

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

Τόμ. 14, Αρ. 2 (2026)

Πρακτικά 14ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

14^ο

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
και ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ στην ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες
στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές



12-14 Απριλίου 2025

Στην μνήμη της Άννας Σπύριου

ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΔΠΘ
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΔΠΘ

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,
Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

synedrio2025.enepht.gr



Εξερευνώντας τις Εποχές: Μια Συγκριτική Μελέτη με Πραγματικά και Εικονικά Μοντέλα

*Αδαμαντία Λαμπροπούλου, Χαρίλαος Τσιχουρίδης,
Νικόλαος Μήτρακας, Αντώνιος Καραβασίλης*

doi: [10.12681/codiste.9990](https://doi.org/10.12681/codiste.9990)

Εξερευνώντας τις Εποχές: Μια Συγκριτική Μελέτη με Πραγματικά και Εικονικά Μοντέλα

Αδαμαντία Λαμπροπούλου¹, Χαρίλαος Τσιχουρίδης²,
Νικόλαος Μήτρακας³ και Αντώνιος Καραβασίλης⁴

¹Δασκάλα, ²Αναπληρωτής Καθηγητής, ^{3,4}Υποψήφιος Διδάκτορας,
^{1,2,3,4}Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και Κοινωνικής Εργασίας, Πανεπιστήμιο Πατρών
²*hatsihour@upatras.gr*

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιείται συγκριτική διερεύνηση της αποτελεσματικότητας δύο διδακτικών προσεγγίσεων, σχετικά με το φαινόμενο των εποχών και των συναφών αστρονομικών εννοιών. Η πρώτη διδακτική προσέγγιση ενσωματώνει τη χρήση ενός ιδιο-κατασκευασμένου με βάση τη διεπιστημονική προσέγγιση STEM πραγματικού μοντέλου ενώ η δεύτερη τη χρήση ενός τρισδιάστατου εικονικού προσομοιούμενου μοντέλου. Στην έρευνα συμμετείχαν 63 μαθητές/τριες Γυμνασίου οι οποίοι/ες μέσω κατάλληλα δομημένων φύλλων εργασίας ομαδοσυνεργατικά διερεύνησαν το φαινόμενο των εποχών. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε περιλάμβανε τη χρήση pre και post τεστ ερωτηματολογίου καθώς και συζήτηση με focus group. Τα αποτελέσματα της έρευνας αναδεικνύουν μικρές διαφορές ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα των δύο προσεγγίσεων, την αυξημένη ενεργό εμπλοκή των μαθητών και την ενίσχυση του κινήτρου συμμετοχής κατά την εκπαιδευτική διαδικασία.

Λέξεις κλειδιά: αστρονομία, εικονικά μοντέλα, πραγματικά μοντέλα, φαινόμενο των εποχών

Exploring the Seasons Phenomenon: a Comparative Study with Real and Virtual Models

Adamantia Lambropoulou¹, Charilaos Tsihouridis², Nikolaos Mitrakas³ and
Antonios Karavasilis⁴

¹Teacher, ²Associate Professor, ³PhD Student, ⁴PhD Student
^{1,2,3,4}Department of Educational Sciences and Social Work, University of Patras
²*hatsihour@upatras.gr*

Abstract

In the present paper, a comparative investigation of the effectiveness of two teaching approaches is carried out, regarding the phenomenon of seasons and related astronomy concepts. The first teaching approach incorporates the use of a self-built based on the interdisciplinary STEM approach real model while the second the use of a 3D virtual simulated model. 63 high school students participated in the research, who, through appropriately structured worksheets, collaboratively investigated the phenomenon of the seasons. The method followed included the use of a pre and post-test questionnaire as well as a focus group discussion. The first results of the research highlight small differences in terms of the learning results of the two approaches, the increased active involvement of students and the strengthening of the motivation to participate in the educational process.

Keywords: astronomy, real models, seasons phenomenon, virtual models

Εισαγωγή

Η αστρονομία χαρακτηρίζεται συχνά ως μια «επιστημονική πύλη» (Science Gateway), καθώς έχει την ικανότητα να προκαλεί συνεχώς την περιέργεια όλων των ανθρώπων από την αρχή της ύπαρξής τους μέχρι σήμερα, ανεξαρτήτως πολιτισμικού υπόβαθρου ή επιστημονικής

κλίσης (Salimpour et al., 2021; Tsihouridis et al., 2024). Ωστόσο, η πολυπλοκότητα των αστρονομικών φαινομένων, όπως αυτό των εποχών, συχνά αποτελεί ένα πεδίο δημιουργίας εναλλακτικών ιδεών και προκλήσεων ως προς την κατανόηση τους από τους μαθητές (Janssi & Ketpichainarong, 2020). Οι μαθητές συχνά πιστεύουν ότι οι εποχιακές μεταβολές προκύπτουν κυρίως από αλλαγές στην απόσταση γης – ηλίου (Zaki, 2015), ότι οι εποχές δημιουργούνται λόγω της τροχιάς του ήλιου γύρω από την ακίνητη γη (Bostan Sarioglan & Küçüközer, 2015), ενώ συχνά πιστεύουν ότι ο άξονας της γης ταλαντώνεται μπρος-πίσω κατά την περιφορά της, όντας στραμμένος προς τον ήλιο το καλοκαίρι και μακριά από αυτόν τον χειμώνα (Azizah et al., 2022).

