ePublishing

Open Schools Journal for Open Science

Vol 5, No 1 (2022)

Open Schools Journal for Open Science - Special Issue - Πρότυπο ΓΕΛ Ευαγγελικής Σχολής Σμύρνης

Αναζήτηση νέων Σωματιδίων στο CERN

Δαμιανός Βικάτος, Παναγιώτης Λουριδάς

doi: 10.12681/osj.31482

Copyright © 2022, Δαμιανός Βικάτος, Παναγιώτης Λουριδάς

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0.

To cite this article:

Βικάτος Δ., & Λουριδάς Π. (2022). Αναζήτηση νέων Σωματιδίων στο CERN. *Open Schools Journal for Open Science*, *5*(1). https://doi.org/10.12681/osj.31482

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 17/07/2025 02:49:41

Αναζήτηση νέων Σωματιδίων στο CERN

Δ. Βικάτος, Όμιλος Σύνδεσης Εκπαίδευσης και Εργασίας, Πρότυπο Λύκειο Ευαγγελικής Σχολής Σμύρνης, Αθήνα, Ελλάδα.
Π. Λουριδάς, Όμιλος Σύνδεσης Εκπαίδευσης και Εργασίας, Πρότυπο Λύκειο Ευαγγελικής Σχολής Σμύρνης, Αθήνα, Ελλάδα.

Περίληψη

Η κύρια εστίαση του CERN είναι η σωματιδιακή φυσική, αλλά το πρόγραμμα φυσικής του εργαστηρίου είναι πολύ ευρύτερο, από την πυρηνική έως τη φυσική υψηλής ενέργειας, από τις έρευνες αντιύλης έως τις επιδράσεις των κοσμικών ακτινών στα σύννεφα. Στα πλαίσια του ομίλου σύνδεσης εκπαίδευσης και εργασίας συμμετείχα στο εκπαιδευτικό ερευνητικό πρόγραμμα, όπου πραγματοποιήθηκε ως μέρος του REINFORCE και υποστηρίχθηκε στην ηλεκτρονική πλατφόρμα www.zooniverse.org. Η έρευνα αποτελείτε από 4 στάδια και στοχεύει στην παρατήρηση και ταυτοποίηση μακρόβιων σωματιδίων κατά την διάρκεια των δοκιμών στον Μεγάλο Επιταχυντή Αδρονίων .

Λέξεις κλειδιά: *Cern, σωματιδιακή φυσική*

Εισαγωγή

Η κύρια εστίαση του CERN είναι η σωματιδιακή φυσική, αλλά το πρόγραμμα φυσικής του εργαστηρίου είναι πολύ ευρύτερο, από την πυρηνική έως τη φυσική υψηλής ενέργειας, από τις έρευνες αντιύλης έως τις επιδράσεις των κοσμικών ακτινών στα σύννεφα.

Από τη δεκαετία του 1970, οι φυσικοί των σωματιδίων έχουν χρησιμοποιήσει μια κομψή ακολουθία εξισώσεων γνωστή ως Standard Model για να περιγράψουν την υποκείμενη δομή της ύλης. Όλα όσα βλέπουμε στον Κόσμο αποτελείται από θεμελιώδη σωματίδια, τα οποία καθοδηγούνται από τέσσερις δυνάμεις, σύμφωνα με το μοντέλο. Οι φυσικοί του CERN χρησιμοποιούν τους πιο ισχυρούς επιταχυντές και ανιχνευτές σωματιδίων στον κόσμο για να δοκιμάσουν τις προβλέψεις και τα όρια του Standard Model. Με τα χρόνια έχει εξηγήσει πολλά πειραματικά αποτελέσματα και έχει προβλέψει με ακρίβεια μια σειρά φαινομένων, αρκετά

