

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

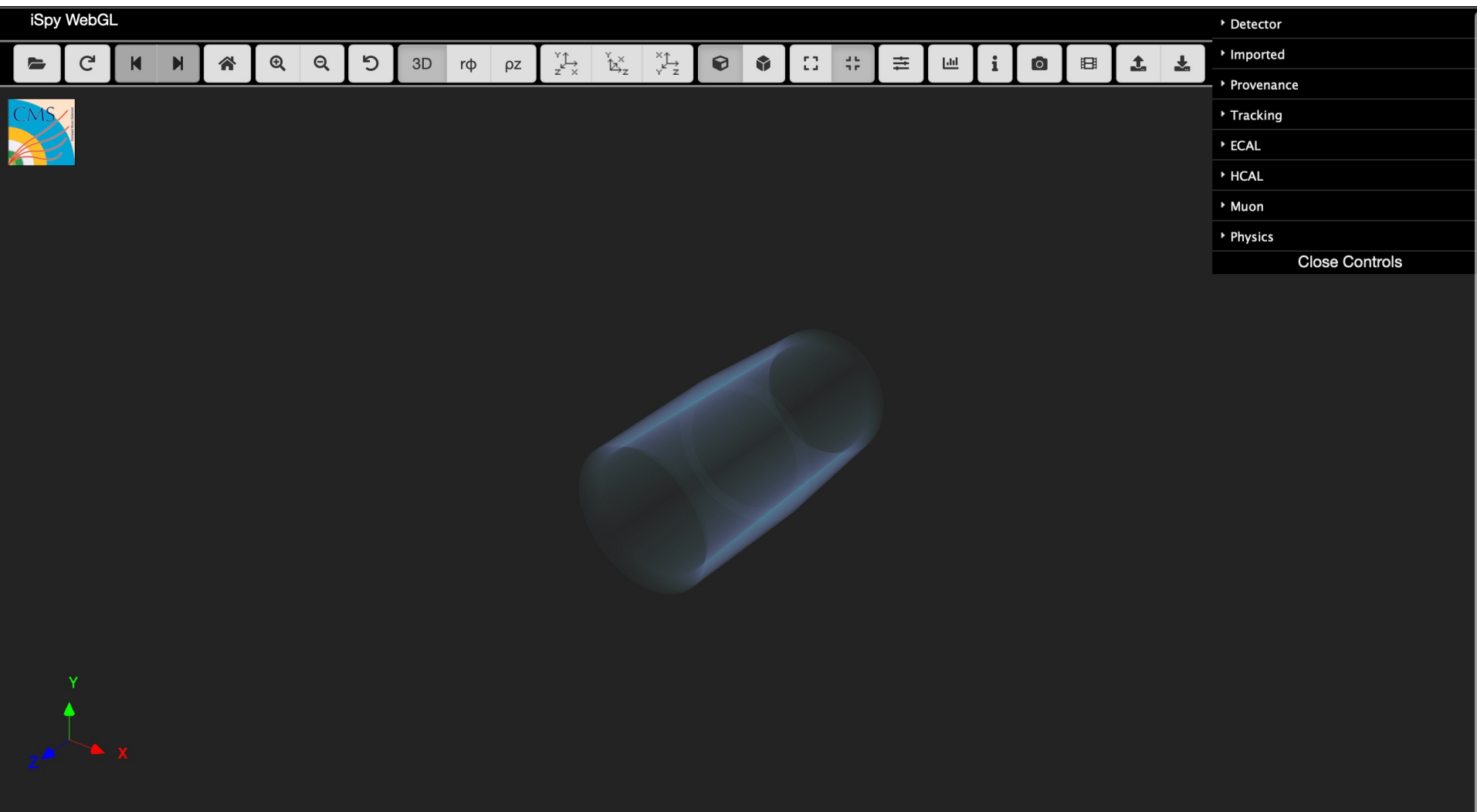
Data Analysis

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 Campostela , 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	Jijel , Nicosia , Santiago de Campostela , Pazin , Perugia	CERN-27Feb2026

iSPY-webgl: Το πρόγραμμα απεικόνισης



iSPY-webgl: Το πρόγραμμα απεικόνισης

Επιλογή δεδομένων



The image shows the iSpy WebGL interface. At the top, there is a toolbar with various icons for navigation and interaction. The first icon, representing a file or folder, is circled in orange. Below the toolbar is a dark 3D rendering area containing a semi-transparent blue cylindrical detector model. On the right side, there is a vertical control panel with a list of expandable categories: Detector, Imported, Provenance, Tracking, ECAL, HCAL, Muon, and Physics. At the bottom of this panel is a 'Close Controls' button. In the bottom-left corner, there is a small 3D coordinate system with red, green, and blue axes labeled x, y, and z respectively.

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_51.ig, που αντιστοιχεί στο Dataset51

iSpy WebGL

Detector

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

Close Controls

Open Event

Files	Events
masterclass_1.ig	
masterclass_2.ig	
masterclass_3.ig	
masterclass_4.ig	
masterclass_5.ig	
masterclass_6.ig	
masterclass_7.ig	

Selected event

Close Load

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 seven masterclass files (masterclass_1.ig to masterclass_7.ig). The 'Events' column lists seven events (Events/Run_100/Event_1 to Events/Run_100/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 two buttons: 'Close' and 'Load'. 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^ο event του αρχείου ➤ Για το επόμενο event πιάστε 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

The screenshot displays the iSpy WebGL interface. At the top, the browser address bar shows the URL: `masterclass_100.ig:Events/Run_100/Event_1 [1 of 100]`. Below the address bar is a toolbar with various icons for navigation and visualization. Three icons are highlighted with colored circles: a yellow circle around the play button, a green circle around the magnifying glass (zoom in), and a blue circle around the 3D coordinate system selector (ZYX). The main area shows a 3D visualization of a particle event, with a central vertex and numerous yellow lines representing tracks. A green arrow points upwards from the vertex. The interface also includes a sidebar on the right with a tree view of detector components: Detector, Imported, Provenance, Tracking, ECAL, HCAL, Muon, and Physics. A 'Close Controls' button is at the bottom of the sidebar. In the bottom left corner, there is a small 3D coordinate system icon with X, Y, and Z axes.

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**

The screenshot displays the iSpy WebGL interface for the CMS experiment. The top bar shows the URL 'masterclass_100.ig:Events/Run_100/Event_1 [1 of 100]' and a toolbar with navigation and visualization controls. The main area features a 3D visualization of a particle detector with a central vertex and numerous yellow tracks radiating outwards. A green track is highlighted. On the right, a 'Close Controls' menu is open, with the 'Tracking' option highlighted in yellow. The bottom left corner shows a 3D coordinate system with x, y, and z axes.

iSpy WebGL masterclass_100.ig:Events/Run_100/Event_1 [1 of 100]

Detector
Imported
Provenance
Tracking
ECAL
HCAL
Muon
Physics
Close Controls

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

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-ΕΠΙΛÉΞΤΕ** το τετραγωνάκι δίπλα στο **show**

The screenshot displays the iSpy WebGL interface for a CMS detector simulation. The main view is a 3D visualization of the detector's inner layers, showing a dense network of yellow tracks originating from the center. A prominent green track is highlighted. The interface includes a top toolbar with navigation and interaction tools, a top-left information panel, and a right-side control panel.

Top Left Information Panel:

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

Right Side Control Panel:

- Detector
- Imported
- Provenance
- Tracking
 - Tracks (reco.)
 - number: 450
 - key: Tracks_V4
 - show:
 - opacity: 0.5
 - min_pt: 1
 - color: #ffff00
- 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 the CMS Experiment at the LHC, CERN. The main view is a 3D visualization of the detector's inner layers, showing concentric rings representing the calorimeters. A green track is visible, extending from the center towards the outer layers. The interface includes a top toolbar with navigation and viewing controls, and a right-hand sidebar with a 'Tracking' menu. The 'Tracking' menu is expanded, showing options for 'Tracks (reco.)' with a list of parameters: number (450), key (Tracks_V4), show (unchecked), opacity (0.5), min_pt (1), and color (#ffff00). The detector components are labeled in Greek: 'Αδρονικό καλορίμετρο' (Hadronic calorimeter) on the left, 'Ανιχνευτής τροχιών' (Track detector) in the center, and 'Ηλεκτρομαγνητικό καλορίμετρο' (Electromagnetic calorimeter) on the right. At the bottom, a table displays track data for two tracks.

