

The Research Division activity at LNS

Stefano Romano

INFN — Laboratori Nazionali del Sud, Catania, Italy



LNS USER MEETING – December 15, 2015 - Catania



Plan ...

Summary on scientific activities

Overview on experimental facilities

The structure of the Reseach Division

> Support to the users



Accelerator equipment for ion beam production







450 KV injector 2 sputtering sources





Normal conducting ECR source CAESAR

Superconducting ECR source SERSE

Superconducting Cyclotron developed beams



🔺 ⁴He 80 AMeV

¹¹²Sn 43.5 AMeV

In red beams with intensity 10¹² pps

AX	E (AMeV)
H_2^+	62,80
$\tilde{H_3^+}$	30,35,45
$^{2}\mathbf{D}^{+}$	35.62.80
⁴ He	25.62.80
He-H	10.21
⁹ Be	45
11 B	55
^{12}C	23.62.80
13 C	45.55
14N	62.80
¹⁶ O	21,25,55,62,80
¹⁸ O	15.55
¹⁹ F	35,40,50
²⁰ Ne	20,40,45,62
²⁴ Mg	50
²⁷ Al	40
³⁶ Ar	16,38
⁴⁰ Ar	15,20,40
⁴⁰ Ca	10,25,40,45
^{42,48} Ca	10,45
⁵⁸ Ni	16,23,25,30,35,40,45
^{62,64} Ni	25,35
^{68,70} Zn	40
⁷⁴ Ge	40
^{78,86} Kr	10
⁸⁴ Kr	10,15,20,25
⁹³ Nb	15,17,23,30,38
¹⁰⁷ Ag	40
¹¹² Sn	15.5,35,43.5
¹¹⁶ Sn	23,30,38
¹²⁴ Sn	15,25,30,35
¹²⁹ Xe	20,21,23,35
¹⁹⁷ Au	10,15,20,21,23
²⁰⁸ Ph	10

Availability of the Superconducting Cyclotron and Tandem beams

In case of full operation of the accelerators the annual availability of the beam time is

Superconducting Cyclotron

400 BTU = 3200 h

Tandem 350 BTU = 2800 h



All the activities performed with the accelerators are approved by the LNS Program Advisor Committee

LNS lay-out: accelerators and experimental halls



SOLE Superconducting Solenoid

 $0^0 \leq \! \theta \leq 6^0$

MEDEA

180 BaF₂ detectors $30^0 \le \theta \le 180^0$

GDR in A = 110 ÷ 132 nuclei

Reactions: ¹¹⁶Sn + ¹²C @ 17 and 23 MeV/A ¹¹⁶Sn + ²⁴Mg @ 17 and 23 MeV/A

Incomplete fusion reactions γ and light charged particles in coincidence with evaporation pruducts

ToF measurements

Quenching of GDR at E*/A ≈ 2.0 MeV/A

D. Santonocito et al. – PRC 90 (2014) 054603

Dynamic Dipole in A=192 nuclei

Reactions: ⁴⁰Ca + ¹⁵²Sm @ 10A MeV ⁴⁸Ca + ¹⁴⁴Sm @ 11.1A MeV

Incomplete fusion reactions γ and light charged particles in coincidence with evaporation pruducts ToF measurements

E_{GDR} = 13 MeV

 E_{dd} = 11 MeV Γ_{dd} = 3.5 MeV

 $M_{\gamma}(\theta_{\gamma}) = (1.0 \pm 0.1) \ 10^{-4} \ \gamma/sr$

 $E_{DD} < E_{GDR} \longrightarrow$ High deformed system Sudy of the density behaviour of the symmetry term in EOS

LNS lay-out: accelerators and experimental halls

The Ciclope scattering chamber (general purpose vacuum chamber, 4m length, 2m diameter)

- Nuclear Physics
- Tests for large Experimental setup tests
- ➤ applications

LNS lay-out: accelerators and experimental halls

CHIMERA (CHarged Ion Mass and Energy Resolving Array)

is a 4pi detector for charged particles devoted to the study of nuclear reaction at intermediate energies and operating at *Laboratori Nazionali del Sud* in Catania

CHIMERA

- Equation of State of Asymmetric nuclear matter
- isospin dependence of the symmetry energy
- Time scale of particles and cluster emission
- Isospin dependence of compound nucleus formation and decay (ISODEC)
- Use of the FRIBS beam lines: coupling CHIMERA with the FARCOS prototype (CLIR [¹⁶C] and PIGMY [⁶⁸Ni] experiments (2015)

CHIMERA Detector: Identification methods

FRIBS@LNS: in Flight Radioactive Ion Beams

The most recent experiment with 68Ni Fribs beam (december 2015): the Pygmy resonance measurement