ώστε σήμερα να θεωρείται μια καλά δοκιμασμένη θεωρία της φυσικής. Παρόλο που το Standard Model είναι αυτή τη στιγμή η καλύτερη περιγραφή που υπάρχει για τον υποατομικό κόσμο, δεν εξηγεί την πλήρη εικόνα. Η θεωρία ενσωματώνει μόνο τρεις από τις τέσσερις θεμελιώδεις δυνάμεις, παραλείποντας τη βαρύτητα. Υπάρχουν επίσης σημαντικές ερωτήσεις που δεν απαντά, όπως «Τι είναι η σκοτεινή ύλη;», «Τι συνέβη με την αντιύλη μετά τη μεγάλη έκρηξη;», «Γιατί υπάρχουν τρεις γενιές κουάρκ και λεπτονίων με τόσο διαφορετική μάζα;" κι άλλα. Τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό είναι ένα σωματίδιο που ονομάζεται μποζόνιο Higgs, ένα ουσιαστικό συστατικό του Καθιερωμένου Μοντέλου.

Στις 4 Ιουλίου 2012, τα πειράματα ATLAS και CMS στον LHC του CERN ανακοίνωσαν ότι είχαν παρατηρήσει ένα νέο σωματίδιο. Αυτό το σωματίδιο φαινόταν να είναι το μποζόνιο Higgs που προβλέπεται από το Standard Model. Ύστερα από περεταίρω έρευνα αποδείχθηκε πως αυτό που παρατήρησαν ήταν όντως το μποζόνιο Higgs.

Θεωρητικό πλαίσιο

Το Standard Model, όπου σύμφωνα με αυτό η ύλη απαρτίζεται από 2 μεγάλες κατηγορίες σωματιδίων: Φερμιόνια και Μποζόνια. Η κατηγορία των φερμιονίων αποτελείται από τα σωματίδια που συντελούν την ύλη γύρω μας ενώ τα μποζόνια είναι τα σωματίδια υπεύθυνα για τις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις(βαρύτητα, ηλεκτρομαγνητισμός, ισχυρή και ασθενής πυρηνική). Σε περίπτωση που τα αποτελέσματα της έρευνας υποστηρίξουν την ύπαρξη κάποιου άγνωστου μέχρι τώρα σωματιδίου θα χρειαστεί αναθεώρηση του μοντέλου ώστε να περικλείει το νέο σωματίδιο.

Τα φερμιόνια είναι σωματίδια ημιακέραιου σπιν και περιγράφονται από τις στατιστικές εξισώσεις Fermi-Dirac. Υπακούουν στην Απαγορευτική Αρχή Pauli. Έτσι, δύο πανομοιότυπα φερμιόνια δεν καταλαμβάνουν την ίδια κβαντική κατάσταση ταυτόχρονα. Τα φερμιόνια μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο ομάδες: στοιχειώδη και σύνθετα φερμιόνια. Τα στοιχειώδη φερμιόνια είναι τα λεπτόνια (ηλεκτρόνιο, νετρίνο ηλεκτρονίου, μιόνιο, νετρίνο μιονίου, νετρίνο ταυ και ταυ) και τα κουάρκ (άνω, κάτω, χαριτωμένο, παράξενο, υψηλό και χαμηλό). Τα αδρόνια (νετρόνια, πρωτόνια) που περιέχουν περιττό αριθμό κουάρκ και οι πυρήνες που αποτελούνται από περιττό αριθμό νουκλεονίων θεωρούνται σύνθετα φερμιόνια.

Τα μποζόνια είναι πανομοιότυπα σωματίδια με μηδενικά ή ακέραια σπιν. Τα μποζόνια μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο ομάδες: στοιχειώδη μποζόνια και σύνθετα μποζόνια. Σε αντίθεση με τα φερμιόνια, τα μποζόνια δεν υπακούουν στην Απαγορευτική Αρχή Pauli. Με άλλα λόγια,

