



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ
ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

« Η διδακτική προσέγγιση των εννοιών του κύματος και του πεδίου »

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ
ΜΑΡΙΑ Η. ΣΚΟΥΤΕΡΗ

ΟΝΟΜΑ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΣΚΟΡΔΟΥΛΗΣ

ΠΑΤΡΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2022

Περίληψη

Η φυσική, συμπεριλαμβανομένης της κυματικής θεωρίας και του ηλεκτρομαγνητισμού είναι ένα από τα διδακτικά αντικείμενα με τα οποία έρχονται σε τριβή οι μαθητές από τις πρώτες τάξεις του γυμνασίου. Η διδασκαλία του ηλεκτρομαγνητισμού και της κυματικής θεωρίας συνεισφέρει σημαντικά στη διαμόρφωση της λογικής, κριτικής, δημιουργικής και θετικής σκέψης των μαθητών, τους ωθεί να αναλαμβάνουν πρωτοβουλίες και να ανακαλύψουν πώς λειτουργεί ο φυσικός κόσμος. Η σειρά με την οποία διδάσκονται διάφορα θέματα της φυσικής έχει αντίκτυπο στις αντιλήψεις των μαθητών για τον ηλεκτρομαγνητισμό και τα κύματα, καθώς έχουν ήδη διδαχθεί σε βάθος την κινηματική θεωρία, όπου η γενεσιουργός αιτία των φυσικών φαινομένων είναι οι δυνάμεις. Οι μαθητές τείνουν να αντιλαμβάνονται τον ηλεκτρομαγνητικό – ηλεκτρικό πεδίο ως αποτέλεσμα της δράσης δυνάμεων, χωρίς να κατανοούν τη θεωρία σε βάθος και συχνά στρέφονται στην αποστήθιση μαθηματικών σχέσεων και μοντέλων ώστε να είναι σε θέση να επιλύουν ασκήσεις. Σε ό,τι αφορά στα κύματα, οι μαθητές συνηθέστερα τα αντιλαμβάνονται ως ημιτονοειδείς σχέσεις και ημιτονοειδή γραφήματα, εστιάζουν μόνον στο πλάτος τους και τείνουν να αγνοούν άλλες καίριες συνιστώσες τους όπως η συχνότητα. Οι δε διδακτικές προσεγγίσεις μετασχηματίζονται χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας, με την έλευση περισσότερων διαδραστικών εκπαιδευτικών εργαλείων (βίντεο, προσομοιώσεις, εργαστηριακές ασκήσεις), προκειμένου η διδασκαλία να προσαρμόζεται σε νέα μαθησιακά στυλ. Από την έρευνα η οποία διεξήχθη σε 23 μαθητές του λυκείου, προκύπτει ότι οι γνώσεις και οι αντιλήψεις τους είναι επαρκείς στις βασικές έννοιες του ηλεκτρομαγνητισμού και της κυματικής όπως επίσης ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν τις έννοιες του ηλεκτρομαγνητισμού και της κυματικής καθώς είναι θεωρητικές, με συχνά συγχεόμενες έννοιες και μεγέθη, και με τα σχετικά φαινόμενα να μην είναι ορατά δια γυμνού οφθαλμού. Οι μαθητές προτιμούν τη χρήση δυναμικών προσομοιώσεων και κινούμενων σχεδίων, εκπαιδευτικών βίντεο, εργαστηριακών ασκήσεων, αλλά και την αφήγηση της ιστορίας της φυσικής για να κατανοήσουν καλύτερα τις διδασκόμενες έννοιες. Τέλος, σημειώνεται ότι όσο χαμηλότερες οι επιδόσεις τους και όσο λιγότερο διαβάζουν τόσο περισσότερο δυσκολεύονται να κατανοήσουν τις διδασκόμενες έννοιες.

Abstract

Physics, including the wave theory and electromagnetism, is one of the teaching subjects which students are taught from the first grades of high school. Teaching electromagnetism and wave theory contributes significantly to the formation of logic, criticism, creative and positive thinking of the students, while it pushes them to take initiatives and discover how the natural world works. The order in which various subjects of physics are taught has an impact on students' perceptions of electromagnetism and waves, as they have already been taught in depth the kinematic theory, where the root cause of natural phenomena is force. Students tend to perceive the electromagnetic-electric field as a result of the action of forces, without understanding the theory in depth and often turn to memorizing equation and mathematic models in order to be able to solve problems. As far as waves are concerned, students most commonly perceive them as sinusoidal relationships and sinusoidal graphs, focus only on their width and tend to ignore other key components such as frequency. Teaching approaches are being transformed thanks to the development of technology, with the advent of more interactive educational tools (videos, simulations, laboratory exercises), in order to adapt teaching to new learning styles. The research carried out on 23 high school students points out that their knowledge and perceptions are adequate in terms of the basic concepts of electromagnetism and wavering. It appears that students find it difficult to understand the concepts of electromagnetism and wavering as they are theoretical, with often confusing concepts and magnitudes, and with the associated phenomena not visible to the naked eye. Students prefer the use of dynamic simulations and animations, educational videos, laboratory exercises, but also the narration of the history of physics in order to better understand the concepts taught. Finally, it is noted that the lower their performance and the less they read, the more difficult they find it to understand the concepts taught.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	ii
Abstract.....	iii
Πίνακας περιεχομένων.....	iv
Κατάλογος γραφημάτων	vi
Κατάλογος εικόνων.....	x
Κατάλογος πινάκων	xi
1. Εισαγωγή	12
1.1. Σκοπός και στόχοι	12
1.2. Ερευνητικά ερωτήματα	13
1.3. Δομή.....	13
2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση	15
2.1. Αναδρομή στην ιστορία του ηλεκτρομαγνητισμού.....	15
2.2. Ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και κύμα	17
2.3. Η φυσική και ο ηλεκτρομαγνητισμός ως εργαλείο διδασκαλίας.....	17
2.4. Διδακτικές προσεγγίσεις στη διδασκαλία της φυσικής και του ηλεκτρομαγνητισμού	18
2.5. Αντιλήψεις των μαθητών για το ηλεκτρομαγνητικό κύμα και πεδίο.....	20
2.6. Δυσκολίες μάθησης.....	21
3. Ερευνητική μεθοδολογία.....	24
3.1. Ερευνητική προσέγγιση	24
3.2. Ερευνητική στρατηγική.....	24
3.3. Συλλογή δεδομένων	24

3.4. Ερευνητικό εργαλείο	25
3.5. Ανάλυση δεδομένων	26
4. Ανάλυση αποτελεσμάτων.....	27
4.1. Δημογραφικά στοιχεία	27
4.2. Αντίληψη και γνώση γύρω από τον ηλεκτρομαγνητισμό	32
4.3. Δυσκολίες μάθησης.....	41
4.4. Προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις.....	47
4.5. Παράγοντες που διαμορφώνουν τις δυσκολίες μάθησης.....	51
4.6. Παράγοντες που διαμορφώνουν τις προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις	51
4.7. Συζήτηση.....	55
Συμπεράσματα	62
Βιβλιογραφία	64
Παράρτημα I: Ερωτηματολόγιο.....	69
Παράρτημα II: Πίνακες συχνοτήτων	77
Παράρτημα III: Έλεγχος συσχετίσεων	95

Κατάλογος γραφημάτων

Γράφημα 1: Ποιο είναι το φύλο σου;.....	27
Γράφημα 2: Ποια είναι η ηλικία σου;.....	28
Γράφημα 3: Σε ποια τάξη φοιτάς;.....	28
Γράφημα 4: Ποιος ήταν ο μέσος όρος της βαθμολογίας σου για το προηγούμενο διδακτικό έτος;.....	29
Γράφημα 5: Παρακολουθείς μαθήματα και σε φροντιστήριο;.....	29
Γράφημα 6: Πόσες ώρες διαβάζεις την εβδομάδα;.....	29
Γράφημα 7: Αν παρακολουθείς μαθήματα και σε φροντιστήριο, πόσες ώρες δαπανάς στο φροντιστήριο την εβδομάδα;.....	30
Γράφημα 8: Ποια από τις παρακάτω σχέσεις είναι σωστή (όπου E η ένταση του ηλεκτροστατικού πεδίου, F η δύναμη που ασκείται και q ένα φορτίο);.....	30
Γράφημα 9: Αν σε ένα σημείο του χώρου που καταλαμβάνει το ηλεκτροστατικό πεδίο βρεθεί ένα φορτίο q θα δεχθεί δύναμη. Εάν το q είναι θετικό η δύναμη θα είναι _____ της έντασης.	31
Γράφημα 10: Αν σε ένα σημείο του χώρου που καταλαμβάνει το ηλεκτροστατικό πεδίο βρεθεί ένα φορτίο q θα δεχθεί δύναμη. Εάν q είναι αρνητικό η δύναμη θα είναι _____ της έντασης.....	32
Γράφημα 11: Η ηλεκτρική ροή που διέρχεται από τις δύο επιφάνειες είναι:.....	32
Γράφημα 12: Ένα φορτίο q βρίσκεται έξω από μία κλειστή επιφάνεια. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου που δημιουργεί και εισέρχονται σ' αυτή εξέρχονται από κάποιο άλλο σημείο απ' αυτή. Η συνολική ηλεκτρική ροή που περνάει από την επιφάνεια είναι ίση με _____.	34
Γράφημα 13: Όσο αυξάνει η διηλεκτρική σταθερά ενός υλικού ανάμεσα στις πλάκες ενός επίπεδου πυκνωτή, η χωρητικότητα του πυκνωτή:	34

Γράφημα 14: Αν σου ζητούνταν να περιγράψεις το ηλεκτρομαγνητικό κύμα με μία σύντομη φράση, ποια θα ήταν αυτή;	35
Γράφημα 15: Αν σου ζητούνταν να περιγράψεις το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο με μία σύντομη φράση, ποια θα ήταν αυτή;	35
Γράφημα 16: Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα δημιουργείται εξαιτίας παρουσίας ηλεκτρομαγνητικού πεδίου	36
Γράφημα 17: Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο δημιουργείται εξαιτίας παρουσίας ηλεκτρομαγνητικού κύματος	36
Γράφημα 18: Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο είναι ένα διανυσματικό μέγεθος	37
Γράφημα 19: Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι ένα διανυσματικό μέγεθος.....	37
Γράφημα 20: Η διεύθυνση και η φορά του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου είναι πάντα ίδια με αυτή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου.....	38
Γράφημα 21: Ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα διαδίδεται στο χώρο με κυκλική συχνότητα ω . Αν η κυκλική συχνότητα διπλασιαστεί, η ενέργεια που μεταφέρει το κύμα θα είναι:	38
Γράφημα 22: Ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα πλάτους A διαδίδεται στο χώρο. Αν το πλάτος τριπλασιαστεί, η ισχύς του θα είναι:.....	39
Γράφημα 23: Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μπορούν να διαφέρουν μεταξύ τους (επιλέξτε όσα ισχύουν):	39
Γράφημα 24: Όσο αυξάνει ο δείκτης διάθλασης του μέσου διάδοσης, η ταχύτητα ενός κύματος:	39
Γράφημα 25: Δεν είναι καλά κατανοητή η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου ...	39
Γράφημα 26: Δεν είναι καλά κατανοητή η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού κύματος	40
Γράφημα 27: Δυσκολεύομαι να κατανοήσω τις έννοιες του πεδίου και του κύματος γιατί ο ηλεκτρομαγνητισμός δεν γίνεται αντιληπτός δια γυμνού οφθαλμού.....	41
Γράφημα 28: Τα μεγέθη που περιγράφουν το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και την ηλεκτρομαγνητική δύναμη είναι παραπλήσια και μου προκαλούν σύγχυση	41

Γράφημα 29: Δεν είναι εύκολη η διάκριση μεταξύ πεδίου και κύματος.....	42
Γράφημα 30: Δεν είναι εύκολα κατανοητό πώς η ενέργεια μεταδίδεται στο χώρο	43
Γράφημα 31: Είναι πιο εύκολη η κατανόηση της επίδρασης ενός σημειακού φορτίου από την επίδραση ενός φορτισμένου χώρου ή μιας φορτισμένη επιφάνειας	43
Γράφημα 32: Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι ιδιότητες του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο	44
Γράφημα 33: Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο	44
Γράφημα 34: Οι έννοιες του πεδίου και του κύματος παρουσιάζονται μόνον θεωρητικά	45
Γράφημα 35: Οι έννοιες της ηλεκτρομαγνητικής δύναμης και της έντασης του πεδίου είναι συγκεχυμένες.....	45
Γράφημα 36: Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το πεδίο μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου	46
Γράφημα 37: Με δυσκολεύει το μαθηματικό υπόβαθρο της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού	46
Γράφημα 38: Με δυσκολεύει η κατανόηση του φυσικού υπόβαθρου της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού	47
Γράφημα 39: Η αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος	47
Γράφημα 40: Οι δραστηριότητες στο εργαστήριο με βοηθούν να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος	48
Γράφημα 41: Οι προσομοιώσεις στον υπολογιστή με βοηθούν να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος	48
Γράφημα 42: Η παρακολούθηση εκπαιδευτικών βίντεο με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος.....	49

Γράφημα 43: Η προσομοίωση με χρήση κινούμενων σχεδίων όπου μπορώ να αλλάζω τις ιδιότητες του προβλήματος με βοήθα να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος	49
Γράφημα 44: Ταξινόμηση δυσκολιών μάθησης	57
Γράφημα 45: Ταξινόμηση προτιμώμενων διδακτικών προσεγγίσεων	59

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 3.1: Ερώτηση 1	25
Εικόνα 3.2: Ερώτηση 4	25
Εικόνα 3.3: Ερώτηση 5	26

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1: Δυσκολίες μάθησης – περιγραφικά στατιστικά56

Πίνακας 2: Προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις – περιγραφικά στατιστικά58

1. Εισαγωγή

Ο ηλεκτρομαγνητισμός και εν γένει η φυσική είναι ένα από τα διδακτικά αντικείμενα με τα οποία έρχονται σε τριβή οι μαθητές και οι φοιτητές σε όλο το εκπαιδευτικό τους βίο. Ειδικά σε ό,τι αφορά τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, αν και η κυματική θεωρία και η θεωρία του ηλεκτρομαγνητισμού έχουν θεμελιώδη σημασία για τη διαμόρφωση του τρόπου σκέψης των μαθητών και για την εκπαίδευσή τους, εντούτοις η έκταση και το βάθος στο οποίο διδάσκονται δεν είναι ανάλογη της σημασίας τους.

