

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

Τόμ. 13 (2024)

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

13<sup>ο</sup> ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Νέες Τάσεις και Έρευνα στη Μάθηση, τη Διδασκαλία  
και τις Τεχνολογίες στις Φυσικές Επιστήμες

10 - 12 Νοεμβρίου 2023



## ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Επιμέλεια έκδοσης:

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης, Γεώργιος Στύλος,

Γεωργία Βακάρου, Λεωνίδα Γαβριλάς, Δημήτρης Πανάγου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ  
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ  
ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ  
ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ



Ιωάννινα  
10 έως 12 Νοεμβρίου 2023



Χρήση και αποτελεσματικότητα ανατρεπτικού  
κειμένου στη διδασκαλία του ηλεκτροστατικού  
πεδίου στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Άννα Κωτούλα, Αναστάσιος Ζουπιδής, Δημήτριος  
Πνευματικός

doi: [10.12681/codiste.7052](https://doi.org/10.12681/codiste.7052)

# ΧΡΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΝΑΤΡΕΠΤΙΚΟΥ ΚΕΙΜΕΝΟΥ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Άννα Κωτούλα<sup>1</sup>, Αναστάσιος Ζουπίδης<sup>2</sup>, Δημήτριος Πνευματικός<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης, <sup>2</sup> Επικουρος Καθηγητής ΠΤΔΕ ΔΠΘ, <sup>3</sup> Καθηγητής ΠΤΔΕ ΠΔΜ

[annakotoula@gmail.com](mailto:annakotoula@gmail.com)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν (α) η συγγραφή ανατρεπτικών κειμένων που διαπραγματεύονται τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών/τριών τις σχετικές με το Ηλεκτροστατικό πεδίο και (β) η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας αυτών των ανατρεπτικών κειμένων στη θεραπεία των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/τριών. Για τον σκοπό αυτό, 14 μαθητές/τριες Θετικών Σπουδών Β' Λυκείου απέκτησαν ασύγχρονα πρόσβαση σε σχετικά ανατρεπτικά κείμενα (μέσω της εκπαιδευτικής πλατφόρμας e-me) και καταγράφηκε η αποτελεσματικότητα της ανάγνωσής τους. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική βελτίωση σε κάποιες μόνον εναλλακτικές ιδέες και συζητούνται σε σχέση με την αποτελεσματικότητα των ανατρεπτικών κειμένων και πώς αυτά θα μπορούσαν να είναι περισσότερο αποτελεσματικά σε μια επόμενη εφαρμογή.

Λέξεις κλειδιά: Ανατρεπτικό κείμενο, Ηλεκτροστατικό πεδίο, Δευτεροβάθμια εκπαίδευση

## USE AND EFFECTIVENESS OF REFUTATION TEXT IN UNDERSTANDING OF ELECTROSTATIC FIELD IN SECONDARY EDUCATION

Anna Kotoula<sup>1</sup>, Anastasios Zoupidis<sup>2</sup>, Dimitrios Pnevmatikos<sup>3</sup>

Affiliations: <sup>1</sup>4th senior High School of Thessaloniki, <sup>2</sup>Assistant Prof DPLE DUTH, <sup>3</sup>Prof DPLE UoWM

[annakotoula@gmail.com](mailto:annakotoula@gmail.com)

## ABSTRACT

*The purpose of this manuscript was (a) the writing of refutation texts that deal with students' alternative ideas related to the Electrostatic field and (b) the investigation of the effectiveness of these refutation texts in abandoning students' alternative ideas. For this purpose, asynchronous access to refutation texts was made available to 14 8<sup>th</sup> graders and the effectiveness of using them was recorded. The results showed a significant improvement in only some of the students' alternative ideas. The results are discussed in relation to the effectiveness of refutation texts and how they could be more effective in future implementation.*

