

## II TITOLO

50 Anni:La nascita della Spettroscopia  
Nucleare in Italia a Napoli e la fondazione dei  
Laboratori di Legnaro  
R.A.Ricci

Un pezzo di storia della Fisica dei Nuclei in  
Italia

Rif. R.A.Ricci N.S. 28,2012,3-4. (un piccolo  
Pilastro)

# Gli anni 60

- Sono gli anni del punto di partenza della riorganizzazione della Fisica di Nuclei (“..delle basse energie”) in Italia ,attraverso varie vicende,nell’ambito INFN,sulla base di attività “locali” esistenti e poi raggruppate in un contesto nazionale –contrattuale (cfr. Contratto EURATOM-CNEN ). V.Doc.Villi: *posizione ancillare...affrancata negli anni 70.*
- Cfr. XLVI CONGRESSO SIF NAPOLI 29/9-5/10,1960

# La Fisica dei Nuclei in Italia negli anni 1950-1960

## FISICA NUCLEARE in ITALIA Anni 50 - 60

21

### DA ATTIVITA' LOCALI (~ Universita')

(TORINO, MILANO, PADOVA, TRIESTE, ROMA, CATANIA)  
reazioni nucleari, proprieta' nucleari da decadimenti radioattivi,  
processi di fissione.....

### A ESPERIMENTI CON FACILITIES DEDICATE

- TORINO: BETATRONE (e)  
Acc. E.S. CW 300 kV  $\rightarrow$  n 14 MeV  
 $\sigma$  Fotoreazioni, reazioni, scattering  
+ SINCROTRONE: fotodisintegrazioni  
assorbimento fotonico (~RG)
- TRIESTE: Acc. E.S. CW 600 kV  $\rightarrow$  n 14 MeV  
reazioni n, ...p... n. scattering
- CATANIA: V.d.G. (p; d)  $\rightarrow$  2 MeV  
fissioni da n, d,  $^3\text{He}$  transf.
- MILANO: CICLOTRONE 2xFoc 20-40 MeV p  
reazioni, scattering nuclei leggeri p,  $\alpha$   
p $\rightarrow$ fissione, nucleo composto
- CISE: V.d.G. 3,5 MV  $\rightarrow$  Tandem 8 MV  
struttura nucleare, reazioni
- NAPOLI: V.d.G. 400 kV(d,t)  $\rightarrow$  14 MeV,n  
Start: SPETTROSCOPIA NUCLEARE (+ FIRENZE)
- LNL/PADOVA: V.d.G. 5.5 MV reazioni p,d, $^3\text{He}$  (+ SSC. FHA)  
+ struttura (p,n), (p, $\gamma$ ) 400 kV (n puls.)

# Il Contesto iniziale INFN: I gruppi italiani nel Contratto EURATOM-CNEN

1960-1975

cfr. E.Amaldi "L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare",  
Notiz.CNEN, N.1,1963;

Rapporto CNEN, EUR 2465-I : "Ricerche sulla Fisica dei Nuclei",1961-1963,Sezioni INFN,1966;

v.anche G.Salvini: "L'attività di ricerca dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare dal 1966 al 1969",Seduta C.D. INFN,marzo 1971;

C.Villi : "La Fisica Nucleare fondamentale in Italia",attività INFN 1970-1975, XXV ann.INFN,1976.

1963  
EDUARDO AMALDI

L'ISTITUTO NAZIONALE  
DI FISICA NUCLEARE

Numero del N. 1 - Gennaio 1963 del "Bollettino" del Comitato Nazionale Energia Nucleare

1966  
**EUR 2465.1**

ASSOCIAZIONE  
Comunità Europea dell'Energia Atomica - EURATOM  
Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare - C.N.E.N.

RICERCHE SULLA FISICA  
DEI NUCLEI

1966



Lavori svolti nel triennio 1964 - 1966 dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
(Sezioni di Bologna, Catania, Firenze, Genova, Milano, Napoli,  
Padova, Torino e Trieste - Italia)  
e dall'Istituto Applicazioni Impianti Nucleari  
(Università di Palermo - Italia)

Associazione N. 003-65-11 MPAL

cfr. E.Amaldi:

*“Spettroscopia nucleare*

*L'attività principale si è svolta a Napoli dove in collaborazione con un gruppo di Amsterdam vengono svoltesistematicamente investigazioni sulle proprietà dei livelli eccitati dei nuclei pari-pari, per ottenere informazioni sulle eccitazioni collettive, e sui nuclei pari-dispari per investigare gli accoppiamenti tra particelle singole e moti vibrazionali: tali ricerche hanno condotto a importanti risultati sulla interazione tra moti collettivi e forze di corto range.*

*A Padova, sono state studiate le correlazioni elettrone-nucleo di rinculo nei decadimenti beta, gli spettri di bremsstrahlung interna nell'emissione beta e i processi di decadimento per cattura. A Firenze si sono iniziate ricerche sugli isomeri ed è stata trovata una nuova attività del Niobio “*

# Dalla relazione 1961-1964

## GRUPPI(Contratto Euratom-CNEN-INFN) Esempi

- NAPOLI:CG.E.Pancini;*R.A.Ricci,V.Santoro,P.Cuzzocrea,G.Chilosi,A.Covello,S. Monaro,J.Onorato,G.Sartoris,R.Speranza,G.Varcaccio,G.B.Vingiani,A.Busce mi,V.Martuscello,LDi Chiacchio (agg.M.Drosi,V.Manfredi,A.Barone,G.Greco)*
- PADOVA:CG.C.Villi:*E.Silverstein,G.Zago,U.Fasoli,C.ManduchiM.T.RussoManduchi,T.Minelli,G.Nardelli,G.Tornielli,S.Belletti,A.Zacchi,G.Zannoni,G.Gonano,B.Tiveron,A.Zanon,L.Calore,F.Marotto,G.Gonella,A.Paonessa,B.Pietrobelli ,R.Zanon (agg.I.Filosofo,F.Pellegrini,F.Brandolini,M.Morando,C.Signorini)*
- FIRENZE:CG.M.Mandò,*P.G.Bizzeti,G.DiCaporiacco,A.M.Sona,M.Bocciolini,*
- Calonaci,*G.Pregno,E.Rossi (agg.P.Biasi,P.Maurenzig,P.Sona,N.Taccetti)*
- 
- V. Bologna,Catania,Genova,Milano,Torino,Trieste,Imp.Nucl.Palermo.

# Contratto EURATOM

- Tabella Acceleratori (1961-1963)

TABELLA DEGLI ACCELERATORI MESSI A DISPOSIZIONE DEI GRUPPI DEL CONTRATTO

Sede	Direzione Scientifica	Progetto e costruzione	Tipo di acceleratore	Tipo di Particelle accelerate	Energia Min. e Max di accelerazione	Corrente max del fascio	Lunghezza di impulso	Frequenza di ripetizione	Stabilità in energia	Destinazione principale	( <sup>1</sup> )
Torino	INFN	Brown Boveri Co.	Elettrosincrotrone	e <sup>-</sup>	5-100 MeV	0.01	7-400 ns	50/s	~ ± 0.5 %	Produz. raggi γ	b
Milano	INFN	Istituto Fisica	Ciclotrone	p	45 MeV	IN COSTRUZIONE				Produzione p	c
Genova	INFN	Brown Boveri Co.	Betatrone	e <sup>-</sup>	5-31 MeV	0.03	10 μs	50/s	± 2.5 %	Produz. raggi γ	b
Legnaro Padova	INFN	High Volt. Eng. Co.	Van De Graaff	p,d,He <sup>3</sup> ,He <sup>4</sup>	1-5.5 MeV	20	10 ns	10 <sup>6</sup> pps	± 5 KeV	Produz. d, p e n	b
Segrate	CISE	CISE	Van De Graaff	p,d	750 KeV-4.3 MeV	~ 400			~ 2 KeV	Produz. d, p e n	b
Catania	CSFN-INFN	High Volt. Eng. Co.	Van De Graaff AK-2	p,d	700 KeV-2 MeV	50			± 2 KeV a 2MeV	Produz. d, p e n	b
Trieste	INFN	Istituto Fisica Pannoni e Villa	Cockcroft Walton	p,d	00-500 KeV	100			± 1 KeV	Produz. neutroni	b
Bologna	INFN	Istituto Fisica	Cockcroft Walton	p,d	50-520 KeV	1 500	1-100 ns			Produz. neutroni	b
Napoli	INFN	High Volt. Eng. Co.	AN-400	p,d	0-400 KeV	150			± 20 KeV a 400 KeV	Produz. neutroni	a
Firenze	INFN	High Volt. Eng. Co.	Van De Graaff PN-400	p,d	400 KeV	150				Produz. neutroni e raggi γ	a
Segrate	CISE	CISE	Cockcroft Walton	d	100-400 KeV	100				Produz. neutroni	c
Casaccia	Lab. di Fisica Nucl. Applicata	High Volt. Eng. Co.	Van De Graaff PN-400	d	100-400 KeV	150	5-40 μs	1-10 ms		Produz. neutroni	c
Torino	INFN	Istituto Fisica Sames	Elettrostatico	d	30-300 KeV	~ 200			~ ± 1 %	Produz. neutroni	b
Trieste	INFN	Istituto Fisica	Cockcroft Walton	d	50-200 KeV	50			± 0.5 KeV	Produz. neutroni	b
Milano	INFN	Istituto Fisica Sames	Elettrostatico	d	100 KeV	~ 200				Produz. neutroni	b
Segrate	CISE	CISE-SAMES	Elettrostatico	d	100 KeV	~ 200				Produz. neutroni	c
Padova	INFN	Istituto Fisica	Elettrostatico	p,d	0.1-0.2 KeV	200			1 %	Produz. neutroni	b

(<sup>1</sup>) a) Acceleratori acquistati sui fondi del contratto;

b) Acceleratori messi da altri Enti a disposizione dei gruppi del contratto;

c) Acceleratori messi da altri Enti a disposizione di gruppi che saranno finanziati nel quadro del contratto rinnovato.

