

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEAREPreventivo per l'anno **2001**

Codice	Esperimento	Gruppo
	NEWLUMEN	5

Struttura
ROMA I

Rappresentante Nazionale: Stefania Baccaro

Struttura di appartenenza: Roma1

Ricercatore responsabile locale: Stefania Baccaro

Posizione nell'I.N.F.N.: Associato

INFORMAZIONI GENERALI

Linea di ricerca	Sviluppo nuovi rivelatori
Laboratorio ove si raccolgono i dati	Sezione I.N.F.N. di ROMA1, ENEA-Casaccia, CNR-IROE Firenze, Dipartimento di Fisica Roma3, Sezione I.N.F.N. di Padova
Sigla dello esperimento assegnata dal Laboratorio	NEWLUMEN
Acceleratore usato	Sorgente 60Co, Reattore Triga, Test beam di elettroni e fotoni
Fascio (sigla e caratteristiche)	Raggi gamma da 1.25 MeV, neutroni termici, raggi X da 75 keV
Processo fisico studiato	Luminescenza e scintillazione in vetri scintillatori e cristalli di alogenuri alcalini
Apparato strumentale utilizzato	Vedi Allegato 1
Sezioni partecipanti all'esperimento	Firenze, Padova, Roma1, Roma3
Istituzioni esterne all'Ente partecipanti	ENEA, Dipartimento di Chimica e Fisica "La Sapienza" Roma, Dipartimento di Fisica Roma3, IROE-CNR Firenze, Stazione Sperimentale Vetro Murano, Istituto Fisica Accademia delle Scienze Praga (Rep. Ceca), East China University di Shangai
Durata esperimento	2 anni+1

Codice	Esperimento	Gruppo
	NEWLUMEN	5

Struttura
ROMA I

PREVENTIVO LOCALE DI SPESA PER L'ANNO 2001
In ML

VOCI DI SPESA	DESCRIZIONE DELLA SPESA					IMPORTI		A cura della Comm.ne Scientifica Nazionale	
						Parziali	Totale Compet.		
Viaggi e missioni	INTERNO	Riunioni nazionali e misure presso le altre sezioni coinvolte					10	10	
	ESTERO	Riunioni internazionali e misure presso Dip. Fisica Praga					10	10	
Materiale Consumo	Vetri					8	40		
	Materiale ottico					12			
	Vario e attrezzatura per crescita vetri					10			
	Polveri per crescita					10			
Trasp.e facch.									
Spese Calcolo	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette	Altro				
Affitti e manufenz. apparecchiati.									
Materiale Inventariabile									
Costruzione Apparati									
Totale							60		
Note:									

Codice	Esperimento	Gruppo
	NEWLUMEN	5

Struttura
ROMA I

PREVISIONE DI SPESA: PIANO FINANZIARIO LOCALE

PER GLI ANNI DELLA DURATA DEL PROGETTO

In ML

ANNI FINANZIARI	Miss. interno	Miss. estero	Mater. di cons.	Trasp.e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e manut. appar.	Mat. inventar.	Costruz. apparati	TOTALE Competenza
2001	10	10	40						60
TOTALI	10	10	40						60

Note:

Osservazioni del Direttore della Struttura in merito alla disponibilità di personale e di attrezzature:
L'esperimento non utilizza le risorse della sezione.

Mod. EC. 3

(a cura del responsabile locale)

Codice	Esperimento	Gruppo
	NEWLUMEN	5

Struttura
ROMA I

PREVENTIVO GLOBALE PER L'ANNO 2001

In ML

Struttura	A CARICO DELL' I.N.F.N.									A carico di altri Enti
	Miss. interno	Miss. estero	Mater. di cons.	Trasp. e Facch.	Spese Calc.	Affitti e Manut. Appar.	Mater. inventar.	Costruz. appar.	TOTALE Compet.	
FIRENZE	5	7	43						55	162
PADOVA	5	5	22						32	100
ROMA3	2	2	3						7	29
ROMA1	10	10	40						60	305
TOTALI	22	24	108						154	596

NB. La colonna **A carico di altri Enti** deve essere compilata **obbligatoriamente**

Note: Firenze - Strum. valore totale 540 ML utilizzata al 30% (vedi Allegato n. 2)

Roma1 - Strum. valore totale 18433 ML utilizzata con diverse percentuali (vedi Allegato n. 3)

Roma3 - Strum. valore totale 570 ML utilizzata con diverse percentuali (vedi Allegato n. 4)

Codice	Esperimento	Gruppo
	NEWLUMEN	5

Struttura
ROMA I

A) ATTIVITA' SVOLTA NELL'ANNO 2000

L'attività ha riguardato l'analisi di matrici vetrose di fosfati e silicati attivate con Gd-Ce e con Gd-Tb. Sono stati determinati gli spettri di emissione ed i tempi di decadimento mediante misure di fotoluminescenza. E' stata determinata la resistenza a radiazione (1-230 Gy) per entrambi i vetri per diversi rapporti di combinazione Gd-Ce e Gd-Tb, cosiccome il recupero post-irraggiamento. Sono state eseguite misure di attivazione neutronica per determinare gli isotopi del gadolinio presenti nel vetro.

Sono state effettuate misure di TSL che hanno evidenziato la presenza di trappole sotto i 150 K nei fosfati e più estese (250 K) nei silicati. Film sottili di 0.5 um ottenuti per coevaporazione termica di polveri di CsI e di NaI, e di CsI e di NH₄ sono stati caratterizzati strutturalmente ed otticamente.

B) ATTIVITA' PREVISTA PER L'ANNO 2001

Verranno studiate le proprietà di lavorabilità delle matrici vetrose sviluppate con diversi rapporti Gd-Ce e Gd-Tb anche nell'eventualità di realizzarne fibre. Verranno messe a punto delle procedure per il trasferimento tecnologico ad industrie del settore già individuate. Grazie alla nuova collaborazione con il Prof. Chen dell'East China University di Shanghai, verranno sviluppate delle matrici vetrose (heavy metal oxide glasses) a più alta densità (6 g/cm³) per un possibile utilizzo nella fisica delle alte energie. Verranno inoltre completate le caratterizzazioni su film di CsI drogati con Na e NH₄ nel tentativo di sviluppare un nuovo scintillatore (CsI:NH₄).

