

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

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.enepnet.gr

Αξιοποίηση Πολλαπλών Αναπαραστάσεων για τη Ανάπτυξη Υλικού Ερμηνείας Γραφικών Παραστάσεων

Μαρίνα Τσαουσιδίη, Αναστάσιος Μολοχίδης

doi: [10.12681/codiste.9800](https://doi.org/10.12681/codiste.9800)

Αξιοποίηση Πολλαπλών Αναπαραστάσεων για την Ανάπτυξη Υλικού Ερμηνείας Γραφικών Παραστάσεων

Μαρίνα Τσαουσίδη¹, Αναστάσιος Μολοχίδης²

¹Υποψήφια Διδάκτωρ, ²Αναπληρωτής Καθηγητής

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας

Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

¹marina.tsaousidi@hotmail.com

Περίληψη

Η ανάπτυξη δεξιοτήτων ανάγνωσης και ερμηνείας γραφικών παραστάσεων αποτελεί θεμελιώδη συνιστώσα του εγγραμματισμού στη διαχείριση δεδομένων (graph literacy) και είναι απαραίτητη για την ορθή κατανόηση πληροφοριών και τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων. Η βιβλιογραφία καταδεικνύει ότι οι μαθητές, ιδιαίτερα στο μάθημα της Φυσικής, αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες στην κατανόηση των γραφικών παραστάσεων. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο εντοπισμός και η αξιοποίηση κατάλληλων σχεδιαστικών αρχών για την ανάπτυξη διδακτικού υλικού που ενισχύει τις δεξιότητες ερμηνείας γραφικών παραστάσεων στους μαθητές της Α' Λυκείου. Η μελέτη βασίστηκε σε εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση και σε ευρήματα από μία προπilotική εφαρμογή. Κύριο στοιχείο του σχεδιασμού αποτελεί η αξιοποίηση πολλαπλών αναπαραστάσεων.

Λέξεις κλειδιά: γραφικές παραστάσεις, διδακτικό υλικό, πολλαπλές αναπαραστάσεις

Utilizing Multiple Representations for the Development of Material for Graph Interpretation

Marina Tsaousidi¹, Anastasios Molohidis²

¹ PhD candidate, ²Associate Professor

Laboratory of Didactics of Physics and Educational Technology

School of Physics, Aristotle University of Thessaloniki

¹marina.tsaousidi@hotmail.com

Abstract

The development of skills in reading and interpreting graphs is a key component of data literacy, essential for comprehending information accurately and making informed decisions. Literature indicates that students, especially in physics education, face significant challenges in understanding graphs. This study aims to identify and apply effective design principles for the development of educational material that enhances graph interpretation skills among first-grade Lyceum students. The research is based on an extensive literature review and findings from a pilot implementation. Core element of the design is the use of multiple representations.

Keywords: graphs, multiple representations, teaching material

Εισαγωγή

Σημαντικό κομμάτι των δεξιοτήτων του 21ου αιώνα αποτελούν οι δεξιότητες διαχείρισης δεδομένων, δεξιότητες οι οποίες περιλαμβάνουν την ανάλυση και επικοινωνία δεδομένων. Οι γραφικές παραστάσεις αποτελούν σημαντικό εργαλείο για την κατανόηση και τον εντοπισμό

μοτίβων και τάσεων στη συνεχώς αυξανόμενη ροή δεδομένων, και βοηθούν στην έγκυρη ενημέρωση και λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων (Glazer, 2011). Οι Bursal & Yetiş (2020) ορίζουν το γραμματισμό σχετικά με τα διαγράμματα (graph literacy) ως την ικανότητα ανάγνωσης δεδομένων από ένα διάγραμμα, την ερμηνεία αλλαγών των δεδομένων, την κατασκευή και την εναλλαγή μεταξύ διαφορετικών διαγραμμάτων. Πολλές έρευνες για τις γραφικές παραστάσεις στην εκπαίδευση εστιάζουν στην καταγραφή των δυσκολιών των μαθητών σε περιεχόμενα φυσικής. Σύμφωνα με αυτές, οι μαθητές αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες στην εφαρμογή των γνώσεων και των στρατηγικών που εφαρμόζουν επιτυχημένα σε διαγράμματα μαθηματικών, σε διαγράμματα με φυσικό περιεχόμενο (Geyer & Kuske-Janßen, 2019; Planinic et al., 2019). Επομένως η γνώση και διαχείριση συγκεκριμένων στοιχείων γραφικών παραστάσεων με μαθηματικό περιεχόμενο δεν φαίνεται να είναι μεταφέρσιμη σε γραφικές παραστάσεις φυσικής (Ivanjek et al., 2016).

