

## Η σημερινή αναζήτηση

$$W^+ \rightarrow e^+ \nu \qquad W^- \rightarrow e^- \bar{\nu}$$

$$W^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu \qquad W^- \rightarrow \mu^- \bar{\nu}_\mu$$

$$Z^0 \rightarrow e^+ e^- \qquad Z^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$$

$$H^0 \rightarrow Z^0 Z^0$$

# Η άσκηση σήμερα

Θα αναλύσουμε μερικές συγκρούσεις πρωτονίων-πρωτονίων με το CMS

- Θα ταυτοποιήσουμε κάποια σωματίδια και θα δούμε τι γίνεται
- Αναλύοντας πολλά γεγονότα μπορούμε να αποκτήσουμε μια ιδέα για την θεμελιώδη φυσική που υπάρχει !

# Η σημερινή εξάσκηση

❑ Θα χωριστείτε σε ομάδες 2 ατόμων

➤ Κάθε ομάδα θα εξετάσει 100 γεγονότα

❑ Κάντε login στο desktop:

➤ Username: **msclXX** (όπου XX αριθμός 01 – 30)  
π.χ. mscl01,mscl02,...,mscl12...mscl30

➤ password: **mtc2409c!**

❑ Ανοίξτε το Firefox και πηγαίnete στην οικοσελίδα (home page)

❑ Πληκτρολογήστε την διεύθυνση της ιστοσελίδας:

<https://quarknet.org/content/cms-wzh-path-measurement#da>

➤ Η διεύθυνση της ιστοσελίδας θα πρέπει να υπάρχει στα favorites bookmarks

# Τα εργαλεία που θα χρησιμοποιήσουμε

- **iSPY-webgl**: πρόγραμμα απεικόνισης γεγονότων
  - ✓ Κάντε click στο link **iSpy-webgl event display**
- **Φύλλο εργασίας Excel**: για την καταχώριση των δεδομένων
  - ✓ Βρείτε την σημερινή ημερομηνία στην ιστοσελίδα
  - ✓ Κάντε click στο όνομα της τοποθεσίας μας

## Data Analysis

This is the heart of the masterclass and takes 60-90 min. There should be 2 students at each computer, cooperating to get their data measured. Mentors, tutors, and teachers should circulate to help the students analyze the events and work out any problems they have. *Don't give them answers.* Help them figure things out and learn to see data as scientist does. Remind them that each event is a *candidate* Z, W, Higgs, or something else - not a definitively identified particle.

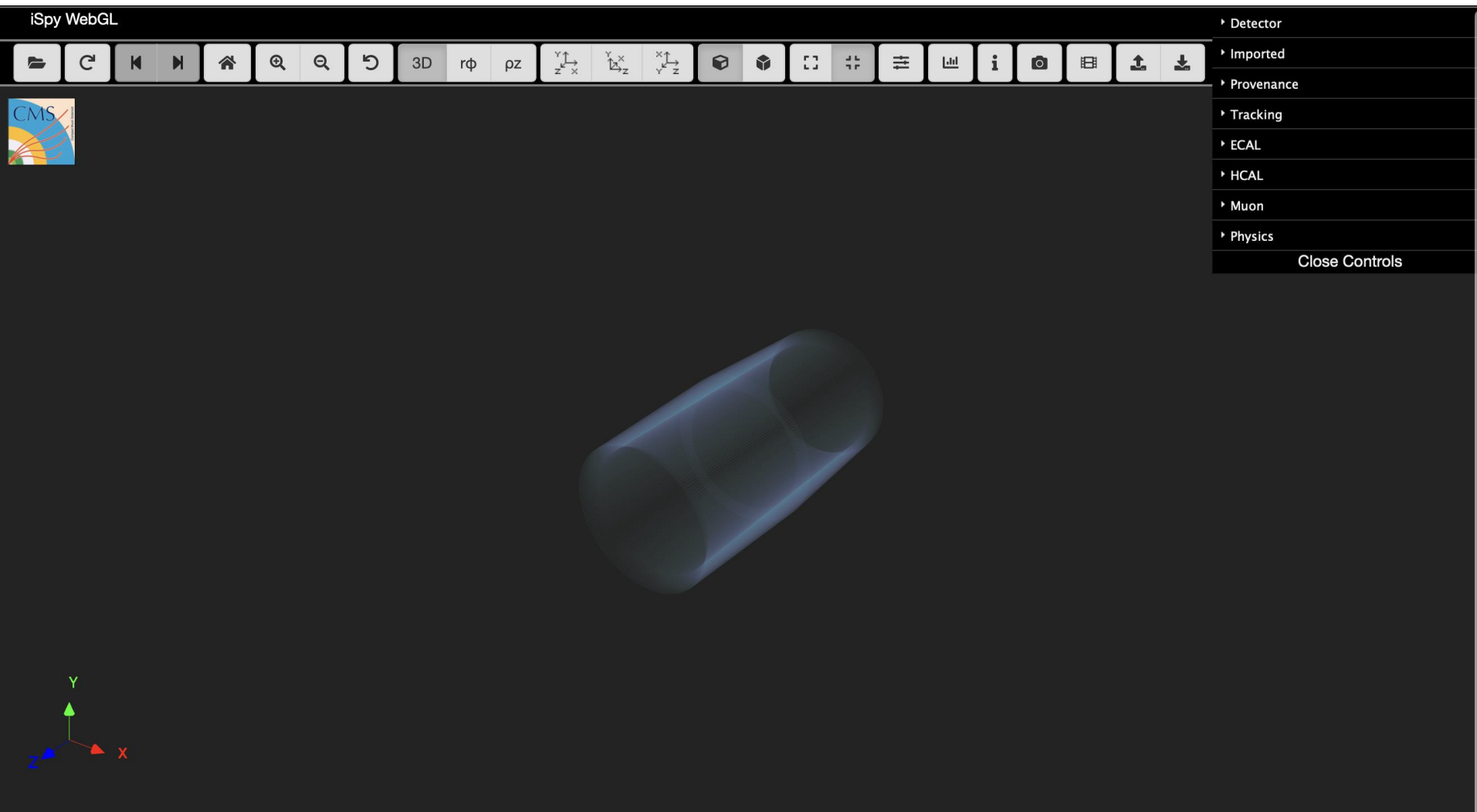
- [Instructional screencast](#)
- [iSpy-webgl event display](#)
- [Cheat sheet](#)
- Google Sheets: See the table below. We will link CMS Masterclass Spreadsheets to the names (locations) of the institutes in for the appropriate dates; combination sheets showing results to examine in masterclasses will be in the rightmost column, where applicable.

Date	Videocon center	Institute(s) - choose to link to Sheet(s)	Combination for VC
Thu 01 Jan	None - Practice Samples	Idlewild, Schönefeld, Kai Tak	CMS-01Jan2026-Combination
Wed 11 Feb	CERN	São Paulo-SPRACE, Santiago de Compostela, Debrecen	IDWGS-11Feb2026
Thu 19 Feb	CERN	Nicosia, Constantine, Trieste, Florence	CERN-19Feb2026
Mon 23 Feb	CERN	Istanbul, Touggort, Podgorica	CERN-23Feb2026
Tue 24 Feb	CERN	Rome-Sapienza, Nicosia, Helsinki, Florence, Pavia	CERN-24Feb2026
Fri 27 Feb	CERN	Jije, <b>Nicosia</b> , Santiago de Compostela, Pazin, Perugia	CERN-27Feb2026





# iSPY-webgl: Το πρόγραμμα απεικόνισης



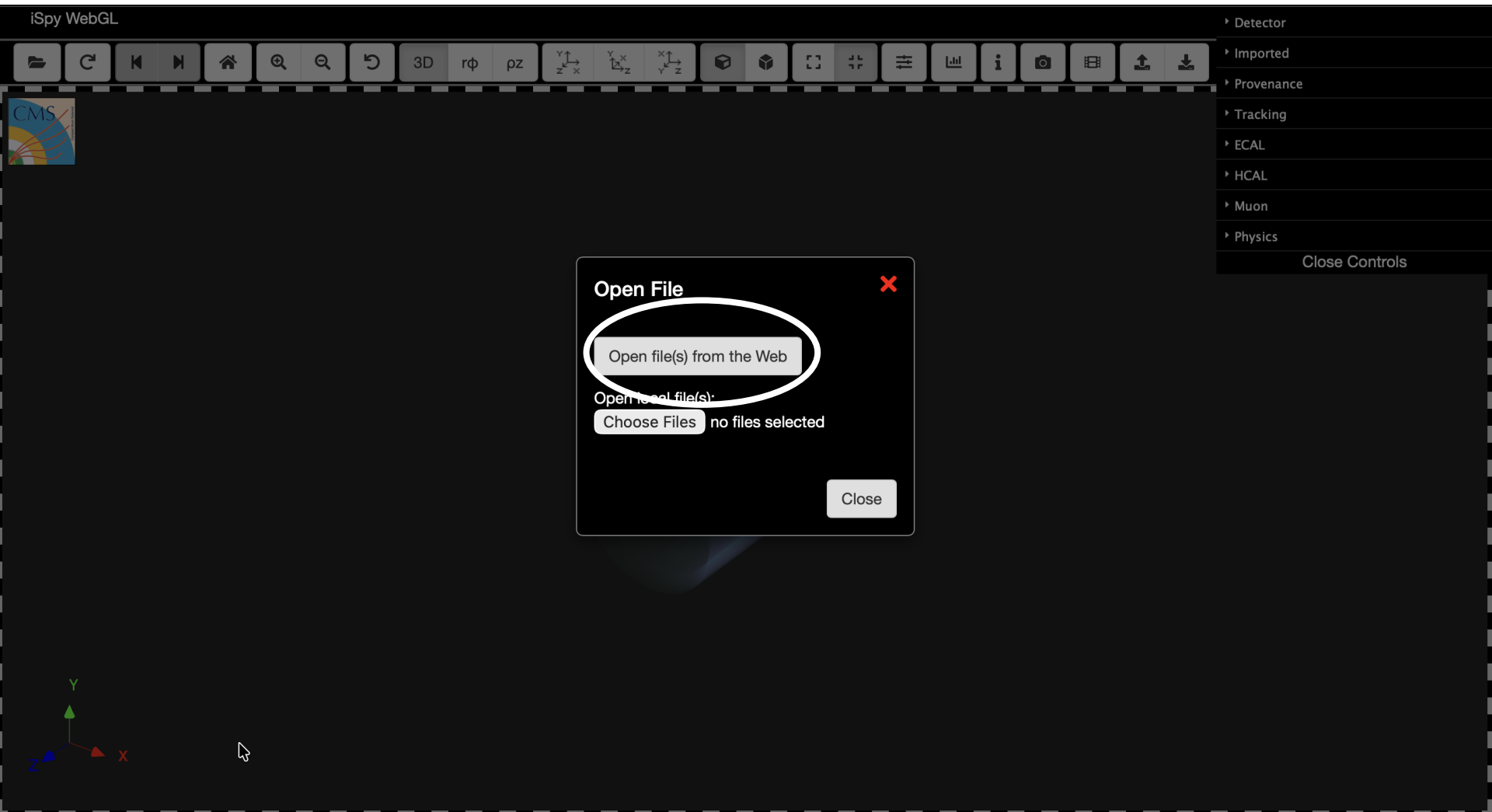
# iSPY-webgl: Το πρόγραμμα απεικόνισης

Επιλογή δεδομένων



The screenshot shows the iSpy WebGL application interface. At the top, there is a toolbar with various icons for navigation and visualization. The first icon, representing a file or folder, is circled in orange. Below the toolbar, a 3D visualization of a detector component is shown in a dark environment. In the bottom-left corner, there is a small 3D coordinate system with x, y, and z axes. On the right side, a control panel is visible, listing various detector components: Detector, Imported, Provenance, Tracking, ECAL, HCAL, Muon, and Physics. A 'Close Controls' button is located at the bottom of this panel. The CMS logo is visible in the bottom-left corner of the main visualization area.