C) FINANZIAMENTI GLOBALI AVUTI NEGLI ANNI PRECEDENTI

In ML

Anno Finanziario	Missioni interno	Missioni estero	Materiale di consumo	Trasp. e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e Manut. Apparec.	Materiale inventar.	Costruz. apparati	TOTALE
1999	24	24	58				55		161
2000	18	19	74				13		124
TOTALE	42	43	132				68		285

Codice	Esperimento	Gruppo
	NEWLUMEN	5

Struttura
ROMA I

PREVISIONE DI SPESA

Piano finanziario globale di spesa

In ML

ANNI FINANZIARI	Miss. interno	Miss. estero	Materiale di cons.	Trasp.e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e manut. appar.	Mat. inventar.	Costruz. apparati	TOTALE Competenza
2001	22	24	108						154
TOTALI	22	24	108						154

Note:

Codice	Esperimento	Gruppo
	NEWLUMEN	5

Struttura
ROMA I

REFEREES DEL PROGETTO

Cognome e Nome	Argomento
Aiello Sebastiano	
Troja Sebastiano	

MILESTONES PROPOSTE PER IL 2001

Data completamento	Descrizione
Settembre 2000	Studio di lavorabilità in fibre di vetri fosfati
Dicembre 2000	Realizzazione primi campioni heavy metal oxide (HMO) in collaborazione con East China University
Marzo 2001	Sviluppo silicati con hafnio
Settembre 2001	Caratterizzazione completa di vetri HMO
Dicembre 2001	Messa a punto di procedure per il trasferimento tecnologico all'industria

COMPETITIVITA' INTERNAZIONALE

Le matrici vetrose studiate sono le uniche, nel campo degli scintillatori vetrosi, nelle quali il meccanismo di luminescenza si basa su un processo di migrazione energetica operato da un sottoreticolo di ioni Gd 3+, efficienti nel catturare l'energia di eccitazione e nel trasferirla successivamente ai centri di emissione creati dal Ce 3+ o dal Tb 3+. Abbiamo provato che questa idea funziona con successo nei vetri fosfati contenenti Ce 3+ o dal Tb 3+ e nei silicati con Tb 3+, ed in alcuni casi si ottiene un aumento della luce emessa di qualche percento. Il nostro attuale obiettivo è quello di ottimizzare la composizione dei vetri in modo da massimizzare l'emissione di luce (densità 3-4 g/cm³, X fino ad un massimo di 350 Kev). I vetri con matrice di ossidi di metalli pesanti (d>6 g/cm³) hanno ottime proprietà di luminescenza rispetto ai vetri fluoruri finora studiati, i) per la loro particolare conformazione strutturale (ionica e covalente allo stesso tempo), ii) per la maggiore solubilità dei cationi delle terre rare, iii) più bassa concentrazione di trappole, realizzabile mediante opportuni rapporti stechiometrici dei componenti di partenza e tecniche di preparazione.

LEADERSHIPS NEL PROGETTO

Cognome e Nome	Funzioni svolte
Baccaro Stefania	Responsabile nazionale e locale sez. Roma1 e rapporti con Ist. Fisica Acc Scienze Praga
Pazzi GianPaolo	Responsabile locale sez. Firenze
Zanella Giovanni	Responsabile locale sez Padova e rapporti con Staz. Sper. Vetro Murano
Somma Fabrizia	Responsabile sviluppo di scintillatori a film con Csl drogati con Na e NH ₄ presso Roma3
Niki Martin	Responsabile scientifico Lab. Fisica dell'Ist. Fisica Acc. Scienze Praga

Codice	Esperimento	Gruppo
	NEWLUMEN	5

Struttura
ROMA I

Consuntivo anno 1999/2000

LAUREATI		
Cognome e Nome	Titolo della Tesi	Sbocco professionale
Cemmi Alessia Laurea in	Laurea USS Pavia-Master - Univ. Internaz. in Tecnologie Nucleari e delle rad. ioniz. "Caratterizzazione di matrici vetrose scintillanti per esperimenti di media e bassa energia"	Industre ed Enti di ricerca
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
DOTTORI di RICERCA		
Dott in		
Dott in		
Dott in		
Dott in		
PRESENTAZIONI A CONFERENZE SU INVITO E SEMINARI SIGNIFICATIVI		
Relatore	Titolo	Conferenza o luogo
Martin Nikl	"High light yield Ce ³⁺ (Tb ³⁺)-doped phosphate and oxide scintillation glasses"	SCINT99, Moscow

Codice	Esperimento	Gruppo
	NEWLUMEN	5

Struttura
ROMA I

Consuntivo anno 1999/2000

MILESTONES RAGGIUNTE	
Data completamento	Descrizione
Febbraio 2000	Misure di resistenza a radiazione e di recupero post-irraggiamento su 11 vetri silicati e 20 fosfati attivati con Gd-Ce e Gd-Tb nel range 1=230 Gv
Marzo 2000	Spettri di emissione e di decadimento su tutti i vetri sviluppati
Maggio 2000	Misure di TSL su tutti i vetri per determinare le trappole presenti
Giugno 2000	Ottimizzazione del rapporto Gd-Ce per i fosfati attivati al terbio
Giugno 2000	Misure di LY mediante CCD con X da 6 keV su tutti i campioni (silicati e fosfati)
Giugno 2000	Misure di attivazione neutronica su vetri con Gd per la determinazione della radioattività naturale e delle impurezze
<p>Commento al conseguimento delle milestones</p> <p>Le milestones sino ad oggi raggiunte, evidenziano il lavoro svolto dal gruppo per ottimizzare i vetri silicati e fosfati. Dal 5/2000 è venuto a far parte del gruppo di Roma, il Prof. G. Chen, esperto nella preparazione di vetri che curerà lo sviluppo di vetri a densità maggiori (heavy metal oxide) di quelle sino ad oggi ottenute per vetri silicati e fosfati. Questi vetri potranno aprire nuovi orizzonti per le applicazioni dei vetri in alte energie e quindi tutte le misure verranno ripetute sui vetri di nuova produzione da sviluppare presso la Staz. Sper. del Vetro di Murano.</p>	