# Anni 60: Napoli e Legnaro

## La storia che vi racconto

**Due eventi di rilievo (1961-1962)**

**A Napoli: Scuola di Perfezionamento in  
Fisica Teorica e Nucleare ,Mostra  
d'Oltremare Pad 19  
(E.Caianiello,G.Cortini)**

**A Padova-Laboratorio di Legnaro  
(A.Rostagni,C.Villi)**

# Napoli Mostra d'Oltremare Pad.19 1960

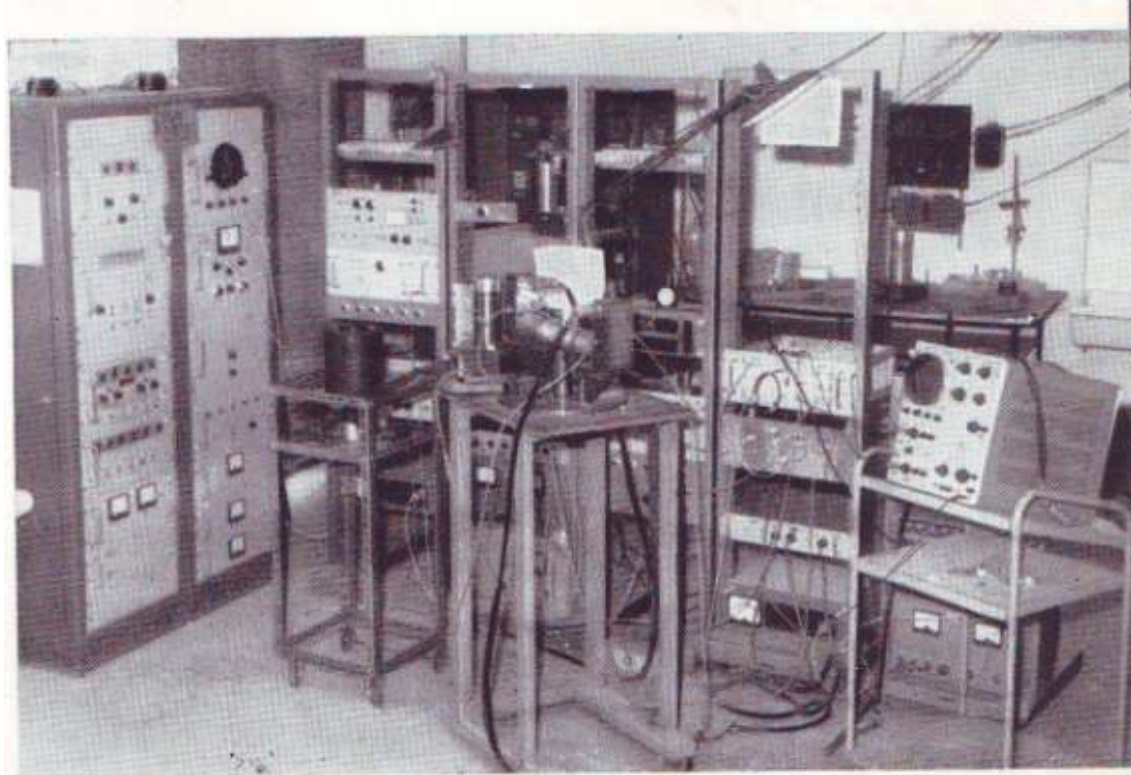


# 1960 Scuola di Perfezionamento in Fisica Teorica e Nucleare 1958-1960

E.Caianiello , G.Cortini (cfr. B.Preziosi,N.s.22,2006,3-  
4,p.37)

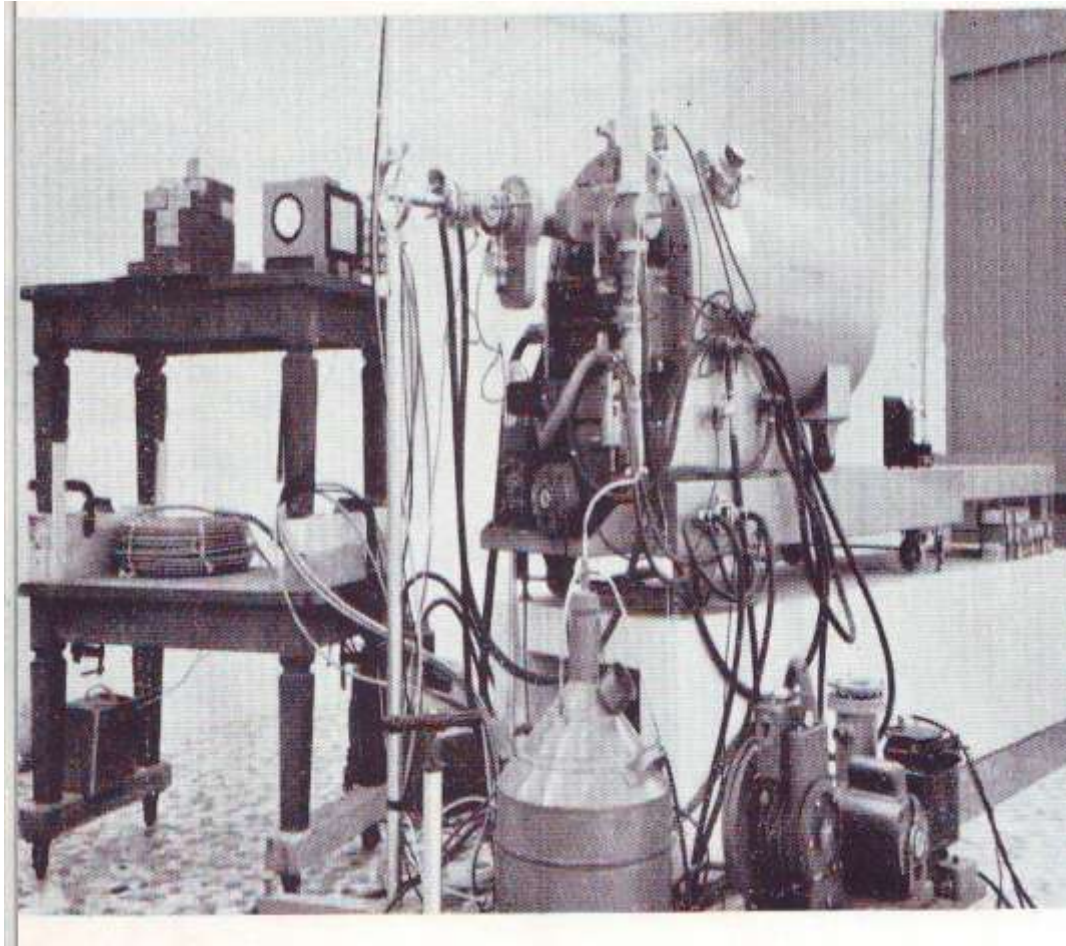


# Laboratorio Spettroscopia Nucleare Napoli 1962



SOTTOSEZIONE DI NAPOLI  
IMPIANTO PER LE MISURE DI SPETTROSCOPIA NUCLEARE  
SI VEDONO L'APPARECCHIATURA PER LE MISURE  
DI CORRELAZIONI ANGOLARI  $\gamma$ - $\gamma$ ,  
LE LINEE DI CONTEGGIO E LO SPETTROMETRO LABEN  
A 200 CANALI (FIG. 20)

# Acceleratore HVE 400 keV Napoli 1962(reazione (d,t) n da 14 MeV



Napoli 1977 :Acquisizione Acc.Tandem  
TTT3(HVEC),3 MV; Pad.16 --- M.te S.Angelo  
1998

- Gruppo Napoli :  
G.Chilosi,A.Covello,P.Cuzzocrea,R.Moro,E.Perillo,
- C.Rossi Alvarez,G.Sartoris,G.Spadaccini,G.Varcaccio,
- P.R.Speranza,A.Buscemi,A,Lauro.
- *cfr, "Richiesta di finanziamento per lo sviluppo di un laboratorio di fisica nucleare presso l'Istituto di Fisica dell'Università di Napoli" Doc. Ist.Fis.Sup.Univ.Napoli*
- 1970
- all. le prime pubbl.del Gruppo Napoli (1960)

Legnaro 1961:Costruzione della torre dell'acceleratore

CN(HVE) da 5.5 MeV

1962:Laboratorio dell'acceleratore di ioni

Centro di ricerche nucleari della Regione Veneta



# Padova-Legnaro

A. Rostagni e C. Villi (foto 1983, in Tandem)

3



# Documento Rostagni-Villi, 1967

## L'origine dei Laboratori di Legnaro

2

Università degli Studi di Padova - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

A. ROSTAGNI e C. VILLI

I LABORATORI DI LEGNARO

Padova, 9 Luglio 1967

Notizie generali

Sin dal 1956 l'Istituto di Fisica dell'Università di Padova, essendosi ormai consolidata l'attività di ricerca nel campo della fisica delle particelle elementari, decise di intraprendere una nuova attività nel campo della fisica dei nuclei, il quale appariva allora in Italia assai trascurato.

In vista di ciò fu presentata al Ministero della Pubblica Istruzione una domanda d'assegnazione straordinaria per l'acquisto di un acceleratore Van de Graaff da 3 MeV, che in quel tempo era il massimo disponibile in commercio. L'apparecchio venne più tardi incluso nel programma di sviluppo della Scuola di Fisica Nucleare Applicata di Padova, nel quadro del piano quinquennale del C.N.R.N. (1958).

Nel 1959 l'Università di Padova ottenne dal Ministero un'assegnazione di 250 milioni per l'acquisto dell'acceleratore sul fondo di 12 miliardi destinato all'incremento delle attrezzature scientifiche. La somma elargita fu utilizzata per acquistare un acceleratore da 5,5 MeV tipo CN della H.V.E.C., da poco entrato in produzione. Si richiese alla H.V.E.C. un apparecchio "maggiorato", cioè di lunghezza superiore al normale, che, senza sensibile aumento di spesa, consente una maggiore elasticità di impiego.

Sin dall'inizio si considerò la possibilità che l'acceleratore potesse acquistare interesse anche sul piano nazionale; per questa ragione si rinunciò all'idea di installare l'apparecchio presso l'Istituto di Fisica, in un'apposita estensione di esso.

Per non compromettere l'estensione futura del Laboratorio dell'acceleratore e consentire l'attività di un numero elevato di gruppi di ricerca di Padova e di altre sedi, si decise di costruire il nuovo Laboratorio nella località di Legnaro, al Km 8.400 della provinciale Padova-Pieve di Sacco, su di una tenuta di notevole estensione (~100 ettari) che l'Università aveva acquistato per istituire l'Azienda Sperimentale della Facoltà di Agraria.