Τα μοντέλα αποτελούν βασικό εργαλείο στη διδακτική της αστρονομίας, καθώς βοηθούν τους μαθητές να κατανοήσουν τα φαινόμενα και υποστηρίζουν τους εκπαιδευτικούς στη μετάδοση της γνώσης με μεγαλύτερη ευκολία (Taylor et al., 2003). Σύμφωνα με την Εκπαιδευτική Έρευνα στη Φυσική (Physics Education Research – PER) (Tsihouridis & Vanougiou, 2023) υπογραμμίζεται η σημασία της συνδυαστικής χρήσης αυτοσχέδιων πειραματικών συσκευών και αισθητήρων στη διδασκαλία πειραμάτων στις Φυσικές Επιστήμες. Επιπλέον, αναδεικνύεται η αποτελεσματικότητα των πολυπαραμετρικών διαδραστικών εικονικών περιβαλλόντων, τα οποία προσφέρουν υψηλή πιστότητα στην απεικόνιση του φαινομένου που μελετάται. Η σύγχρονη εκπαιδευτική πρακτική προωθεί τη συνδυασμένη χρήση εικονικών και πραγματικών περιβαλλόντων μάθησης, επιτυγχάνοντας έτσι καλύτερη οπτικοποίηση των φαινομένων ενισχύοντας παράλληλα την ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα στους μαθητές (Mitrakas et al., 2024).

Μεθοδολογία

Εναλλακτικές αντιλήψεις και παρανοήσεις σχετικά με αστρονομικά φαινόμενα, όπως η εναλλαγή των εποχών, εντοπίζονται συχνά μεταξύ των φοιτητών (Zelik & Morris, 2003). Η κατανόηση του φαινομένου των εποχών συνιστά μια ιδιαίτερα απαιτητική γνωστική διαδικασία, καθώς προϋποθέτει την εις βάθος κατανόηση πολλαπλών αλληλένδετων εννοιών (Tsihouridis & Mitrakas, 2025).

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η συγκριτική μελέτη των μαθησιακών αποτελεσμάτων δύο διερευνητικών διδακτικών προσεγγίσεων του αστρονομικού φαινομένου των εποχών, μίας με χρήση ενός πραγματικού ιδιοκατασκευασμένου μοντέλου και μίας με τη χρήση ενός εικονικά προσομοιούμενου μοντέλου, τόσο μεταξύ τους όσο και με τη μέθοδο διδασκαλίας σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών.

Τα ερευνητικά ερωτήματα είναι:

- Σε ποιο βαθμό η χρήση ενός ιδιοκατασκευασμένου ρομποτικού μοντέλου βάση την προσέγγιση STEM ενισχύει την εννοιολογική κατανόηση του φαινομένου των εποχών σε σύγκριση με την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας όπως αυτή ορίζεται με βάση το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών;
- Σε ποιο βαθμό η χρήση ενός εικονικού μοντέλου/περιβάλλοντος ενισχύει την εννοιολογική κατανόηση του φαινομένου των εποχών σε σύγκριση με την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας όπως αυτή ορίζεται με βάση το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών;
- Υπάρχει διαφοροποίηση, ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα, ανάμεσα στις τρεις διδακτικές προσεγγίσεις;
- Ποιος είναι ο βαθμός ευχρηστίας του κάθε μοντέλου στην εκπαιδευτική διαδικασία σύμφωνα με την γνώμη των μαθητών

Συμμετέχοντες/ουσες

Το δείγμα της πιλοτικής έρευνας αποτέλεσαν 63 μαθητές/τριες (30 αγόρια και 33 κορίτσια) της Γ' Γυμνασίου ενώ η έρευνα πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του εργαστηρίου δεξιοτήτων. Για τις ανάγκες της έρευνας συγκροτήθηκαν σε 3 ομάδες: στην πρώτη πειραματική ομάδα διενεργήθηκε η διερευνητική διδακτική παρέμβαση με τη βοήθεια του ιδιοκατασκευασμένου μοντέλου και αποτελούνταν από 20 άτομα, στη δεύτερη πειραματική ομάδα (22 άτομα), έγινε

χρήση μιας τρισδιάστατης εικονικής προσομοίωσης με τη βοήθεια της οποίας πραγματοποιήθηκε διερευνητική διδακτική προσέγγιση διδασκαλίας του φαινομένου των εποχών ενώ τρίτη ομάδα (21 άτομα) αποτέλεσε την ομάδα ελέγχου όπου πραγματοποιήθηκε η διδακτική παρέμβαση με βάση την παραδοσιακή διδασκαλία όπως αυτή ορίζεται με βάση το πρόσφατο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (Α.Π.Σ.). Οι μαθητές/τριες και των τριών ομάδων ακολούθησαν κατάλληλα διαμορφωμένα φύλλα εργασίας.

