ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

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

Τόμ. 13 (2024)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Γεφυρώνοντας το χάσμα ανάμεσα στην έρευνα και την εκπαίδευση: Το πρόγραμμα μNET και η δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ελλάδα

Λεωνίδας Ξηρός, Στέργιος Κυανίδης, Αντώνιος Λέισος

doi: 10.12681/codiste.7401

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 08/12/2025 11:19:10

ΓΕΦΥΡΩΝΟΝΤΑΣ ΤΟ ΧΑΣΜΑ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ: ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ MNET ΚΑΙ Η ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

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

[1]Εργαστήριο Φυσικής, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

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

BRIDGING THE GAP BETWEEN RESEARCH AND EDUCATION: THE MNET PROJECT AND HIGH SCHOOL SCIENCE EDUCATION IN GREECE

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

[1] Physics Laboratory, 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

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γεφυρώνοντας το χάσμα ανάμεσα στην έρευνα και την εκπαίδευση: Το πρόγραμμα μNet και η δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ελλάδα

Η ενσωμάτωση των πεδίων της επιστημονικής έρευνας στα σχολεία δεν είναι εύκολη διαδικασία, τόσο από παιδαγωγική σκοπιά όσο και λόγω των πρακτικών δυσκολιών, που περιλαμβάνουν την πολυπλοκότητα και το κόστος του εξοπλισμού, καθώς και τις προωθημένες επιστημονικές μεθοδολογίες, με τις οποίες δεν είναι εξοικειωμένοι οι καθηγητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Είναι προφανές ότι απαιτείται ένας επαναπροσδιορισμός της σύγχρονης επιστήμης, ο οποίος θα οδηγήσει σε μεθόδους μεταφοράς της δημιουργούμενης επιστημονικής γνώσης και εμπειρίας στους καθηγητές της μέσης εκπαίδευσης, οι οποίοι με τη σειρά τους θα τις μεταφέρουν στους μαθητές τους, ανάλογα με το επίπεδο γνώσεων του καθενός.

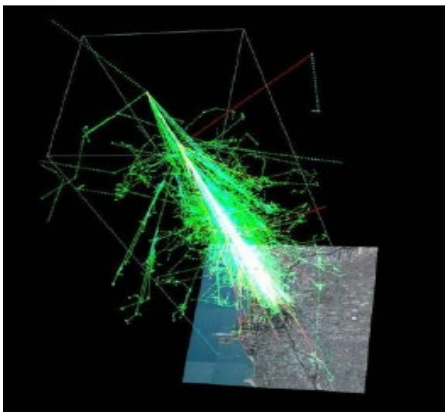
Προς αυτή την κατεύθυνση, το Εργαστήριο Φυσικής του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου (ΕΑΠ) ξεκίνησε το πρόγραμμα μNet, σε μια προσπάθεια να εμπλέξει τους Έλληνες μαθητές Γυμνασίων και Λυκείων με την πειραματική μεθοδολογία της Σωματιδιακής και Αστροσωματιδιακής Φυσικής. Στο πλαίσιο του προγράμματος μNet, οι μαθητές κατασκευάζουν, τεστάρουν και λειτουργούν το δικό τους τηλεσκόπιο παρατήρησης κοσμικών ακτινών, μιμούμενοι την πειραματική δουλειά διάσημων επιστημόνων του 20^{ου} αιώνα, που οδήγησαν σε σημαντικές ανακαλύψεις για τα συστατικά της ύλης και τις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις τους στο σύμπαν.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Αστροσωματιδική Φυσική και Κοσμικές Ακτίνες

