

COMPITI E SUDDIVISIONE FONDI TRA LE UNITÀ DI RICERCA  
prot. 2005023073

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Coordinatore Scientifico</b> | Sandro CENTRO   |
| <b>Ateneo</b>                   | Università degli Studi di PADOVA  |
| <b>Titolo della Ricerca</b>     | Nuove tecniche di rivelazione di deboli segnali di ionizzazione e scintillazione in gas nobili pressurizzati e criogenici |
| <b>Finanziamento assegnato</b>  | Euro 372.000  |
| <b>Durata</b>                   | 24 Mesi   |

### Obiettivo della Ricerca

*Negli ultimi anni, nel campo della fisica astroparticellare, stanno suscitando grande interesse nuovi rivelatori di particelle basati sull'uso di gas nobili liquefatti in camere a proiezione temporale. Grazie alle eccellenti proprietà calorimetriche e di tracciamento del mezzo, essi sono adatti all'esplorazione di una grande varietà di fenomeni su un'ampia scala di energie (da pochi keV a centinaia di GeV). Le applicazioni proposte in campo internazionale spaziano dalla ricerca delle oscillazioni dei neutrini con fasci artificiali allo studio della stabilità della materia barionica e alla ricerca di fenomeni rari quali esplosioni di supernovae e materia oscura. L'esperienza acquisita nell'ambito del progetto ICARUS, durante le fasi di R&D, di costruzione e di test del rivelatore (PRIN 2003 prot. 2003024192), ha mostrato che tali rivelatori hanno grandi margini di miglioramento il cui raggiungimento aprirebbe la strada con successo a nuove applicazioni nel campo della fisica delle particelle e a spin-off come l'imaging medicale in campo sia cardiaco che oncologico.*

*In tal senso, la ricerca proposta riguarda lo sviluppo di aspetti delle camere a proiezione temporale non ancora del tutto maturi quali: lo studio dettagliato della luce di scintillazione indotta da radiazione ionizzante sia in fase gassosa che liquida; lo sviluppo di innovativi sistemi di lettura della luce di scintillazione, a grande area, sensibili all'ultravioletto spinto (VUV) e operanti a bassissime temperature (87K); applicazione della elettronica di front-end a basso rumore a nuovi sistemi di lettura della ionizzazione (LEM: Large Electron Multipliers) basati sulla amplificazione del segnale di carica indotta da particelle ionizzanti). L'integrazione dei risultati di tali attività potrebbe rappresentare una solida base per lo sviluppo della seconda generazione di TPC a gas nobili liquefatti, rendendo così possibile la realizzazione di Megaton detectors e/o lo studio di segnali estremamente deboli (Materia Oscura). Inoltre lo sviluppo di TPC ad alta sensibilità, a gas nobili pressurizzati, con opportuni sistemi di lettura calorimetrici, permetterebbe applicazioni in campo medicale per la realizzare di scintigrafie con basse dosi assorbite sia per pazienti ed operatori.*

*Negli ultimi anni la ricerca nel campo della fisica astroparticellare ha visto un crescente interesse nei rivelatori "Time Projection Chambers" (TPC) basati su gas nobili liquefatti. Grazie alle eccellenti proprietà calorimetriche e alla capacità di registrare tracce cariche nel mezzo attivo, questi rivelatori risultano particolarmente adatti alla ricerca di una grande varietà di fenomeni fisici in un ampio intervallo di energia (da pochi keV alle centinaia di GeV). Le possibili applicazioni spaziano dalla ricerca sulle oscillazioni del neutrino con fasci artificiali o con neutrini atmosferici, allo studio della stabilità della materia barionica e alla ricerca di fenomeni rari quali le esplosioni di Supernovae o la Materia Oscura nell'Universo.*