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-φ**
- Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε και πάλι το zoom in/out για να δείτε καλύτερα τις τροχιές των ηλεκτρονίων και μιονίων

The screenshot displays the iSpy WebGL interface for the CMS experiment. The main window shows a 3D visualization of the detector's inner layers, with particle tracks (yellow and blue) spiraling outwards from the center. A green line indicates a specific track. The interface includes a top toolbar with navigation and view controls, a left sidebar with event information, and a right sidebar with a hierarchical menu of detector components.

Top Bar: 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: Detector, Imported, Provenance, Tracking, ECAL, HCAL, Muon, Physics, Close Controls

Toolbar: 3D, rφ (highlighted), pz, coordinate axes, zoom in/out, pan, reset, info, camera, screenshot, upload, download

Bottom Left: 3D coordinate axes (x, y, z)

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 pink 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 physics parameters for the "Missing Et (PAT)" object.

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

Μέτρο της missing Pt

Διάνυσμα ελλειμματικής εγκάρσιας ορμής (missing Pt)

Κλείστε το menu

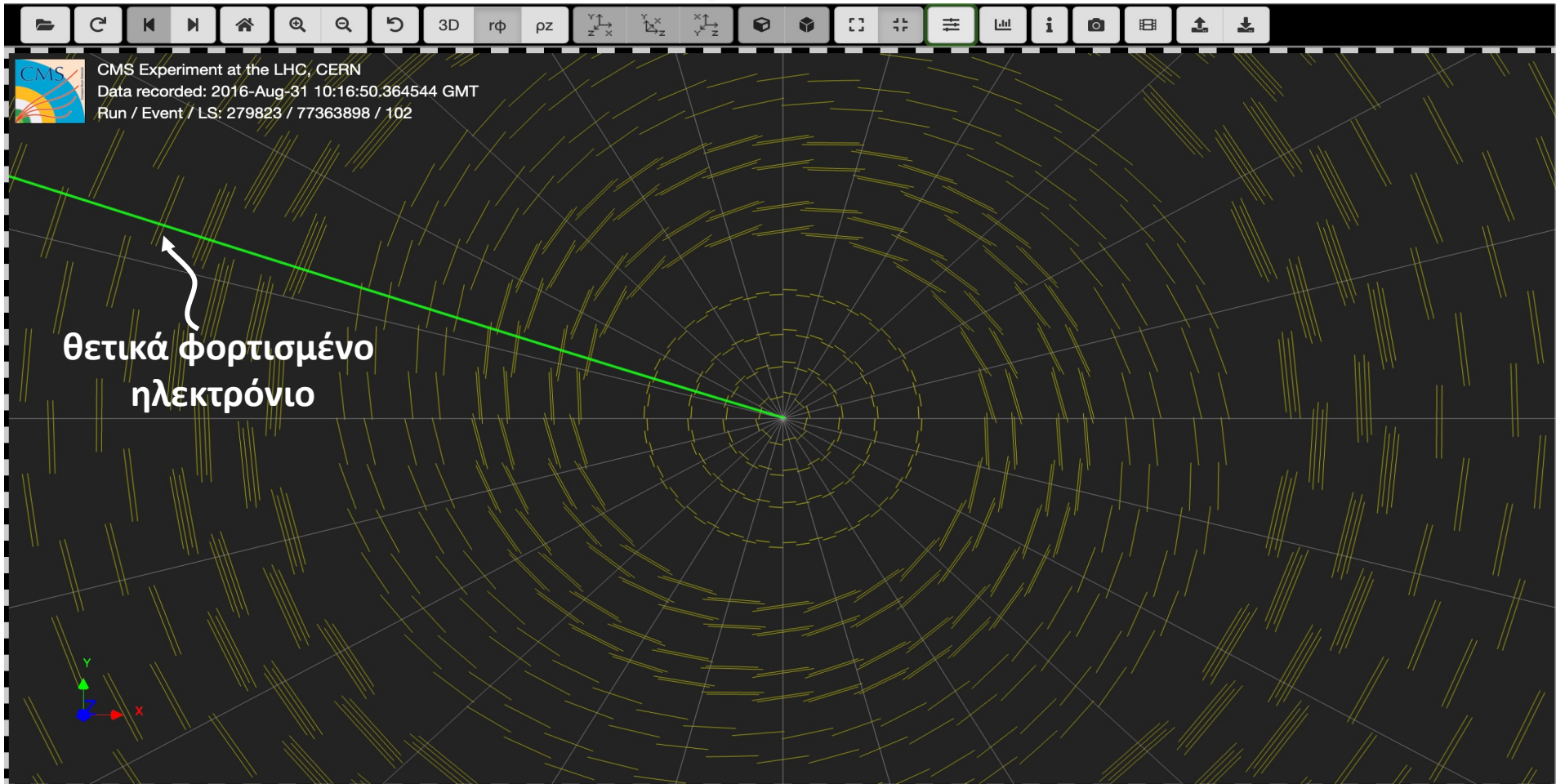
iSPY-webgl: Τελευταίες Ρυθμίσεις

- ❑ 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**

The screenshot shows the iSPY-webgl interface. At the top, there is a toolbar with various icons. A yellow circle highlights the settings icon (a list with a gear). A white arrow points from this icon to the 'Settings' menu. The 'Settings' menu is a dark grey box with a red 'X' in the top right corner. It contains several options: 'Invert colors: ', 'Hide axes: ', 'Show track curvature guide: ', 'Show experiment logo: ', 'Set vertical extent of display: 75 %' (with a slider), 'Set maximum frame rate: 30 fps' (with a slider), and 'Set imported geometry transparency: 0.75' (with a slider). A 'Select renderer' dropdown and a 'Close' button are at the bottom. A yellow circle highlights the 'Show track curvature guide' checkbox, with a white arrow pointing to it from the text 'Επιλέξτε το show track curvature guide'. In the background, a 3D visualization of particle tracks is shown. A white arrow points from the text 'curvature guides' to the tracks. The top left corner of the interface displays 'CMS Experiment at the LHC, CERN', 'Data recorded: 2016-Aug-31 10:16:50.364544 GMT', and 'Run / Event / LS: 279823 / 77363898 / 102'. A 3D coordinate system is visible in the bottom left corner.

