

# 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<sup>ο</sup>

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

Στην μνήμη της Άννας Σπύριου

12-14 Απριλίου 2025

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

**Παιδαγωγικός Πράκτορας στη Φυσική Λυκείου:  
Βελτιώνει την Κατανόηση Γραφικών  
Παραστάσεων;**

*Σιλβέστρα Σακελλαρίου, Ευριπίδης Χατζηκρυνιώτης*

doi: [10.12681/codiste.9902](https://doi.org/10.12681/codiste.9902)

## Παιδαγωγικός Πράκτορας στη Φυσική Λυκείου: Βελτιώνει την Κατανόηση Γραφικών Παραστάσεων;

Σιλβέστρα Σακελλαρίου<sup>1</sup> και Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Υποψήφια Διδάκτορας, <sup>2</sup>Καθηγητής,

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,

Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

<sup>1</sup>*silvaphysics@gmail.com*, <sup>2</sup>*evris@physics.auth.gr*

### Περίληψη

Η παρούσα πιλοτική μελέτη εξετάζει την επίδραση ενός Παιδαγωγικού Πράκτορα (ΠΠ) στην κατανόηση γραφικών παραστάσεων κίνησης από μαθητές Α' Λυκείου σε περιβάλλον ανεστραμμένης τάξης. Η ΠΠ παρείχε εξατομικευμένη καθοδήγηση κατά τη φάση της προετοιμασίας στο σπίτι, μέσω εκπαιδευτικών βίντεο ενσωματωμένων σε σενάριο διακλάδωσης. Εξηγούσε το περιεχόμενο, προσέφερε άμεση ανατροφοδότηση και ενίσχυε τη μαθησιακή εμπλοκή, εφαρμόζοντας βασικές αρχές της μάθησης με πολυμέσα. Συμμετείχαν 26 μαθητές, οι οποίοι αξιολογήθηκαν με τροποποιημένη έκδοση του TUG-K πριν και μετά την παρέμβαση. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική βελτίωση μετά τη διδασκαλία. Αν και οι μαθήτριες σημείωσαν ελαφρώς χαμηλότερες επιδόσεις από τα αγόρια, η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Τα ευρήματα συγκρίνονται με αντίστοιχες έρευνες υποστηρίζοντας ότι οι ΠΠ με χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων μπορούν να ενισχύσουν την εννοιολογική κατανόηση.

**Λέξεις κλειδιά:** Παιδαγωγικός Πράκτορας, γραφικές παραστάσεις, φυσική, λύκειο

## Pedagogical Agent in High School Physics: Does it Improve Graph Interpretation?

Silvestra Sakellariou and Eviropidis Hatzikraniotis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD Student, <sup>2</sup>Professor,

Laboratory of Didactics of Physics & Educational Technology,

Department of Physics, Aristotle University of Thessaloniki

<sup>1</sup>*silvaphysics@gmail.com*, <sup>2</sup>*evris@auth.gr*

### Abstract

This pilot study investigates the impact of a Pedagogical Agent (PA) on students' understanding of motion graphs in a flipped classroom environment. The PA provided personalized guidance during the preparation phase at-home through instructional videos embedded in a branching scenario. PA explained the content, offered immediate feedback, and enhanced student engagement by applying key principles of multimedia learning. Twenty-six tenth-grade students participated and were assessed with a modified version of the TUG-K before and after the intervention. The results showed a statistically significant improvement following instruction. Although female students scored slightly lower than their male peers, the difference was not statistically significant. The findings are compared with related studies, supporting the view that PAs, with the use of multiple representations, can offer additional benefits to students' conceptual understanding.

**Keywords:** pedagogical agent, graphs, physics, high school, TUG-K

## Εισαγωγή

Οι δεξιότητες του 21<sup>ου</sup> αιώνα είναι ένα σύνολο ικανοτήτων που απαιτούνται από τη σύγχρονη εποχή της πληροφορίας. Αυτές οι δεξιότητες είναι θεμελιώδεις για την προσωπική, ακαδημαϊκή και επαγγελματική ανάπτυξη των πολιτών, καθώς συμβάλλουν στην προσαρμογή τους στις σύγχρονες κοινωνικές απαιτήσεις. Τα νέα Προγράμματα Σπουδών (ΦΕΚ Β' 2913/2023), εναρμονίζονται με την ανάπτυξη αυτών των δεξιοτήτων και δίνουν έμφαση στον επιστημονικό και ψηφιακό γραμματισμό, στην καλλιέργεια της επιστημονικής επιχειρηματολογίας και του επιστημονικού συλλογισμού.

Κομβικό ρόλο για την επίτευξη των παραπάνω στόχων διαδραματίζει η ικανότητα ερμηνείας γραφικών παραστάσεων αφού είναι προϋπόθεση για την ανάλυση, σύνθεση, κατανόηση και σύνοψη πληροφοριών, για την αναγνώριση μοτίβων και για την λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2023). Η συγκεκριμένη δεξιότητα αποτελεί βασικό στοιχείο της κριτικής σκέψης και της αξιολόγησης πληροφορίας και εντάσσεται στο πλαίσιο του οπτικού γραμματισμού που περιλαμβάνει την ικανότητα ανάλυσης, αξιολόγησης και δημιουργίας οπτικού περιεχομένου. (Lundy & Stephens, 2015).

