

# 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°

**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](http://synedrio2025.enepnet.gr)



## Διερεύνηση της Συνεκτικότητας της Γνώσης Μαθητών Γυμνασίου για τα Ηλεκτρικά Κυκλώματα

*Ιωάννα Αναστασιάδου, Δημήτριος Σταμοβλάσης*

doi: [10.12681/codiste.9905](https://doi.org/10.12681/codiste.9905)

## Διερεύνηση της Συνεκτικότητας της Γνώσης Μαθητών Γυμνασίου για τα Ηλεκτρικά Κυκλώματα

Ιωάννα Γ. Αναστασιάδου<sup>1</sup> και Δημήτριος Σταμοβλάσης<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, <sup>2</sup>Καθηγητής

<sup>1</sup>Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Δυτικής Θεσσαλονίκης,

<sup>2</sup>Τμήμα Φιλοσοφίας και Παιδαγωγικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

<sup>1</sup>ioana2126@gmail.com

### Περίληψη

Η παρούσα εργασία διερευνά τη συνεκτικότητα της γνώσης των μαθητών Γυμνασίου για τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα συνεχούς ρεύματος. Σχεδιάστηκε ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου 10 ερωτήσεων με τέσσερις πιθανές επιλογές απαντήσεων, όπου κάθε απάντηση αντιστοιχούσε σε ένα από τέσσερα νοητικά μοντέλα για τα ηλεκτρικά κυκλώματα που απαντώνται στη βιβλιογραφία. Το ερωτηματολόγιο απαντήθηκε από 217 μαθητές και μαθήτριες Γυμνασίου και για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων εφαρμόστηκε η μέθοδος της ανάλυσης λανθανουσών τάξεων (LCA). Από την ανάλυση προέκυψε συνεκτικότητα μόνο για ένα από τα τέσσερα νοητικά μοντέλα που ερευνήθηκαν, το επιστημονικό μοντέλο.

**Λέξεις κλειδιά:** ανάλυση λανθανουσών τάξεων (LCA), ηλεκτρικά κυκλώματα, κατακερματισμένη γνώση, νοητικά μοντέλα, συνεκτική γνώση

## Investigating the Coherence of Middle School Students' Knowledge of Electrical Circuits

Ioanna G. Anastasiadou<sup>1</sup> and Dimitrios Stamovlasis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Secondary School Teacher, <sup>2</sup>Professor

<sup>1</sup>Directorate of Secondary Education of West Thessaloniki,

<sup>2</sup> Department of Philosophy and Education, Aristotle University of Thessaloniki

<sup>1</sup>ioana2126@gmail.com

### Abstract

This study investigates the coherency of knowledge held by middle school students regarding simple DC electrical circuits. To this end, a closed-type questionnaire comprising 10 questions with four possible answer choices was designed. Each answer corresponded to one of four mental models for electrical circuits found in the literature. The questionnaire was administered to 217 middle school students, and the Latent Class Analysis (LCA) method was employed to process the results. The analysis revealed coherency for only one of the four investigated mental models, the scientific model.

**Keywords:** Latent Class Analysis (LCA), electrical circuits, fragmented knowledge, mental models, coherent knowledge

### Εισαγωγή

Η εννοιολογική αλλαγή αποτελεί κεντρικό ζήτημα στην εκπαιδευτική έρευνα, καθώς αναφέρεται στη διαδικασία αναθεώρησης ή αντικατάστασης των αρχικών, λανθασμένων σε πολλές περιπτώσεις, αντιλήψεων των μαθητών με επιστημονικά αποδεκτές έννοιες (Posner et

al., 1982). Στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών, διαμορφωμένες από καθημερινές εμπειρίες, τείνουν να αποκλίνουν από τις επιστημονικές εξηγήσεις και δυσχεραίνουν τη μάθηση (Driver & Easley, 1978 · Duit & Treagust, 2003 · Viennot, 1979).

Δύο βασικές θεωρητικές προσεγγίσεις περιγράφουν τη φύση της αρχικής γνώσης των μαθητών: η προσέγγιση της συνεκτικής και η προσέγγιση της κατακερματισμένης γνώσης (diSessa, 1993 · Vosniadou, 1994). Σύμφωνα με την πρώτη, η γνώση των παιδιών θεωρείται ως ένα οργανωμένο σύνολο, όπου οι έννοιες συνδέονται λογικά, επιτρέποντάς τους μαθητές να δίνουν συνεπείς, αν και συχνά μη επιστημονικά ορθές, απαντήσεις σε νέες καταστάσεις και προβλήματα (Vosniadou & Brewer, 1992). Σύμφωνα με τη δεύτερη η αρχική γνώση αποτελείται από αποσπασματικές πληροφορίες, οι οποίες ενεργοποιούνται ανάλογα με το πλαίσιο του προβλήματος (diSessa, 1993).