*La fattibilità delle TPC ad Argon liquido (LAr TPC) è stata dimostrata senza incertezze dal programma di R&D del progetto ICARUS che ha incluso studi su piccoli volumi di Argon liquido per la verifica di caratteristiche fondamentali quali la purificazione ed i sistemi di lettura elettronica, nonché studi con prototipi di massa crescente di metodi di purificazione per grandi masse, sistemi di raccolta di eventi fisici e relativa elettronica di lettura. Un prototipo di LAr TPC da 50 litri è stato esposto al fascio di neutrini del CERN, dimostrando la capacità della tecnologia a riconoscere efficientemente eventi indotti da neutrini. La realizzazione del modulo da 600 tonnellate di ICARUS, il cosiddetto T600, e il relativo test realizzato con raggi cosmici, ha dimostrato che la tecnica può essere applicata su grande scala con lunghezze di deriva fino a 1.5 metri. L'acquisizione di eventi dai raggi cosmici ha permesso di verificare il funzionamento del rivelatore in modo quantitativo.*

*Il successo della costruzione su base industriale del T600 e la sua eccellente qualità hanno motivato e giustificato la proposta di riprodurre il modulo fino a masse di migliaia di tonnellate per esperimenti di fisica astroparticellare ai LNGS.*

*È una prospettiva naturale e realistica aspettarsi ulteriori sviluppi della tecnica dell'Argon liquido per applicazioni su grande scala per futuri esperimenti di fisica del neutrino e astroparticellare. In particolare, si possono ipotizzare applicazioni a futuri studi di precisione di interazioni dei neutrini con fasci di prossima generazione ad alta intensità quali Superbeams, Betabeams o Neutrino Factories. Questi esperimenti si avvantaggerebbero dall'ottima granularità fornita dalla tecnica per ridurre drasticamente i fondi fisici. Argomenti analoghi si applicano allo studio di neutrini cosmici quali quelli di origine atmosferica, solare, da esplosioni di supernove e da sorgenti lontane.*

*In questa prospettiva, l'esperienza acquisita nell'ambito del progetto ICARUS durante la fase di R&D, costruzione e test (vedi anche PRIN 2003 prot. 2003024192) ha dimostrato che questo tipo di rivelatore ha ampi margini di sviluppo e di evoluzione che possono aprirgli la strada in nuovi campi della fisica delle particelle e avere altresì interessanti spin-off nel campo dell'imaging medicale, per esempio in oncologia e cardiologia. In particolare, lo sviluppo di TPC di grande sensibilità basate su gas nobili pressurizzati, potrebbero permettere, attraverso l'uso di opportune tecniche di lettura calorimetrica, già provate nelle TPC ad Argon liquido,*

applicazioni in campo medico quali la realizzazione di scintigrafie caratterizzate da bassissime dosi assorbite sia dal paziente che dall'operatore.

Un passo ulteriore nell'attività di R&D è richiesto per raggiungere questi obiettivi. La ricerca proposta riguarda lo sviluppo e l'evoluzione delle caratteristiche delle TPC non ancora completamente mature. L'attività principale sarà focalizzata su:  
- lo studio dettagliato della luce di scintillazione indotta dalla radiazione ionizzante sia in gas che in liquido;  
- lo sviluppo di sistemi innovativi per la lettura della luce di scintillazione su grandi superfici, sensibili al VUV, che lavorino a bassa temperatura (87 K);  
- l'utilizzo di elettronica di lettura a basso rumore per rivelatori di radiazione ionizzante di tipo innovativo in grado di amplificare la carica indotta dalla ionizzazione senza l'uso di fili sottili, come ad esempio le Large Electron Multiplier (LEM).

Un altro settore che richiederà un programma di R&D centrato su questa tecnica riguarda la ricerca della Materia Oscura dell'Universo mediante rivelatori criogenici. In tale applicazione vengono sfruttate le ottime proprietà di ricostruire immagini e di misurare la luce di scintillazione primaria e secondaria proprie dei rivelatori a doppia fase liquido-gas. In questo settore è necessario un sforzo particolare per chiarire molti interrogativi ancora aperti e trovare soluzioni pratiche per la realizzazione di rivelatori utilizzabili in esperimenti.

