

Questo documento si trova anche nella cartella **masterclass2013** che hai sul Desktop, come documento word denominato **Istruzioni**.

Scopo della prova:

- 1) Identificazione di eventi con 2 elettroni (di carica opposta) nello stato finale
- 2) Identificazione di eventi con 2 muoni (di carica opposta) nello stato finale
- 3) Identificazione di eventi con 4 elettroni, oppure 4 muoni, oppure 2 elettroni e 2 muoni nello stato finale (ogni coppia di carica opposta)
- 4) Identificazione di eventi con 2 fotoni nello stato finale.

N.B. un evento non può contenere più di una di queste categorie

Preparazione:

Apri la cartella **masterclass2013** che hai sul Desktop

Vai sotto la directory **hypatia_7.3_Masterclasses_e_java7_new**: troverai una serie di cartelle e l'eseguibile **Hypatia_7.3_Masterclass**. Lancialo con doppio clic. Ti si apriranno 4 finestre. Nella finestra lunga che si apre in alto, e che contiene il nome **Invariant Mass Window**, clicca su **File** (in alto a sinistra) e seleziona **Read Event Locally**. Dalla finestra che ti si aprirà, cerca e seleziona (dentro la cartella masterclass2013/hypatia_7.3_Masterclasses_e_java7_new la cartella **groupX** dove X corrisponde alla lettera che identifica il tuo gruppo, e che hai sul tavolo. Ti troverai una serie di files denominati event001.xml con numerazione da 001 a 050. Fai doppio clic sul numero 001

A questo punto hai caricato il primo dei 50 eventi dell'esperimento ATLAS che dovrai analizzare. Le schermate si sono nel frattempo riempite di informazioni di vario tipo.

Per prima cosa seleziona una soglia di Pt (impulso trasverso) delle tracce che il programma ti mostrerà. Per fare questo vai nella finestra in basso, denominata **HYPATIA-Control Window**, e clicca su **Cuts**. Vai nella sottofinestra **InDet** e controlla che la voce **[Pt]** sia spuntata e imposta il valore > 10.0 GeV. Convalida sempre ogni taglio impostato premendo il tasto "enter". Durante l'esercizio a volte potrà essere utile modificare questo valore. Vai sotto Fai attenzione perché se clicchi col mouse sopra $>$ questo si trasforma in $<$ e viceversa. Sempre dentro **InDet**, più in basso, spunta la voce **Number Pixel Hits** e metti il taglio a ≥ 2 . Nella sottofinestra **Objects** (sempre sotto **Cuts**), imposta il taglio impostato il taglio **[ETMis] >8 GeV**. Una volta impostato il taglio $Pt > 10.0$ GeV vedrai che la quasi totalità delle tracce che erano visibili all'apertura dell'evento scompaiono, perché il programma seleziona solo quelle con l'impulso trasverso maggiore del valore che hai impostato (come vedi quasi tutte le tracce hanno valori di Pt piccoli, di qualche GeV al massimo). Gli eventi che vogliamo selezionare hanno invece tracce con Pt elevati e il taglio in Pt ci permette di selezionarli più agevolmente dal fondo.

Nella finestra denominata **HYPATIA - Track Momenta Window** ci sono due sottofinestre: **Tracks** e **Physics Objects**. La finestra **Tracks** mostra le tracce che hanno $PT > 10$ GeV (o quello che è stato scelto come valore di soglia), la loro carica elettrica (colonna +/-) l'impulso P, il loro angolo azimutale Phi, l'angolo polare theta. In questa finestra sono contenuti gli eventuali candidati elettroni e/o muoni che dovrete cercare, in

coppie di carica opposta (o entrambi muoni, o entrambi elettroni). La finestra **Physics Objects** mostra invece le informazioni dei “cluster elettromagnetici”, ovvero dei candidati fotoni, o delle energie associate agli elettroni.

Sulla destra della finestra **HYPATIA-Control Window** e' presente il simbolo con un **dito indice**, e, sopra, una **lente di ingrandimento**. Selezionando il dito indice e posizionandolo sopra una traccia nell'event display, e' possibile vedere la corrispondenza nella traccia nella finestra **HYPATIA - Track Momenta Window**. La lente di ingrandimento permette di ingrandire le immagini dell'event display.