SVILUPPO DI STRUMENTAZIONE INNOVATIVA

Ricadute su altri gruppi, sul sistema industriale e su altre discipline
<p>Le ricadute riguardano esperimenti già in corso per silicati al terbio (cubo di fibra ottiche scintillanti-esperimento Matrix per TOTEM) e primi contatti con Lab. Legnaro per esperimento ALBA e con Univ. di Torino (caratterizzazione nostri campioni Esperimento Alchimia) Collegamento con industria italiana interessata alla realizzazione (Elios Italquartz-Milano)</p>

Codice	Esperimento	Gruppo
	NEWLUMEN	V

Struttura
ROMA

Elenco delle pubblicazioni anno 1999/2000

Il progetto si articola su due filoni (come si evidenzia dalle pubblicazioni) in particolare assieme ai vetri, attività principale su indicazione dei referees, viene portato avanti il completamento dell'attività sul PWO nell'ottica di ottimizzarne la produzione di luce)

- 1) P. Bohacek, M. Nikl, J. Novak, Z. Malkova, B. Trunda, J. Rysavy, S. Baccaro, A. Cecilia, I. Dafinei, M. Diemoz, K. Jurek "Congruent composition of PbWO₄ single crystal" J. of Electrical Engineering, vol.50, N. 2/s, p.38 (1999)
- 2) M. Kobayashi, Y. Usuki, M. Ishii, N. Senguttuvan, K. Tanji, M. Chiba, K. Hara, H. Takano, M. Nikl, P. Bohacek, S. Baccaro, A. Cecilia, M. Diemoz "Significant improvement of PbWO₄ scintillating crystals by doping with trivalent ions" NIM A 434,p. 412-423 (1999)
- 3) M. Nikl, P. Bohacek, E. Mihokova, S. Baccaro, A.Vedda, M. Diemoz, E. Longo, M. Kobayashi, E. Auffray, P. Lecoq "Radiation damage processes in wide-gap scintillating crystals. New scintillation materials" Nuclear Physics (Proc. Supp.) 78, 471-478 (1999)
- 4) S. Baccaro, P. Bohacek, S. Croci, M. Diemoz, M. Martini, F. Meinardi, M. Nikl, G. Spinolo, Y. Usuki, R. Uecker, A. Vedda "Trapping and emission centres in PbWO₄ and CaWO₄ crystals" Radiation Effects & Defects in Solids, Vol. 150, pp. 53-57 (1999).
- 5) S. Baccaro, P. Bohacek, A. Cecilia, I. Dafinei, M. Diemoz, P. Fabeni, M. Ishii, M. Kobayashi, M. Martini, E. Mihokova, M. Nikl, G. P. Pazzi, J. Rosa, Y. Usuki, A. Vedda, "The influence of defect states on scintillation characteristics of PbWO₄" Radiation Effects & Defects in Solids, Vol. 150, pp. 15-19 (1999).
- 6) S. Baccaro, R. Dall'Igna, P. Fabeni, M. Martini, J.A. Mares, F. Meinardi, M. Nikl, K. Nitsch, G.P. Pazzi, P. Polato, A. Vedda, G. Zanella, R. Zannoni "Ce³⁺ or Tb³⁺-doped phosphate and oxide scintillation glasses" Journal of Luminescence, 87-89, 673 (2000).
- 7) S. Baccaro, P. Bohacek, A. Cecilia, V. Laguta, M. Montecchi, E. Mihokova, M. Nikl, "Effect of La doping on Calcium Tungstate (CaWO₄) crystals radiation hardness" Phys. Stat. Sol.(a),178,799 (2000)
- 8) S. Baccaro, A. Cemmi, A. Cecilia, "Characterisation of scintillating glassy matrices for middle and low energy physics experiments" to be published as ENEA-Technical Report.
- 9) S. Baccaro, P. Bohacek, A. Cecilia, A. Cemmi, S. Croci, I. Dafinei, M. Diemoz, P. Fabeni, M. Ishii, M. Kobayashi, M. Martini, E. Mihokova, M. Montecchi, M. Nikl, G. P. Pazzi, Y. Usuki, A. Vedda, "Influence of Gd³⁺ concentration on PWO₄:Gd³⁺ scintillation characteristics" Phys. Stat. Sol. (a) 179, 445-454 (2000).

Attrezzature utilizzate dal Gruppo di Roma

• *Elenco apparecchiatura ENEA*

Forno per annealing Carbolite Furnaces programmabile, con canalizzazione da vuoto	utilizzo per il 30%	80 ML
Spettrofotometro UV-VIS-NIR Perkin Elmer	utilizzo per il 100%	40 ML
Spettrofotometro FT-IR	utilizzo per il 50%	50 ML
Fluorescenza X	utilizzo per il 10%	350 ML
Inductively Coupled Plasma- Atomic Emission Spectroscopy (ICPAES)	utilizzo per il 100%	130 ML
Electro-Thermal-Atomic Absorption Spectroscopy (ETAAS)	utilizzo per il 10%	60 ML
Diffrattometro X	utilizzo per il 5%	500 ML
Spettrometria gamma	utilizzo per il 5%	100 ML
Costi irraggiamento (non vengono calcolate le spese di personale)		
Calliope ^{60}Co 42 000/h (compartimento di dosimetria) Dose totale = 130 Gy e 7,4 Gy/h	per 20 cristalli	12 ML
Triga 12.000/h Dose attivazione = 10^{16} n/cm ² , t = 15 h	per 20 cristalli	4 ML
Tapiro 20 000/h Dose irraggiamento = 10^{12} n/cm ² , t = 1 h Dose attivazione = 10^{16} n/cm ² , t = 40 h	per 20 cristalli	17 ML

• *Elenco apparecchiature Dipartimento di Fisica e Chimica Università "La Sapienza"*

Fornace Czochralski fino a 2000°C della Dentor Furnace, con app. controllo	utilizzo per il 20%	100 ML
Apparecchiatura per misure di tempi di vita di fluorescenza con metodo fotone singolo	utilizzo per il 20%	400 ML
Costo totale della attrezzature		1043 ML

