

Ricerca di Particelle Metastabili ad Alta Ionizzazione in Collisioni pp con l'Esperimento ATLAS



IFAE 2016 – Incontri di Fisica delle Alte Energie, 30 Marzo – 1° Aprile 2016, Genova
A. GAUDIELLO¹

¹Università degli Studi di Genova and Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) Sez. Genova

INTRODUZIONE

Molte estensioni del Modello Standard prevedono l'esistenza di **particelle cariche a lunga vita media**, come, ad esempio, gli **R-adroni**. Queste particelle, se prodotte al **Large Hadron Collider (LHC)**, dovrebbero muoversi non-relativisticamente ed essere pertanto identificabili attraverso la misura di un rilascio anomalo di energia all'interno del rivelatore a pixel di **ATLAS**.

Studiando i parametri di traccia di queste particelle è possibile avere una sensibilità anche per le particelle metastabili con vite medie nell'ordine delle decine di nanosecondi e pertanto soggette a decadimenti all'interno del rivelatore.

Una panoramica sulla ricerca degli R-adroni stabili e metastabili utilizzando i **dati raccolti nel corso del 2015 dal rivelatore ATLAS** viene riportata.

MOTIVAZIONI TEORICHE

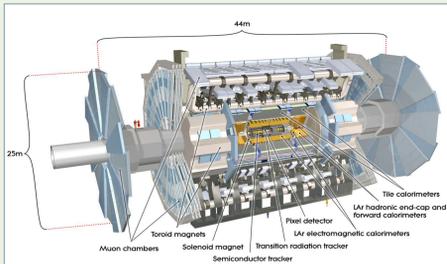
Le particelle a lunga vita media (LLPs) sono previste da molte estensioni del Modello Standard (MS) in particolar modo, le LLP si propongono di risolvere il problema della gerarchia e sono presenti in alcuni modelli di **supersimmetria (SUSY)** che prevedono la violazione e la conservazione della R-parità.

Squark meta-stabili e gluini possono adronizzare con gli usuali quark leggeri del MS o con i gluoni

➔ **R-adroni** ⚡

Principali proprietà degli R-adroni

- Possono avere carica singola, doppia o essere neutri
- Cambiare la loro carica elettrica attraverso processi di scattering con i nuclei facenti parte del materiale del rivelatore
- Decadere con una vita media nell'ordine dei ns all'interno del rivelatore (**caso metastabile**)
- Queste particelle se prodotte a LHC dovrebbero muoversi non relativisticamente ➔ $\beta < 1$ e avere rilasci anomali di energia per ionizzazione (dE/dx)



SELEZIONE DEGLI EVENTI

La ricerca è basata sulla ricerca di candidati LLP con:

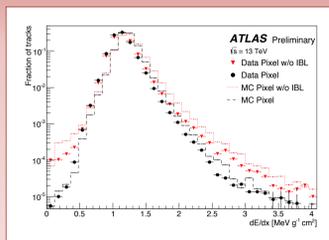
- Tracce isolate con alto momento e alto momento trasverso
- Alta ionizzazione (essendo particelle massive con $\beta < 1$, gli R-adroni e dovrebbero depositare più energia di ionizzazione delle particelle elementari conosciute di uguale impulso)
- Reiezione delle tracce non identificate come elettroni o muoni (per le ricerche di particelle metastabili)

I dati utilizzati per questa analisi sono stati raccolti da ATLAS nel 2015 con una luminosità integrata di 3.2 fb^{-1} . Nella tabella sono riportati il numero di eventi osservati e le frazioni degli eventi di segnale simulati per un R-adrone con massa di 1600 GeV e una vita media di 10 ns per ciascun passo della selezione utilizzata. In parentesi è riportato il prodotto efficienza x accettazione per il segnale atteso.