## **Innovazione rispetto allo stato dell'arte nel campo**

La fisica astroparticellare e del neutrino in particolare ha recentemente avuto notevoli positivi sviluppi con l'interpretazione dei risultati sperimentali ottenuti con i neutrini solari ed atmosferici. Nell'ambito dei neutrini solari, si è conclusa una prima fase di ricerche durate quasi tre decenni che ha avuto come pietre miliari gli esperimenti di Homestake, GALLEX-GNO, SAGE, Kamiokande, CHOOZ, Super-Kamiokande, SNO e Kamland, che, unitamente al cosiddetto Modello Solare Standard di John Bahcall, hanno prodotto un quadro coerente che indica la sostanziale correttezza della nostra comprensione dei meccanismi alla base del funzionamento del Sole e, soprattutto, la chiara evidenza del processo di conversione di neutrini solari (elettronici) in neutrini di un altro sapore (muonici o tauonici), ovvero delle oscillazioni di neutrino. Evidenza per le oscillazioni di neutrino in un altro dominio dei parametri è stata anche fornita dagli esperimenti Kamiokande, MACRO, SOUDAN II e soprattutto Super-Kamiokande, studiando i neutrini prodotti nell'interazione di raggi cosmici nell'atmosfera. Tali risultati aprono la via allo studio sistematico della matrice di mescolamento dei neutrini da realizzarsi mediante futuri esperimenti con neutrini artificiali (da acceleratori e da reattori nucleari) nonché con neutrini solari ed atmosferici.

Un altro importante soggetto di fisica è la ricerca del decadimento del nucleone, prevista dai Modelli di Grande Unificazione delle interazioni fondamentali. Anche in questo caso, esperimenti di prima generazione (come ad esempio Super-Kamiokande) hanno soltanto permesso di porre dei limiti, senza l'osservazione dell'evidenza del fenomeno.

Infine, sempre nell'ambito della fisica astroparticellare, vi è un crescente interesse per problema della identificazione e rivelazione della Materia Oscura dell'Universo. Un possibile candidato per tale materia Oscura sono le cosiddette Weakly Interacting Massive Particles (WIMPs) probabilmente coincidenti con le più leggere (e stabili) particelle Supersimmetriche.

Tutti gli argomenti su esposti motivano la necessità di rivelatori di nuova generazione, caratterizzati da grande sensibilità ed elevate prestazioni.

La tecnica delle Time Projection Chambers a gas nobili liquefatti offre un'adeguata soluzione alle richieste sperimentali imposte dai programmi di fisica su menzionati.

Il progetto ICARUS rappresenta il primo importante esempio di una TPC ad Argon liquido realizzata con successo come osservatorio per lo studio di neutrini solari, atmosferici, da Supernovae, e terrestri nonché per la ricerca del decadimento del protone con alta sensibilità. Un importante sottoprodotto della tecnica ICARUS ha condotto allo sviluppo di rivelatori criogenici per la Materia Oscura attraverso l'uso della cosiddetta 'doppia fase' (vedi ad esempio il progetto WARP).

Quattro delle Unità proponenti questa ricerca partecipano all'esperimento ICARUS e tre all'esperimento WARP.

L'esperienza acquisita da alcuni dei proponenti con lo studio di rivelatori criogenici (Argon liquido) a proiezione temporale (TPC), la tecnica alla base dell'esperimento originariamente proposta da Carlo Rubbia, è pluridecennale. Sono stati realizzati e studiati vari prototipi di rivelatori, come evidenziato dalla bibliografia, che hanno permesso di sviluppare nel tempo tutti i vari aspetti tecnici (meccanica, criogenia, purezza del liquido, raccolta del segnale, stabilità di operazione, ecc.) fino a raggiungere la maturità della tecnica in vista del suo utilizzo su grande scala.

L'esperienza acquisita con i rivelatori finora realizzati, unita alle competenze specifiche dei proponenti, permettono oggi di proporre in questa sede lo sviluppo di un articolato programma di ricerca che migliori le prestazioni della tecnica con soluzioni originali e quindi innovative.