Procedere con l'analisi degli eventi:

Eventi a due muoni:

Devono esserci 2 tracce con $P_t > 10$ GeV compatibili con il segnale di muone, **di carica elettrica opposta**. Controllare con il “dito indice” quali sono le tracce relative ai due muoni. E' possibile che siano presenti anche altre tracce e/o Physics objects. Se si pensa che l'evento sia catalogabile come stato finale a due muoni, occorre caricare la corrispondente **massa invariante** nel seguente modo:

- 1) Dalla finestra **HYPATIA - Track Momenta Window** selezionare la prima traccia con un singolo click del mouse
- 2) Cliccare sopra il simbolo **Muon**, posto nella parte alta della finestra. Notate che a questo punto le informazioni della traccia vengono caricate nella finestra lunga, e nella colonna **e/m/g** in fondo a destra compare la lettera **m**, che sta per muone.
- 3) Ripetete le operazioni 1 e 2 per la seconda traccia candidata muone. A questo punto noterete che nella colonna **M(2) [GeV]** della finestra lunga in alto e' comparso il valore della massa invariante della coppia che avete scelto. Potete visualizzare l'istogramma della massa invariante e di altre quantita' anche selezionando, nella stessa finestra, la voce **Histograms**. La massa invariante corrisponde a **M(2) Histogram** nel menu a tendina.
- 4) Se si vuole cancellare una traccia caricata per errore nella finestra in alto, selezionarla con il mouse con un click, e cliccare sul simbolo **X (Delete Track)** nella finestra **HYPATIA - Track Momenta Window**.

Eventi a due elettroni:

La procedura e' analoga che per gli eventi a due muoni, con la differenza che le due tracce devono avere le caratteristiche tipiche degli elettroni. In particolare la traccia deve puntare nella direzione di un deposito di energia nel calorimetro elettromagnetico, e verso un “Physics object”. **In particolare per un elettrone l'impulso P e il momento trasverso P_t della traccia devono essere simili, entro qualche GeV, al corrispondente Physics Object.** Caricare le due tracce nella finestra in alto come per i muoni, ma selezionando la voce **Electron** in alto nella finestra **HYPATIA - Track Momenta Window**. Una volta caricata la traccia, in modo analogo al muone nella colonna **e/m/g** in fondo a destra compare la lettera **e**, che sta per elettrone.

Eventi a 4 leptoni :

Sono 2 coppie di elettroni, oppure due coppie di muoni, oppure una coppia di elettroni e una di muoni, ogni coppia sempre con 2 leptoni di carica elettrica opposta. Si cercano coppie a due a due come nei casi definiti sopra, specificando ogni volta se si tratta di un elettrone o di un muone. La massa invariante totale

dei 4 leptoni viene automaticamente calcolata dal programma quando la quarta traccia e' stata inserita., e compare sotto la voce **M(4) Histogram** nel menu a tendina **Histograms** della finestra lunga. Nel campione degli eventi che dovrete analizzare gli eventi a 4 leptoni sono molto pochi. Ogni coppia di studenti avra' al massimo 2 o 3 eventi, (ma anche nessuno) nel proprio insieme di dati.

N.B.: nel caso di un evento con 4 muoni o 4 elettroni, di carica opposta a due a due, non e' immediata la scelta di come accoppiarli. Optate su una scelta arbitraria, o eventualmente discutiamone assieme. In generale una coppia dovrebbe corrispondere ad una Z "reale" (ovvero di massa vicina a 91 GeV), e l'altra coppia a una Z "virtuale", ovvero di massa significativamente diversa dal valore reale della massa della Z, che e' di circa 91 GeV.

Eventi a due fotoni:

Gli eventi a due fotoni vanno cercati come **Physics Objects** aventi entrambi $P_t > 10$ GeV. I physics objects dei fotoni non devono avere tracce associate nelle vicinanze con impulsi simili. In tal caso sarebbero identificabili come elettroni (o positroni). Per il resto, una volta identificati i due candidati fotoni, selezionare i due Physics Objects come per gli elettroni o i muoni, ma specificando questa volta la voce **Photon** dalla finestra **HYPATIA - Track Momenta Window**. Anche in questo caso apparira' il corrispondente valore della massa invariante.