L'Università di Padova, oltre a mettere a disposizione il terreno, deliberò un primo stanziamento di 130 milioni di Lire per gli edifici sulle assegnazioni del piano della Scuola. La costruzione dei Laboratori fu iniziata nell'Ottobre 1960 e ultimata in un anno. L'acceleratore entrò in funzione nell'Ottobre 1961 e i Laboratori furono inaugurati il 27 Novembre 1961: essi presero la denominazione di Centro di Ricerche Nucleari della Regione Veneta.

Negli anni 1960 e 1961 venne svolta un'intensa attività preparatoria al fine di orientare ricercatori e tecnici, che precedentemente avevano svolto attività

Relazione del Presidente uscente G.Salvini ,seduta pubblica del C.D.dell'INFN ,Roma 3 marzo 1971.

*“...Abbiamo fatto i Laboratori Nazionali di Legnaro con l'animo di chi acquista una casa grande perché sa che verranno molti Figli: i ricercatori di fisica di nuclei attendono con una certa impazienza i nuovi mezzi strumentali ,considerati nel nostro Piano Quinquennale.....”*



# DOCUMENTO VILLI 1975



# Dal Documento Villi

- Questione Contratto Euratom-CNEN fisica dei nuclei 1960-67.(posizione ancillare in INFN):
- *“..espediente per superare difficoltà finanziarie ...creò altri problemi. Il disagio dei fisici nucleari italiani era dovuto,da un lato,al permanente contenzioso sulla natura dell'attività di ricerca ,che l'Euratom imponeva essere tipicamente applicativa e,dall'altro,alla sensazione di essere emarginati dalle strutture dell'INFN e in posizione assai dissimile da quella in cui si trovavano i fisici ... delle particelle elementari...”*
- PIANO 1965-69(SIF,Bernardini,Comm.Salvini)
- Tra l'altro (problema dei mezzi strumentali)
- *“..risolvere in modo decisivo le ricerche nel campo della fisica dei nuclei....e predisporre .i programmi per l'installazione presso iLaboratori di Legnaro di un acceleratore Tandem...”*

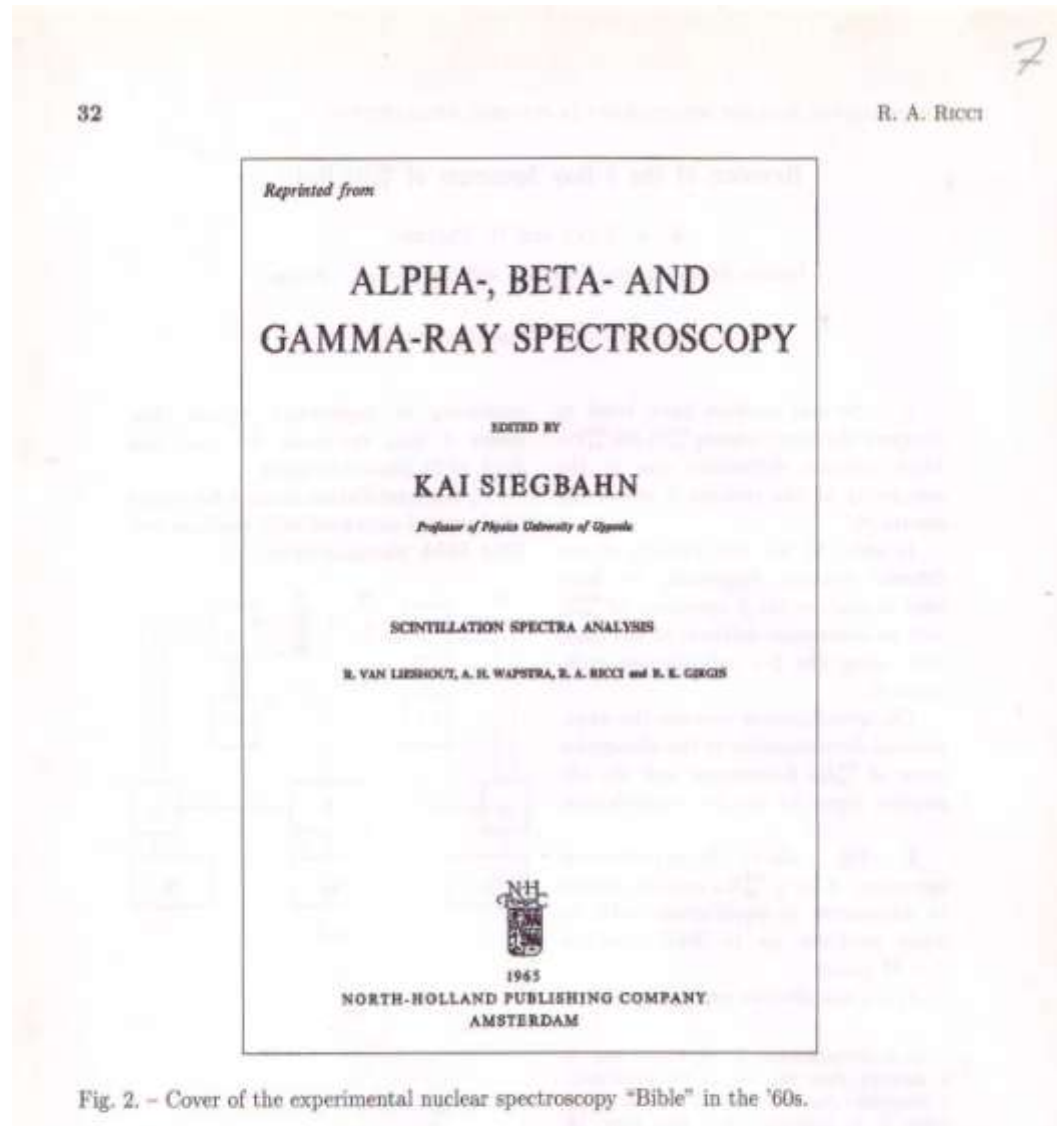
# COLONNA CN ; UPGRADING A 7 MV



# I 7 CANALI DEL CN 1970 SALA SPERIMENTALE



# La “BIBBIA” della Spettroscopia nucleare sperimentale (anni 1960-1970) Art. Analisi spettri a scintillazione



# Spettroscopia gamma: “the scintillation method”

## 1° rivoluzione NaI(Tl); spettri Y e tecniche di rivelazione

- Esempi:

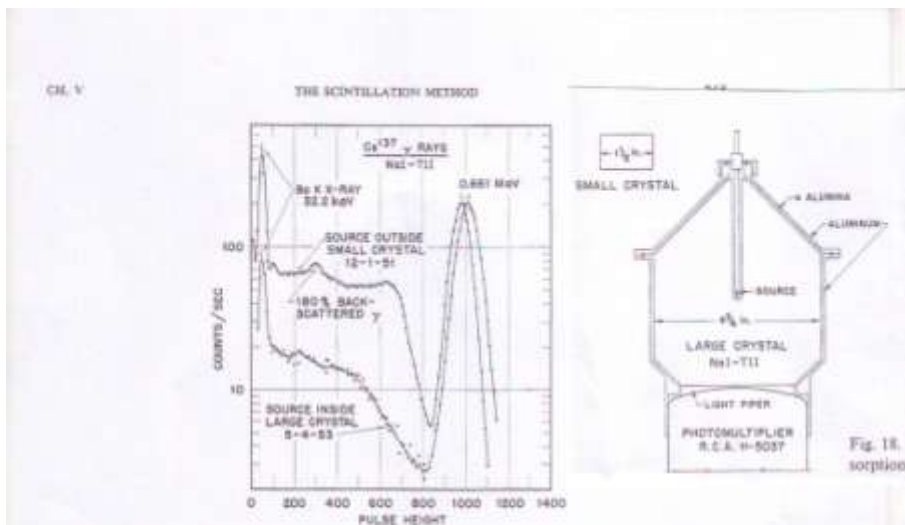


Fig. 18. scintipio

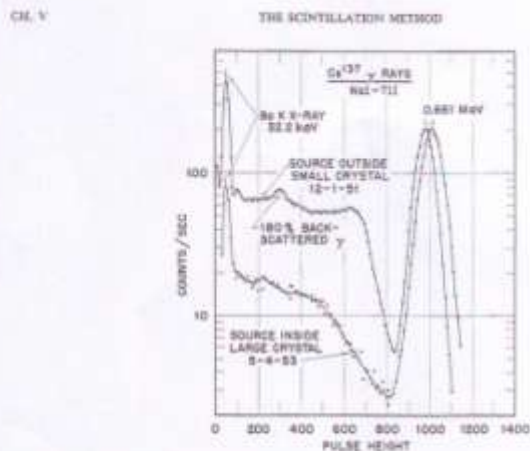


Fig. 20. Response of a 1 1/2 x 1 inch crystal and a 9 inch diameter crystal to the gamma-rays of Cs<sup>137</sup>

The usual comparison source, Cs<sup>137</sup>, gives the curves of Fig. 20. The large reduction of the Compton distribution and the greater absorption of the 661 keV gamma-ray makes the Ba X-ray seem less intense.