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

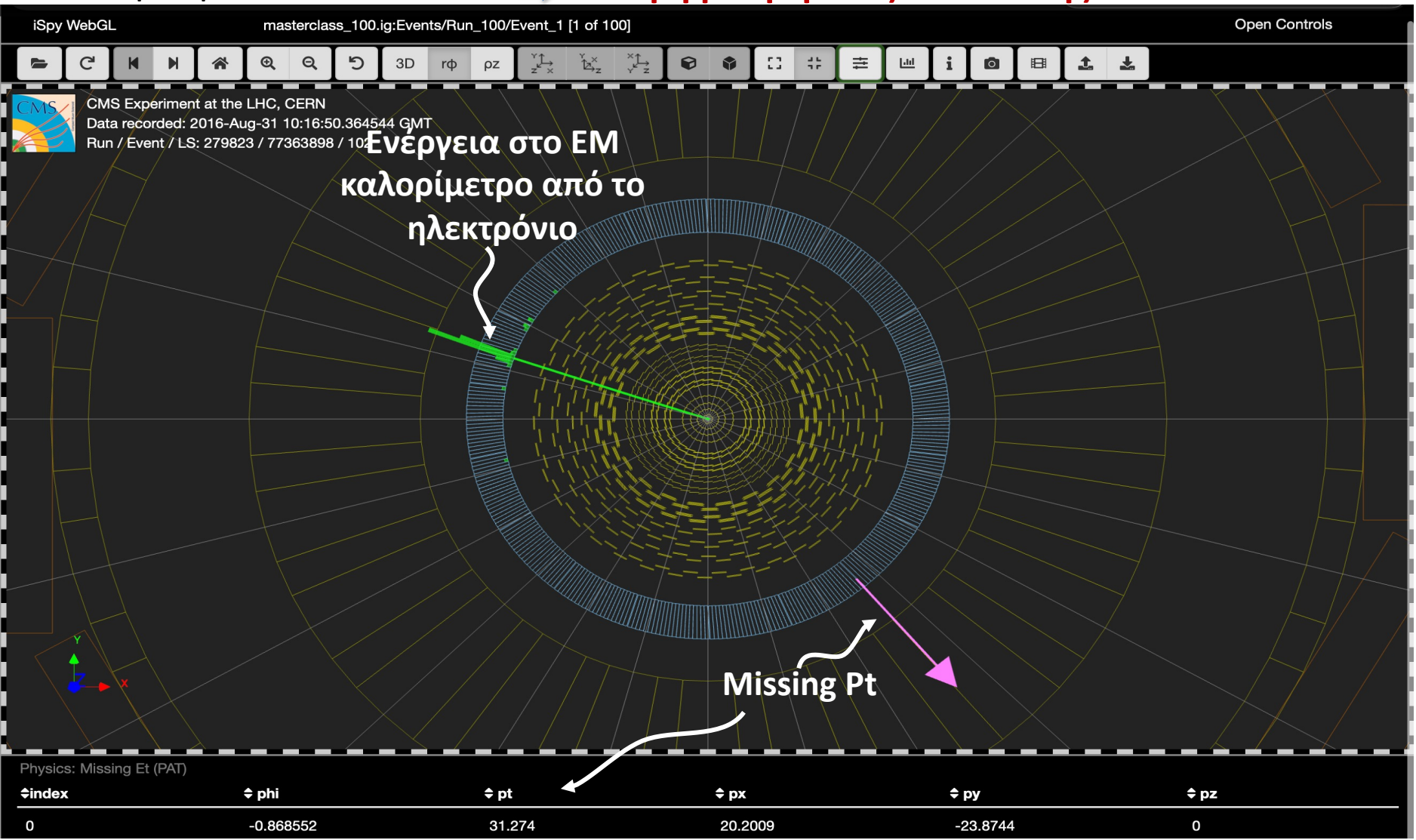


Physics: Electron Tracks (PAT)

↕ 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

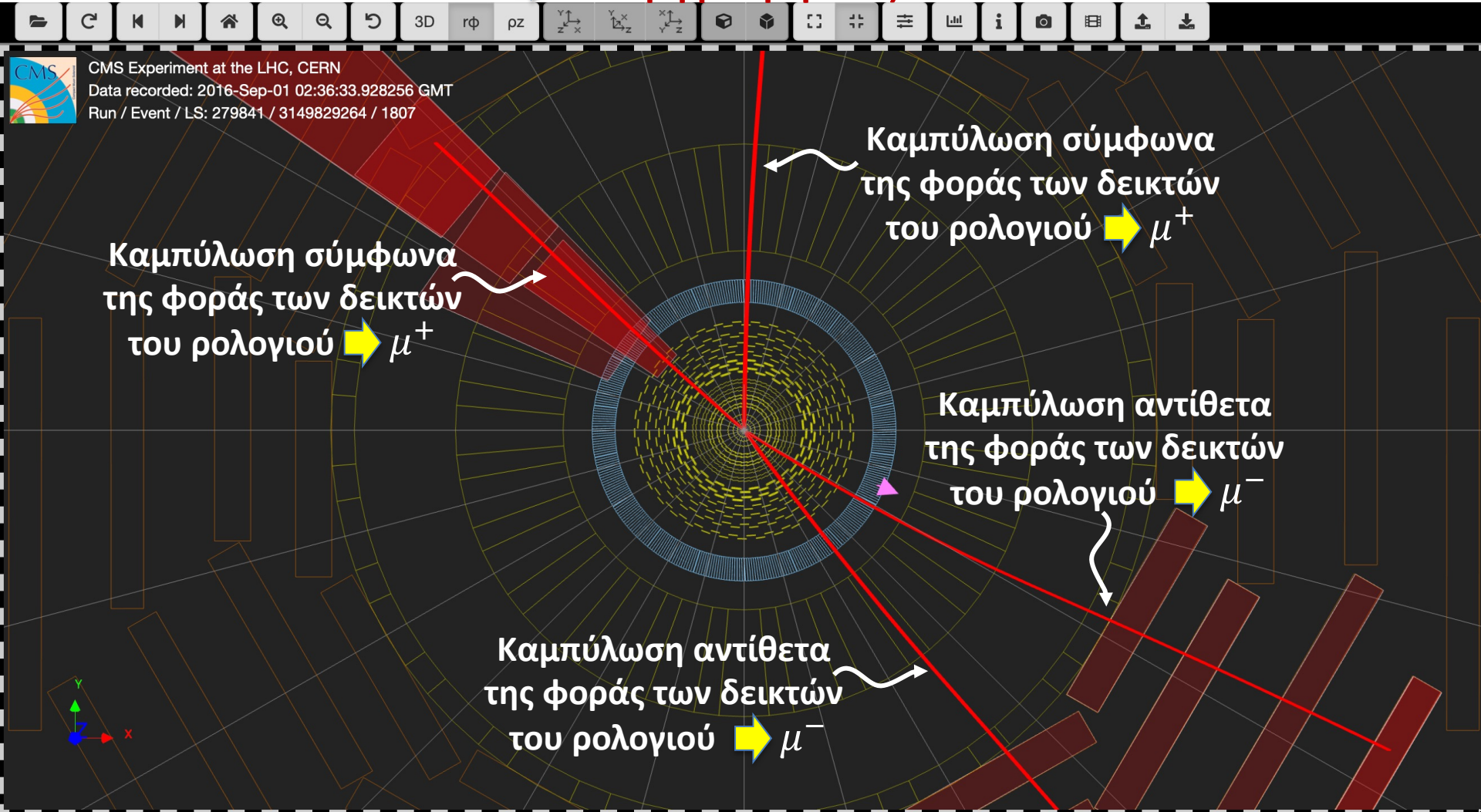
- Επιστρέφουμε στο excel φύλλο εργασίας για την καταχώρηση του είδους των γεγονότων
 - Επιλέγουμε ότι η τελική κατάσταση περιέχει ηλεκτρόνιο και νεutrίνο (e-ν)
 - Το ηλεκτρόνιο είναι θετικό και επομένως έχουμε W^+

	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^ο 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 $H^0 \rightarrow ZZ$**



Καταχώρηση στο φύλλο εργασίας

- ❑ Επιστρέφουμε στο excel φύλλο εργασίας για την καταχώρηση του είδους του γεγονότος
 - Επιλέγουμε ότι η τελική κατάσταση περιέχει 4 μίονια
 - 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 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 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"/>	

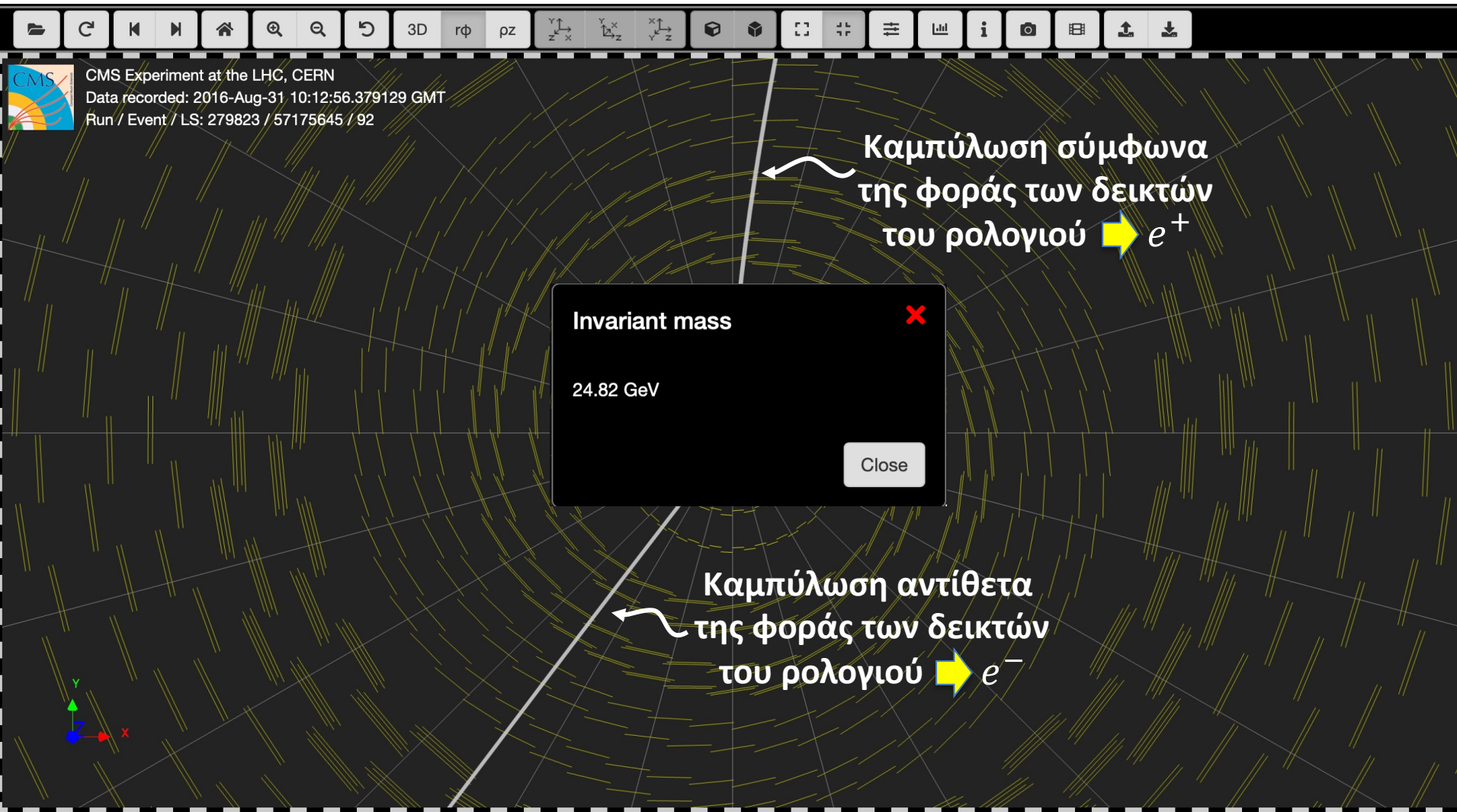
- ❑ Επιστρέφουμε στο iSpry-webGL για να φορτώσουμε το επόμενο γεγονός