A tale scopo è opportuno sintetizzare le competenze specifiche dei componenti le cinque Unità, descritte nel dettaglio nei rispettivi moduli B locali.

L'Unità di Padova ha ampia e documentata esperienza nel campo della progettazione e realizzazione di sistemi elettronici per esperimenti in fisica delle particelle elementari. Sono stati anche sviluppati algoritmi di simulazione di sistemi complessi, nonché algoritmi di filtraggio e compressione dati in tempo reale.

L'Unità di Pavia ha avuto un ruolo chiave nella realizzazione dei rivelatori criogenici TPC ad Argon liquido. In relazione al proposto programma di ricerca, il gruppo sfrutterà le competenze acquisite nello studio e nell'uso della luce di scintillazione prodotta nell'Argon liquido dalle particelle ionizzanti e nell'operazione dei relativi fotorivelatori.

L'Unità di Napoli ha pluridecennale esperienza in esperimenti di fisica del neutrino e nei relativi apparati di rivelazione. Il gruppo sfrutterà per questa ricerca, le competenze acquisite nel campo delle tecniche dei rivelatori criogenici e dei fotorivelatori.

L'Unità de L'Aquila, unitamente ai ricercatori del laboratorio del Gran Sasso, ha acquisito nell'ambito della collaborazione ICARUS notevoli competenze nel monitoraggio della purezza dell'Argon liquido, un parametro questo di fondamentale importanza per il corretto funzionamento dei rivelatori.

L'Unità di Milano-Bicocca, infine, unisce notevoli competenze nella fisica del neutrino e nella costruzione di rivelatori a gas, beneficiando inoltre dell'apporto di ricercatori che hanno una lunga esperienza di rivelatori ad Argon liquido e hanno dato originali contributi allo sviluppo di rivelatori a doppia fase. L'Unità possiede inoltre notevoli capacità di progettazione e costruzione meccanica.

## **Criteri di verificabilità**

*Come già puntualizzato, l'obiettivo principale del programma di ricerca proposto è lo studio sistematico della ionizzazione e del fenomeno collegato della scintillazione in elementi nobili sia in fase gassosa che liquida, unitamente allo sviluppo di nuove tecniche di rivelazione adatte a sfruttare le ottime caratteristiche dei gas nobili usati come rivelatori. Questi rivelatori giocheranno un ruolo dominante nella prossima generazione di esperimenti sui neutrini e astroparticelle e daranno nuovi apporti in altri campi quali l'immagine medica per la diagnostica.*

*Questi obiettivi saranno perseguiti in modo coerente con uno sforzo coordinato delle cinque unità che sfrutteranno le loro diverse competenze.*

*In particolare l'unità di Padova si concentrerà sullo sviluppo di elettronica di front-end a basso rumore per lettura calorimetrica di dispositivi di nuova generazione basati su LEM, per usi in ricerca fondamentale ed applicata.*

*L'unità di Milano affronterà la progettazione di strutture LEM, per studiare il meccanismo di amplificazione nei gas nobili, sia per quanto riguarda geometrie e scelta dei materiali che ottimizzazione della forma del campo elettrico.*

*L'unità di Pavia affronterà l'argomento dell'amplificazione a bassa pressione al fine di realizzare un rivelatore per VUV ad alta area e alta efficienza destinato a rimpiazzare i fotomoltiplicatori.*

*La produzione della luce di scintillazione sarà l'argomento centrale del lavoro dell'unità di Napoli che affronterà il tema attraverso lo studio sistematico del fenomeno sia in gas che in liquido.*

*Infine, l'unità de L'Aquila completerà queste attività concentrandosi sulle risposte caratteristiche dell'Argon al deposito di energia da parte di agenti ionizzanti, tanto in carica libera che in luce di scintillazione (e Cherenkov), ed ancora sulle possibili correlazioni ed integrazioni tra le due misure.*

*Il raggiungimento degli obiettivi sarà oggetto di periodiche riunioni di gruppo e sarà altresì perseguito con una costante integrazione dell'attività delle unità.*