Η χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων αποτελεί μια μέθοδο η οποία υποστηρίζει τους μαθητές στην κατανόηση περίπλοκων φαινομένων, στην ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων και στην πραγματοποίηση συνδέσεων μεταξύ διαφορετικών αναπαραστάσεων (Ainsworth, 2006). Η φυσική είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις πολλαπλές αναπαραστάσεις καθώς ένα φαινόμενο μπορεί να περιγραφεί με λόγια, με εικόνα, με εξίσωση ή με διάγραμμα. Επιπλέον, στην φυσική χρησιμοποιούνται μαθηματικά μοντέλα (εξισώσεις) για την περιγραφή φαινομένων και σχέσεων μεταξύ μεταβλητών. Συνεπώς, όπως αναφέρουν οι Orfermann et al. (2017; 2021), και στη διδασκαλία και τη μάθηση της φυσικής είναι αναγκαία τόσο η μετατροπή της μοντελοποίησης της φυσικής σε μαθηματική μοντελοποίηση (συναρτησιακές σχέσεις), όσο και η ερμηνεία των μαθηματικών μοντέλων με έννοιες φυσικής. Η αξιοποίηση πολλαπλών αναπαραστάσεων θα μπορούσε να ενισχύσει την σύνδεση των μαθηματικών και των φυσικών εννοιών οδηγώντας τους μαθητές σε μια ολιστική κατανόηση των γραφικών παραστάσεων.

Μέσα από την βιβλιογραφία δεν προκύπτει ένα συνεκτικό μοντέλο που να περιγράφει τις δεξιότητες κατανόησης γραφικών παραστάσεων από τους μαθητές. (Stefanel, 2019). Οι δεξιότητες κατανόησης των γραφικών παραστάσεων που αναφέρονται στη βιβλιογραφία διαφέρουν (Donnelly-Hermosillo et al., 2020; Glazer, 2011), συνολικά όμως φαίνεται να συμφωνείται η διάκριση δύο κύριων κατηγοριών, η ερμηνεία (interpretation) και η κατασκευή (construction) γραφικών παραστάσεων (Μπισδικιάν, 2000). Η παρούσα έρευνα στοχεύει στον σχεδιασμό κατάλληλου διδακτικού υλικού για την ανάπτυξη των δεξιοτήτων ερμηνείας γραφικών παραστάσεων. Το ερευνητικό ερώτημα που τίθεται είναι ποιες είναι οι κατάλληλες σχεδιαστικές αρχές για την ανάπτυξη υλικού ενίσχυσης των δεξιοτήτων ερμηνείας γραφικών παραστάσεων;

Μεθοδολογία

Για τον εντοπισμό των κατάλληλων σχεδιαστικών αρχών αρχικά πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση για τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην ερμηνεία των γραφικών παραστάσεων και αναζητήθηκαν προτάσεις και καλές πρακτικές για την αντιμετώπιση αυτών. Η αναζήτηση των άρθρων πραγματοποιήθηκε με λέξεις κλειδιά «διδασκαλία γραφικών παραστάσεων», «graph interpretation AND physics education», «reasoning about graphs», «students difficulties in graph interpretation» στην βάση δεδομένων google scholar. Δεν τέθηκε περιορισμός στην χρονολογία δημοσίευσης των άρθρων καθώς παρατηρήθηκε ότι αρκετές νεότερες έρευνες στηρίζονται σε αποτελέσματα παλαιότερων. Από τα άρθρα που προέκυψαν, επιλέχθηκαν αυτά με τη μεγαλύτερη συνάφεια με το αντικείμενο των γραμμικών γραφικών παραστάσεων. Στη συνέχεια ελέγχθηκε η κατάταξη του περιοδικού δημοσίευσης του κάθε άρθρου σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση της Scimago Journal Rank (<https://www.scimagojr.com/>). Απορρίφθηκαν άρθρα τα οποία δεν αναφέρονταν καθόλου σε γραμμικές γραφικές παραστάσεις και επικεντρώνονταν σε άλλου είδους μορφές γραφικών αναπαραστάσεων όπως ραβδογράμματα ή κυκλικά διαγράμματα, καθώς και άρθρα τα οποία είχαν δημοσιευτεί σε περιοδικά που βρίσκονταν σε

κατάταξη χαμηλότερη του Q2.

Επιπλέον πραγματοποιήθηκε μια προπilotική εφαρμογή του αρχικού υλικού που σχεδιάστηκε (Τσαουσίδη & Μολοχίδης, 2024) για την ανάδειξη προβληματικών στοιχείων του υλικού και πώς αυτά θα μπορούσαν να βελτιωθούν. Ο επανασχεδιασμός του υλικού που παρουσιάζεται στην συνέχεια βασίζεται στα ευρήματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και στα ποιοτικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την προπilotική εφαρμογή.

