

Usando Hypathia

Experimento del bosón Z

Experimentos Cuánticos 2 - 2021

Dto. Física - FCE - UNLP

L. Damonte, F. Monticelli y J. Hoya



Introducción

IDEA Analizar 50 eventos (colisiones de partículas) usando la aplicación de visualización Hypatia.

- A partir de estas colisiones, encontrar señales de partículas pesadas neutras, como el bosón Z.

Hypatia: Es un programa hecho en JAVA que pueden descargar de la web de la materia o del siguiente [link](#).

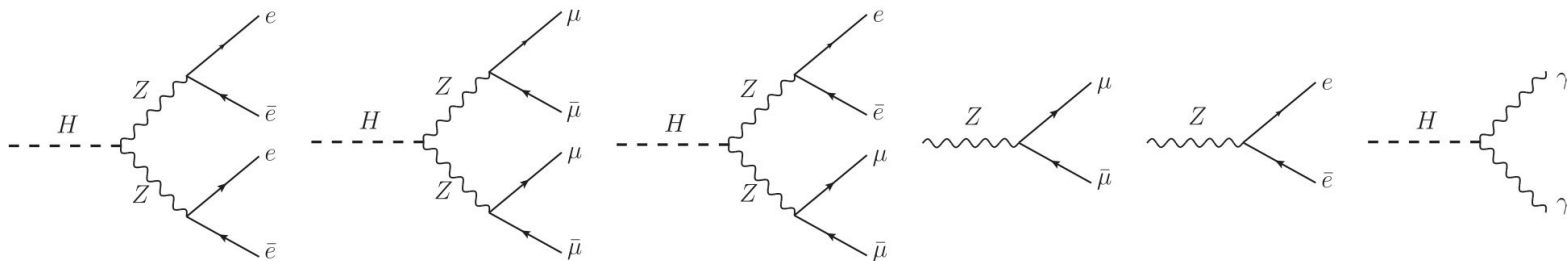
- Luego de descomprimirlo se ejecuta como: `java -jar Hypatia_7.4_Masterclass.jar`

Datos: Cada grupo tiene un .zip con 50 eventos (archivos xml). Para cargarlos en Hypatia hacen: File→Read Events Locally y eligen su archivo .zip

Eventos: Una vez que hayan analizado un evento, pueden pasar al siguiente con las flechas que figuran al lado de la barra superior. Más abajo hay recomendaciones de cómo hacer el análisis.

Masa Invariante: Al terminar de caracterizar los 50 eventos deben exportar las masas invariantes (File→Export Invariant Masses).

Estados finales posibles: $\gamma\gamma$, e^+e^- , $\mu^+\mu^-$, $e^+e^-\mu^+\mu^-$, $e^+e^-e^+e^-$, $\mu^+\mu^-\mu^+\mu^-$



En resumen:

- Establecer un corte mínimo de p_T de 5 GeV.
- Estudiar las trazas restantes y/o los objetos físicos y clasificar si son compatibles con un muón, un electrón o un fotón.
- Zoom-in en ambas vistas para distinguir entre trazas simples y dobles.
- Comprobar si la masa invariante de una traza doble es compatible con un fotón convertido.
- Si es necesario, pedir al menos 2 píxeles y/o 7 SCT hits para asegurarse de que las trazas simples o dobles vienen de un vértice primario.
- Comprobar que la traza seleccionada viene del mismo vértice.

Algunas recomendaciones - En detalle I

- **Establecer un corte en pT de las trazas en la ventana de control de Hypatia (cuts, InDet):**
 - Recomendamos un corte de 5 GeV para no perder algunos eventos de 4-leptones.
 - Se puede aumentar el valor para ganar claridad en eventos especialmente “ocupados”.
- **Si las trazas se extienden al sistema de muones (MS):**
 - Considerar las partículas como muones si tienen cargas eléctricas opuestas.
 - Si no hay otros pares de leptones, pasar al siguiente evento.
 - Si hay un par adicional de leptones (muones o electrones) el evento puede tener 4 leptones.
- **Para encontrar electrones o fotones, comience desde "*Tracks*" o "*Physics Objects*" (Hypatia - ventana de momentos de trazas)**
 - Comenzando desde "*Tracks*":
 - Buscar trazas en el detector interno que apunten a depósitos de energía significativos en el calorímetro electromagnético (ECAL).
 - Una traza puede parecer que apunta a un cluster en la “*side-view*” pero no en la “*end-view*” (o viceversa), por lo que hay que mirar ambas vistas.
 - Si se encuentran 2 trazas con carga opuesta que apuntan claramente a un clúster del ECAL cada una, marcarlas como electrones.
 - Si se encuentran 2 clusters de energía en el ECAL sin trazas que apunten a ellos, ir a "*Physics Objects*" y marcarlas como fotones.