PROGETTO LUMEN. Gruppo V INFN

Unità Operativa dell'IROE-CNR di Firenze

E-Mail: Spectab@iroe.fi.cnr.it

Personale CNR offerto

Primi Ricercatori:

Pazzi Gian Paolo (Coordinatore locale)

Fabani Pasquale

Tecnici:

Linari Roberto

Collaboratori esterni:

Martin Nik

Salvini Luca

Potenzialità tecnologiche e strumentali

- Criogenia: criostato a parete fredda (10 K), criogeneratore monostadio a ciclo chiuso (10-300 K).

costo strumentazione: 40 Milioni

- Spettroscopia risolta in tempo (fino a qualche decimo di ns): laser ad azoto/eccimeri, laser dye, Optical Multichannel Analyzer (OMA), spettrofotometri, box-car, oscilloscopio veloce a campionamento, fotomoltiplicatore sensibile alla posizione.

costo strumentazione: 300 Milioni

- Spettroscopia UV-visibile convenzionale con componenti da allestire al banco ottico.

costo strumentazione: 50 Milioni

Strumentazione di base: spettrofotometro UV-visibile-infrarosso per misure di assorbimento e di riflettanza diffusa (200-3000 nm) completo di sfera integratrice (200-2500 nm), spettrofluorimetro (220-750 nm) con accessorio per solidi e bassa temperatura (80 K), spettroanalizzatore a fibre ottiche (350-2200 nm).

costo strumentazione: 150 Milioni

Totale costo strumentazione: 540 Milioni

L'utilizzazione delle strumentazioni per il progetto LUMEN è di circa il 30 %.

PROPOSTA DI RICERCA

LUMINESCENZA E SCINTILLAZIONE IN VETRI SCINTILLATORI, CRISTALLI E FILM DI ALOGENURI ALCALINI

La nuova generazione di acceleratori per la fisica delle alte energie richiede scintillatori veloci, densi e resistenti a radiazione: per l'applicazione in LHC sono stati realizzati monocristalli di grandi dimensioni di tungstato di piombo (PbWO_4) che risponde a questi requisiti pur essendo sufficientemente economico.

Questo risultato è stato ottenuto grazie ad una esauriente caratterizzazione ed ottimizzazione delle proprietà di scintillazione dei tungstati messa a punto grazie ad una cooperazione internazionale tra laboratori con competenze nel campo della tecnologia e della fisica, dotati di strumentazione di punta, in modo da assicurare una riproducibilità delle caratteristiche applicative [1].

Il carattere complementare delle tecniche sperimentali disponibili nei laboratori coinvolti nell'esperimento e la presenza di ricercatori esperti in differenti campi hanno rappresentato l'aspetto più promettente di questa collaborazione che in Italia è stata rappresentata, per quanto concerne l'ottimizzazione del materiale, dal progetto LUMEN (periodo 96-98) [2].

Materiali di crescita altamente purificati, ottimizzazione delle mescole di crescita e drogaggi con ioni di diversa valenza risultano essere fattori determinanti perché gli scintillatori possano raggiungere i requisiti richiesti dalle applicazioni nella fisica dell'alta energia [1] così come una dettagliata conoscenza dei meccanismi microscopici legati alla produzione di luce che al momento non è stata ancora del tutto raggiunta e che è invece fondamentale per la completa ottimizzazione del materiale.

Il PbWO_4 è molto sensibile, come abbiamo studiato e descritto in numerosi lavori [2, 3], all'introduzione di droganti che comportano la rimozione o la formazione di stati di difetto di punto; un possibile incremento della produzione di luce può essere inoltre ottenuto introducendo trappole radiative che possano essere disponibili nel materiale così da creare un possibile canale alternativo per la cattura delle cariche rispetto a canali non radiativi. Di grande interesse è la ricerca di droganti che possano modificare il campo cristallino così da indurre la distorsione del gruppo WO_4 , gruppo di grande importanza ai fini del meccanismo di emissione, perché responsabile dell'emissione nel blu.

Si possono pertanto individuare due nuovi soggetti di investigazione:

1. drogaggio con cadmio (Cd), che può indurre distorsione locale grazie ad una struttura tipo wolframite CdWO_4 o ZnWO_4 . In queste strutture il gruppo WO_4 emette intorno a 480 nm.
2. drogaggio con zolfo (S) allo scopo di creare centri $\text{WO}_3 - \text{S}$, nei quali si ha un abbassamento della simmetria locale e un aumento del campo cristallino (dovuti in entrambi i casi alla presenza di S^{2-}); questo dovrebbe comportare transizioni radiative nella regione blu-verde dello spettro e aumentare la stabilità termica dei centri $\text{WO}_3 - \text{S}$ rispetto ai gruppi WO_4 non distorti.

In molte applicazioni industriali, quali difettoscopia, controlli di sicurezza, grandi camere per raggi X in medicina e così via, vengono utilizzati invece rivelatori con scintillatori quali monocristalli di NaI:Tl oppure CsI:Tl , che producono una quantità significativa di luce. Questo è dovuto ad un trasferimento di energia molto efficiente che si ottiene introducendo opportune trappole radiative: in questi materiali in particolare drogaggi con ioni tallio e sodio producono questo effetto e il drogaggio con Na sembra essere un buon compromesso tra la velocità di scintillazione e la luce prodotta. Tuttavia se i livelli di drogaggio superano l'1%, la

qualità del cristallo (ad es. di CsI cresciuto) peggiora drasticamente. E' noto che per sistemi simili di CsBr+PbBr₂ [4] questa limitazione può essere superata crescendo sotto vuoto dei film sottili, mediante evaporazione da un crogiuolo di platino dei due costituenti (nel nostro caso polveri di CsI e NaI) su un supporto di quarzo. In questo caso si potrebbe ottenere un film policristallino di spessore nel range del micron e con concentrazioni di Na dell'ordine del 10% che potrebbe probabilmente fornire una significativa concentrazione di trappole radiative.