iSPY-webgl: Ταυτοποίηση γεγονότων

❑ Στο 2^ο 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"/>	

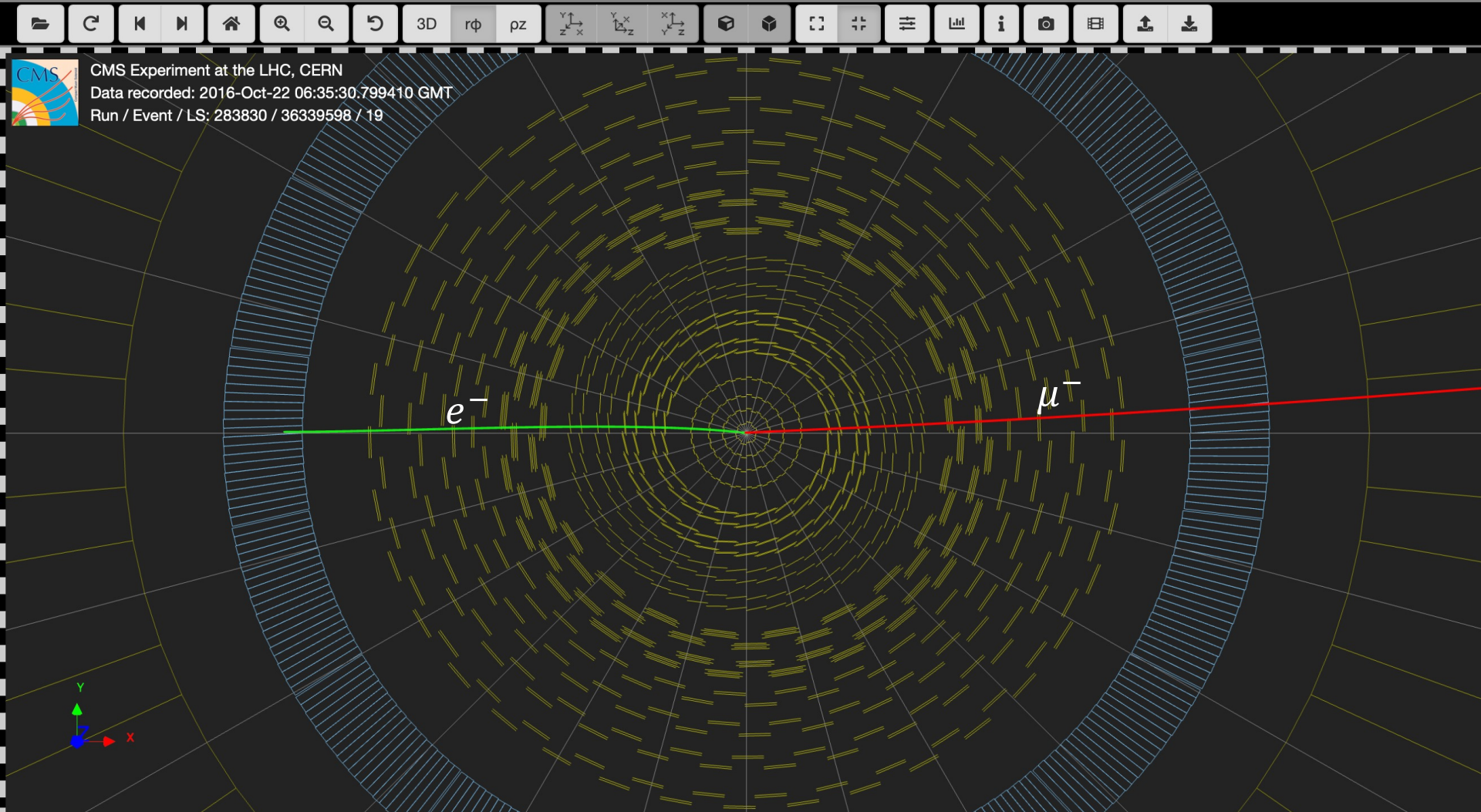
- Επιστρέφουμε στο iSpry-webGL για να φορτώσουμε το επόμενο γεγονός

iSPY-webgl: Ταυτοποίηση γεγονότων

❑ 1 e^- και 1 μ^- 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

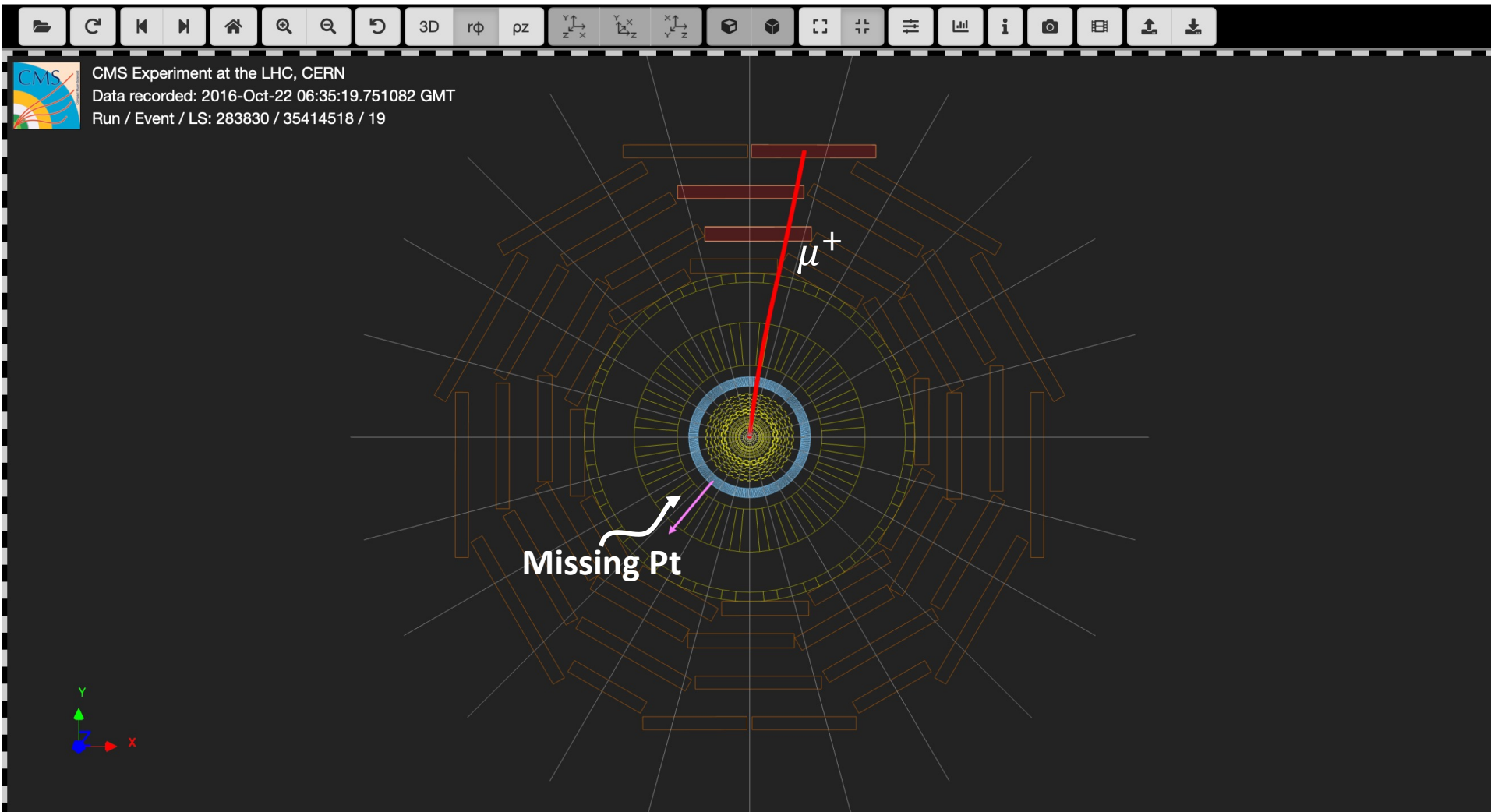
➤ Δεν υπάρχει κάποια κατηγορία οπότε το κατατάσσουμε ως ?