Η παρούσα εργασία ασχολείται με τη φύση της γνώσης των μαθητών στο πεδίο του Ηλεκτρισμού. Ειδικότερα διερευνά εάν η γνώση τους για τη ηλεκτρικά κυκλώματα είναι συνεκτικά οργανωμένη ή κατακερματισμένη, εστιάζοντας στα νοητικά μοντέλα που χρησιμοποιούν οι μαθητές για να κατανοήσουν τη λειτουργία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

### **Θεωρητικό Υπόβαθρο – Βιβλιογραφική επισκόπηση**

Πλήθος ερευνών έχει δείξει ότι τα παιδιά, πριν ακόμα ξεκινήσουν το σχολείο, παρουσιάζουν αντιλήψεις και ιδέες για τα φυσικά φαινόμενα, που συνήθως διαφέρουν από την επιστημονική γνώση, οι οποίες ωστόσο θεωρούνται ότι «ανθίστανται» στην αλλαγή (Duit & Treagust, 2003 · Viennot, 1979). Οι όροι "αφελείς θεωρίες" (naive theories), "αφελής φυσική" (naive physics) ή "διαισθητική φυσική" (intuitive physics) (Ioannides & Vosniadou, 2002) περιγράφει τέτοιες ακριβώς πεποιθήσεις, ιδέες και εξηγήσεις των φυσικών φαινομένων που προέρχονται από αρχάριους στην επιστήμη και τους επιτρέπουν να εξηγούν, συχνά λανθασμένα, καθημερινά φαινόμενα (diSessa, 1993 · Vosniadou, 1994).

Η μάθηση σχετίζεται με την διόρθωση αυτών των παρανοήσεων. Η κατανόηση της φύσης των εναλλακτικών ιδεών και της διαδικασίας της εννοιολογικής αλλαγής είναι καθοριστική για την ανάπτυξη θεωριών μάθησης και τον σχεδιασμό της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Στη σχετική βιβλιογραφία δύο θεωρητικές προσεγγίσεις περιγράφουν τη δομή της αρχικής γνώσης των μαθητών:

α) η προσέγγιση της συνεκτικής γνώσης: οι μαθητές οργανώνουν τις ιδέες τους σε συνεκτικά εννοιολογικά σχήματα ή «αφελείς» (naive) θεωρίες, οι οποίες έχουν επεξηγηματική και προβλεπτική ικανότητα, έστω και αν δεν είναι επιστημονικά ορθές (Carey, 1985 · Vosniadou, 1994). Οι απαντήσεις των μαθητών επιδεικνύουν εσωτερική συνέπεια, κάτι που αποτυπώνεται και σε σταθερά μοτίβα σκέψης. Στο πλαίσιο της συνεκτικής γνώσης τα *νοητικά μοντέλα* είναι νοητικές αναπαραστάσεις της πραγματικότητας που διαμορφώνονται στο μυαλό των μαθητών και παρέχουν μια επεξηγηματική δομή για την κατανόηση των φυσικών φαινομένων (Vosniadou & Brewer, 1992).

β) η προσέγγιση της κατακερματισμένης γνώσης: οι αντιλήψεις των μαθητών αποτελούνται από αποσπασματικές πληροφορίες, χωρίς συνεκτική ενοποίηση. Σε αυτή την περίπτωση, οι απαντήσεις τους εξαρτώνται από το εκάστοτε πλαίσιο του προβλήματος. Ο diSessa (1993) εισάγει την έννοια των p-prims (phenomenological primitives), τα οποία είναι στοιχειώδη ανεξάρτητα γνωστικά στοιχεία που αποτελούν τη βάση της κατακερματισμένης γνώσης. Οι μαθητές οικοδομούν την επιστημονική γνώση διαγράφοντας, τροποποιώντας, αναδιατάσσοντας τις αποσπασματικές πληροφορίες και τις μεταξύ τους συνδέσεις ή δημιουργώντας νέες.

Οι προσπάθειες για εμπειρική τεκμηρίωση των δύο προσεγγίσεων έχουν οδηγήσει σε αντικρουόμενα συμπεράσματα (diSessa et al., 2004 · Özdemir & Clark, 2007 · Vosniadou & Brewer, 1992), καθώς και οι δύο φαίνεται να υποστηρίζονται από την εμπειρική έρευνα. Τα αντιφατικά αυτά δεδομένα αποδίδονται μόνο σε μεθοδολογικά ζητήματα και ειδικότερα στον

τρόπο ταξινόμησης των απαντήσεων των μαθητών στα προτεινόμενα μοντέλα (Panagiotaki et al., 2006).