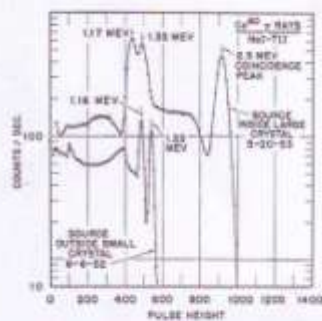


Fig. 21. Response of small crystal and total absorption spectrometer to the gamma-rays of Co<sup>60</sup> showing intense sum line

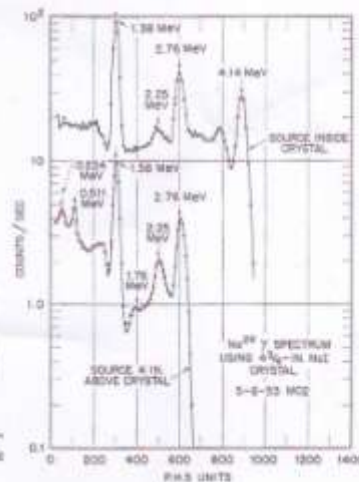


Fig. 22. Response of total absorption spectrometer to a source of Na<sup>24</sup> inside and outside the spectrometer

# SPETTROSCOPIA GAMMA (Amsterdam-Napoli) analisi degli spettri con la tecnica del "peeling"

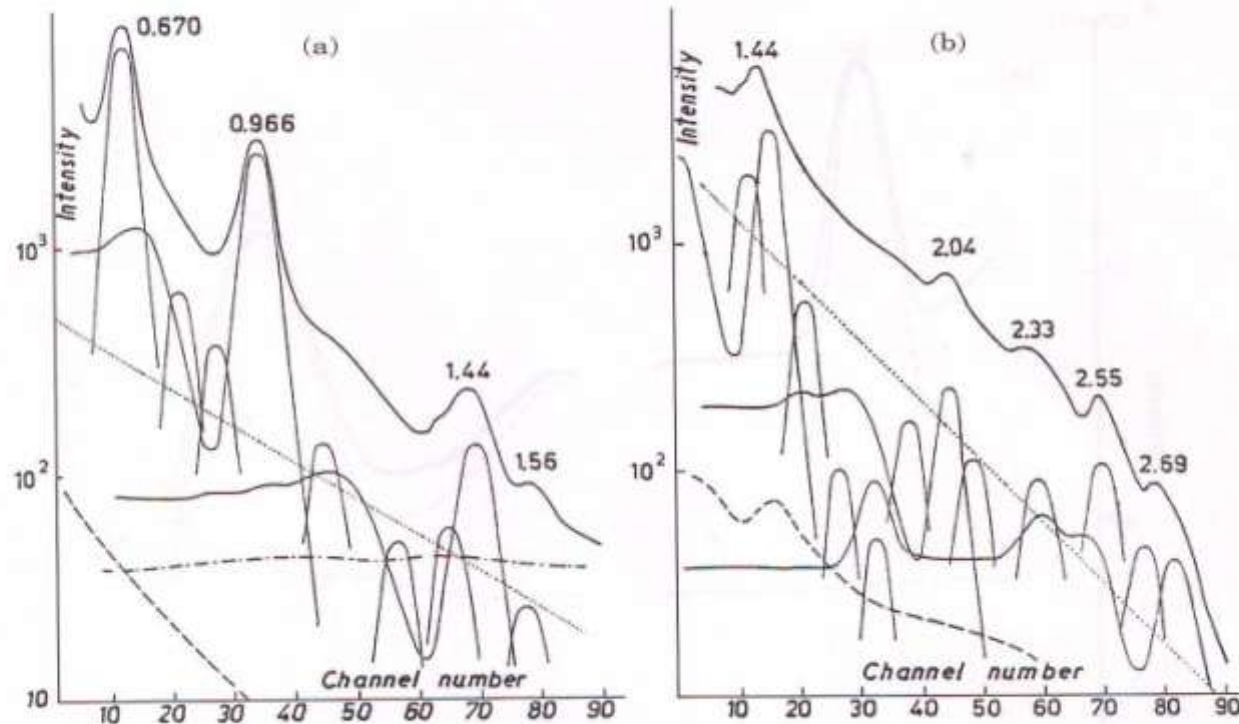


Fig. 3. - a)  $\gamma$ -ray spectrum of  $^{63}\text{Zn}$  in the intermediate-energy region. The dotted line represents the contribution due to annihilation in flight. b)  $\gamma$ -ray spectrum of  $^{63}\text{Zn}$  in the high-energy region.

# Spettro Y del Ti50 con coincidenze somma (cristallo con cavità, ass. totale)

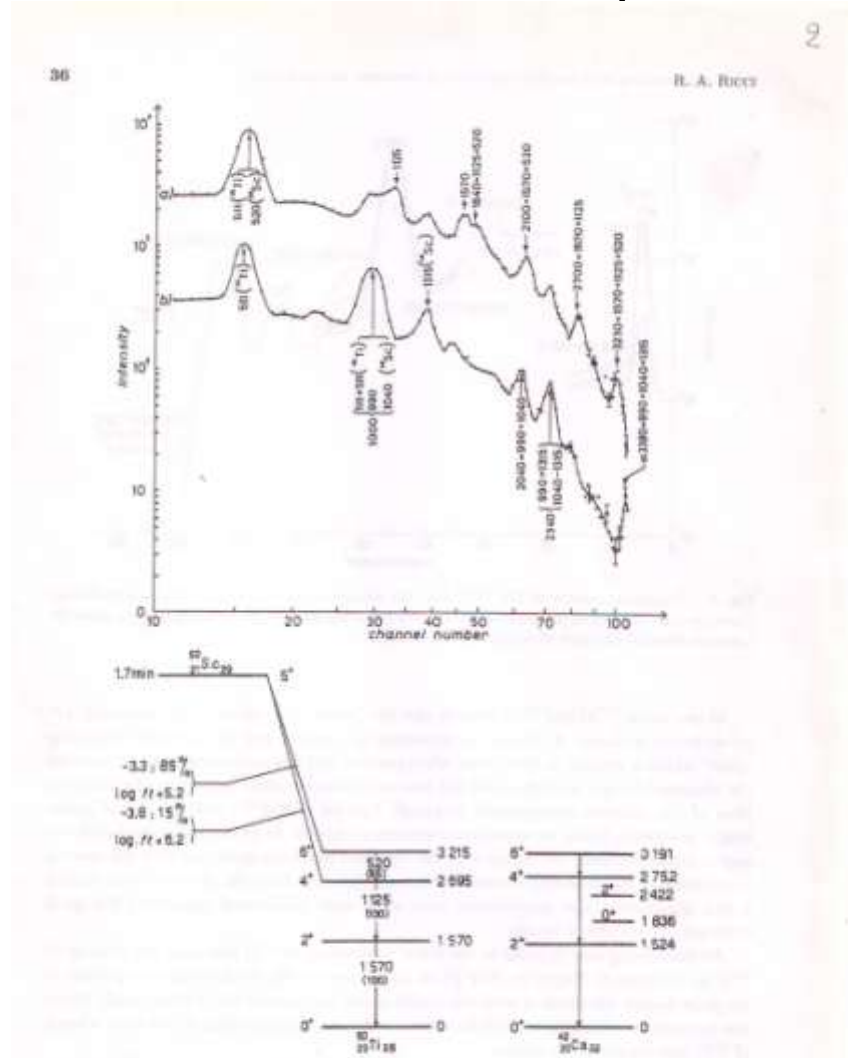


Fig. 6. - The  $\gamma$ -ray and  $\gamma$ - $\gamma$  summing coincidence spectrum and level scheme of  $^{100}\text{Ti}$  compared with  $^{42}\text{Ca}$  (see ref. [5], 1963).

# Spettro Y del Pb207 e rivelazione cascata E2-M1 (coincidenze somma), Napoli 1963.

G.Chilosi, R.A.Ricci, J.Touchard, A.H.Wapstra, N.P.53, 1964.  
(cit. A.Bohr, B.Mottelson, Nucl.Structure vol.1, 1969)

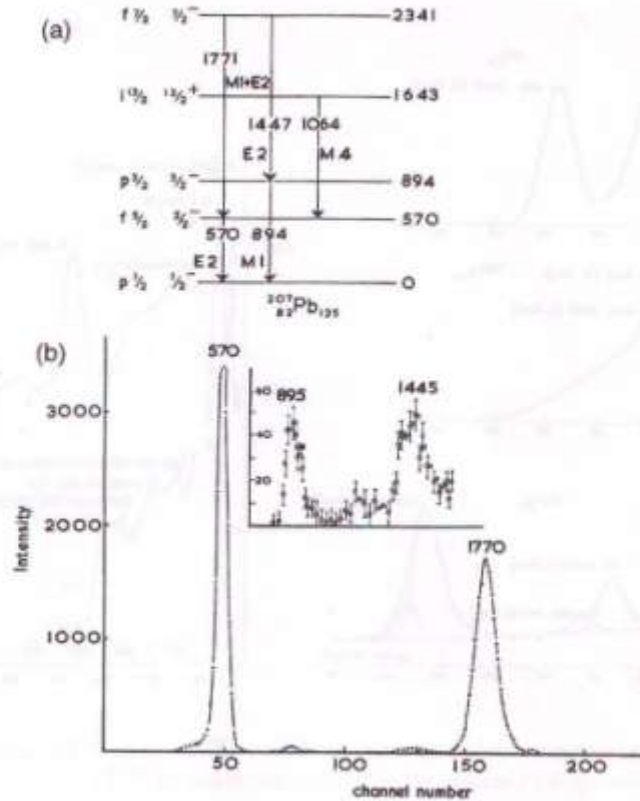


Fig. 7. - a) Decay scheme of  $^{207}\text{Pb}$  following the decay of  $^{207}\text{Bi}$ . b) Sum coincidences with 2340 keV sum energy. The inset shows the central part enlarged (ref. [6]).