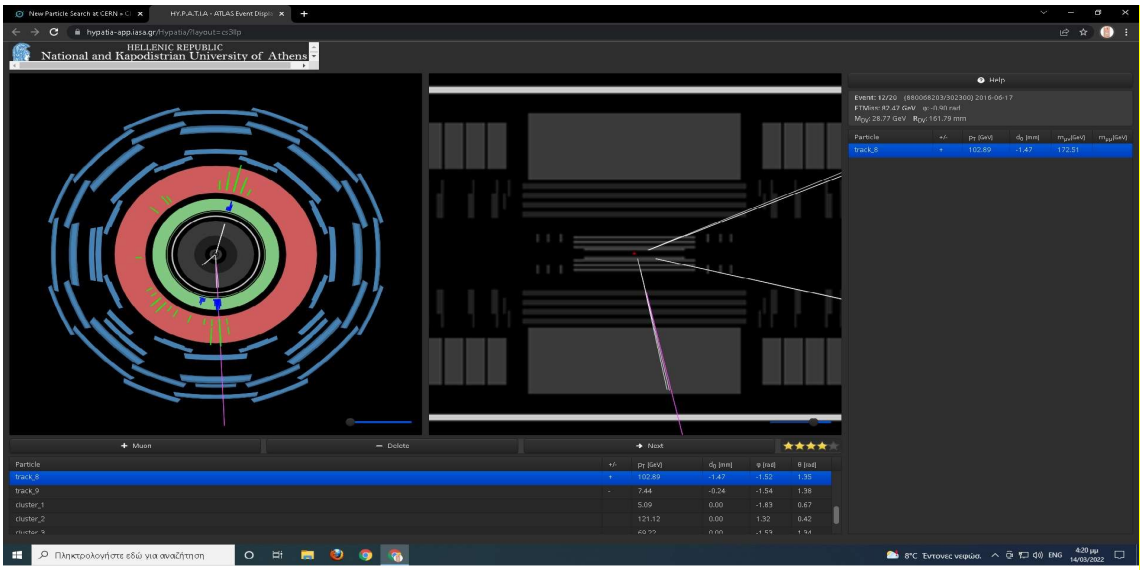
οποιοσδήποτε αριθμός μποζονίων μπορεί να καταλάβει την ίδια κβαντική κατάσταση. Οι συμπεριφορές των μποζονίων περιγράφονται από τις στατιστικές Bose-Einstein. Το τυπικό μοντέλο αποτελείται μόνο από πέντε στοιχειώδη μποζόνια. Είναι δηλαδή το μποζόνιο Higgs, το γλουόνιο, το φωτόνιο, το μποζόνιο Z και τα μποζόνια. Το μποζόνιο Χιγκς έχει μηδενικό ηλεκτρικό φορτίο και το μηδενικό σπιν είναι το μόνο βαθμωτό μποζόνιο. Τα τελευταία τέσσερα μποζόνια είναι γνωστά ως φορείς δύναμης καθώς είναι υπεύθυνα για τις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις. Το γλουόνιο είναι υπεύθυνο για την ισχυρή αλληλεπίδραση που εμφανίζεται μεταξύ των σωματιδίων που αποτελούνται από κουάρκ. Το φωτόνιο είναι το πιο οικείο μποζόνιο φορέας και είναι υπεύθυνο για τις ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις. Τα Z και μποζόνια φέρουν ασθενή αλληλεπίδραση. Επιπλέον, το μεσολαβητικό σωματίδιο που ονομάζεται βαρυόνιο είναι υπεύθυνο για τη βαρυτική αλληλεπίδραση. Ωστόσο, το Standard Model δεν το περιλαμβάνει [1]. [2].