Η απουσία της ερμηνείας των γραφικών παραστάσεων περιορίζει την κριτική σκέψη των πολιτών, καθώς τους στερεί την ικανότητα να αναλύουν δεδομένα, να αξιολογούν πληροφορίες και να αναγνωρίζουν σχέσεις αιτίου-αποτελέσματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση δυσκολιών στη διαχείριση σύνθετων πληροφοριών και μειωμένη ικανότητα ενεργής συμμετοχής των πολιτών σε μια κοινωνία που βασίζεται ολοένα και περισσότερο στην ανάλυση δεδομένων. Ερευνητικά δεδομένα επιβεβαιώνουν ότι η ανάπτυξη αυτής της δεξιότητας δεν είναι αυτονόητη, καθώς ακόμα και φοιτητές της Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης δυσκολεύονται στην ερμηνεία γραφικών παραστάσεων (Susac et al., 2018).

Η Φυσική είναι ένα γνωστικό πεδίο που χρησιμοποιεί εκτενώς τις γραφικές παραστάσεις, ιδιαίτερα στην ενότητα της κινηματικής και προσφέρεται για την ενίσχυση της ερμηνείας γραφικών παραστάσεων. Παράλληλα, η αξιοποίηση των ψηφιακών εργαλείων που υπάρχουν σε ένα Σύστημα Διαχείρισης Μάθησης (ΣΔΜ) ευθυγραμμίζεται με τις σύγχρονες παιδαγωγικές προσεγγίσεις και εναρμονίζεται με τα Νέα Προγράμματα Σπουδών (ΦΕΚ Β' 2913/2023) καθώς καλλιεργεί και τις ψηφιακές δεξιότητες των μαθητών. Η ενσωμάτωση των διαδραστικών εργαλείων Η5Ρ καθιστά δυνατή τη δημιουργία εμπλουτισμένου μαθησιακού περιβάλλοντος, επιτρέποντας την οργάνωση εκπαιδευτικού περιεχομένου με δυνατότητες εξατομικευμένης καθοδήγησης. Μία από αυτές τις δυνατότητες εξατομικευμένης καθοδήγησης αποτελεί η ενσωμάτωση ενός Παιδαγωγικού Πράκτορα (ΠΠ-Pedagogical Agent-PA).

Οι ΠΠ είναι ψηφιακές ή εικονικές οντότητες που χρησιμοποιούνται σε διαδικτυακά περιβάλλοντα και αλληλεπιδρούν με τους εκπαιδευόμενους για να τους παρέχουν εκπαιδευτική υποστήριξη και να διευκολύνουν τη μαθησιακή διαδικασία. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές έρευνες που αποτυπώνουν την αποτελεσματικότητα των ΠΠ. Στην ανασκόπηση τους οι Sakellariou et al., (2024) χρησιμοποιώντας το πλαίσιο των συνθηκών χρήσης των ΠΠ (PACU) και των επιπέδων Σχεδίασης των ΠΠ (PALD), μελετούν μετα-αναλύσεις και επισκοπήσεις ερευνών και καταδεικνύουν την ευεργετική επίδραση των ΠΠ στην γνωστική, συναισθηματική και μεταγνωστική υποστήριξη των εκπαιδευομένων. Στην Ελλάδα, αναπτύχθηκαν ΠΠ για την υποβοήθηση φοιτητών στην εφαρμογή της Στρατηγικής Ελέγχου των Μεταβλητών (Sofianidis et al., 2024) και για την υποβοήθηση των φοιτητών στη συγγραφή της εργασίας τους (Σακελλαρίου κ.ά., 2023). Ωστόσο, η βιβλιογραφία δεν έχει μελετήσει συστηματικά την επίδραση των ΠΠ στην υποστήριξη των μαθητών στην ερμηνεία γραφικών παραστάσεων. Η παρούσα μελέτη έχει στόχο να καλύψει αυτό το κενό, διερευνώντας αν μία ΠΠ σε περιβάλλον ανεστραμμένης τάξης συμβάλλει στην βελτίωση της κατανόησης γραφικών παραστάσεων στην κινηματική από μαθητές Α' Λυκείου.

Τα ερευνητικά ερωτήματα είναι:

- Ποια είναι η επίδραση του ΠΠ στους μαθητές σχετικά με την ερμηνεία των γραφικών παραστάσεων κίνησης;

## Μεθοδολογία

### Συμμετέχοντες

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε με τη συμμετοχή 26 μαθητών και μαθητριών της Α' Λυκείου (16 αγόρια και 10 κορίτσια), οι οποίοι φοιτούσαν σε Πρότυπο Λύκειο που βρίσκεται σε αστική περιοχή. Οι συμμετέχοντες ήταν σε μία τυπική σχολική τάξη και συμμετείχαν όλοι στη διδακτική παρέμβαση.