Σύμφωνα με τη θεωρία μάθησης του Ausubel, όπως παρουσιάζεται σε άρθρο του Ivie (1998), το γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών διαμορφώνει στο μέγιστο βαθμό τις διαδικασίες μάθησης και ως εκ τούτου πρέπει να μελετάται το υπόβαθρο και οι υφιστάμενες γνώσεις των μαθητών προ του σχεδιασμού και της εκλογής των διδακτικών μεθόδων (Ivie, 1998).

Έπειτα, σύμφωνα με τον Redish (2004), αλλά και δύο πρόσφατα άρθρα των Bentri (2019) και Liu (2019), ο σχεδιασμός και η εκλογή των διδακτικών προσεγγίσεων, ειδικά σε ό,τι αφορά στη διδασκαλία θεωρητικής φυσικής και ειδικά σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης πρέπει να πραγματοποιείται κατόπιν εντοπισμού και ανάλυσης των μαθησιακών δυσκολιών του εκάστοτε μαθητικού κοινού. Οι δυσκολίες μάθησης μπορούν να διαμορφώσουν σε εξίσου μεγάλο βαθμό με το γνωστικό υπόβαθρο την επιτυχή έκβαση της διαδικασίας μάθησης (Bentri, 2019)(Liu, 2019) (Redish, 2004).

1.1.Σκοπός και στόχοι

Ο σκοπός της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η εξέταση της διδακτικής προσέγγισης των εννοιών του κύματος και του πεδίου.

Οι στόχοι της παρούσης διπλωματικής εργασίας περιλαμβάνουν την προσέγγιση της θεωρίας του ηλεκτρομαγνητισμού, με έμφαση στη θεωρία γύρω από το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, και της κυματικής θεωρίας, με έμφαση στη θεωρία γύρω από τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, υπό το πρίσμα της διδακτικής τους πτυχής. Οι σχετικές θεωρίες παρουσιάζονται συνοπτικά, προκειμένου να διευκολυνθεί η ροή του κειμένου. Επιπρόσθετα, μέσα από την παρούσα διπλωματική εργασία σκοπεύεται να εξεταστούν οι αντιλήψεις, το γνωστικό υπόβαθρο, οι δυσκολίες μάθησης και οι προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Οι παράγοντες

αυτοί εξετάζονται αρχικά θεωρητικά, μέσα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, και στη συνέχεια εξετάζονται σε ένα δείγμα μαθητών από όλες τις τάξεις της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα. Όπως αναφέρεται στο παραπάνω εισαγωγικό μέρος, οι παράγοντες αυτοί αποτελούν σύμφωνα με τη βιβλιογραφία τις βάσεις στις οποίες πρέπει να σχεδιάζονται και να επιλέγονται οι κατά περίπτωση εφαρμοζόμενες διδακτικές μέθοδοι και προσεγγίσεις, προκειμένου να βελτιστοποιείται η διαδικασία της μάθησης, ιδίως στο πεδίο της θεωρητικής φυσικής και στο πεδίο του ηλεκτρομαγνητισμού και της κυματικής θεωρίας.

1.2.Ερευνητικά ερωτήματα

Μέσα από την παρούσα διπλωματική εργασία σχεδιάζεται να απαντηθούν τα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα:

- Ποιες είναι οι προτεινόμενες από τη βιβλιογραφία διδακτικές προσεγγίσεις για το πεδίο και το κύμα;
- Ποιες είναι οι προτεινόμενες από τη βιβλιογραφία δυσκολίες μάθησης κατά τη διδασκαλία του ηλεκτρομαγνητισμού;
- Ποιες είναι οι δυσκολίες μάθησης που αντιμετωπίζουν οι μαθητές;
- Ποιες είναι οι προτιμώμενες από τους μαθητές διδακτικές προσεγγίσεις;
- Ποιοι παράγοντες σχετίζονται με τις δυσκολίες μάθησης;
- Ποιοι παράγοντες σχετίζονται με τις προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις;

1.3.Δομή

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια.

Στο παρόν, πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μία σύντομη εισαγωγή στο ερευνητικό θέμα, ορίζεται ο σκοπός και οι στόχοι της παρούσης διπλωματικής εργασίας και παρουσιάζεται σύντομα η δομή της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται αρχικά, συνοπτικά, η θεωρία του ηλεκτρομαγνητισμού και η κυματική θεωρία, με έμφαση στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα και στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Στη συνέχεια, εξετάζονται τα ευρήματα από

την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας στο πεδίο της φυσικής ως διδακτικό εργαλείο, στο πεδίο των διδακτικών προσεγγίσεων για τη διδασκαλία του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και του κύματος, ενώ ερευνώνται και τα ευρήματα από τη βιβλιογραφία στο επίπεδο των αντιλήψεων των μαθητών για το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και τα κύματα και στο επίπεδο των δυσκολιών μάθησης.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται και τεκμηριώνεται η ερευνητική μεθοδολογία στην οποία βασίστηκε η διεξαγωγή της παρούσης έρευνας, με ιδιαίτερη αναφορά να γίνεται στο ερευνητικό εργαλείο (ερωτηματολόγιο) το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τη διεξαγωγή της έρευνας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα ευρήματα από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων τα οποία συλλέχθηκαν μέσα από τη διανομή ερωτηματολογίων. Πιο συγκεκριμένα αναλύονται τα ευρήματα σε ό,τι αφορά στο υφιστάμενο γνωστικό υπόβαθρο των συμμετεχόντων στην έρευνα μαθητών, σε ό,τι αφορά στην αντίληψή τους για τον ηλεκτρομαγνητισμό και το ηλεκτρομαγνητικό κύμα, αλλά και σε ό,τι αφορά τις εφαρμοζόμενες δυσκολίες μάθησης. Τέλος, παρουσιάζονται τα ευρήματα σε ό,τι αφορά τις προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις.

Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο εξάγονται συμπεράσματα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και από την έρευνα, ενώ σχολιάζονται τα ευρήματα της έρευνας και προτείνεται ένα ολοκληρωμένο θεωρητικό πλαίσιο για το σχεδιασμό των διδακτικών προσεγγίσεων για τη διδασκαλία του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και του κύματος.

2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται και συζητούνται τα ευρήματα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση στο πεδίο της διδακτικής του ηλεκτρομαγνητισμού. Μετά από μία σύντομη εισαγωγή και ιστορική αναδρομή στον ηλεκτρομαγνητισμό, εξετάζεται η συνεισφορά και ο ρόλος της διδασκαλίας του ηλεκτρομαγνητισμού, παρουσιάζονται και σχολιάζονται οι επικρατούσες διδακτικές προσεγγίσεις, συζητούνται οι αντιλήψεις των μαθητών γύρω από τον ηλεκτρομαγνητισμό και τέλος συζητούνται οι δυσκολίες τις οποίες αντιμετωπίζουν οι μαθητές κατά την εκμάθηση του ηλεκτρομαγνητισμού.

2.1. Αναδρομή στην ιστορία του ηλεκτρομαγνητισμού

Η πρώτη αναφορά μαγνητικά φαινόμενα καταγράφεται περί το 600 π.Χ.. Ενδεικτικά, στη Μ. Ασία παρατηρήθηκε ότι ράβδοι σιδήρου οι οποίες έρχονταν σε επαφή με άλλα σιδηρομεταλλεύματα, με μαγνητικές ιδιότητες, έλκυαν άλλες ράβδους σιδήρου. Τα σιδηρομεταλλεύματα αυτά μετέφεραν τις μαγνητικές τους ιδιότητες στις ράβδους σιδήρου και για το λόγο αυτό το υλικό αυτό ονομάστηκε μαγνητίτης (Young, 1994).

Περίπου το 600 π.Χ. οι αρχαίοι Έλληνες είχαν ανακαλύψει ότι το ήλεκτρο ή κεχριμπάρι αποκτούσε μαγνητικές ιδιότητες και μπορούσε να έλξει άλλα αντικείμενα κατόπιν τριβής με μάλλινο ύφασμα. Σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, ο Θαλής ο Μιλήσιος, περί το 6^ο αιώνα π.Χ. επιχείρησε να εξηγήσει το φαινόμενο της μαγνήτισης και κατέληξε ότι η τριβή του ήλεκτρου με μαλλί το μετατρέπει σε μαγνήτη αλλά και ότι ο μαγνητίτης κατέχει την ιδιότητα αυτή από μόνος του. Άλλοι φιλόσοφοι της εποχής αντιλαμβάνονταν τα μαγνητικά και ηλεκτρικά φαινόμενα ως δύο όψεις του ίδιου νομίσματος. Επιπρόσθετα, μαγνητικά φαινόμενα αναφέρονταν στην αρχαία Κίνα και στην αρχαία Ινδία από τον 4^ο αιώνα π.Χ., με νεότερες αναφορές στην έλξη υλικών από σίδηρο να καταγράφονται τον 2^ο και 1^ο αιώνα π.Χ. (Young, 1994).

Περί το 1.100 μ.Χ., η μαγνητικές πυξίδες χρησιμοποιούνταν στην Ευρώπη και στην Κίνα, με τον Alexander Neckam (1187) να είναι ο πρώτος που καταγράφει τη χρήση πυξίδας για τους σκοπούς της ναυσιπλοΐας. Αντίστοιχες καταγραφές και

μελέτες ακολούθησαν από του de Maricourt (1269) και Al-Ashraf (1982) (Coey, 2020).

Το 1958 ο William Gilbert δημοσίευσε το βιβλίο του “De Magnete” όπου ανέλυσε ενδελεχώς ηλεκτρικά και μαγνητικά φαινόμενα, προβαίνοντας σε διάκριση μεταξύ του ηλεκτρισμού και μαγνητισμού. Μεταξύ άλλων, διαπίστωσε πειραματικά ότι η συμπεριφορά της μαγνητικής βελόνας είναι αποτέλεσμα του γεγονότος ότι η ίδια η Γη αποτελεί έναν μαγνήτη (Freudenthal, 1983). Κατά τα μέσα του 17^{ου} αιώνα καταγράφηκε η επίδραση των κεραυνών στις μαγνητικές πυξίδες στη ναυσιπλοΐα, οι οποίες έχαναν τον προσανατολισμό τους. Ωστόσο, μέχρι και το 1830, δεν είχε ανακαλυφθεί η αιτία των ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων σε άλλα υλικά.

Κατά τον 18^ο αιώνα οι επιστήμονες, με πρωτοστάτη τον Franklin επιχείρησαν να κατανοήσουν τη φύση του ηλεκτρισμού, με αντιπροσωπευτικότερο όλων το πείραμα του Franklin το 1752, όπου χρησιμοποιώντας έναν χαρταετό απέδειξε ότι οι κερανοί είναι μία ποσότητα ηλεκτρισμού. Το 1791, ο Galvani ανακάλυψε ότι ηλεκτρικά σήματα μεταφέρονται μέσω των νευρώνων του εγκεφάλου στους μυς στο ανθρώπινο σώμα (Young, 1994). Το 1800 ο Volta κατάφερε να κατασκευάσει την πρώτη ηλεκτρική μπαταρία. Το 1819, ο Oersted κατάφερε να λύσει το μυστήριο της σχέσης ανάμεσα στον ηλεκτρισμό και τον μαγνητισμό, καθώς διαπίστωσε ότι η μαγνητική βελόνα μιας πυξίδας άλλαζε τον προσανατολισμό της όταν ηλεκτρικό ρεύμα διαπερνούσε έναν κοντινό αγωγό (Coey, 2020).

Σημαντικές ήταν και οι ανακαλύψεις των Ampere, Arago, Gauss, και Biot και Savart, οι οποίοι από το 1819 έως το 1822 μελέτησαν την δημιουργία μαγνητικών πεδίων πλησίον αγωγών οι οποίοι διαρρέονταν από ηλεκτρικό ρεύμα και γενικά την αλληλεπίδραση του μαγνητικού πεδίου και της ροής ρεύματος διαμέσου αγωγών. Σημαντικές σχέσεις διατυπώθηκαν από τους εν λόγω επιστήμονες, οι οποίες χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα (νόμος Ampere, σχέσεις Biot – Savart για τη μαγνητική δύναμη) (Pickover, 2008).