# iSPY-webgl: Το πρόγραμμα απεικόνισης



# iSPY-webgl: Το πρόγραμμα απεικόνισης

- Κάνοντας click πάνω στο όνομα του αρχείου, επιλέξτε το αρχείο, masterclass\_XX.ig, με XX το Dataset της ομάδας σας.
- Για παράδειγμα η ομάδα 01 θα επιλέξει το αρχείο masterclass\_1.ig, που αντιστοιχεί στο Dataset01

The screenshot displays the iSpy WebGL interface. At the top, there is a toolbar with navigation and view controls. The main area is a 3D visualization of a detector, with a CMS logo in the top left. A sidebar on the right lists detector components: Detector, Imported, Provenance, Tracking, ECAL, HCAL, Muon, and Physics, with a 'Close Controls' button at the bottom. In the foreground, an 'Open Event' dialog box is open. It features a table with two columns: 'Files' and 'Events'. The 'Files' column contains a list of files: masterclass\_1.ig, masterclass\_2.ig, masterclass\_3.ig, masterclass\_4.ig, masterclass\_5.ig, masterclass\_6.ig, and masterclass\_7.ig. The 'Events' column is currently empty. Below the table is a 'Selected event' field and two buttons: 'Close' and 'Load'. In the bottom left corner, there is a small 3D coordinate system with X, Y, and Z axes.

# iSPY-webgl: Το πρόγραμμα απεικόνισης

- Αφού επιλέξετε το αρχείο, εμφανίζεται στα δεξιά η στήλη **Events**
- Επιλέξτε το Event\_1 (Στο παράδειγμα, έχει επιλεχθεί το Dataset100 (Run\_100))
- Πιέστε **Load** για να φορτώσετε το πρώτο event

The screenshot shows the iSpy WebGL interface. At the top, there is a toolbar with various icons for navigation and viewing. Below the toolbar, there is a sidebar on the right with a tree view of the detector components: Detector, Imported, Provenance, Tracking, ECAL, HCAL, Muon, and Physics. The main area displays the 'Open Event' dialog box. This dialog has two columns: 'Files' and 'Events'. The 'Files' column lists several masterclass files (masterclass\_1.ig to masterclass\_7.ig). The 'Events' column lists events for Run\_100 (Event\_1 to Event\_7). The 'Events' column is highlighted with a white box. Below the columns, there is a 'Selected event' field. At the bottom right of the dialog, there are 'Close' and 'Load' buttons. The 'Load' button is circled in yellow.

Files	Events
masterclass_1.ig	Events/Run_100/Event_1
masterclass_2.ig	Events/Run_100/Event_2
masterclass_3.ig	Events/Run_100/Event_3
masterclass_4.ig	Events/Run_100/Event_4
masterclass_5.ig	Events/Run_100/Event_5
masterclass_6.ig	Events/Run_100/Event_6
masterclass_7.ig	Events/Run_100/Event_7

Selected event

Close Load

# iSPY-webgl: Ρυθμίσεις

- ❑ Το 1<sup>ο</sup> event του αρχείου ➤ Για το επόμενο event πιέστε στο βελάκι
- ❑ Μπορείτε να κάνετε **zoom in/out** κάνοντας click στον μεγεθυντικό φακό
- ❑ Επιλέξτε την **ZYX** προβολή
  - z-άξονας κάθετος στη σελίδα, στη διεύθυνση της δέσμης των πρωτονίων

iSpy WebGL masterclass\_100.ig:Events/Run\_100/Event\_1 [1 of 100]

CMS Experiment at the LHC, CERN  
Data recorded: 2016-Aug-31 10:16:50.364544 GMT  
Run / Event / LS: 279823 / 77363898 / 102

Detector

- Imported
- Provenance
- Tracking
- ECAL
- HCAL
- Muon
- Physics

Close Controls

The main visualization area shows a 3D detector structure with a central event vertex. Numerous yellow lines radiate from the vertex, representing particle tracks. A green arrow points upwards from the vertex, indicating the direction of the proton beam. The interface includes a toolbar with various controls: a yellow circle highlights the play button, a green circle highlights the zoom in/out buttons, and a blue circle highlights the ZYX view selection button. A small 3D coordinate system is visible in the bottom left corner.

# iSPY-webgl: Ρυθμίσεις

- ❑ Οι κίτρινες γραμμές είναι οι τροχιές που αφήνουν στον ανιχνευτή τροχιών τα φορτισμένα σωματίδια
- ❑ Κάνουν το γεγονός ιδιαίτερα πολύπλοκο και δεν θα τις χρησιμοποιήσετε
- ❑ Αφαιρούμε τις τροχιές χρησιμοποιώντας στο menu του ανιχνευτή το **Tracking**

iSpy WebGL masterclass\_100.ig:Events/Run\_100/Event\_1 [1 of 100]

CMS Experiment at the LHC, CERN  
Data recorded: 2016-Aug-31 10:16:50.364544 GMT  
Run / Event / LS: 279823 / 77363898 / 102

- ▶ Detector
- ▶ Imported
- ▶ Provenance
- ▶ **Tracking**
- ▶ ECAL
- ▶ HCAL
- ▶ Muon
- ▶ Physics
- Close Controls

Y  
X

# iSPY-webgl: Ρυθμίσεις

- ❑ Πιέστε πάνω στο **Tracking** και θα ανοίξει το sub-menu **tracks reco**
- ❑ Πιέστε στο **tracks reco** και θα ανοίξει ένα άλλο menu
- ❑ **Αντι-επιλέξτε** το τετραγωνάκι δίπλα στο **show**

The screenshot displays the iSPY-webgl interface for track reconstruction. The main window shows a 3D visualization of particle tracks in a detector, with a green track highlighted. The interface includes a top toolbar with navigation and view controls, a left sidebar with CMS information, and a right sidebar with configuration options.

Top toolbar: iSpy WebGL, masterclass\_100.ig:Events/Run\_100/Event\_1 [1 of 100]

Left sidebar: CMS Experiment at the LHC, CERN  
Data recorded: 2016-Aug-31 10:16:50.364544 GMT  
Run / Event / LS: 279823 / 77363898 / 102

Right sidebar configuration for Tracking:

- Tracking
- Tracks (reco.)
- number: 450
- key: Tracks\_V4
- show:  (highlighted with a green box)
- opacity: 0.5
- min\_pt: 1
- color: #ffff00

Other sidebar options: ECAL, HCAL, Muon, Physics, Close Controls

# iSPY-webgl: Ρυθμίσεις

- ❑ Κάντε click στο **Tracking** για να κλείσει το menu
- ❑ Στο κάτω μέρος της απεικόνισης εμφανίζεται πληροφορία για τροχιές ηλεκτρονίων και μιονίων αν υπάρχουν

The screenshot displays the iSPY-webgl interface for a CMS detector simulation. The main view shows a top-down view of the detector with concentric rings representing the calorimeters. A green track is visible, extending from the center towards the outer rings. The interface includes a toolbar at the top with various navigation and view controls. On the right side, there is a control panel with a 'Tracking' section that is currently expanded, showing parameters for the selected track. At the bottom, a table displays the track's properties.

Αδρονικό  
καλορίμετρο

Ανιχνευτής τροχιών

Ηλεκτρομαγνητικό  
καλορίμετρο

index	pt	eta	phi	charge	pos	dir	electronId
0	58.8853	-1.31523	2.82976		0.000568947,0.00107665,0.0226138	-56.0455,18.0662,-101.788	
1	0.0375106	-2.06903	2.52143		-0.018285,-0.0287166,-0.112443	-0.0305255,0.0217999,-0.146119	

# iSPY-webgl: Τελευταίες Ρυθμίσεις

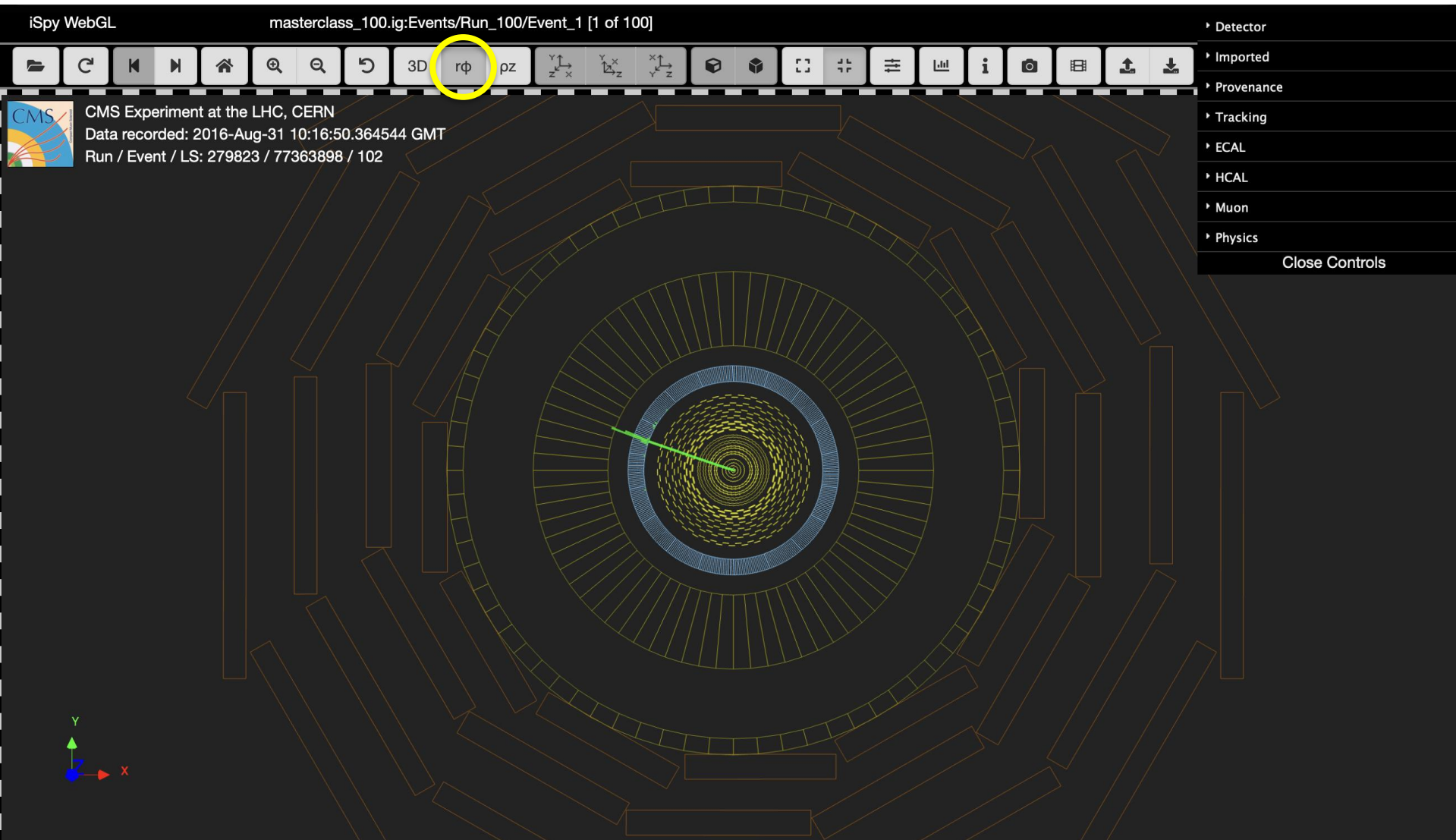
- Αλλάξτε τώρα την προβολή του ανιχνευτή σε  $r-\phi$
- Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε και πάλι το zoom in/out για να δείτε καλύτερα τις τροχιές των ηλεκτρονίων και μιονίων

iSpy WebGL masterclass\_100.ig:Events/Run\_100/Event\_1 [1 of 100]

3D  $r\phi$  pz

CMS Experiment at the LHC, CERN  
Data recorded: 2016-Aug-31 10:16:50.364544 GMT  
Run / Event / LS: 279823 / 77363898 / 102

Detector  
Imported  
Provenance  
Tracking  
ECAL  
HCAL  
Muon  
Physics  
Close Controls



# iSPY-webgl: Τελευταίες Ρυθμίσεις

- ❑ Για να δείτε το μέγεθος και την διεύθυνση της Missing Pt, του ελλειμματικού ισοζυγίου της εγκάρσιας ορμής (**νετρίνο**) χρησιμοποιήστε το **Physics menu**
- ❑ Πιέστε στο **Physics menu** και επιλέξτε το **Missing Et (PAT)**
- ❑ Στο show επιλέξτε το τετραγωνάκι που αρχικά είναι άδειο

The screenshot displays the iSPY-webgl interface. At the top, there is a toolbar with various navigation and view controls. Below the toolbar, the CMS logo and experiment details are shown: "CMS Experiment at the LHC, CERN", "Data recorded: 2016-Aug-31 10:16:50.364544 GMT", and "Run / Event / LS: 279823 / 77363898 / 102". The main area shows a 3D visualization of the CMS detector with a central collision point. A green arrow points to the center, and a purple arrow points to a specific region. The Physics menu is open on the right, showing the "Missing Et (PAT)" option selected. The "show" checkbox is checked. The "Close Controls" button is visible at the bottom of the menu. At the bottom of the interface, a table displays the properties of the selected object.