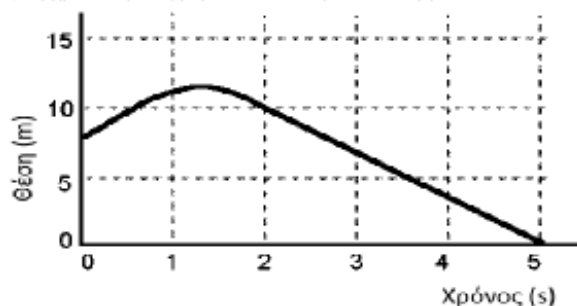
### Εργαλεία συλλογής δεδομένων

Η παρούσα πιλοτική μελέτη βασίστηκε σε αξιολόγηση των μαθητών πριν και μετά την παρέμβαση, προκειμένου να διερευνηθεί η ενδεχόμενη επίδρασή της στα μαθησιακά αποτελέσματα. Ως εργαλείο συλλογής δεδομένων χρησιμοποιήθηκε αυτούσιο ένα τεστ 20 ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής, με πέντε εναλλακτικές απαντήσεις ανά ερώτηση που βασίστηκε στο TUG-K (Test of Understanding Graphs in Kinematics). Το TUG-K είχε αναπτυχθεί από τον Beichner (1994), είναι αξιόπιστο και χρησιμοποιείται ευρέως για την αξιολόγηση της εννοιολογικής κατανόησης των γραφικών παραστάσεων κίνησης. Η συγκεκριμένη έκδοση, η οποία δεν είναι πλέον διαθέσιμη, είχε ανακτηθεί από τον ιστότοπο <https://www.physport.org> και είχε αναπτυχθεί ειδικά για τις ανάγκες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Από τις 20 ερωτήσεις του τεστ, οι 17 ήταν ταυτόσημες με εκείνες του TUG-K (Beichner, 1994). Οι υπόλοιπες τρεις ερωτήσεις του τεστ περιγράφονται ως εξής: η μία αφορούσε την ανάγνωση στιγμιαίας ταχύτητας από διάγραμμα ταχύτητας-χρόνου, ενώ οι άλλες δύο ερωτήσεις αφορούσαν την ερμηνεία διαγραμμάτων για τη συνάντηση δύο κινητών.

**Εικόνα 1:** Μία τυπική ερώτηση του εργαλείου που χρησιμοποιήθηκε

13. Η ταχύτητα του σώματος τη χρονική στιγμή 3s είναι περίπου ίση με:

- A. -3,3 m/s
- B. -2 m/s
- C. -0.67 m/s
- D. 5 m/s
- E. 7 m/s



Ο Beichner (1994) ταξινομεί τους μαθησιακούς στόχους σε 7 άξονες. Στις παρενθέσεις παρατίθενται οι ερωτήσεις που κατατάσσονται στον κάθε άξονα από το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε ακολουθώντας την αρίθμηση του Beichner (1994):

- Άξονας 1: Υπολογισμός ταχύτητας όταν δίνεται διάγραμμα θέσης-χρόνου (5-11-13)
- Άξονας 2: Υπολογισμός επιτάχυνσης όταν δίνεται διάγραμμα ταχύτητας-χρόνου (2-6)
- Άξονας 3: Υπολογισμός μετατόπισης όταν δίνεται διάγραμμα ταχύτητας-χρόνου (4-18-20)
- Άξονας 4: Υπολογισμός μεταβολής της ταχύτητας όταν δίνεται διάγραμμα επιτάχυνσης - χρόνου (16)
- Άξονας 5: Επιλογή κατάλληλου διαγράμματος όταν δίνεται ένα άλλο διάγραμμα που περιγράφει την ίδια κίνηση (11-14)
- Άξονας 6: Επιλογή κατάλληλης λεκτικής περιγραφής όταν δίνεται διάγραμμα συγκεκριμένης κίνησης (3-8-21)
- Άξονας 7: Επιλογή κατάλληλου διαγράμματος όταν δίνεται λεκτική περιγραφή (9-12-13)

Για τη διερεύνηση της επίδρασης της παρέμβασης χρησιμοποιήθηκε παραμετρικός έλεγχος για εξαρτημένα δείγματα, προκειμένου να συγκριθούν οι επιδόσεις των μαθητών στο προ- και μετα-τεστ. Για τη σύγκριση των επιδόσεων μεταξύ αγοριών και κοριτσιών χρησιμοποιήθηκε παραμετρικός έλεγχος για ανεξάρτητα δείγματα. Επιπλέον, οι ερωτήσεις του τεστ ταξινομήθηκαν σε επτά μαθησιακούς στόχους, σύμφωνα με το πλαίσιο του Beichner (1994), ώστε να προσδιοριστούν οι επιδόσεις των μαθητών ανά στόχο.

Στην Εικόνα 1 φαίνεται μία τυπική ερώτηση του τεστ.

### Το Πλαίσιο της Παρέμβασης

Η εκπαιδευτική παρέμβαση εφαρμόστηκε σε χρονικό διάστημα έξι εβδομάδων (από Οκτώβριο 2023 έως Νοέμβριο 2023), σε τυπική τάξη στο μάθημα Φυσικής Α' Λυκείου με θέμα τις ευθύγραμμες κινήσεις (ΦΕΚ Β' 4545/2024) και η συνολική διάρκεια της διδασκαλίας ήταν 10 ώρες.