Livello di Selezione	Eventi di Segnale Aspettati	Eventi Osservati a 3.2 fb^{-1}
Generati	26.0 ± 0.3	
E_T^{miss} trigger e preselezione	24.8 ± 0.3 (95%)	
$E_T^{\text{miss}} > 130 \text{ GeV}$	23.9 ± 0.3 (92%)	
Tracce con $p_T > 50 \text{ GeV}$ e richieste sui cluster	10.7 ± 0.2 (41%)	368324
Richiesta d'isolamento	9.0 ± 0.2 (35%)	108079
Momento della traccia $> 150 \text{ GeV}$	6.6 ± 0.2 (25%)	47463
$m_T > 150 \text{ GeV}$	5.8 ± 0.2 (22%)	18746
Electron and hadron veto	5.5 ± 0.2 (21%)	3612
Muon veto	5.5 ± 0.2 (21%)	1668
Richiesta di ionizzazione	5.0 ± 0.1 (19%)	11

MISURA DELLA MASSA

La dE/dx di traccia è definita come la media troncata tra le dE/dx dei cluster associati a quella traccia. Per ridurre le code di Landau, la media è calcolata dopo aver rimosso i cluster a più alta ionizzazione. Nel 2014 all'interno del rivelatore a pixel di ATLAS è stato inserito l'**Insertable B-Layer (IBL)**, un nuovo strato di pixel che è stato installato tra una nuova beam pipe di raggio minore e il vecchio rivelatore a pixel. L'inclusione dell'IBL riduce le code della distribuzione di dE/dx e incrementa il numero di tracce con una misura di ionizzazione valida dal 77% al 91%.

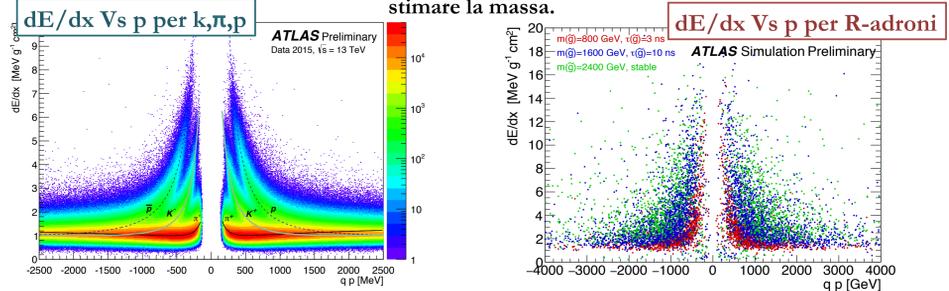


Le **LLP** dovrebbero **interagire elettromagneticamente** con la materia allo stesso modo delle "ordinarie" particelle cariche, devono quindi seguire alla stessa maniera la Bethe-Bloch.

Per quest'analisi è utilizzata una funzione empirica a 5 parametri che è stata calibrata con pioni, kaoni e protoni a basso momento.

$$(dE/dx)_{\text{MPV}}(\beta\gamma) = \frac{p_1}{\beta p_3} \ln(1 + [p_2 \beta \gamma]^{p_5}) - p_4$$

Dalla misura del momento (p) e del rilascio di energia per ionizzazione (dE/dx) è possibile stimare la massa.



Range di misura $0.3 < \beta\gamma < 1.5$

A dato momento le LLP devono avere una distribuzione di dE/dx ben separata rispetto alle particelle del modello standard. Da notare la diversa scala di momento nei due grafici.

FONDO E INCERTEZZE SISTEMATICHE

Due regioni di controllo CR1 e CR2:

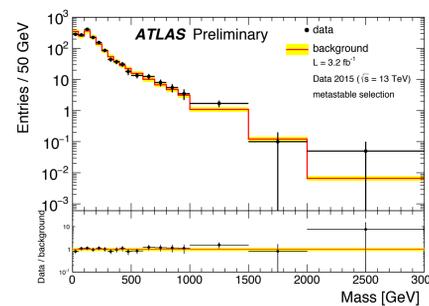
- **CR1**: sono applicati gli stessi tagli usati per il segnale eccetto la richiesta di alta ionizzazione che è invertita. Le tracce in questa regione di controllo sono pertanto cinematicamente simili a quelle della regione di segnale.
- **CR2**: è selezionata invertendo il taglio di energia trasversa mancante, le tracce in questa regione sono usate per descrivere la distribuzione di dE/dx .

