

Tesi di Laurea Magistrale in Scienze Fisiche e Astrofisiche

Curriculum: Fisica nucleare e Subnucleare

Anno Accademico 2015-2016, Firenze, 21 Luglio 2015

Studio dei processi di interazione di particelle cariche in Ar nella regione di energia 0.2 - 2.0 GeV attraverso l'informazione combinata della carica di ionizzazione e della luce di scintillazione.

Study of charged particles interaction processes on Ar in the 0.2 - 2.0 GeV energy range through combined information from ionization free charge and scintillation light.

Candidata: Irene Nutini (irene.nutini@stud.unifi.it)

Relatore: Dr. Flavio Cavanna (cavanna@fnal.gov)

Correlatore: Dr. Oscar Adriani (oscar.adriani@fi.infn.it)

Riassunto dell'elaborato di Tesi:

Il mio lavoro di Tesi è inquadrato nel progetto LArIAT (Liquid Argon TPC In A Testbeam).

L'esperienza LArIAT è parte del programma internazionale di Fisica dei Neutrini con LArTPCs (Liquid Argon Time Projection Chambers) a Fermilab, US.

L'esperienza LArIAT è incentrata sulla "calibrazione" di tale rivelatore a Argon liquido, ossia lo studio e la caratterizzazione nella TPC di differenti particelle cariche che sono prodotte nelle interazioni di neutrino nell'intervallo di energia rilevante per il Programma di Fisica dei Neutrini sia su Short Baseline che su Long Baseline. Il testbeam costituisce un ambiente controllato in cui si possono produrre e selezionare particelle di determinate specie, impulso e carica (principalmente pioni carichi π^\pm , protoni p, muoni μ^\pm , elettroni e^\pm , kaoni $K^\pm\dots$). E' così possibile sviluppare e validare gli strumenti ed il software di analisi off-line dei segnali della TPC per PID (Particle IDentification), misure calorimetriche e ricostruzione 2-D e 3-D degli eventi senza affidarsi soltanto alle simulazioni. L'esperienza LArIAT è al momento in funzione nella Fermilab Test Beam Facility e la prima presa dati da fascio con la TPC operativa è avvenuta dal 30 Aprile 2015 al 4 Luglio 2015.

I pioni carichi π^\pm costituiscono una parte cospicua delle particelle prodotte delle interazioni di neutrino in Ar per energie del neutrino dell'ordine del GeV e di conseguenza sono stati scelti come una delle componenti prioritarie del fascio di TestBeam di particelle cariche realizzato per l'esperienza LArIAT.

Lo studio delle interazioni dei pioni carichi in Ar costituisce l'obiettivo principale della mia Tesi. Una previsione della dipendenza dall'energia della sezione d'urto totale per interazione adronica (π^\pm , Ar) è stata ottenuta mediante simulazioni con due generatori Monte Carlo (Geant4 e Genie) per "target sottili" di Ar. Questa è stata confrontata anche con i dati sperimentali disponibili per altri materiali. Il volume di Argon liquido della TPC di LArIAT costituisce tuttavia un "target spesso" per le interazioni dei pioni carichi π^\pm . Per la ricostruzione della sezione d'urto dai dati sperimentali acquisiti con LArIAT è stato quindi ideato e sviluppato un nuovo metodo di analisi offline, l'approccio di "Sliced TPC", basato sulle caratteristiche specifiche della LArTPC. E' stato quindi fatto un confronto a livello di simulazioni tra i risultati della sezione d'urto (π^\pm , Ar) in target sottile e in target spesso, quest'ultimo trattato col metodo precedentemente citato. Il confronto ha convalidato il metodo sviluppato per un misura di alta accuratezza e precisione statistica delle sezione d'urto (π^\pm , Ar) con i dati in via di acquisizione con il rivelatore LArTPC dell'esperienza LArIAT. Infine una prima ricostruzione di alcuni eventi di pioni carichi nella TPC su dati sperimentali è riportata nell'elaborato di Tesi. Il metodo "Sliced TPC" da me sviluppato verrà utilizzato sul campione di dati una volta completato il run e un primo step di ricostruzione.

Oltre alla collezione della carica di ionizzazione dalla TPC, anche la rivelazione della luce di scintillazione prodotta in Argon liquido è argomento di interesse, sia per la sua funzione di trigger per la collezione di eventi dalla TPC sia per la possibilità di utilizzare anche questa informazione per migliorare la risoluzione energetica di questo tipo di rivelatore. La luce di scintillazione dell'Ar

ha una lunghezza d'onda nel VUV (128 nm) e necessita l'utilizzo di wavelenght shifters, dato che i rivelatori di luce più comuni sono sensibili nello spettro del visibile; nel caso di LArIAT, ogni lato della TPC è coperto da un rivestimento trattato con TPB (Tetraphenyl butadiene) , che sposta il picco di emissione dei fotoni di scintillazione nel blu (428 nm). Al momento due differenti sistemi di collezione della luce di scintillazione sono stati implementati nel criostato di LArIAT, due PMTs (Photo Multiplier Tubes) e tre SiPM (Silicon Photo Multiplier) readout boards. Nel mio lavoro di Tesi ho attivamente partecipato allo sviluppo e test dell'elettronica di front-end dedicata per la lettura dei segnali dei SiPM. Ho preso infatti parte alla progettazione, alla realizzazione ed ai test delle readout boards per i SiPM. Una prima e preliminare caratterizzazione dei segnali di luce di scintillazione collezionati dai SiPM immersi in Ar liquido nel rivelatore LArIAT nel caso del run di acquisizione dati, con e senza lo stage di preamplificazione a freddo è riportata nell'elaborato di Tesi quale complemento hardware al lavoro "software oriented" di simulazione MC e analisi dati per la misura della sezione d'urto totale (π^\pm , Ar) precedentemente descritta.