Από την μελέτη της βιβλιογραφίας σχετικά με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην ερμηνεία γραφικών παραστάσεων φάνηκε ότι οι δυσκολίες αυτές έχουν καταγραφεί σε μεγάλο βαθμό ήδη από την δεκαετία του '80. Οι μαθητές αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες στη σύνδεση της φυσικής της κίνησης με τις καθημερινές τους εμπειρίες, τείνουν να περιγράφουν επιφανειακά τα διαγράμματα και δυσκολεύονται στην αντιστοίχιση αφηγηματικών πληροφοριών με την αντίστοιχη γραφική παράσταση στην οποία αναφέρονται (Araujo et al., 2008 · McDermott et al., 1987). Επιπλέον το σχήμα του διαγράμματος συνδέεται με οπτικά χαρακτηριστικά της κατάστασης (π.χ. μια κορυφή στο διάγραμμα απόστασης χρόνου συνδέεται με έναν λόφο στην τροχιά της κίνησης του σώματος) και συγκεκριμένα τοπικά χαρακτηριστικά της. Παρατηρήθηκε ακόμη ότι οι μαθητές δυσκολεύονται στην μεταφορά της γνώσης που κατέχουν στο πλαίσιο των μαθηματικών, σε αντίστοιχα προβλήματα φυσικής (Boote, 2014 · Ivanjek et al., 2016). Η τυπική διδασκαλία φαίνεται να εστιάζει στην πραγματοποίηση υπολογισμών και στον χειρισμό αλγεβρικών παραστάσεων, παραγνωρίζοντας τη διδασκαλία των μοντέλων γενικότερα και την ανάπτυξη δεξιοτήτων κατανόησης των γραφικών παραστάσεων (Stefanel, 2019).

Από τις έρευνες που μελετήθηκαν, για την αντιμετώπιση των δυσκολιών προτείνεται η ρητή διδασκαλία των γραφικών παραστάσεων έτσι ώστε να ενισχύονται οι δεξιότητες κατανόησης των μαθητών χωρίς να περιορίζεται μόνο στην κατανόηση του περιεχομένου (Binali et al., 2024). Επιπλέον η χρήση τεχνολογικών μέσων για την διδασκαλία των γραφικών παραστάσεων φαίνεται να έχει θετικό αντίκτυπο στην κατανόηση των μαθητών καθώς ενισχύει την εμπλοκή και το ενδιαφέρον τους υποστηρίζοντας τη δημιουργία συνδέσεων μεταξύ μαθηματικού και φυσικού κόσμου μέσω των πολλαπλών και ταυτόχρονων αναπαραστάσεων (Araujo et al., 2008 · Kozhevnikov & Thornton, 2006). Ακόμη τονίζεται η ανάγκη συσχέτισης και μεταφοράς των γνώσεων που οι μαθητές κατέχουν στο πλαίσιο των μαθηματικών, στο πλαίσιο της φυσικής (Ivanjek et al., 2016 · Planinic et al., 2019).

Προπilotική εφαρμογή

Η προπilotική εφαρμογή του υλικού πραγματοποιήθηκε σε ένα τμήμα της Β' τάξης του Γυμνασίου, λόγω όμως του χαμηλού μαθησιακού επιπέδου και απουσιών που προέκυψαν, το δείγμα διαμορφώθηκε σε N=9 μαθητές. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής δεν μπορούν να θεωρηθούν γενικεύσιμα, όμως μπόρεσαν να εξαχθούν ποιοτικά συμπεράσματα τα οποία λήφθηκαν υπόψη για τον επανασχεδιασμό του υλικού. Όσον αφορά το περιεχόμενο της εφαρμογής, έγινε φανερό ότι συμπτυκνωμένες ενότητες με αρκετή πληροφορία δυσκόλεψαν τους μαθητές. Στην συγκεκριμένη ενότητα αναφερόταν συμπτυκνωμένα η έννοια της επιτάχυνσης ενώ γινόταν η σύνδεση με την κλίση σε διαγράμματα ταχύτητας σε συνάρτηση με τον χρόνο. Σημαντική παρατήρηση αποτελεί πώς το υλικό εστίαζε κυρίως σε διαγράμματα κινηματικής. Για την ανάπτυξη δεξιοτήτων ερμηνείας των γραφικών παραστάσεων γενικότερα, σύμφωνα με την βιβλιογραφία, το υλικό θα πρέπει να εμπλουτιστεί με περισσότερες γραφικές παραστάσεις από την καθημερινότητα και άλλους τομείς της φυσικής ώστε οι μαθητές να εφαρμόζουν τις γνώσεις τους σε διαφορετικά περιεχόμενα και να αφομοιώνουν καλύτερα τις γνώσεις και δεξιότητες που αποκτούν. Τα φύλλα εργασίας δίνονταν έντυπα στους μαθητές και δεν προσέλκυαν το ενδιαφέρον τους, κάτι που οδήγησε στη μη συμπλήρωσή τους ή συμπλήρωσή τους μαζικά και τυχαία. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην ανάγκη ψηφιοποίησης των φύλλων εργασίας και υιοθέτησης μιας πλατφόρμας που να μπορεί να υποστηρίξει διαδραστικό περιεχόμενο. Επιπλέον η χρήση προσομοιώσεων και του εικονικού εργαστηρίου ΣΕΠ περιοριζόταν σε βίντεο επίδειξης όπου οι μαθητές παρατηρούσαν