# Spettroscopia dei Nuclei 1f7/2

## l'interazione efficace a 2 corpi

### Ti50(2 protoni);Ca42(2 neutroni)

25

G. CHILDI, F. CUSANO, G. R. TOSI, S. A. MOTT and H. WATANABE

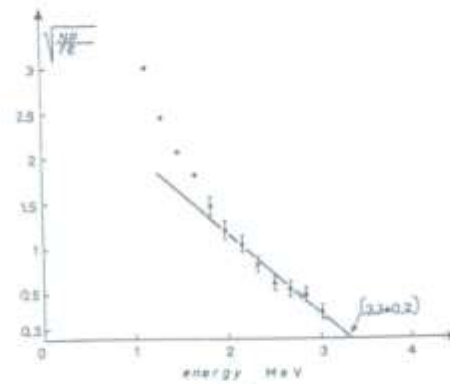


Fig. 3

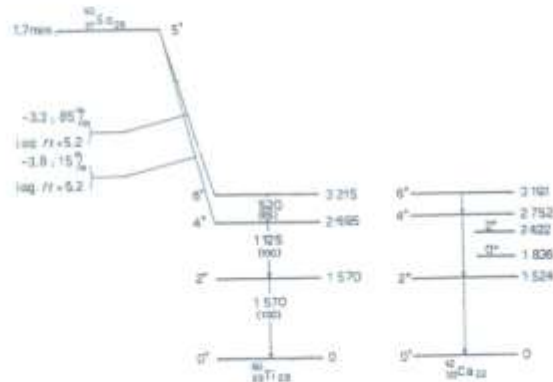


Fig. 4

# La “summa” della spettroscopia dei nuclei $1f_{7/2}$ , 1969

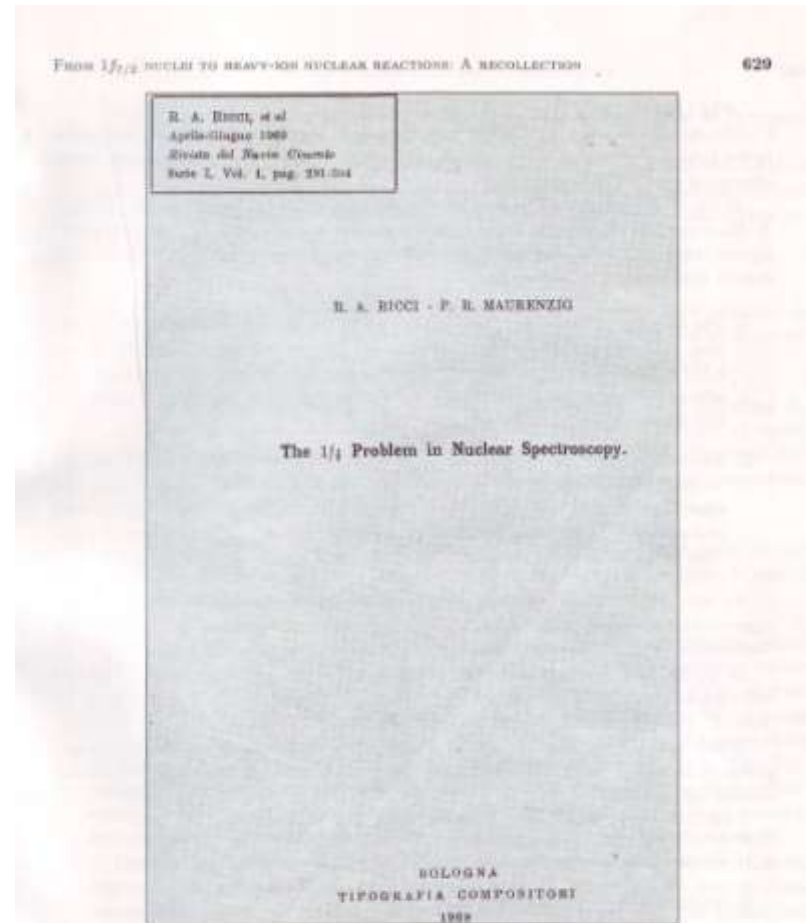
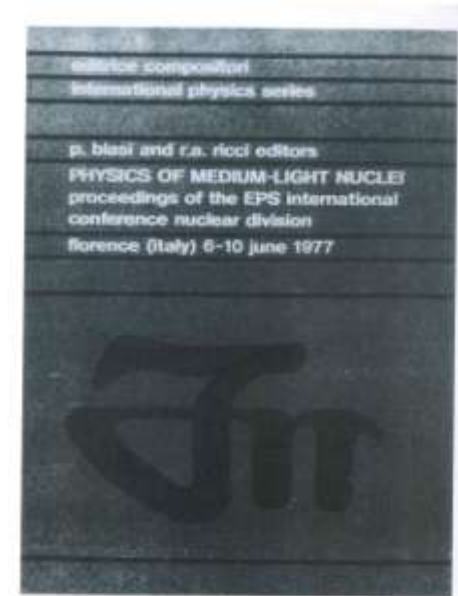
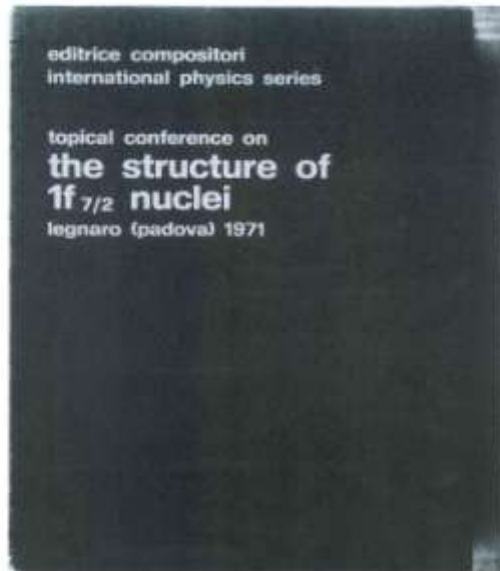


Fig. 2. - The  $1f_{7/2}$  "Bible", 1969.

from the main scheme of the shell-model which was, and still is, the starting point for a further microscopic assessment.

The reason "Why  $1f_{7/2}$  Nuclei" is illustrated in the introductory talk at the first topical conference on the "Structure of  $1f_{7/2}$  Nuclei" held in Legnaro in 1971 [2] and is reported here:

# Le conferenze “dedicate” Legnaro 1971 , Firenze 1977



# Risonanze isobariche analoghe nella shell1f7/2

25

## STRUCTURE OF THE GROUND-STATE ISOBARIC ANALOG RESONANCE IN $^{40}\text{Ca}$ BY THE REACTION $^{40}\text{Ca}(p,n)^{40}\text{Sc}$

G. Chilosi, R. A. Ricci\* and G. R. Vignani

Istituto di Fisica Superiore, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Napoli, Napoli, Italy  
(Received 4 December 1967)

Analog resonances in  $^{40}\text{Ca}$  ( $T = \frac{1}{2}, T_z = 0$ ) corresponding to the low-lying levels of  $^{40}\text{Ca}$  ( $T = \frac{1}{2}, T_z = 0$ ) have been recently investigated by Jones et al.<sup>1</sup> by analyzing the excitation curves for proton scattering in  $^{40}\text{Ca}$ . We report here as a fine-resolution investigation of the resonances corresponding to the analog of the  $^{40}\text{Ca}$  ground state via the reaction  $^{40}\text{Ca}(p,n)^{40}\text{Sc}$ .

The proton beam was provided by the 5.5-MeV Van de Graaff accelerator of the University of Padua; targets were prepared by evaporating  $\text{CaCO}_3$  enriched to 96% in mass 48 on tantalum or carbon backings. The gamma rays were detected at 90° to the proton beam, in a NaI(Tl) scintillation detector 5.0 cm thick and 4.4 cm in diameter (excitation curve) and a Ge(Li) crystal of 1-cm<sup>2</sup> area and 0.4-cm depletion depth (gamma-ray spectra).

The schematic diagram of the reaction is shown in Fig. 1. The level scheme of  $^{40}\text{Ca}$  obtained at  $E_p = 1975$  keV (which corresponds to the strongest resonance) is shown; it is in substantial agreement with that proposed by Clausen, Jones, and Rattines<sup>2</sup> (we found no additional evidence for a 209-keV gamma ray from the 1463-keV level).<sup>3</sup>

A detailed portion of the 780-keV gamma-ray yield over the region of the analog-state

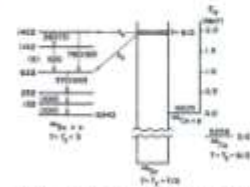


FIG. 1. Schematic diagram of the reaction  $^{40}\text{Ca}(p,n)^{40}\text{Sc}$ ; the decay mode by neutron emission of the strongest resonance found at  $E_p = 1975$  keV (93 keV) and the relative intensities of the gamma-ray transitions of  $^{40}\text{Sc}$  (Ref. 3) are also shown.

resonance taken with a target of about 1.2  $\mu\text{g}$  at 1-MeV proton energy is shown in Fig. 2.

Level strengths  $\sigma\gamma = \Gamma_\gamma \Gamma_n / \Gamma$  and total widths  $\Gamma$  at selected energies have been measured; the relevant quantities are compared in Table I with those derived from Ref. 1. We should note that our energies are  $\sim 10$  keV lower, but compare well with those reported in other similar experiments.<sup>4</sup> The unresolved resonance

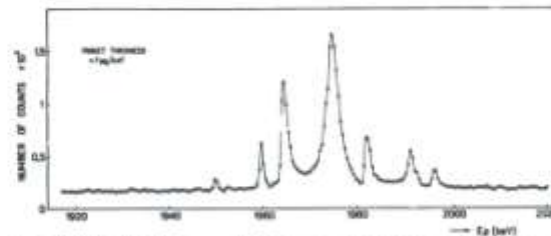
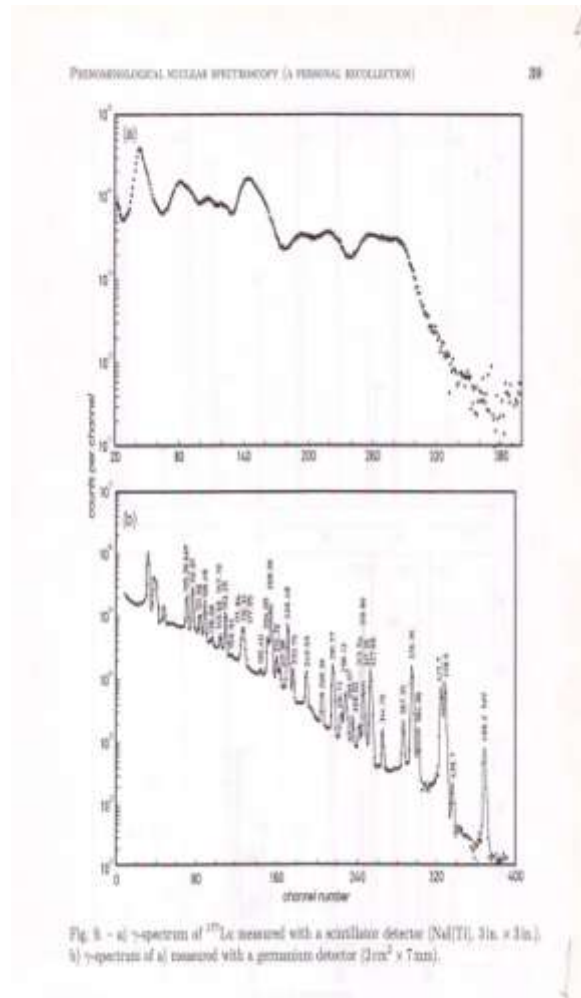


FIG. 2. Yield of the 780-keV gamma ray following the reaction  $^{40}\text{Ca}(p,n)$  in the region of the ground-state analog resonance.