Εργαλεία της Έρευνας

Για τους σκοπούς της έρευνας αναπτύχθηκε από την ερευνητική ομάδα ένα ειδικά διαμορφωμένο ερωτηματολόγιο 23 ερωτήσεων το οποίο ελέγχθηκε: α) ως προς την εγκυρότητα περιεχομένου με τη χορήγησή του σε καθηγητές Φυσικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Πατρών οι οποίοι αξιολόγησαν την αντιστοιχία των στόχων και ερωτήσεων του ερωτηματολογίου β) ως προς τη δομική του εγκυρότητα με χορήγησή τους σε μικρή ομάδα μαθητών και συνεντεύξεις των μαθητών της πιλοτικής έρευνας. Η αξιοπιστία του ερωτηματολογίου ελέγχθηκε με τη βοήθεια του συντελεστή α Cronbach ο οποίος προέκυψε ίσος με 0,786. Το ερωτηματολόγιο δημιουργήθηκε από την ερευνητική ομάδα υπό το πρίσμα της πολυτροπικότητας και περιελάμβανε α) ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, που παρουσιάζονταν σε μορφή κειμένου ή με οπτικά βοηθήματα όπως εικόνες, διαγράμματα ή αναπαραστάσεις, β) ερωτήσεις επιλογής όπου απαιτούνταν μια σύντομη αιτιολόγηση, γ) ερώτηση ανοιχτού τύπου δ) ερωτήσεις όπου απαιτείται δημιουργία σχεδίου ως απάντηση. Σε κάθε τύπο ερώτησης απαιτούνταν σύντομες απαντήσεις αιτιολόγησης της αντίστοιχης επιλογής σε αυτές τις ερωτήσεις, ώστε να αξιολογηθεί περαιτέρω η κατανόηση και η έκταση των εναλλακτικών ιδεών των ερωτηθέντων για τα υπό μελέτη φαινόμενα. Οι διδακτικοί στόχοι του συγκεκριμένου ερωτηματολογίου, ομαδοποιημένοι σε κατηγορίες εστιασμένες στις δύο βασικές παραμέτρους του φαινομένου, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Κατηγορίες διδακτικών στόχων ερωτηματολογίου

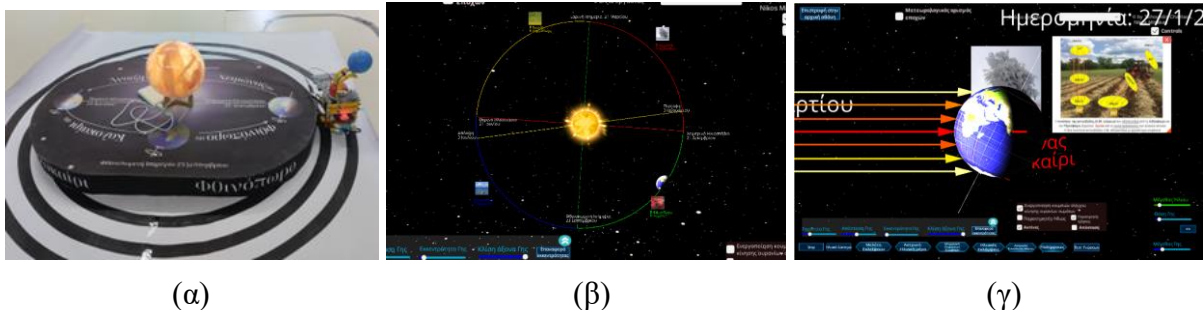
Τύπος διερεύνησης	Ερωτήσεις	Επεξήγηση αποτελεσμάτων
Σ1: Κλίση άξονα Γης	1,3,4,5,7,12,15,16,17,18,21	Να κατανοήσουν τον ρόλο της κλίσης του άξονα της γης στη δημιουργία του φαινομένου των εποχών
Σ2: Απόσταση Γης-Ήλιου	2,6,8,9,10,11,13,14,19,20,22,23	Να κατανοήσουν τον ρόλο της απόστασης στη δημιουργία του φαινομένου των εποχών

Με σκοπό την περαιτέρω διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τις έννοιες που μελετήθηκαν, καθώς και τη συνολική αξιολόγηση της διδακτικής παρέμβασης, πραγματοποιήθηκαν συζητήσεις με ομάδες εστίασης 8 τυχαία επιλεγμένων μαθητών από κάθε ομάδα. Οι ερωτήσεις των focus groups ήταν βασισμένες στους κύριους πυλώνες του ερωτηματολογίου.

Η πρώτη πειραματική ομάδα (Π.Ο.1) αξιοποίησε ένα ιδιοκατασκευασμένο ρομποτικό μοντέλο STEM, το οποίο είχε αναπτυχθεί από μαθητές στο πλαίσιο προηγούμενης θεματικής ενότητας του εργαστηρίου δεξιοτήτων Γυμνασίου, εστιασμένης στην εκπαιδευτική ρομποτική. Το συγκεκριμένο μοντέλο βασιζόταν σε ένα ρομπότ follow line, το οποίο τροποποιήθηκε ώστε να φέρει ένα περιστρεφόμενο ομοίωμα της Γης. Ο σχεδιασμός του επέτρεπε την αλλαγή της κλίσης του άξονα περιστροφής και τη μεταβολή της τροχιακής ακτίνας μέσω μετάβασης μεταξύ διαφορετικών προκαθορισμένων τροχιών. Ο έλεγχος του ρομπότ (έναρξη, παύση, ρύθμιση ταχύτητας και τροχιακές μεταβάσεις) επιτυγχανόταν μέσω ασύρματης επικοινωνίας Bluetooth από κινητό τηλέφωνο, χρησιμοποιώντας έναν μικροελεγκτή micro:bit. Το μοντέλο έχει ήδη αξιοποιηθεί σε εκπαιδευτικό πλαίσιο, παρουσιάζοντας σταθερή και αποτελεσματική λειτουργία, γεγονός που ενισχύει την παιδαγωγική του αξιοπιστία (Εικόνα 1α).