Μέτρο της missing Pt

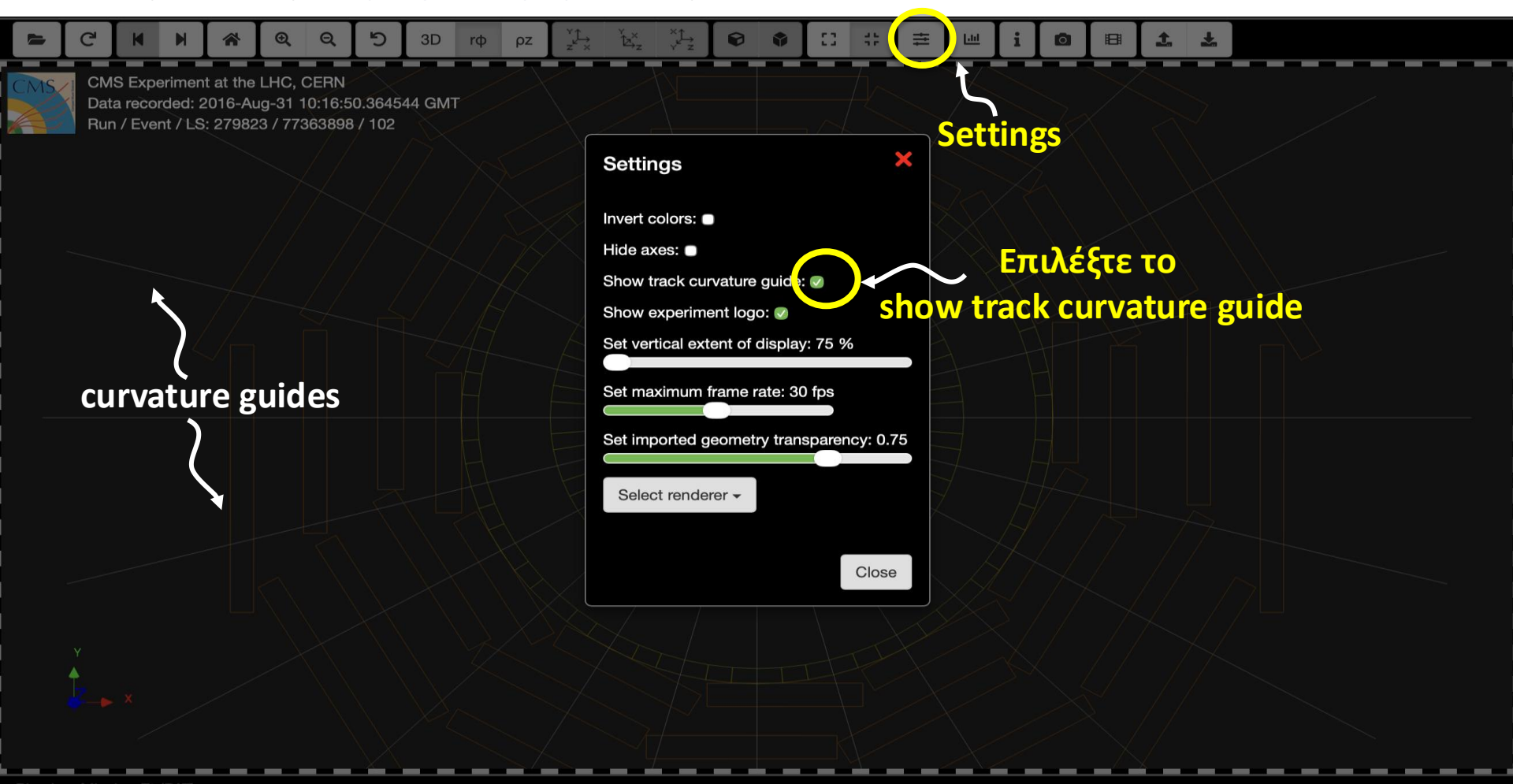
Διάνυσμα ελλειμματικής εγκάρσιας ορμής (missing Pt)

Κλείστε το menu

Physics: Missing Et (PAT)	index	phi	pt	px	py	pz
	0	-0.868552	31.274	20.2009	-23.8744	0

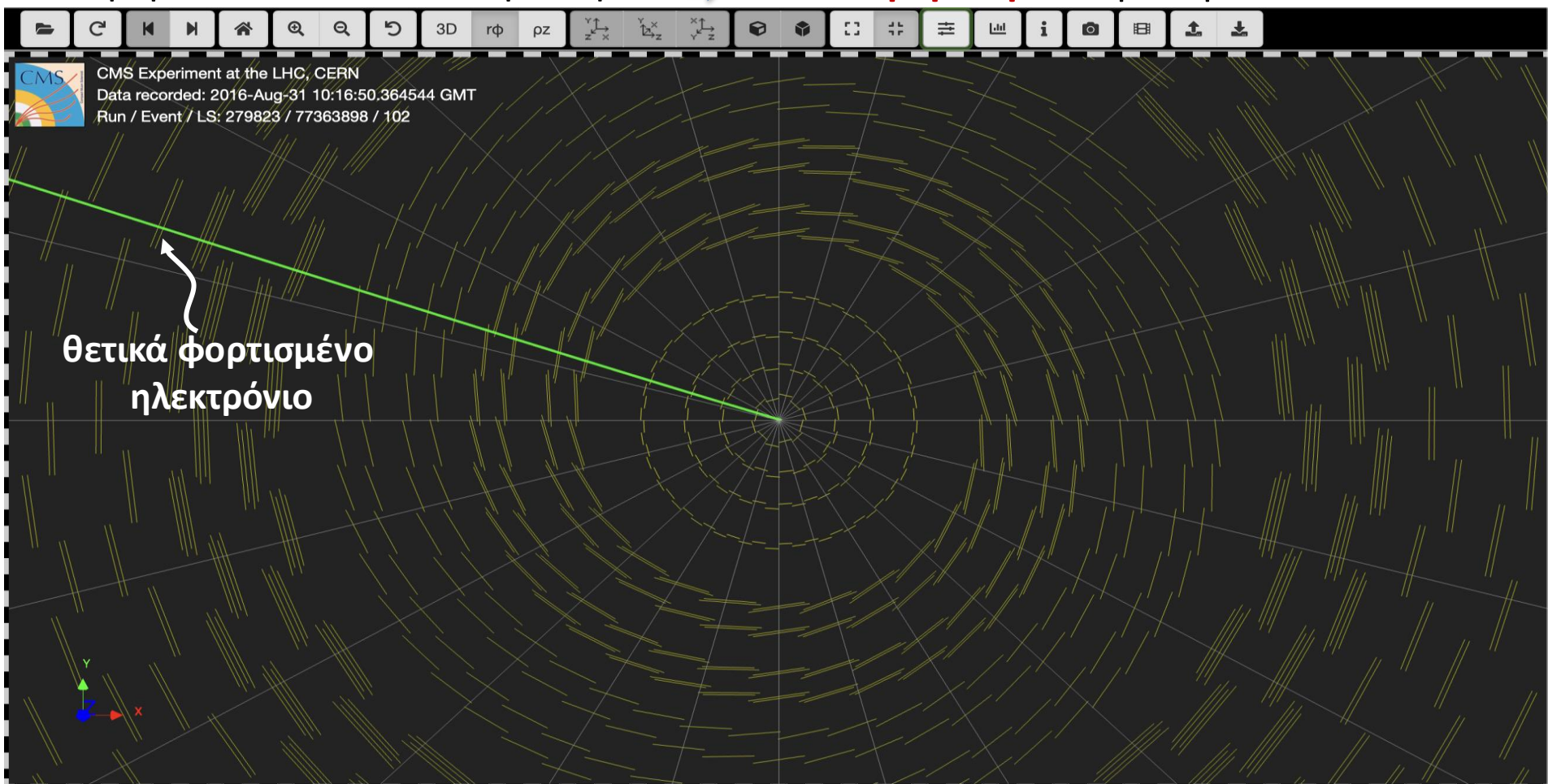
# iSPY-webgl: Τελευταίες Ρυθμίσεις

- ❑ Στην άσκηση θα πρέπει να αναγνωρίσετε τα λεπτόνια και να βρείτε το φορτίο τους με βάση την καμπύλωση της τροχιάς τους στο μαγνητικό πεδίο
- ❑ Σωματίδια με **θετικό φορτίο** καμπυλώνουν **σύμφωνα** με τη **φορά των δεικτών του ρολογιού**
- ❑ Σωματίδια με **αρνητικό φορτίο** καμπυλώνουν **αντίθετα**



# iSPY-webgl: Ταυτοποίηση γεγονότων

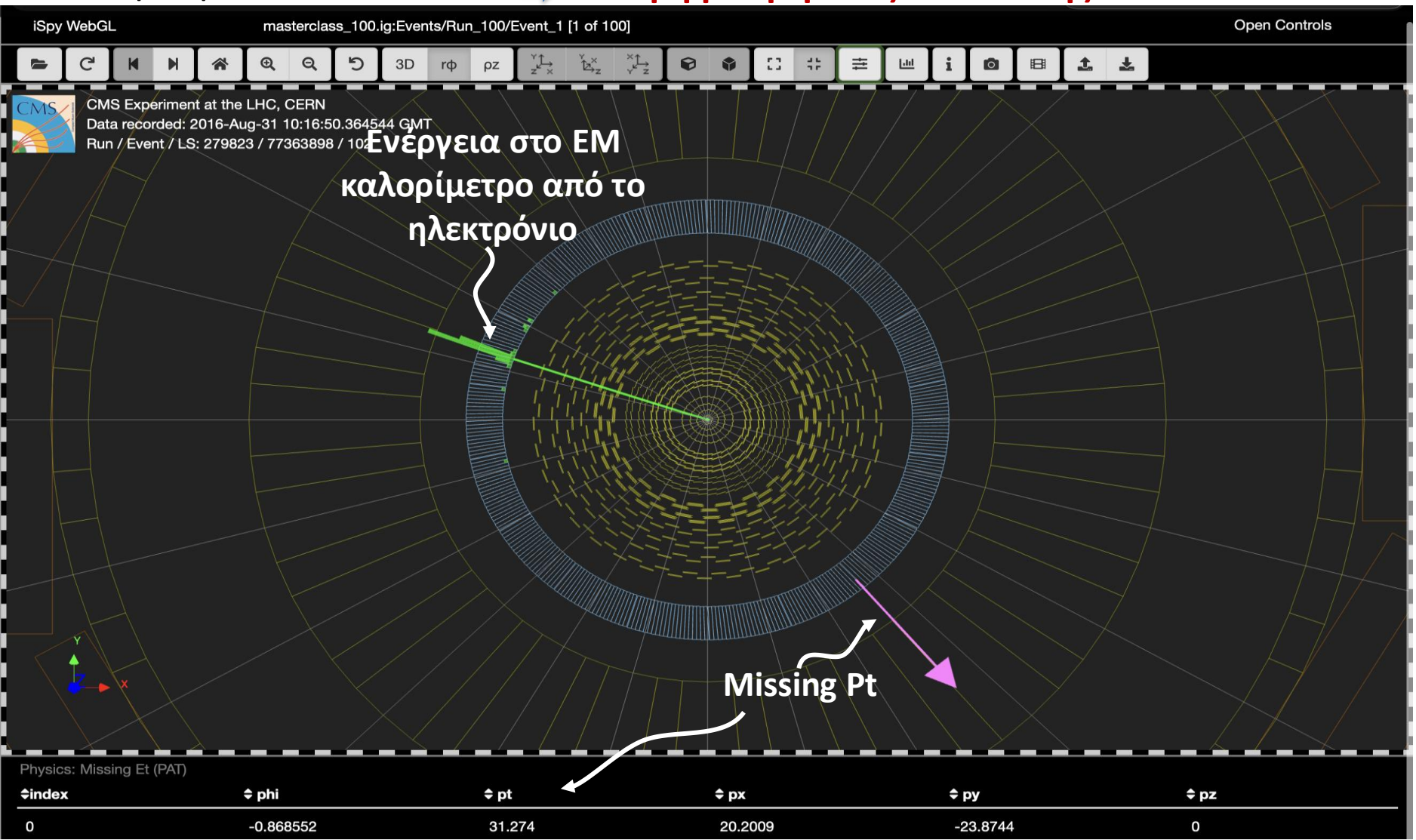
- ❑ Στο γεγονός υπάρχει τροχιά ηλεκτρονίου (πράσινη τροχιά είναι ηλεκτρόνιο)
- ❑ Η τροχιά φαίνεται να αποκλίνει από τον οδηγό των τροχιών σύμφωνα με τη φορά των δεικτών του ρολογιού → **Θετικά φορτισμένο** ηλεκτρόνιο



