ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

(2023)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Πρακτικά Εκτεταμένων Συνόψεων των Εργασιών

μNET: Το πρώτο ελληνικό σχολικό δίκτυο εκπαιδευτικών τηλεσκοπίων κοσμικής ακτινοβολίας

Λεωνίδας Ξηρός, Στέργιος Κυανίδης , Αντώνιος Λέισος

doi: 10.12681/codiste.5537

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 03/02/2026 13:26:37

ΜNET ΤΟ ΠΡΩΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΩΝ ΚΟΣΜΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Λεωνίδας Ξηρός[1], Στέργιος Κυανίδης[2], Αντώνιος Λέισος[3]

[1]Υποψ. Διδάκτορας ΣΘΕΤ ΕΑΠ, [2]Μεταπτυχιακός φοιτητής ΚΦΕ ΕΑΠ, [3]Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΑΠ

xiros.leonidas@ac.eap.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το πρόγραμμα μNet (microNet) αποσκοπεί στην ανάπτυξη και λειτουργία ενός εκτεταμένου σχολικού δικτύου εκπαιδευτικών τηλεσκοπίων κοσμικών ακτίνων (Κ.Α.) στην Ελλάδα. Το έργο μNet περιλαμβάνει ένα εκτεταμένο εκπαιδευτικό πρόγραμμα, το οποίο επικεντρώνεται στην κατασκευή, βαθμονόμηση και λειτουργία 20 εκπαιδευτικών τηλεσκοπίων Κ.Α. που εγκαθίστανται σε σχολεία της Πελοποννήσου, καθώς και στην απομακρυσμένη λειτουργία σταθμών ανίχνευσης Κ.Α. και διατάξεων Αστροσωματιδιακής φυσικής που αναπτύχθηκαν στο Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο. Κατά το σχολικό έτος 2022–2023, πραγματοποιήθηκε η πρώτη χρονιά λειτουργίας του προγράμματος, με συμμετοχή περισσότερων από 500 μαθητών και 75 καθηγητών από όλη την Ελλάδα. Καθηγητές και μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης εκπαιδεύτηκαν στις πειραματικές διαδικασίες ανίχνευσης Κ.Α. μέσω απομακρυσμένης εκπαίδευσης. Θα παρουσιαστεί συνοπτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, τα εργαλεία που αναπτύχθηκαν και τα κύρια συμπεράσματα της πρώτης χρονιάς λειτουργίας του προγράμματος.

Λέξεις κλειδιά: μNet, εξ' αποστάσεως εργαστήρια, εκπαιδευτικά τηλεσκόπια κοσμικής ακτινοβολίας

MNET THE 1ST GREEK SCHOOL NETWORK OF EDUCATIONAL COSMIC RAY TELESCOPES

Leonidas Xiros[1], Stergios Kyanidis[2], Antonios Leisos[3]

[1]PhD candidate, School of Science and Technology, Hellenic Open University, [2]Post Graduate Student, Hellenic Open University, [3]Associate Professor, Hellenic Open University

xiros.leonidas@ac.eap.gr

ABSTRACT

The μNet (microNet) project aims to deploy and operate an extensive school network of educational cosmic ray (C.R.) telescopes in Greece. As part of the μNet project, an extended educational program will be conducted, focusing on the construction, testing, and operation of a C.R. Telescope, as well as the remote operation of C.R. detection stations and Astroparticle physics detectors deployed at the Hellenic Open University campus. 2022–2023 school year, was the first year operation of the program, engaging 500 students and 75 science teachers from all over Greece. The high school teachers and students were trained to the experimental procedures of C.R. physics using distance learning methods. A summary of the methodology followed, the tools developed, and the main conclusions of the program's first year of operation will be presented.