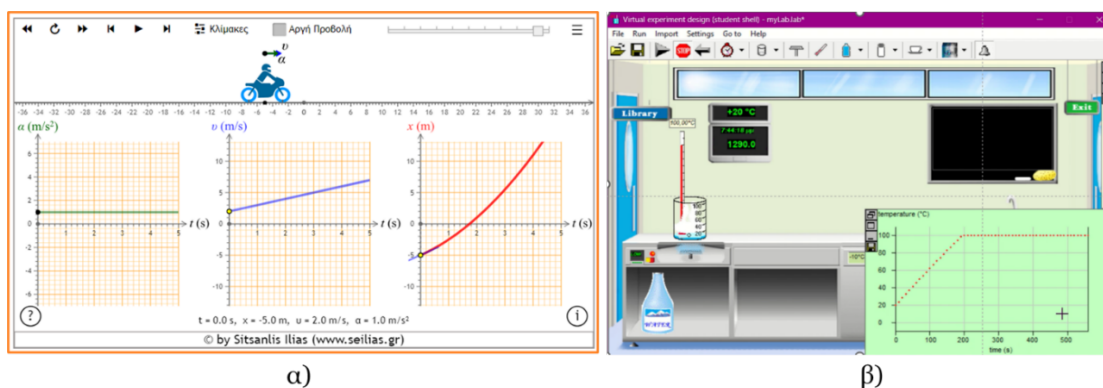
το περιβάλλον και τα διαγράμματα χωρίς όμως οι ίδιοι να αλληλεπιδρούν με τις εφαρμογές.

Σχεδιασμός υλικού

Σύμφωνα με την μελέτη της βιβλιογραφίας και τα συμπεράσματα στα οποία οδήγησε η ποιοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων της προπilotικής εφαρμογής, οι σχεδιαστικές αρχές στις οποίες στηρίζεται ο επανασχεδιασμός του υλικού ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες. Η πρώτη αφορά τις σχεδιαστικές αρχές που διέπουν τον μετασχηματισμό του περιεχομένου. Περιλαμβάνει την εστίαση στα δομικά χαρακτηριστικά των γραφικών παραστάσεων (μεγέθη στους άξονες, μονάδες μέτρησης, ανάγνωση συντεταγμένων σημείων) και στη διεύρυνση του περιεχομένου πέρα από την κινηματική, ώστε να περιλαμβάνει διαγράμματα από διαφορετικούς τομείς της φυσικής και την καθημερινότητα. Σε αυτό το πλαίσιο, το υλικό εστιάζει αρχικά στην ορθή ανάγνωση των γραφικών παραστάσεων και σταδιακά στην ερμηνεία τους και στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Η δεύτερη κατηγορία αφορά σχεδιαστικές αρχές που διέπουν το σχεδιασμό του υλικού. Περιλαμβάνει την αξιοποίηση των πολλαπλών αναπαραστάσεων για ενίσχυση της εννοιολογικής κατανόησης, τη σύνδεση των διαγραμμάτων με τα φαινόμενα που μελετώνται μέσω διαγραμμάτων πραγματικού χρόνου (real – time graphing), καθώς και την εφαρμογή στρατηγικών υποβοηθούμενης διδασκαλίας (scaffolding). Η τρίτη κατηγορία αφορά τον τρόπο εφαρμογής του υλικού, ενσωματώνοντας το διδακτικό μοντέλο 5E (Bybee et al., 2006), στοιχεία της μεθοδολογίας της ανεστραμμένης τάξης και την αξιοποίηση τεχνολογικών μέσων. Καθώς δεν έχει πραγματοποιηθεί εφαρμογή του υλικού ακόμη, η τελευταία κατηγορία σχεδιαστικών αρχών δεν αναλύεται στην παρούσα εργασία.

Κύριο στοιχείο για τον σχεδιασμό του υλικού αποτελεί η αξιοποίηση των πολλαπλών αναπαραστάσεων, μέρος των οποίων αποτελεί και η ταυτόχρονη απεικόνιση των γραφικών παραστάσεων με την πραγματοποίηση ενός φαινομένου (real-time graphing). Όπως αναφέρθηκε, οι πολλαπλές αναπαραστάσεις μπορούν να ενισχύσουν τις δεξιότητες ερμηνείας των γραφικών παραστάσεων καθώς ενισχύουν την δημιουργία συνδέσεων μεταξύ διαφορετικών τρόπων αναπαράστασης του ίδιου φαινομένου. Οι προσομοιώσεις κινηματικής και το εικονικό εργαστήριο θερμότητας ΣΕΠ παρουσιάζουν ταυτόχρονα το φαινόμενο και την γραφική του αναπαράσταση όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.