Η δεύτερη πειραματική ομάδα (Π.Ο.2) χρησιμοποίησε το εικονικό περιβάλλον HENASTRON² (Hyper interactive ENvironment of ASTRONomy, χ.η.) το οποίο αποτελεί ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον εννοιών που σχετίζονται με τα ουράνια σώματα του ηλιακού συστήματος και των συναφών φαινομένων, βασίζεται στη διερευνητική προσέγγιση της μαθησιακής διαδικασίας, και παρέχει τη δυνατότητα μεταβολής βασικών παραμέτρων ουράνιων σωμάτων (κλίση άξονα περιστροφής, εκκεντρότητα τροχιάς κ.α.) Το περιβάλλον αυτό δημιουργήθηκε από την ερευνητική ομάδα, ελέγχθηκε ως προς επιστημονική του εγκυρότητα και είναι διαθέσιμο σε διαδικτυακή μορφή (Εικόνες 1β, 1γ). Στο πλαίσιο της διερευνητικής παιδαγωγικής προσέγγισης, οι χρήστες συμπλήρωσαν ειδικά διαμορφωμένα ενσωματωμένα ψηφιακά φύλλα εργασίας, των οποίων οι απαντήσεις καταγράφονταν σε ηλεκτρονική βάση δεδομένων, με συνεχή απομακρυσμένη πρόσβαση από τον εκπαιδευτικό. Με σκοπό την αποφυγή δημιουργίας νέων εναλλακτικών ιδεών τονίστηκε στους μαθητές ότι και στα δύο μοντέλα οι διαστάσεις και αποστάσεις των ουρανίων σωμάτων δεν ανταποκρίνονται στην πραγματική κλίμακα μεγεθών.

Εικόνα 1. (α) Ιδιοκατασκευασμένο μοντέλο εκπαιδευτικής ρομποτικής, (β),(γ) Στιγμιότυπα εικονικού περιβάλλοντος προσομοίωσης HEnAstron²



Η ομάδα ελέγχου (Ο.Ε.), ακολουθώντας την προσέγγιση που βασίζεται στο Πρόγραμμα Σπουδών για τη διδασκαλία των εποχών, χρησιμοποίησε ένα μοντέλο Γης-Ήλιου (σφαίρα και μια πηγή φωτός), διαγράμματα απεικόνισης πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων (κάθετη και πλάγια), χάρτες μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας, θερμομέτρο για την καταγραφή 24ωρων μετρήσεων θερμοκρασίας και φωτογραφίες που απεικονίζουν τα ημισφαίρια της γης.

Για την αξιολόγηση της ευχρηστίας του ρομποτικού μοντέλου STEM και του περιβάλλοντος Henastron, χορηγήθηκε στους φοιτητές κάθε πειραματικής ομάδας το ερωτηματολόγιο S.U.S. (System Usability Scale). Το S.U.S. είναι ένα ερωτηματολόγιο πεντάβαθμης κλίμακας Likert για την αξιολόγηση της εμπειρίας των χρηστών με νέα συστήματα και εστιάζει σε τρεις βασικές διαστάσεις: αποτελεσματικότητα, αποδοτικότητα και ικανοποίηση των χρηστών.

Πίνακας 2. Φάσεις παρέμβασης

Φάση	Διάρκεια	Π.Ο. 1	Π.Ο. 2	Ο.Ε.
1 ^η	1 ώρα	Ερωτηματολόγιο Pre -test Συζήτηση	Ερωτηματολόγιο Pre -test Συζήτηση	Ερωτηματολόγιο Pre -test Συζήτηση
2 ^η	3 ώρες	Εξοικείωση με το μοντέλο Διδακτική προσέγγιση βασισμένη στη διερεύνηση με αλλαγή παραμέτρων (κλίση άξονα γης, αλλαγή απόστασης γης ήλιου)	Εξοικείωση με το περιβάλλον HEnAstron ² Διδακτική προσέγγιση βασισμένη στη διερεύνηση με αλλαγή παραμέτρων (κλίση άξονα γης, αλλαγή απόστασης γης ήλιου, γωνίας θέασης παρατηρητή, κ.α.)	Διδακτική προσέγγιση βασισμένη στη διερεύνηση Χρήση εκπαιδευτικών μέσων με βάση το επίσημο πρόγραμμα σπουδών (βίντεο-προσομοίωση)
3 ^η	1 ώρα	Χορήγηση S.U.S. Συζήτηση focus group	Χορήγηση S.U.S. Συζήτηση focus group	Συζήτηση focus group
4 ^η	1 ώρα	Ερωτηματολόγιο Post test	Ερωτηματολόγιο Post test	Ερωτηματολόγιο Post test

Φάσεις παρέμβασης

Η παρέμβαση διήρκεσε 6 ώρες τόσο για τις δύο πειραματικές ομάδες όσο και για την ομάδα ελέγχου και χωρίστηκε σε τέσσερις φάσεις. Οι δραστηριότητες ανά φάση περιγράφονται συνοπτικά στον Πίνακα 2.