*La realizzazione di prototipi di rivelatori, la verifica sperimentale di questi ultimi e la pubblicazione dei risultati costituiranno adeguati criteri di verificabilità del progetto*

## **Elenco delle Unità di Ricerca**

|                                 |                                  |
|---------------------------------|----------------------------------|
| <b>Sede dell'Unità</b>          | Università degli Studi di PADOVA |
| <b>Responsabile Scientifico</b> | Sandro CENTRO                    |
| <b>Finanziamento assegnato</b>  | <b>Euro</b> 55.000               |

## **Compito dell'Unità**

*L'attività dell'unità di Padova si concentra su due aspetti.*

*Una prima fase continuerà e migliorerà i risultati ottenuti in un precedente PRIN, incentrato sullo sviluppo di un nuovo sistema di lettura per camere a deriva in gas liquido, applicando la stessa tecnica a camere a deriva in gas pressurizzato per immagini mediche.*

*Una fase successiva, originata dalla attività di R&D nell'ambito dell'esperimento ICARUS, si concentrerà sullo sviluppo di un nuovo promettente rivelatore che sfrutta la moltiplicazione a valanga in gas (LEM: large electron multiplier). Questa tecnica può trovare applicazione in molti campi sia della fisica fondamentale che applicata: rivelazione di segnali di ionizzazione a bassissima energia (ad. es. per ricerca della materia oscura), rivelazione del singolo fotone UV su grandi aree (ad. es. trigger rapido per grandi TPC), rivelazione di segnali di ionizzazione su grandi aree (pixel) per immagini mediche.*

*Tale programma di ricerca riguarda:*

*-l'uso di una nuova elettronica per aumentare la qualità dell'immagine in una camera a fili a XENON pressurizzato destinata ad uso medicale;*

*-la sostituzione, in una seconda fase, della camera a fili con una LEM per aumentare la stabilità del sistema.*

*L'obiettivo principale del progetto è lo sviluppo di nuovo sistema per immagini medicali da utilizzarsi in ambiente di medicina nucleare. La finalità è quella di ottenere un dispositivo atto ad analisi cliniche in tempo reale, in cardiologia e oncologia, che consenta di minimizzare la dose radioattiva ricevuta sia dal paziente che dall'operatore sanitario e altresì di rilevare immagini successive in brevi intervalli di tempo.*

*L'isotopo che sarà usato dalla camera sarà Tantalio-178 con tempo di dimezzamento di 9,3 minuti, da confrontarsi con quello del Tecnezio-99m, correntemente usato con gamma camere a cristallo, di 6 ore. La camera permetterà anche riprese dinamiche per ECG sotto sforzo, angiografia d'urgenza e studi sulla perfusione del sangue. La sua alta risoluzione spaziale (vedi seguito) in oncologia permetterà di valutare la riduzione delle dimensioni dei tumori.*

*Questo nuovo sistema e le metodologie associate, traggono origine da un precedente progetto europeo che è iniziato nel 1997 e si è concluso nel 2004, che riguardava appunto lo sviluppo di un rivelatore di immagini medicali basato su camera a fili in XENON pressurizzato (EEC PROJECT N° GRD1-2000-25367).*

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Sede dell'Unità</b>          | Università degli Studi di NAPOLI "Federico II" |
| <b>Responsabile Scientifico</b> | Giuliana FIORILLO                              |
| <b>Finanziamento assegnato</b>  | <b>Euro</b> 75.000                             |