### Μοντέλα κατανόησης των ηλεκτρικών κυκλωμάτων

Διερευνητικές προσεγγίσεις που βασίζονται σε κλινικές συνεντεύξεις έχουν ανιχνεύσει την ύπαρξη ποικίλων νοητικών μοντέλων που χρησιμοποιούν οι μαθητές για να ερμηνεύσουν τη λειτουργία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων συνεχούς ρεύματος σε σειρά. Τα συχνότερα μοντέλα που απαντώνται στη βιβλιογραφία είναι:

α. **Το διπολικό μοντέλο ή μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων (bipolar model):** δύο αντίθετα ρεύματα ρέουν και από τους δύο πόλους της μπαταρίας προς τη λάμπα όπου συναντώνται και προκαλούν την φωτοβολία της (Osborne, 1983· Osborne & Freyberg, 1985).

β. **Το μοντέλο της εξασθένησης του ρεύματος (attenuation model):** το ρεύμα εξασθενεί καθώς διέρχεται από τα στοιχεία του κυκλώματος, με αποτέλεσμα η λάμπα που βρίσκεται πιο μακριά από την πηγή να φωτοβολεί λιγότερο (Shipstone, 1984).

γ. **Το μονοπολικό μοντέλο (unipolar model):** το ρεύμα ρέει μόνο από τον ένα πόλο της μπαταρίας και καταλήγει στην βάση της λάμπας όπου και καταναλώνεται πλήρως. Ο αγωγός μετά την λάμπα δεν θεωρείται απαραίτητος για να ανάψει η λάμπα ή θεωρείται μεν απαραίτητος αλλά δεν έχει ενεργό ρόλο στο κύκλωμα (Osborne, 1983).

δ. **Το επιστημονικό μοντέλο (scientific model):** το ρεύμα ρέει σε ένα κλειστό κύκλωμα και η έντασή του είναι ίδια σε όλα τα σημεία του κυκλώματος. Το μοντέλο αυτό αντιστοιχεί στην επιστημονικά αποδεκτή άποψη για το ηλεκτρικό κύκλωμα (Shipstone et al., 1988).

Ο Osborne (1983) στις έρευνές του ανίχνευσε και τα τέσσερα μοντέλα α-δ και διαπίστωσε ότι είναι ανθεκτικά και εξαιρετικά δύσκολο να τροποποιηθούν. Άλλες μελέτες έδειξαν ότι το επιστημονικά σωστό μοντέλο αυξάνει τα ποσοστά αποδοχής του με την ηλικία των μαθητών, αν και αρκετοί μαθητές δυσκολεύονται να κατακτήσουν την αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού ρεύματος στα κυκλώματα (Borges & Gilbert, 1999· Chiu & Lin, 2005· Shipstone, 1984).

Το ζήτημα των ιδεών των μαθητών στον ηλεκτρισμό και τα νοητικά τους μοντέλα αποτελεί διαχρονικό ερευνητικό θέμα παγκοσμίως. Τα ευρήματα συγκλίνουν στο συμπέρασμα ότι οι δυσκολίες των μαθητών είναι παρόμοιες διεθνώς, παρά τα διαφορετικά πολιτιστικά πλαίσια, υποδεικνύοντας μια φυσική συνοχή στις δυσκολίες κατανόησης των ηλεκτρικών κυκλωμάτων (Asami et al., 2000· Chiu & Lin, 2005· Osborne, 1983· Shipstone, 1984· Shipstone et al., 1988).

### Στόχοι της έρευνας

Η παρούσα έρευνα είχε ως πρωταρχικό στόχο να εμβαθύνει στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι μαθητές αντιλαμβάνονται βασικές έννοιες του Ηλεκτρισμού, όπως το ηλεκτρικό ρεύμα, μέσω της ροής του σε απλά ηλεκτρικά κυκλώματα συνεχούς ρεύματος με μπαταρία, καλώδια και μία έως τρεις λάμπες σε σειρά. Συγκεκριμένα, σχεδιάστηκε ερωτηματολόγιο για να ανιχνεύει τις εναλλακτικές ιδέες που ανήκουν σε προτεινόμενα στη βιβλιογραφία νοητικά μοντέλα, ενώ η ανάλυση των δεδομένων προσπάθησε να επιβεβαιώσει με βάση τις απαντήσεις, αν εκείνες είναι συνεπείς προς κάποιο προτεινόμενο νοητικό μοντέλο, με αλλά λόγια αν η γνώση των μαθητών είναι οργανωμένη σε συνεκτικά νοητικά μοντέλα, ή αν παρουσιάζει κατακερματισμό. Οι ερευνητικές υποθέσεις της εργασίας είναι:

- Η γνώση των μαθητών παρουσιάζει συνεκτικότητα.
- Οι απαντήσεις των μαθητών είναι συνεπείς με ορισμένα νοητικά μοντέλα του Ηλεκτρισμού και συγκεκριμένα με τα μοντέλα α έως δ.
- Υπάρχει συσχέτιση των αποτελεσμάτων με την τάξη φοίτησης των μαθητών και συγκεκριμένα οι μαθητές της Γ' Γυμνασίου προσεγγίζουν το επιστημονικό μοντέλο σε μεγαλύτερο ποσοστό από τους μαθητές των άλλων δύο τάξεων.