Κύριες διαπιστώσεις κατά τη δεύτερη φάση της διδακτική παρέμβασης:

- Π.Ο. 1- Ρομποτικό Μοντέλο STEM: Οι μαθητές παρουσίασαν ταχεία εξοικείωση με τη λειτουργία του, ενώ το αρχικό ενδιαφέρον για την κατασκευή του μετατοπίστηκε σταδιακά στη διερεύνηση του αστρονομικού φαινομένου. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον εκδηλώθηκε κατά την διερευνητική πειραματική αλληλεπίδραση μέσω κατάλληλα σχεδιασμένων φύλλων εργασίας, με παρατήρηση των συνεπειών στον φωτισμό της Γης μετά από αλλαγές στην κλίση του άξονα και την απόσταση Γης-Ήλιου.
- Π.Ο. 2- Εικονικό περιβάλλον HEnAstron²: Οι μαθητές εξοικειώθηκαν γρήγορα με τον χειρισμό και τις πολυπαραμετρικές δυνατότητες του ψηφιακού περιβάλλοντος. Ακολουθώντας ενσωματωμένα φύλλα εργασίας, πανομοιότυπα με εκείνα της Π.Ο.1, διερεύνησαν το φαινόμενο των εποχών, καταγράφοντας τις παρατηρήσεις τους αναφορικά με την αλλαγή της κλίσης του άξονα της Γης, την απόσταση Γης-Ήλιου κατά τη θερινή και χειμερινή περίοδο, τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων και τον φωτισμό των γήινων ημισφαιρίων.
- Ο.Ε-Παραδοσιακή διδασκαλία: Η διδακτική προσέγγιση βασίστηκε στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών χρησιμοποιώντας προτεινόμενα υλικά, βίντεο και προσομοιώσεις.

Αποτελέσματα

Η ποσοτική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου SPSS και του Microsoft Excel ενώ για την ποιοτική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ανάλυσης περιεχομένου των γραπτώς καταγεγραμμένων απόψεων των μαθητών.

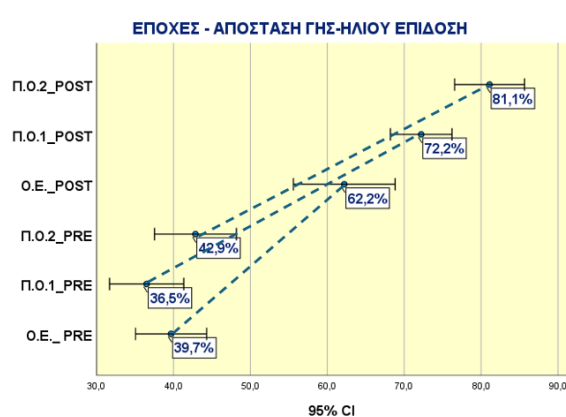
Ποσοτική ανάλυση

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης οι μαθητές των πειραματικών ομάδων παρουσίασαν βελτιωμένη επίδοση στις κατηγορίες του ερωτηματολογίου σε σχέση με αυτούς της ομάδας ελέγχου (Σχήματα 1 και 2). Η Πειραματική Ομάδα 2 (Π.Ο.2), η οποία εργάστηκε στο εικονικό περιβάλλον HEnAstron², παρουσίασε τη μεγαλύτερη βελτίωση και στις δύο κατηγορίες του ερωτηματολογίου: βελτίωση κατά 38,3% στην πρώτη κατηγορία και 38,6% στη δεύτερη. Ακολουθεί η Πειραματική Ομάδα 1 (Π.Ο.1), που χρησιμοποίησε μοντέλο εκπαιδευτικής ρομποτικής με βελτιώσεις 27,2% και 35,7% αντίστοιχα. Η ομάδα ελέγχου (Ο.Ε.) εμφάνισε σαφώς μικρότερη πρόοδο: μόλις 10,4 % στην κλίση του άξονα και 22,5 % στην απόσταση Γης-Ήλιου.

Σχήμα 1. Ερωτηματολόγιο S.U.S. της Π.Ο. 1



Σχήμα 2. Ερωτηματολόγιο S.U.S. της Π.Ο. 2



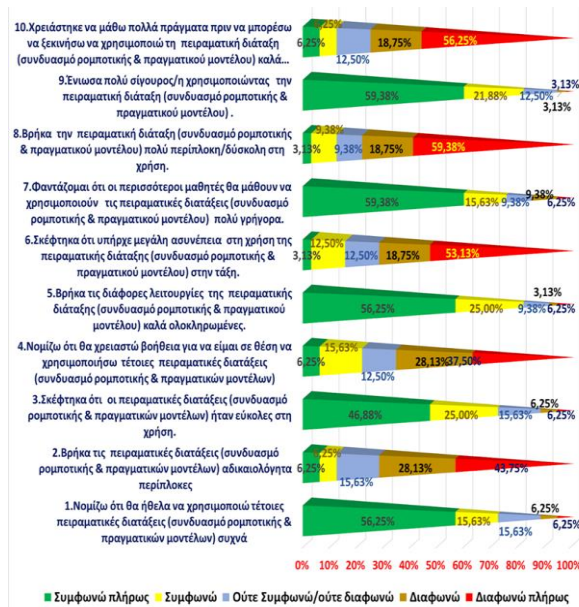
Η ανάλυση διακύμανσης (One-Way ANOVA) ανέδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων ως προς τις μετα-δοκιμαστικές επιδόσεις στην κατανόηση της κλίσης του άξονα της Γης και της απόστασης Γης-Ήλιου. Οι πολλαπλές συγκρίσεις κατά Tukey HSD έδειξαν ότι η ομάδα του εικονικού περιβάλλοντος HEnAstron² υπερέχει στατιστικά σημαντικά της ομάδας ελέγχου και στις δύο μεταβλητές, ενώ δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της πειραματικής ομάδας μοντέλου εκπαιδευτικής ρομποτικής και των άλλων ομάδων στη μεταβλητή της απόστασης (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων (Tukey HSD)