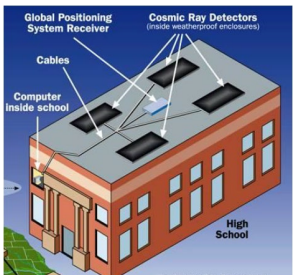
Keywords: microNet, remote laboratories, educational cosmic ray telescopes

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ ΚΟΣΜΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Με τον όρο Κοσμικές Ακτίνες (Stanev, 2010) εννοούμε τα υποατομικά σωμάτια και πυρήνες που βομβαρδίζουν συνεχώς τη Γη και προέρχονται από αστροφυσικά αντικείμενα εντός και εκτός του ηλιακού μας συστήματος. Οι Κοσμικές Ακτίνες αποτέλεσαν την πρώτη πηγή υπο-ατομικών σωματιδίων πριν την ανάπτυξη των επιταχυντικών συστημάτων και έπαιξαν σημαντικό ρόλο στη αρχική εξερεύνηση των στοιχειωδών σωματιδίων. Η ανίχνευση αυτών των σωματιδίων χρησιμοποιώντας προηγμένους ανιχνευτές σωματιδίων μαζί με το αντίστοιχες πειραματικές μεθοδολογίες συνήθως αναφέρεται ως Αστροσωματιδιακή Φυσική (https://www.appec.org/), ένας κλάδος που προέκυψε ως συνδυασμός Αστροφυσικής και Σωματιδιακής φυσικής. Ένα κοσμικό σωμάτιο που εισέρχεται στην ατμόσφαιρα της Γης αλληλεπιδρά με έναν πυρήνα της ατμόσφαιρας παράγοντας πολλά νέα σωματίδια μέσων διαδοχικών αλληλεπιδράσεων, που συνήθως ονομάζονται ατμοσφαιρικοί καταιονισμοί. Η παραγωγή και η απορρόφηση των σωματιδίων είναι συνεχής και έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός πολύ λεπτού (λίγων μέτρων) αλλά μεγάλου δίσκου (η ακτίνα μπορεί να φτάσει τις εκατοντάδες μέτρα) που είναι κάθετος προς την κατεύθυνση της αρχικής (πρωτογενούς) κοσμικής ακτίνας και κινείται με την ταχύτητα του φωτός. Εάν η ενέργεια του πρωτογενούς σωματιδίου είναι μεγάλη, τότε ο δίσκος μπορεί να φτάσει στο επίπεδο του εδάφους και τα σωματίδια να εξαπλωθούν σε μια έκταση εκατοντάδων ή και χιλιάδων μέτρων σε ακτίνα. Σε αυτήν την περίπτωση τον ονομάζουμε Εκτεταμένο Ατμοσφαιρικό Καταιονισμό Air Shower (EAS) (Gaisser, Engel & Resconi, 2016). Οι εκτεταμένοι ατμοσφαιρικοί καταιονισμοί που φθάνουν μέχρι την επιφάνεια του εδάφους μπορούν να ανιχνευτούν με ποικίλους τρόπους ένας από τους οποίους είναι με συστοιχία σωματιδιακών ανιχνευτών όπως οι σπινθηριστές.

Ένα εκπαιδευτικό τηλεσκόπιο Κοσμικών Ακτίνων (Leisos et al., 2018) αποτελείται από τρεις ή τέσσερις ανιχνευτές σωματιδίων οι οποίοι καταγράφουν τα σωματίδια του καταιονισμού χρησιμοποιώντας απλές ηλεκτρονικές διατάξεις. Οι ανιχνευτές τοποθετούνται σε μερικά μέτρα απόσταση μεταξύ τους συνήθως στην ταράτσα ενός σχολικού κτιρίου (Εικόνα 1). Απαιτώντας τουλάχιστον τρεις ανιχνευτές να καταγράψουν σωματίδια μέσα σε ένα πολύ μικρό χρονικό διάστημα (μερικές εκατοντάδες ns) μπορεί κανείς να ξεχωρίσει μεταξύ της ατμοσφαιρικής ροή μιονίων που προέρχεται από κοσμικές ακτίνες μικρής ενέργειας και των εκτεταμένων καταιονισμών της ατμόσφαιρας που προκαλούνται από υψηλής ενέργειας αρχικά σωμάτια. Μετρώντας τους σχετικούς χρόνους άφιξης στους ανιχνευτές η διεύθυνση του καταιονισμού και επομένως του αρχικού σωματίου μπορεί να μετρηθεί με ακρίβεια μερικών μοιρών χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του τριγωνισμού. Τέλος, χρησιμοποιώντας το GPS για καταγραφή του απόλυτου χρόνου, δεδομένα από διαφορετικές περιοχές και σταθμούς μπορούν να συνδυαστούν έτσι ώστε να ταυτοποιούνται καταιονισμοί πολύ υψηλής ενέργειας.