### **Compito dell'Unità**

*Il progetto di ricerca prevede lo studio della luce di scintillazione prodotta in Argon liquido e gassoso in funzione della temperatura di utilizzo e dei campi elettrici applicati. Il progetto di ricerca sarà svolto in collaborazione con altri gruppi del nostro dipartimento e delle altre sedi universitarie partecipanti al programma di sviluppo di rivelatori TPC a liquidi nobili per la rivelazione di eventi rari. In particolare, l'unità di Pavia sarà coinvolta nel disegno delle griglie e nell'ottimizzazione dei campi. Si intende inoltre studiare rivelatori TPC ad Argon liquido basati sulla tecnica bifasica e sull'uso di GEM (Gas Electron Multipliers) come stadio di amplificazione della carica elettrica estratta dalla fase liquida a quella gassosa (A. Bondar et al., NIM A524(2004)130). Al progetto partecipano altri membri del Dipartimento di Fisica della Federico II, che hanno condotto negli ultimi anni ricerche sullo sviluppo di rivelatori di particelle basati su GEM (si veda ad esempio V.Ableev et al., NIM A518(2004)113). A tale scopo, pensiamo di modificare il prototipo di TPC a doppia fase in modo da ospitare un piano di GEM con relativa elettronica di acquisizione. Il segnale di ionizzazione prodotto in Ar liquido potrà dunque essere rivelato tramite il segnale della GEM e contemporaneamente tramite l'osservazione della luce di scintillazione generata dal segnale secondario. Sarà possibile misurare il guadagno dello stadio di amplificazione in funzione del campo elettrico applicato e l'efficienza di raccolta degli elettroni generati in liquido in corrispondenza di diverse configurazioni.*

*Come già esposto, queste misure forniranno la base di riferimento per tutti quegli esperimenti attualmente allo studio e che prevedono di utilizzare gas nobili per la rivelazione di WIMP. Queste misure rappresenteranno inoltre la base di validazione del programma di simulazione MonteCarlo del fenomeno di scintillazione in Argon attualmente in realizzazione nel nostro gruppo di ricerca. Tale simulazione potrà essere utilizzata da altre collaborazioni per stimare le caratteristiche del fenomeno di scintillazione in gas nobili come il Neon e lo Xenon al fine della rivelazione di WIMP. L'intero programma di misure richiederà da sei a otto mesi per l'acquisizione e la messa in opera della strumentazione; otto mesi per le misure in Argon liquido e otto mesi per quelle in Argon gas. L'ottimizzazione e la verifica del prototipo modificato con uno o più piani di rivelatori GEM saranno svolte in parallelo.*

---

|                                 |                                    |
|---------------------------------|------------------------------------|
| <b>Sede dell'Unità</b>          | Università degli Studi de L'AQUILA |
| <b>Responsabile Scientifico</b> | Giovanni Battista PIANO MORTARI    |
| <b>Finanziamento assegnato</b>  | <b>Euro</b> 70.000                 |

### **Compito dell'Unità**

*Analisi della raccolta di carica libera e di luce di scintillazione al variare del campo elettrico applicato ad un volume di Argon liquido esposto a raggi cosmici (muoni al minimo della ionizzazione) all'interno di un set-up sperimentale di test composto da una Camera a Proiezione Temporale e da un sistema di fotomoltiplicatori operanti a temperature criogeniche e sensibili nel VUV-range. In particolare le grandezze misurabili di interesse (per confronto con i dati disponibili in letteratura, noti peraltro con scarsa precisione) sono:*

- Lo yield in carica ed in luce al variare del campo elettrico, importante per definire la risoluzione in energia massima ottenibile.*
- I tempi di emissione caratteristici della scintillazione e le intensità relative, importanti per definire le proprietà di Pulse Shape Discrimination (PSD) dell'Argon liquido per la separazione neutrone/gamma.*
- La dipendenza dello yield in carica ed in luce dall'angolo formato nello spazio tra la direzione della traccia e la direzione del campo elettrico (dip angle) nel volume sensibile di Argon liquido.*
- La dipendenza dello yield in luce dal livello di purezza dell'Argon liquido. Ottimizzazione delle caratteristiche del rivelatore per possibili applicazioni in esperimenti di piccole o medie dimensioni per la fisica astro-particellare. La collezione della luce di scintillazione emessa in Ar (l.d.o.=128 nm) risulta complicata, nonostante lo yield di luce (a campi nulli) sia confrontabile con quello degli scintillatori più efficienti (NaI o stilbene), a causa della trasmissività praticamente nulla nel range VUV delle finestre ottiche normalmente impiegate nei fotomoltiplicatori (PMT). Mediante l'impiego di sostanze con proprietà di wave length shifter (convertitori di lunghezza d'onda) applicate sulla finestra ottica del PMT, o disciolte nell'Argon liquido,*