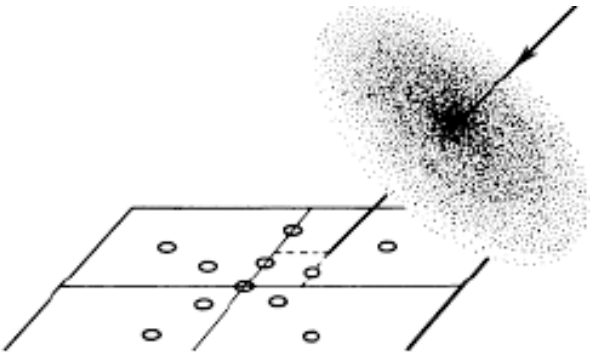
Στην κλασική Αστρονομία, τα αστροφυσικά αντικείμενα παρατηρούνται μέσω της ανίχνευσης του φωτός που εκπέμπουν στην περιοχή του ορατού (δηλαδή οπτικά τηλεσκόπια) ή των ραδιοκυμάτων (δηλαδή ραδιοτηλεσκόπια). Ωστόσο, τέτοια αντικείμενα δεν εκπέμπουν μόνο φως: σε πολλές ενδιαφέρουσες περιπτώσεις αυτά παράγουν σωματίδια υψηλής ενέργειας όπως πρωτόνια, πυρήνες και νετρίνα, τα οποία διαδίδονται στο διάστημα μέχρι να εισέλθουν στην ατμόσφαιρα της Γης. Αυτά τα υποατομικά σωματίδια και πυρήνες υψηλής ενέργειας που φτάνουν στη Γη από όλες τις διευθύνσεις ονομάζονται κοσμικές ακτίνες. Όταν μια τέτοια ενεργητική κοσμική ακτίνα που εισέρχεται στη γήινη ατμόσφαιρα κατόπιν αλληλεπιδρά με ένα πυρήνα της ατμόσφαιρας και παράγει πολλά νέα σωματίδια (δευτερεύοντα) σε αλυσιδωτές αλληλεπιδράσεις, που συνήθως καλούνται ατμοσφαιρικός καταιονισμός (air shower) (Stanev, 2021) (Σχ. 1).

Σχήμα 1. Μια καλλιτεχνική απεικόνιση ενός ατμοσφαιρικού καταιονισμού πάνω από μια πόλη.



Η δημιουργία και απορρόφηση των σωματιδίων του καταιονισμού είναι συνεχής και σαν αποτέλεσμα ένας πολύ λεπτός (μερικών μέτρων) αλλά πολύ ευρύς (φτάνοντας τα εκατοντάδες μέτρα) δίσκος δημιουργείται κάθετα προς τη διεύθυνση της αρχικής (πρωταρχικής) κοσμικής ακτίνας, που κινείται με την ταχύτητα του φωτός (Σχ. 2). Αν η ενέργεια του αρχικού σωματιδίου είναι μεγάλη, ο δίσκος μπορεί να φτάσει το επίπεδο του εδάφους και τα σωματίδια να διασκορπιστούν σε μια περιοχή με ακτίνα εκατοντάδες ή ακόμα και χιλιάδες μέτρα. Στην περίπτωση αυτή ο καταιονισμός ονομάζεται Εκτεταμένος Ατμοσφαιρικός Καταιονισμός [Extensive Air Shower (EAS)] (Gaisser et al., 2016).

Σχήμα 2. Ο δίσκος σωματιδίων του ατμοσφαιρικού καταιονισμού.



Εκπαιδευτικά Τηλεσκόπια Κοσμικής Ακτινοβολίας

Ένα εκπαιδευτικό τηλεσκόπιο κοσμικής ακτινοβολίας συνήθως αποτελείται από 3 ανιχνευτές σωματιδίων που σχηματίζουν ένα οριζόντιο τρίγωνο στο επίπεδο του εδάφους με μια τυπική απόσταση 10-20 μέτρα ανάμεσα στους ανιχνευτές. Μετρώντας το σχετικό χρόνο διάβασης των σωματιδίων από τις ανιχνευτικές μονάδες (που παρέχεται από τους ίδιους τους ανιχνευτές) και με τη χρήση απλής γεωμετρίας, μπορεί να ανακατασκευαστεί η κατεύθυνση του άξονα του καταιονισμού και κατ' επέκταση και του πρωταρχικού σωματιδίου, με ακρίβεια λίγων μοιρών [APPEC, Online]. Το εργαστήριο φυσικής του ΕΑΠ κατασκεύασε ένα σχετικά φτηνό (≈ 3000 ευρώ), μικρό σε διαστάσεις και φορητό τηλεσκόπιο κοσμικών ακτίνων, τον ανιχνευτή μCosmics. Ο ανιχνευτής μCosmics (Σχ. 3) αποτελείται από τρεις ανιχνευτικές μονάδες, έναν παλμογράφο που βασίζεταια σε υπολογιστή, και έναν υπολογιστή για την επίσκόπηση και αποθήκευση των δεδομένων. Η ανιχνευτική μονάδα είναι πολύ μικρή, εύκολη στη μεταφορά, και ζυγίζει περίπου 6 kg. Η διακριτική ικανότητα του τηλεσκοπίου μCosmics είναι περίπου 5 μοίρες ενώ ο ρυθμός καταγραφής είναι περίπου 10 καταιονισμοί την ώρα, που είναι αρκετοί ακόμα και για την μικρή διάρκεια της σχολικής ώρας (Tsirigotis et al., 2019).