Εικόνα 1. Ταυτόχρονη αναπαράσταση φαινομένου και γραφικών παραστάσεων σε
α) προσομοίωση κινηματικής στο seilias.gr και β) εικονικό εργαστήριο ΣΕΠ



Οι αξιοποίηση των εργαλείων αυτών έχει ως στόχο την αντιμετώπιση των δυσκολιών που αφορούν την σύνδεση μιας γραφικής παράστασης με το φυσικό φαινόμενο καθώς και την ενίσχυση της μεταφοράς της γνώσης από το πλαίσιο των μαθηματικών στο πλαίσιο της φυσικής. Ο σχεδιασμός του υλικού περιλαμβάνει 5 ενότητες:

- i. Εισαγωγή στις γραφικές παραστάσεις
- ii. Γραφικές παραστάσεις κινηματικής
- iii. Ρυθμός μεταβολής μεγέθους
- iv. Τομή δύο ευθειών

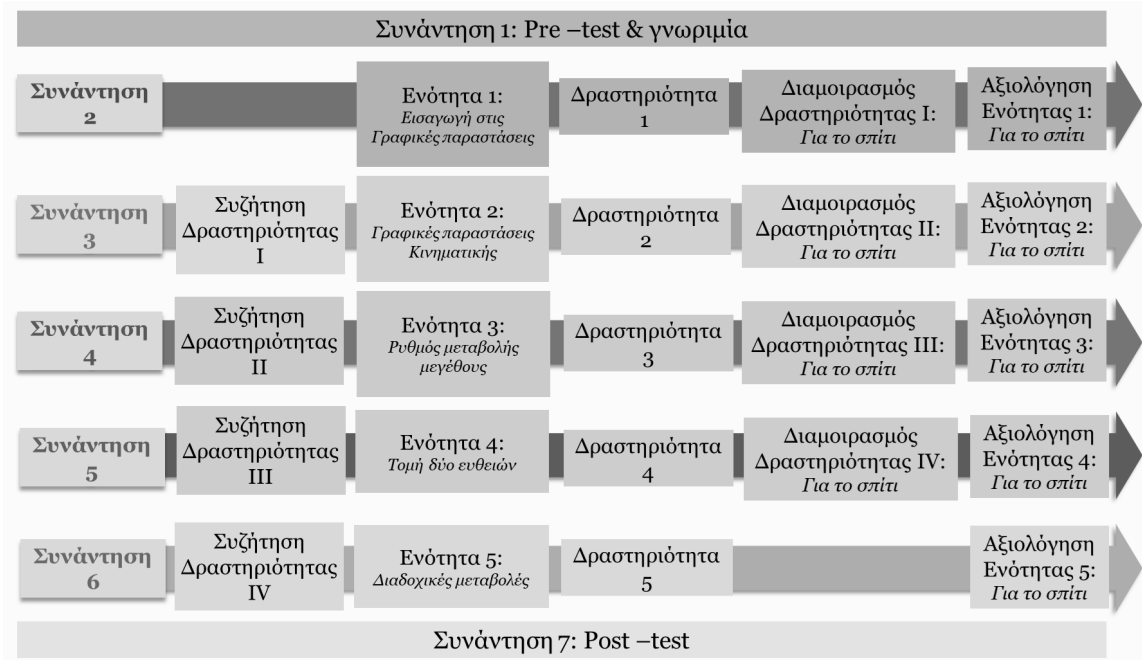
ν. Διαδοχικές μεταβολές

Η πρώτη ενότητα περιλαμβάνει μια σύντομη εισαγωγή για την σημασία των γραφικών παραστάσεων και τον εντοπισμό των συντεταγμένων ενός σημείου σε άξονα, στο επίπεδο και στη συνέχεια σε διαγράμματα με φυσικό περιεχόμενο. Η δεύτερη ενότητα αφορά γραφικές παραστάσεις κινηματικής, όντας σε συμφωνία με το αναλυτικό πρόγραμμα της Α' τάξης του Λυκείου. Περιλαμβάνει την ανάγνωση μεγεθών και συντεταγμένων σε διαγράμματα κινηματικής, την χρονική εξέλιξη μιας κίνησης (χρόνος στον οριζόντιο άξονα), οριζόντιες γραφικές παραστάσεις με διαφορετικά περιεχόμενα και τον εντοπισμό του είδους κίνησης που πραγματοποιεί ένα κινητό από την μορφή της γραφικής παράστασης. Στην τρίτη ενότητα μελετάται ο ρυθμός μεταβολής μεγεθών κινηματικής, γίνεται σύνδεση με την κλίση μιας γραφικής παράστασης και παρατηρείται ο ρυθμός μεταβολής σε διαγράμματα διαφορετικού περιεχομένου (π.χ. ρυθμός μεταβολής θερμοκρασίας). Οι μαθητές σε αυτήν την ενότητα καλούνται να περιγράψουν τις γραφικές παραστάσεις σύμφωνα με τον ρυθμό μεταβολής του (επαναπροσδιορισμός της ταχύτητας και της επιτάχυνσης ως ρυθμοί μεταβολής της θέσης και της ταχύτητας). Η τέταρτη ενότητα περιλαμβάνει την ερμηνεία τομής σε διαγράμματα κινηματικής, την ποιοτική περιγραφή της σχετικής κίνησης δύο κινητών και την ερμηνεία τομής σε διαγράμματα διαφορετικού περιεχομένου. Τέλος η πέμπτη ενότητα αφορά τις διαδοχικές μεταβολές σε διαγράμματα κινηματικής αλλά και διαφορετικού περιεχομένου. Και σε αυτήν την ενότητα οι μαθητές καλούνται να περιγράψουν ποιοτικά ένα φαινόμενο παρατηρώντας την γραφική παράσταση.