↕ index	↕ pt	↕ eta	↕ phi	↕ charge	↕ pos	↕ dir	↕ electronId
0	58.8853	-1.31523	2.82976		0.000568947,0.00107665,0.0226138	-56.0455,18.0662,-101.788	
1	0.0375106	-2.06903	2.52143		-0.018285,-0.0287166,-0.112443	-0.0305255,0.0217999,-0.146119	

# iSPY-webgl: Ταυτοποίηση γεγονότων

- ❑ Στο γεγονός υπάρχει αρκετά μεγάλη Missing Et ➡ **υπάρχει νεutrino**
- ❑ Στο γεγονός δεν υπάρχει κάποιο άλλο λεπτόνιο
- ❑ Ξέρουμε ότι  $W \rightarrow e - \nu$  ➡ **Υποψήφιο γεγονός διάσπασης  $W^+$**



# Καταχώρηση στο φύλλο εργασίας

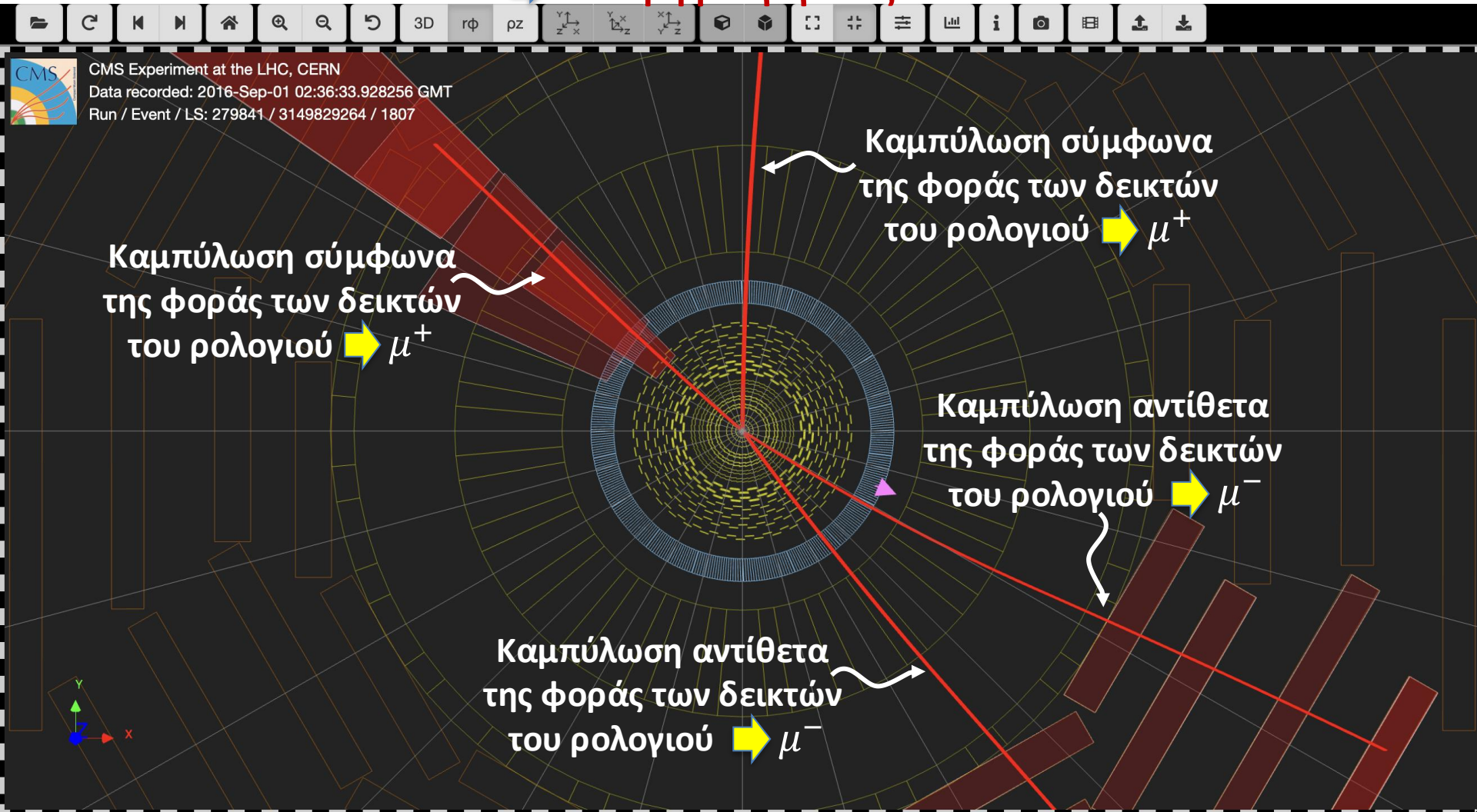
- Επιστρέφουμε στο excel φύλλο εργασίας για την καταχώρηση του είδους των γεγονότων
  - Επιλέγουμε ότι η τελική κατάσταση περιέχει ηλεκτρόνιο και νευτρίνο (e-ν)
  - Το ηλεκτρόνιο είναι θετικό και επομένως έχουμε  $W^+$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1			Final State							Primary State				
2	Dataset	Event	e-ν	μ-ν	e-e	μ-μ	4e	4 μ	2 e 2 μ	W+	W-	NP (Z,H)	?	Mass [GeV]
4903	100	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4904		2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4905		3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4906		4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4907		5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

- Επιστρέφουμε στο iSpry-webGL για να φορτώσουμε το επόμενο γεγονός

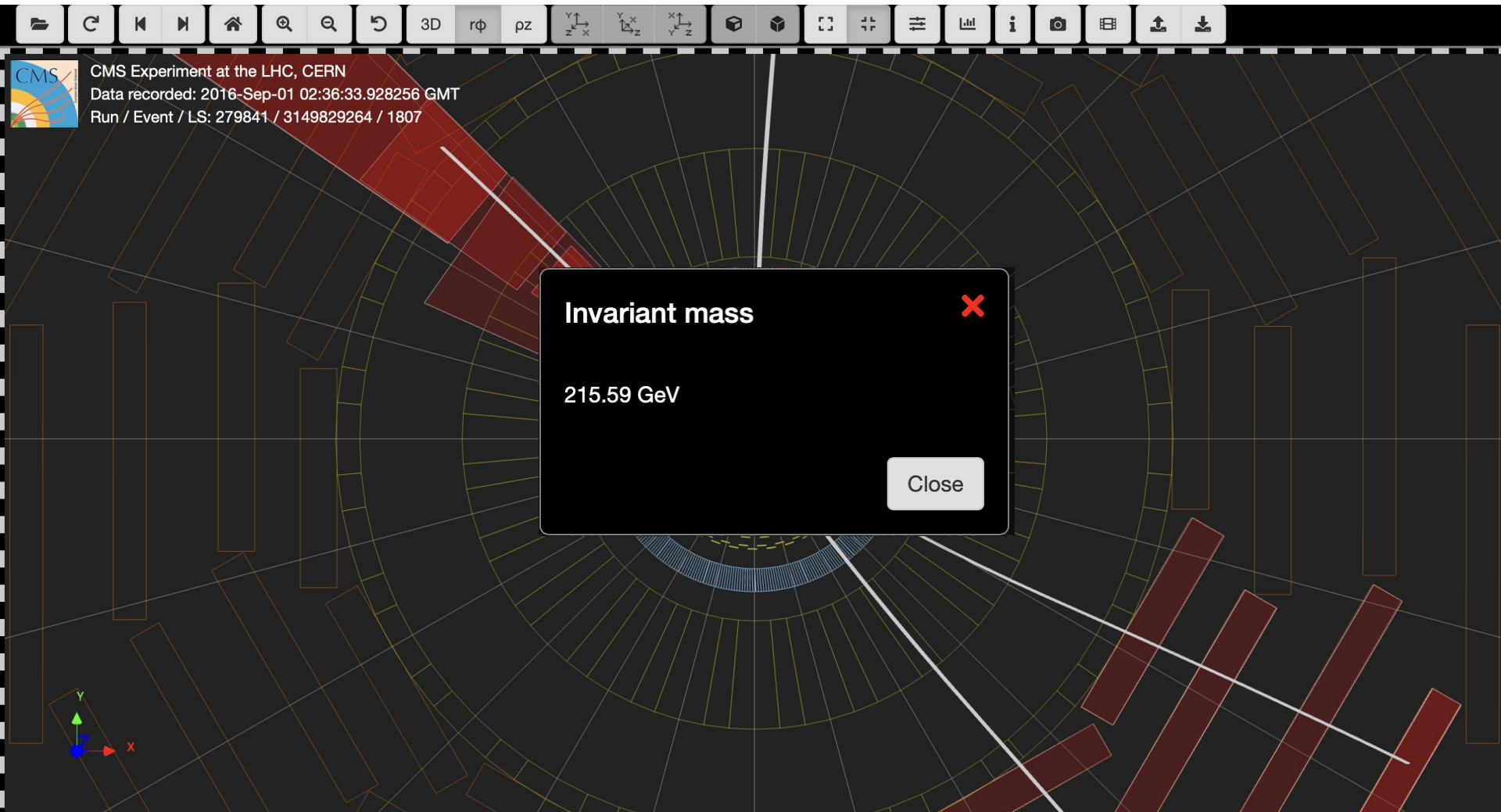
# iSPY-webgl: Ταυτοποίηση γεγονότων

- ❑ Στο 2<sup>ο</sup> γεγονός υπάρχουν 4 μίονια → **κόκκινες τροχιές** είναι τροχιές μιονίων
- ❑ Δύο θετικά και δύο αρνητικά φορτισμένα μίονια → **Συνολικά μηδενικό φορτίο**
- ❑ Ξέρουμε ότι  $Z^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$  → **Πιθανώς παραγωγή ζεύγους  $Z^0$**   
→ **Υποψήφιο γεγονός  $H^0 \rightarrow ZZ$**



# iSPY-webgl: Ταυτοποίηση γεγονότων

- ❑ Για γεγονότα που έχουν μηδενικό συνολικά φορτίο θα υπολογίσουμε την αναλλοίωτη μάζα των προϊόντων της διάσπασης
- ❑ Κάνουμε click πάνω από κάθε τροχιά ώστε να γίνουν γκριζου χρώματος
- ❑ Πιέζοντας **<control>-M** εμφανίζεται η μάζα του διασπώμενου σωματιδίου



# Καταχώρηση στο φύλλο εργασίας

- ❑ Επιστρέφουμε στο excel φύλλο εργασίας για την καταχώρηση του είδους του γεγονότος
  - Επιλέγουμε ότι η τελική κατάσταση περιέχει 4 μόνια
  - Επιλέγουμε ότι προέρχονται από ουδέτερο σωματίδιο NP (Z, H)
  - Εισάγουμε στη στήλη Mass τη μάζα που βρήκαμε (215.59GeV)