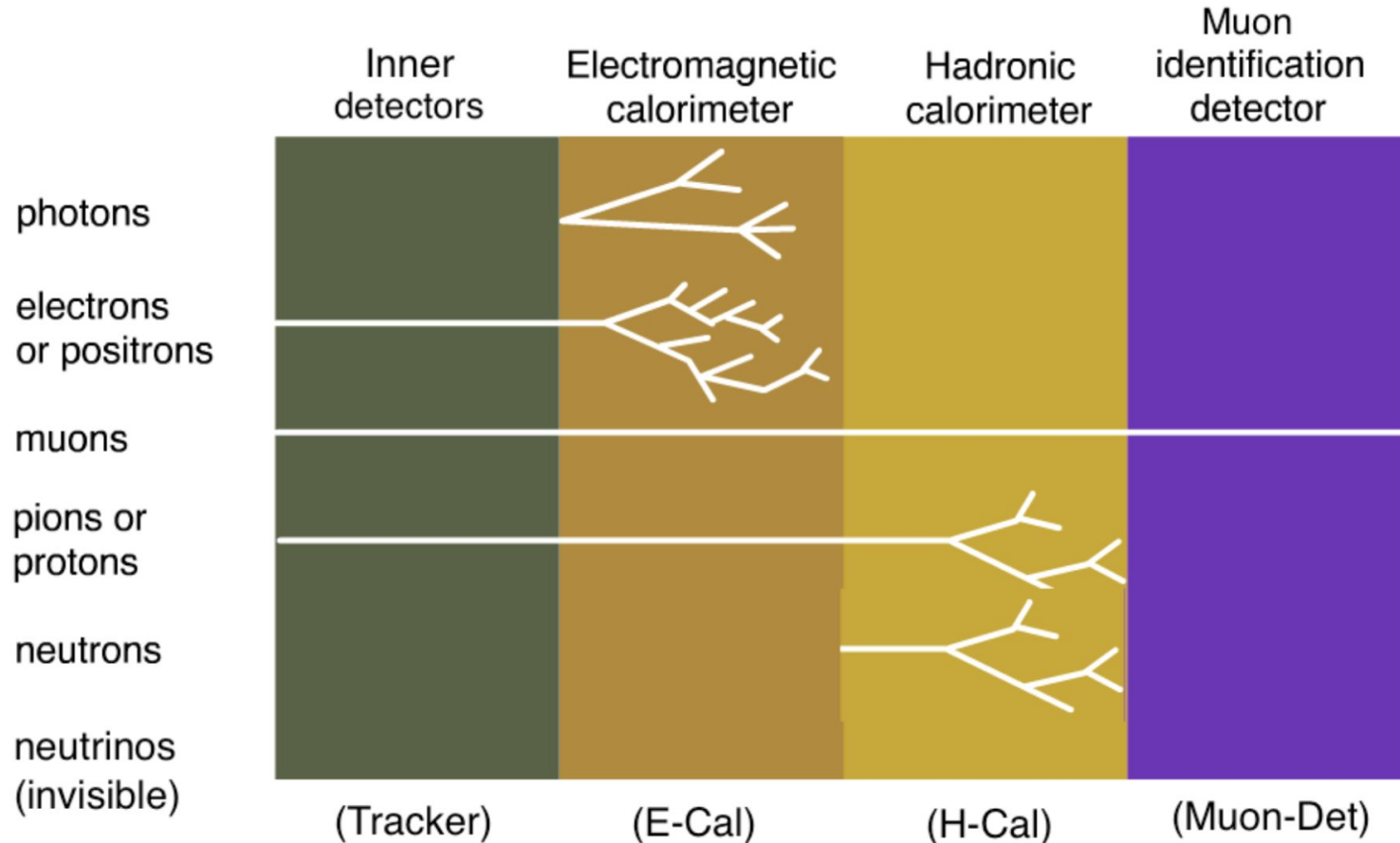
Algunas recomendaciones - En detalle II

- A partir de "*Physics Objects*":
 - Si se encuentran al menos 2 objetos que correspondan a depósitos de energía ECAL significativos, lo más probable es que correspondan a electrones o a fotones.
 - Mirar las trazas - hacer zoom para distinguir las trazas simples y las dobles (muy cercanas) - y comprobar en ambas vistas antes de clasificarla como electrón/fotón:
 - Si se encuentran 2 trazas (simples) de carga opuesta apuntando a un cluster del ECAL cada una, marcarlas como electrones (desde la pestaña "*Tracks*")
 - Si no se encuentran trazas que apunten a los clusters del ECAL, marcar los objetos como fotones (desde la pestaña "*Physics Objects*").
- **Los fotones convertidos dan lugar a trazas cercanas, de carga opuesta, con una masa invariante muy pequeña:**
 - 2 trazas muy cercanas que apuntan a un cluster del ECAL pueden venir de un fotón convertido ($\gamma \rightarrow e^+e^-$). Para verificarlo, marcar las 2 trazas como electrones y ver la masa invariante resultante.
 - En la mayoría de los casos $M(ee)$ está muy cercana a 0, y se puede ir a "*Physics Objects*" para marcar el objeto como fotón. **IMPORTANTE:** Sacar los electrones de la tabla de masas invariantes.
 - En algunos casos las trazas desaparecen al requerir al menos 2 hits en el píxel y/o 7 hits en el SCT, por lo que se tienen 2 fotones aislados en el evento.

Algunas recomendaciones - En detalle III