	A	B	Final State							Primary State				N
1	Dataset	Event	e-v	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 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 iSpry-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- 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 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"/>	

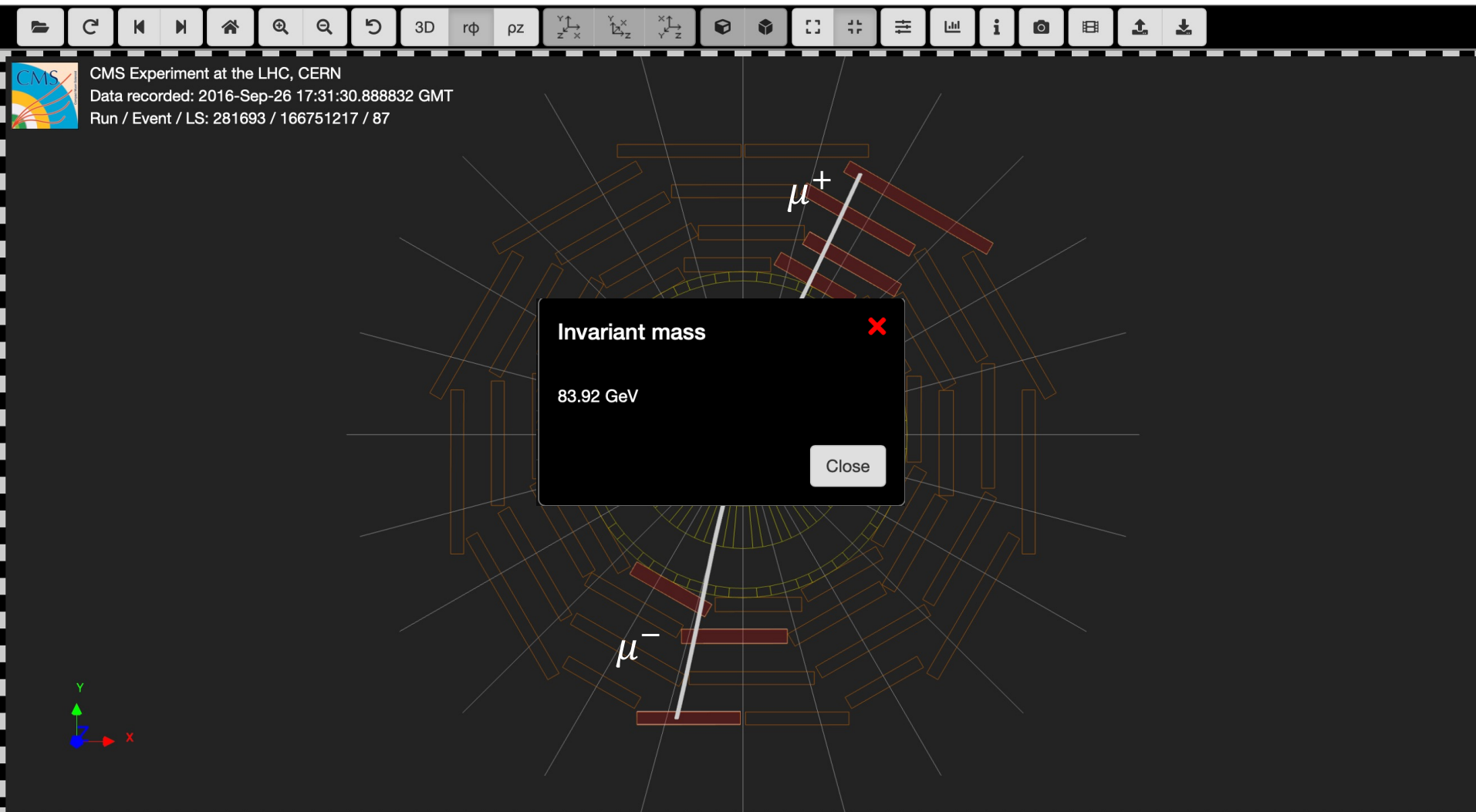
❑ Επιστρέφουμε στο iSpry-webGL για να φορτώσουμε το επόμενο γεγονός

iSPY-webgl: Ταυτοποίηση γεγονότων

❑ Στο 2^ο γεγονός υπάρχουν 2 μίονια, ένα θετικό και ένα αρνητικό

➤ Συνολικά μηδενικό φορτίο

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



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-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 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