*Keywords:* Refutation text, Electrostatic field, Secondary education

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα επεξηγηματικά κείμενα, που χρησιμοποιούνται στα σχολικά βιβλία για τη διδασκαλία των εννοιών που σχετίζονται με τη Φυσική, είναι ιδιαίτερα δυσνόητα στους μαθητές. Ένας από τους πιθανούς λόγους της αποτυχίας των κειμένων αυτών είναι ότι δεν συνδέουν τις νέες πληροφορίες, που παρουσιάζουν, με τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών και δεν λαμβάνουν υπόψη τις εναλλακτικές ιδέες που οι μαθητές μπορεί να έχουν διαμορφώσει (μέσω των αλληλεπιδράσεων, της κοινωνικής επαφής και της γλώσσας) στην προσπάθειά τους να ερμηνεύσουν τον κόσμο που τους περιβάλλει (Χαλκιά, 2012· Driver κ.ά., 2000). Συχνά οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών είναι οργανωμένες με την μορφή θεωριών και όταν έρχονται σε αντίθεση με αυτά που διδάσκονται στο σχολείο, οι εναλλακτικές ιδέες εμποδίζουν την κατανόηση των επιστημονικών ιδεών (Sinatra & Mason, 2008). Για να επιτευχθεί μάθηση πρέπει να γίνουν συνδέσεις μεταξύ του γνωστού και του νέου, αλλιώς οι νέες πληροφορίες παραμένουν κατακερματισμένες και ξεχνιούνται εύκολα (Hynd, 2001). Στόχο της διδασκαλίας θα πρέπει να αποτελεί η αποδόμηση των εναλλακτικών ιδεών και η εδραίωση του επιστημονικού (σύμφωνα με το τρέχον κανονιστικό πρότυπο) μοντέλου ερμηνείας του κόσμου, μέσω μιας διαδικασίας που απαιτεί εννοιολογική αλλαγή (Vosniadou, 2013).

Μια διδακτική πρόταση προς την κατεύθυνση αυτή συνιστούν τα «ανατρεπτικά» κείμενα τα οποία αρχικά αναφέρουν ρητά και ανατρέπουν τις πιθανές παρανοήσεις των μαθητών/τριών, στη συνέχεια παρουσιάζουν τις επιστημονικές ιδέες και επιχειρηματολογούν υπέρ αυτών (Hynd, 2001). Το σκεπτικό πίσω από το ανατρεπτικό κείμενο είναι ότι εφόσον η ανάγνωση έχει αποδειχθεί ότι είναι μια διαδραστική διαδικασία μεταξύ του/της αναγνώστη/ριας και του κειμένου, οι γνώσεις που φέρουν οι μαθητές/τριες είναι εξίσου σημαντικές με τη γνώση που περιέχεται στο ίδιο το κείμενο. Έτσι, οι υπάρχουσες γνώσεις του αναγνώστη ή της αναγνώστριας πρέπει με κάποιο τρόπο να αντιμετωπιστούν πριν από τη μάθηση με εννοιολογική αλλαγή. Τα ανατρεπτικά κείμενα βασίζονται στο μοντέλο εννοιολογικής αλλαγής των Posner κ.ά. (1982), που υποστήριξαν ότι οι άνθρωποι αντιστέκονται στις θεμελιώδεις εννοιολογικές αλλαγές, εκτός αν είναι δυσαρεστημένοι με τις τρέχουσες αντιλήψεις τους και βρουν μια κατανοητή και εύλογη εναλλακτική λύση, που να φαίνεται γόνιμη για περαιτέρω έρευνα.

Το Ηλεκτροστατικό πεδίο είναι ένα εννοιολογικά απαιτητικό θέμα και οι μαθητές/τριες παρουσιάζουν δυσκολία στην κατανόηση των εννοιών (όπως είναι η Ένταση και το Δυναμικό) που σχετίζονται με αυτό. Το θέμα παρουσιάζει οντολογικές και επιστημολογικές δυσκολίες που ήταν παρούσες και στην Ιστορία των Επιστημών, όπως για παράδειγμα το πέρασμα από το Νευτώνειο μοντέλο της δράσης από απόσταση, που εισήγαγε στην Ηλεκτροστατική ο Coulomb, στο μοντέλο δράσης πηγής πεδίου, που εισήγαγε ο Faraday και ολοκλήρωσε ο Maxwell με τις εξισώσεις του (Furió & Guisasola, 1998).