- Τα αποτελέσματα της μελέτης δεν εξαρτώνται από το φύλο.

## Μεθοδολογία

### Εργαλείο Έρευνας

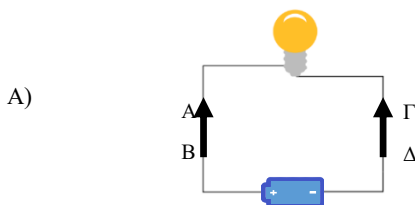
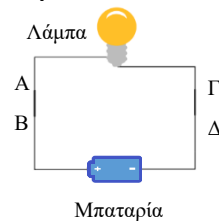
Για τη συλλογή των δεδομένων σχεδιάστηκε πρωτότυπο ερωτηματολόγιο 10 ερωτήσεων κλειστού τύπου. Κάθε ερώτηση περιλάμβανε τέσσερις πιθανές απαντήσεις, οι οποίες αντιστοιχούσαν στα τέσσερα νοητικά μοντέλα που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα: το διπολικό μοντέλο, το μοντέλο εξασθένησης, το μονοπολικό μοντέλο και το επιστημονικό μοντέλο. Οι ερωτήσεις αφορούσαν κυκλώματα συνεχούς ρεύματος με μπαταρία και έναν έως τρεις λαμπτήρες σε σύνδεση σειράς ενώ τα θέματα που καλύφθηκαν είναι:

- η κατεύθυνση ροής του ρεύματος,
- η συνέχεια και διατήρηση του ρεύματος,
- η έννοια του κλειστού κυκλώματος,
- η επίδραση της προσθήκης ή αφαίρεσης λαμπτήρων στο κύκλωμα.

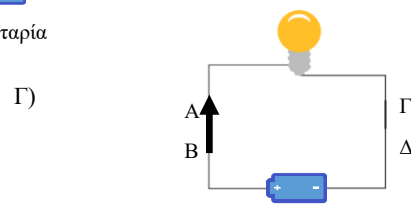
Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η ερώτηση 2 με τις τέσσερις πιθανές απαντήσεις, ως δείγμα του ερωτηματολογίου.

**Σχήμα 1.** Η ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου

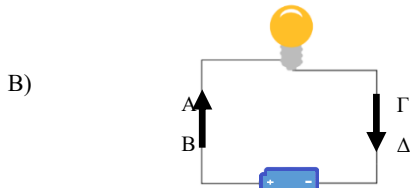
- 2) Στο παρακάτω κύκλωμα (είναι όμοιο με αυτό της προηγούμενης ερώτησης) συγκρίνετε την ποσότητα του ηλεκτρικού ρεύματος που περνά από τα καλώδια AB και ΓΔ.



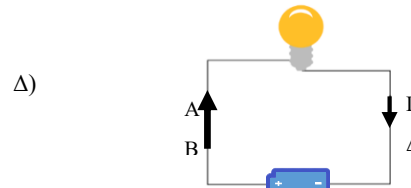
Στο λαμπάκι φθάνει ίδια ποσότητα ρεύματος και από το καλώδιο AB και από το καλώδιο ΓΔ.



Το ρεύμα ρέει μέχρι το λαμπάκι, ενώ στο καλώδιο ΓΔ είναι μηδέν.



Το ρεύμα ρέει συνεχώς το ίδιο προς μια κατεύθυνση.



Το ρεύμα ρέει συνεχώς προς μια κατεύθυνση, αλλά μετά το λαμπάκι γίνεται μικρότερο.

Το ερωτηματολόγιο εφαρμόστηκε πιλοτικά σε ένα τμήμα της Α' Γυμνασίου, για την αξιολόγηση της κατανόησης και την αποφυγή ασαφειών. Τα αποτελέσματα του τμήματος αυτού δεν συμπεριλήφθηκαν στην τελική έρευνα.

### Δείγμα

Το ερωτηματολόγιο απαντήθηκε από **217 μαθητές και μαθήτριες και των τριών τάξεων ενός Γυμνασίου** της Ανατολικής Θεσσαλονίκης. Από το συνολικό δείγμα, 116 ήταν κορίτσια

(53% του δείγματος) και 101 αγόρια (47%). 76 μαθητές/ριες φοιτούσαν στην Α', 68 στη Β' και 73 στη Γ' Γυμνασίου.