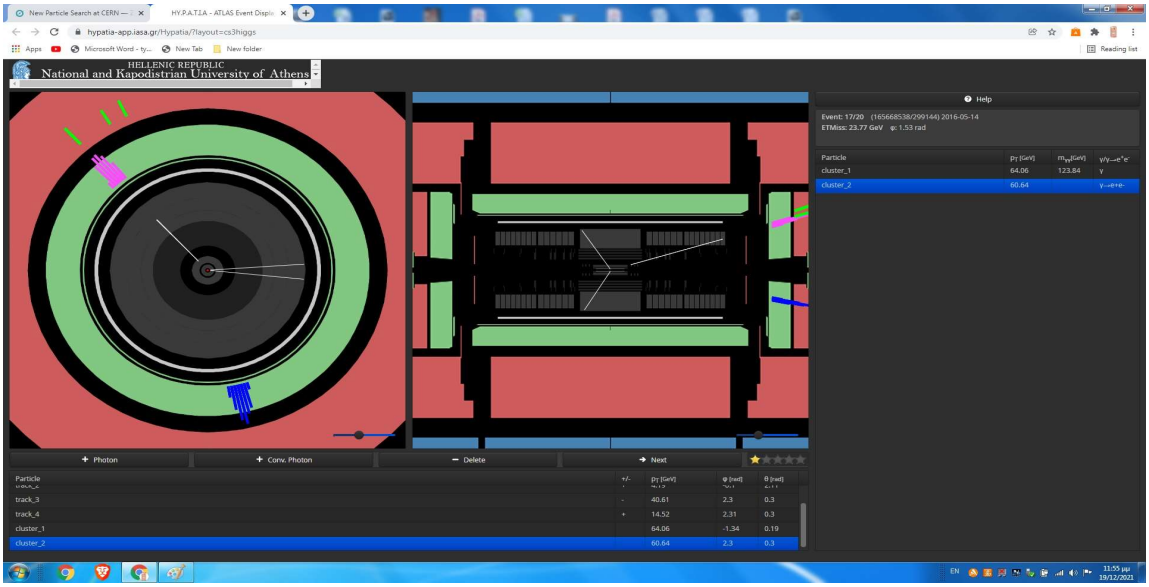
Εκπαιδευτικό ερευνητικό πρόγραμμα

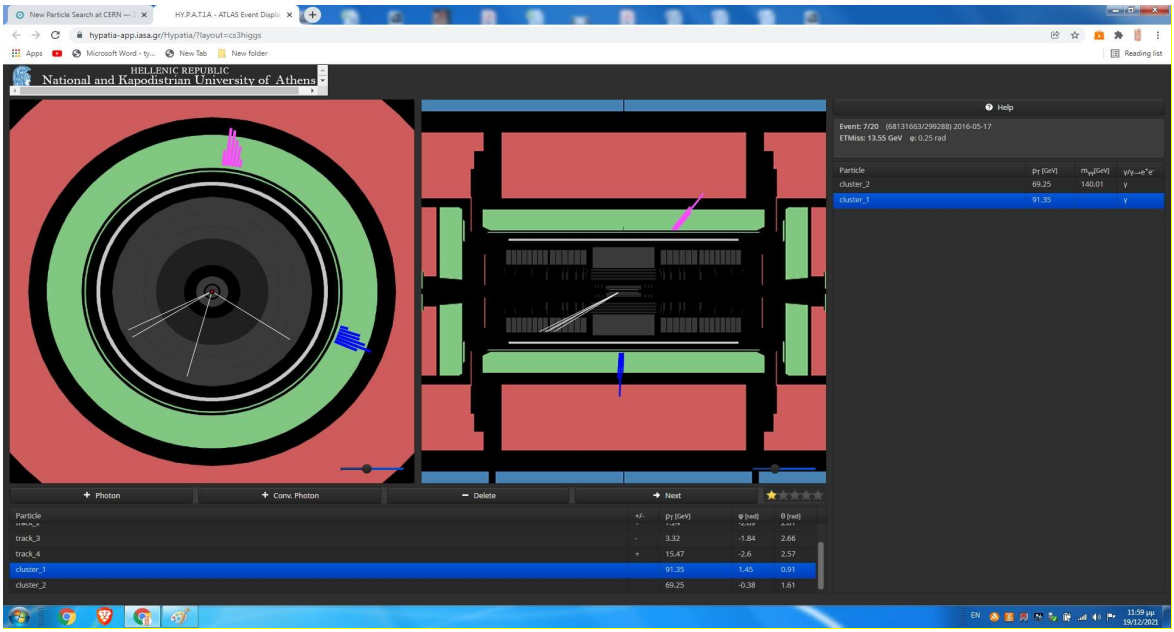
Στα πλαίσια του ομίλου σύνδεσης εκπαίδευσης και εργασίας συμμετείχα στο εκπαιδευτικό ερευνητικό πρόγραμμα, όπου πραγματοποιήθηκε ως μέρος του REINFORCE και υποστηρίχθηκε στην ηλεκτρονική πλατφόρμα www.zooniverse.org. https://www.zooniverse.org/projects/reinforce/new-particle-search-at-cern Η έρευνα αποτελείτε από 4 στάδια και στοχεύει στην παρατήρηση και ταυτοποίηση μακρόβιων σωματιδίων κατά την διάρκεια των δοκιμών στον Μεγάλο Επιταχυντή Αδρονίων .