Importante: e' abbastanza frequente che un evento a due fotoni si presenti con una traccia associata a uno dei due physics objects, compatibile con un elettrone (P_t della traccia con P_t simile al physics objects e direzione circa puntante). Questo e' dovuto alla cosiddetta "conversione" del fotone all'interno del materiale del rivelatore, in una coppia di elettrone-positrone. Il pratica il fotone si trasforma, interagendo con un nucleo, in una coppia elettrone-positrone. Il problema e' che spesso gli impulsi di queste due tracce sono fortemente asimmetrici: ad esempio l'elettrone puo' essere ad alto P_t e il positrone a P_t di qualche GeV soltanto, o viceversa. Per cui con il taglio $P_t > 10$ una delle due tracce scompare. Un'altra caratteristica di queste tracce e', in genere, di avere il Number Pixel Hits ≥ 2 o ≥ 3 . In questi casi dubbi, in cui ci si trova di fronte a un evento che ci appare come un fotone e un elettrone (o positrone), per verificare che si tratti di un evento a due fotoni dove uno dei quali e' convertito, conviene procedere nel seguente modo:

- 1) abbassare il taglio in P_t sulle tracce ad esempio a 2 GeV circa
- 2) rimuovere il taglio su Number Pixel Hits.
- 3) Ingrandire vicino alla traccia: in genere e' presente un'altra traccia di carica opposta. In aggiunta la massa invariante di questa coppia elettrone-positrone e' piccola (in linea di principio nulla), corrispondente alla massa del fotone, che e' zero.

Se si verificano queste condizioni (o alcune di esse) l'evento e' catalogabile come a 2 fotoni.

Evento di fondo:

Se l'evento non rientra nelle categorie di 2 leptoni, 4 leptoni, o 2 fotoni, o la sua catalogazione e' dubbia, viene definito come fondo e va scartato, senza caricare le tracce o i physics objects.

Energia trasversa mancante:

In generale gli eventi hanno una **energia trasversa mancante (ET-mis)** relativamente piccola (alcune decine di GeV). Nell'Event Display la direzione della ET-mis e' indicata dalla linea tratteggiata, nella vista azimutale. Il suo valore numerico e' visibile in alto nella finestra **HYPATIA - Track Momenta** .

Vertice dell'interazione: In casi dubbi in cui non si e' certi se due tracce appartengono allo stesso evento (puo' capitare ad esempio che ad una chiara coppia di muoni si sovrapponga un elettrone) puo' essere utile controllare se le tracce provengono da interazioni diverse sovrapposte nello stesso evento. Usando la lente di ingrandimento nella vista longitudinale (quella piu' in basso) e ingrandendo attorno alla zona di interazione, si riesce a vedere se le tracce in questione provengono dallo stesso vertice primario di interazione.

Al termine dell'evento appena analizzato:

Si suggerisce, al termine di ogni evento, di **scrivere il numero dell'evento stesso nel foglio allegato, nella categoria a cui si pensa che esso appartenga**. Eventualmente evidenziate gli eventuali eventi di dubbia catalogazione, o che necessitano di un qualche tipo di discussione o chiarimento. Procedere quindi con l'evento successivo cliccando su **Next Event** nella finestra **HYPATIA - Control Window**.

Al termine dei 50 eventi:

Visualizzare gli istogrammi con i menu a tendina sotto la voce **Histograms** della finestra grande, separando il caso di elettroni, muoni, gamma. E' anche possibile visualizzare, nello stesso menu, altri tipi di istogrammi relativi agli eventi selezionati. Chiedetevi se sapete spiegare le caratteristiche delle distribuzioni che osservate. Questo e' il momento di porsi le domande !

Caricare gli istogrammi in rete: nella finestra lunga selezionare **File** e poi **Export Invariant Masses**. Salvate il file formato .txt, sul Desktop o dove vi resta piu' comodo **senza cambiargli il nome**.

Apri un browser al link: <http://cernmasterclass.uio.no/OPlot/index.php> Nel caso vi chieda una password, lo username e' ippog e la password e' mc13

Seleziona "Student"

Seleziona la data (13 marzo) e il gruppo corretto.

Caricare il file Invariant_Masses.txt

ATTENZIONE ! Una volta caricato l'istogramma questo non e' piu' modificabile. Quindi fare questa operazione quando si e' certi di volerlo fare.