Το 1827 ο Ohm κατάφερε να περιγράψει μαθηματικά τη λειτουργία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, εφαρμόζοντας την αρχή διατήρησης της ενέργειας και επεκτείνοντάς την στην αρχή διατήρησης του φορτίου. Το 1830, ο Henry κατάφερε να διατυπώσει μία σχέση για τη μεταβολή του μαγνητικού πεδίου και του επαγόμενου ηλεκτρικού πεδίου, εισάγοντας την έννοια της αυτεπαγωγής (Ames,

1932). Λίγο αργότερα, το 1831, ο Faraday κατάφερε να συνδέσει τη διαφορά δυναμικού και τη ροή ρεύματος κατά την κίνηση και μεταβολή του μαγνητικού πεδίου με το χρόνο, πάνω σε έναν κλειστό βρόχο, προτείνοντας την έννοια της ηλεκτρεγερτικής δύναμης (ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής) (Coey, 2020). Το 1834, ο Lenz κατάφερε να εξηγήσει τη διατήρηση της ενέργειας στα ηλεκτρικά κυκλώματα προτείνοντας τον ομώνυμο νόμο του Lenz (Behroozi, 2019).

Μέχρι τα μέσα του 19^{ου} αιώνα ήταν πλέον κατανοητό ότι η ροή ρεύματος διαμέσου αγωγών οδηγούσε στη δημιουργία μαγνητικού πεδίου, και ότι εν γένει η κίνηση ηλεκτρικών φορτίων οδηγούσε στη δημιουργία μαγνητικού πεδίου και η ύπαρξη ακίνητων ηλεκτρικών φορτίων οδηγούσε στη δημιουργία ηλεκτρικού πεδίου. Επιπρόσθετα, ήταν πλέον κατανοητό ότι δύο αγωγοί που διαρρέονταν από ηλεκτρικό ρεύμα έλκονταν ή απωθούνταν ανάλογα με την κατεύθυνση του ηλεκτρικού ρεύματος καθώς το ηλεκτρικό ρεύμα οδηγούσε στη δημιουργία δύο μαγνητικών πεδίων. Η κτήση αυτής της γνώσης διευκολύνθηκε επιπρόσθετα από την κατανόηση της αυτεπαγωγής και της ηλεκτρεγερτικής δύναμης.

Το 1865 ο Maxwell κατάφερε να διατυπώσει ένα σύνολο μαθηματικών σχέσεων οι οποίες διέπουν συνολικά τον μαγνητισμό και τον ηλεκτρισμό ή τον ηλεκτρομαγνητισμό. Επιπρόσθετα, στη βάση αυτών των σχέσεων, ο Maxwell συνέδεσε τον ηλεκτρομαγνητισμό με την οπτική και την κυματική (Furlani, 2001).

2.2. Ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και κύμα

Οι θεωρίες του ηλεκτρομαγνητισμού και της κυματικής αποτελούν κύρια κομμάτια της θεωρίας της φυσικής με την οποία έρχονται σε επαφή οι μαθητές στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η κατανόηση των θεωριών αυτών είναι μείζονος σημασίας όχι μόνον για τους μαθητές οι οποίοι θα ακολουθήσουν σπουδές θετικών επιστημών, αλλά εν γένει για το σύνολο των μαθητών, καθώς καλλιεργείται η γνώση του πώς λειτουργεί ο φυσικός κόσμος, ενισχύεται ο τρόπος σκέψης και διεγείρεται η περιέργεια των μαθητών να ανακαλύψουν τον φυσικό κόσμο.

2.3. Η φυσική και ο ηλεκτρομαγνητισμός ως εργαλείο διδασκαλίας

Μολονότι ο ηλεκτρομαγνητισμός αποτελεί θεμελιώδες μέρος της θεωρίας της φυσικής, εντούτοις αποτελεί ένα μικρό μέρος της διδακτέας ύλης στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, υπό το φόβο της πολυπλοκότητας των σχετικών θεωριών και δεδομένου

ότι πλην των τελευταίων τάξεων του λυκείου, το μαθητικό κοινό έχει ετερογενή ενδιαφέροντα. Σε κάθε περίπτωση, ο ρόλος της φυσικής και δη του ηλεκτρομαγνητισμού στα προγράμματα σπουδών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης είναι θεμελιώδης, καθώς θέτει τις βάσεις για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο λειτουργεί ο φυσικός κόσμος, αλλά και θέτει τις βάσεις ειδικά για τη διαμόρφωση του θετικού τρόπου σκέψης των μαθητών. Μάλιστα, σύμφωνα με τους Ambarwati και Suyatna (2018), η διδασκαλία του ηλεκτρομαγνητισμού και εν γένει της φυσικής ενισχύει τη λογική, δημιουργική και κριτική σκέψη καθώς και την τάση των μαθητών να παίρνουν πρωτοβουλίες, ειδικά όταν πρόκειται για μαθητές λυκείου (Ambarwati & Suyatna, 2018).

Η εξέλιξη της τεχνολογίας επιδρά θετικά στις μεθόδους διδασκαλίας της φυσικής και ιδιαίτερα του ηλεκτρομαγνητισμού και της κυματικής θεωρίας, με τους εκπαιδευτές να σχεδιάζουν νέες μεθόδους διδασκαλίας, προσαρμοσμένες στα μαθησιακά στυλ των μαθητών, και τους μαθητές να μπορούν να κατανοούν σε μεγαλύτερο βάθος τις διδασκόμενες έννοιες (Angell, et al., 2004; Finkelstein, et al., 2006).

2.4. Διδακτικές προσεγγίσεις στη διδασκαλία της φυσικής και του ηλεκτρομαγνητισμού

Προκειμένου να διευκολυνθεί η μελέτη και η εκλογή των πλέον κατάλληλων διδακτικών προσεγγίσεων για τη διδασκαλία του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και του κύματος, πρέπει να εξεταστεί η διαδικασία της μάθησης στη βάση της. Σύμφωνα με τον Roth, ως μάθηση λογίζεται η διαδικασία βελτίωσης και απόκτησης καινούριων συμπεριφορών, γνώσεων, ικανοτήτων και τρόπου σκέψης (Roth, 2011).

Έπειτα, σύμφωνα με τους Gagne και Glaser (1987), ως μάθηση λογίζεται η διαδικασία η οποία οδηγεί σε σύντομο χρόνο στη μακροχρόνια και μόνιμη αλλαγή του τρόπου συμπεριφοράς και του τρόπου σκέψης των μαθητών, χωρίς να χρειάζεται να επαναλαμβάνεται η διαδικασία εκ νέου (Gagne & Glaser, 1987). Στη βάση της θεωρίας της γνωστικής ψυχολογίας, ως μάθηση λογίζεται η διαδικασία η οποία λαμβάνει χώρα στον εσωτερικό κόσμο του μαθητή και οδηγεί στη σκοπούμενη και προσχεδιασμένη αλλαγή του τρόπου με τον οποίο αυτός συμπεριφέρεται. Στη βάση αυτή, η μάθηση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από πλειάδα παραγόντων, συμπεριλαμβανομένου του προηγούμενου γνωστικού υπόβαθρου του μαθητή, τις εμπειρίες του, της ιδιοσυγκρασίας του, της ενσυναίσθησης και αντίληψής του, αλλά και του στυλ

μάθησης που ταιριάζει στην ιδιοσυγκρασία και στον τρόπο σκέψης κάθε μαθητή (Calfee, 1981; Niedderer & Schecker, 1992).

Για την υπέρβαση των δυσκολιών μάθησης της θεωρίας του ηλεκτρομαγνητισμού, της κυματικής και εν γένει της φυσικής, οι Ambarwati και Suyatna (2018) προτείνουν τη χρήση διαδραστικών μέσων, καθώς σε περίπτωση όπου οι μαθητές διδάσκονται μόνον από τα προτεινόμενα συγγράμματα τότε τείνουν οι ίδιοι να αναζητούν διαδραστικό υλικό για να κατανοήσουν καλύτερα ό,τι διδάσκεται στην τάξη (Ambarwati & Suyatna, 2018). Ο Wu (2016) προτείνει το συνδυασμό συγγραμμάτων, διαδραστικού υλικού και εκπαιδευτικών βίντεο για τη διδασκαλία της θεωρίας του ηλεκτρομαγνητισμού (Wu, 2016). Οι Mešić et al. (2016) πρότειναν τη χρήση προσομοιώσεων, μέσα από τις οποίες οι μαθητές μπορούν να παρατηρούν γραφικά την κίνηση ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Σύμφωνα με αυτό το άρθρο, μαθητές λυκείου, ηλικίας 16 ετών κατάφεραν να κατανοήσουν καλύτερα και σε μεγαλύτερο βάθος τη θεωρία της κυματικής και των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (Mešić, et al., 2016). Οι Wosilait et al. (1999) πρότειναν την αξιοποίηση διαδραστικών δραστηριοτήτων, όπου οι μαθητές παρατηρούν πώς κινούνται τα κύματα του νερού ώστε να κατανοήσουν την κίνηση του ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Σύμφωνα με το ίδιο άρθρο, οι μαθητές καταφέρνουν με τον τρόπο αυτό να κατανοήσουν καλύτερα την επίδραση των ιδιοτήτων του μέσου διάδοσης στην ταχύτητα του κύματος και έτσι προσεγγίζουν καλύτερα τη συσχέτιση του συντελεστή διάθλασης και της ταχύτητα ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος (Wosilait, et al., 1999). Οι Dori και Belcher (2005) προτείνουν ότι οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες που εκμεταλλεύονται την τεχνολογία βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση των φυσικών φαινομένων του ηλεκτρομαγνητισμού και του ηλεκτρομαγνητικού κύματος (Dori & Belcher, 2005).

Οι Escobar et al. (2016) τονίζουν τη συνεισφορά των εργαστηριακών επιδείξεων και ασκήσεων σε μαθητές λυκείου, για την καλύτερη κατανόηση της θεωρίας του ηλεκτρομαγνητισμού και της κυματικής θεωρίας, ενώ μάλιστα προτείνουν την προσφορά εξ αποστάσεως εργαστηριακών εικονικών ασκήσεων και επιδείξεων υπό μορφή προσομοιώσεων. Οι Escobar et al. (2016) προτείνουν ότι μέσα από τις εργαστηριακές ασκήσεις και προσομοιώσεις όχι μόνον οι μαθητές αντιλαμβάνονται καλύτερα τα φυσικά φαινόμενα, αλλά εντούτοις κατανοούν σε μεγαλύτερο βάθος τη θεωρία που κυβερνά τα φαινόμενα αυτά (Escobar, et al., 2016).

Οι Warnick και Selvan (2020), προτείνουν ότι τόσο οι διδακτικές προσεγγίσεις όσο και οι δυσκολίες μάθησης της θεωρίας του ηλεκτρομαγνητισμού, συμπεριλαμβανομένων και των κυμάτων, είναι περισσότερο από ό,τι αναμένεται κοινές για τη δευτεροβάθμια και τη τριτοβάθμια εκπαίδευση. Καταγράφουν μία τάση των μαθητών να παρακολουθούν επεξηγηματικά βίντεο προκειμένου να καταλάβουν καλύτερα τη σχετική θεωρία και να καταφέρουν να λύσουν προβλήματα. Επιπλέον, προτείνουν ότι παρά την εξέλιξη της τεχνολογίας, το θεωρητικό υπόβαθρο, οι νόμοι και οι σχέσεις που διέπουν τη θεωρία της φυσικής πρέπει να κατέχουν προεξάρχοντα ρόλο στη διδασκαλία του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και εν γένει της φυσικής. Σύμφωνα με το ίδιο άρθρο, η τεχνολογία μπορεί να λειτουργεί επικουρικά, ώστε ο εκπαιδευτής να παρουσιάζει νέα μέρη της θεωρίας και κατόπιν με χρήση τεχνολογικών μέσων να επιχειρεί να ενισχύσει την κατανόηση των μαθητών, μέσα από προσομοιώσεις, δοκιμές και βίντεο (Warnick & Selvan, 2020). Σύμφωνα με το ίδιο άρθρο, νέα μαθησιακά στυλ τα οποία διακατέχουν τους μαθητές σήμερα πιέζουν την εκπαιδευτική κοινότητα στο σχεδιασμό και στην εφαρμογή νέων διδακτικών προσεγγίσεων, οι οποίες πολλές φορές πρέπει να εξατομικεύονται σε μικρές ή μεγαλύτερες ομάδες μαθητών, με στόχο τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας της μάθησης (Warnick & Selvan, 2020).

Τελευταία, αλλά πολύ σημαντική διδακτική προσέγγιση για τη διδασκαλία της φυσικής, συμπεριλαμβανομένου του ηλεκτρομαγνητισμού και της κυματικής θεωρίας, είναι η διδασκαλία μέσα από την αφήγηση της ιστορίας της φυσικής, μία προσέγγιση η οποία φέρνει τους μαθητές κοντά στον τρόπο με τον οποίο ανακαλύφθηκαν τα περιγραφόμενα φυσικά φαινόμενα και ενισχύει την περιέργεια αλλά και την κατανόησή τους (Hindarto & Nugroho, 2018).