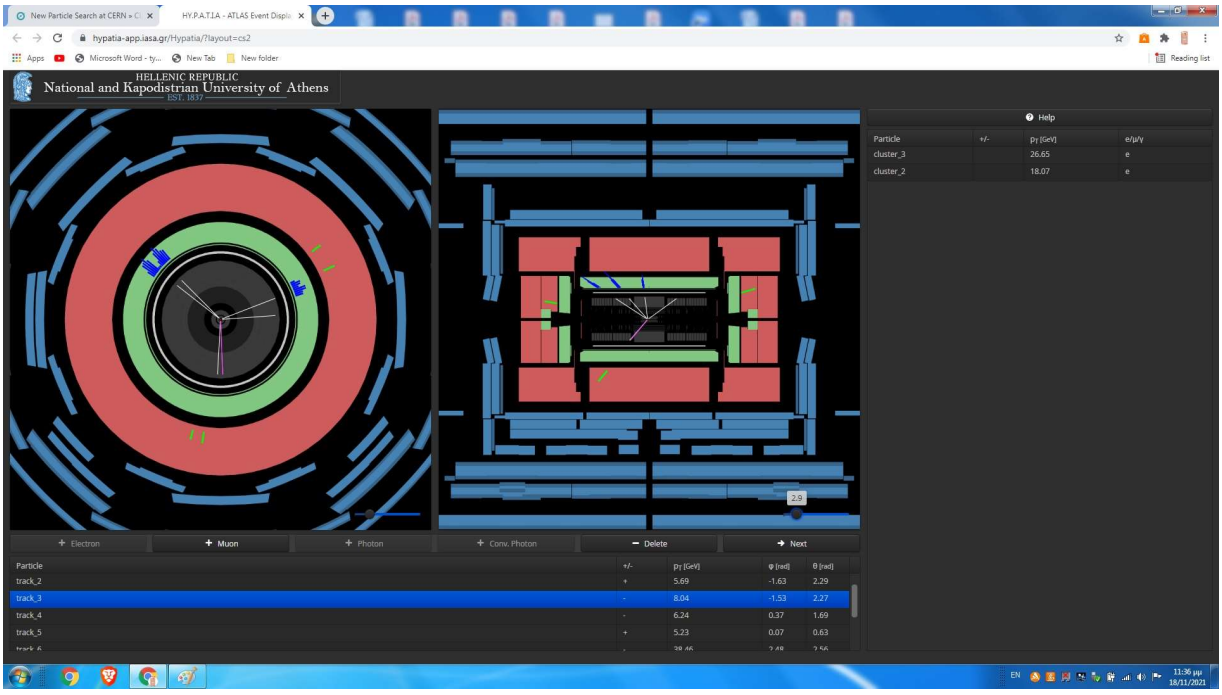
Στο πρώτο στάδιο της έρευνας οι ερευνητές δόθηκαν εικονιστικά στιγμιότυπα από τους αισθητήρες του LHC [2] και τους ζητήθηκε να αναγνωρίσουν τα λεγόμενα «Displaced vertices" αποκλίσεις, δηλαδή, στα σημεία από όπου προέρχονται οι τροχιές των συγκρουόμενων σωματιδίων ως ένδειξη ύπαρξης κάποιου σωματιδίου που δεν ανιχνεύθηκε. Στο δεύτερο στάδιο ο στόχος ήταν να ταυτολογηθεί ο τύπος κάθε σωματιδίου. Οι οργανωτές του προγράμματος ανέπτυξαν υποστηρικτικό λογισμικό για τα στάδια 2, 3 και 4. Με το λογισμικό HYPATIA, διακρίναμε τις τροχιές των σωματιδίων κατηγοριοποιώντας τα σε ηλεκτρόνια, μυόνια, φωτόνια και φωτόνια που έχουν μετατραπεί από σύγκρουση ηλεκτρονίου-ποζιτρονίου [3]. Στο στάδιο 3 στοχεύαμε στο να αναγνωρίσουμε το μποζόνιο Higgs [4] έπειτα από αποσύνθεση του σε ζεύγος φωτονίου-μετατρεμμένου φωτονίου. Το λογισμικό παρείχε δεδομένα όπως η μάζες των σωματιδίων βοηθώντας στην αναγνώριση του μποζονίου. Στο 4^{ο} και τελευταίο στάδιο δίνονται στιγμιότυπα από τους αισθητήρες του επιταχυντή που αφορούν τις τροχιές μυονίων. Στόχος