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν: (α) η συγγραφή ανατρεπτικών κειμένων που διαπραγματεύονται τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών/τριών τις σχετικές με το Ηλεκτροστατικό πεδίο και (β) η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας αυτών των ανατρεπτικών κειμένων στη θεραπεία των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/τριών αναφορικά με το Ηλεκτροστατικό πεδίο.

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην έρευνα που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία ακολουθήθηκε οιονεί πειραματικός σχεδιασμός με μετρήσεις πριν και μετά την ανάγνωση των ανατρεπτικών κειμένων. Στην έρευνα συμμετείχαν δεκατέσσερις (14) μαθητές/τριες Θετικών Σπουδών Β΄ Λυκείου. Η διαδικασία της ανάγνωσης των ανατρεπτικών κειμένων είχε σκοπό την επανάληψη και διευκρίνιση των σχετικών με το Ηλεκτρικό Πεδίο εννοιών, πριν αυτό διδαχθεί στο μάθημα της Φυσικής Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών.

Σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών για το μάθημα της Φυσικής στη Β Λυκείου, οι εν λόγω μαθητές/τριες διδάχθηκαν τις έννοιες Ηλεκτροστατικό Πεδίο, Ένταση και δυναμικό σε σημείο Ηλεκτροστατικού Πεδίου, την περιγραφή του Ηλεκτροστατικού Πεδίου με δυναμικές γραμμές και τα χαρακτηριστικά του ομογενούς πεδίου στο πλαίσιο του μαθήματος Φυσική Γενικής Παιδείας στην αρχή του πρώτου τετραμήνου της σχολικής χρονιάς. Όλα τα παραπάνω θεωρούνται γνώσεις προαπαιτούμενες για τη σχετική με το Ηλεκτρικό Πεδίο θεματική ενότητα που διδάσκονται οι μαθητές/τριες – πάντα σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών – περί τα τέλη του πρώτου τετραμήνου.

Παράλληλα με τη διδασκαλία των εννοιών που σχετίζονται με το Ηλεκτροστατικό Πεδίο στα τμήματα της Γενικής Παιδείας κατασκευάστηκε ερωτηματολόγιο δώδεκα ερωτήσεων για τον έλεγχο των ιδεών που ανέπτυξαν οι μαθητές/τριες σχετικά με τις έννοιες που διδάχθηκαν για το Ηλεκτροστατικό Πεδίο στην αρχή του τετραμήνου, ώστε στην συνέχεια να αναπτυχθούν τα ανατρεπτικά κείμενα για τις συγκεκριμένες ιδέες. Η κατασκευή του ερωτηματολογίου έγινε λαμβάνοντας υπόψη τους διδακτικούς στόχους, τις σχετικές με το Ηλεκτροστατικό Πεδίο εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και των μαθητριών που εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφία, και τα ήδη υπάρχοντα στη βιβλιογραφία σχετικά με το Ηλεκτροστατικό Πεδίο ερωτηματολόγια (Maloney et al., 2001).

Στο ερωτηματολόγιο αυτό κάθε ερώτηση έχει δύο κόμβους. Ο πρώτος κόμβος είναι μια ερώτηση περιεχομένου που ακολουθείται από πέντε επιλογές. Από τις πέντε επιλογές η μία μόνο είναι η σωστή ενώ οι υπόλοιπες τέσσερις βασίζονται σε εναλλακτικές ιδέες των μαθητών (ενδεικτικά μια από τις ερωτήσεις κόμβου περιεχομένου παρατίθεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β). Ο δεύτερος κόμβος κάθε ερώτησης είναι ένας κόμβος βεβαιότητας και σκοπό έχει να αποσαφηνίσει αν, η πιθανά λανθασμένη, απάντηση στον πρώτο κόμβο οφείλεται σε παρανόηση ή σε άγνοια. Για παράδειγμα αν ένας μαθητής ή μια μαθήτρια δώσει μια λάθος απάντηση στον πρώτο κόμβο της ερώτησης και στο δεύτερο κόμβο απαντήσει ότι είναι σίγουρος/η για την απάντηση που έδωσε, τότε πρόκειται για παρανόηση. Αν, όμως, δώσει λάθος απάντηση στον πρώτο κόμβο της ερώτησης και στο δεύτερο κόμβο απαντήσει «Δεν ξέρω (η επιλογή μου ήταν τυχαία)», τότε πρόκειται για έλλειψη γνώσεων. Κρίθηκε ότι ήταν αρκετό αυτός ο δεύτερος κόμβος να ακολουθεί μια on-off λογική, γιατί στόχος του συγκεκριμένου προ-ελέγχου ήταν η ανίχνευση των ιδεών στις οποίες θα βασιζόταν η συγγραφή των ανατρεπτικών κειμένων που θα χρησιμοποιούνταν στη συνέχεια.

