

ESPERIMENTO ATLAS  
INFN ED UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

**PROPOSTA PER SVOLGERE IL  
TIROCINIO-MONDO LAVORO  
PRESSO L'ESPERIMENTO ATLAS**

Il gruppo di Bologna dell'esperimento ATLAS propone un tirocinio di lavoro nel campo delle particelle attraverso l'analisi di eventi raccolti dall'esperimento al fine di acquisire le competenze fondamentali per affrontare questo settore della fisica. Il gruppo è composto da 24 persone di cui 4 dipendenti universitari, 12 dipendenti INFN, 4 assegnisti di ricerca e 4 dottorandi. Il gruppo ha la responsabilità di parti dell'apparato dell'esperimento come la costruzione ed il mantenimento del luminometro LUCID e dei rivelatori RPC del muon detector ed è inoltre impegnato nella progettazione del nuovo sistema veloce di trigger (FTK). Nel campo della fisica, il gruppo sta affrontando l'analisi di alcuni canali quali la produzione di coppie top-antitop, la produzione di coppie di bosoni e uno studio di fattibilità sulla ricerca del bosone di Higgs, tutti argomenti descritti nel testo.

Nel seguente testo è spiegato il tipo di lavoro che lo studente dovrà affrontare, rimandando al manuale per le lauree per la spiegazione di alcuni argomenti fondamentali di fisica delle particelle e dell'esperimento ATLAS.

---

## Indice

1	Informazioni generali	1
2	I dati	1
3	Ricerca di risonanze	2
4	Valutazione di sezioni d'urto differenziali	3
5	Esperienze acquisite	4
	Bibliografia	

Tirocinio-mondo lavoro

## 1 Informazioni generali

LHC *Large Hadron Collider* è un acceleratore di particelle circolare situato in un tunnel lungo 27 km e profondo da 50 a 175 m, al confine tra Svizzera e Francia nella periferia di Ginevra presso i laboratori del CERN. LHC è un collider che accelera fasci di protoni o ioni pesanti ad energia nel centro di massa di  $\sqrt{s} = 7$  TeV (8 TeV dal 2012) [1].

ATLAS (*A Toroidal Lhc ApparatuS*) è uno dei 4 esperimenti di LHC; è un esperimento *multipurpose*, volto ad esplorare tutta la fisica delle particelle per scoprire particelle pesanti come il bosone di Higgs e tracce di nuova fisica come l'origine della massa e dimensioni extra. Il rivelatore ATLAS [2] è a simmetria cilindrica rispetto all'asse dei fasci, lungo 42 m, alto 22 m ed è diviso in quattro parti principali: il sistema di magneti per misurare l'impulso delle particelle cariche, il rivelatore interno per il tracciamento delle traiettorie delle particelle cariche e la misura dei loro vertici di produzione, i calorimetri elettromagnetico ed adronico per la misura di elettroni, fotoni e *jet* ed il sistema di muoni per l'identificazione e la misura dell'impulso dei muoni.