	A	B	Final State						Primary State				N	
1	Dataset	Event	e-v	μ-v	e-e	μ-μ	4e	4 μ	2 e 2 μ	W+	W-	NP (Z,H)	?	Mass [GeV]
4903	100	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4904		2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	215.59
4905		3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4906		4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4907		5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

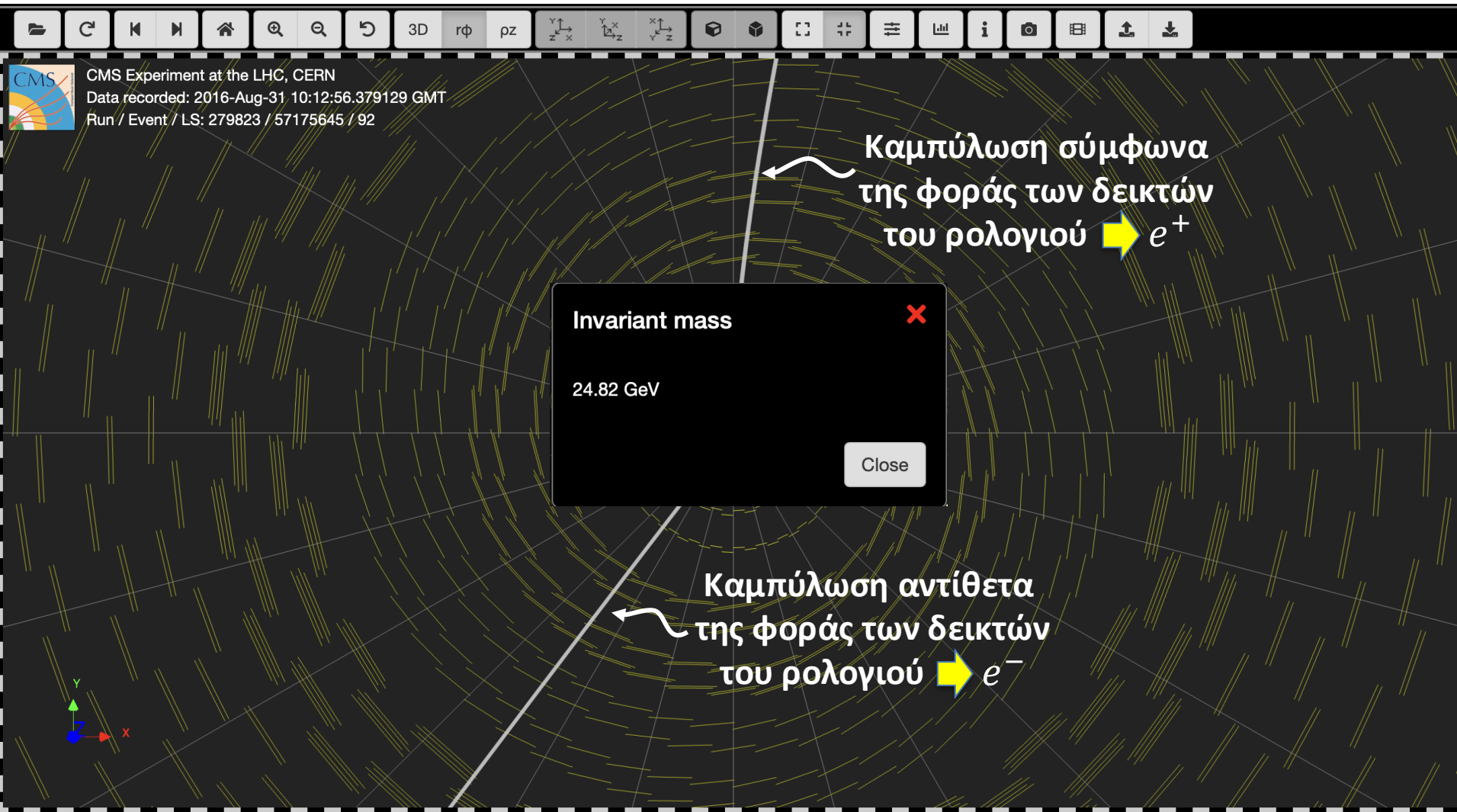
- ❑ Επιστρέφουμε στο iSpry-webGL για να φορτώσουμε το επόμενο γεγονός

# iSPY-webgl: Ταυτοποίηση γεγονότων

❑ Στο 2<sup>ο</sup> γεγονός υπάρχουν 2 ηλεκτρόνια, ένα θετικό και ένα αρνητικό

➤ Συνολικά μηδενικό φορτίο

❑ Υποψήφιο γεγονός  $Z^0 \rightarrow e^+ e^-$  ? ➔ **Εξέταση της μάζας του ζεύγους των e**



# Καταχώρηση στο φύλλο εργασίας

- ❑ Επιστρέφουμε στο excel φύλλο εργασίας για την καταχώρηση του είδους του γεγονότος
  - Επιλέγουμε ότι η τελική κατάσταση περιέχει 2 ηλεκτρόνια
  - Επιλέγουμε ότι προέρχονται από ουδέτερο σωματίδιο NP (Z, H)
  - Εισάγουμε στη στήλη Mass τη μάζα που βρήκαμε (24.82GeV)

	A	B	Final State							Primary State				N
1														
2	Dataset	Event	e-v	μ-v	e-e	μ-μ	4e	4 μ	2 e 2 μ	W+	W-	NP (Z,H)	?	Mass [GeV]
4903	100	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4904		2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	215.59
4905		3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	24.82
4906		4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4907		5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4908		6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4909		7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

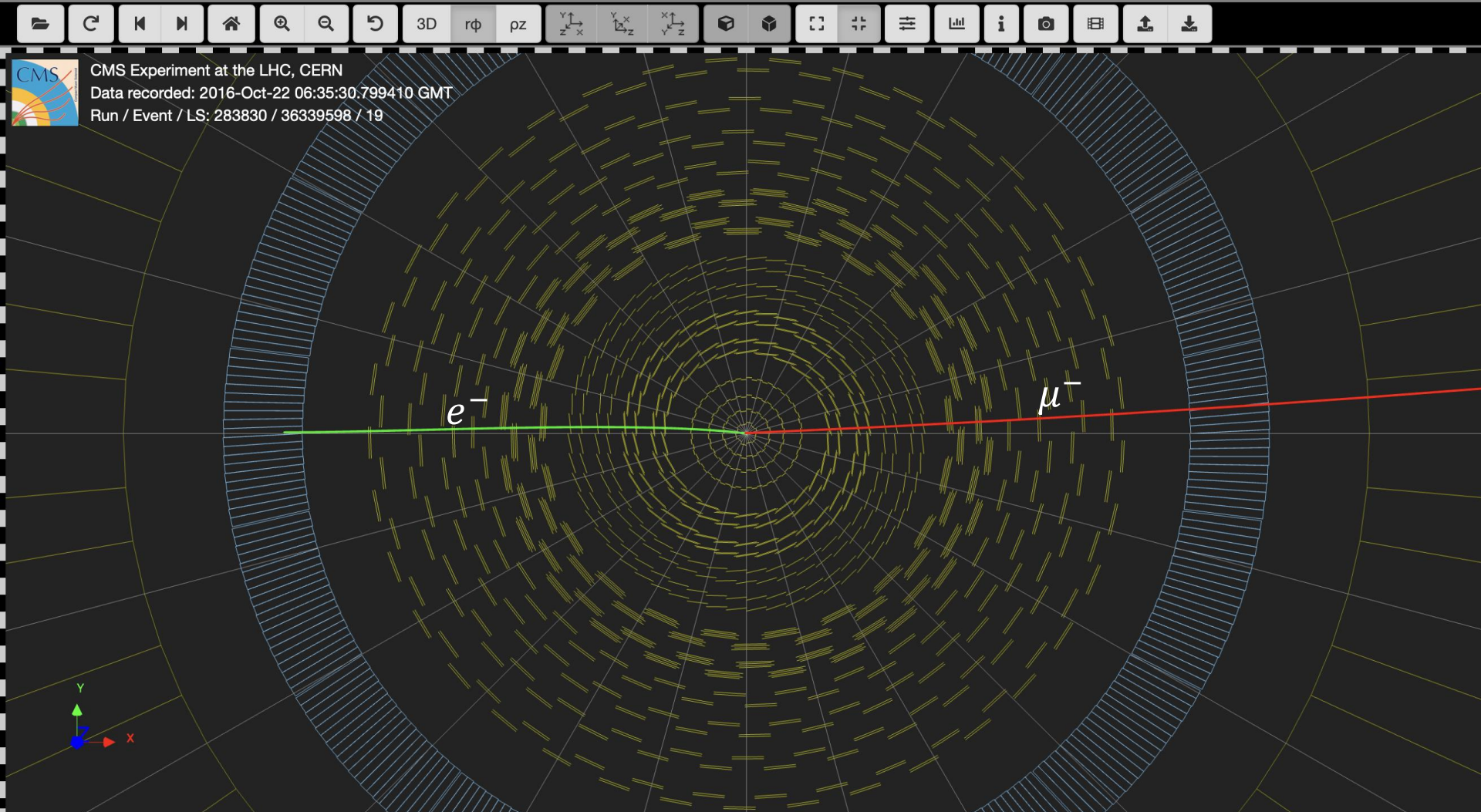
- ❑ Επιστρέφουμε στο iSpry-webGL για να φορτώσουμε το επόμενο γεγονός

# iSPY-webgl: Ταυτοποίηση γεγονότων

☐ 1  $e^-$  και 1  $\mu^-$  ενώ υπάρχει και αρκετή missing Pt

☐ Δύο λεπτόνια διαφορετικού είδους και ίδιου φορτίου

➔ Θα μπορούσε να είναι παραγωγή **2 W σωματιδίων** ή κάτι εξωτικό ?



# Καταχώρηση στο φύλλο εργασίας

Επιστρέφουμε στο excel φύλλο εργασίας για την καταχώρηση του είδους του γεγονότος

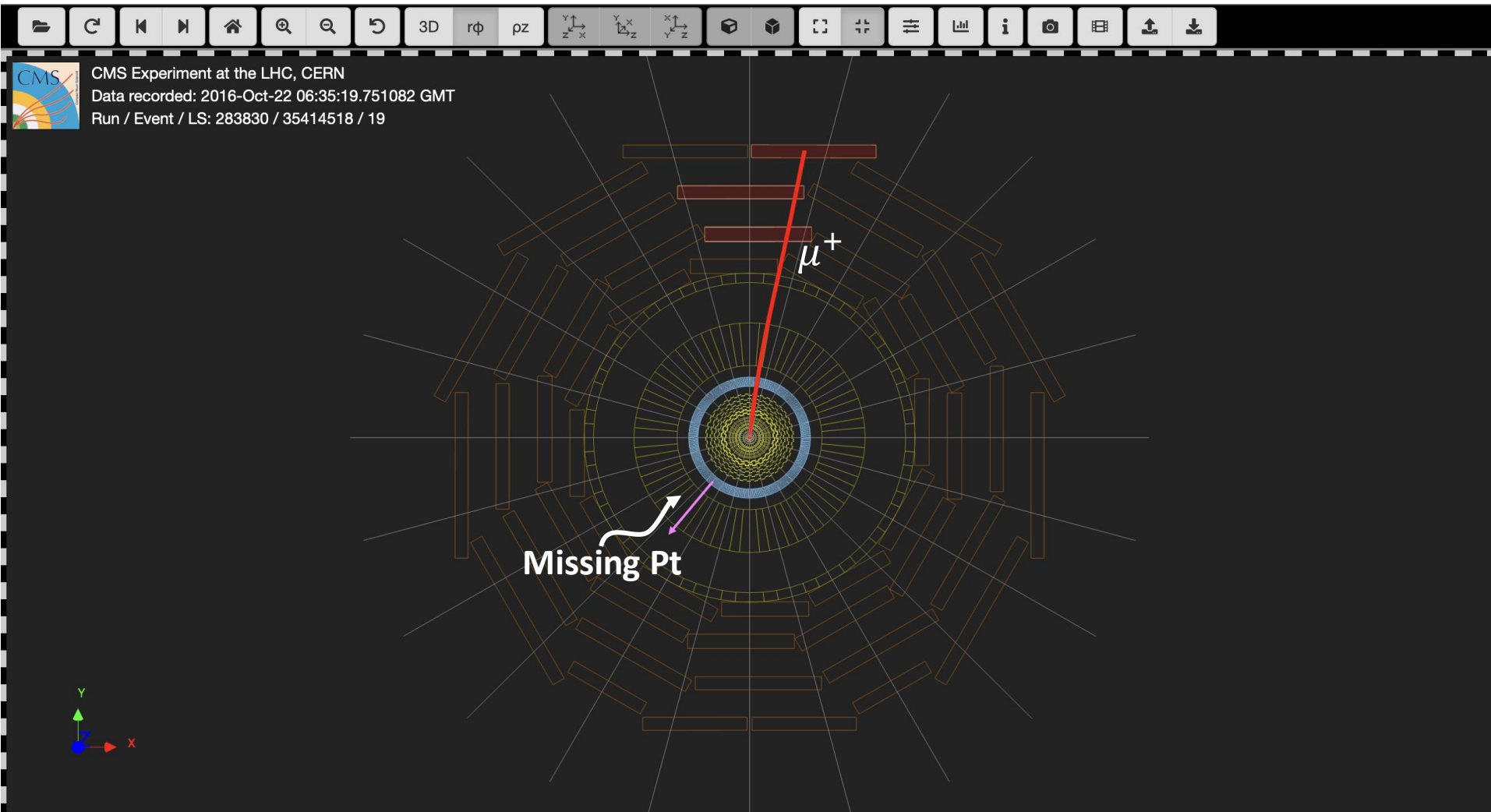
➤ Δεν υπάρχει κάποια κατηγορία οπότε το κατατάσσουμε ως ?