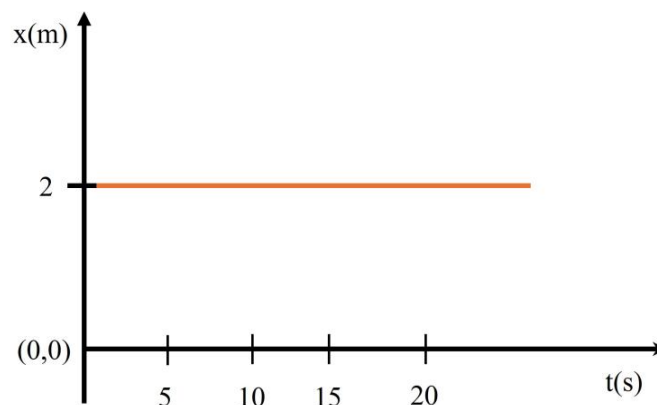
Η δομή των ενότητων και το περιεχόμενό τους σχεδιάστηκαν με τρόπο ώστε αρχικά οι μαθητές να αποκτούν απλές διαδικαστικές γνώσεις για την ανάγνωση ενός διαγράμματος (συντεταγμένες σημείων, μεγέθη που αναπαρίστανται στους άξονες και οι μονάδες τους) και σταδιακά να γίνεται εμβάθυνση στον εντοπισμό μη ορατών μεγεθών (μεγέθη που περιγράφονται από την κλίση της γραφικής παράστασης) και την εξαγωγή συμπερασμάτων για το υπό μελέτη φαινόμενο. Κάθε ενότητα εκτός της πρώτης περιλαμβάνει μια δραστηριότητα την οποία συμπληρώνουν οι μαθητές πριν την διδασκαλία (Δραστηριότητες I-IV), μια δραστηριότητα την οποία συμπληρώνουν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας (Δραστηριότητες 1-5) και μια η οποία συμπληρώνεται στο σπίτι μετά την ολοκλήρωση κάθε ενότητας (αξιολόγηση ενότητας). Για την ανάπτυξη των δραστηριοτήτων που μελετούν οι μαθητές στο σπίτι αξιοποιήθηκαν οι ηλεκτρονικές πλατφόρμες demo e – class και EdPuzzle. Η δομή των δραστηριοτήτων αξιολόγησης ακολουθεί το ύφος των δραστηριοτήτων που συμπληρώνουν οι μαθητές στην τάξη όπου οι ερωτήσεις δεν περιορίζονται μόνο σε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, αλλά υπάρχουν και ερωτήσεις ανάπτυξης ώστε να αποτυπώνεται η σκέψη των μαθητών. Η αξιολόγηση του υλικού πραγματοποιείται μέσα από την ποσοτική ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στα ερωτηματολόγια ελέγχου πριν και μετά την εφαρμογή, από την ανάλυση των απαντήσεων στις δραστηριότητες κάθε ενότητας και από παρατηρήσεις κατά την διάρκεια της εφαρμογής του. Η δομή της εφαρμογής διαμορφώθηκε όπως φαίνεται στην Εικόνα 2. Στη συνέχεια αναλύονται ενδεικτικά κάποια από τα διαγράμματα που αξιοποιούνται στις δραστηριότητες.

Δραστηριότητα 1: Η δραστηριότητα I συμπληρώνεται από τους μαθητές στο σπίτι πριν την διδασκαλία της δεύτερης ενότητας (γραφικές παραστάσεις κινηματικής). Περιλαμβάνει δύο διαδραστικά βίντεο και δύο ασκήσεις. Στην μια άσκηση οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν ερωτήσεις που σχετίζονται με την ανάγνωση των στοιχείων μιας γραφικής παράστασης (Εικόνα 3). Το διάγραμμα παρουσιάζει μια οριζόντια γραφική παράσταση και οι άξονες περιγράφουν την θέση ενός σώματος σε μέτρα, και τον χρόνο σε δευτερόλεπτα.

Εικόνα 2. Δομή εφαρμογής υλικού



Εικόνα 3. Διάγραμμα δραστηριότητας που μελετούν οι μαθητές πριν την διδασκαλία της Ενότητας 2