Fonte d'Incertezza	[%]
Incertezza statistica dalla CR dovuta al template	15
Incertezza dalla regione di normalizzazione	3
Descrizione analitica della dE/dx	4
Composizione della CR2	3
Correzione della ionizzazione di IBL	4

Nella Tabella sono riportate le principali incertezze sistematiche del fondo

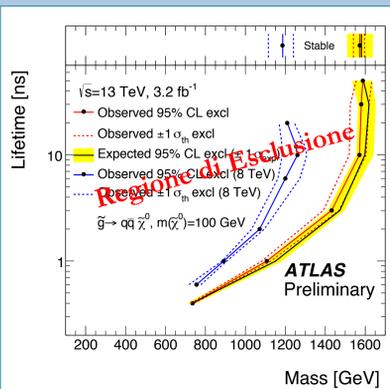
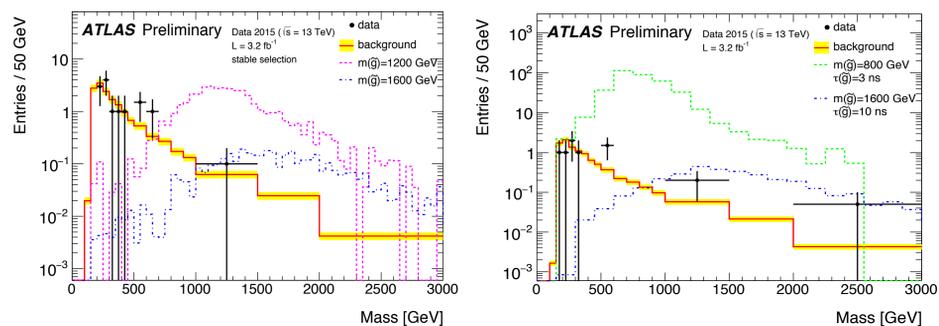
Le principali incertezze sistematiche per il segnale sono riposte nella tabella sottostante. Nella figura è invece riportata la distribuzione di massa attesa per gli eventi di fondo nella regione di segnale prima della richiesta di ionizzazione per il caso metastabile.

Fonte d'Incertezza	-[%]	+[%]
Modello di Initial-State Radiation (ISR) caso: R-adrone stabile	1.4	1.4
Modello di Initial-State Radiation (ISR) caso: R-adrone metastabile	1.5	1.5
Trigger turn on	0.9	0.9
E_T^{miss} scale	1.1	2.2
Pileup	1.1	1.1
Parametrizzazione della ionizzazione	7.1	0
Parametrizzazione del momento	0.3	0.3
Identificazione dei muoni (solo per il caso di R-adrone metastabile)	4.3	4.3
Incertezza sistematica totale in accettazione x efficienza		
R-adrone stabile	16	14
R-adrone metastabile	9	5
Luminosità	5	5
Sezione d'urto del segnale	28	28



RISULTATI E CONCLUSIONI

Nelle figure sono riportate le distribuzioni di massa per segnale e fondo per caso stabile e metastabile. La banda gialla include le incertezze sistematiche e statistiche. Sono anche mostrati due esempi della distribuzione di massa attesa per il gluino nella regione esplorata.



Range di esclusione per le vite medie in funzione della massa del gluino.

Nei dati sono stati osservati 16 eventi per la selezione degli R-adroni stabili e 11 per il caso metastabile. **Nessun eccesso di eventi è stato osservato, come è possibile osservare nella tabella sottostante.**

Regione	Fondo Atteso	Dati
R-adroni metastabili	$11.1 \pm 1.7 \pm 0.7$	11
R-adroni stabili	$17.2 \pm 2.6 \pm 1.2$	16

Per gli R-adroni metastabili con vita media di 10 ns sono escluse al 95% di livello di confidenza le masse inferiori ai 1570 GeV con una sensibilità di 1580 GeV.

Il limite inferiore osservato per l'esclusione della masse degli R-adroni è stato incrementato di circa 350 GeV rispetto alla medesima analisi fatta con i dati $\sqrt{s}=8 \text{ TeV}$.