### Μέθοδος Ανάλυσης

Για την επεξεργασία των δεδομένων εφαρμόστηκε η Ανάλυση Λανθανουσών Τάξεων (Latent Class Analysis, LCA), μια σύγχρονη ψυχομετρική μέθοδος που αναγνωρίζει υποκείμενες κατηγορίες ή ομάδες (λανθάνουσες τάξεις) σε ένα σύνολο δεδομένων (Stamonlasis et al., 2018). Η LCA υποθέτει ότι οι παρατηρήσιμες μεταβλητές, όπως οι απαντήσεις σε ένα ερωτηματολόγιο, είναι εκφάνσεις αυτών των λανθανουσών τάξεων. Σε έρευνες για τα νοητικά μοντέλα, αυτές οι τάξεις αντιπροσωπεύουν διαφορετικές νοητικές αναπαραστάσεις και μπορεί να αντιστοιχούν στα υπό διερεύνηση νοητικά μοντέλα. Η μέθοδος προσδιορίζει την υπό συνθήκη πιθανότητα μιας συγκεκριμένης απάντησης από ένα υποκείμενο που ανήκει σε μια συγκεκριμένη λανθάνουσα τάξη. Ένα συνεκτικό νοητικό μοντέλο εντοπίζεται όταν η υπό συνθήκη πιθανότητα να δοθεί απάντηση σύμφωνα με αυτό το μοντέλο τείνει στη μονάδα σε όλες τις ερωτήσεις του εργαλείου (Stamonlasis et al., 2013). Αντίθετα, ασυνεπείς απαντήσεις υποδηλώνουν μη συνεκτικές νοητικές αναπαραστάσεις.

Η LCA μπορεί να χρησιμοποιηθεί διερευνητικά ή επιβεβαιωτικά. Στην παρούσα εργασία η LCA χρησιμοποιήθηκε επιβεβαιωτικά, προκειμένου να ταξινομηθούν οι μαθητές σε ομάδες με βάση τα μοτίβα απαντήσεών τους στο ερωτηματολόγιο.

### Εγκυρότητα και Αξιοπιστία της έρευνας

Η εγκυρότητα της έρευνας προκύπτει από το γεγονός ότι σε κάθε στοιχείο του ερωτηματολογίου οι απαντήσεις αντιστοιχούσαν σε επιβεβαιωμένα από τη βιβλιογραφία νοητικά μοντέλα. Όσον αφορά την αξιοπιστία της έρευνας, δεδομένης της υπόθεσης για παρουσία συνεκτικών νοητικών μοντέλων στις αντιλήψεις των μαθητών, αναμένεται οι μαθητές να απαντούν με τον ίδιο ακριβώς τρόπο κάτω από τις ίδιες συνθήκες διεξαγωγής της έρευνας. Με άλλα λόγια, η αξιοπιστία είναι το ζήτημα που ελέγχεται και είναι μέρος των υποθέσεων. Η πιθανή έλλειψη αξιοπιστίας, ουσιαστικά στηρίζει την απουσία συνεπών μοτίβων απαντήσεων και άρα απουσία συνεκτικών μοντέλων.

### Αποτελέσματα

Από την ανάλυση λανθανουσών τάξεων προέκυψαν δύο βασικά μοντέλα LC, που προσαρμόζονται καλύτερα στα δεδομένα μας: ένα με 2 λανθάνουσες τάξεις (clusters) και ένα με 3. Ωστόσο, για την παρούσα ανάλυση, παρουσιάζονται λεπτομερώς τα αποτελέσματα του μοντέλου με 3 τάξεις, το οποίο προσφέρει μια πιο διακριτή κατηγοριοποίηση των μαθητών βάσει των απαντήσεών τους.

Στο Διάγραμμα 1 αποτυπώνονται οι υπό συνθήκη πιθανότητες του κάθε νοητικού μοντέλου ανά ερώτηση (E1-E10) και ανά cluster, για το μοντέλο των 3 τάξεων. Κάθε cluster προσδιορίζει μια ομάδα μαθητών:

- **Cluster 1** (47,94% του δείγματος)

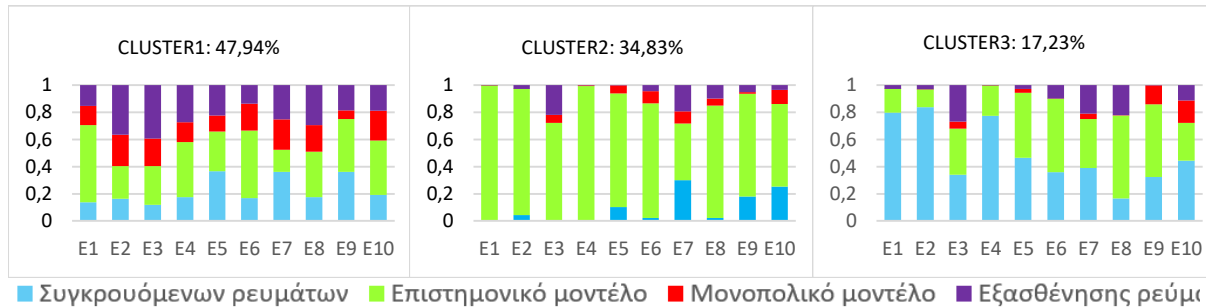
Οι μαθητές της ομάδας αυτής προτιμούν το επιστημονικό μοντέλο σε αρκετές ερωτήσεις (E1, E4, E6, E8, E9, E10), χωρίς ωστόσο να απουσιάζουν σε κάποιες από αυτές υψηλές πιθανότητες επιλογής εναλλακτικών μοντέλων (E4, E8, E9, E10). Επιπλέον στις ερωτήσεις, E2 και E3, εμφανίζεται προτίμηση για το μοντέλο εξασθένησης και σε άλλες δύο, τις E5, E7 για το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων. Η κατανομή αυτή μαρτυρά έλλειψη εσωτερικής συνέπειας, δηλαδή απουσία συνεκτικού νοητικού μοντέλου.