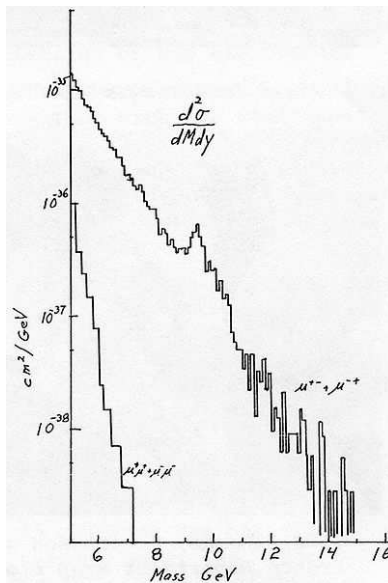
## 2 I dati

L'esperimento ATLAS ha acquisito una gran quantità di dati finalizzati ai diversi studi di fisica. I dati utilizzati per questo tirocinio sono stati acquisiti nel 2010 e sono stati selezionati dall'esperimento richiedendo di avere almeno un candidato muone per ogni evento. I dati sono stati memorizzati sotto forma di *rootuple* in modo da poter essere analizzati con codici che utilizzano il pacchetto *ROOT* che è un programma largamente utilizzato in fisica delle particelle. Per l'analisi è stato preparato un codice che ad ogni evento estrae le quantità rilevanti (ad es. i quadrimpulsi delle particelle prodotte nell'urto) per poi elaborarle ed ottenere le informazioni cercate. Il codice è stato scritto in linguaggio C/C++ ed ha la struttura standard dei codici di analisi utilizzati dai diversi gruppi di ATLAS. Il codice è già in grado di svolgere tutte quelle operazioni tecniche quali i cicli per la lettura delle *rootuple* e degli eventi allo scopo di lasciare allo studente il solo compito di sviluppare

la parte puramente fisica di scrittura degli algoritmi necessari per ricavare le quantità rilevanti per lo studio delle particelle.

### 3 Ricerca di risonanze

Il primo scopo del tirocinio è quello di ricostruire eventuali risonanze decadute in una coppia di muoni  $R \rightarrow \mu^+ \mu^-$ ; il canale muonico è facilmente ricostruibile poichè i muoni sono le uniche particelle che arrivano sul rivelatore di muoni. Lo studente deve selezionare in ogni evento almeno una coppia di muoni di carica opposta, valutare la loro massa invariante e inserirla in un'istogramma; la distribuzione della massa invariante apparirà come un continuo più o meno uniforme con dei picchi posti in posizione ben definita a segnalare la presenza di risonanze.



**Figura 1:** massa invariante di coppie di muoni

Punto fondamentale è il riconoscimento di ogni risonanza e la comprensione del perchè non tutte le risonanze possono essere prodotte. In figura 1 è riportata una distribuzione “storica” della massa invariante di coppie di muoni che mise in evidenza la Risonanza  $\Upsilon$  (mesone formato  $b\bar{b}$ ). Per il

riconoscimento delle risonanze lo studente dovrà effettuare dei *fit* della distribuzione al fine di determinare la posizione del picco e la sua larghezza (fig.2).

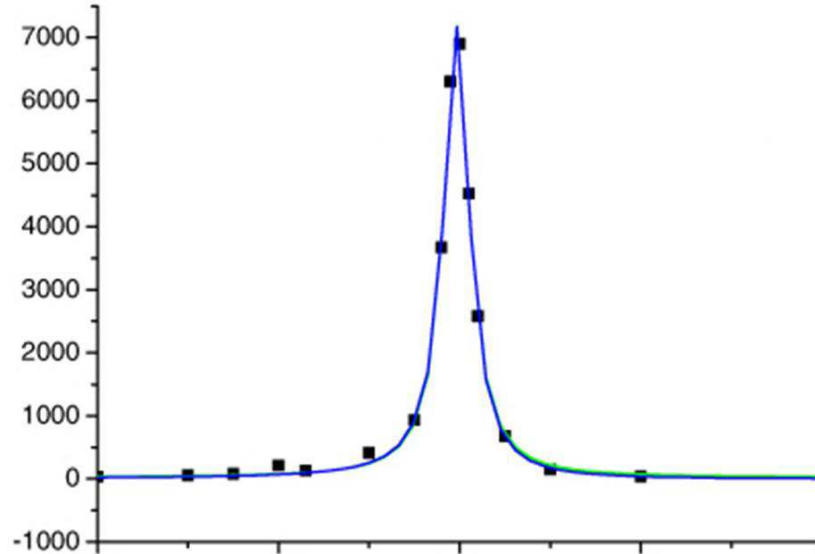
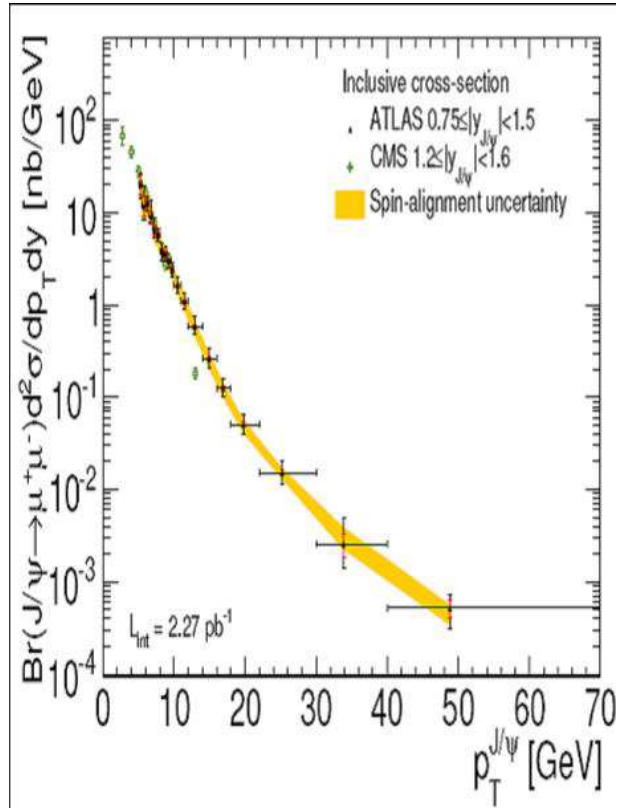