	A	B	Final State							Primary State				N
1	Dataset	Event	e-v	$\mu$ -v	e-e	$\mu$ - $\mu$	4e	4 $\mu$	2 e 2 $\mu$	W+	W-	NP (Z,H)	?	Mass [GeV]
4903	100	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4904		2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	215.59
4905		3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	24.82
4906		4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4907		5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4908		6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4909		7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Επιστρέφουμε στο iSrg-webGL για να φορτώσουμε το επόμενο γεγονός

# iSPY-webgl: Ταυτοποίηση γεγονότων

- ❑ Στο γεγονός υπάρχει  $1 \mu^+$  και κανένα άλλο λεπτόνιο
- ❑ Στο γεγονός υπάρχει αρκετά μεγάλη Missing Et  $\rightarrow$  υπάρχει νεutrino
- ❑ Ξέρουμε ότι  $W \rightarrow \mu - \nu$   $\rightarrow$  Υποψήφιο γεγονός διάσπασης  $W^+$



# Καταχώρηση στο φύλλο εργασίας

□ Επιστρέφουμε στο excel φύλλο εργασίας για την καταχώρηση του είδους του γεγονότος

➤ Υπάρχει  $\mu^+ - \nu$

➤ Διάσπαση  $W^+$

	A	B	Final State							Primary State				N
2	Dataset	Event	e- $\nu$	$\mu$ - $\nu$	e-e	$\mu$ - $\mu$	4e	4 $\mu$	2 e 2 $\mu$	W+	W-	NP (Z,H)	?	Mass [GeV]
4903	100	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4904		2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	215.59
4905		3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	24.82
4906		4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4907		5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4908		6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4909		7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4910		8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4911		9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4912		10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4913		11	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4914		12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

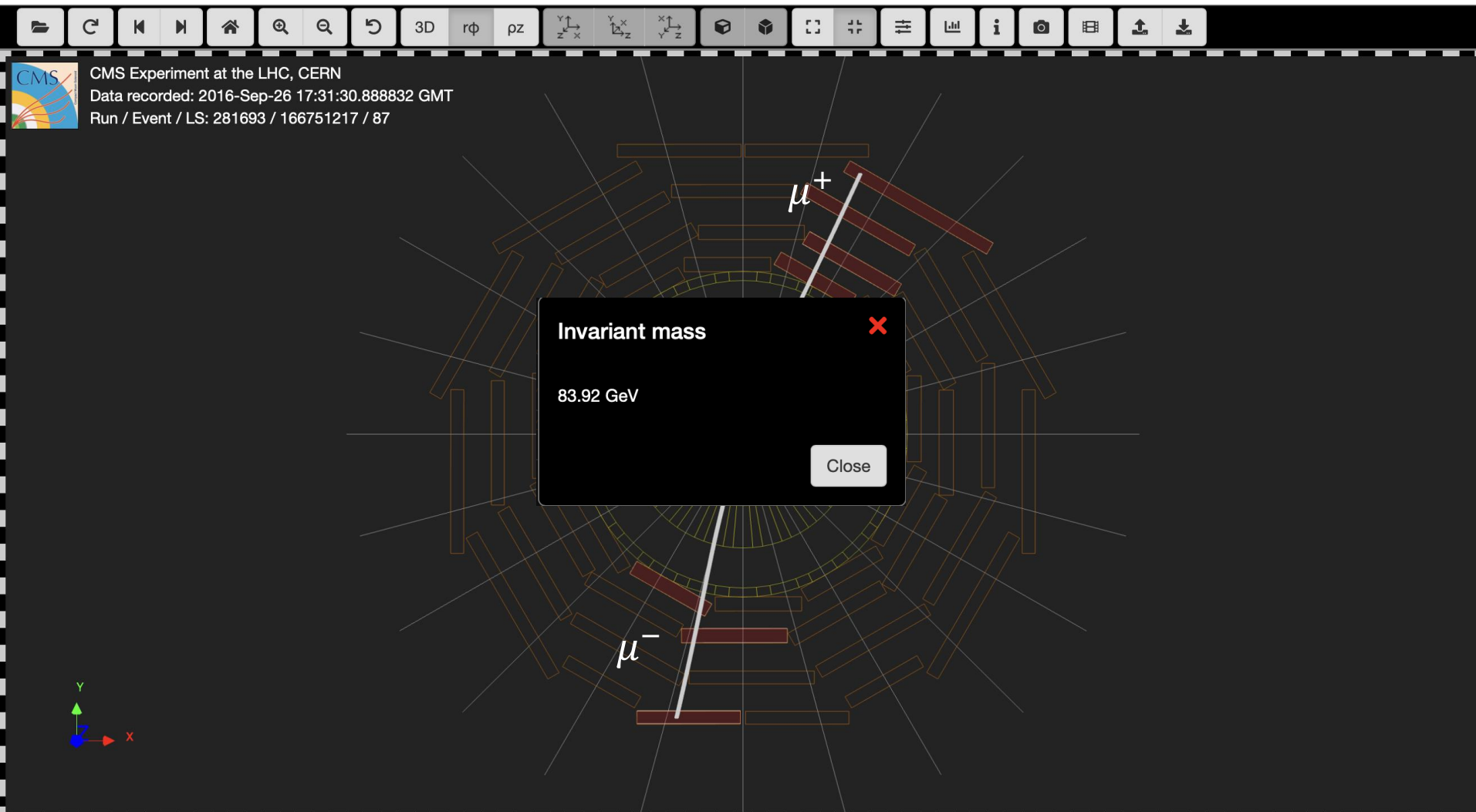
□ Επιστρέφουμε στο iSpry-webGL για να φορτώσουμε το επόμενο γεγονός

# iSPY-webgl: Ταυτοποίηση γεγονότων

☐ Στο 2<sup>ο</sup> γεγονός υπάρχουν 2 μόνια, ένα θετικό και ένα αρνητικό

➤ Συνολικά μηδενικό φορτίο

☐ Υποψήφιο γεγονός  $Z^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$  ? ➔ **Εξέταση της μάζας του ζεύγους των  $\mu$**



# Καταχώρηση στο φύλλο εργασίας

- ❑ Επιστρέφουμε στο excel φύλλο εργασίας για την καταχώρηση του είδους του γεγονότος
  - Επιλέγουμε ότι η τελική κατάσταση περιέχει 2 ηλεκτρόνια
  - Επιλέγουμε ότι προέρχονται από ουδέτερο σωματίδιο NP (Z, H)
  - Εισάγουμε στη στήλη Mass τη μάζα που βρήκαμε (24.82GeV)

	A	B	Final State							Primary State				N
1			e-v	μ-ν	e-e	μ-μ	4e	4 μ	2 e 2 μ	W+	W-	NP (Z,H)	?	Mass [GeV]
4903	100	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4904		2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	215.59
4905		3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	24.82
4906		4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4907		5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4908		6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4909		7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4910		8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4911		9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4912		10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4913		11	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4914		12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4915		13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4916		14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	83.92
4917		15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4918		16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4919		17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

- ❑ Επιστρέφουμε στο iSpry-webGL για να φορτώσουμε το επόμενο γεγονός

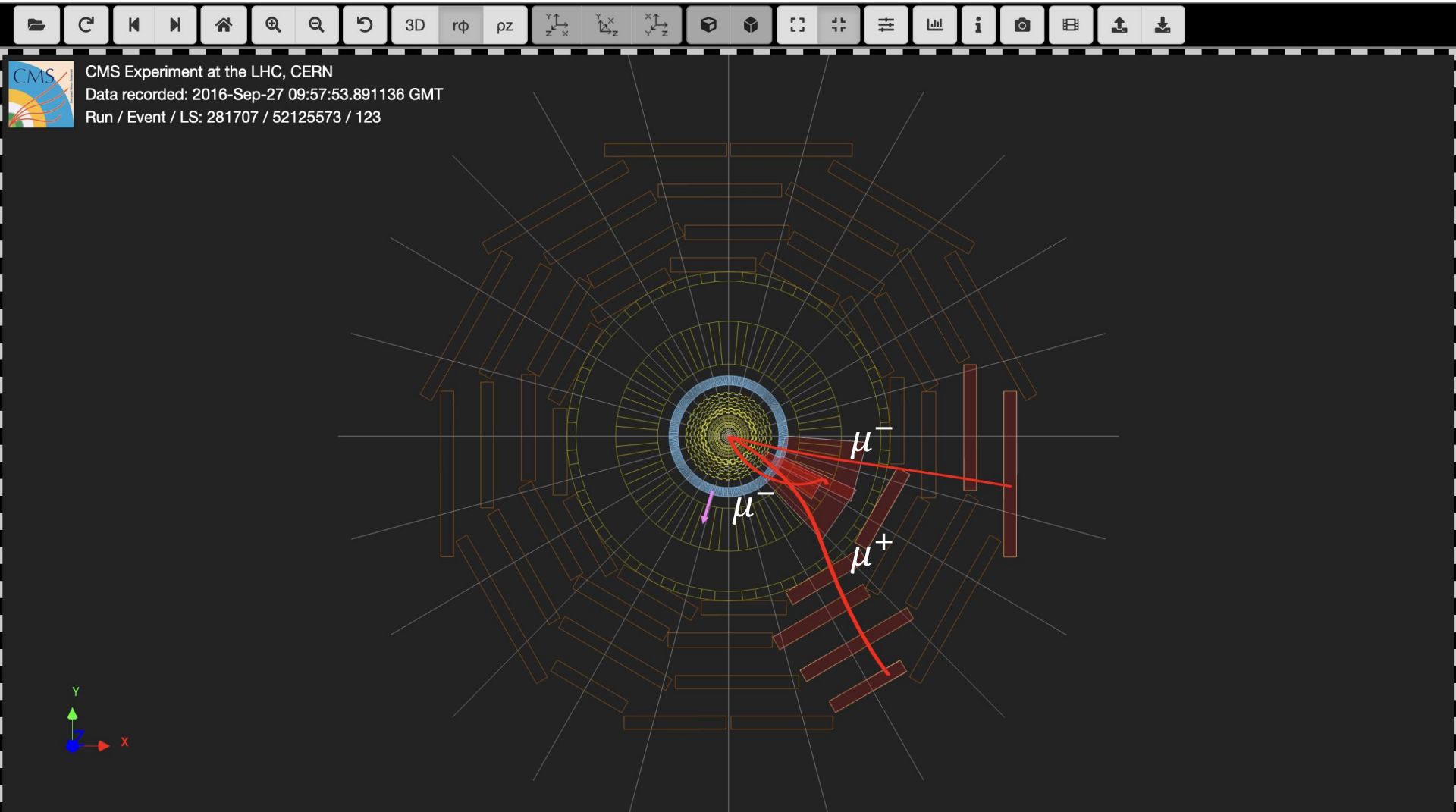
# iSPY-webgl: Ταυτοποίηση γεγονότων

❑ Στο 2<sup>ο</sup> γεγονός υπάρχουν 3 μίονια!!