# Evoluzione della Spettrometria gamma dai rivelatori a NaI(TL) ai rivelatori al Germanio 1960 ---1965



# Spettroscopia gamma con rivelatori al Germanio Napoli-Firenze-Trieste, 1966-1967

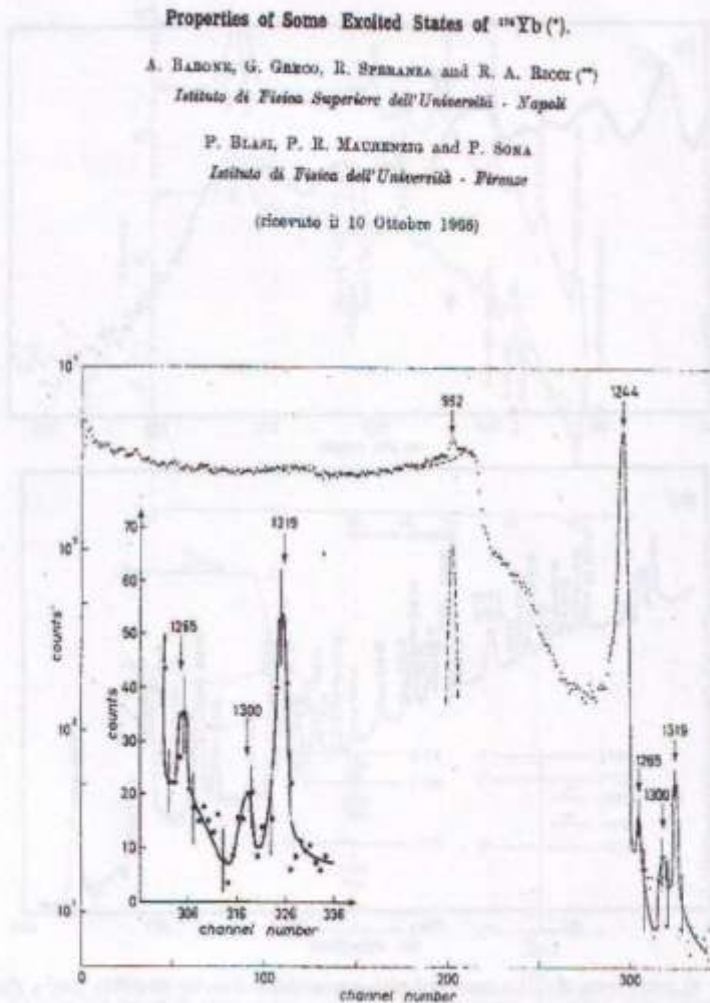


Fig. 1. - High-energy part of the  $\gamma$  spectrum from the  $^{134}\text{La}$  decay; in the inset is shown the (1200-1350) keV region of the  $\gamma$  spectrum.

# 1968 : I Laboratori Nazionali di Legnaro (di Fisica dei Nuclei)

- La strategia vincente di A.Rostagni e C.Villi.
- Nascono i primi Laboratori Nazionali dell'INFN per la Fisica dei Nuclei.
- Convergenza Padova-Napoli-Firenze-Trieste-Bologna (+Ispra+CNEN)
- *Effetto trascinamento attività nazionali di fisica dei nuclei (cfr.Milano ciclotrone,Catania-Laboratori del Sud)*

# CONVENZIONE INFN.UNIV.PADOVA 1968

pagina n. 1 dal registro 1.

CONVENZIONE TRA L'UNIVERSITA' DI PADOVA E L'ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE.

Premesso che l'Università di Padova ha creato in tempo presso Padova un gruppo di Laboratori denominato Centro di Ricerca Nucleare della Regione Veneta, dotato di un acceleratore elettrostatico Van de Graeff da 5.5 MeV e di altre attrezzature di proprietà dell'Università stessa.

che l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare ha il compito di promuovere, coordinare ed effettuare ricerche sperimentali e teoriche nel campo della Fisica Nucleare Fondamentale.

che l'utilizzazione di detto acceleratore da parte di gruppi dell'INFN è ormai tale da fare considerare il Laboratorio di utilità regionale.

che è riconosciuta, da parte dell'Università di Padova e dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare la opportunità dell'inserimento di detti Laboratori nell'organizzazione dell'INFN, al fine di garantire il migliore funzionamento e le possibilità di sviluppo, nonché al fine di meglio assicurare l'accessibilità di detti Laboratori a tutti i ricercatori italiani.

Tra l'Università degli Studi di Padova (nel seguito designata "l'Università"), rappresentata dal Magnifico Rettore Prof. Guido Perco, e l'Istituto Nazionale

Fino al 31 dicembre 1969. Essi si intendono tacitamente rinnovata per i successivi quinquenni salvo disdetta da farsi almeno sei mesi prima della scadenza, e può essere modificata in qualunque momento per accordo di entrambe le parti. In particolare, al sopravvenire di leggi, o dei regolamenti previsti dal decreto ministeriale 26.7.1967, si procederà d'accordo alla revisione e adattamento di singole clausole.

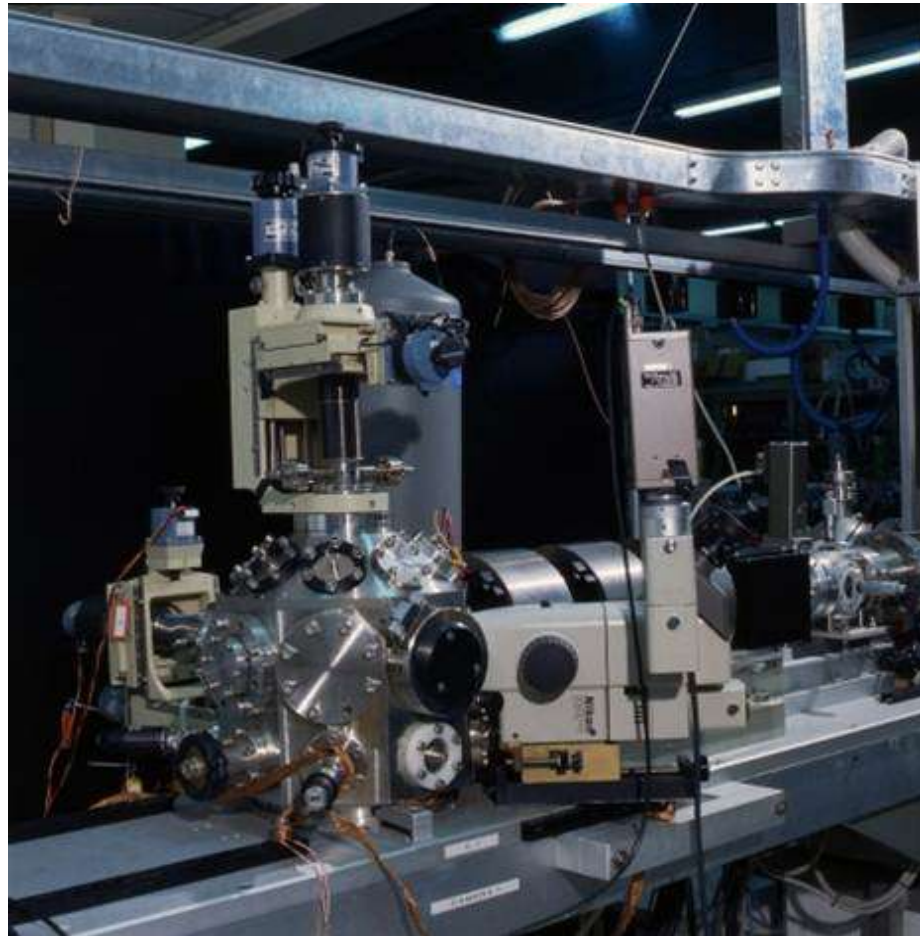
Alla scadenza del rapporto, l'INFN provvederà alla riconsegna dei Laboratori in base agli inventari di cui all'art. 5.

Frascati, li 24 LUG. 1968

UNIVERSITA' DI PADOVA  
Il Rettore

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE  
Il Direttore

# ACCELERATORE AN 2000 (1971)



# ELABORAZIONE PROGETTO TANDEM 1965

Nel Piano Quinquennale per la Ricerca Fisica in Italia, elaborato dal Collegio dei Professori Universitari di Fisica, sotto gli auspici della Società Italiana di Fisica, è prevista - fra l'altro - l'installazione di un acceleratore Tandem presso i laboratori di Legnaro.

Nel 1965 l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare promosse la costituzione di un Gruppo di Studio per l'esame del problema; esso era composto da:

Prof. I. Filieco, Università di Padova,  
Ing. F. Kuznetsov, Università di Padova,  
Prof. G. Furlan, Università di Trieste,  
Prof. N.A. Esici, Università di Napoli,  
Prof. A. Sestani, Università di Padova,  
Prof. C. Villi, Università di Padova;  
coordinatore del Gruppo.

Al lavoro ha partecipato in qualità di consulente il Prof. D.A. Bromley, Direttore del Nuclear Structure Laboratory dell'Università di Yale.

Questa relazione contiene i risultati dello studio, condotto dal Gennaio 1965 al Febbraio 1966, relativi agli aspetti scientifici, tecnici, edilizi e finanziari connessi con il progetto di installazione.

Si ringraziano il Prof. W. Haeblerli dell'Università di Madison, il Prof. E. Baumgartner dalla Università di Basilea, il Prof. Ing. F. Colombo dell'Istituto Elettrotecnico Veseto e l'Ing. C. Pellissaro, per avere contribuito, in vario modo, alla preparazione di questa relazione.

Claudio Villi

Fortunatamente il Capitano (diversamente da Achab) non è morto incatenato al gigante ma ha festeggiato la sua cattura sedendocisi sopra (vedi Fig. 45)



Fig. 45: a) Caccia alla balena; b) Cattura di Moby Dick

L'inaugurazione, avvenuta (val la pena di ricordarlo) **25 anni fa**, segnò la conclusione di un'avventura che la Vecchia Guardia porta ancora nella mente e nel cuore e che passa attraverso vicissitudini varie di cui alcune sono già state da me ricordate attraverso le immagini. Tra queste indubbiamente il pericoloso corso che il Tandem, per ragioni *geopolitiche e/o istituzionali* (uso qualche eufemismo), non venisse più a Legnaro ma finisse a Frascati. Non dirò che ce lo giocammo a pari e dispari (vedi Fig. 46) ma ci fu una certa *discussione* in un Consiglio Direttivo dell'INFN che portò alla felice conclusione che tutti conosciamo.