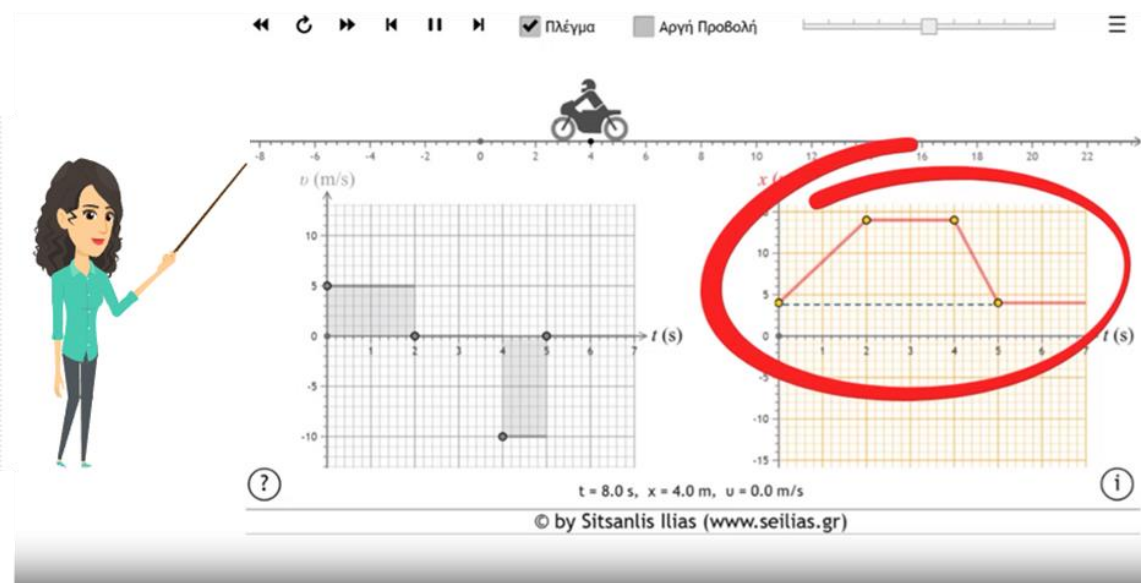
Η παρέμβαση υλοποιήθηκε σε περιβάλλον ανεστραμμένης τάξης, ένα μοντέλο διδασκαλίας κατά το οποίο οι μαθητές μελετούν βασικές έννοιες εκτός τάξης, συχνά με τη βοήθεια βίντεο ή ψηφιακού υλικού, ενώ ο διδακτικός χρόνος στην τάξη αφιερώνεται σε απορίες, επίλυση ασκήσεων ή προβλημάτων και συζήτηση (Bergmann & Sams, 2012). Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας, η προετοιμασία των μαθητών γινόταν στο σπίτι μέσω βίντεο που παρουσίαζε ένας εικονικός Παιδαγωγικός Πράκτορας (ΠΠ), ενσωματωμένα σε ψηφιακή πλατφόρμα (Σύστημα Διαχείρισης Μάθησης – e-Class).

### Σχεδίαση Εκπαιδευτικού υλικού

Για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού, αρχικά εντοπίστηκαν οι μαθησιακές δυσκολίες και τέθηκαν οι εκπαιδευτικοί στόχοι. Η βιβλιογραφία έδειξε ότι οι μαθητές συχνά ερμηνεύουν ανορθόδοξα τις γραφικές παραστάσεις, ακόμα και όταν διαθέτουν το απαραίτητο υπόβαθρο στα μαθηματικά. Επιπλέον, τις αντιλαμβάνονται ως μία στατική εικόνα αντί ως μια δυναμική αναπαράσταση που απεικονίζει την εξέλιξη ενός μεγέθους. Ακόμη, συχνά συγχέουν την κλίση μιας γραφικής παράστασης με τους άξονες του διαγράμματος, εστιάζοντας στο υψηλότερο σημείο αντί για την πιο απότομη κλίση, ενώ η αρνητική κλίση συγχέεται συχνά με τις αρνητικές τιμές των μεταβλητών. Τέλος, οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην εξαγωγή δεδομένων από τις γραφικές παραστάσεις και στην αναγνώριση μοτίβων που προκύπτουν από αυτά (Glazer, 2011 · Kramarsky, 2004 · Woolnough, 2000).