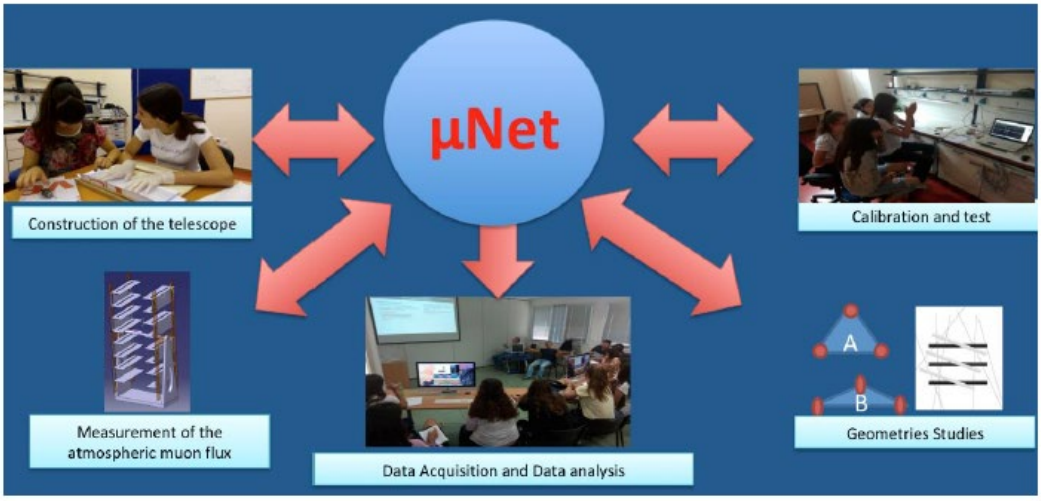
Σχήμα 3. Το τηλεσκόπιο μCosmics με 3 μονάδες ανίχνευσης (λευκά κουτιά) και το εσωτερικό τους (δεξιά).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Το πρόγραμμα μNet

Η ανάπτυξη του ανιχνευτή μCosmics μαζί με τις αντίστοιχες εκπαιδευτικές δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν στη διάρκεια θερινών σχολείων οδήγησαν στη δημιουργία του προγράμματος μNet. Το μNet στοχεύει στην ενεργή ανάμιξη των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε πειραματικές διαδικασίες της Αστροσωματιδικής φυσικής και ειδικά της Φυσικής Κοσμικών Ακτίνων. Στα πλαίσια του μNet, 20 εκπαιδευτικά τηλεσκόπια κοσμικών ακτίνων εγκαταστάθηκαν σε εργαστήρια Λυκείων της Ελλάδας, ενώ ταυτόχρονα τηλεσκόπια με απομακρυσμένο χειρισμό αναπτύχθηκαν στα κτίρια του ΕΑΠ και μπορούν να χρησιμοποιηθούν από 50 σχολεία επιπλέον. Τα σχολεία που εξοπλίστηκαν με ανιχνευτές μCosmics καθώς και τα σχολεία που συμμετείχαν στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες από απόσταση, συνιστούν το δίκτυο μNet (Σχ. 4), το πρώτο Ελληνικό σχολικό δίκτυο εκπαιδευτικών τηλεσκοπίων κοσμικής ακτινοβολίας.

Σχήμα 4. Οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες του προγράμματος μNet με τον ανιχνευτή μCosmics.

