla rivista per la pubblicazione	75 %	30-06-2011
Completamento misure di cattura su ²⁴¹ Am subordinato alla corrente integrata di fascio	100 %	30-12-2011
Invio dell'articolo relativo alle misure di fissione su ²⁴⁵ Cm e ²⁴³ Am alla rivista per la pubblicazione	75 %	30-12-2011
MIIESTONES ZUIZ		
<i>MIIESTONES ZUIZ</i> Completamento analisi dati del ⁶³ Ni		31-03-2012
Completamento analisi dati del ⁶³ Ni Misura delle sezioni d'urto di cattura ²⁴⁰ Pu e ²⁴² Pu		31-03-2012 30-11-2012
Completamento analisi dati del ⁶³ Ni Misura delle sezioni d'urto di cattura ²⁴⁰ Pu e ²⁴² Pu Pubblicazione dati di fissione ²⁴¹ Am		31-03-2012 30-11-2012 31-12-2012





Richiesta sblocco s.j. 2011



Richieste straordinarie 2011

	Interno]	Estero		
Bari			5.5		
LN Legnaro	1.5		1.5		

Richieste finanziarie 2012

	Interno		Estero		Consumo		Inventariabile		Apparati		Totale	
Bari	33.0	15.5	81.0	53.5	3.0	3.0			10.0	(sj) 10.0		
Bologna	11.0	9.0	36.0	27.5	(sj) 5.0	(sj) 5.0						
LN Legnaro	9.0	9.0	29.0	25.5	4.5	4.0	5.5	2.5				
Trieste	4.0	4.0	16.5	14.5	26.5	24.5						
TOTALE											234.0	185.0