Στη συνέχεια, λαμβάνοντας υπόψη τις εννοιολογικές δυσκολίες αναπτυχθήκαν βίντεο κατά τα οποία η ΠΠ εξηγούσε το εκπαιδευτικό περιεχόμενο χρησιμοποιώντας τις προσομοιώσεις

Εικόνα 2 : Η ΠΠ εξηγεί το περιεχόμενο



του Σίτσανλη Ηλία (<https://seilias.gr>). Η ΠΠ, ένας δισδιάστατος εικονικός χαρακτήρας, παρουσίαζε το περιεχόμενο με κίνηση και ομιλία διαδραματίζοντας τον ρόλο του του μέντορα, ενθαρρύνοντας τους μαθητές με στόχο την ενεργοποίηση και τη εμπλοκή τους. Κατά τη σχεδίαση του υλικού, εφαρμόστηκαν οι βασικές αρχές της μάθησης με πολυμέσα, όπως ο εμπλουτισμός του κειμένου με γραφικά (Αρχή Πολυμέσων) και η εγγύς τοποθέτηση κειμένου και σχετικών γραφικών (Αρχή Εγγύτητας) διευκολύνοντας τη συσχέτιση της πληροφορίας. Παράλληλα, η παρουσίαση πληροφοριών μέσω αφήγησης αντί απλού κειμένου στην οθόνη (Αρχή Τρόπου Παρουσίασης) και η αποφυγή ταυτόχρονης παρουσίασης κειμένου και αφήγησης (Αρχή Πλεονασμού) συνέβαλαν στη μείωση της γνωστικής φόρτισης. Τέλος, η χρήση ύφους φιλικού προς τον χρήστη (Αρχή Εξατομίκευσης) ενίσχυσε την αλληλεπίδραση και την εμπλοκή των μαθητών (Clark & Mayer, 2011) καθώς η ΠΠ έκανε ερωτήσεις, καθοδηγούσε τους μαθητές στην σωστή απάντηση ή έλυνε υποδειγματικά ασκήσεις.

Αυτά τα βίντεο στη συνέχεια ενσωματώθηκαν στο σενάριο διακλάδωσης. Το σενάριο διακλάδωσης είναι ένα H5P εργαλείο όπου επιτρέπει τον σχεδιαστή να μεταφορτώσει βίντεο, παρουσιάσεις, κουίζ φωτογραφίες κα. Στον χρήστη, το σενάριο διακλάδωσης εμφανίζει μία ερώτηση και πιθανές απαντήσεις. Ανάλογα με την απάντηση που επιλέγει ο χρήστης, οδηγείται σε μαθησιακό μονοπάτι με διαφορετικό εκπαιδευτικό περιεχόμενο, όπως παρουσίαση περιεχομένου, λυμένα παραδείγματα, ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης ή ανατροφοδότηση. Μετά την παρουσίαση περιεχομένου, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να δει το ίδιο ή διαφορετικό περιεχόμενο όσες φορές θέλει. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η διαφοροποιημένη και προσαρμοσμένη μάθηση.

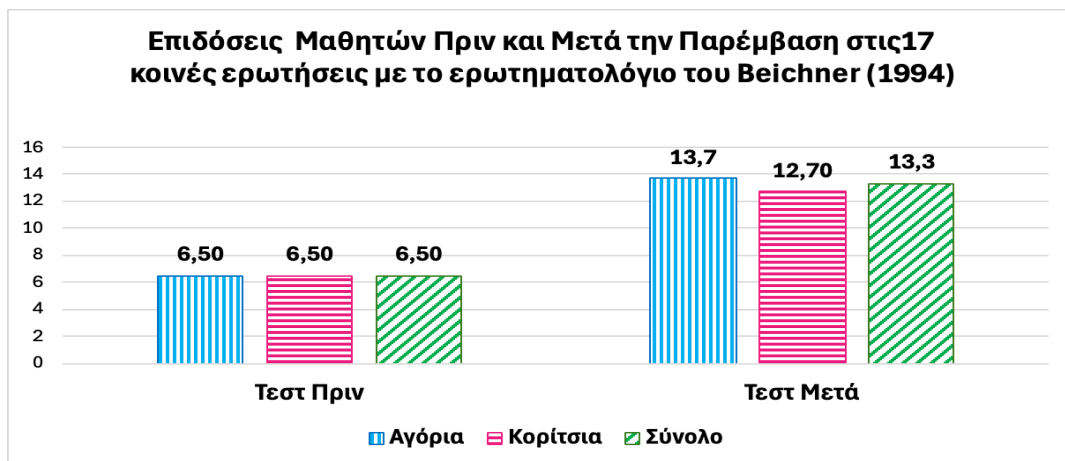
Για τις ανάγκες της παρέμβασης αναπτύχθηκαν μόνο τρεις ΠΠ στις ακόλουθες ενότητες: Μετατόπιση και διάστημα, Ευθύγραμμη Ομαλή κίνηση και Ευθύγραμμη Ομαλά Μεταβαλλόμενη Κίνηση.

### Αποτελέσματα

Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις 17 ερωτήσεις του τεστ που ήταν κοινές με το TUG-K του Beichner (1994). Η αρχική επίδοση των μαθητών στο προ-τεστ ήταν 6,5 (2,45) ενώ στο τελικό τεστ αυξήθηκε σε 13,3 (3,06) με στατιστικά σημαντική βελτίωση μετά την διδασκαλία ( $t(25) = 10,227, p < ,001$ ), επιβεβαιώνοντας την αποτελεσματικότητα της παρέμβασης. Οι μέσες επιδόσεις ανά φύλο και για το σύνολο των μαθητών πριν και μετά την παρέμβαση απεικονίζονται γραφικά στο Σχήμα 1.