In alternativa, un altro tipo di trappole radiative potrebbe essere fornita dal drogaggio con NH₄ (composti come NH₄X, dove X=Cl, Br, I che cristallizzano in una struttura b.c.c. come lo CsI): è quindi di grande interesse confrontare questi materiali con monocristalli e matrici di film sottili drogati con ioni Na. Grazie alla massa del gruppo NH₄ e alla stessa struttura dei composti NH₄X e CsI, si potrebbe arrivare a realizzare uno scintillatore di CsI:NH₄ con una risposta di scintillazione molto veloce e simultanea alta produzione di luce.

Un'alternativa molto interessante può essere anche ricercata nello studio di matrici vetrose con densità sufficientemente alta e con una buona stabilità chimica e meccanica, quali vetri fosfati (metallo-Gd) drogati con ioni Ce e Tb. Vetri scintillatori pesanti basati su miscele di fluorati (densità attorno a 6 g/cm³) mostrano una bassa LY, a causa di una bassa efficienza nel trasferimento di energia e un basso LY del CeF₃ [5]. Tuttavia, i vetri fosfati a causa del campo cristallino medio e grazie all'efficiente trasferimento di energia Gd-Ce o Gd-Tb, potrebbero invece mostrare un aumento del trasferimento di energia verso gli stessi centri di emissione (Ce,Tb) e raggiungere così considerevoli livelli di LY [6].

A causa della densità, che ci si aspetta essere intorno a 4.5 - 5 g/cm³, questi materiali potrebbero trovare applicazione nella rivelazione sino a circa 1 MeV.

La stessa idea potrebbe funzionare per vetri silicati più leggeri drogati al Ce (densità 3 g/cm³), finora studiati per raggi X [7] e per possibili realizzazioni in fibre, poiché il picco di emissione è attorno a 410 nm e si potrebbe verificare un efficiente trasferimento di energia Gd-Ce, in accordo a quanto illustrato da P. Dorenbos in SCINT'97 [8].

In conclusione, utilizzando tecniche sperimentali quali EPR, TSL, TSC ed emissione risolta temporalmente sotto UV, raggi X e gamma, ci proponiamo di

- conoscere il meccanismo microscopico del trasferimento e di immagazzinamento di energia in sistemi quali monocristalli di PbWO₄, per ottimizzarne il LY attraverso drogaggi selettivi quali Cd e S;
- poter confrontare efficienza di scintillazione per raggi X intorno ai 100 keV in monocristalli di CsI:Na e di studiarne la dipendenza dalla concentrazione di Na sino al 10 % in campioni a film sottili; di confrontare inoltre le caratteristiche di scintillazione in materiali con Na e NH₄ e arrivare se possibile alla proposta di un nuovo scintillatore CsI:NH₄.
- identificare procedure di preparazione per vetri fosfati e silicati basati su cationi metallo-Gd e droganti Ce(Tb), per ottimizzare la densità e le caratteristiche di scintillazione.

La ricerca proposta verrà realizzata nell'ambito di una collaborazione internazionale tra INFN (Sezioni di Firenze, Milano, Padova, Roma1, Roma3), ENEA, Università di Milano e di Roma3, IROE-CNR di Firenze, Stazione Sperimentale del Vetro di Murano e Istituto di Fisica dell'Accademia delle Scienze di Praga.

Come nel caso del precedente esperimento proposto (LUMEN) anche in questo caso il carattere complementare delle tecniche sperimentali disponibili nei laboratori coinvolti rappresenta il punto di forza di questa proposta di collaborazione.

Il principale contributo degli Istituti coinvolti nell'esperimento può essere brevemente riassunto come di seguito:

INFN Sezione di Firenze, Istituto di Ricerca sulle Onde Elettromagnetiche (IROE) del CNR (responsabile G. P. Pazzi):

- cinetica di decadimento della fotoluminescenza mediante eccitazione con laser ad eccimeri di potenza, a 249 nm (Kr-F), 308 nm (Xe-Cl) e 337 nm (N₂), nell'intervallo temporale 10⁻⁹ - 100 s e fino a 6 ordini di grandezza in ampiezza (oscilloscopio a campionamento Tektronix 680B); la temperatura può variare da 10 a 300 K impiegando un criostato a circuito chiuso;
- annealing dei campioni e misure di trasmittanza;
- spettroscopia in emissione risolta in tempo nella scala dei nsec (eccitazione con laser ad eccimeri e rivelazione OMA, Optical Multichannel Analyzer).

Gruppo:

Dr. G. P. Pazzi (30%), Dr. P. Fabeni (30%).

Finanziamento richiesto:

Per il 1999: consumo 30 ML, inventariabile 13 ML, missioni interno 6 ML, missioni estero 5 ML; totale 54 ML.

Per il 2000: consumo 30 ML, missioni interno 6 ML, missioni estero 5 ML; totale 41 ML.

INFN Sezione di Milano, Dipartimento di Fisica, Sezione Fisica dei Solidi e Nuovi Materiali (responsabile M. Martini):

- studio di luminescenza termostimolata (TSL) nell'intervallo di temperatura 90-750 K;
- luminescenza termostimolata (TSL) risolta in lunghezza d'onda con misure ad alta sensibilità, nell'intervallo di temperatura 300-750 K;
- studio di corrente termostimolata (TSC) nell'intervallo di temperatura 90-750 K;
- annealing e misure di trasmittanza.

Gruppo:

Prof. G. Spinolo (20%), Dr. A. Vedda (20%), Dr. M. Martini (20%).

Finanziamento richiesto:

Per il 1999: consumo 10 ML, inventariabile 68 ML, missioni interno 7 ML, missioni estero 7 ML; totale 92 ML.

Per il 2000: consumo 10 ML, inventariabile 20 ML, missioni interno 7 ML, missioni estero 7 ML; totale 44 ML.

INFN Sezione di Padova (responsabile G. Zanella):

- Spettrofotometro Perkin-Elmer per misure di trasmittanza e riflettanza spettrali
- Rifrattometro Hilger-Chance per la misura dell'indice di rifrazione
- Diffrattometro a raggi X per l'analisi dei cristalli di devetrificazione
- Apparato per la misura di "light yield" (assoluta e relativa) di campioni di vetro scintillante irradiati da raggi X
- Misure di rammollimento e tiraggio di fibre di vetro di diametro da 10 micron a 200 micron

Gruppo:

Prof. G. Zanella (25 %), Prof. R. Zannoni (25 %).