è possibile raccogliere parte della luce di scintillazione, a fronte tuttavia di una riduzione di efficienza. Inoltre l'impiego di PMT immersi in LAr, ossia a temperature criogeniche, pone anch'esso delle limitazioni all'efficienza della risposta, solo di recente superate grazie all'impiego di substrati metallici nei fotocatodi che limitano le variazioni di resistività indotte dalle basse temperature di utilizzo.

Al fine di migliorare l'efficienza di raccolta in luce di scintillazione si intende procedere alla:

- Caratterizzazione ed eventualmente allo sviluppo di PMT con finestre ottiche in materiali diversi, trasparenti alla luce nel range VUV (es. MgF<sub>2</sub>);
- Caratterizzazione di diverse sostanze wave length shifter (da VUV al visibile) ed in particolare dei metodi di deposizione superficiale;
- Realizzazione di Riflettori/focalizzatori adeguati nel range delle lunghezze d'onda VUV.

---

|                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| <b>Sede dell'Unità</b>          | Università degli Studi di PAVIA |
| <b>Responsabile Scientifico</b> | Rinaldo DOLFINI                 |
| <b>Finanziamento assegnato</b>  | Euro 91.000                     |

### **Compito dell'Unità**

Questo nuovo progetto di ricerca si propone dunque due precisi obiettivi.

1) Per la rivelazione della luce di scintillazione ci si propone di studiare e realizzare un nuovo tipo di fotocatodo sensibile nel VUV ed in grado di operare a 87 Kelvin. Due devono essere le caratteristiche: basso costo e grande area (1 mq). L'innovazione che contiamo d'introdurre è l'utilizzo di finestre in materiale, che non sia il vetro (ad esempio un policarbonato), trasparente alla luce visibile ed in grado di sopportare meccanicamente sia la temperatura criogenia che la pressione idrostatica dell'argon liquido in cui deve vivere.

2) Inoltre per la parte di moltiplicazione e raccolta dei fotoelettroni ci proponiamo d'incrementare il fattore di guadagno studiando l'utilizzo di fili in acciaio, con diametro di 100/150 micrometri, trafilati da una particolare filiera. Tali fili consentirebbero i grandi fattori di moltiplicazione forniti dai fili più sottili (5/6 micrometri) con il vantaggio, non inessenziale, della sperimentata resistenza meccanica e della semplicità di montaggio. È interessante notare che per inciso questo tipo di ricerca può trovare applicazione anche in altri campi di interesse fisico, quali ad esempio la ricerca diretta di materia oscura. Parte della strumentazione necessaria è già stata acquistata coi fondi del precedente finanziamento. Le nuove richieste sono riassunte nella Tabella allegata. Da ultimo segnaliamo la stretta correlazione con i gruppi di Napoli e di Padova per quanto concerne lo sviluppo della moltiplicazione degli elettroni in gas argon, utilizzando una tecnica diversa dai GEM. Per quanto concerne il fine di migliorare l'efficienza di raccolta di luce di scintillazione, si collaborerà in stretto contatto col gruppo dell'Aquila sia per la caratterizzazione ed eventualmente lo sviluppo di finestre ottiche in materiali diversi, sia per la caratterizzazione di diverse sostanze wave length shifter (da VUV al visibile).

---

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Sede dell'Unità</b>          | Università degli Studi di MILANO-BICOCCA |
| <b>Responsabile Scientifico</b> | Stefano RAGAZZI                          |
| <b>Finanziamento assegnato</b>  | Euro 81.000                              |

### **Compito dell'Unità**

L'obiettivo del programma scientifico dell'Unità di Ricerca di Milano-Bicocca è la realizzazione di camere di lettura della ionizzazione per rivelatori a gas nobili a doppia fase liquido-gas. Caratteristica specifica di tali camere sarà quella di presentare una moltiplicazione elevata, prodotta da processi a valanga nel gas, che si estenda fino a valori dell'ordine di  $10^4$ - $10^5$ .