Εικόνα 1: Αναπαράσταση ενός εκπαιδευτικού τηλεσκοπίου στη ταράτσα ενός σχολικού κτιρίου.

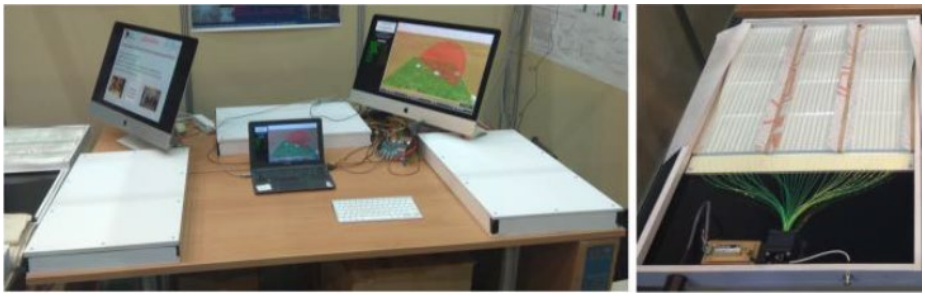


Ο Ανιχνευτής Κοσμικής Ακτινοβολίας μCosmics

Το Εργαστήριο Φυσικής του Ε.Α.Π προχώρησε στο σχεδιασμό και την κατασκευή ενός εκπαιδευτικού τηλεσκοπίου Κοσμικών Ακτίνων (ανιχνευτής μCosmics (Tsirigotis & Leisos, 2019)). Το ανιχνευτικό σύστημα μCosmics είναι ένας φορητός ανιχνευτής ατμοσφαιρικών καταιονισμών που μπορεί να λειτουργεί μέσα στη σχολική τάξη ή σχολικό εργαστήριο, μπορεί να μετακινηθεί εύκολα, είναι πολύ οικονομικός ενώ δεν περιλαμβάνει ηλεκτρικά κυκλώματα με υψηλή τάση. Επιπλέον, ο ανιχνευτής μCosmics (εικόνα 2) μπορεί

να κατασκευαστεί από τους μαθητές, ενώ οι μικρές διαστάσεις του και το μικρό του βάρος επιτρέπουν να πραγματοποιηθούν πλήθος από εκπαιδευτικές δράσεις εντός της σχολικής αίθουσας ή σχολικού εργαστηρίου ανάλογες με αυτές που έχουν αναπτυχθεί για το τηλεσκόπιο του ΕΑΠ (Leisos et al., 2018).

Εικόνα 2: Στην αριστερή εικόνα απεικονίζεται ένας σταθμός που περιλαμβάνει 3 ανιχνευτές μCosmics (λευκά κουτιά), ενώ δεξιά απεικονίζεται το εσωτερικό του ανιχνευτή.



Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα μNet (microNet)

Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα μNet στοχεύει στην ενεργό εμπλοκή μαθητών Λυκείου και Γυμνασίου στις σύγχρονες πειραματικές μεθόδους της Αστροσωματιδιακής Φυσικής και ιδιαίτερα στην φυσική των κοσμικών ακτινών (Petropoulos, Tsirigotis & Leisos, 2020). Στο πλαίσιο αυτό 20 σχολικές μονάδες της Πελοποννήσου εξοπλιστήκαν με τηλεσκόπια κοσμικής ακτινοβολίας που περιλαμβάνουν ανιχνευτές μCosmics, ενώ 35 σχολικές μονάδες από όλη την Ελλάδα χειρίζονται εξ αποστάσεως τους ανιχνευτικούς σταθμούς κοσμικής ακτινοβολίας που είναι εγκατεστημένοι στο Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο. Το σύνολο των σχολείων που διαθέτουν ανιχνευτικούς σταθμούς στο χώρο τους, καθώς και τα σχολεία που χειρίζονται τους σταθμούς του πανεπιστημίου εξ αποστάσεως αποτελούν το 1ο Ελληνικό Σχολικό Δίκτυο Εκπαιδευτικών Τηλεσκοπίων Κοσμικής ακτινοβολίας.