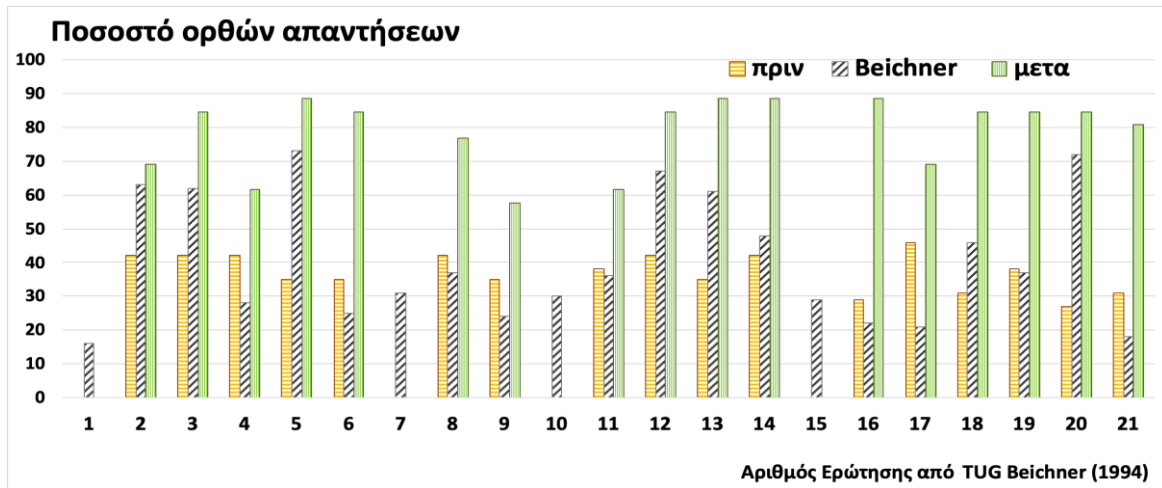
Παρατηρείται ότι η μέση επίδοση των κοριτσιών στο μετα-τεστ είναι χαμηλότερη από αυτήν των αγοριών. Ωστόσο αυτή η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική ( $t(24) = 0,984, p = ,167$  one sided).

**Σχήμα 1.** Επιδόσεις μαθητών ανά φύλο πριν και μετά την παρέμβαση



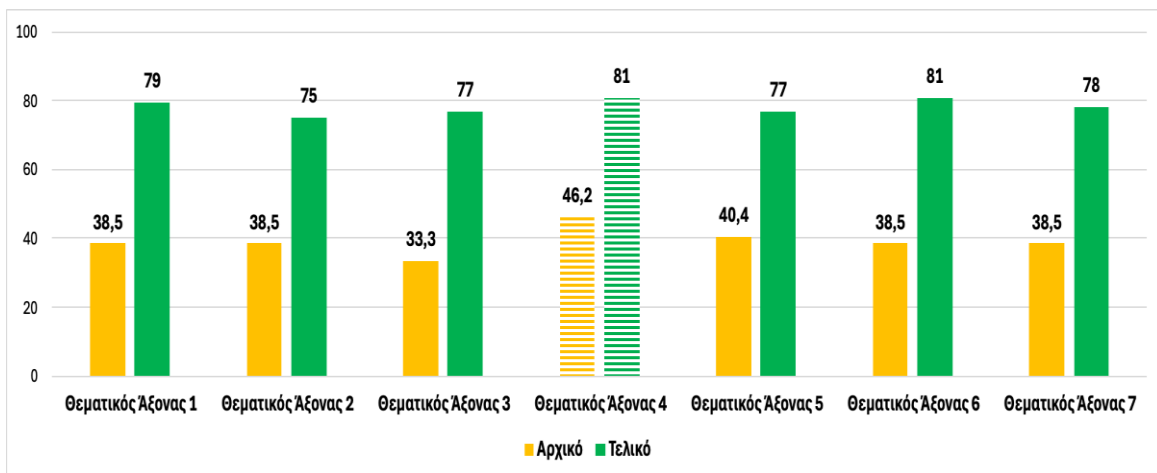
Στη συνέχεια συγκρίθηκαν τα ποσοστά των ορθών απαντήσεων για κάθε ερώτηση στο προ και μετα-τεστ με αυτά του Beichner (1994). Τα αποτελέσματα φαίνονται στο Σχήμα 2. Επισημαίνεται ότι οι επιδόσεις των μαθητών στις ερωτήσεις 1, 7, 10 και 15 δεν συμπεριλήφθηκαν στην παρούσα εκδοχή του τεστ και επομένως απουσιάζουν από την ανάλυση. Από το Σχήμα 2, παρατηρείται ότι οι επιδόσεις των μαθητών μετά την παρέμβαση βελτιώθηκαν σε όλες τις ερωτήσεις. Επίσης, το ποσοστό των ορθών απαντήσεων στο μετα-τεστ υπερβαίνει το αντίστοιχο ποσοστό του Beichner (1994). Αξιοσημείωτο επίσης είναι ότι στις μισές περίπου ερωτήσεις το ποσοστό των ορθών απαντήσεων στο προ-τεστ είναι μεγαλύτερο ακόμα και από τις επιδόσεις στην μελέτη του Beichner (1994).