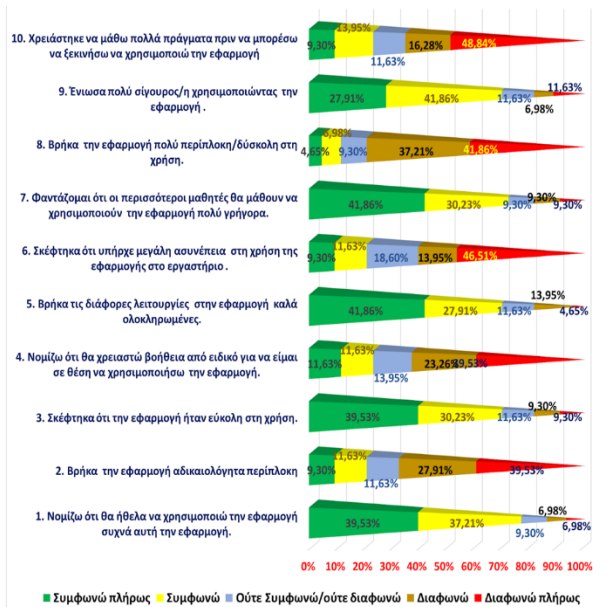
Σύγκριση ομάδων	Κλίση άξονα (p)	Απόσταση Γης – ήλιου (p)	Στατιστικά σημαντική διαφορά
Ο.Ε. vs Π.Ο.1	,038	,140	Μόνο στην κλίση
Ο.Ε. vs Π.Ο.2	< ,001	< ,001	Και στις δύο κατηγορίες
Π.Ο.1 vs Π.Ο.2	,184	,256	Σε καμία κατηγορία

Οι αναλύσεις των δεδομένων του ερωτηματολογίου S.U.S., σχετικά με την ευχρηστία τόσο του πραγματικού μοντέλου εκπαιδευτικής ρομποτικής όσο και του εικονικού περιβάλλοντος HEnAstron² απεικονίζονται στα σχήματα 3 και 4 αντίστοιχα. Μετά τον υπολογισμό της βαθμολογίας S.U.S. το τελικό σκορ είναι 70,1 για την Π.Ο. 1 και 81,3 για την Π.Ο. 2 (με άριστα το 100). Σύμφωνα με την Κλίμακα Ευχρηστίας η χρήση του πραγματικού μοντέλου μπορεί να χαρακτηριστεί ως καλή ενώ η χρήση του εικονικού περιβάλλοντος HEnAstron² ως εξαιρετική.

Σχήμα 3. Αποτελέσματα Ερωτηματολογίου S.U.S. της Π.Ο. 1



Σχήμα 4. Αποτελέσματα ερωτηματολογίου S.U.S. της Π.Ο. 2



Ποιοτική ανάλυση – Ομάδες εστίασης

Η ποιοτική ανάλυση ανέδειξε ότι η κατανόηση της κλίσης του άξονα της Γης ως καθοριστικό παράγοντα για τη δημιουργία των εποχών ενισχύθηκε ιδιαίτερα στις πειραματικές ομάδες. Μαθητές και των δύο πειραματικών ομάδων ανέφεραν πως η παρατήρηση της σταθερής κλίσης του άξονα κατά την περιφορά της Γης τους βοήθησε να αντιληφθούν τη σχέση της με την εναλλαγή των εποχών: «έβλεπα ότι όσο η Γη γύριζε, ο άξονας δεν άλλαζε κλίση, και αυτό μου έδειξε γιατί το φως πέφτει διαφορετικά σε κάθε εποχή» (M3). Στην ομάδα του εικονικού περιβάλλοντος, αρκετοί μαθητές ελεπήμαναν την άμεση δυνατότητα μεταβολής της κλίσης του άξονα με παράλληλη οπτικοποίησης της γωνίας πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων με παρατήρηση των συνεπειών στις εποχές: «όταν άλλαξα την κλίση, είδα αμέσως πως αλλάζει ο φωτισμός στα ημισφαίρια, και έτσι κατάλαβα γιατί έχουμε καλοκαίρι και χειμώνα» (M8), «όταν άλλαξα την κλίση, είδα πώς πέφτουν οι ακτίνες σε κάθε εποχή, άλλες φορές κάθετα και άλλες λοξά» (M5). Στην ομάδα ελέγχου, αν και παρατηρήθηκε πρόοδος στην κατανόηση του