Στις ερωτήσεις περιεχομένου του ερωτηματολογίου η επιστημονικά ορθή επιλογή βαθμολογούνταν με 1, ενώ αν η επιλογή του/της μαθητή/τριας αντιστοιχούσε σε εναλλακτική ιδέα βαθμολογούνταν με 0. Η ερώτηση που απαντήθηκε σωστά από τους λιγότερους/ρες μαθητές/τριες ανέδειξε το θέμα που τους/τις δυσκόλεψε περισσότερο. Η περισσότερο δημοφιλής επιλογή στην ερώτηση, αν δεν ήταν η σωστή και η απάντηση δινόταν με σιγουριά από τους/τις ερωτώμενους/νες, αναδείκνυε την εναλλακτική ιδέα που συναντιόταν συχνότερα.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων του pre-test ανέδειξε τις ιδέες που δυσκόλεψαν περισσότερο τους/τις μαθητές/τριες και οι οποίες αξιοποιήθηκαν στη συγγραφή πέντε ανατρεπτικών κειμένων. Οι εναλλακτικές ιδέες, για τις οποίες γράφθηκαν ανατρεπτικά κείμενα, ως αποτέλεσμα της παραπάνω διαδικασίας, και στις οποίες εστιάζει η προτεινόμενη διαδικασία ανάγνωσής τους είναι οι εξής:

1. Μεγαλύτερο ηλεκτρικό φορτίο ασκεί μεγαλύτερη δύναμη.
2. Τα σημεία του χώρου όπου υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο είναι θετικά φορτισμένα.
3. Η ένταση του πεδίου που δημιουργείται από δύο ετερόνυμα και ίσα σε μέγεθος φορτία είναι μηδέν σε σημεία που ισαπέχουν από τα δύο φορτία, γιατί οι επιδράσεις από τα φορτία αλληλοεξουδετερώνονται.
4. Δύναμη και ένταση πεδίου ταυτίζονται.
5. Ηλεκτρικό φορτίο που αφήνεται σε ομογενές πεδίο κινείται με σταθερή ταχύτητα.
6. Μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ δυναμικών γραμμών αντιστοιχεί σε περισσότερο έργο.

7. Το δυναμικό και η ένταση ηλεκτροστατικού πεδίου ταυτίζονται.
8. Το πεδίο υπάρχει μόνο στις δυναμικές γραμμές.
9. Η ένταση του πεδίου και η δυναμική γραμμή ταυτίζονται.
10. Τα φορτία έλκουν τις δυναμικές γραμμές.

Τα ανατρεπτικά κείμενα διαπραγματεύονταν είτε μία, είτε περισσότερες εναλλακτικές ιδέες. Για παράδειγμα, το ανατρεπτικό κείμενο 1 (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α) διαπραγματευόταν την εναλλακτική ιδέα 1, ενώ το ανατρεπτικό κείμενο 2 (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α) διαπραγματευόταν τις εναλλακτικές ιδέες 2, 3 και 4.