**Σχήμα 2.** Ραβδόγραμμα με το ποσοστό ορθών απαντήσεων ανά ερώτηση



Στο Σχήμα 3 φαίνεται το ποσοστό των ορθών απαντήσεων ανά άξονα, έτσι όπως κατηγοριοποιήθηκαν οι ερωτήσεις από τον Beichner. Γενικά, τα ποσοστά των ορθών απαντήσεων κυμαίνονται σε ψηλές τιμές για τους περισσότερους άξονες. Ο άξονας 4 έχει ειδική επισήμανση καθώς ελέγχθηκε μόνο από μία ερώτηση, επομένως έχει μικρή εγκυρότητα.

**Σχήμα 3.** Ραβδόγραμμα με τα ποσοστά ορθών απαντήσεων ανά άξονα πριν και μετά την παρέμβαση



### Συζήτηση και Συμπεράσματα

Η παρούσα πιλοτική μελέτη διερεύνησε την επίδραση μίας ΠΠ στην κατανόηση γραφικών παραστάσεων κίνησης από μαθητές Α' Λυκείου, σε περιβάλλον ανεστραμμένης τάξης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι αρχικές επιδόσεις των μαθητών ήταν υψηλότερες από εκείνες

της μελέτης του Beichner (1994). Επιπλέον, μετά την εφαρμογή της παρέμβασης, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση, με υψηλά ποσοστά ορθών απαντήσεων σε όλες τις ερωτήσεις του μετα-τεστ. Αντίστοιχη τάση παρατηρείται και στη μελέτη των Vaara & Sasaki (2019), όπου 68 πρωτοετείς φοιτητές με ετερογενές γνωστικό υπόβαθρο—προερχόμενοι τόσο από γενικά όσο και από επαγγελματικά λύκεια—πέτυχαν στο προ-τεστ υψηλότερες επιδόσεις από αυτές του Beichner σε όλες τις ερωτήσεις. Στην έρευνά τους χρησιμοποίησαν πολλαπλές αναπαραστάσεις μέσω ανάλυσης βίντεο. Οι τελικές τους επιδόσεις, παρόμοιες με αυτές της παρούσας μελέτης, παραμένουν υψηλές. Το κοινό χαρακτηριστικό και στις δύο μελέτες είναι η ενσωμάτωση πολλαπλών αναπαραστάσεων—είτε μέσω προσομοιώσεων είτε μέσω ανάλυσης βίντεο— που συμβάλλουν θετικά στην εννοιολογική κατανόηση των γραφικών παραστάσεων κίνησης.

Οι Hernández et al. (2021) κατέγραψαν παρόμοια ποσοστά επιτυχίας ανά μαθησιακό στόχο, από μαθητές 15-17 χρονών, εφαρμόζοντας ενεργή μάθηση με προβλήματα από την καθημερινή ζωή. Στην παρούσα μελέτη, η καθοδηγούμενη υποστήριξη από τον ΠΠ εξασφάλισε χρόνο για συνεργατικές δραστηριότητες στην τάξη, ενισχύοντας την ενεργή εμπλοκή και τη μάθηση. Η θετική επίδραση των ΠΠ, όταν σχεδιάζονται με βάση την προσαρμοστική μάθηση, την αποφυγή γνωστικής υπερφόρτωσης και τις αρχές των πολυμέσων, επιβεβαιώνεται και από τα ευρήματα της παρούσας έρευνας.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, παρόλο που οι επιδόσεις των κοριτσιών ήταν ελαφρώς χαμηλότερες από εκείνες των αγοριών, η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Προηγούμενες μελέτες έχουν τεκμηριώσει σταθερά έμφυλα μαθησιακά χάσματα στην ερμηνεία γραφικών παραστάσεων (Wilson et al., 2016), καθώς και γενικότερα σε ενότητες της μηχανικής που απαιτούν χωρική αναπαράσταση (Madsen et al., 2013· Maries et al., 2024). Η επιλογή γυναικείου φύλου για την ΠΠ δεν ήταν τυχαία. Παρότι έρευνες δείχνουν ότι οι άνδρες ΠΠ συχνά εκλαμβάνονται ως αυθεντίες σε μαθήματα STEM (Armando et al., 2022), τα ευρήματα της παρούσας μελέτης υποδεικνύουν ότι μία καλά σχεδιασμένη γυναίκα πράκτορας μπορεί να υποστηρίξει αποτελεσματικά τη μάθηση. Η διαπίστωση αυτή αναδεικνύει τη σημασία του έμφυλου σχεδιασμού των ΠΠ για την προώθηση της ισότητας και την αποδόμηση στερεοτύπων στη διδασκαλία της Φυσικής.