φαινομένου, ορισμένοι μαθητές εξακολουθούσαν να συνδέουν τις εποχές με την απόσταση από τον Ήλιο. Και στις δύο πειραματικές ομάδες οι μαθητές παρατήρησαν ότι η τροχιά της Γης είναι κυκλική, γεγονός που ενίσχυσε την κατανόηση ότι η απόσταση δεν μεταβάλλεται σημαντικά στη διάρκεια του έτους: «Η τροχιά της γης είναι κύκλος κάτι που δε φαίνεται στα βιβλία»(M2). Οι μαθητές των Π.Ο. ανέφεραν ότι συνειδητοποίησαν πως οι εποχές δεν σχετίζονται με το πόσο κοντά βρίσκεται η Γη στον Ήλιο: «όταν άλλαξε η τροχιά στο ρομπότ η γη συνέχιζε να φωτίζεται με τον ίδιο τρόπο αν και ήταν πιο μακριά» (M1), «όταν πείραξα την απόσταση στην εφαρμογή και δεν άλλαξε τίποτα στις εποχές, κατάλαβα ότι δεν παίζει ρόλο» (M6). Αξιοσημείωτο είναι ότι αρκετοί μαθητές της Π.Ο.2 , αξιοποιώντας την πληροφορία της απόστασης γης-ήλιου που παρείχε η εφαρμογή, αναγνώρισαν ότι η Γη βρίσκεται πιο κοντά στον Ήλιο κατά τη διάρκεια του χειμώνα στο βόρειο ημισφαίριο, γεγονός που ανέτρεψε προϋπάρχουσες εναλλακτικές ιδέες: «είδα ότι τον Ιανουάριο η Γη είναι πιο κοντά στον Ήλιο, κι όμως έχουμε χειμώνα, άρα δεν φταίει η απόσταση» (M2). Στην ομάδα ελέγχου, η εναλλακτική ιδέα επίδρασης της απόστασης στην εναλλαγή των εποχών διατηρήθηκε σε αρκετές περιπτώσεις, λόγω της απουσίας οπτικοποίησης της τροχιάς και της μεταβλητότητας της απόστασης.

Η ποιοτική διερεύνηση των απόψεων των μαθητών ανέδειξε διακριτές εντυπώσεις ως προς τη χρήση των δύο μοντέλων. Στην περίπτωση της Π.Ο.1, αρκετοί μαθητές ανέφεραν ότι το γεγονός πως η κατασκευή είχε υλοποιηθεί από άλλους μαθητές τους προκάλεσε θετική εντύπωση και τους κίνησε το ενδιαφέρον να εξερευνήσουν τη λειτουργία του: «ήταν πολύ ωραίο που το είχαν φτιάξει παιδιά σαν εμάς... ήθελα να δω πώς δουλεύει» (M6). Η αρχική αυτή εστίαση στο ίδιο το μοντέλο φάνηκε να ενίσχυσε τη συγκέντρωσή τους κατά την παρατήρηση του φαινομένου που απεικόνιζε, με αποτέλεσμα να παραμείνουν ενεργοί και προσεκτικοί καθ' όλη τη διάρκεια της διερεύνησης. Αντίστοιχα, στην ομάδα του HENASTRON, οι μαθητές επεσήμαναν τη λειτουργικότητα του περιβάλλοντος και τη δυνατότητα τροποποίησης παραμέτρων με άμεση ανατροφοδότηση: «ήταν πολύ εύκολο να αλλάξεις πράγματα και να βλέπεις αμέσως τι γίνεται» (M3). Η πλειοψηφία των μαθητών αυτής της ομάδας θεώρησε το περιβάλλον φιλικό και εύχρηστο, τονίζοντας ότι ένιωσαν αυτονομία κατά τη διερεύνηση: «δεν χρειαζόταν να ρωτήσουμε συνέχεια, το βλέπαμε μόνοι μας» (M5). Συνολικά, και τα δύο μοντέλα υποστήριξαν θετικά τη μαθησιακή εμπλοκή, με το ρομποτικό μοντέλο να ενεργοποιεί την περιέργεια μέσα από την υλικότητά του και την παιγνιώδη διάσταση της κατασκευής, ενώ το ψηφιακό περιβάλλον πρόσφερε αυξημένη ευελιξία και υποστήριξε τη νοητική αυτορρύθμιση κατά την εξερεύνηση.

Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε η αποτελεσματικότητα δύο διδακτικών προσεγγίσεων, σχετικά με το φαινόμενο των εποχών και των συναφών αστρονομικών εννοιών. Οι προσεγγίσεις βασίστηκαν στη χρήση φυσικών και ψηφιακών μοντέλων, εισάγοντας καινοτόμες διαστάσεις στη διδασκαλία μέσω μιας δυναμικά παραμετροποιήσιμης μαθησιακής εμπειρίας. Οι προσεγγίσεις αυτές ενίσχυσαν την ενεργό εμπλοκή των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία, μέσω διερεύνησης και αλληλεπίδρασης. Η δυνατότητα πειραματισμού με βασικές παραμέτρους, όπως η κλίση του άξονα της Γης, η ακτίνα της τροχιάς και η θέση της Γης στην πορεία της γύρω από τον Ήλιο, προκάλεσε αυξημένο ενδιαφέρον και ενίσχυσε την περιέργεια των μαθητών, οι οποίοι συχνά διατύπωναν ερωτήματα που υποδήλωναν διάθεση για περαιτέρω εξερεύνηση (Tsihouridis et al., 2024). Η εμπλοκή τους με τα μοντέλα διευκόλυνε την ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλήματος, ενώ η παιγνιώδης διάσταση της διαδικασίας συνέβαλε στη διατήρηση θετικού κλίματος και υψηλού βαθμού συμμετοχής (Mittrakas et al., 2023· Tsihouridis & Mittrakas, 2025). Η ενεργή συμμετοχή, η αυτενέργεια και η διερεύνηση των εννοιών σε ένα υποστηρικτικό μαθησιακό περιβάλλον αποτέλεσαν βασικά χαρακτηριστικά της εμπειρίας, ευνοώντας την οικοδόμηση βαθύτερης κατανόησης σύνθετων επιστημονικών φαινομένων.