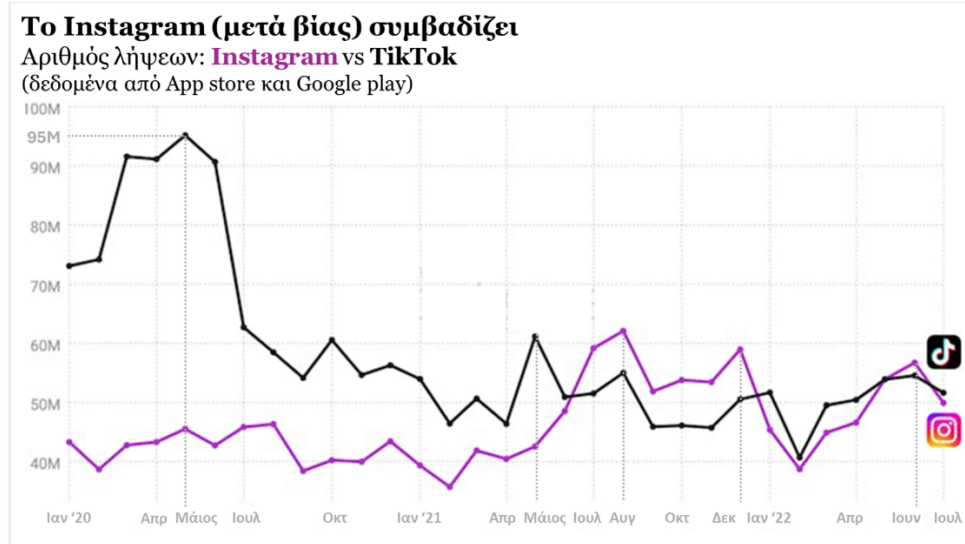
Οι μαθητές αρχικά καλούνται να εντοπίσουν τα μεγέθη που περιγράφονται και στη συνέχεια τη θέση του σώματος στις χρονικές στιγμές που φαίνονται στο διάγραμμα. Τέλος ζητείται από τους μαθητές να εξάγουν συμπέρασμα για την θέση του σώματος σε συνάρτηση με τον χρόνο. Η συγκεκριμένη άσκηση στοχεύει στην ανάπτυξη συγκεκριμένων νοητικών διαδικασιών που ακολουθούνται για την ερμηνεία μιας γραφικής παράστασης πριν την εξαγωγή κάποιου συμπεράσματος.

Δραστηριότητα III: Η δραστηριότητα III συμπληρώνεται επίσης στο σπίτι, πριν την διδασκαλία της ενότητας 4 (Τομή δύο ευθειών). Στη συγκεκριμένη δραστηριότητα περιλαμβάνονται δύο ασκήσεις. Η μια από αυτές αφορά το διάγραμμα που φαίνεται στην Εικόνα 4. Στο διάγραμμα παρουσιάζονται οι λήψεις των εφαρμογών Instagram και TikTok από το έτος 2020 έως τον Ιούλιο του 2022. Το συγκεκριμένο διάγραμμα επιλέχθηκε λόγω του πιθανού ενδιαφέροντος των μαθητών για τις παραπάνω εφαρμογές. Αποτελεί ένα διάγραμμα διαφορετικού περιεχομένου από αυτό της φυσικής στο οποίο απεικονίζονται δύο γραφικές παραστάσεις οι οποίες τέμνονται σε κάποια σημεία.

Σε αυτό το στάδιο της εφαρμογής οι δραστηριότητες δεν εστιάζουν μόνο στην ανάγνωση αλλά και στην ερμηνεία των γραφικών παραστάσεων, και στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Οι μαθητές καλούνται να εντοπίσουν ποιο μήνα καταγράφηκαν οι μέγιστες λήψεις των δύο

εφαρμογών καθώς και ποια ήταν η τιμή τους. Επιπλέον ζητείται η ερμηνεία των σημείων στα οποία οι δύο γραφικές παραστάσεις τέμνονται. Στόχος της συγκεκριμένης άσκησης είναι να γίνει κατανοητό ότι η ερμηνεία του σημείου τομής δύο γραφικών παραστάσεων εξαρτάται από τα μεγέθη που περιγράφονται.

Εικόνα 4. Διάγραμμα δραστηριότητας που μελετούν οι μαθητές πριν την διδασκαλία της Ενότητας 4



Πηγή: <https://appfigures.com/resources/insights/20220729?f=1>

Συμπεράσματα

Οι δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν αξιοποιούν τις παροχές των πολλαπλών αναπαραστάσεων μέσω της χρήσης προσομοιώσεων και του εικονικού εργαστηρίου ΣΕΠ από τους ίδιους τους μαθητές. Για τον σχεδιασμό τους λήφθηκαν υπόψη οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές καθώς και προτάσεις για την αντιμετώπιση αυτών όπως εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφία. Από την μελέτη της βιβλιογραφίας και τις παρατηρήσεις της προπilotικής εφαρμογής προέκυψαν οι σχεδιαστικές αρχές στις οποίες στηρίχθηκε η ανάπτυξη του υλικού. Οι σχεδιαστικές αρχές αφορούν τον μετασχηματισμό του περιεχομένου, τον σχεδιασμό του υλικού και τον τρόπο εφαρμογής του. Το υλικό που σχεδιάστηκε αποτελεί ρητή διδασκαλία των γραφικών παραστάσεων και αξιοποιεί γραφικές παραστάσεις όχι μόνο κινηματικής, αλλά και από άλλους τομείς της φυσικής και από καταστάσεις της καθημερινότητας ώστε οι μαθητές να οικοδομούν συνδέσεις και να κατανοούν τα δομικά χαρακτηριστικά των γραφικών παραστάσεων, ανεξαρτήτως πλαισίου. Αν και δεν πραγματοποιήθηκε η πιλοτική εφαρμογή του υλικού που σχεδιάστηκε, θεωρείται ότι έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει τις δεξιότητες ερμηνείας γραφικών παραστάσεων των μαθητών. Όπως αναφέρεται και στις ανασκοπήσεις που πραγματοποίησαν οι Glazer (2011) και Bursal & Yetiş (2020), η ανάπτυξη των δεξιοτήτων κατανόησης γραφικών παραστάσεων αποτελεί σημαντικό στόχο για την ενίσχυση του εγγραμματισμού των πολιτών, και η ανάπτυξη κατάλληλων διδακτικών και μαθησιακών υλικών είναι ένα ισχυρό μέσο για την επίτευξή του.