Τέλος, οι κυριότεροι περιορισμοί αφορούν το μικρό μέγεθος του δείγματος και το υψηλό γνωστικό επίπεδο των συμμετεχόντων, καθώς προέρχονταν από Πρότυπο Λύκειο. Το γεγονός αυτό περιορίζει τη γενίκευση των αποτελεσμάτων. Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να διερευνήσουν την εφαρμογή αντίστοιχων παρεμβάσεων σε ετερογενή μαθητικά περιβάλλοντα καθώς και την δυνατότητα επιλογής του φύλου του ΠΠ. Στην παρούσα μελέτη αναπτύχθηκαν τρεις παιδαγωγικοί πράκτορες για το συγκεκριμένο γνωστικό περιεχόμενο· μελλοντικά, θα μπορούσε να εξεταστεί η αύξηση του αριθμού τους καθώς και η επέκτασή τους σε άλλα γνωστικά αντικείμενα.

## Βιβλιογραφία

- ΦΕΚ Β' 2913/2023. Υπουργική Απόφαση 48632/Δ2/2023. *Πρόγραμμα Σπουδών του μαθήματος της Φυσικής των Α', Β' και Γ' τάξεων Γενικού Λυκείου.*
- ΦΕΚ Β' 4545/2024. Υπουργική Απόφαση 89004/Δ2/2024. *Καθορισμός εξεταστέας ύλης για τα μαθήματα των Α', Β' και Γ' τάξεων Γενικού Λυκείου που εξετάζονται γραπτώς στις προαγωγικές και απολυτήριες εξετάσεις για το σχολικό έτος 2024-2025.*
- Σακελλαρίου, Σ., Μολοχίδης, Α., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2023). Αξιοποίηση εργαλείων H5P σε Σύστημα Διαχείρισης Μάθησης για την ανάπτυξη και αποτίμηση μίας Ψηφιακής Παιδαγωγικής Βοηθού που υποστηρίζει τους φοιτητές στη σύνταξη εργασίας. *Στα Πρακτικά Εργασιών 9ου Συνεδρίου για την Προώθηση της Εκπαιδευτικής Καινοτομίας* (Τόμος Α', σσ. 253-261). ΕΕΠΕΚ. ISBN 978-618-5562-15-1, ISSN: 2529-1580.

- Armando, M., Ochs, M., & Régner, I. (2022). The Impact of Pedagogical Agents' Gender on Academic Learning: A Systematic Review. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 5, 862997. <https://doi.org/10.3389/frai.2022.862997>
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62(8), 750–762. <https://doi.org/10.1119/1.17449>
- Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. International society for technology in education. ISBN: 978-1-56484-315-9.
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2011). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119239086>
- Glazer, N. (2011). Challenges with graph interpretation: A review of the literature. *Studies in Science Education*, 47(2), 183–210. <https://doi.org/10.1080/03057267.2011.605307>
- Kramarsky, B. (2004). Making sense of graphs: Does metacognitive instruction make a difference on students' mathematical conceptions and alternative conceptions? *Learning and Instruction*, 14(6), 593–619. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2004.09.003>
- Lundy, A. D., & Stephens, A. E. (2015). Beyond the literal: Teaching visual literacy in the 21st century classroom. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 174, 1057-1060. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.794>
- Madsen, A., McKagan, S. B., & Sayre, E. C. (2013). Gender gap on concept inventories in physics: What is consistent, what is inconsistent, and what factors influence the gap?. *Physical Review Special Topics—Physics Education Research*, 9(2), 020121. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.9.020121>
- Maries, A., Li, Y., & Singh, C. (2024). Challenges faced by women and persons excluded because of their ethnicity and race in physics learning environments: Review of the literature and recommendations for departments and instructors. *Reports on Progress in Physics*, 88, 015901. <https://doi.org/10.1088/1361-6633/ad91c4>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2023). *PISA 2025 science framework (second draft)*. Ανακτήθηκε από [https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/assets/docs/PISA\\_2025\\_Science\\_Framework.pdf](https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/assets/docs/PISA_2025_Science_Framework.pdf)
- Sakellariou, S., Molohidis, A. & Hatzikraniotis, E. (2024) On the Effectiveness of Pedagogical Agents. *International Journal of Teaching and Learning Sciences*, 15. <https://doi.org/10.47991/2024/IJTLS-102>
- Sofianidis, A., Sakellariou, S., Zoupidis, A., & Hatzikraniotis, E. (2024). Introducing the Control of Variables Strategy to Early Childhood Student Teachers With the Assistance of an Augmented Pedagogical Agent. Στο Μ. Sardag, G. Kaya, & M. Sogut (Επιμ.) *Proceedings Book Series-I of the ESERA 2023 Conference. Connecting Science Education with Cultural Heritage*, σ. 212-222, Cappadocia, Türkiye. Nobel Bilimsel Eserler.
- Susac, A., Bubic, A., Kazotti, E., Planinic, M., & Palmovic, M. (2018). Student understanding of graph slope and area under a graph: A comparison of physics and nonphysics students. *Physical Review Physics Education Research*, 14(2), <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.020109>
- Vaara, R. L., & Sasaki, D. G. G. (2019). Teaching kinematic graphs in an undergraduate course using an active methodology mediated by video analysis. *LUMAT: International Journal on math, science and technology education*, 7(1), 1-26. <https://orcid.org/0000-0002-0087-6809>
- Woolnough, J. (2000). How do students learn to apply their mathematical knowledge to interpret graphs in physics? *Research in Science Education*, 30(3), 259–267. <https://doi.org/10.1007/BF02461633>