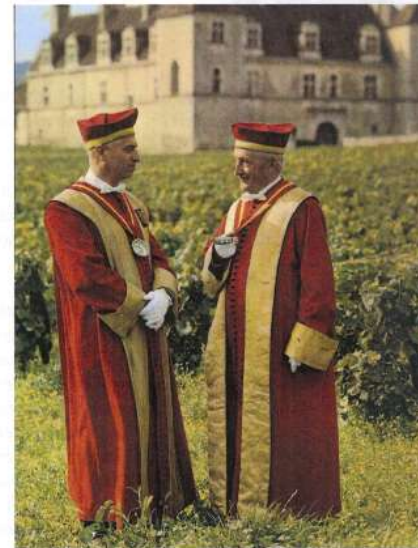


Fig. 46: "Legnaro? Frascati? : Giochiamocela alla morra cinese!"

Devo qui rendere atto all'amico **Armando Reale**, che ringrazio affettuosamente per la sua presenza, di essersi comportato, nella sua qualità di autore di un possibile progetto di una facility per ioni pesanti a Frascati in connessione con l'acquisto dell'acceleratore Tandem-XTU di essersi comportato in modo leale e più che corretto, nella prospettiva di una

# LA BALENA BIANCA ARPIONATA 1981



# L'ANNUNCIO STAMPA

## L'ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE CELEBRA IL XX ANNIVERSARIO DEI LABORATORI DI LEGNARO

PROSPETTIVE DI SVILUPPO

### Un Laboratorio Mittel-Europeo

di **CLAUDIO VILLO**  
Direttore del Centro Nazionale della Fisica dell'Università di Padova

I programmi a medio e lungo termine del Centro Nazionale della Fisica Nucleare, che si svolgerà nel prossimo anno a Padova, si articolano in tre settori principali: lo sviluppo scientifico, lo sviluppo tecnologico e lo sviluppo umano. Il primo settore è quello che ha dato origine al Centro Nazionale della Fisica Nucleare, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare.

PERMETTERA' ESPERIMENTI DI GRANDE INTERESSE NELLA FISICA DEGLI IONI PESANTI

### L'acceleratore Tandem XTU

di **RENATO ANGIOLO RUEDI**  
Assistente del Prof. Enrico Fermi



Vista dall'interno di una stanza di guida ioni dell'XTU

Una grande novità nel mondo della fisica nucleare è rappresentata dall'acceleratore Tandem XTU, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare.

La grande novità nel mondo della fisica nucleare è rappresentata dall'acceleratore Tandem XTU, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare.

### I Laboratori Nazionali di Legnaro

di **PAOLO BLAN**

Trattato  
dei Laboratori Nazionali di Legnaro

I Laboratori Nazionali di Legnaro, che si svolgono nel Centro Nazionale della Fisica Nucleare, hanno permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare.

La grande novità nel mondo della fisica nucleare è rappresentata dall'acceleratore Tandem XTU, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare.

Il secondo settore è quello che ha dato origine al Centro Nazionale della Fisica Nucleare, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare.

La grande novità nel mondo della fisica nucleare è rappresentata dall'acceleratore Tandem XTU, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare.

La grande novità nel mondo della fisica nucleare è rappresentata dall'acceleratore Tandem XTU, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare, che ha permesso di realizzare un grande laboratorio di fisica nucleare.

# STREGONI DELL'ATOMO? NO ALLA RICERCA? (1987)



# LA BALENA BIANCA SISTEMATA



# SALA SPERIMENTALE TANDEM



# LA CONFERENZA INTERNAZIONALE DI FIRENZE 1983



# ALPI 1991 (GO ON!)



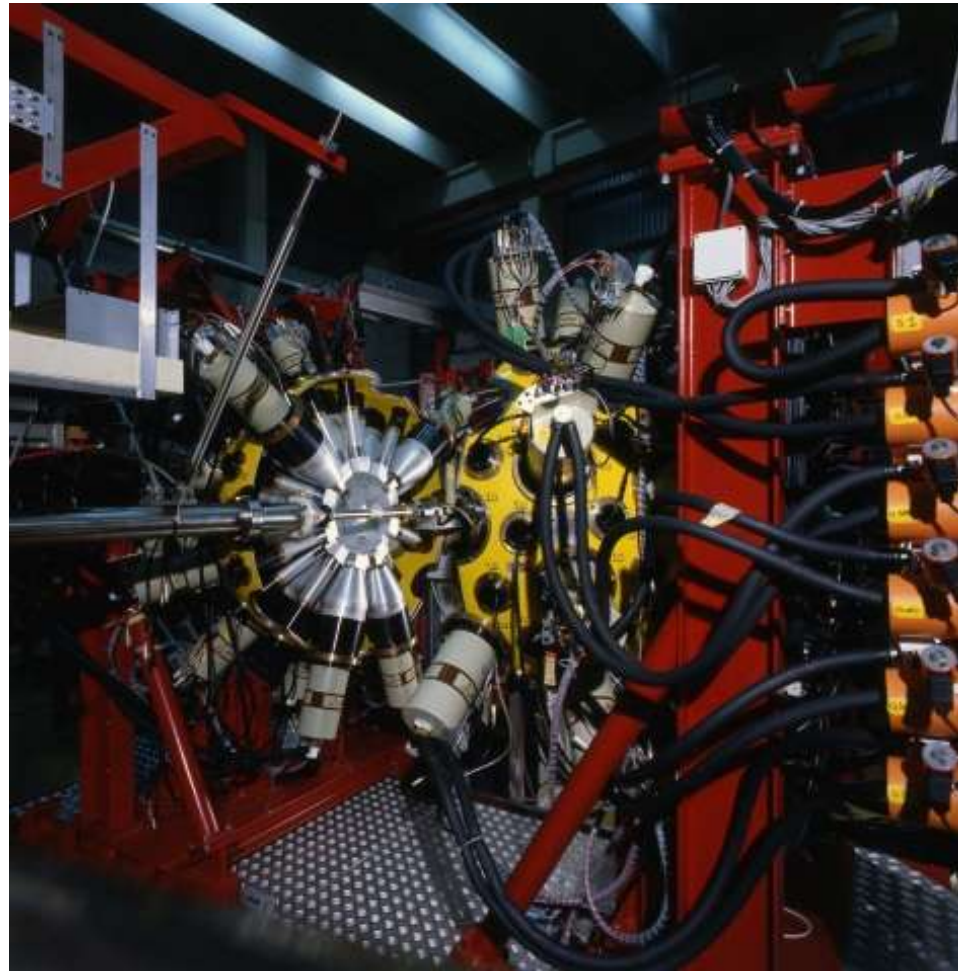
# La nuova Spettroscopia nucleare

- 3° rivoluzione *spettrometria gamma con Y-arrays ad alta risoluzione ed efficienza, spettroscopia sotto fascio con ioni pesanti;*
- 4° rivoluzione : *fasci di ioni pesanti radioattivi e spettroscopia di nuclei esotici lontano dalla valle di stabilità(cfr.drip lines) (Cfr.LNL SPES)*
- Dalla concezione storica del modello a shell,dalle proprietà di particella singola e collettive ai calcoli più sofisticati con larghe configurazioni,alle proprietà di simmetria bosoniche e fermioniche, Ecc. ecc.*

(per rassegna v.

*“R.A.R:Phenomenological Nuclear Spectroscopy,Proc.Int.School”E.Fermi”,Course CLXIX, A.Covello,F.Iachello,R.A.Ricci,G.Maino,IOS Press,2008.*

# GASP (PARTICOLARE)



# Spettro gamma del Gd144, banda SuperDeformata(cascata yrast)

- Legnaro GASP 1993

42

R. A. RICCI

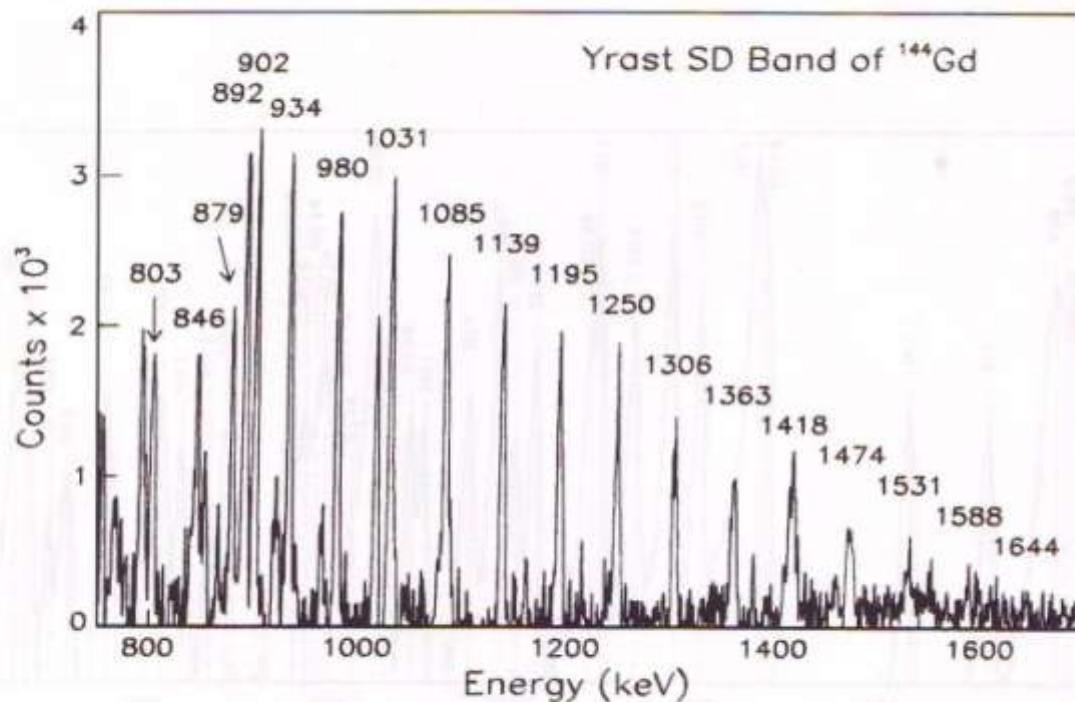
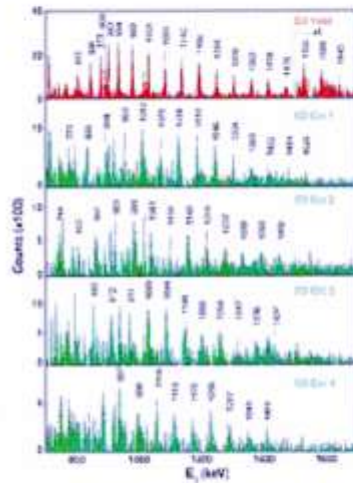


Fig. 12. – The yrast superdeformed band of  $^{144}\text{Gd}$  showing a backbending at  $E_\gamma = 900$  keV. The band numbers are marked by their transition energies in keV (LNL, 1993).