Βιβλιογραφία

- Μπισδικιάν, Γ. (2000). Μελέτη της εφαρμογής πολυμέσων στη διδασκαλία γραφικών παραστάσεων και φυσικών εννοιών [Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης]. IKEE. <http://hdl.handle.net/10442/hedi/23097>
- Τσαουσιδη, Μ., & Μολοχίδης, Α. (2024). Σχεδίαση & ανάπτυξη διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας για την καλλιέργεια δεξιοτήτων κατανόησης γραφικών παραστάσεων. Στο *Πρακτικά 50 Πανελλήνιο Συνέδριο Νέων Ερευνητών και Ερευνητριών στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. (Υπό δημοσίευση).

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and instruction*, 16(3), 183-198.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
- Araujo, I. S., Veit, E. A., & Moreira, M. A. (2008). Physics students' performance using computational modelling activities to improve kinematics graphs interpretation. *Computers & Education*, 50(4), 1128-1140. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2006.11.004>
- Binali, T., Chang, C. H., Chang, Y. J., & Chang, H. Y. (2024). High school and college students' graph-interpretation competence in scientific and daily contexts of data visualization. *Science & Education*, 33(3), 763-785. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00406-3>
- Boote, S. K. (2014). Assessing and understanding line graph interpretations using a scoring rubric of organized cited factors. *Journal of Science Teacher Education*, 25(3), 333-354.
<https://doi.org/10.1007/s10972-012-9318-8>
- Bursal, M., & Yetiş, S. (2020). Middle school students' graph skills and affective states about graphs. *International Journal of Research in Education and Science*, 6(4), 692-704.
<https://doi.org/10.46328/ijres.v6i4.1136>
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Applications*. BSCS, Colorado Springs. Ανακτήθηκε στις 25/6/2025, από:
<https://fremonths.org/ourpages/auto/2008/5/11/1210522036057/bcs5efullreport2006.pdf>
- Donnelly-Hermosillo, D. F., Gerard, L. F., & Linn, M. C. (2020). Impact of graph technologies in K-12 science and mathematics education. *Computers & Education*, 146, 103748.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103748>
- Geyer, MA., Kuske-Janßen, W. (2019). Mathematical Representations in Physics Lessons. Στο: G. Pospiech, M. Michelini, B.S. Eylon. (Επιμ.) *Mathematics in Physics Education*. Springer, Cham.
http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-04627-9_4
- 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>
- Ivanjek, L., Susac, A., Planinic, M., Andrasevic, A., & Milin-Sipus, Z. (2016). Student reasoning about graphs in different contexts. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1), 010106.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010106>
- Kozhevnikov, M., & Thornton, R. (2006). Real-time data display, spatial visualization ability, and learning force and motion concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1), 111-132.
<https://doi.org/10.1007/s10956-006-0361-0>
- McDermott, L. C., Rosenquist, M. L., & van Zee, E. H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*, 55(6), 503-513.
<https://doi.org/10.1119/1.15104>
- Opfermann, M., Schmeck, A., Fischer, H.E. (2017). Multiple Representations in Physics and Science Education – Why Should We Use Them?. Στο: D. Treagust, R. Duit, H Fischer. (Επιμ.) *Multiple Representations in Physics Education. Models and Modeling in Science Education*, τ. 10. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58914-5_1
- Opfermann, M., Schmeck, A., & Fischer, H.E. (2021). Multiple Representations and Learning Physics. Στο: H.E. Fischer, R Girwidz. (Επιμ.) *Physics Education. Challenges in Physics Education* Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87391-2_7
- Planinic, M., Susac, A., Ivanjek, L., Milin Šipuš, Ž. (2019). Comparing Student Understanding of Graphs in Physics and Mathematics. Στο: G. Pospiech, M. Michelini, B.S. Eylon. (Επιμ.) *Mathematics in Physics Education*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04627-9_10
- Scimago Journal & Country Rank. (χ.χ.). *Scimago Journal & Country Rank*. Ανακτήθηκε στις 25/6/2025, από: <https://www.scimagojr.com>
- Stefanel, A. (2019). Graph in Physics Education: From Representation to Conceptual Understanding. Στο: G. Pospiech, M. Michelini, B.S. Eylon. (Επιμ.) *Mathematics in Physics Education*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04627-9_9