- **Cluster 2** (34,83% του δείγματος)

Η δεύτερη ομάδα παρουσιάζει υψηλό βαθμό συνέπειας προς το επιστημονικό μοντέλο. Σε εννέα από τις δέκα ερωτήσεις, οι δεσμευμένες πιθανότητες των εναλλακτικών μοντέλων είναι εξαιρετικά χαμηλές. Μόνο στην E7 παρατηρούνται αυξημένες πιθανότητες και για τα μοντέλα συγκρουόμενων ρευμάτων και εξασθένησης. Η συγκεκριμένη ομάδα παρουσιάζει σταθερή

προσήλωση στο επιστημονικό μοντέλο, υποδεικνύοντας ύπαρξη συνεκτικού νοητικού σχήματος.

**Διάγραμμα 1.** Τα τρία μοτίβα απαντήσεων από LCA 3 τάξεων α) Cluster1, β) Cluster2, γ) Cluster3



- **Cluster 3** (17,23% του δείγματος)

Η ομάδα αυτή, που είναι και η μικρότερη, περιλαμβάνει μαθητές που επιλέγουν διαφορετικά μοντέλα ανάλογα με τη συγκεκριμένη ερώτηση, χωρίς συνέπεια, όπως και στην 1η ομάδα. Η κατανομή αυτή επίσης μαρτυρά απουσία συμμόρφωσης με κάποιο από τα υποθετικά συνεκτικά νοητικά μοντέλα, υποδηλώνοντας κατακερματισμένη γνώση. Παρατηρείται όμως μια αύξηση, σε σχέση με την 1η ομάδα, των απαντήσεων (μπλε) συνεπών ως προς το μοντέλο των συγκρουόμενων ρευμάτων.

**Πίνακας 1.** Συσχετίσεις των τάξεων με το φύλο και την τάξη φοίτησης

Συμμεταβλητές	b (Cluster1)	b (Cluster2)	b (Cluster3)
<b>Φύλο</b>			
Αγόρι	0,1992	-0,1074	-0,0918
Κορίτσι	-0,1992	0,1074	0,0918
<b>Τάξη φοίτησης</b>			
Α' Γυμνασίου	-0,2343	-0,499*	0,74*
Β' Γυμνασίου	0,3520	-0,81***	0,4587
Γ' Γυμνασίου	-0,1177	1,31***	-1,19**

Σημείωση: \* $p < ,05$ , \*\* $p < ,01$ , \*\*\* $p < ,001$

Όσον αφορά τη συσχέτιση των τάξεων-ομάδων με το φύλο, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική συσχέτιση με κανένα cluster (Πίνακας 1). Αντίθετα, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση των clusters με την τάξη φοίτησης, υποδεικνύοντας ότι η σχολική τάξη επηρεάζει την πιθανότητα ένας μαθητής να ανήκει σε συγκεκριμένο cluster. Ειδικότερα, οι μαθητές μεγαλύτερων τάξεων (π.χ. Γ' Γυμνασίου) είχαν υψηλότερη πιθανότητα να ανήκουν στο Cluster 2 (επιστημονικό μοντέλο), ενώ οι μαθητές μικρότερων τάξεων είχαν μεγαλύτερη πιθανότητα να ανήκουν στα Cluster 1 και 3. Σύμφωνα με την ανάλυση LCA, οι μαθητές της Α' Γυμνασίου τείνουν να ανήκουν στην ομάδα Cluster 3, ( $b=0,74$ ,  $p < ,05$ ), οι μαθητές της Α' και Β' Γυμνασίου τείνουν να μην ανήκουν στην ομάδα Cluster 2, ενώ αντίθετα οι μαθητές της Γ' Γυμνασίου τείνουν να ανήκουν στην ομάδα Cluster 2, ( $b=1,31$ ,  $p < ,001$ ), (Πίνακας 1).