- **Un corte en "*Number Pixel Hits*" ≥ 2** puede ayudar a deshacerse de una traza única o una traza doble (de un fotón convertido) que no vienen de un vértice primario (punto de interacción principal).
- **Un corte en el "*Number SCT hits*" ≥ 7** puede ayudar a tener trazas buenas y largas.
- Haciendo Zoom en la "z-view", mirar si las trazas seleccionadas vienen del mismo vértice (se originan en el mismo lugar). Si no es así, las dos trazas no pueden venir de la misma partícula pesada y por lo tanto no son las que estamos buscando.

Partículas en el detector



Partículas en el detector

Partículas	Descripción
Electrones y fotones	Depósito de energía en el ECal. Se frenan en el Ecal. Los electrones dejan traza en el “Tracker”, los fotones no.
Protones y neutrones	Depósito de energía en el HCal (y posiblemente un poco en ECal). Se frenan en el HCal. Los protones dejan traza en el “Tracker”, los neutrones no.
Muones	Dejan traza en el “Tracker”. Llegan hasta el Detector de Muones. Dejan un pequeño depósito de energía en ECal y HCal.
Neutrinos	Pasan por todo el detector sin dejar rastro. Sólo se pueden inferir por la energía que falta (MET) en el balance energético de la colisión. Se muestra con una línea discontinua roja en HYPATIA.
Jets	No los vamos a ver acá, pero son lluvias de partículas (como neutrones, protones y otros hadrones), que dejan muchas trazas en el “Tracker”, y dejan toda su energía en el HCal.