2.5. Αντιλήψεις των μαθητών για το ηλεκτρομαγνητικό κύμα και πεδίο

Σύμφωνα με τους Furio και Guisasola (1998), οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν καλύτερα πώς ένα φορτίο επιδρά σε ένα άλλο φορτίο το οποίο βρίσκεται σε απόσταση, αλλά τείνουν να συγχέουν τα φαινόμενα που σχετίζονται με την ύπαρξη του ηλεκτρικού πεδίου στο χώρο (Furio & Guisasola, 1998).

Σε μία έρευνα σε 250 μαθητές λυκείου στο Ισραήλ, οι Bagno και Eylon (1997) εντόπισαν ότι οι μαθητές είχαν διαμορφώσει την αντίληψή τους και τη γνώση τους γύρω από τον ηλεκτρομαγνητισμό και γύρω από το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο με τρόπο τέτοιο ώστε να είναι σε θέση να επιλύουν ένα σύνολο ασκήσεων, αγνοώντας και μη

γνωρίζοντας ωστόσο βασικές αρχές και έννοιες που διέπουν τον ηλεκτρομαγνητισμό και το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο (Bagno & Eylon, 1997). Σύμφωνα με έρευνα του Galili (1995), καθώς οι μαθητές διδάσκονται πρώτα την μηχανική και κινηματική, όπου η γενεσιουργός αιτία των φυσικών φαινομένων είναι η δύναμη, όταν ξεκινά η διδασκαλία του ηλεκτρομαγνητισμού όπου η γενεσιουργός αιτία των κινήσεων είναι το πεδίο, οι μαθητές δυσκολεύονται να προσαρμόσουν τον τρόπο σκέψης τους (Galilli, 1995). Στα πλαίσια αυτά, οι μαθητές τείνουν να αντιλαμβάνονται το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο ως ένα χώρο στον οποίο επενεργούν μαγνητικές δυνάμεις και δεν μπορούν να αντιληφθούν σε βάθος την έννοια του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Σύμφωνα με τους Greca και Moreira (1997) οι μαθητές των τελευταίων τάξεων του λυκείου σπάνια έχουν κατανοήσει τη θεωρία του ηλεκτρομαγνητισμού, καθώς συχνότερα οι μαθητές αυτών των τάξεων στρέφονται στην αποστήθιση μαθηματικών σχέσεων και μαθηματικών μοντέλων προκειμένου να είναι σε θέση να επιλύουν μαθηματικά προβλήματα ηλεκτρομαγνητισμού (Greca & Moreira, 1997).

Μάλιστα, καθώς οι μαθητές στις ίδιες τάξεις αρχίζουν να διδάσκονται τη θεωρία του ηλεκτρισμού, τείνουν να συγχέουν τις έννοιες του ηλεκτρομαγνητισμού και των ηλεκτρικών κυκλωμάτων (Thacker, et al., 1999). Σε πιο πρόσφατη έρευνα, οι Cao και Brizuela (2016) εξέτασαν τις αντιλήψεις των μαθητών των μεγαλύτερων τάξεων του λυκείου και πρότειναν ότι αν και οι μαθητές έδειξαν μία σχετική σύγχυση, όταν τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία αναπαρίσταντο με δυναμικές γραμμές και όταν δέχονταν ερωτήσεις για την επίδραση ενός πεδίου σε ένα μόνον φορτίου, έδειξαν να έχουν κατανοήσει τις βασικές αρχές του ηλεκτρομαγνητισμού (Cao & Brizuela, 2016).

Ειδικά σε ό,τι αφορά τα κύματα, οι μαθητές τείνουν να τα ταυτίζουν με ημιτονοειδείς σχέσεις και ημιτονοειδή γραφήματα, ακόμη και αν πρόκειται για κύματα τα οποία αναπαρίστανται από μία ευθεία γραμμή. Επιπρόσθετα, τείνουν να αντιλαμβάνονται τα κύματα μόνον συναρτήσει του πλάτους τους, αγνοώντας άλλες συνιστώσες όπως η συχνότητα, η ταχύτητα και η ενέργεια. Μάλιστα, συχνά πιστεύουν ότι η συχνότητα και το πλάτος ενός κύματος εξαρτώνται το ένα από το άλλο, αλλά δεν επηρεάζουν την ταχύτητα του κύματος (Ambrose, et al., 1999). Επιπλέον, οι μαθητές συχνά πιστεύουν ότι κάθε εξίσωση μπορεί να περιγράψει ένα μοναδικό κύμα και ότι τα κύματα διαφέρουν μεταξύ τους εξαιτίας των εξισώσεων που τα περιγράφουν, καθώς δυσκολεύονται να κατανοήσουν τη θεωρία της κυματικής και αντιλαμβάνονται επιδερμικά τον τρόπο με τον οποίο βλέπουν ή αναπαριστούν ή περιγράφουν με μία

εξίσωση ένα κύμα (Grayson & Donnelly, 1996). Σε ό,τι αφορά στη διάδοση των κυμάτων και στην επίδραση των μέσων διάδοσης στην ταχύτητα των κυμάτων, οι αντιλήψεις των μαθητών είναι ακόμη πιο συγκεχυμένες καθώς η αντίληψή τους για τα κύματα ως ημιτονοειδείς καμπύλες τους οδηγεί σε ανεπαρκή κατανόηση της επίδρασης των μέσων διάδοσης (Steinberg, et al., 1996).

2.6. Δυσκολίες μάθησης

Οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές κατά τη διδασκαλία του ηλεκτρομαγνητισμού και της κυματικής θεωρίας είναι θεμελιώδεις και διαμορφώνουν σε μεγάλο βαθμό την επιτυχία των χρησιμοποιούμενων διδακτικών προσεγγίσεων και μεθόδων. Στη βάση αυτή, η επιλογή της καταλληλότερης διδακτικής προσέγγισης και ο σχεδιασμός των διδακτικών μεθόδων που εφαρμόζονται εναπόκειται στον εντοπισμό και στην ανάλυση των δυσκολιών μάθησης του εκάστοτε μαθητικού κοινού.

Στη διαδικασία αντιμετώπισης των διδακτικών δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι μαθητές πρέπει να μελετηθούν οι διαφορετικές προσεγγίσεις γύρω από τη μάθηση. Όπως προαναφέρεται στην παράγραφο 2.5, ως μάθηση λογίζεται η διαδικασία βελτίωσης και κτήσης νέων συμπεριφορών, γνώσεων και ικανοτήτων, αλλά και ως η διαδικασία που οδηγεί στη σύντομη και μακροχρόνια τροποποίηση της συμπεριφοράς και του τρόπου σκέψης των μαθητών.

Ωστόσο, οι δυσκολίες των μαθητών στη διαμόρφωση και στην πρόσληψη νέων εννοιών όπως το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, είναι πιθανό να προκύψουν από δυσκολίες αντίληψης των βαθιά θετικών αυτών εννοιών, οι οποίες αφορούν σε φαινόμενα τα οποία είναι καινούρια για τους μαθητές και τα οποία μάλιστα συχνά δεν είναι ορατά δια γυμνού οφθαλμού.

Σύμφωνα με τους Guisasola et al. (2007), οι έννοιες του ηλεκτρομαγνητισμού είναι εξαιρετικά αφηρημένες και η κατανόησή τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τρόπο με τον οποίο αυτές δίδονται στους μαθητές από τους εκπαιδευτικούς (Guisasola, et al., 2007). Ένα κύριο πρόβλημα στη διδασκαλία του ηλεκτρομαγνητισμού είναι το γεγονός ότι τα περιγραφόμενα φαινόμενα είναι σχεδόν αμιγώς θεωρητικά και δεν μπορούν να παρατηρηθούν δια γυμνού οφθαλμού (Guisasola, et al., 2004). Αντίθετα, μόνον οι συνέπειες των φαινομένων του ηλεκτρομαγνητισμού είναι ορατές δια γυμνού οφθαλμού ή μπορούν να παρατηρούνται με την επίδειξη σε εργαστηριακό περιβάλλον (Sağlam & Millar, 2006).

Συνήθως η διδασκαλία της ηλεκτρομαγνητικής και της κυματική θεωρίας γίνεται με ταχείς ρυθμούς, αναλογιζόμενοι τον όγκο και το βάθος των σχετικών εννοιών, μέσα από την εισαγωγή νέων για αυτούς εννοιών, μοντέλων και τρόπων σκέψης για την κατανόηση των εννοιών και μετέπειτα για την επίλυση σχετικών ασκήσεων. Με αυτή τη διδακτική προσέγγιση οι μαθητές δεν έχουν τον απαραίτητο χρόνο για να σκεφτούν τις έννοιες, τα μοντέλα και τους συλλογιστικούς τρόπους για την επίλυση ασκήσεων. Επιπρόσθετα, δεδομένης της πολυπλοκότητας των εννοιών, το μαθηματικό υπόβαθρο των μαθητών πρέπει να είναι πλήρες από τις προηγούμενες τάξεις, με αποτέλεσμα μαθητές οι οποίοι έχουν κενά να δυσκολεύονται κατά τη διδασκαλία νέων εννοιών.

Συχνά η θεωρία του ηλεκτρομαγνητισμού μπορεί να αντιμετωπίζεται από τους μαθητές με προκατάληψη, ως ένα νέο διδακτικό πεδίο και μπορεί να καταλήγει να έχει χαμηλή αποδοχή και αντίσταση στη μάθηση. Μάλιστα, καθώς για την κατανόηση και την πρόσληψη της σχετικής θεωρίας απαιτείται ένα βασικό υπόβαθρο γνώσεων μαθηματικών και φυσικής από προηγούμενες τάξεις, συχνά οι μαθητές μπορεί να αντιμετωπίζουν αντικειμενικές δυσκολίες στην μάθηση της θεωρίας του ηλεκτρομαγνητισμού και του κύματος.

Σύμφωνα με τον Viennot (1995), οι έννοιες και τα μεγέθη που διέπουν τη θεωρία του ηλεκτρομαγνητισμού δεν έχουν σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ τους, με αποτέλεσμα συχνά οι μαθητές να συγχέουν ακόμη και βασικές έννοιες ή μεγέθη. Μάλιστα, ο Viennot (1995) προτείνει ότι συχνά οι μαθητές τείνουν να περιγράφουν το πεδίο ως δύναμη, απαλείφοντας από τη συλλογιστική τους την έννοια της έντασης του πεδίου (Furió & Guisasola, 1998; Viennot, 1995).

Σύμφωνα με τον Hubber (2006), οι μαθητές γυμνασίου και λυκείου προσομοιάζουν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα με το φως ή με ακτίνες φωτός και μπορούν να κατανοήσουν σε μεγάλο βαθμό τις συνέπειες των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, αλλά δυσκολεύονται να κατανοήσουν την κυματική θεωρία και τους νόμους οι οποίοι διέπουν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα (Hubber, 2006).

3. Ερευνητική μεθοδολογία

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται και τεκμηριώνεται η ερευνητική μεθοδολογία στην οποία βασίστηκε η εκπόνηση της έρευνας για τη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ενώ παρουσιάζεται το ερευνητικό εργαλείο το οποίο χρησιμοποιήθηκε και εξετάζεται η εσωτερική συνοχή και εγκυρότητα των αποτελεσμάτων της έρευνας.

3.1.Ερευνητική προσέγγιση

Για την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων τα οποία παρατέθηκαν στην παράγραφο 1.2, προκρίθηκε η εφαρμογή μίας ερευνητικής προσέγγισης η οποία βασίζεται σε συνδυασμό επεξηγηματικής και αναγνωριστικής προσέγγισης (Kelly, et al., 2014).

Μέσω της επεξηγηματικής προσέγγισης αναλύονται και κατανοούνται οι έννοιες οι οποίες διέπουν τη διδασκαλία του ηλεκτρομαγνητισμού με έμφαση στις δυσκολίες μάθησης και στις διδακτικές προσεγγίσεις. Μέσω της αναγνωριστικής προσέγγισης επιχειρείτε να κατανοηθούν οι παράγοντες οι οποίοι διαμορφώνουν τις δυσκολίες μάθησης και οδηγούν στην επιλογή των πλέον κατάλληλων διδακτικών προσεγγίσεων.

3.2.Ερευνητική στρατηγική

Ομοίως, στη βάση αξιολόγησης των ερευνητικών ερωτημάτων τα οποία παρατέθηκαν στην παράγραφο 1.2, προκρίθηκε η εφαρμογή μίας ερευνητικής στρατηγικής η οποία βασίζεται σε συνδυασμό βιβλιογραφικής ανασκόπησης και έρευνας. Αρχικά επιχειρείται να απαντηθούν τα δύο πρώτα ερευνητικά ερωτήματα μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και στη συνέχεια επιχειρείται η απάντηση όλων των υπολοίπων ερευνητικών ερωτημάτων μέσα από την ανάλυση των δεδομένων τα οποία συλλέχθηκαν μέσω της έρευνας.