Beams developed at FRIBS@LNS

		intensity	
primary beam	beam	(kHz/100W)	
18O 55 AMeV	16C	120	
setting 11Be	17C	12	
	13B	80	
	11Be	20	
	10Be	60	
	8Li	20	
180 55 AMeV	14B	3	
setting 12Be	12Be	5	
	9Li	6	
	6He	12	
13C 55 AMeV	11Be	50	
setting 11Be	12B	100	
36Ar 42 AMeV	37K	100	
setting 34Ar	35Ar	70	
	36Ar	100	
	37Ar	25	
	33CI	10	
	34CI	50	
	35CI	50	
20Ne 35 AMeV	18Ne	50	
setting ne18	17F	20	
	21Na	100	
70Zn 40 AMeV			
setting 68Ni	68Ni	20	

Beams to be delivered in 2014-2015 to approved experiments

¹⁶C (CHIMERA)

⁶⁸Ni (CHIMERA)

⁸He (CHIMERA) new

¹⁴Be (test experiment) new

³⁸S (MAGNEX) new

Unique facility in Europe

LNS lay-out: accelerators and experimental halls

MAGNEX*EDEN

- Light nuclei structure
- Nuclear astrophysics
- Spectroscopy
- Structure effects on reaction mechanism
- Exotic nuclei
- Isgm
- DCE

Physics case demanding high intensity: double β decay

LNS lay-out: accelerators and experimental halls

Multidisciplinary beam lines at INFN-LNS

Two rooms are available at LNS for multidisciplinary activities irradiations:

- CATANA beam line (clinical proton beams at 62 MeV)
- 0° beam line (protons and light ions up to 80 AMeV)

both equipped with detectors for beam diagnostics and dose monitoring.

CATANA proton therapy beam line

Total Number of patients	> 300		
Deaths	6		
	Metastatis	5	
	Other	1	
Eye retention rate	95 %		
Surviving	98 %		
LOCAL CONTROL	95 %		

LNS lay-out: accelerators and experimental halls

The scattering chamber 2000 (2 m diameter)

- Nuclear Physics
- Nuclear Astrophysics
- > Applications

Reaction and nuclear structure studies at the CT 2000 Chamber Elastic and direct processes studied with <u>Si telescopes systems like e.g. CLAD.</u> Elastic excitation functions measured with the TTIK technique filling the chamber with gas

Fusion excitation functions with the activation technique have been measured. Decay of the activated foils followed off line in a dedicated lab with lead shielded detectors

C. Spitaleri et al., PRC 69(2004)055806

¹⁴N(n,p)¹⁴C

Interesting for:

✓ <u>s process</u>: ¹⁴N is very abundant since it is a dominant product of hydrogen-burning in the CNO cycle → With its relatively high cross section, the ¹⁴N(n,p)¹⁴C reaction can act as a strong neutron poison in the reaction chain to heavier elements.

 $\checkmark \underline{Nucleosynthetic origin of fluorine}$: the He-burning shell in AGB stars is thought to be the most likely site for synthesis of fluorine, mainly through the nuclear chain $^{14}N(\alpha,\gamma)^{18}F(\beta+)^{18}O(p,\alpha)^{15}N(\alpha,\gamma)^{19}F$. The proton captured by ^{18}O are mainly produced in the $^{14}N(n,p)^{14}C$ reaction

 $^{14}N+d \rightarrow ^{14}C+p+p$ THM $^{14}N+n \rightarrow ^{14}C+p$

The experiment was performed at LNS (April- May 2015)-Catania, $E_{beam} = 40 \text{ MeV}$ (¹⁴N)

Goal: investigation of the energy region between 0 and 400 keV

Detectors	Thickness [µm]	θ [deg]	r [em]	∆0 [deg]
A ₁ (DSSSD)	500	5.0 ± 0.1	80	±1.8
$\Delta A_1(STRIP)$	20	5.0 ± 0.1	80	±1.8
B ₁ (DSSSD)	1000	25.0 ± 0.1	25	±5.7
B ₂ (PSD)	1000	40.0 ± 0.1	25	±5.7

R. D. towards users ...

Technical support for

experimental facilities

electronics and detectors

target preparation

> maintenance

Computing Service

Personnel: 3

Support for

- > acquisition systems
- data storage
- \succ wifi connections
- email account

New computing system - 2015

«Nella strategia

2020 - spiega il

prof. Cuttone -

importante»

l'Infn ha un ruolo

europea Horizon

.55

Sci Eve

Sci

S

Info

Act

Vis

IL PUNTO Sotto l'albero i fondi nazionali e quelli europei Regione assente

Un emendamento del Governo alla Legge di Stabilità prevede 15 milioni per ciascino dei prossimi tre anni da destinare all'Istituto nazionale di Fisica nucleare per+sostenere l'attività di ricerca nei campi della fisica subnucleare, nucleare e astroparticellare». Non è, questa l'unica notizia positiva sotto l'albero dell'Infn-Lns: KM3Net, infatti, è entrato nella roadmap Esfri 2016 - 2020 (European strategy forum on research infrastructures), una scelta che si traduce nello sblocco di importanti finanziamenti europei. Alla collaborazione internazionale partecipano, oltre all'Italia, Cipro, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Olanda, Regno Unito, Romania, Spagna. La collaborazione italiana, finanziata e guidata dall'Infn e da numerose Università (Bari, Bologna, Catania, Genova, Napoli, Roma Continues) has seen do