ήταν να εντοπιστούν τροχιές μυονίων που πηγάζουν από διαφορετικά σημεία από τα αναμενόμενα υποδεικνύοντας αλληλεπιδράσεις που δεν ανιχνεύθηκαν.






HELLENIC REPUBLIC
National and Kapodistrian University of Athens
Help
Event: 7/20 (68131663/299288) 2016-05-17
ETMiss: 13.55 GeV φ: 0.25 rad
Particle
pT [GeV]
cluster_2
69.25
140.01
cluster_1
91.35
Photon
Conv. Photon
Delete
Next
track_3
3.32
-1.84
2.66
track_4
15.47
-2.6
2.57
cluster_1
91.35
1.45
0.91
cluster_2
69.25
-0.38
1.61


HELLENIC REPUBLIC
National and Kapodistrian University of Athens
EST. 1837
Help
Particle
+/-
pT [GeV]
e/μ/γ
cluster_3
26.65
e
cluster_2
18.07
e
Electron
Muon
Photon
Conv. Photon
Delete
Next
track_2
5.69
-1.63
2.29
track_3
8.04
-1.53
2.27
track_4
6.24
0.37
1.69
track_5
5.23
0.07
0.63

Συμπερασματα

Με την λήξη της έρευνας που αναμένεται στο καλοκαίρι του έτους 2022, εάν φανούν θετικά αποτελέσματα για την ύπαρξη σωματιδίου που δεν περιλαμβάνουν οι μέχρι τώρα θεωρίες θα πρέπει να αναπτυχθούν θεωρίες και μηχανισμοί που να προβλέπουν το νέο εύρημα.

Αναφορές

[1] Καλδούδη, Ε., & Ελευθεριάδης, Χ. (2015). Στοιχειώδη σωμάτια και αλληλεπιδράσεις [Κεφάλαιο]. Στο Καλδούδη, Ε., & Ελευθεριάδης, Χ. 2015. Η φυσική της ζωής [Προπτυχιακό εγχειρίδιο]. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. κεφ 2. http://hdl.handle.net/11419/6134

[2] The Large Hadron Collider Lyndon Evans CERN – European Organization for Nuclear Research, Geneva, Switzerland, 34th SLAC Summer Institute On Particle Physics (SSI 2006), July 17-28, 2006

[3] On the 1932 Discovery of the Positron, Alexander Lawncizak and Viktor Åsbrink, Stockholm, Sweden, 2014

[4] Broken Symmetries and the Masses of Gauge Bosons,Peter W. Higgs,Phys. Rev. Lett. 13, 508 – Published 19 October 1964