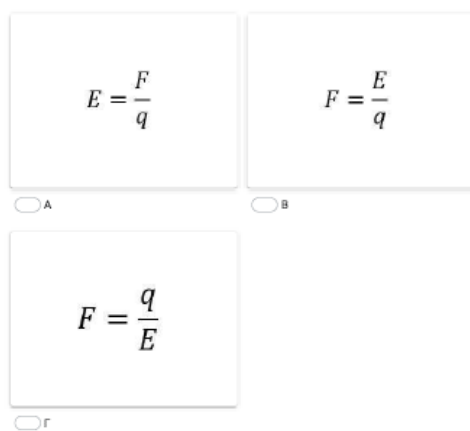
3.3.Συλλογή δεδομένων

Η παρούσα διπλωματική εργασία βασίζεται σε συνδυασμό δευτερογενών και πρωτογενών δεδομένων. Δευτερογενή δεδομένα συλλέχθηκαν για τη διεξαγωγή της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, μέσα από ακαδημαϊκά άρθρα από επιστημονικές εφημερίδες, περιοδικά και συνέδρια, από βιβλία και από τυχόν εκθέσεις. Πρωτογενή δεδομένα συλλέχθηκαν για τη διεξαγωγή της έρευνας μέσα από τη διανομή ερωτηματολογίων σε ένα δείγμα μαθητών της Α' και Γ' Λυκείου.

3.4.Ερευνητικό εργαλείο

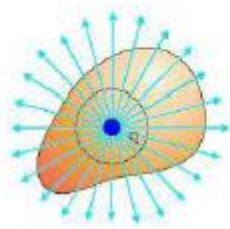
Για τη διεξαγωγή της έρευνας στα πλαίσια της παρούσης διπλωματικής εργασίας κατασκευάστηκε ένα ερωτηματολόγιο αποτελούμενο από τέσσερις ενότητες.

Στην πρώτη ενότητα διερευνώνται οι αντιλήψεις και το επίπεδο της γνώσης των μαθητών στο αντικείμενο του ηλεκτρομαγνητισμού. Σε αυτή την ενότητα δόθηκαν ερωτήσεις με βασικές σχέσεις οι οποίες διέπουν τον ηλεκτρομαγνητισμό και οι μαθητές ζητήθηκε να εντοπίσουν τη σωστή επιλογή. Σημειώνεται πως οι τρεις επιλογές οι οποίες δόθηκαν ήταν παραπλήσιες προκειμένου να εξεταστεί αν οι μαθητές γνωρίζουν πραγματικά τη ζητούμενη σχέση.



Εικόνα 3.1: Ερώτηση 1

Η ηλεκτρική ροή που διέρχεται από τις δύο επιφάνειες είναι:

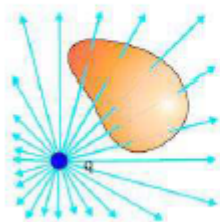


Mark only one oval.

- διαφορετική
- ίδια
- αντίθετη
- αντίστροφη

Εικόνα 3.2: Ερώτηση 4

Ένα φορτίο q βρίσκεται έξω από μία κλειστή επιφάνεια. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου που δημιουργεί και εισέρχονται σ' αυτή εξέρχονται από κάποιο άλλο σημείο απ' αυτή. Η συνολική ηλεκτρική ροή που περνάει από την επιφάνεια είναι ίση με _____.



Εικόνα 3.3: Ερώτηση 5

Στη δεύτερη ενότητα εξετάζονται οι δυσκολίες μάθησης που αντιμετωπίζουν οι μαθητές και στην τρίτη ενότητα διερευνώνται οι προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση των μαθητών και εν τέλει να οδηγήσουν σε βελτίωση του διδακτικού αποτελέσματος. Τέλος, στην τέταρτη ενότητα συλλέγονται στοιχεία αναφορικά με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, ειδικά προκειμένου να εξεταστούν ως παράγοντες οι οποίες επηρεάζουν τις δυσκολίες μάθησης και τις προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις.

3.5. Ανάλυση δεδομένων

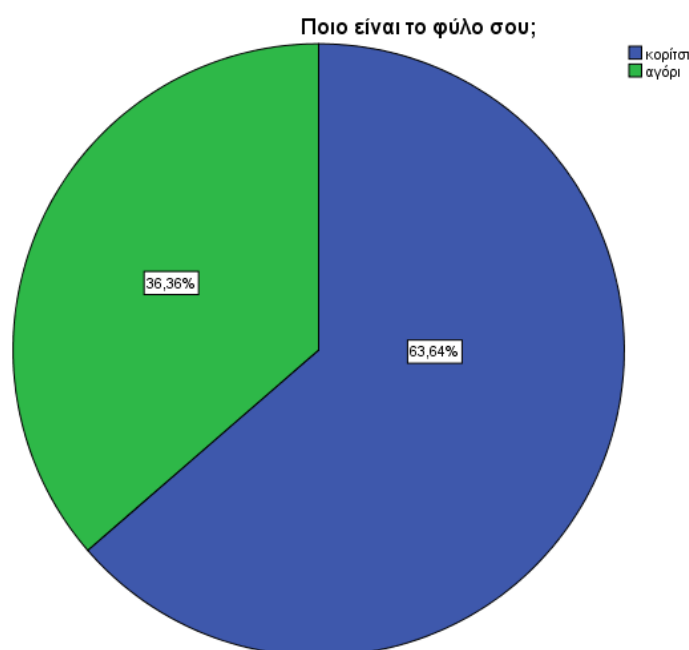
Τα συλλεχθέντα δεδομένα αναλύθηκαν με χρήση SPSS. Πραγματοποιήθηκε υπολογισμός περιγραφικών στατιστικών και ανάλυση συχνοτήτων για όλες τις μεταβλητές, ενώ εξετάστηκε η συσχέτιση των δυσκολιών μάθησης και των προτιμώμενων διδακτικών προσεγγίσεων με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων και η συσχέτιση των προτιμώμενων διδακτικών προσεγγίσεων με τις αναφερόμενες δυσκολίες μάθησης.

4. Ανάλυση αποτελεσμάτων

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την ανάλυση των συλλεχθέντων δεδομένων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε τέσσερις διακριτές ενότητες: τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος, την αντίληψη και τη γνώση των μαθητών γύρω από τον ηλεκτρομαγνητισμό, τις δυσκολίες μάθησης οι οποίες εντοπίζονται και τέλος τις προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις σύμφωνα με τη γνώμη των συμμετεχόντων στην έρευνα μαθητών.

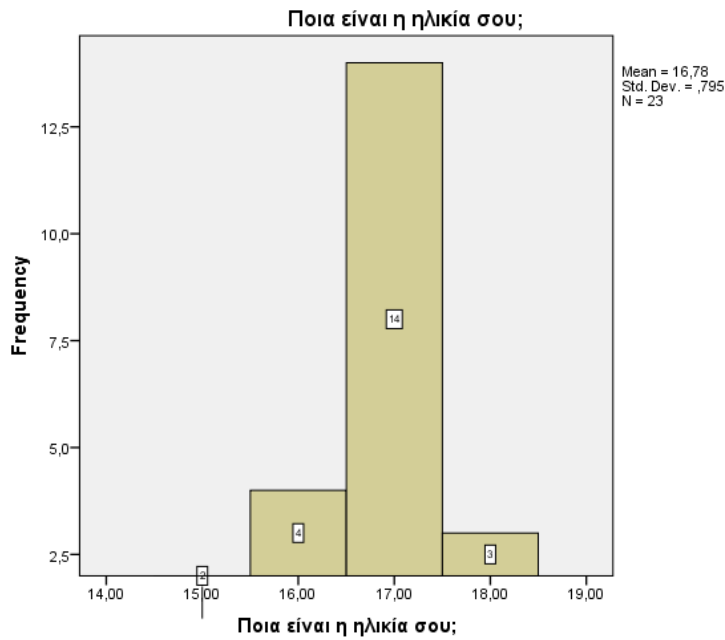
4.1. Δημογραφικά στοιχεία

Το 63,64% των συμμετεχόντων μαθητών είναι κορίτσια και το υπολειπόμενο 36,36% είναι αγόρια (Γράφημα 1).



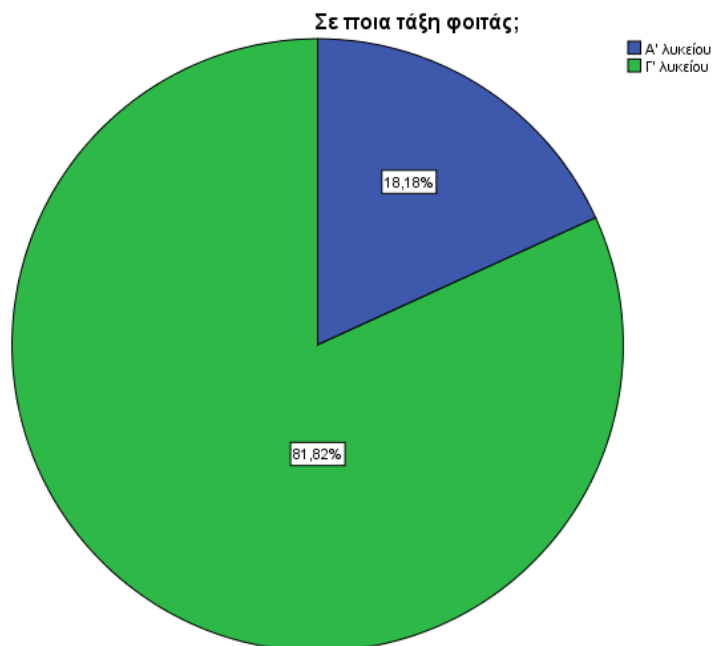
Γράφημα 1: Ποιο είναι το φύλο σου;

Το 60,87% των συμμετεχόντων είναι 17 ετών, το 17,39% είναι 16 ετών, το 13,04% είναι 18 ετών και το 8,70% είναι 15 ετών. Η μέση ηλικία των συμμετεχόντων μαθητών φτάνει στα 16,78 έτη (Γράφημα 2).



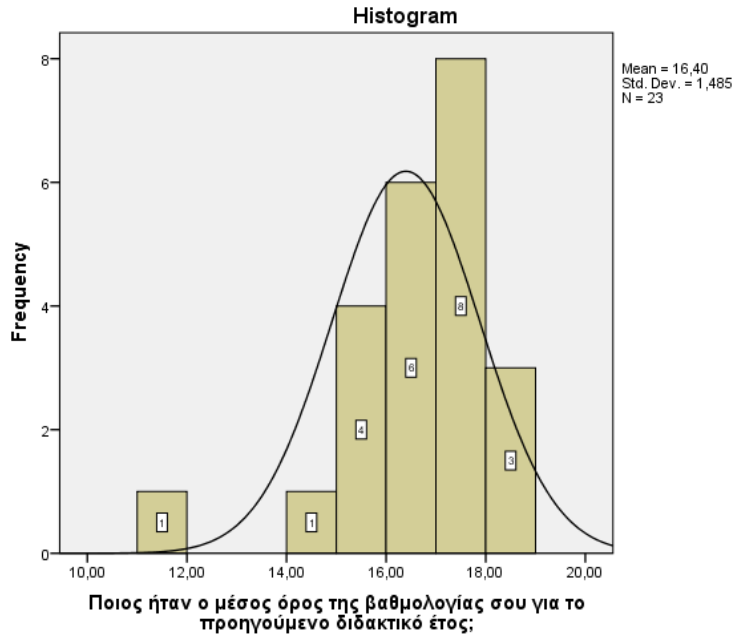
Γράφημα 2: Ποια είναι η ηλικία σου;

Το 81,82% των μαθητών φοιτά στη Γ' λυκείου και το 18,18% φοιτά στην Α' λυκείου (Γράφημα 3).



Γράφημα 3: Σε ποια τάξη φοιτάς;

Ο μέσος όρος της βαθμολογίας των συμμετεχόντων μαθητών έφτασε στο 16,40 κατά το προηγούμενο έτος. Το 65,2% των μαθητών είχε μέσο όρο έως 17, ενώ το 13% των μαθητών είχε μέσο όρο 18 (Γράφημα 4).



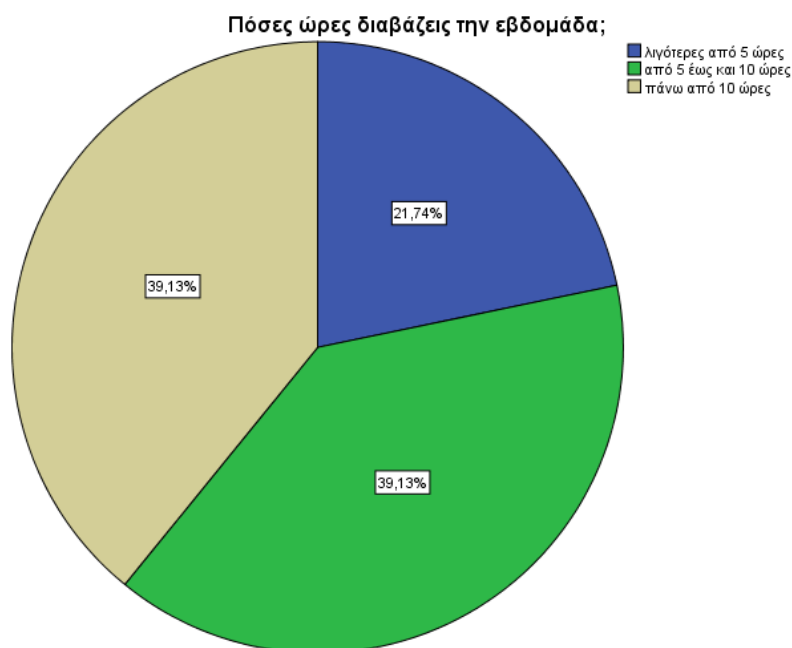
Γράφημα 4: Ποιος ήταν ο μέσος όρος της βαθμολογίας σου για το προηγούμενο διδακτικό έτος;

Όλοι οι συμμετέχοντες μαθητές παρακολουθούν μαθήματα και σε φροντιστήριο (Γράφημα 5).