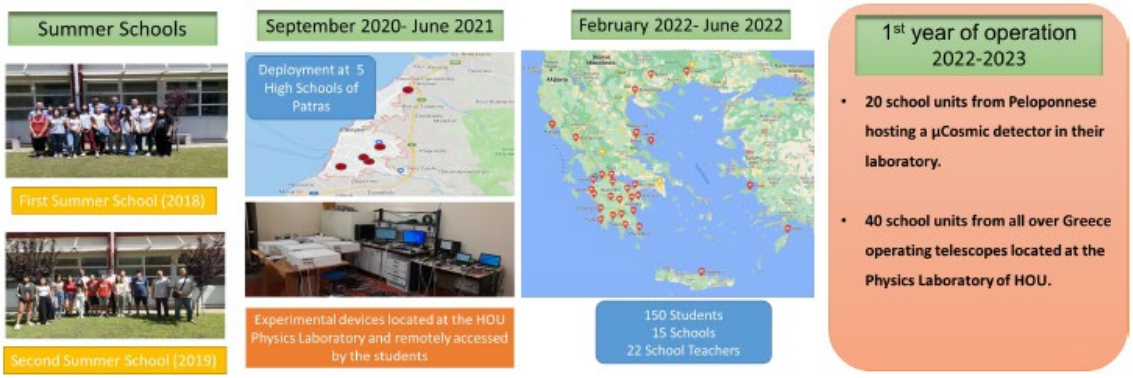


Το πρόγραμμα μNet σε δράση

Το πρώτο βήμα του προγράμματος μNet ήταν μια πενθήμερη εκπαιδευτική δράση που πραγματοποιήθηκε το 2018 και το 2019 στα πλαίσια δύο θερινών σχολείων που διοργανώθηκαν από το Εργαστήριο Φυσικής του ΕΑΠ. (Leisos et al., 2018). Σε αυτή την πρώτη προσπάθεια, τα σχόλια που συλλέξαμε από τους μαθητές ήταν πολύ θετικά και η συνολική εικόνα πολύ ενθαρρυντική. Το 2020, ένα πιλοτικό πρόγραμμα εφαρμόστηκε στη

διάρκεια του σχολικού έτους 2020-2021. Το πιλοτικό αυτό πρόγραμμα είχε σαν στόχο την ανάπτυξη ενός μικρού σχολικού δικτύου εκπαιδευτικών τηλεσκοπίων κοσμικών ακτίνων σε πέντε Λύκεια της περιοχής της Αχαΐας (όπου βρίσκεται το ΕΑΠ.) Εξαιτίας της επιδημίας του COVID-19, ολόκληρο το εκπαιδευτικό πρόγραμμα έγινε από απόσταση. Σύμφωνα με την αξιολόγηση, οι στόχοι του πιλοτικού προγράμματος επιτεύχθηκαν σε πολύ μεγάλο βαθμό (Petropoulos et al., 2020).

Figure 5. Η εξέλιξη του προγράμματος μNet.



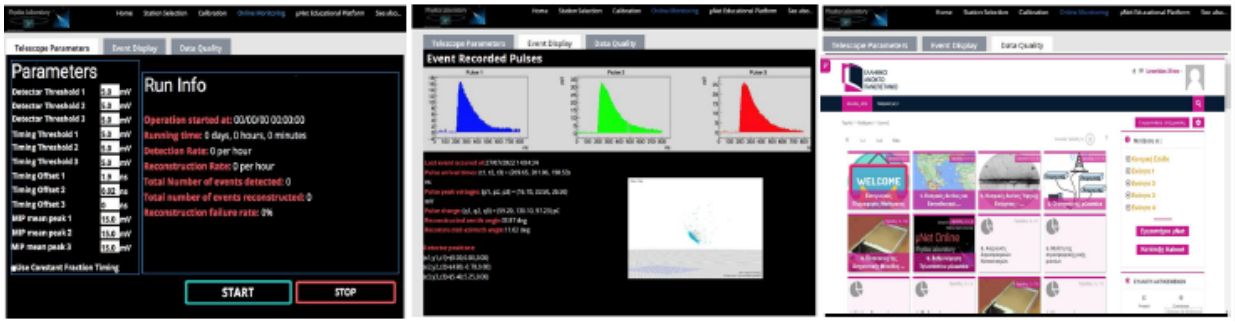
ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Πρόσφατα, το πρόγραμμα μNet πέτυχε χρηματοδότηση από το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας τοποθετούμενο στην πρώτη θέση ανάμεσα σε συναφείς προτάσεις στη θεματική περιοχή «Κόμβοι Έρευνας και Καινοτομίας στην Εκπάιδευση». Στην προπαρασκευαστική φάση του προγράμματος, οργανώσαμε για το σχολικό έτος (2021-2022) ένα κάπως μικρό δίκτυο σχολείων με στόχο την έναρξη των πειραματικών εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων και την ανάπτυξη του απαιτούμενου εκπαιδευτικού υλικού (Leisos et al, 2019).

Ο πρώτος χρόνος λειτουργίας του μNet ήταν το σχολικό έτος 2022-2023. Περισσότεροι από 500 μαθητές συμμετείχαν στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες, προερχόμενοι από 60 σχολεία σε όλη την Ελλάδα. 40 σχολεία χειρίζονταν τα εκπαιδευτικά τηλεσκόπια από απόσταση, ενώ 20 σχολεία είχαν την ευκαιρία να φιλοξενήσουν ένα τηλεσκόπιο στο εργαστήριό τους.