Finanziamento richiesto:

Per il 1999: consumo 10 ML, missioni interno 5 ML, missioni estero 5 ML; totale 20 ML.

Per il 2000: consumo 10 ML, missioni interno 5 ML, missioni estero 5 ML; totale 20 ML.

INFN Sezione di Roma (comprendente il Dipartimento di Fisica e il Dipartimento di Chimica dell'Università "La Sapienza" e l'ENEA, Laboratori della Casaccia, responsabile S. Baccaro):

- misure di light yield, di tempi di decadimento con sorgenti radioattive e test su fascio di elettroni e fotoni (INFN-Sezione di Roma);
- studi di danneggiamento da radiazione utilizzando raggi gamma (Laboratori ENEA-Casaccia);
- spettroscopia in emissione risolta temporalmente. Risoluzione inferiore al nanosecondo con stimolazione laser pulsato al picosecondo (spettro e tempi di decadimento), (spettrofotometro del Dipartimento di Chimica);
- tempi di decadimento con eccitazione ad alta intensità a λ variabile (dye laser da acquistare pompato con laser ad azoto, esistente al Dipartimento di Chimica);
- esperimenti di annealing anche in atmosfera modificata fino a 1000 °C, (Laboratori ENEA-Casaccia);
- misure ottiche (trasmissione, riflessione, caratterizzazione dell'anisotropia del cristallo mediante analisi di propagazione di fascio laser) (Laboratori ENEA-Casaccia),
- identificazione e determinazione di impurezze mediante tecniche di attivazione neutronica (attivazione ed analisi ai laboratori ENEA-Casaccia);
- tecniche di spettroscopia di elettroni (X-ray Photoelectron Spectroscopy, Ultra-Violet Photoelectron Spectroscopy e Auger Electron Spectroscopy) per analisi di superficie (spessore analizzato dell'ordine di 50 Angstrom) da utilizzare per il controllo della crescita di film sottili.

Gruppo:

Dr. S. Baccaro (30%), Prof. F. Castelli (30%), Dr. A. Cecilia (100%), Dr. A. Festinesi (20%), Dr. R. Giorgi (20%).

Dr. M. Montecchi (30%)

Finanziamento richiesto:

Per il 1999: consumo 30 ML, inventariabile 40 ML, missioni interno 15 ML, missioni estero 20 ML; totale 105 ML.

Per il 2000: consumo 25 ML, inventariabile 20 ML, missioni interno 15 ML, missioni estero 15 ML; totale 75 ML.

INFN Sezione di RomaTre (comprendente il Dipartimento di Fisica, responsabile Prof. F. Somma):

- Produzione di film di alogenuri alcalini drogati con Na e NH₄ mediante tecnica di coevaporazione termica.
- Caratterizzazione ottica dei film mediante spettrofotometro Perkin Elmer 900

Gruppo:

Prof. F. Somma (20 %)

Finanziamento richiesto:

Per il 1999: consumo 5 ML, inventariabile 5 ML, missioni interno 3 ML, missioni estero 3 ML; totale 18 ML.

Per il 2000: consumo 4 ML, inventariabile 2 ML, missioni interno 3 ML, missioni estero 3 ML; totale 12 ML.

L'esperimento proposto si avvarrà della collaborazione dell'Institute of Physics, Academy of Sciences of Czech Republic, Prague (responsabile M. Nikl). Nel quadro della convenzione tra l'Accademia e l'INFN presso tale istituto verranno eseguite le misure sottoelencate:

- spettroscopia in emissione con eccitazione a raggi X e UV;
- scintillazione e misura di tempi di decadimento con il metodo di coincidenza con il singolo fotone (sorgenti Na²²);
- tempi di decadimento nell'intervallo nsec-msec con eccitazione della fotoluminescenza da lampada impulsata;
- irraggiamenti con raggi X e studi di trasmissione a bassa temperatura;
- esperimenti di annealing anche in atmosfera modificata (fino a 1000°C);
- studi EPR di centri di colore e di impurezze. Tali esperienze possono essere effettuate nell'intervallo di temperatura 80 (4.2)-350 K;
- struttura e analisi chimica.

Gruppo:

Dr. M. Nikl, Dr. P. Bohacek, Prof. J. A. Mares, Dr. E. Mihokova, Dr. K. Nitsch, Dr. K. Polak, Dr. J. Rosa.

Realizzazione dei campioni

I cristalli e i vetri scintillatori (miscela di fosfati drogati con ioni cerio) verranno cresciuti nell'ambito di una collaborazione tra l'Istituto di Fisica dell'Accademia delle Scienze di Praga (P. Bohacek e K. Nitsch) e la Preciosa CRYTUR della Repubblica Ceca. Il budget richiesto per l'intera produzione comprensivo delle polveri per la crescita è di circa 25 ML nei due anni del progetto.

La stazione Sperimentale del Vetro di Murano svilupperà vetri silicati da confrontare con i vetri fosfati sopradescritti: entrambi gli istituti studieranno l'effetto del gadolinio come elemento che favorisce lo scambio energetico dalla matrice vetrosa ai centri attivatori (Ce e Tb). Nel secondo anno presso la Stazione Sperimentale del Vetro si cercherà di realizzare "plate" di fibre ottiche scintillanti anche attivate al cerio. Anche in questo caso il budget richiesto per l'intera produzione si aggira sui 20 ML per l'intero progetto.

Bibliografia

1. Auffray, P. Lecoq, M. Korzhik, A. Annenkov, O. Jarolimek, M. Nikl,
2. Baccaro, A. Cecilia, M. Diemoz, I. Dafinei, NIM A 402, 75 (1998).
3. Baccaro et al. "Understanding of PbWO₄ scintillator characteristics and their optimisation. Activity of LUMEN (1996-97)" Report INFN n. 1095 (1998).
4. Murk, M. Nikl, E. Mihokova, K. Nitsch, J. Phys. Cond. Mat. 9, 249 (1997).
5. Nikl, K. Nitsch, E. Mihokova, P. Fabeni, G. P. Pazzi, M. Gurioli, A. Scacco, F. Somma: "Optical Properties Of Pb²⁺-Based Aggregated Phases In CsBr Thin Film And Single Crystal Matrices". Eurodim'98 conference, Keele, July 1998.
6. Auffray, et al.(Crystal Clear Collaboration), NIM A 380, 524 (1996).
7. Nikl, K. Nitsch, unpublished results.
8. Zanella et al., NIM A 345, 198 (1994).
9. Dorenbos et al., Proc. of SCINT'97, held in Shanghai Sept. 22-25, 1997, p. 307.