Caratteristica peculiare, e innovativa, delle camere sarà quella di operare a guadagni elevati in gas nobili puri. Applicazioni immediate di questa tecnologia, una volta consolidata, si avranno nel campo della ricerca fondamentale in Fisica delle Particelle Elementari. Ad esempio: estendendo verso le basse energie la soglia di sensibilità ai neutrini solari dei rivelatori ad argon liquido, ma soprattutto rendendo questi rivelatori sensibili alle bassissime energie depositate dalla interazione di Materia Oscura di tipo WIMP. In questo aspetto il programma di ricerca è pienamente integrato e complementare con quelli delle altre Unità di Ricerca partecipanti al Progetto.

Per raggiungere questi obiettivi si procederà nello sviluppo di camere ad elettrodi piani, di cui quello affacciato al liquido sarà finemente forato. La moltiplicazione a valanga nei gas attraverso fori di piccole dimensioni è stata oggetto di numerosi studi negli anni passati. La struttura di moltiplicatore con fori che ha visto maggiori sviluppi è la GEM (Gas Electron Multiplier), realizzata con fori del diametro di 50-70  $\mu$ m incisi in un foglio di Kapton metallizzato dello spessore di 50  $\mu$ m. Lavora in una gran quantità di gas nobili o di miscele con guadagni di  $10^{*4}$ , con un solo elemento, e maggiori di  $10^{*6}$  con 3 o 4 elementi in cascata. Il processo della valanga è rapido (tipicamente fronti di salita di pochi ns) e generalmente libero da effetti secondari mediati da fotoni. Oltre

*all'uso per la registrazione di tracce in TPC, la GEM è può essere efficientemente accoppiata a convertitori di radiazione solidi o gassosi. Più recentemente la moltiplicazione proporzionale in gas è stata realizzata anche nelle Gas Channel Plates (CP). Il successo di GEM e CP ha poi stimolato lo studio di strutture a grana più grossa (LEM) ottenute con fori del diametro del millimetro circa, in una lastra di G-10 ramata (PCB) dello spessore di ~2mm. Con ciò si sono ottenuti guadagni di  $10^{*3}$  e  $10^{*4}$  in gas nobili puri quali Ar e Xe. Il sistema è stato provato con successo in combinazione con fotocatodi di CsI. Questi elevati guadagni ottenuti senza quencher sono possibili perchè le pareti di G-10 dei fori funzionano quali quencher meccanici assorbendo i fotoni UV prodotti dalla valanga elettronica che quindi viene confinata nello spazio. La LEM spessa è un rivelatore semplice e robusto che permette la realizzazione di pixel nell'ordine del millimetro. Combinata con convertitori di radiazione appropriati, ha applicazioni potenziali nella rivelazione di luce, neutroni, raggi X, particelle cariche. La LEM può operare sia a bassa densità di gas, ad esempio in rivelatori di ioni di bassa energia, che ad alta densità. In questo contesto sottolineiamo che sono necessari ulteriori studi per ottimizzare la geometria e campi elettrici, e anche per individuare i materiali più consoni.*

*In questo programma verrebbero combinate le esperienze acquisite dai componenti dell'Unità di ricerca nello sviluppo di LEM applicate a rivelatori a doppia fase, nello sviluppo di RPC (Resistive Plate Chambers) di vetro, nella realizzazione di rivelatori a gas nobili liquidi, e nella misura di bassissime radioattività. Si avrebbero inoltre forti sinergie con l'Unità di Padova, sullo sviluppo di LEM. Data l'elevata linearità di risposta della LEM a bassa energia si prevede inoltre di impiegare l'elettronica sviluppata dall'Unità di Padova nel corso del PRIN 2003.*

---