Τα πέντε ανατρεπτικά κείμενα δόθηκαν στους/στις μαθητές/τριες, για μελέτη, ασύγχρονα μέσω της εκπαιδευτικής πλατφόρμας e-me. Επτά από τις δώδεκα ερωτήσεις που χορηγήθηκαν πριν την ανάγνωση των ανατρεπτικών κειμένων αναφέρονταν στις ιδέες που διαπραγματεύονταν τα ανατρεπτικά κείμενα. Για το λόγο αυτό κρίθηκε ότι αυτές οι επτά ερωτήσεις μπορούσαν να ελέγξουν την επίδραση των ανατρεπτικών κειμένων στην κατανόηση του ηλεκτροστατικού πεδίου και δόθηκαν μετά την ανάγνωση των ανατρεπτικών κειμένων στους/στις μαθητές/τριες σαν post-test (μόνον ο κόμβος περιεχομένου, όχι ο κόμβος βεβαιότητας). Συνεπώς ο έλεγχος μεταξύ της αρχικής μέτρησης και της μέτρησης μετά την ανάγνωση των ανατρεπτικών κειμένων έγινε με βάση την αναγνώριση της ορθής απάντησης στο ερωτηματολόγιο πολλαπλής επιλογής. Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β παρατίθεται ενδεικτικά μια ερώτηση που περιλαμβάνεται τόσο στο pre- όσο και στο post-ερωτηματολόγιο και ελέγχει την επίδραση του πρώτου από τα πέντε ανατρεπτικά κείμενα, που παρατίθεται ενδεικτικά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.

Για τη στατιστική ανάλυση και την σύγκριση των απαντήσεων στις επτά κοινές ερωτήσεις των δύο ερωτηματολογίων (pre και post-test) χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό «IBM SPSS Statistics», version: 28.0.0.0. (190). Διενεργήθηκε μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon μεταξύ των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές και οι μαθήτριες στην ίδια ερώτηση πριν και μετά τη ανάγνωση των ανατρεπτικών κειμένων (ζεύγη εξαρτημένων μεταβλητών) με το επίπεδο σημαντικότητας (significance level) να είναι 0,05.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση Wilcoxon μεταξύ των απαντήσεων στις επτά κοινές ερωτήσεις των pre-test και post-test ερωτηματολογίων, σε ορισμένες περιπτώσεις έδειξε βελτίωση στις απόψεις των μαθητών/τριών και μετατόπιση προς την επιστημονική άποψη, ενώ σε άλλες περιπτώσεις φάνηκε ότι τα ανατρεπτικά κείμενα δεν κατόρθωσαν να επιφέρουν την αναμενόμενη βελτίωση.

Πιο συγκεκριμένα, στατιστικά σημαντική βελτίωση στην αύξηση του μέσου όρου επίδοσης παρατηρήθηκε αναφορικά με την εναλλακτική ιδέα 1, δηλαδή ότι «το μεγαλύτερο φορτίο ασκεί μεγαλύτερη δύναμη» ( $z=2,236$  και  $p<0,05$ ) και την εναλλακτική ιδέα 6, δηλαδή ότι «μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ δυναμικών γραμμών αντιστοιχεί σε περισσότερο έργο» ( $z=2,000$  και  $p<0,05$ ). Αναφορικά με την εναλλακτική ιδέα 5, δηλαδή ότι «ηλεκτρικό φορτίο που αφήνεται σε ομογενές πεδίο κινείται με σταθερή ταχύτητα», η ανάλυση έδειξε βελτίωση αν και όχι στατιστικά σημαντική ( $z=1,633$  και  $p=0,102$ ). Η μετατόπιση των απαντήσεων, που έδωσαν οι μαθητές/τριες μετά την ανάγνωση των ανατρεπτικών κειμένων, προς τη σωστή κατεύθυνση, αποδόθηκε στην επιτυχημένη επίδραση του ανατρεπτικού κειμένου. Το γεγονός ότι η διαφοροποίηση δεν ήταν στατιστικά σημαντική αποδόθηκε στην άστοχη διατύπωση των παραπλανητικών επιλογών της ερώτησης περιεχομένου του ερωτηματολογίου, που ήλεγχε την εναλλακτική ιδέα, και για το λόγο αυτό αποφασίστηκε η αντίστοιχη ερώτηση περιεχομένου να αναδιατυπωθεί. Κρίθηκε λοιπόν ότι τα ανατρεπτικά κείμενα, που διαπραγματεύονταν τις παραπάνω ιδέες, πέτυχαν το στόχο τους. Ως παράδειγμα ενός τέτοιου ανατρεπτικού κειμένου παραθέσαμε στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α το ανατρεπτικό κείμενο 1, το οποίο διαπραγματεύονταν την εναλλακτική ιδέα 1.