Evento típico con un electrón-positrón

Previous Event

Next Event

Electron

Muon

Photon

Delete Track

Reset Canvas

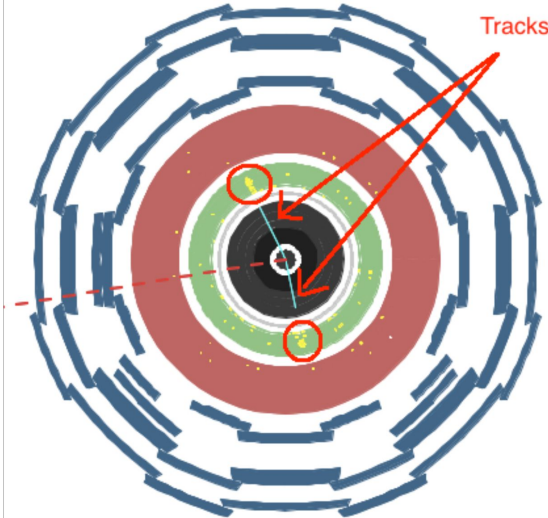
ETMis: 16.187 GeV

ϕ : -2.974 rad

Collection: MET_Reffinal

jaikenp/Desktop/Hypatia_7-1-2/Hypatia_7-1/group1/event013.xml

Tracks		Physics Objects			
Track	+/-	P [GeV]	Pt [GeV]	ϕ	θ
Tracks 2	+	40.57	33.41	-1.366	0.968
Tracks 141	-	51.42	43.19	2.018	2.144



- Depósitos de energía en los calorímetros electromagnéticos (ECal) (círculos rojos).
- Trazas en el detector interno que apuntan a los depósitos de energía.
- Una partícula debe ser positiva, la otra negativa.
- NOTA: Recordar que también se debe mirar la vista longitudinal, y no sólo la transversal como se muestra en la imagen.

Evento típico con un muón-atimuón

HYPATIA - Track Momenta Window

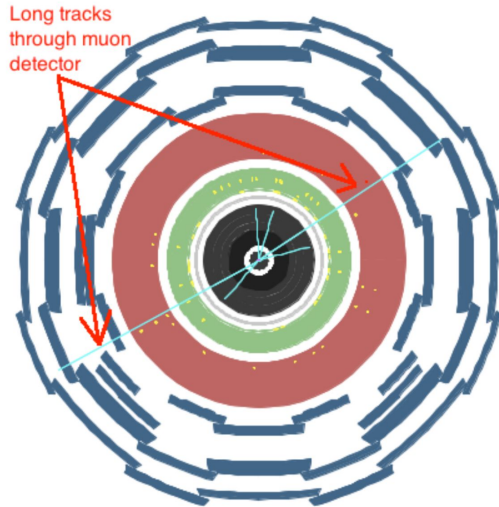
Previous Event Next Event Electron Muon Photon Delete Track Reset Canvas

ETMis: 7.369 GeV ϕ : 2.796 rad Collection: MET_ReFinal

aikenp/Desktop/Hypatia_7-1-2/Hypatia_7-1/group1/event011.xml

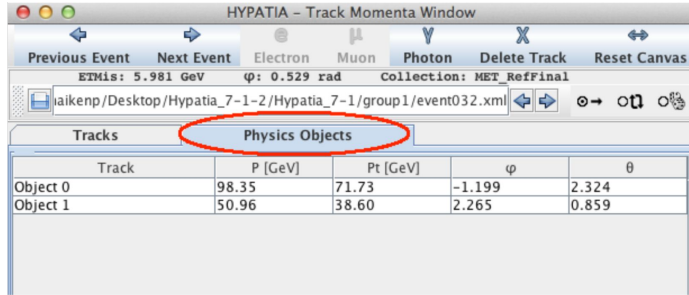
Tracks Physics Objects

Track	+/-	P [GeV]	Pt [GeV]	ϕ	θ
Tracks 22	-	139.51	47.69	0.576	0.349
Tracks 139	+	73.73	37.69	-2.627	0.537
Tracks 198	+	11.60	7.60	1.318	2.427
Tracks 238	+	19.76	10.90	0.291	0.584
Tracks 239	-	105.93	54.03	1.630	0.535
Tracks 242	-	19.90	8.98	-2.321	0.468