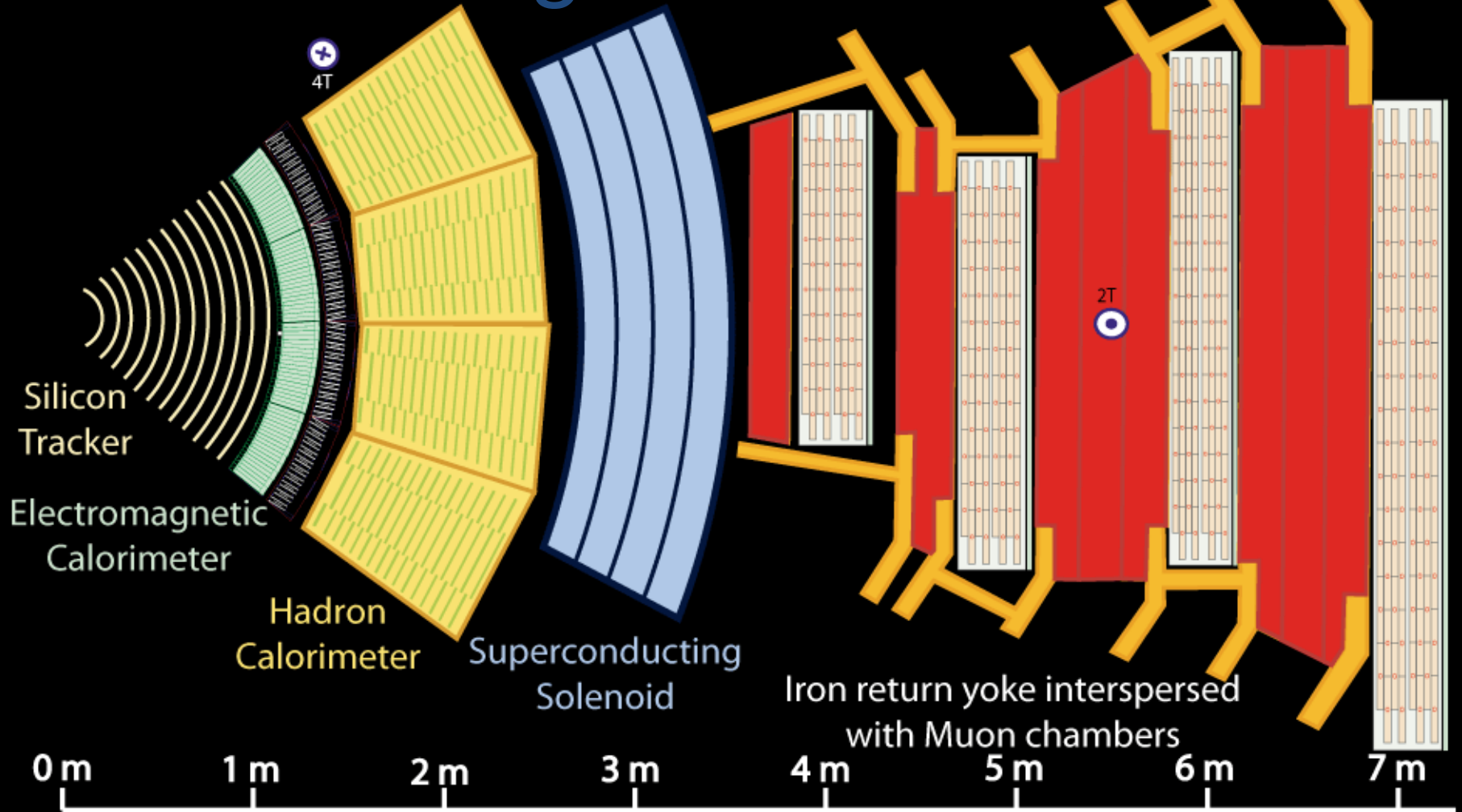
➤ Συνολικά μη μηδενικό φορτίο

❑ Υποψήφιο γεγονός παραγωγής  $W + Z^0 \rightarrow \mu^+ \nu + \mu^+ \mu^-$  ?

➔ ? κατηγορία



# A slice through the CMS detector



Key:

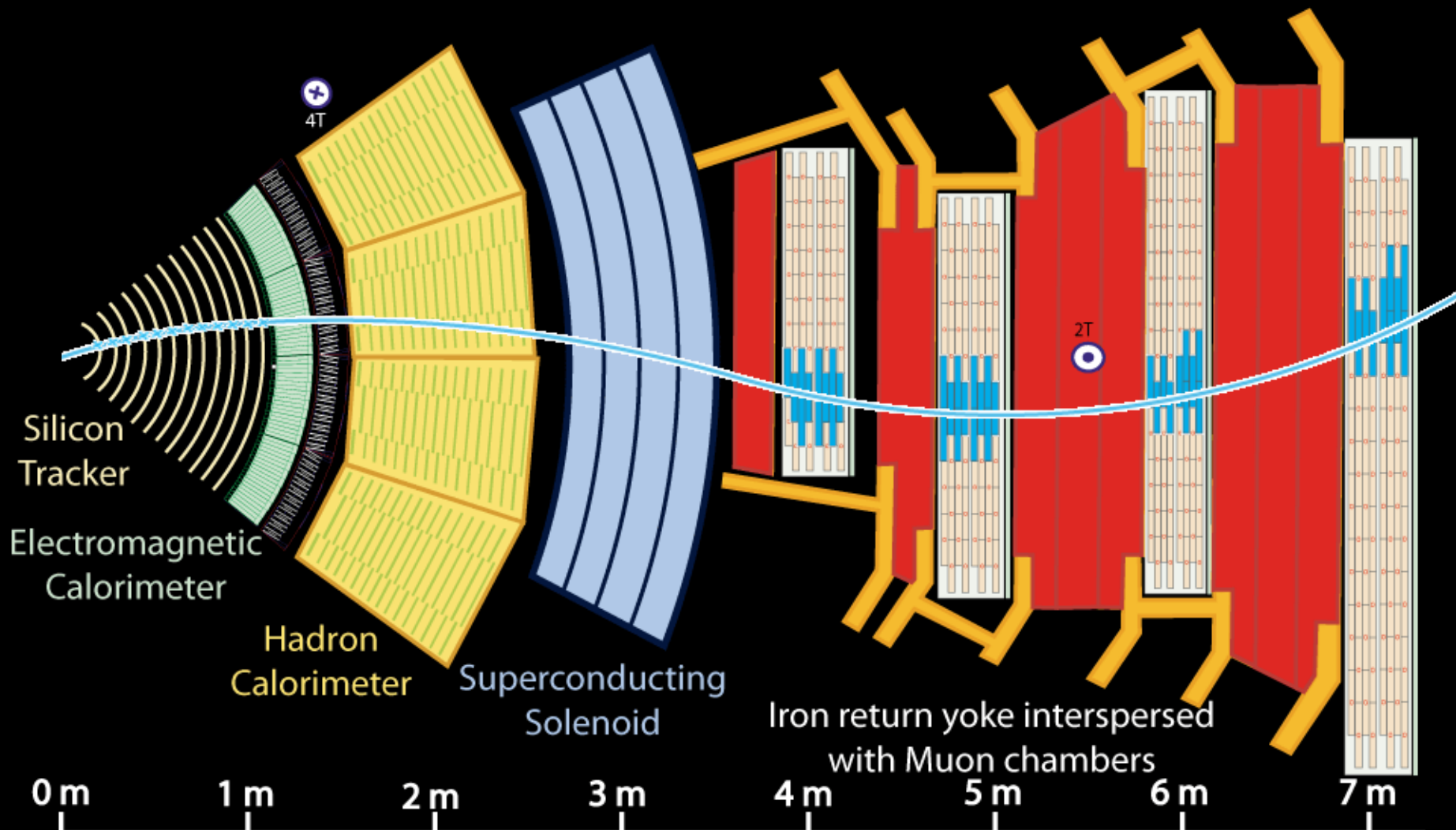
— Muon

— Electron

— Charged Hadron (e.g. Pion)

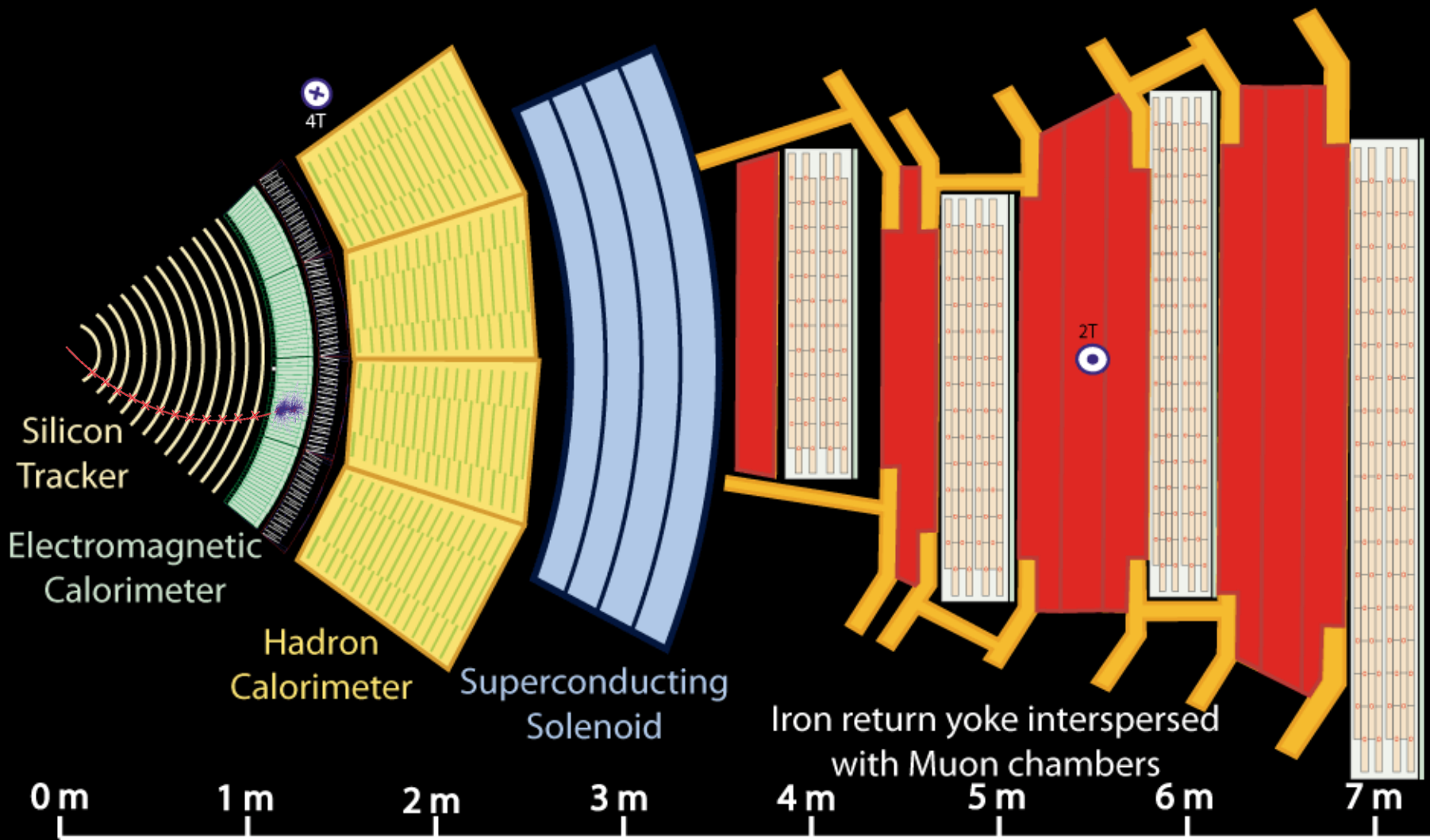
- - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)