Αντίθετα με τις προβλέψεις μας, στην εναλλακτική ιδέα 4, δηλαδή για την «ταύτιση δύναμης και έντασης ηλεκτροστατικού πεδίου» όχι μόνον δεν παρατηρήθηκε βελτίωση, αλλά οι μαθητές και οι μαθήτριες έδειξαν να απέχουν περισσότερο από την επιστημονική κατανόηση από ότι απείχαν πριν την ανάγνωση των ανατρεπτικών κειμένων ( $z=-2,449$  και  $p<0,05$ ). Προσεκτική διερεύνηση της αποτυχίας του ανατρεπτικού κειμένου που σχεδιάστηκε να «θεραπεύσει» την εν λόγω εναλλακτική ιδέα (είναι το ανατρεπτικό κείμενο 2 που παρατίθεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α), ανέδειξε αστοχίες του κειμένου όπως, για παράδειγμα, το ότι επιχειρούσε να διαπραγματευτεί περισσότερες από μία εναλλακτικές ιδέες ταυτόχρονα (τις εναλλακτικές ιδέες 2,3 και 4). Έτσι, οι διδακτικοί του στόχοι δεν ήταν ξεκάθαροι. Αυτή η αστοχία, ενδεχομένως, θα μπορούσε να ξεπεραστεί με την αντικατάστασή του από περισσότερα του ενός ανατρεπτικά κείμενα που το καθένα θα διαπραγματευόταν μια εναλλακτική ιδέα και θα είχε σαφείς διδακτικούς στόχους. Επίσης, αναφορικά με τις εναλλακτικές ιδέες 2, 7, 8, 9 και 10, δηλαδή ότι «τα σημεία του χώρου όπου υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο είναι θετικά φορτισμένα», «το δυναμικό και η ένταση ηλεκτροστατικού πεδίου ταυτίζονται», «το πεδίο υπάρχει μόνο στις δυναμικές γραμμές», «η ένταση του πεδίου και η δυναμική γραμμή ταυτίζονται», και «τα φορτία έλκουν τις δυναμικές γραμμές» αντίστοιχα, η ανάλυση των απαντήσεων έδειξε μη στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση, αλλά προς την κατεύθυνση της ενίσχυσης των εναλλακτικών ιδεών ( $z=-1,633$  και  $p=0,102$ ). Η κριτική ανάγνωση των αντίστοιχων ανατρεπτικών κειμένων αποκάλυψε ότι θα μπορούσαν να ξαναγραφτούν κάνοντας χρήση περισσότερο φιλικών προς τον/την αναγνώστη/στρια εκφράσεων, οικείων εικόνων ή/και παραδειγμάτων από την καθημερινότητα τους.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα έρευνα έδειξε ότι οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών/τριών του δείγματος δε διαφέρουν από τις παγκοσμίως παρατηρούμενες σχετικά με το ίδιο θέμα (Maloney et al., 2001).