Γράφημα 5: Παρακολουθείς μαθήματα και σε φροντιστήριο;

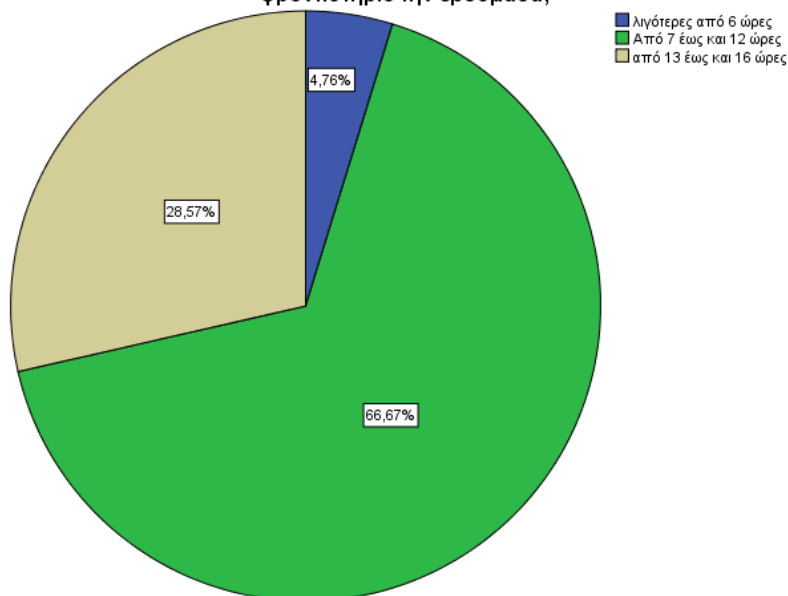
Οι συμμετέχοντες μαθητές διαβάζουν πάνω από 10 ώρες την εβδομάδα σε ποσοστό 39,13%, από 5 έως 10 ώρες την εβδομάδα σε ποσοστό 39,13% και λιγότερες από 5 ώρες σε ποσοστό 21,74%. Σωρευτικά, το 78,26% των μαθητών διαβάζει 5 ώρες ή περισσότερες ανά εβδομάδα (Γράφημα 6).



Γράφημα 6: Πόσες ώρες διαβάζεις την εβδομάδα;

Δεδομένου ότι όλοι οι συμμετέχοντες μαθητές παρακολουθούν μαθήματα και σε φροντιστήριο, οι απαντήσεις στην παρακάτω ερώτηση αφορούν όλο το δείγμα. Το 66,67% των μαθητών δαπανά από 7 έως και 12 ώρες την εβδομάδα στο φροντιστήριο, το 28,57% δαπανά από 13 έως και 16 ώρες και το 4,76% δαπανά λιγότερες από 6 ώρες (Γράφημα 7).

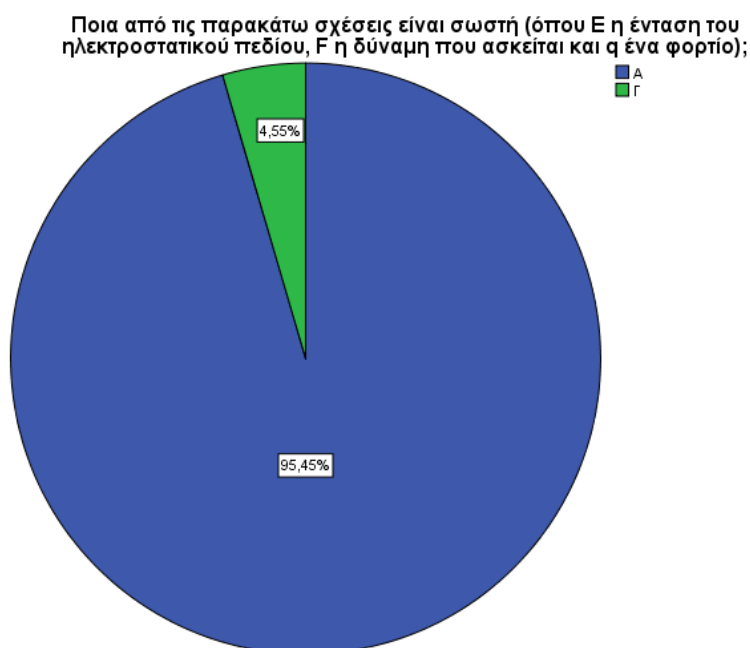
Αν παρακολουθείς μαθήματα και σε φροντιστήριο, πόσες ώρες δαπανάς στο φροντιστήριο την εβδομάδα;



Γράφημα 7: Αν παρακολουθείς μαθήματα και σε φροντιστήριο, πόσες ώρες δαπανάς στο φροντιστήριο την εβδομάδα;

4.2. Αντίληψη και γνώση γύρω από τον ηλεκτρομαγνητισμό

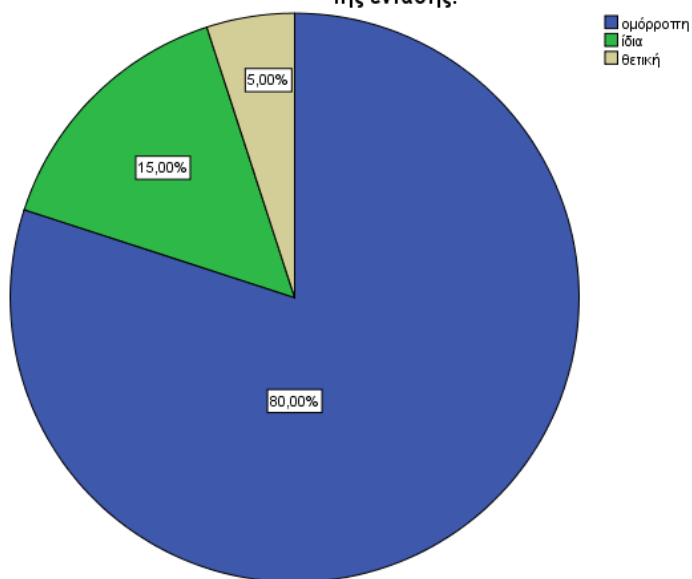
Σε αυτή την ενότητα ερευνήθηκαν οι γνώσεις και η αντίληψη των συμμετεχόντων μαθητών σε βασικές αρχές του ηλεκτρομαγνητισμού. Η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών, σε ποσοστό 95,45%, απάντησε ορθά στην ερώτηση για την εξίσωση η οποία συνδέει την ένταση του ηλεκτροστατικού πεδίου με τη δύναμη που ασκείται σε ένα φορτίο q (Γράφημα 8). Το 4,55% των μαθητών απάντησε λανθασμένα.



Γράφημα 8: Ποια από τις παρακάτω σχέσεις είναι σωστή (όπου E η ένταση του ηλεκτροστατικού πεδίου, F η δύναμη που ασκείται και q ένα φορτίο);

Οι συμμετέχοντες μαθητές φαίνεται πως είναι λιγότερο σίγουροι σε ό,τι αφορά στη διεύθυνση της δύναμης που δημιουργεί ένα θετικό φορτίο Q . Το 80% των μαθητών απάντησε ορθά ότι αν το φορτίο είναι θετικό, η δύναμη που δημιουργείται είναι ομόρροπη της έντασης. Το 15% συμπλήρωσε τη λέξη ίδια και το 5% συμπλήρωσε τη λέξη θετική. Γίνεται αντιληπτό πως οι μαθητές γνωρίζουν ότι η ένταση και η δύναμη θα είναι ομόρροπες αλλά δε μπορούν να χρησιμοποιήσουν ορθά τον όρο. Άρα συμπεραίνεται έλλειμμα κατανόησης σε ό,τι αφορά στη φορά και στη διεύθυνση της έντασης του ηλεκτροστατικού πεδίου και της δύναμης που ασκείται σε φορτία (Γράφημα 9).

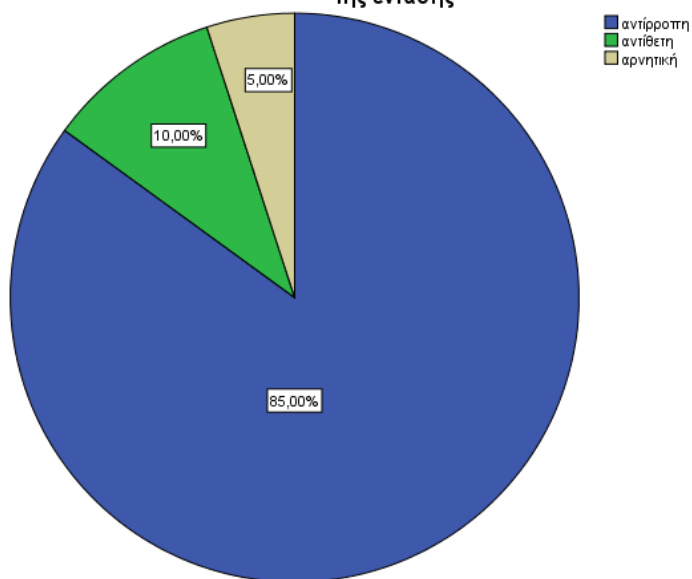
Αν σε ένα σημείο του χώρου που καταλαμβάνει το ηλεκτροστατικό πεδίο βρεθεί ένα φορτίο q θα δεχθεί δύναμη. Εάν το q είναι θετικό η δύναμη θα είναι _____ της έντασης.



Γράφημα 9: Αν σε ένα σημείο του χώρου που καταλαμβάνει το ηλεκτροστατικό πεδίο βρεθεί ένα φορτίο q θα δεχθεί δύναμη. Εάν το q είναι θετικό η δύναμη θα είναι _____ της έντασης.

Ομοίως, οι συμμετέχοντες μαθητές φαίνεται πως είναι λιγότερο σίγουροι σε ό,τι αφορά στη διεύθυνση της δύναμης που δημιουργεί ένα αρνητικό φορτίο Q . Το 85% των μαθητών απάντησε ορθά ότι αν το φορτίο είναι αρνητικό, η δύναμη που δημιουργείται είναι αντίρροπη της έντασης. Το 10% συμπλήρωσε τη λέξη αντίθετη και το 5% συμπλήρωσε τη λέξη αρνητική. Γίνεται αντιληπτό πως οι μαθητές γνωρίζουν ότι η ένταση και η δύναμη θα είναι αντίρροπες αλλά δε μπορούν να χρησιμοποιήσουν ορθά τον όρο. Άρα συμπεραίνεται έλλειμμα κατανόησης σε ό,τι αφορά στη φορά και στη διεύθυνση της έντασης του ηλεκτροστατικού πεδίου και της δύναμης που ασκείται σε φορτία (Γράφημα 10).

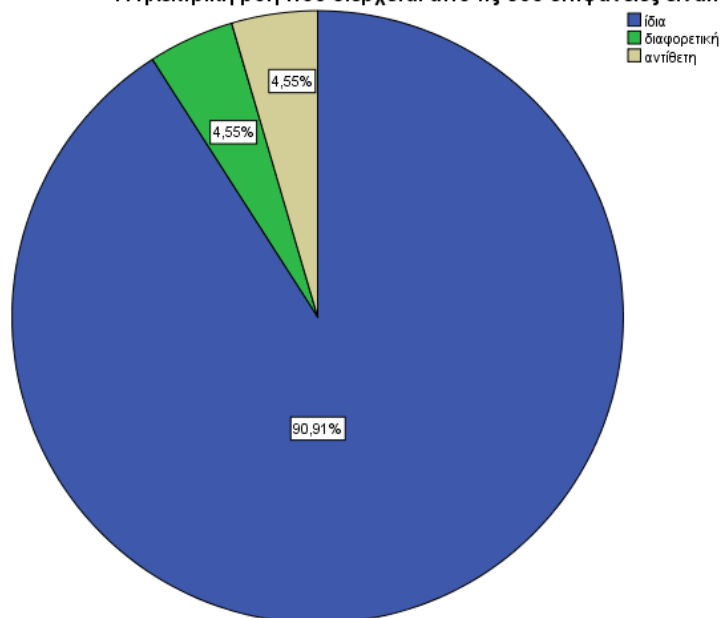
Αν σε ένα σημείο του χώρου που καταλαμβάνει το ηλεκτροστατικό πεδίο βρεθεί ένα φορτίο q θα δεχθεί δύναμη. Εάν q είναι αρνητικό η δύναμη θα είναι _____ της έντασης



Γράφημα 10: Αν σε ένα σημείο του χώρου που καταλαμβάνει το ηλεκτροστατικό πεδίο βρεθεί ένα φορτίο q θα δεχθεί δύναμη. Εάν q είναι αρνητικό η δύναμη θα είναι _____ της έντασης

Το 90,91% των μαθητών απάντησε ορθά ότι από δύο επιφάνειες από τις οποίες διέρχεται ο ίδιος αριθμός δυναμικών γραμμών, η ηλεκτρική ροή που διέρχεται είναι ίδια. Το 9,1% απάντησε λανθασμένα χρησιμοποιώντας τις λέξεις διαφορετική και αντίθετη, μοιρασμένοι ισόποσα (Γράφημα 11).