### Συζήτηση – Συμπεράσματα

Η έρευνα εστίασε στη μελέτη των νοητικών αναπαραστάσεων των μαθητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα, ακολουθώντας επιβεβαιωτική προσέγγιση. Μέσω της ανάλυσης λανθανουσών τάξεων (LCA), εντοπίστηκε μία συνεκτική ομάδα μαθητών (Cluster 2), η οποία ευθυγραμμίζεται με το επιστημονικό μοντέλο. Αντίθετα, τα υπόλοιπα clusters χαρακτηρίζονται από γνωστική ασυνέπεια, ενισχύοντας την άποψη περί κατακερματισμένης γνώσης (diSessa, 1993).

Το φύλο των μαθητών δεν φαίνεται να επηρεάζει τη διαμόρφωση των Clusters, σε αντίθεση με την τάξη φοίτησης, η οποία αναδεικνύεται καθοριστικός παράγοντας διαφοροποίησης. Οι μαθητές της Α΄ Γυμνασίου εμφανίζουν αυξημένη πιθανότητα να ανήκουν στο Cluster 3, όπου η δεσμευμένη πιθανότητα επιλογής του μοντέλου των συγκρουόμενων ρευμάτων είναι αρκετά μεγάλη. Το εύρημα αυτό συνάδει με τη βιβλιογραφία, η οποία το περιγράφει ως πρώιμο εννοιολογικό σχήμα που φθίνει με την ηλικία και τη διδασκαλία (Osborne & Freyberg, 1985· Shipstone, 1984). Επίσης ιδιαίτερα αυξημένη είναι η πιθανότητα ένας μαθητής της Γ΄ Γυμνασίου να ανήκει στο Cluster 2. Πρόκειται επίσης για λογικό και αναμενόμενο εύρημα, καθώς προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει ότι το επιστημονικό μοντέλο συναντάται με υψηλότερη πιθανότητα στα μεγαλύτερα παιδιά (Asami et al., 2000· Lin, 2017· Panagiotaki et al., 2009· Shipstone et al., 1988· Vosniadou & Brewer, 1992· Vosniadou 1994). Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι μαθητές της Γ΄ Γυμνασίου είχαν διδαχθεί τις αντίστοιχες έννοιες την ίδια χρονιά με τη διεξαγωγή της έρευνας, ήταν ακόμα περισσότερο πιθανό η γνώση τους να οργανώνεται σταδιακά προς ένα συνεκτικό επιστημονικό μοντέλο καθώς μεγαλώνουν και μαθαίνουν.

Η έρευνα αυτή συμβάλλει στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι μαθητές δομούν τη γνώση τους για τον Ηλεκτρισμό και παρέχει αξιοποιήσιμες πληροφορίες για τον σχεδιασμό διδακτικών προσεγγίσεων. Τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η αρχική γνώση των μαθητών δεν είναι πάντα οργανωμένη σε συνεκτικά μοντέλα, ειδικά σε τομείς όπως ο Ηλεκτρισμός, όπου η εμπειρία τους είναι περιορισμένη και η εννοιολογική δυσκολία του πεδίου αυξημένη. Η αξιοποίηση εργαλείων όπως το ερωτηματολόγιο της παρούσας μελέτης μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να αναγνωρίσουν τις γνωστικές αφετηρίες των μαθητών και να προσαρμόσουν τη διδασκαλία τους με στόχο τη νοηματική οικοδόμηση της γνώσης.

Η παρούσα εργασία έχει μια μεθοδολογική διάσταση, αναδεικνύει και προτείνει την Ανάλυση Λανθανουσών Τάξεων (LCA), ως την καταλληλότερη μέθοδο για την μελέτη των νοητικών αναπαραστάσεων των παιδιών. Η εφαρμογή της επιβεβαιωτικής LCA στο συγκεκριμένο πεδίο, σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα αντιστοίχων ερευνών (Stamovlasis, et al., 2013· Vaioroulou, et al., 2023), σηματοδοτούν ότι δεν μπορεί να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση της κατακερματισμένης γνώσης και ως εκ τούτου τα νοητικά μοντέλα των παιδιών, πριν υιοθετήσουν την επιστημονική άποψη, δεν αποτελούν συνεκτική γνώση. Επιπλέον η ασυμφωνία μεταξύ των διερευνητικών και επιβεβαιωτικών μεθόδων εγείρει κάποια επιστημολογικά προβλήματα που σχετίζονται με την μηχανική, στατική και αναγωγιστική θεώρηση του φαινομένου της εννοιολογικής αλλαγής, αγνοώντας την φύση μιας δυναμικής διαδικασίας (Seibt, 2022), ενώ στο πλαίσιο της πολυπλοκότητας και των μη γραμμικών συστημάτων παρέχεται η ερμηνεία των αντιφατικών ευρημάτων και η δυνατότητα μιας καλύτερης θεωρίας που να ερμηνεύει πιθανά ενδιάμεσα νοητικά μοντέλα που δυσχεραίνουν την εννοιολογική αλλαγή (Stamovlasis, et al., 2023).