Το κύριο εργαλείο του εκπαιδευτικού προγράμματος ήταν μια εφαρμογή βασισμένη στο διαδίκτυο (Σχ. 6) που επέτρεπε τη βαθμονόμηση και το χειρισμό των τηλεσκοπίων (https://mnetonline.eap.gr). Κάθε σχολείο παρακολουθούσε το ρυθμό ανίχνευσης και το ρυθμό ανακατασκευής των ατμοσφαιρικών καταιονισμών, τους παλμούς που συλλέγονταν για κάθε καταιονισμό που ανιχνευόταν, ενώ η κατεύθυνση του ανακατασκευασμένου καταιονισμού παρουσιαζόταν σαν ένα καρτούν, και η τελευταία καρτέλα της σελίδας παρακολούθησης χρησιμοποιούνταν για την επίδειξη ιστογραμμάτων που έδειχναν την ποιότητα των δεδομένων του τηλεσκοπίου.

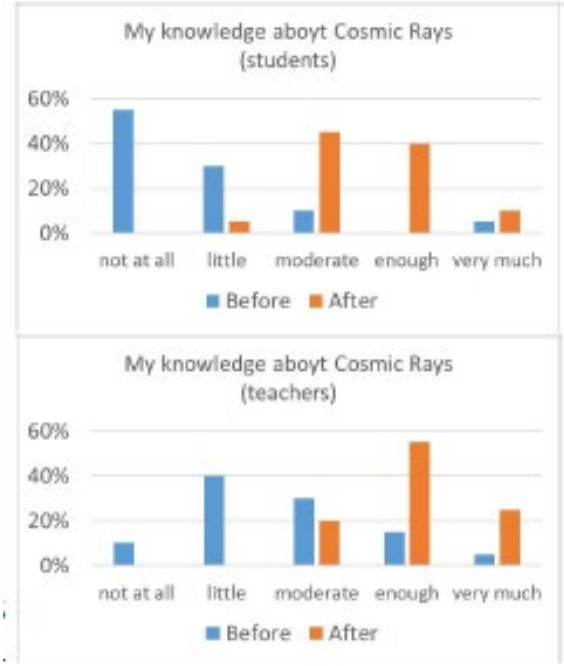
Σχήμα 6. Η βασισμένη στο διαδίκτυο εφαρμογή για τη λειτουργία του τηλεσκοπίου (αριστερά, κέντρο) και η εκπαιδευτική πλατφόρμα LMS (δεξιά).



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για το εκπαιδευτικό πρόγραμμα, αναπτύξαμε μια πλατφόρμα Συστήματος Διαχείρισης Μάθησης [Learning Management System, (LMS)] που περιλάμβανε πολλές συνόδους, κάθε μια εκ των οποίων περιείχε μια σειρά από αναλυτικά και σύντομα βίντεο, αποφεύγοντας τη δημιουργία (γραπτών) οδηγιών. Η εγγραφή των μαθητών βασιζόταν σε μεθόδους παιχνιδοποίησης, όπου κάθε μαθητής μπορούσε να συλλέξει κονκάρδες [badges], αντικείμενα και βαθμούς είτε για τον ίδιο/α είτε για το σχολείο του/της. Επιπλέον, οργανώθηκαν διαγωνισμοί παιχνιδιού όπου σχολεία συναγωνίζονταν μεταξύ τους στην απάντηση ερωτήσεων σχετικών με το περιεχόμενο του προγράμματος.

Σχήμα 7. Οι απαντήσεις των συμμετεχόντων σχετικά με τη γνώση που αποκτήθηκε.



Το γενικότερο αποτέλεσμα είναι ότι οι καθηγητές όπως και οι μαθητές βελτίωσαν σημαντικά τις γνώσεις τους για τις κοσμικές ακτίνες. Οι απαντήσεις για το επίπεδο γνώσεων γύρω από τις κοσμικές ακτίνες πριν και μετά το εκπαιδευτικό πρόγραμμα φαίνονται στο Σχ. 7.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

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

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

Leisos, A., Tsirigotis, A., Bourlis, G., Petropoulos, M., Xiros, L., Manthos, I., & Tzamarias, S. (2018). Hellenic lyceum cosmic observatories network: status report and outreach activities. *Universe*, *5*(1), 4. https://doi.org/10.3390/universe5010004

Leisos, A., Avgitas, T., Bourlis, G., Fanourakis, G. K., Gkialas, I., Manthos, I., ... & Tzamarias, S. E. (2018). The Hellenic open university cosmic ray telescope: research and educational activities. In *EPJ Web of Conferences* (Vol. 182, p. 02072). EDP Sciences. https://doi.org/10.1051/epjconf/201818202072

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, 2021. https://doi.org/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