I «fisici bestiali» dell'Infn-Lns sospesi tra la Sicilia e il mondo

A Portopalo e Catania la ricerca dei segreti del cosmo che arricchisce l'intera Isola

NINO A RENA

viluppare Km3Net al largo di Portopalo e potenziare ulteriormente i nostri acceleratori per studiare le caratteristiche di base de neutrino». Giacomo Cuttone, direttore dei La-

boratori nazionali del Sud dell'Istituto nazionale di Fisica nucleare, ha ben chiare le priorită scientifiche della macchina che guida, ma se la prima voce dell'agenda resta la ricerca "pura", i campi su cui si gioca il futuro di questa grande infrastruttura - che ha base catanese e prestigio mondiale - sono molteplici.

«Nella grande strategia europea di Horizon 2020- spiega il prof. Cuttone l'Infn ha un ruolo importante sotto molti aspetti, a cominciare dal big data, i grandi centri di calcolo che servono non solo per l'analisi dei nostri esperimenti, ma anche per studiare l'evoluzione di molti sistemi complessi tra cui i sistemi biologici a quelli meteorologici, le reti e la trasmissione dati ad altissinma velocită: da questo, crediarno, passa il futuro del Laboratorio, ma anche un pezzo importante del fututro questa regione». La creatura al momento più coccolata all'interno dell'Inf-Lns, fa comunque

notare il prof. Cuttone, si trova nello Jonio, a 3.500 metri di profondità e oltre 70 chilometri al largo di Capo Passero, dove Km3Net ha poderose torri e stringhe estese per proteggere e allungare gli "occhi" del potente telescopio sottornarino che deve catturare i neutrini provenienti dallo spazio profondo, stabilire se

comprendere l'evoluzione dell'Universo. Quesiti epocali che proiettano nel futuro la sezione etnea dell'Infn-Lns, avanti di decenni rispetto al resto dell'Isola per credibilità e conoscenza, ma dietro di anni, per quanto riguarda il sostegno delle istituzioni territoriali a questo genere di ricerche, che pure hanno un'indiscutibile ricaduta economica per il territorio, poiché la ricerca pura produce alta tecnologia che diventa patrimonio del tessuto industriale locale.

A Catania è già successo e sono numerosi i miracoli che riescono a replicarsi, anche se non è scontato che ciò avvenga. «Alla Regione – puntualizza a questo proposito il direttore dell'Inf-Lns - chiediamo di aiutarci in un procesa descriverli correttamente sia stato so che loro hanno già riconosciuto, in Maiorana o Dirac e - scusate se è poco - questa grande infrastruttura distribuita se nella fisica applicata alla medicina e

del mare che vede Infn-Lns, Ingv, Cnr, Universită di Catania giocare un ruolo da protagonista e quindi attraverso questo e i fondi infrastrutturali dare un seguito consistente a queste attivită di ricerca che, ripeto, non sono solo dell'Infn-Lns, ma sono la migliore dimostrazione di quanto gli enti di ricerca e le Universită possono fare per questa ter-ra. Il mare, e in particolare il Mediterraneo- aggiunge Cuttone - è un'occasione unica e irripetibile per la crescita del nostro Paese e soprattutto della Sicilia, a partire dai grandi investimenti in ricercafatti da Infn, Ingv, Cnr e dalle Universită siciliane».

> Le opportunită di sviluppo che nascono dall'infn catanese, si diceva, valgono anche per il resto d'Italia, fra le altre co-

«E'fondamentale - prosegue il prof. Cuttone - continuare a sviluppare Km3Net e potenziare ulteriormen-

te i nostri acceleratori per studiare le caratteristiche di base del neutrino, con questi esperimenti che sono unici a livello internazionale e su queste due iniziative c'è il futuro scientifico dei nostri laboratoria

Non c'è solo questo, però nei Laboratori nazionali del Sud, tradizionalmente avanzati e attivi nel campo dell'applicazione della fisica delle particelle ad altri campi, in particolare nella medicina con la protonterapia. Una "voce" che non ha incontrato l'attenzione della Regione, che in un altro dominio strategico della sua attivită, quello della tutela e gestione dei beni culturali, potrebbe approfondire l'apporto del patrimonio di conoscenze ed esperienze maturate all'interno del laboratorio Landis - affidato al dott. Francesco Paolo Romano - nato dalla collaborazione con il Cnr.

photo by PF - september 2010

ALARA BURGERS

Marine Infrastructures Service

Personnel: 11

"European Nuclear Science and Applications Research"

The Transnational Access to LNL and LNS - Ensar2

Consortium Agreement signed!

> Starting date January $1^{st} 2016 \dots ?$

To be eligible to benefit from access to the infrastructure under the grant agreement, a user group must satisfy the following two conditions:

 a) the user group leader and the majority of the users must work in a institution established in a Member State or Associated State;
 b) the user group leader and the majority of the users must work in a country other than the country(ies) where the legal entity(ies) operating the infrastructure is(are) established.

TNA03 – Deliverables

LNS towards users