# Spettri Y da livelli eccitati di 4 bande rotazionali superdeformate con backbending (inversione del momento d'inerzia); GASP LNL

The doubly magic SD nucleus  $^{144}\text{Gd}$   
(SD shell gaps at  $Z = 64$ ,  $N = 80$ )

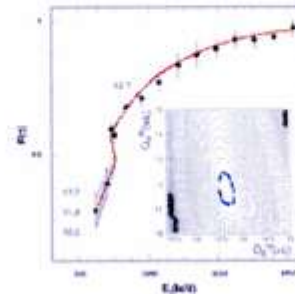


The yrast SD band exhibits a sharp backbend due to the alignment of two  $i_{13/2}$  protons

Shell structure at SD shapes. Four SD excited bands

DSAM experiment

above backbend  $\beta_2 = 0.51$   
below backbend  $\beta_2 = 0.45$



# La configurazione $(1f7/2)_2$ ( rivisitata (Legnaro, Fornal 2007)

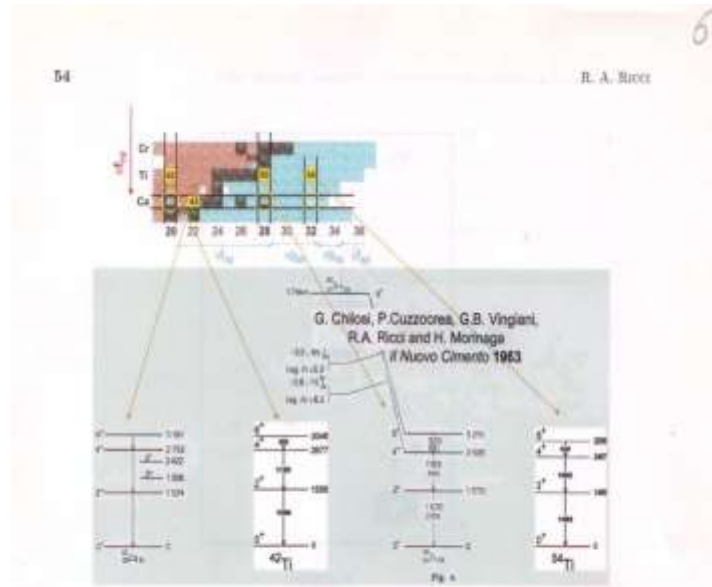
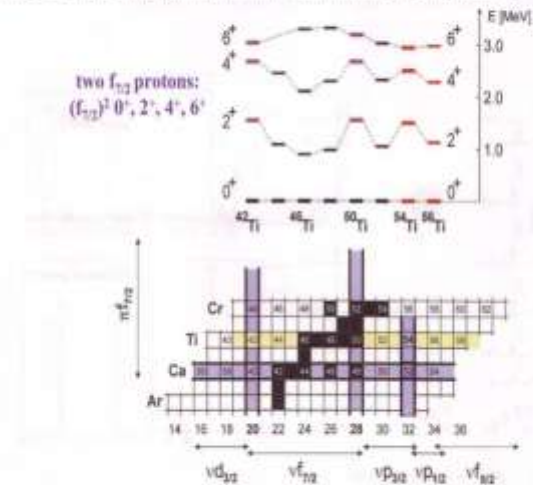
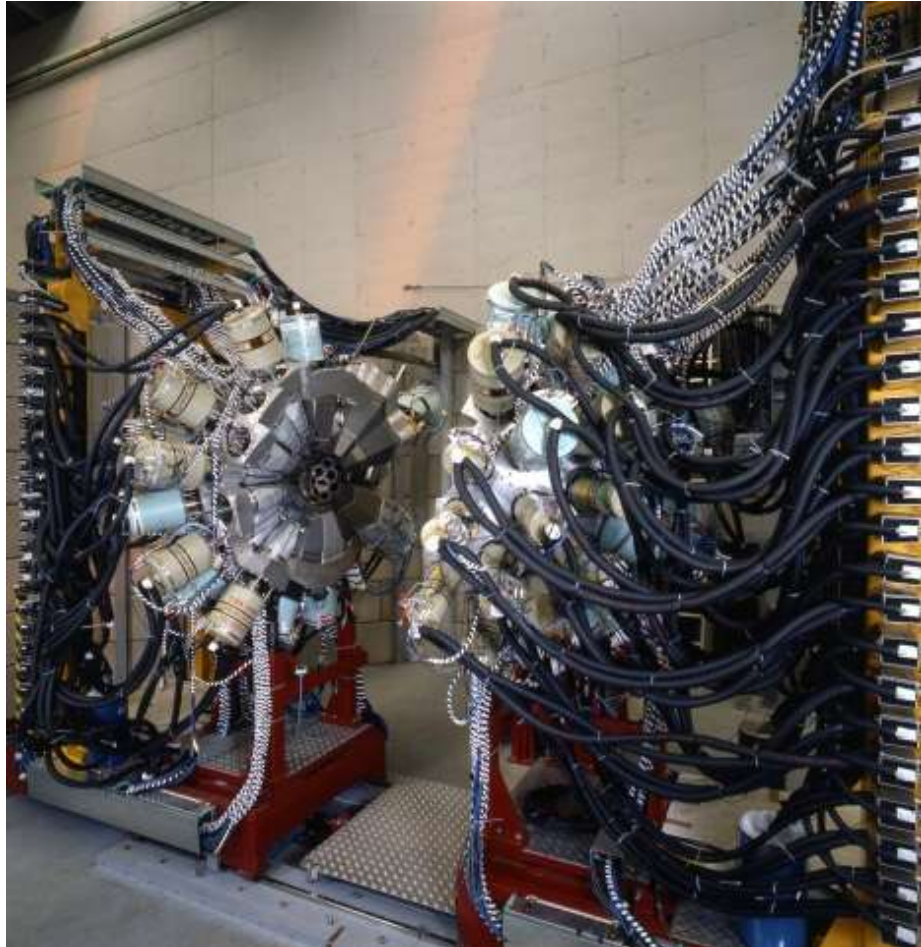


Fig. 25. - Two particle (proton and neutron) spectra in the  $1f_{7/2}$  shell (see text).



# EUROBALL (PARTICOLARE)



# II DIMOSTRATORE AGATA(2010)

## Rivelatori gamma del futuro

UNA SFERA DI CRISTALLO PER NUCLEI BIZZARRI (ESOTICI)



### DOVE SI TROVA

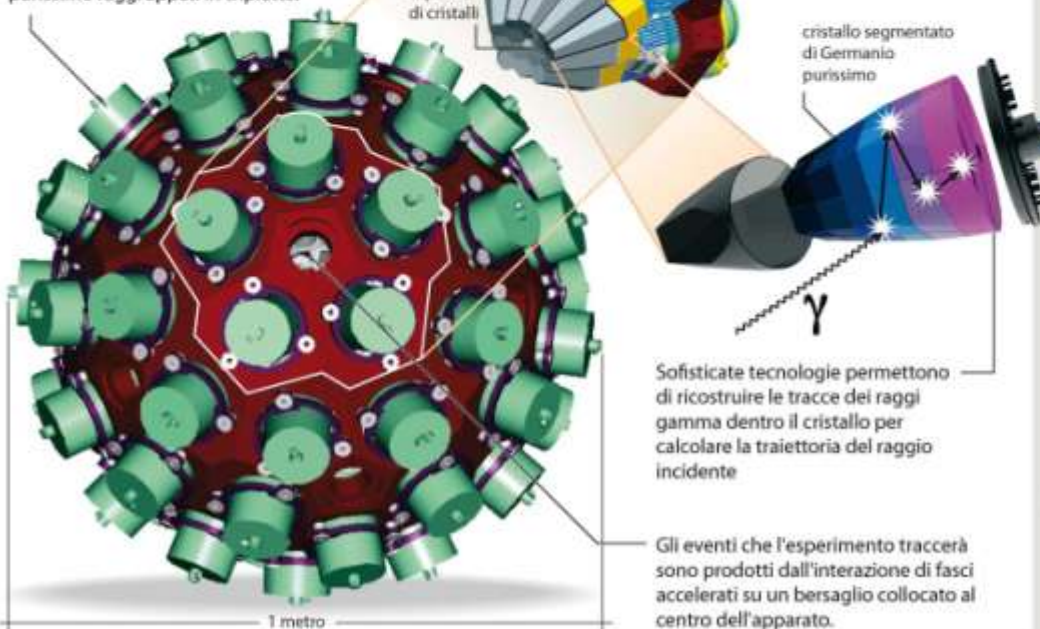
Laboratori Nazionali di Legnaro (Lnl) dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (Infn)



### COME SARÀ

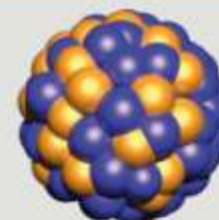
**Agata** (Advanced Gamma Tracking Array) sarà un rivelatore di prossima generazione per raggi gamma, cioè per fotoni di alta energia.

Sarà una sorta di sfera cava composta di 180 cristalli esagonali di Germanio purissimo raggruppati in triplette.



### A CHE COSA SERVE

**Fisica nucleare:** studiare le proprietà particolari della forza nucleare all'interno di quei nuclei che non sono presenti sulla Terra



**Astrofisica:** indagare che cosa accade nella fucina delle stelle, studiando in laboratorio i nuclei che vengono prodotti normalmente nelle reazioni che avvengono nelle stelle.



### LE APPLICAZIONI FUTURE

**Imaging medico:** la tecnologia sviluppata potrà permettere che esami diagnostici, come la Pet, siano più accurati, veloci e richiedano una dose minore di farmaci radioattivi



**Sicurezza:** potrà rendere più efficaci i controlli per la ricerca di materiali radioattivi, ad esempio nel traffico delle merci





# Un pezzo di storia

- Se questa storia è stata di vostro interesse, ve ne racconterò un'altra la prossima volta
- Grazie
- R.A.R