- - - Photon



Key:

- Muon
- Electron
- Charged Hadron (e.g. Pion)
- - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)
- - - Photon



Key:

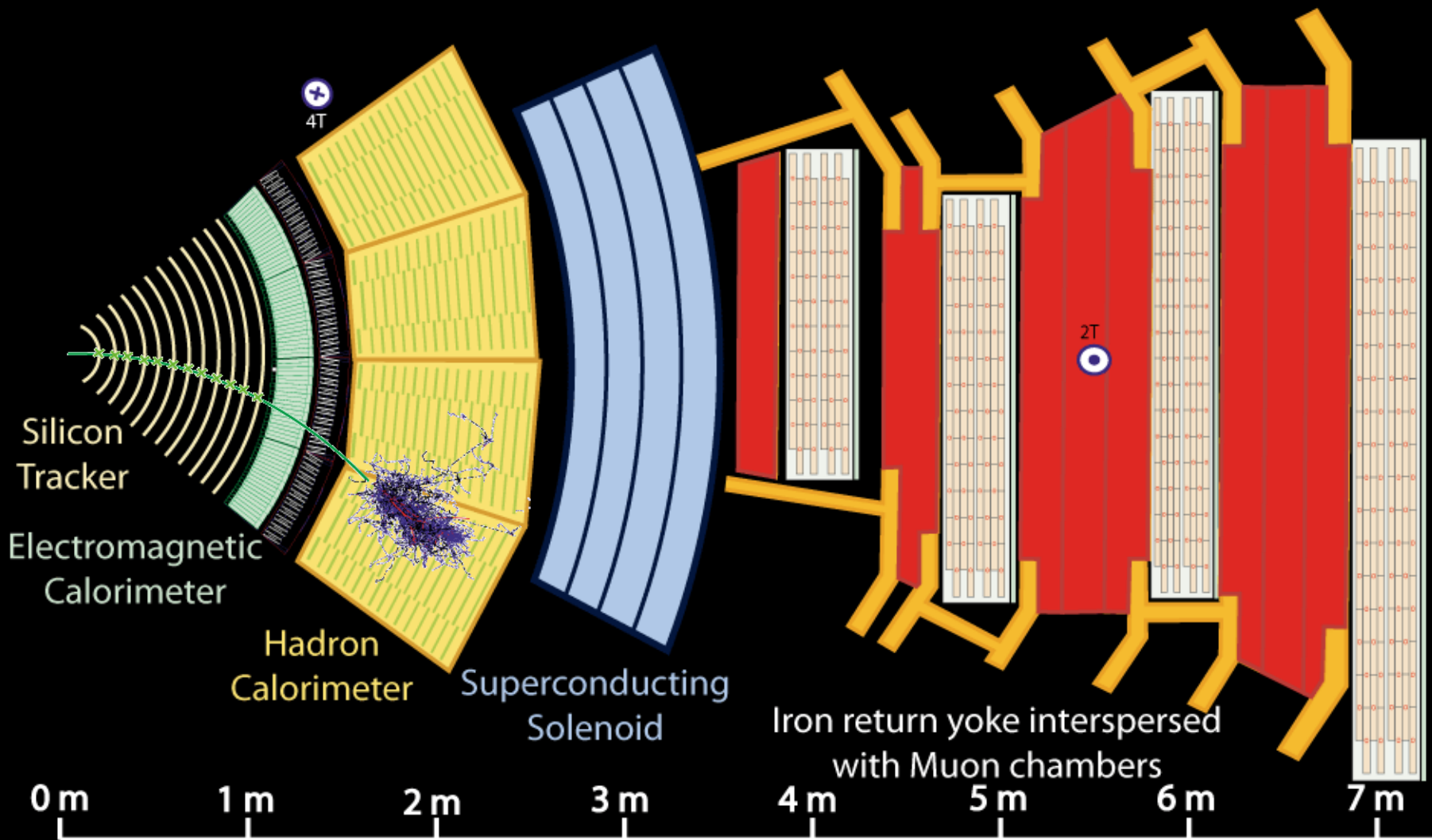
— Muon

— Electron

— Charged Hadron (e.g. Pion)

- - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)

- - - Photon



Key:

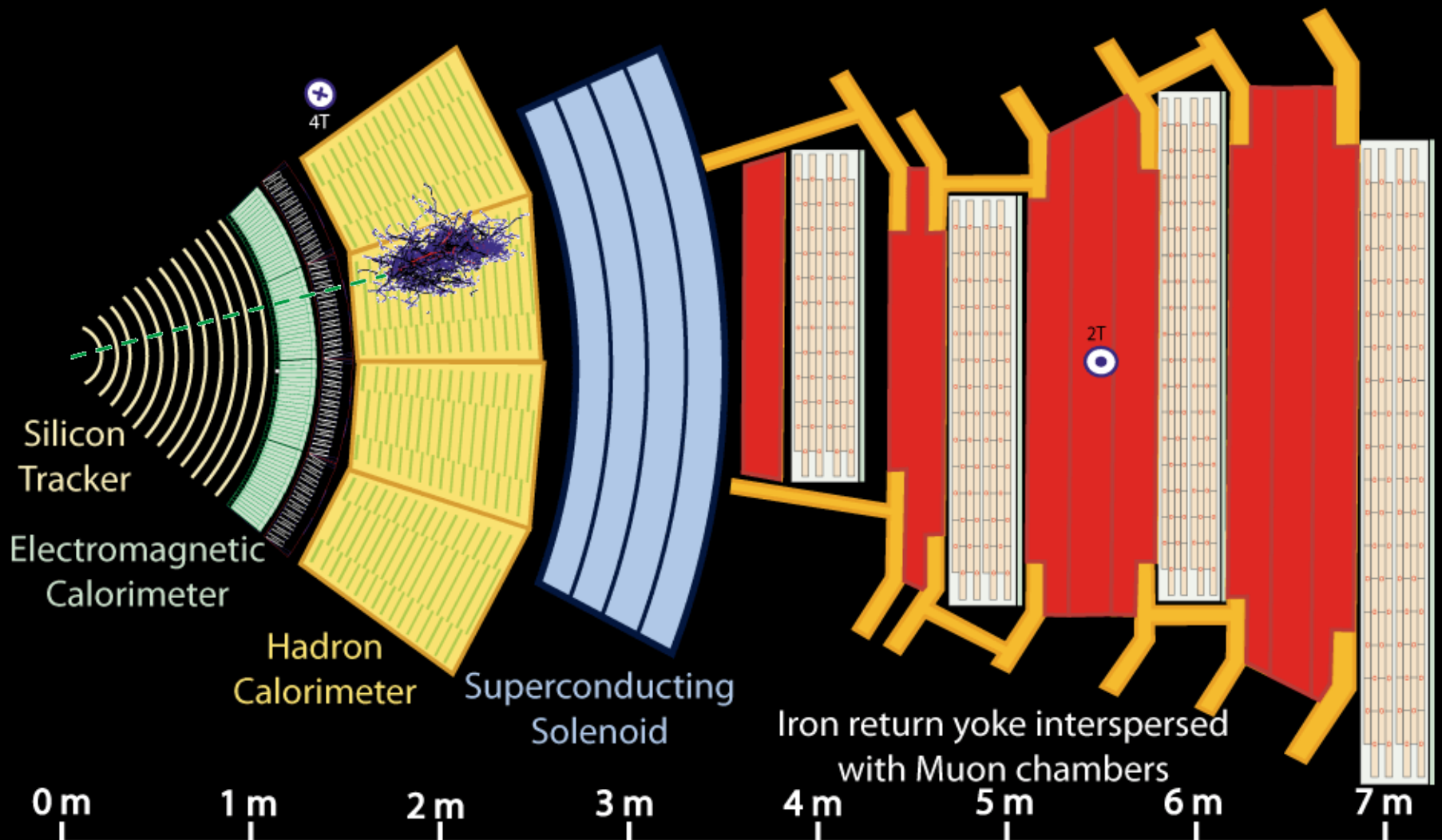
— Muon

— Electron

— Charged Hadron (e.g. Pion)

- - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)

- - - Photon



Key:

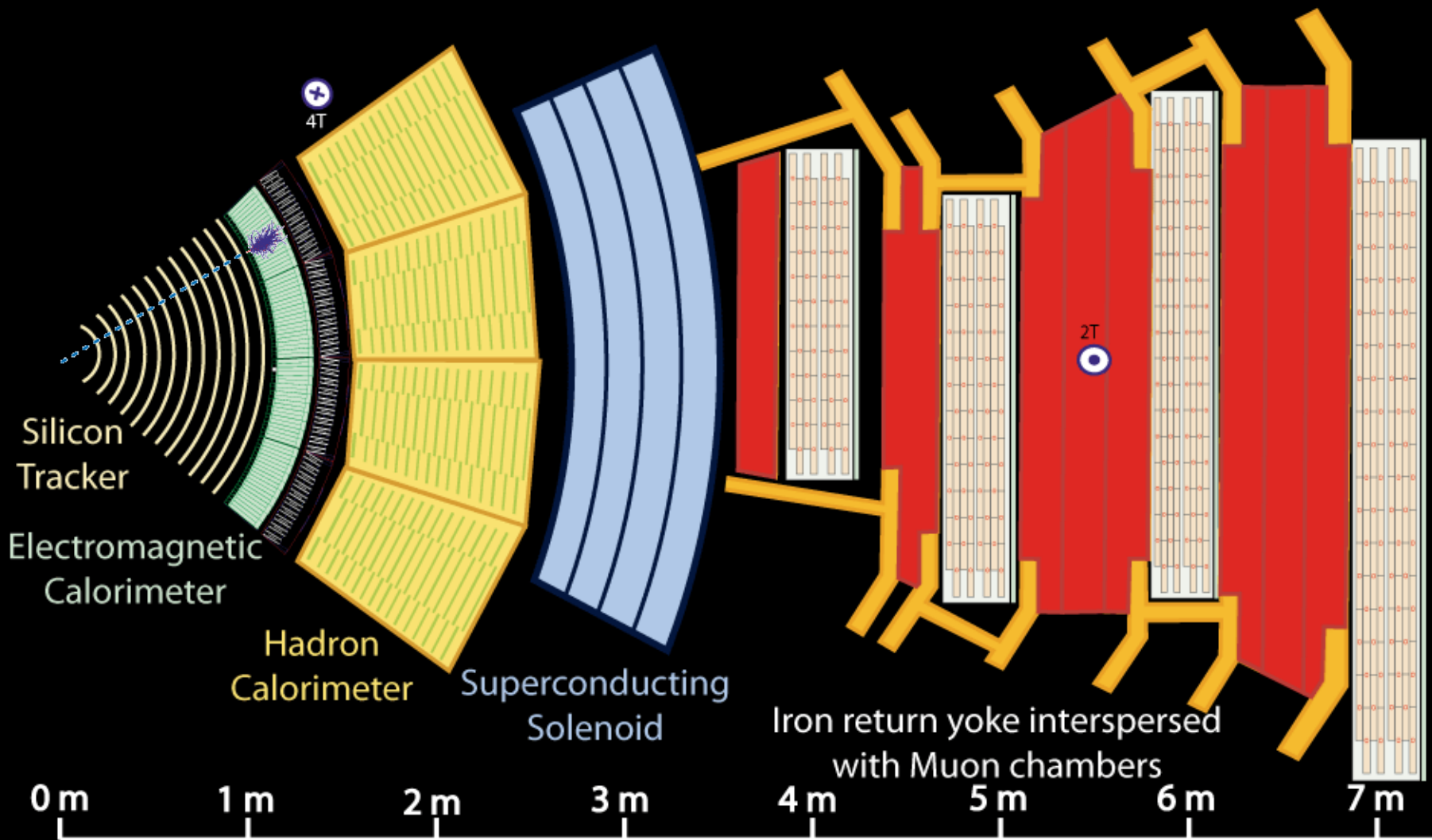
— Muon

— Electron

— Charged Hadron (e.g. Pion)

- - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)

- - - Photon



Key:

— Muon

— Electron

— Charged Hadron (e.g. Pion)

- - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)

- - - Photon