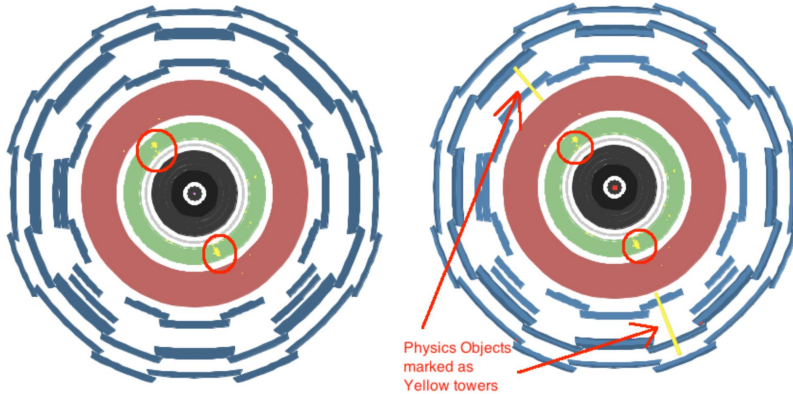
- Trazas por todo el camino a través del detector y en el detector de muones.
- Una partícula debe ser positiva y la otra negativa.
- NOTA: Recordar que también se debe mirar la vista longitudinal, y no sólo la transversal como se muestra en la imagen.

Evento típico con un difotón no convertido



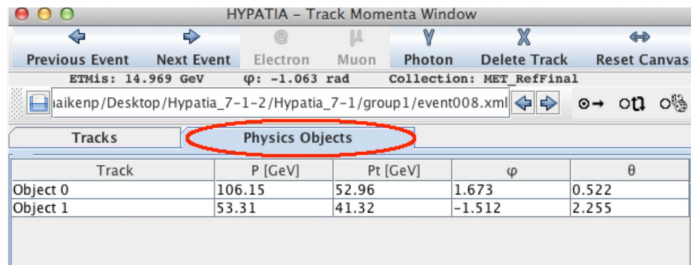
The screenshot shows the HYPATIA - Track Momenta Window. The 'Physics Objects' tab is selected and circled in red. The table below lists the properties of two physics objects.

Track	P [GeV]	Pt [GeV]	ϕ	θ
Object 0	98.35	71.73	-1.199	2.324
Object 1	50.96	38.60	2.265	0.859

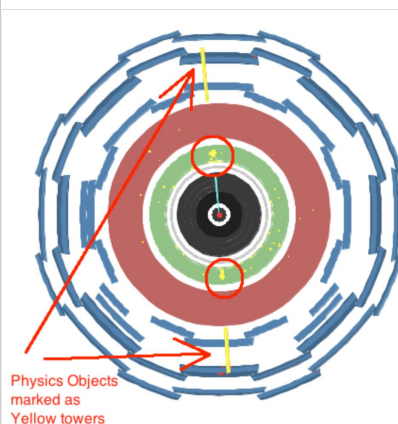
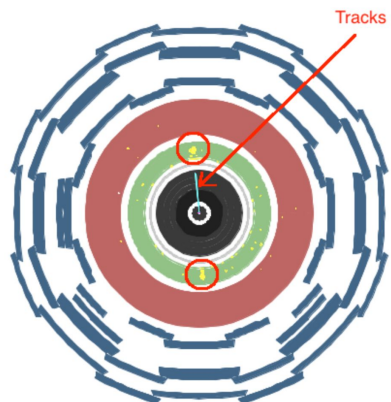


- Depósitos de energía en el calorímetro electromagnético (círculos rojos).
- Objetos en la pestaña de “*Physics Objects*”, y marcados con "torres" amarillas (flechas rojas en la figura de la derecha).
- No hay trazas en el detector interno que apunten a los depósitos de energía.
- NOTA: Recordar que también se debe mirar la vista longitudinal, y no sólo la transversal como se muestra en la imagen.
- NOTA: Los fotones también se pueden convertir y entonces habrá trazas en el detector interno.

Evento típico con un difotón convertido



Track	P [GeV]	Pt [GeV]	φ	θ
Object 0	106.15	52.96	1.673	0.522
Object 1	53.31	41.32	-1.512	2.255



- Depósito de energía en el calorímetro electromagnético (círculos rojos).
- Objetos en la pestaña de “*Physics Objects*”, y marcados con “torres” amarillas (flechas rojas en la figura de la derecha).
- Dos trazas muy juntas que apuntan a un depósito de energía. Si hay exactamente una pista que apunta a cada depósito de energía, lo más probable es que se trate de un evento electrón-positrón.
- NOTA: Recordar que también se debe mirar la vista longitudinal, y no sólo la transversal como se muestra en la imagen.

Backup Slides