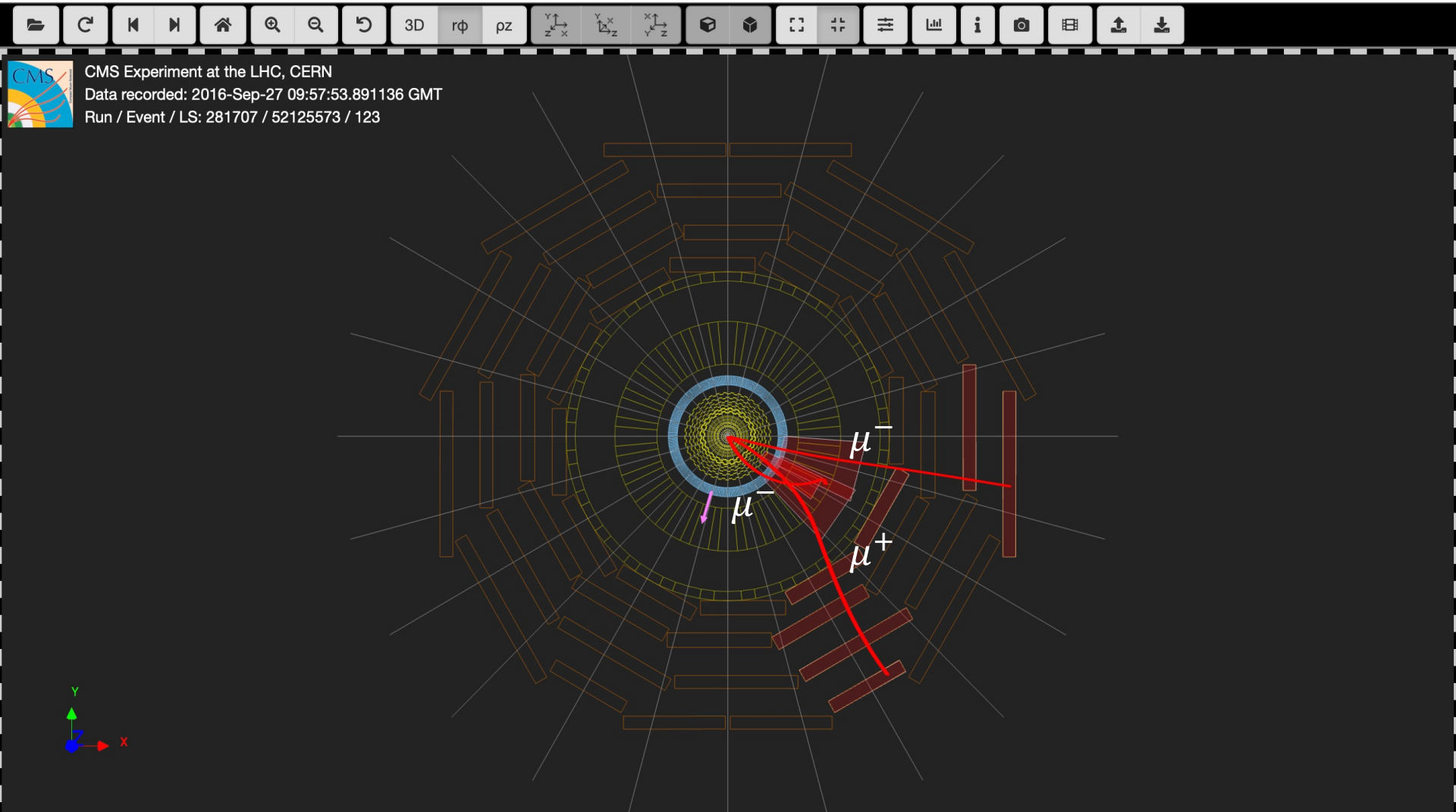
iSPY-webgl: Ταυτοποίηση γεγονότων

❑ Στο 2^ο γεγονός υπάρχουν 3 μίονια!!