Βιβλιογραφία

- Azizah, S. N., Akhsan, H., Muslim, M., & Ariska, M. (2022). Analysis of college students misconceptions in astronomy using four-tier test. *Journal of Physics: Conference Series*, 2165(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2165/1/012004>
- Bostan Sariođlan, A., & Küçüközer, H.(2015). From elementary to university students' ideas about causes of the seasons. *Journal of Turkish Science Education*, 12(2), 3-20. Ανακτήθηκε από: <https://scispace.com/pdf/from-elementary-to-university-students-ideas-about-causes-of-56ufrufn5t.pdf>
- Cheah, W.-H., Mat Jusoh, N., Aung, M. M. T., Ab Ghani, A., & Mohd Amin Rebutan, H. (2023). Mobile Technology in Medicine: Development and Validation of an Adapted System Usability Scale (SUS) Questionnaire and Modified Technology Acceptance Model (TAM) to Evaluate User Experience and Acceptability of a Mobile Application in MRI Safety Screening. *Indian Journal of Radiology and Imaging*, 33(01), 036–045. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1758198>
- Jansri, S. & Ketpichainarong, W. (2020). Investigating In-service Science Teachers Conceptions of Astronomy and Determine the Obstacles in Teaching Astronomy in Thailand. *International Journal of Educational Methodology*, 6(4), 745–758. <https://doi.org/10.12973/ijem.6.4.745>
- Mitrakas, N., Tsihouridis, C., Batsila, M., & Vavougiος, D. (2023). Electromagnetic waves and their quantum nature: Starting from “Scratch”. Στο Μ. Ε. Auer, W. Pachatz, & T. Rüttmann (Επιμ.), *Learning in the age of digital and green transition. ICL 2022* (Lecture Notes in Networks and Systems, τ. 633, 730–741). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26876-2_69
- Mitrakas, N, Tsihouridis, C & Vavougiος D. (2024). Using Mixed Reality in the Educational Practice: An Inquiry-Based Process of the Fluid Expansion–Contraction Phenomena by Pre-Service Teachers. *Education Sciences*, 14(7), 754. <https://doi.org/10.3390/educsci14070754>
- Salimpour, S., Bartlett, S., Fitzgerald, M. T., McKinnon, D. H., Cutts, K. R., James, C. R., Miller, S., Danaia, L., Hollow, R. P., Cabezon, S., Faye, M., Tomita, A., Max, C., de Korte, M., Baudouin, C., Birkenbauma, D., Kallery, M., Anjos, S., Wu, Q., Chu, H.E., Slater, E., & Ortiz-Gil, A. (2021). The Gateway Science: A review of astronomy in the OECD school curricula, including China and South Africa. *Research in Science Education*, 51(4), 975–996. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09922-0>
- Taylor, I., Barker, M & Jones, A. (2003). Promoting mental model building in astronomy education. *International Journal of Science Education*, 25(10), 1205-1225. <https://doi.org/10.1080/950069022000017270a>
- Tsihouridis, C., & Mitrakas, N. (2025). The phenomenon of seasons through a hyper-interactive 3D environment: Aiming at highlighting prospective teachers' creativity. Στο Μ. Ε. Auer & T. Rüttmann (Επιμ.), *Futureproofing engineering education for global responsibility. ICL 2024* (Lecture Notes in Networks and Systems, τ. 1281, 72–83). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-83520-9_7
- Tsihouridis, C., Mitrakas, N., Batsila, M., & Vavougiος, D. (2024). A holistic view of using real and virtual models in teaching astronomy concepts. Στο Μ. Ε. Auer, U. R. Cukierman, E. Vendrell Vidal, & E. Tovar Caro (Επιμ.), *Towards a hybrid, flexible and socially engaged higher education. ICL 2023* (Lecture Notes in Networks and Systems, τ. 900, 104–115). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52667-1_12
- Tsihouridis, C., & Vavougiος, D. (2023). Experimental Environments in PER: A Critical and Comparative Evaluation of the International Literature—Trends. Στο Μ. F. Taşar & P. R.L. Heron (Επιμ.), *The International Handbook of Physics Education Research: Teaching Physics*, 4-1 4-41. AIP Publishing LLC. https://doi.org/10.1063/9780735425712_004
- Tsihouridis, C., Vavougiος, D., Ioannidis, G. S., Alexias, A., Argyropoulos, C., & Poulis, S. (2014). Using sensors and data-loggers in an integrated mobile school-lab setting to teach Light and Optics. *2014 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*, 439–445. <https://doi.org/10.1109/ICL.2014.7017813>
- Zaki, S. (2015). Geographical Concept Seasons Related Misconceptions Held by School Students. *RESEARCH REVIEW International Journal of Multidisciplinary* 03(06), 209-212. Ανακτήθηκε από <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1285924>

Διαδικτυακή Βιβλιογραφία

HEnAstron² - Hyper interactive ENvironment of ASTRONomy² (χ.χ.), <https://www.henastron.gr>