Figura 2: fit (molto approssimativo) di una risonanza.

## 4 Valutazione di sezioni d'urto differenziali

Lo studio di una risonanza non si esaurisce con la determinazione della sua massa e larghezza, ma è necessario valutare altre caratteristiche come la sua sezione d'urto di produzione totale e rispetto alle variabili cinematiche quali *impulso trasverso*, *rapidità* e *angolo azimutale*. Questa misura dà la probabilità di produzione della risonanza in questione rispetto alla totalità delle interazioni *pp* che sono avvenute ed è di fondamentale importanza per avvalorare o meno le previsioni dei modelli teorici. Per ottenere questo risultato è necessario circoscrivere gli eventi a quelli contenenti la risonanza in questione variando le richieste di selezione per ridurre al minimo la quantità di fondo presente.

In figura 3 è rappresentata la distribuzione della produzione di una risonanza rispetto al suo impulso trasverso. Per ottenere queste distribuzioni



**Figura 3:** Distribuzione di impulso trasverso di una risonanza. Le parti in giallo si riferiscono alla variazione dei valori dovuto alla diversa polarizzazione dello spin della risonanza in questione.

è necessario contare il numero di risonanze presenti in un certo range della variabile cinematica scelta (in questo caso l'impulso trasverso) e dividerlo sia per l'efficienza di rivelazione della suddetta risonanza (ottenibile dalle simulazioni MonteCarlo) che per la luminosità.

## 5 Esperienze acquisite

L'esperienza che lo studente può ottenere con questo tirocinio è molteplice:

- applicazione dei concetti fondamentali della relatività ristretta e di fisica delle particelle;

- utilizzo del programma *ROOT* e di codici standard per l'analisi dei dati;
- utilizzo di tecniche di fit di istogrammi per il riconoscimento di risonanze;
- utilizzo di tecniche di selezione degli eventi;
- valutazioni di distribuzioni quali sezioni d'urto differenziali rispetto alle variabili cinematiche più usate in fisica delle particelle.

Questo esercizio è da ritenersi molto utile per tutti quegli studenti che intendono intraprendere lo studio della fisica delle particelle.

## Riferimenti bibliografici

- [1] Gruppo ATLAS di Bologna.  
manuale per lauree triennali e specialistiche presso l'esperimento ATLAS  
This web site, 2012
- [2] ATLAS Collaboration.  
ATLAS Detector and Physics Performance Technical Design Report  
Technical report, CERN/LHCC, 1999