Επιπλέον, συνολικά η ανάγνωση των ανατρεπτικών κειμένων φάνηκε να μην έχει το αναμενόμενο θετικό αποτέλεσμα σε όλες τις περιπτώσεις. Παρόλα αυτά, υπήρξαν δυο περιπτώσεις κειμένων που η θετική επίδρασή τους στην επίδοση των μαθητών ήταν στατιστικά σημαντική. Υπήρξε, επίσης, ένα κείμενο που μπορεί μεν το θετικό αποτέλεσμα να μην ήταν στατιστικά σημαντικό αλλά από την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών/τριών προέκυψε ότι αυτό θα μπορούσε να οφείλεται όχι στην φύση του κειμένου, αλλά στη διατύπωση της ερώτησης στο ερωτηματολόγιο. Τα χαρακτηριστικά των υπόλοιπων ανατρεπτικών κειμένων που δεν κατόρθωσαν να επιφέρουν μετατόπιση προς την επιστημονική άποψη ήταν δύο: πρώτον, δεν χρησιμοποιούσαν φιλικές προς τον/την αναγνώστη/στρια εκφράσεις, οικείες εικόνες ή/και παραδείγματα από την καθημερινότητα τους και δεύτερον, επιχειρούσαν να διαπραγματευτούν περισσότερες από μία εναλλακτικές ιδέες ταυτόχρονα και ως συνέπεια οι διδακτικοί τους στόχοι δεν ήταν ξεκάθαροι.

Συνοψίζοντας, οι τρεις περιπτώσεις που τα αποτελέσματα είχαν θετικό πρόσημο, καθώς και το γεγονός ότι κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων εντοπίστηκαν μεν αστοχίες στα υπόλοιπα κείμενα, οι οποίες μπορούν όμως να διορθωθούν, οδήγησαν στη λήψη της απόφασης να γίνουν όλες οι απαραίτητες τροποποιήσεις τόσο σε ορισμένα από τα ανατρεπτικά κείμενα όσο και σε ορισμένες από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου και να επαναληφθεί το εγχείρημα την επόμενη σχολική χρονιά σε μια δεύτερη φάση της έρευνας κατά την οποία η ανάγνωση των ανατρεπτικών κειμένων να υποστηριχτεί με επαναληπτικό μάθημα μέσα στην τάξη της ομάδας προσανατολισμού.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Χαλκιά, Κ. (2012). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες-Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη. ISBN: 978-960-16-4308-3.

- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (2000). Οικο-Δομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Επιμέλεια-πρόλογος: Κόκοτας Π., Μετάφ.: Χατζή Μ., Εκδόσεις: Τυπωθήτω, Δάρδανος Γ., Αθήνα. ISBN: 960-7643-84-4
- Furió, C., & Guisasola, J. (1998). Difficulties in learning the concept of electric field. *Science Education*, 82(4), 511-526. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199807\)82:4<511::AID-SCE6>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199807)82:4<511::AID-SCE6>3.0.CO;2-E)
- Hynd, C. R. (2001). Refutational texts and the change process. *International Journal of Educational Research*, 35(7-8), 699-714. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(02\)00010-1](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(02)00010-1)
- Maloney, D. P., O’Kuma, T. L., Hieggelke, C. J., & Van Heuvelen, A. (2001). Surveying students’ conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, 69(S1), S12-S23. <https://doi.org/10.1119/1.1371296>
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66(2), 211-227. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.3730660207>
- Sinatra, G. M., & Mason, M. (2008). Beyond Knowledge: Learner Characteristics Influencing Conceptual Change. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 560–582). New York, NY: Routledge.
- Vosniadou, S. (2013). Reframing the classical approach to conceptual change: Preconceptions, misconceptions and synthetic models. In S. Vosniadou (Ed.) *International handbook of science education*, 2<sup>nd</sup> Edition (pp. 119-130). Springer. <https://doi.org/10.4324/9780203154472>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α (ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΑΝΑΤΡΕΠΤΙΚΑ ΚΕΙΜΕΝΑ)

### ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

Σκεφτείτε ότι σας δίνονται δύο ηλεκτρικά φορτισμένες σφαίρες μικρών διαστάσεων. Η μία είναι θετικά φορτισμένη και η δεύτερη αρνητικά φορτισμένη. Αφήνουμε τις σφαίρες επάνω σε μια οριζόντια απόλυτα λεία και ηλεκτρικά μονωμένη επιφάνεια. Τι περιμένουμε να συμβεί;

Όλοι ξέρουμε τη ρήση: «Τα ετερόνυμα έλκονται» και άμεσα μας έρχεται στο μυαλό ότι η μία σφαίρα θα τραβήξει την άλλη προς τι μέρος της. Ναι, αλλά, ποια από τις δύο σφαίρες θα τραβήξει την άλλη με μεγαλύτερη δύναμη;

Αν βιαστήκατε να απαντήσετε: «Η σφαίρα που έχει μεγαλύτερο ηλεκτρικό φορτίο θα τραβήξει την άλλη σφαίρα με μεγαλύτερη δύναμη» η απάντησή σας είναι λάθος!