## Βιβλιογραφία

- Asami, N., King, J., & Monk, M. (2000). Tuition and Memory: Mental models and cognitive processing in Japanese children's work on d.c. electrical circuits. *Research in Science & Technological Education*, 18(2), 141–154. <https://doi.org/10.1080/713694979>
- Borges, A. T., & Gilbert, J. K. (1999). Mental models of electricity. *International Journal of Science Education*, 21(1), 95–117. <https://doi.org/10.1080/095006999290859>
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Chiu, M.-H., & Lin, J.-W. (2005). Promoting Fourth Graders' Conceptual Change of Their Understanding of Electric Current via Multiple Analogies. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(4), 429–464. <https://doi.org/10.1002/tea.20062>
- diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10(2), 105–225. <https://doi.org/10.1080/07370008.1985.9649008>
- diSessa, A. A., Gillespie, N. M., & Esterly, J. B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science*, 28(6), 843–900. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog2806\\_1](https://doi.org/10.1207/s15516709cog2806_1)

- Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and Paradigms: A Review of Literature Related to the Concept Development in Adolescent Science Students. *Studies in Science Education*, 5(1), 61–84. <https://doi.org/10.1080/03057267808559857>
- Duit, R., & Treagust, D. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688. <https://doi.org/10.1080/09500690305016>
- Ioannides, C., & Vosniadou, S. (2002). The Changing Meanings of Force. *Cognitive Science Quarterly*, 2(1), 5–62.
- Lin, J.-W. (2017). A Cross-Grade Study Validating the Evolutionary Pathway of Student Mental Models in Electric Circuits. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(7), 3099–3137. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00707a>
- Osborne, R. (1983). Towards Modifying Children's Ideas about Electric Current. *Research in Science & Technological Education*, 1(1), 73–82. <https://doi.org/10.1080/0263514830010108>
- Osborne, R., & Freyberg, P. S. (1985). *Learning in science: the implications of children's science*. London: Heinemann Educational.
- Özdemir, G., & Clark, D. B. (2007). An overview of conceptual change theories. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 3(4), 351–361. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75414>
- Panagiotaki, G., Nobes, G., & Banerjee, R. (2006). Children's representations of the earth: A methodological comparison. *British Journal of Developmental Psychology*, 24(2), 353–372. <https://doi.org/10.1348/026151005X39116>
- Panagiotaki, G., Nobes, G., & Potton, A. (2009). Mental models and other misconceptions in children's understanding of the earth. *Journal of Experimental Child Psychology*, 104(1), 52–67. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2008.10.003>
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Seibt, J. (2022). Process Philosophy. Στο E. N. Zalta & U. Nodelman (Επιμ.), *The Stanford encyclopedia of philosophy*. Metaphysics Research Lab, Stanford University. <https://plato.stanford.edu/archives/sum2025/entries/process-philosophy>
- Shipstone, D. M. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple DC circuits. *European Journal of Science Education*, 6(2), 185–198. <https://doi.org/10.1080/0140528840060208>
- Shipstone, D. M., von Rhöneck, C., Jung, W., Kärrqvist, C., Dupin, J. J., Johsua, S., & Licht, P. (1988). A study of students' understanding of electrical circuits in five European countries. *International Journal of Science Education*, 10(3), 303–316. <https://doi.org/10.1080/0950069880100306>
- Stamovlasis, D., Papageorgiou, G., & Tsitsipis, G. (2013). The coherent versus fragmented knowledge hypotheses for the structure of matter: An investigation with a robust statistical methodology. *Chemistry Education, Research and Practice*, 14(4), 485–495. <https://doi.org/10.1039/c3rp00042g>
- Stamovlasis, D., Papageorgiou, G., Tsitsipis, G., Tsikalas, T., & Vaiopoulou, J. (2018). Illustration of Step - Wise Latent Class Modelling with Covariates and Taxometric Analysis in Research Probing Children's Mental Models in Learning Sciences. *Frontiers in Psychology*, 9, 532. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00532>
- Stamovlasis, D., Vaiopoulou, J., Tsikalas, T., & Papageorgiou, G. (2023). A Punctuated Equilibrium Model for Conceptual Change and the Role of Neo-Piagetian Constructs: Methodology, Empirical Evidence, and Theoretical Perspectives. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences* 27(3), 291–317.
- Vaiopoulou, J., Tsikalas, T., Stamovlasis, D., & Papageorgiou, G. (2023). Conceptual Understanding in Science Learning and the Role of Four Psychometric Variables: A Person-centered Approach. *Frontiers in Psychology – Cognition*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1204868>
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in Elementary Dynamics. *European Journal of Science Education*, 1(2), 205–221. <https://doi.org/10.1080/0140528790010209>
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45–69. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3)
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24(4), 535–585. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(92\)90018-W](https://doi.org/10.1016/0010-0285(92)90018-W)