Η εκπαιδευτική αξιοποίηση των ανιχνευτικών διατάξεων μCosmics και των αυτόνομων σταθμών του Ε.ΑΠ. περιλαμβάνει διάφορα στάδια πειραματικών εργασιών που θα πρέπει να εκτελεστούν από τους μαθητές υπό την επίβλεψη των καθηγητών τους, τα οποία έχουν αποτυπωθεί σε 7 κύριες εκπαιδευτικές δράσεις/δραστηριότητες. Οι δραστηριότητες αυτές εκπονούνται σταδιακά από τους μαθητές κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους. Το μεγαλύτερο μέρος αυτών των δραστηριοτήτων (Leisos et al., 2019) έχει ήδη εφαρμοστεί σε ομάδες μαθητών κατά τη διάρκεια 2 θερινών σχολείων τα έτη 2018 και 2019 που έλαβαν χώρα στις εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Φυσικής του ΕΑΠ καθώς και τις σχολικές χρονιές 2020-2021 και 2021-2022 που λειτούργησε το πρόγραμμα σε πιλοτική φάση και σε φάση προετοιμασίας αντίστοιχα.

Οι εκπαιδευτικές δράσεις/δραστηριότητες περιλαμβάνουν: την κατασκευή της ανιχνευτικής μονάδας μCosmics από τους μαθητές, την μέτρησης της απόκρισης της κάθε ανιχνευτικής μονάδας κατά τη διέλευση μιονίων, τη βαθμονόμηση του χρονισμού των ανιχνευτικών μονάδων, την κατασκευή και λειτουργία ενός τηλεσκοπίου μιονίων, την μελέτη γεωμετρίας του τηλεσκοπίου Κοσμικών Ακτίνων, την λήψη δεδομένων καταιονισμών και έλεγχος ποιότητας δεδομένων και τέλος την ανάλυση δεδομένων και ανακατασκευή της διεύθυνσης του καταιονισμού.

Η εκπαίδευση και καθοδήγηση των μαθητών καθώς και των υπευθύνων καθηγητών τους πραγματοποιήθηκε μέσω της πλατφόρμας moodle χρησιμοποιώντας μεθόδους σύγχρονης και ασύγχρονης εκπαίδευσης. Προκειμένου να διατηρηθεί αμείωτο το ενδιαφέρον των χρηστών καθόλη την διάρκεια του εκπαιδευτικού προγράμματος υιοθετήθηκαν εκπαιδευτικές πρακτικές που βασίζονται στη λογική της παιχνιδοποίησης (gamification). Για τις ανάγκες χειρισμού των τηλεσκοπίων εξ αποστάσεως αναπτύχθηκε διαδικτυακή εφαρμογή (https://mNet-Online.eap.gr) η οποία αποτέλεσε το βασικό εργαλείο του εκπαιδευτικού προγράμματος καθώς επιτρέπει στους χρήστες να εκτελέσουν την βαθμονόμηση του τηλεσκοπίου καθώς και τον έλεγχο λειτουργίας του ανιχνευτικού σταθμού που είτε διαθέτουν στο φυσικό τους χώρο, είτε χειρίζονται εξ αποστάσεως.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

APPEC. [Online]. Available: https://www.appec.org/

Gaisser, T., Engel, R., and Resconi, E., Extensive air showers. In Cosmic Rays and Particle Physics, Cambridge: Cambridge University Press, doi:10.1017/CBO9781139192194.018, 2016, pp. 313-340.

Leisos, A. et al, The Hellenic Open University Cosmic Ray Telescope: Research and Educational Activities, EPJ Web Conf. Volume 182, 2018 https://doi.org/10.1051/epjconf/201818202072

Leisos, A. et al, Hellenic Lyceum Cosmic Observatories Network: Status Report and Outreach Activities, Universe 2019, 5(1), 4; https://doi.org/10.3390/universe5010004

Petropoulos, M., Tsirigotis, A. and Leisos, A. ―μNet: Towards the 1st array of educational air shower detectors in Greece,‖ International Journal of Modern Physics A, vol. 25, no. 34n35, 2044022, 2020, https://doi.org/10.1142/S0217751X20440224

Stanev, T., High Energy Cosmic Rays, Springer-Verlag, DOI 10.1007/978-3-540-85148-6.

Tsirigotis. A. and Leisos, A., μCosmics: A Low-Cost Educational Cosmic Ray Telescope, Universe 2019, 5(1), 23; https://doi.org/10.3390/universe5010023