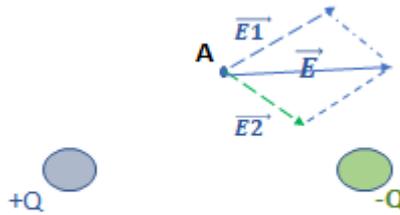
Οι δυνάμεις, που ασκούνται από την μια σφαίρα στην άλλη, είναι δυνάμεις αλληλεπίδρασης (δράση-αντίδραση). Θυμάστε τι έλεγε ο Νεύτωνας για τις δυνάμεις αυτές (3<sup>ος</sup> Νόμος του Νεύτωνα); Έλεγε ότι: «Ασκούνται σε διαφορετικά σώματα και είναι αντίθετες», δηλαδή έχουν το ίδιο μέτρο (άρα είναι ίδιες ως προς το μέγεθος) και αντίθετη κατεύθυνση. Οσοδήποτε διαφορετικό κι αν είναι το ηλεκτρικό φορτίο που κουβαλούν οι δύο σφαίρες, οι ελκτικές δυνάμεις που θα ασκήσουν η μία στην άλλη είναι ίσες σε μέτρο.

Αν, λοιπόν, καλούμασταν να σχεδιάσουμε ένα σχήμα όπου θα απεικονίζονταν οι δύο σφαίρες και θα σημειώνονταν τα διανύσματα των δυνάμεων αλληλεπίδρασης, το σχήμα θα ήταν κάπως έτσι (Σχήμα 1):



Αν η απάντησή σας είναι: «Το πεδίο σε όλο το χώρο γύρω από τα δύο φορτία -άρα και στο σημείο Α- μηδενίζεται γιατί τα δύο φορτία αλληλοεξουδετερώνονται λόγω του ότι είναι αντίθετα», τότε κάνετε λάθος!

Τα πεδία, που δημιουργούνται από το καθένα από τα φορτία, δεν αλληλοεξουδετερώνονται αλλά “προστίθενται” όπως υποδεικνύει η αρχή της επαλληλίας. Δηλαδή: το φορτίο +Q δημιουργεί ηλεκτρικό πεδίο που στο σημείο Α έχει ένταση  $\vec{E}_1$  και το φορτίο -Q δημιουργεί, ξεχωριστά και ανεξάρτητα από το +Q, πεδίο που στο σημείο Α έχει ένταση  $\vec{E}_2$ . Οι δύο αυτές εντάσεις προστίθενται και μας δίνουν τη συνισταμένη ένταση  $\vec{E}$ , που είναι η ένταση του συνολικού πεδίου που υπάρχει στο χώρο και που οφείλεται και στα δύο φορτία μαζί (Βλέπε Σχήμα 4).



Σχήμα 4

Ακολουθώντας την ίδια λογική, κάθε φορά που εισάγουμε ένα νέο φορτίο στο χώρο, η ένταση του πεδίου στο δεδομένο σημείο (αλλά και σε όλα τα σημεία του πεδίου) επηρεάζεται αντίστοιχα.

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β (ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ)

Η διπλανή εικόνα δείχνει ένα σημειακό ηλεκτρικό φορτίο  $Q_B = +1\mu\text{C}$ . Μερικά εκατοστά προς τα αριστερά βρίσκεται ένα δεύτερο σημειακό ηλεκτρικό φορτίο  $Q_A = -2\mu\text{C}$ . Επιλέξτε το ζευγάρι των διανυσμάτων που παριστάνουν με το σωστό τρόπο την ηλεκτροστατική δύναμη που ασκείται στο φορτίο  $Q_A$  από το φορτίο  $Q_B$  και τη δύναμη που ασκείται στο φορτίο  $Q_B$  από το φορτίο  $Q_A$ .