DIPARTIMENTO DI FISICA

"Edoardo Amaldi"

Università degli Studi "Roma Tre"

Via della Vasca Navale 84, 00146 Roma

Roma, 7 /7/1999

Apparati strumentali in dotazione a Roma Tre
utilizzati nel progetto New Lumen

- Apparato di deposizione per film sottili con tecnica di evaporazione termica Leybold -Sistec, dotato di due camere indipendenti a piu' crogiuoli e controllo automatico dei parametri di crescita.

valore: 120 ML ; tempo macchina 20%

-Spettrofotometro UV-VIS-NIR della Perkin -Elmer mod.λ 900 con sfera integratrice.

valore 150 ML; tempo macchina 5%

- Diffrattometro a raggi X Scintag mod. X1 con rivelatore a stato solido raffreddato Peltier.

valore 300 ML; tempo macchina 1.5 %

Capitale totale impegnato da Roma Tre 29 ML

Codice	Esperimento	Gruppo
	New LUMEN	5

Struttura
FIRENZE

 Ricercatore responsabile locale:
Gianpaolo Pazzi
PREVENTIVO LOCALE DI SPESA PER L'ANNO 2001
In ML

VOCI DI SPESA		DESCRIZIONE DELLA SPESA					IMPORTI		A cura della Comm.ne Scientifica Nazionale
							Parziali	Totale Compet.	
Viaggi e missioni	Interno	8 Missioni Firenze - Roma 4 Missioni Firenze - Padova 2 Missioni Firenze - Murano					3 1 1	5	
	Estero	4 Missioni Firenze - Praga					7	7	
Materiale Consumo	Gas per laser ad eccimeri (He, Xe, Kr, HCl, e F in He)					10	43		
	Componenti ottici (reticoli, filtri, lenti e lamine)					10			
	Accessori per vuoto (flange, raccordi, etc.) e riduttori gas					7			
	Componenti elettronici					4			
	Componenti meccanici (movimento criostato e comp. ottici)					12			
Trasp.e facch.									
Spese Calcolo	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette	Altro				
Affitti e manutenz. apparecchiati.									
Materiale Inventariabile									
Costruzione Apparati									
Totale							55		
Note:									

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Preventivo per l'anno **2001**

Codice	Esperimento	Gruppo
	New LUMEN	5

Struttura
FIRENZE

ALLEGATO MODELLO EC 2

Codice	Esperimento	Gruppo
	New LUMEN	5

Struttura
FIRENZE

PREVISIONE DI SPESA: PIANO FINANZIARIO LOCALE
PER GLI ANNI DELLA DURATA DEL PROGETTO

In ML

ANNI FINANZIARI	Miss. interno	Miss. estero	Mater. di cons.	Trasp.e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e manut. appar.	Mat. inventar.	Costruz. apparati	TOTALE Competenza
2001	5	7	43						55
TOTALI	5	7	43						55

Note:

Osservazioni del Direttore della Struttura in merito alla disponibilità di personale e di attrezzature:

Mod. EC. 3

(a cura del responsabile locale)

Codice	Esperimento	Gruppo
	New LUMEN	5

Struttura
FIRENZE

COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA (cont.)

LAUREANDI		Associazione		Titolo della Tesi
Cognome e Nome		SI	NO	
Relatore		<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore		<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore		<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore		<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore		<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore		<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore		<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore		<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore		<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Denominazione		mesi-uomo		<p style="text-align: center;">SERVIZI TECNICI</p> <p>Annotazioni</p>
INTERAZIONI CON LE INDUSTRIE (COMMESSE HIGH TECH)				
DENOMINAZIONE		DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA		

Codice	Esperimento	Gruppo
	New LUMEN	5

Struttura
FIRENZE

Consuntivo anno 1999/2000

LAUREATI		
Cognome e Nome	Titolo della Tesi	Sbocco professionale
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
DOTTORI di RICERCA		
Dott in		
Dott in		
Dott in		
Dott in		
PRESENTAZIONI A CONFERENZE SU INVITO E SEMINARI SIGNIFICATIVI		
Relatore	Titolo	Conferenza o luogo

Codice	Esperimento	Gruppo
	New LUMEN	5

Struttura
FIRENZE

Consuntivo anno 1999/2000

SIGNIFICATIVE VARIAZIONI DI BILANCIO

Capitolo	Variazione (ML)	Motivazione
Missioni Interne	_____	
Missioni Estere	_____	
Consumo	_____	
Trasporti e Facchinaggio	_____	
Spese Calcolo	_____	
Affitti e Manutenzioni	_____	
Materiale Inventariabile	_____	
Costruzione Apparati	_____	
Totale storni	_____	

CONFERENZE, WORKSHOP e SCUOLE ORGANIZZATE in ITALIA

Data	Titolo	Luogo

SIGNIFICATIVE COMMESSE E RELATIVO IMPORTO

ANAGRAFICA FORNITORE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA	IMPORTO (ML)

Codice	Esperimento	Gruppo
	NEWLUMEN	5

Struttura
PADOVA

 Ricercatore responsabile locale:
Giovanni ZANELLA
PREVENTIVO LOCALE DI SPESA PER L'ANNO 2001
In ML