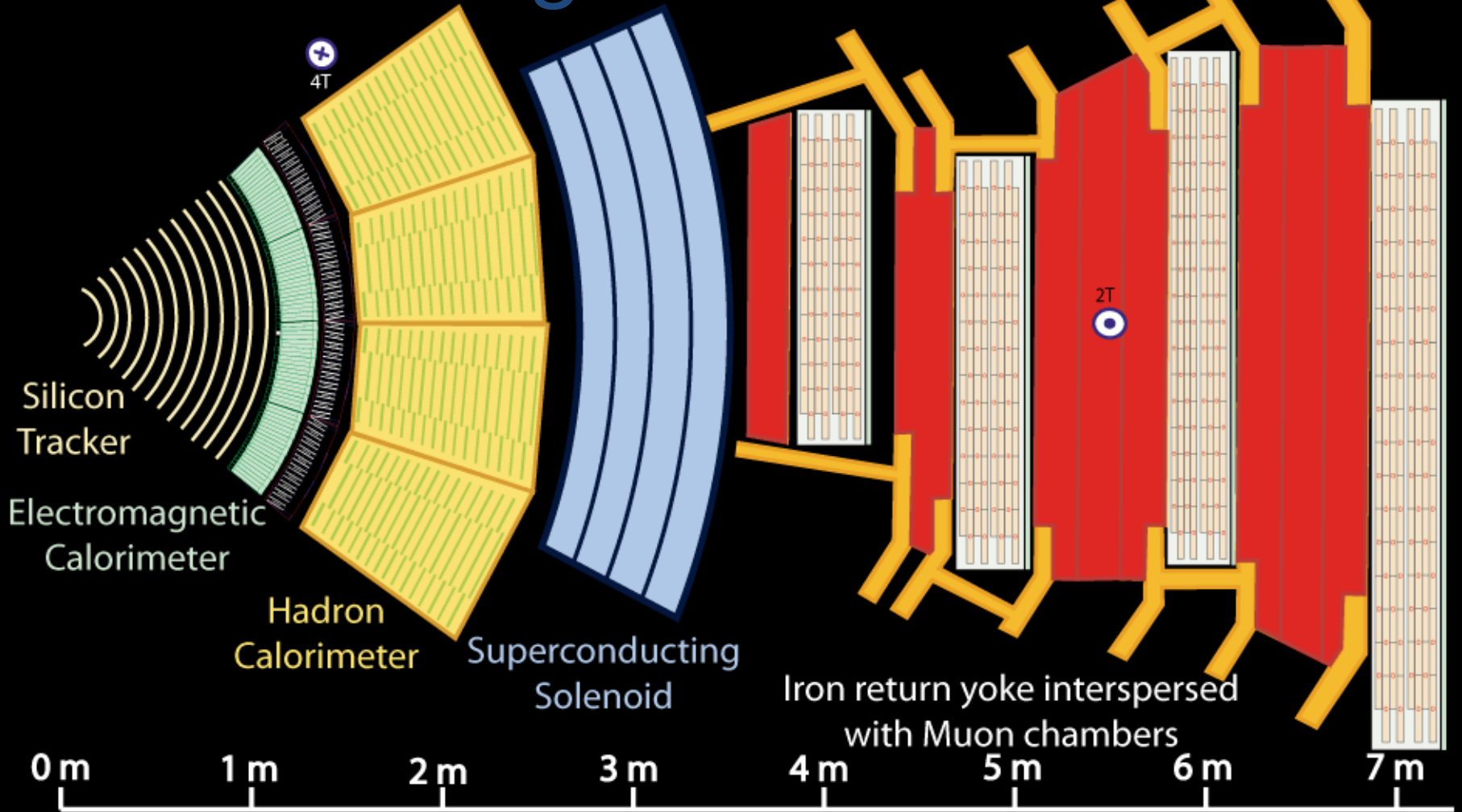
➤ Συνολικά μη μηδενικό φορτίο

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

➔ ? κατηγορία

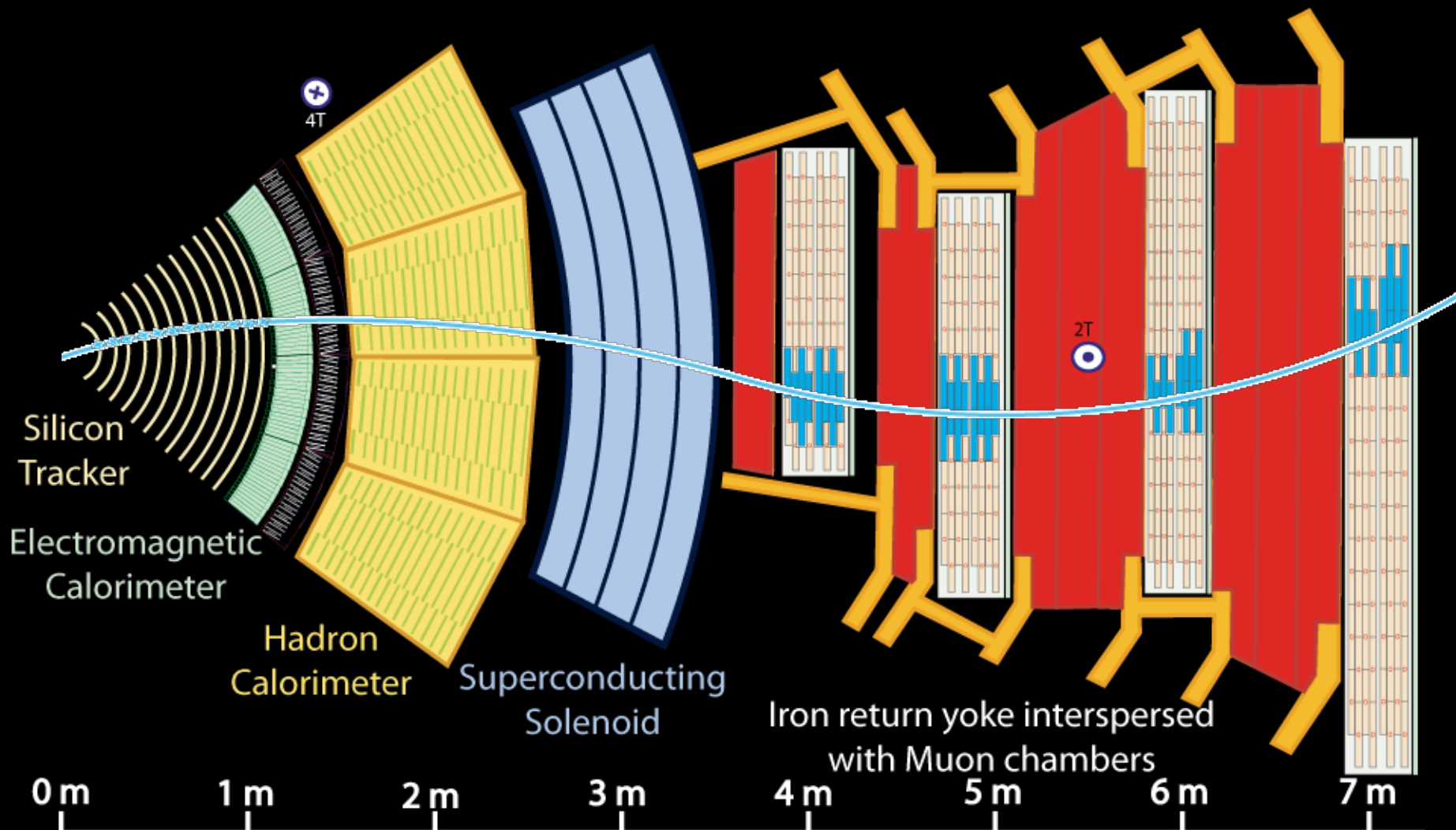


A slice through the CMS detector



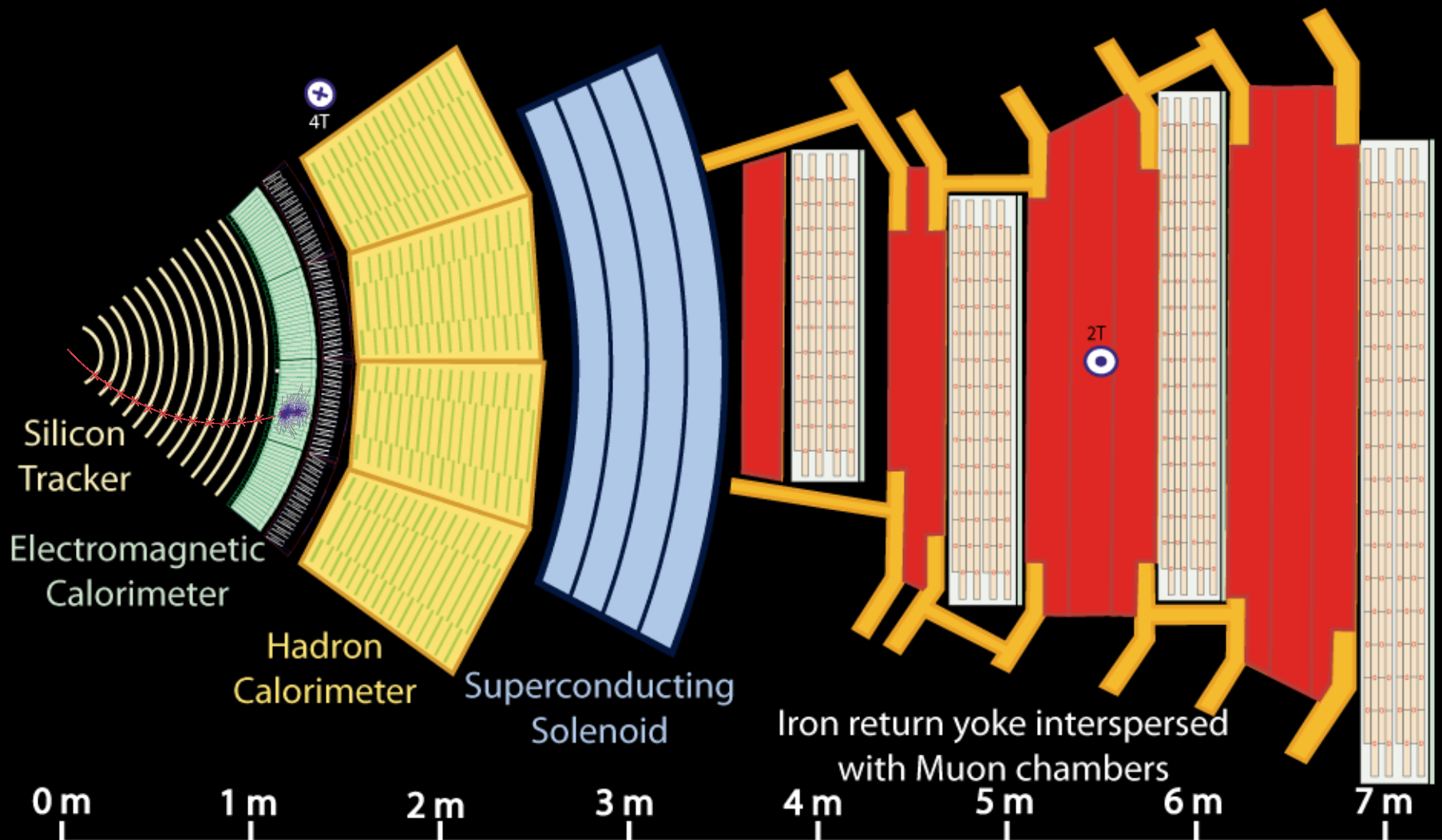
Key:

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



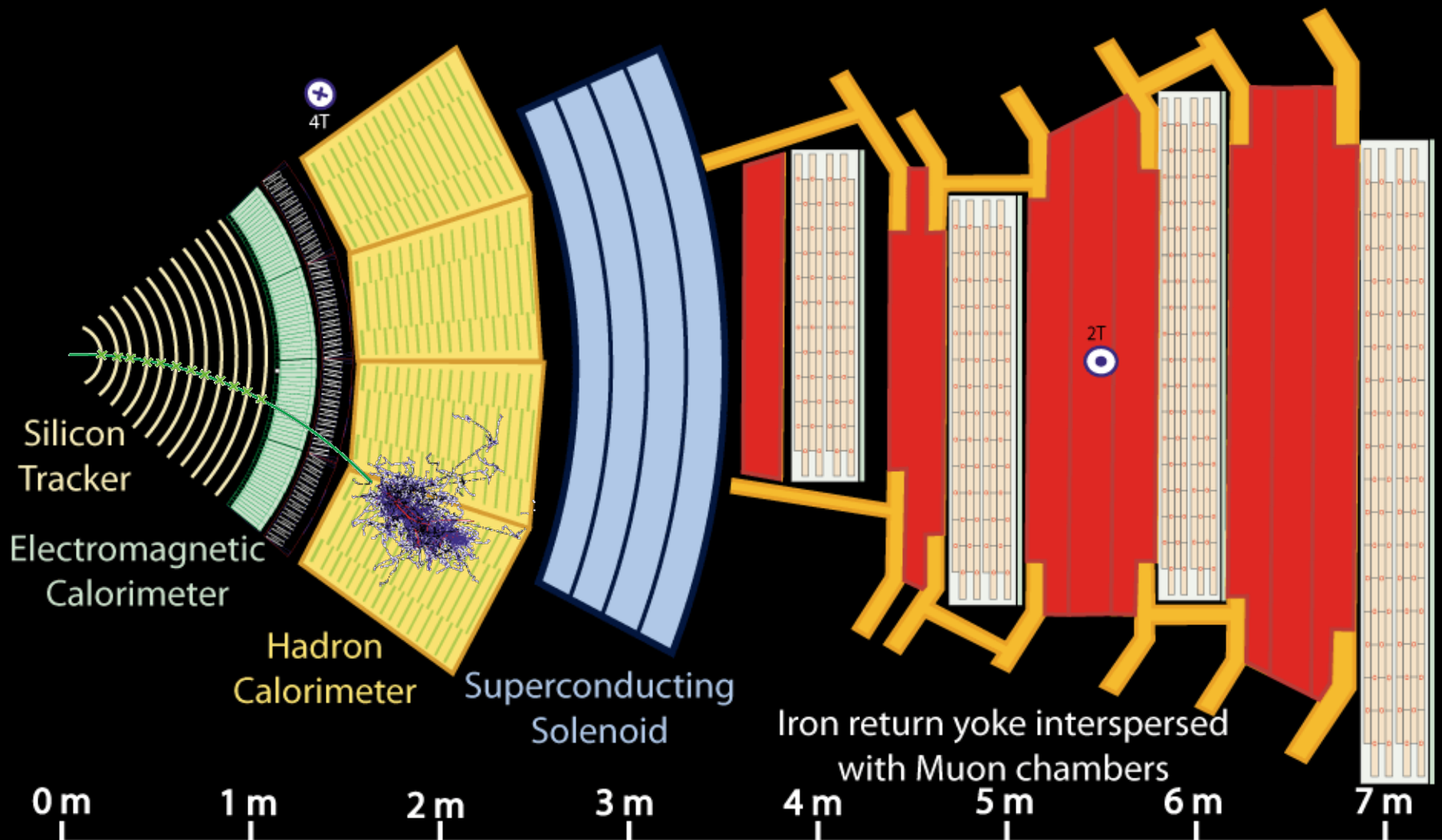
Key:

- 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:

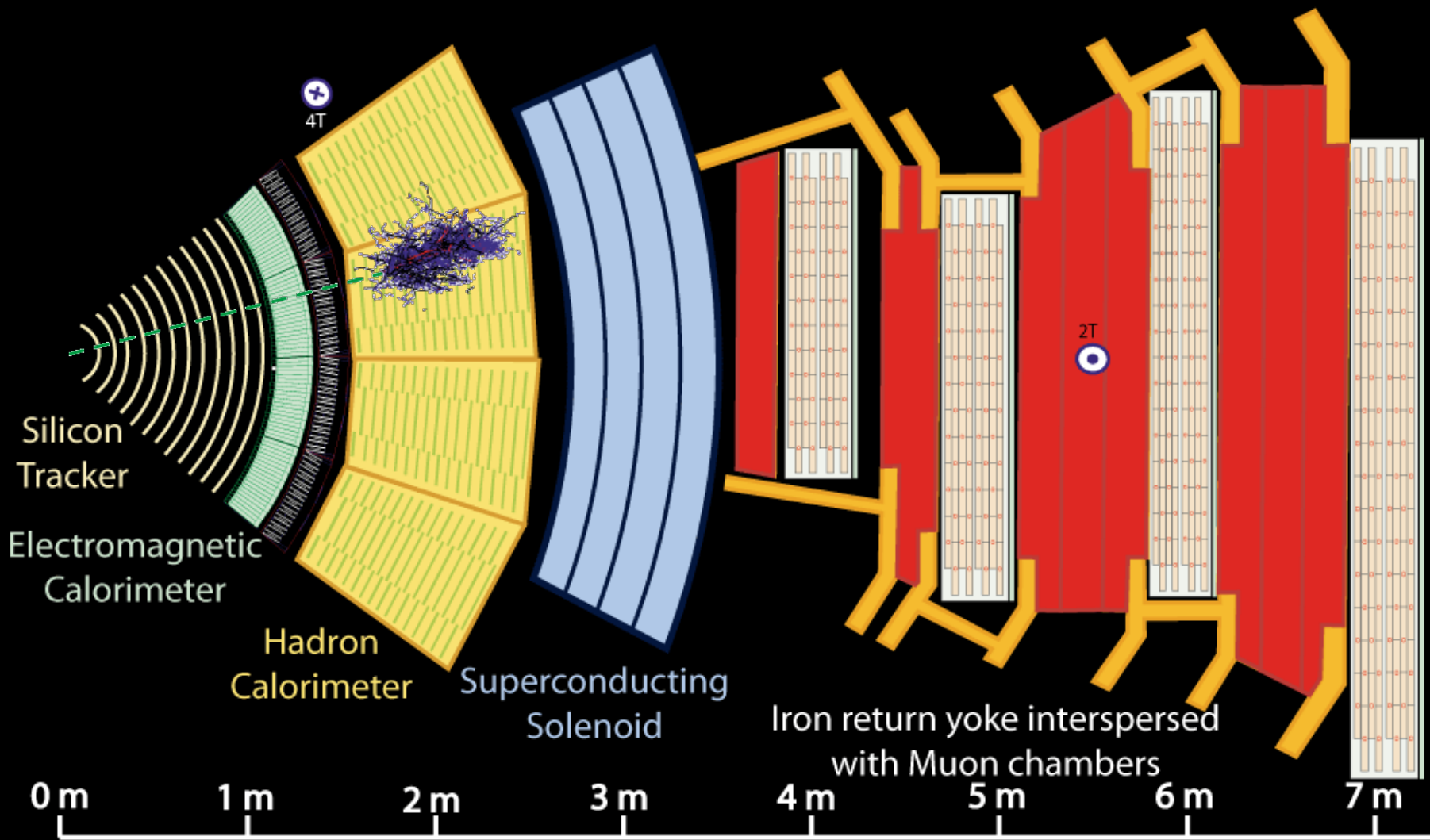
— Muon

— Electron

— Charged Hadron (e.g. Pion)

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

- - - Photon



Key:

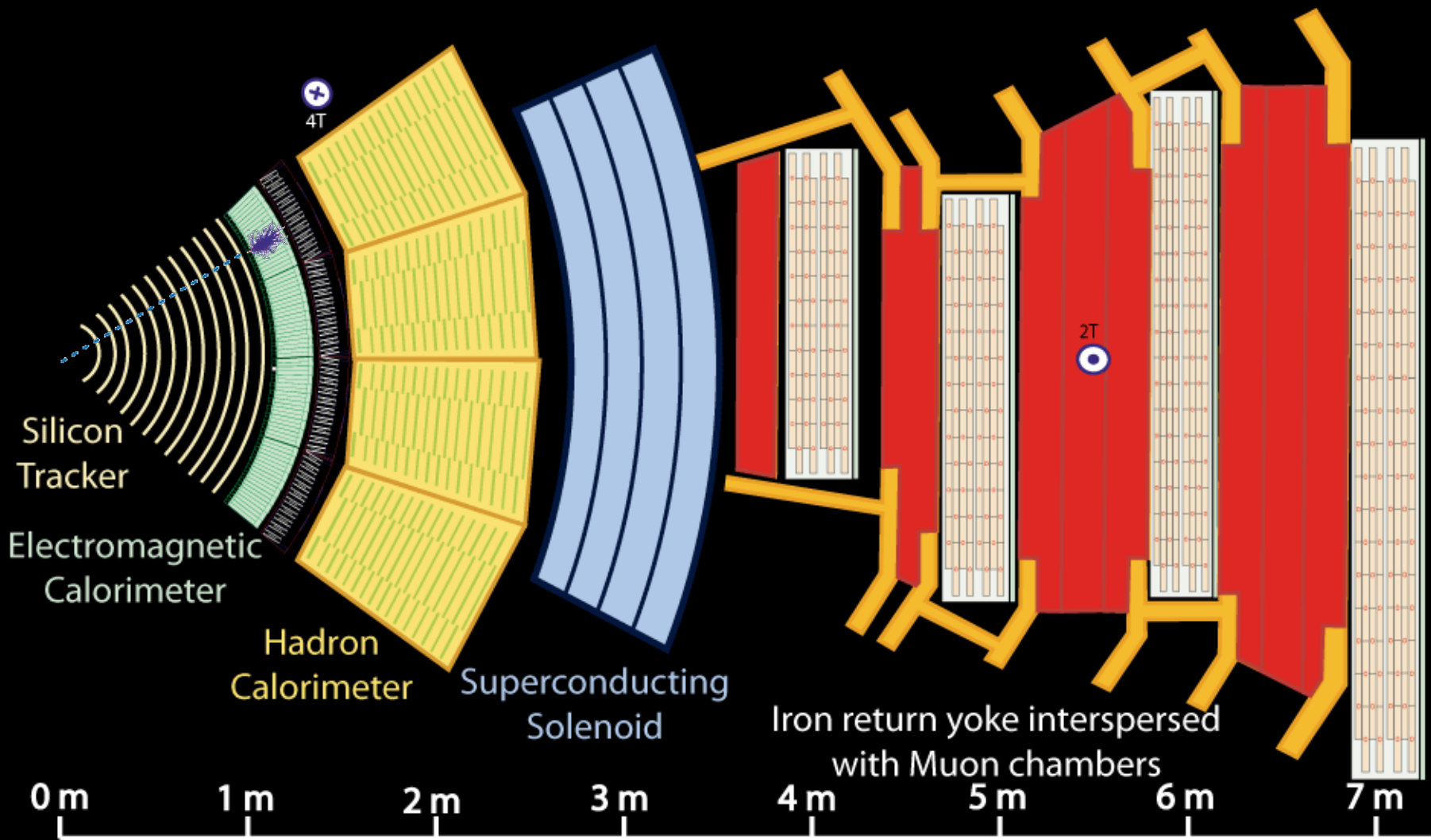
— Muon

— 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