VOCI DI SPESA		DESCRIZIONE DELLA SPESA	IMPORTI		A cura della Comm.ne Scientifica Nazionale			
			Parziali	Totale Compet.				
Viaggi e missioni	Interno	Collaborazione con la Stazione Sperimentale del Vetro di Murano Rapporti con i collaboratori nazionali	2 3	5				
	Estero	Partecipazione ad una conferenza internazionale Rapporti con i collaboratori stranieri	2 3	5				
Materiale Consumo		Materiali per la preparazione dei campioni di vetro scintillante e contributo spese di spedizione alla stazione sperimentale del vetro	20	22				
		Consumo di laboratorio	2					
Trasp.e facch.								
Spese Calcolo	Consorzio	Ore CPU	Spazio Disco	Cassette		Altro		
Affitti e manutenz. apparecchiati.								
Materiale Inventariabile								
Costruzione Apparati								
Totale				32				
Note:								

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Preventivo per l'anno **2001**

Codice	Esperimento	Gruppo
	NEWLUMEN	5

Struttura
PADOVA

ALLEGATO MODELLO EC 2

Codice	Esperimento	Gruppo
	NEWLUMEN	5

Struttura
PADOVA

**PREVISIONE DI SPESA: PIANO FINANZIARIO LOCALE
PER GLI ANNI DELLA DURATA DEL PROGETTO**

In ML

ANNI FINANZIARI	Miss. interno	Miss. estero	Mater. di cons.	Trasp.e Facch.	Spese Calcolo	Affitti e manut. appar.	Mat. inventar.	Costruz. apparati	TOTALE Competenza
2001	5	5	22						32
TOTALI	5	5	22						32

Note:

Osservazioni del Direttore della Struttura in merito alla disponibilità di personale e di attrezzature:
Non sono state avanzate richieste specifiche alla Sezione.

Mod. EC. 3

(a cura del responsabile locale)

Codice	Esperimento	Gruppo
	NEWLUMEN	5

Struttura
PADOVA

COMPOSIZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA (cont.)

LAUREANDI Cognome e Nome	Associazione		Titolo della Tesi
	SI	NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	
Relatore	<input type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO	

Denominazione	mesi-uomo	SERVIZI TECNICI Annotazioni

INTERAZIONI CON LE INDUSTRIE (COMMESSE HIGH TECH)

DENOMINAZIONE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA
Stazione sperimentale del vetro (Murano - Venezia)	Campioni di vetri scintillanti di nuova composizione

Codice	Esperimento	Gruppo
	NEWLUMEN	5

Struttura
PADOVA

Consuntivo anno 1999/2000

LAUREATI		
Cognome e Nome	Titolo della Tesi	Sbocco professionale
CARAVENGI E. Laurea in FISICA	Sviluppo e caratterizzazione di vetri scintillatori al Ga - Tb e al Gd - Ce	
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
Laurea in		
DOTTORI di RICERCA		
Dott in		
Dott in		
Dott in		
Dott in		
PRESENTAZIONI A CONFERENZE SU INVITO E SEMINARI SIGNIFICATIVI		
Relatore	Titolo	Conferenza o luogo

Codice	Esperimento	Gruppo
	NEWLUMEN	5

Struttura
PADOVA

Consuntivo anno 1999/2000

SIGNIFICATIVE VARIAZIONI DI BILANCIO

Capitolo	Variazione (ML)	Motivazione
Missioni Interne	_____	
Missioni Estere	_____	
Consumo	_____	
Trasporti e Facchinaggio	_____	
Spese Calcolo	_____	
Affitti e Manutenzioni	_____	
Materiale Inventariabile	_____	
Costruzione Apparati	_____	
Totale storni	_____	

CONFERENZE, WORKSHOP e SCUOLE ORGANIZZATE in ITALIA

Data	Titolo	Luogo

SIGNIFICATIVE COMMESSE E RELATIVO IMPORTO

ANAGRAFICA FORNITORE	DESCRIZIONE PRODOTTO O COMMESSA	IMPORTO (ML)

NEWLUMEN

5

Stefania Baccaro

Roma1

continua

STR.	ESPERIM.	Missioni interno	Inviti ospiti stran.	Missioni estero	Mater. di Cons.	Spes Sem	Tras. e Fac.	Pub. Scien.	Spese Calc	Aff. e Manut. App.	Mater. invent.	Costruz. apparati	TOTALE	
FIRENZE	Personale													
	Ricercatori		3,0	Tecnologi			Tecnici			Servizi mesi uomo				
	FTE		1,4	FTE			FTE							
	Rapporti (FTE/numero) Ricercatori						0,47			Ricercatori+Tecnologi				0,47
	New LUMEN	5		7	43									55
	di cui sj													
	Totali	5		7	43									55
di cui sj														
Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)						39,29								
PADOVA	Personale													
	Ricercatori		2,0	Tecnologi			Tecnici			Servizi mesi uomo				
	FTE		0,6	FTE			FTE							
	Rapporti (FTE/numero) Ricercatori						0,30			Ricercatori+Tecnologi				0,30
	NEWLUME	5		5	22									32
	di cui sj													
	Totali	5		5	22									32
di cui sj														
Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)						53,33								
ROMA1	Personale													
	Ricercatori		7,0	Tecnologi			Tecnici			Servizi mesi uomo				
	FTE		3,3	FTE			FTE							
	Rapporti (FTE/numero) Ricercatori						0,47			Ricercatori+Tecnologi				0,47
	NEWLUME	10		10	40									60
	di cui sj													
	Totali	10		10	40									60
di cui sj														
Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)						18,18								

Esperimento

gruppo

Rappresentante nazionale

Struttura res_naz

nuovo continua

NEWLUMEN

5

Stefania Baccaro

Roma1

continua

STF.	ESPERIM.	Missioni interno	Inviti ospiti stran.	Missioni estero	Mater. di Cons.	Spes Sem	Tras. e Fac.	Pub. Scien.	Spese Calc	Aff. e Manut. App.	Mater. invent.	Costruz. apparati	TOTALE
TOTALI													
	Totali	20		22	105								147
	di cui sj												
Confronto con il modello EC4													
	Mod. EC4 dati	22		24	108								154
	Totale-Dati EC4	-2,0		-2,0	-3,0								-7,0
Personale													
	Ricercatori	9,0		Tecnologi			Tecnici					Servizi mesi uomo	
	FTE	3,9		FTE			FTE						
	Rapporti (FTE/numero) Ricercatori			0,43 Ricercatori+Tecnologi			0,43						
	Richieste/(FTE ricercatori+tecnologi)			37,69									