Η ηλεκτρική ροή που διέρχεται από τις δύο επιφάνειες είναι:

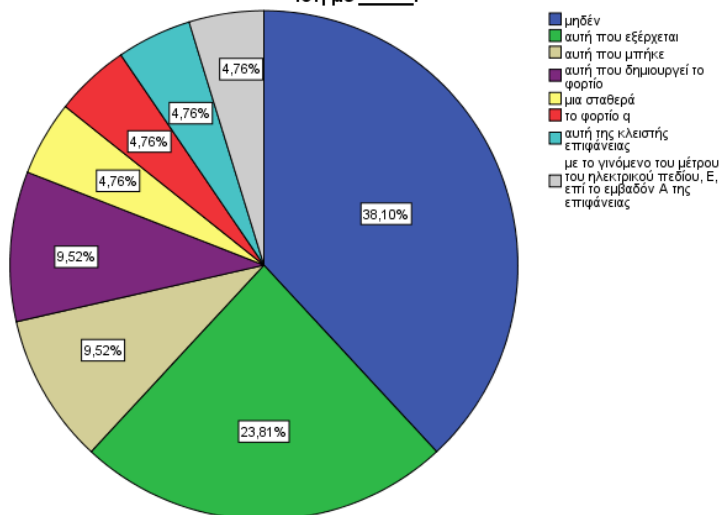


Γράφημα 11: Η ηλεκτρική ροή που διέρχεται από τις δύο επιφάνειες είναι:

Συνολικά το 71,43% των μαθητών γνωρίζει το νόμο του Γκάους, δηλαδή ότι αν ένα φορτίο που βρίσκεται έξω από μία κλειστή επιφάνεια προκαλεί ηλεκτροστατικό πεδίο και η συνολική ηλεκτρική ροή που περνάει μέσα από την επιφάνεια ισούται με μηδέν,

καθώς έδωσαν ισοδύναμες απαντήσεις. Το υπολειπόμενο 28,57% απάντησε λανθασμένα χρησιμοποιώντας διάφορες λέξεις ή φράσεις (Γράφημα 12).

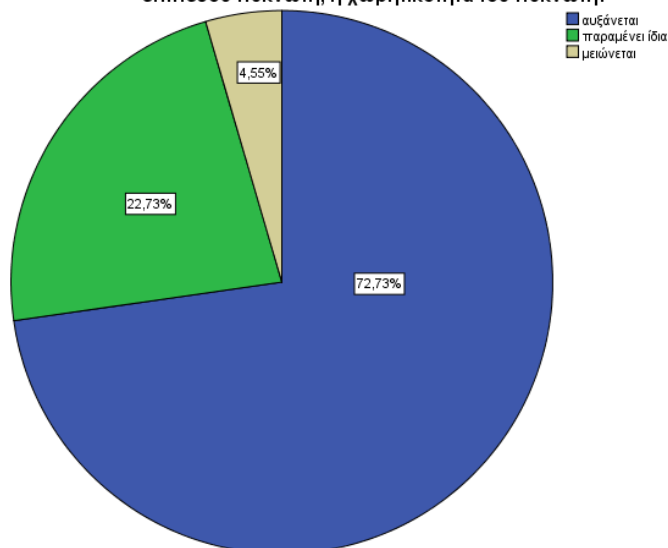
Ένα φορτίο q βρίσκεται έξω από μία κλειστή επιφάνεια. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου που δημιουργεί και εισέρχονται σ' αυτή εξέρχονται από κάποιο άλλο σημείο απ' αυτή. Η συνολική ηλεκτρική ροή που περνάει από την επιφάνεια είναι ίση με _____.



Γράφημα 12: Ένα φορτίο q βρίσκεται έξω από μία κλειστή επιφάνεια. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου που δημιουργεί και εισέρχονται σ' αυτή εξέρχονται από κάποιο άλλο σημείο απ' αυτή. Η συνολική ηλεκτρική ροή που περνάει από την επιφάνεια είναι ίση με _____.

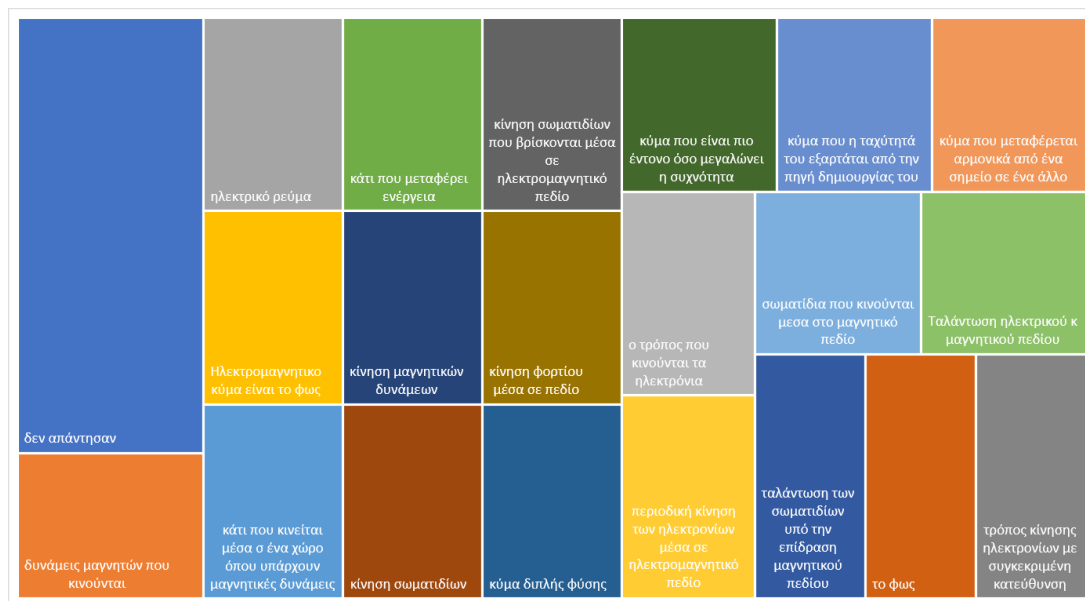
Το 72,73% των μαθητών απάντησε ορθά ότι όσο αυξάνει η διηλεκτρική σταθερά ενός υλικού ανάμεσα στις πλάκες ενός επίπεδου πυκνωτή, η χωρητικότητα του πυκνωτή αυξάνεται. Το 22,73% απάντησε ότι παραμένει ίδια και το 4,55% απάντησε ότι μειώνεται (Γράφημα 13).

Όσο αυξάνει η διηλεκτρική σταθερά ενός υλικού ανάμεσα στις πλάκες ενός επίπεδου πυκνωτή, η χωρητικότητα του πυκνωτή:



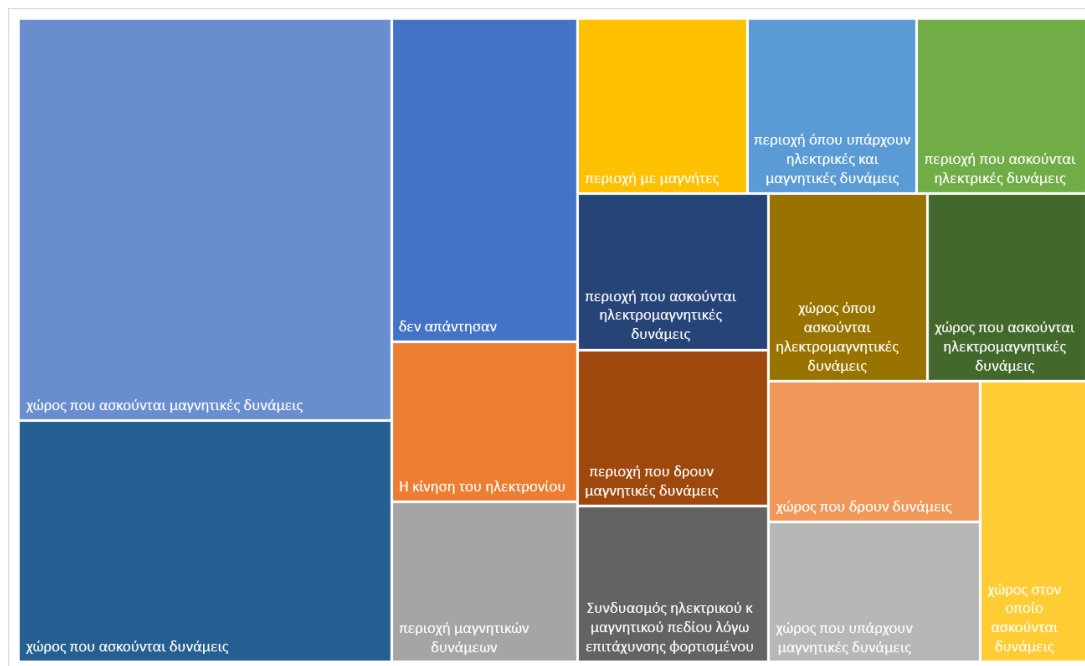
Γράφημα 13: Όσο αυξάνει η διηλεκτρική σταθερά ενός υλικού ανάμεσα στις πλάκες ενός επίπεδου πυκνωτή, η χωρητικότητα του πυκνωτή:

Στην επόμενη ανοιχτή ερώτηση, τρεις μαθητές δεν έδωσαν καμία απάντηση, ενώ οι υπόλοιποι 20 μαθητές έδωσαν 20 διαφορετικές απαντήσεις (Γράφημα 14).



Γράφημα 14: Αν σου ζητούνταν να περιγράψεις το ηλεκτρομαγνητικό κύμα με μία σύντομη φράση, ποια θα ήταν αυτή;

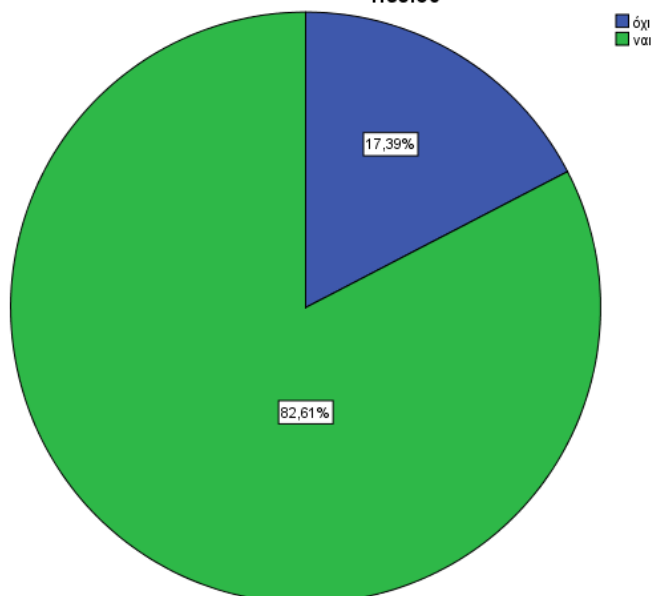
Στην επόμενη ανοιχτή ερώτηση, δύο μαθητές δεν έδωσαν καμία απάντηση, πέντε μαθητές περιέγραψαν το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο ως χώρο που ασκούνται μαγνητικές δυνάμεις, και τρεις μαθητές ως χώρο που ασκούνται δυνάμεις. Οι υπόλοιποι 13 μαθητές έδωσαν 13 διαφορετικές απαντήσεις (Γράφημα 15).



Γράφημα 15: Αν σου ζητούνταν να περιγράψεις το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο με μία σύντομη φράση, ποια θα ήταν αυτή;

Στην επόμενη ερώτηση, το 82,61% των μαθητών απάντησε ορθά ότι το ηλεκτρομαγνητικό κύμα δημιουργείται εξαιτίας παρουσίας ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, με το υπολειπόμενο 17,39% να απαντά λανθασμένα (Γράφημα 16).

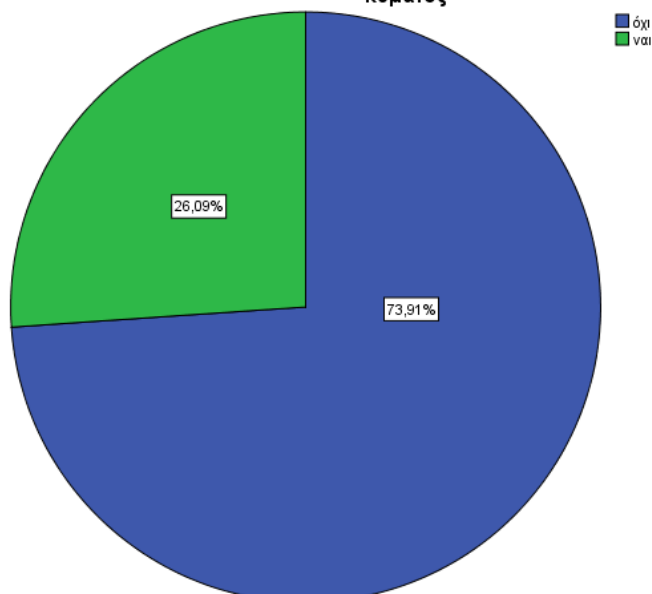
Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα δημιουργείται εξαιτίας παρουσίας ηλεκτρομαγνητικού πεδίου



Γράφημα 16: Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα δημιουργείται εξαιτίας παρουσίας ηλεκτρομαγνητικού πεδίου

Το 73,91% των μαθητών απάντησε ορθά ότι το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο δε δημιουργείται εξαιτίας παρουσίας ηλεκτρομαγνητικού κύματος, με το υπολειπόμενο 26,09% να απαντά λανθασμένα (Γράφημα 17).

Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο δημιουργείται εξαιτίας παρουσίας ηλεκτρομαγνητικού κύματος



Γράφημα 17: Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο δημιουργείται εξαιτίας παρουσίας ηλεκτρομαγνητικού κύματος

Το 68,18% των μαθητών απάντησε λανθασμένα ότι το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο δεν είναι ένα διανυσματικό μέγεθος, με το υπολειπόμενο 31,82% να απαντά ορθά

(Γράφημα 18). Είτε οι μαθητές εκλάβουν το πεδίο ως δύναμη είτε το εκλάβουν ως δύναμη, το πεδίο είναι διανυσματικό μέγεθος.



Γράφημα 18: Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο είναι ένα διανυσματικό μέγεθος

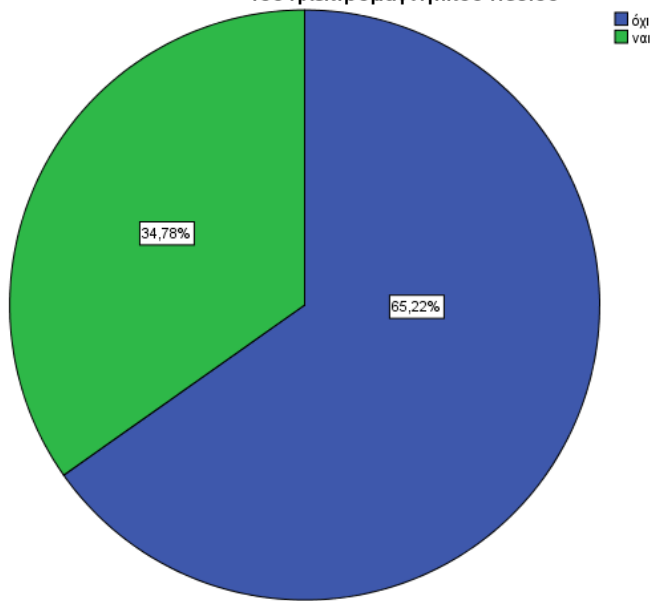
Το 77,27% των μαθητών απάντησε ορθά ότι το ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι ένα διανυσματικό μέγεθος, με το υπολειπόμενο 22,73% να απαντά λανθασμένα (Γράφημα 19).



Γράφημα 19: Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι ένα διανυσματικό μέγεθος

Το 65,22% των μαθητών απάντησε ορθά ότι η διεύθυνση και η φορά του ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι πάντα ίδια με αυτή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, με το υπολειπόμενο 34,78% να απαντά λανθασμένα (Γράφημα 20).

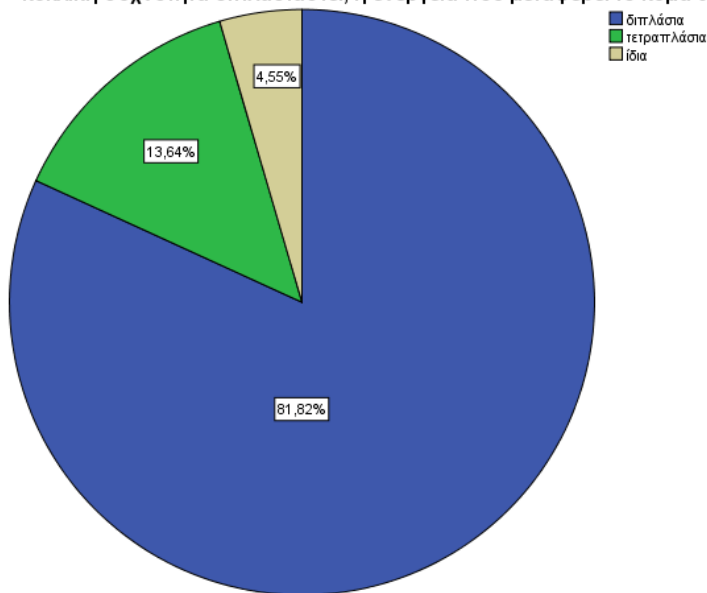
Η διεύθυνση και η φορά του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου είναι πάντα ίδια με αυτή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου



Γράφημα 20: Η διεύθυνση και η φορά του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου είναι πάντα ίδια με αυτή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου

Το 81,82% των μαθητών απάντησε ορθά ότι αν η κυκλική συχνότητα ενός κύματος διπλασιαστεί, η ενέργεια που μεταφέρει το κύμα θα είναι διπλάσια, το 13,64% απάντησε λανθασμένα ότι θα είναι τετραπλάσια και το 4,55% απάντησε λανθασμένα ότι θα είναι ίδια (Γράφημα 21).

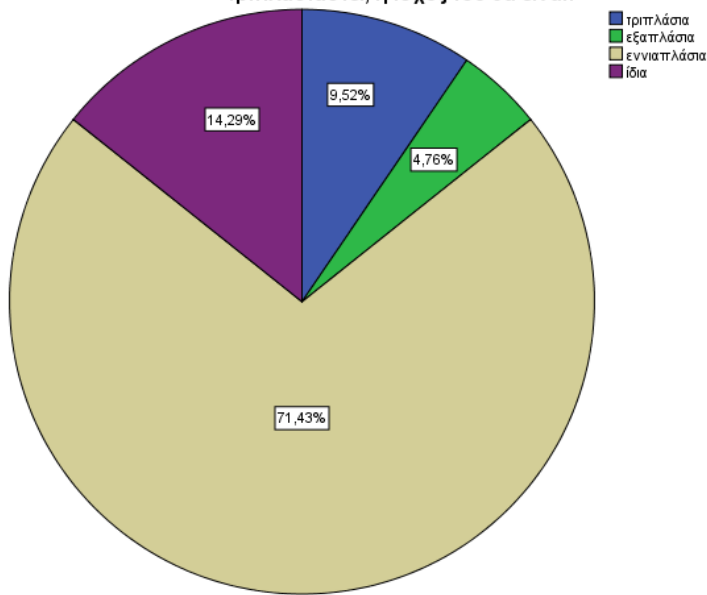
Ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα διαδίδεται στο χώρο με κυκλική συχνότητα ω . Αν η κυκλική συχνότητα διπλασιαστεί, η ενέργεια που μεταφέρει το κύμα θα είναι:



Γράφημα 21: Ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα διαδίδεται στο χώρο με κυκλική συχνότητα ω . Αν η κυκλική συχνότητα διπλασιαστεί, η ενέργεια που μεταφέρει το κύμα θα είναι:

Το 71,43% των μαθητών απάντησε ορθά ότι αν το πλάτος ενός κύματος τριπλασιαστεί, η ισχύς του θα εννεαπλασιαστεί. Σωρευτικά, το υπολειπόμενο 28,57% απάντησε λανθασμένα ότι η ισχύς θα μείνει ίδια ή θα τριπλασιαστεί ή θα εξαπλασιαστεί (Γράφημα 22).

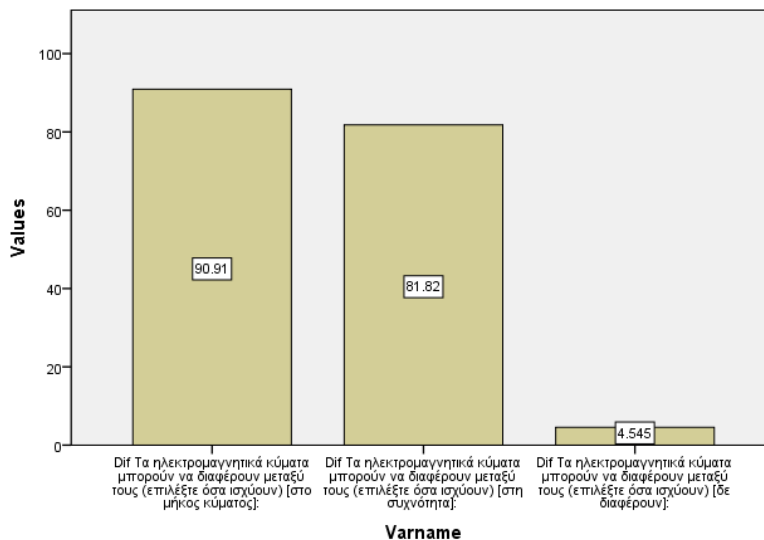
Ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα πλάτους A διαδίδεται στο χώρο. Αν το πλάτος τριπλασιαστεί, η ισχύς του θα είναι:



Γράφημα 22: Ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα πλάτους A διαδίδεται στο χώρο. Αν το πλάτος τριπλασιαστεί, η ισχύς του θα είναι:

Το 90,91% των μαθητών απάντησε ορθά ότι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μπορούν να διαφέρουν ως προς το μήκος κύματος και το 81,82% απάντησε ορθά ότι μπορούν να διαφέρουν ως προς τη συχνότητα. Μόλις το 4,54% απάντησε λανθασμένα ότι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα δε μπορούν να διαφέρουν μεταξύ τους (Γράφημα 23).

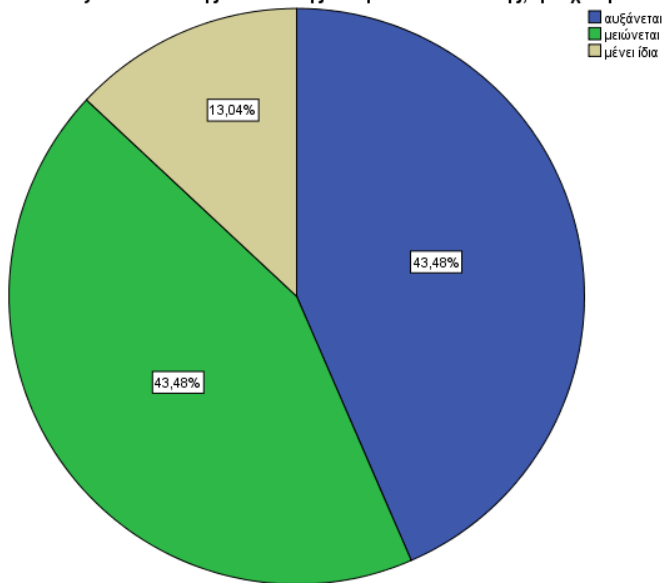
Διαφορές ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων



Γράφημα 23: Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μπορούν να διαφέρουν μεταξύ τους (επιλέξτε όσα ισχύουν):

Το 43,48% των μαθητών απάντησε ορθά ότι όσο αυξάνει ο δείκτης διάθλασης του μέσου διάδοσης, τόσο η ταχύτητα ενός κύματος μειώνεται. Συνολικά, το 56,52% των μαθητών απάντησε λανθασμένα, το 43,48% ότι η ταχύτητα αυξάνεται και το 13,04% ότι η ταχύτητα παραμένει ίδια. (Γράφημα 24).

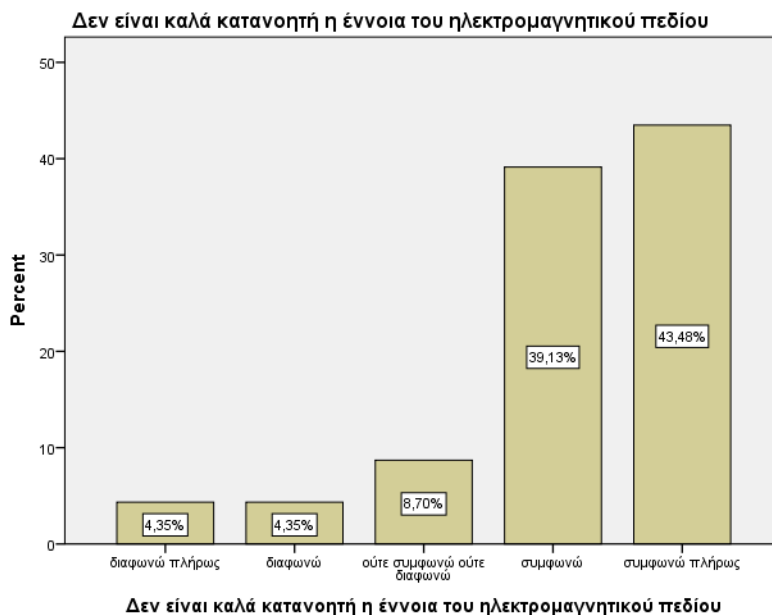
Όσο αυξάνει ο δείκτης διάθλασης του μέσου διάδοσης, η ταχύτητα ενός κύματος:



Γράφημα 24: Όσο αυξάνει ο δείκτης διάθλασης του μέσου διάδοσης, η ταχύτητα ενός κύματος:

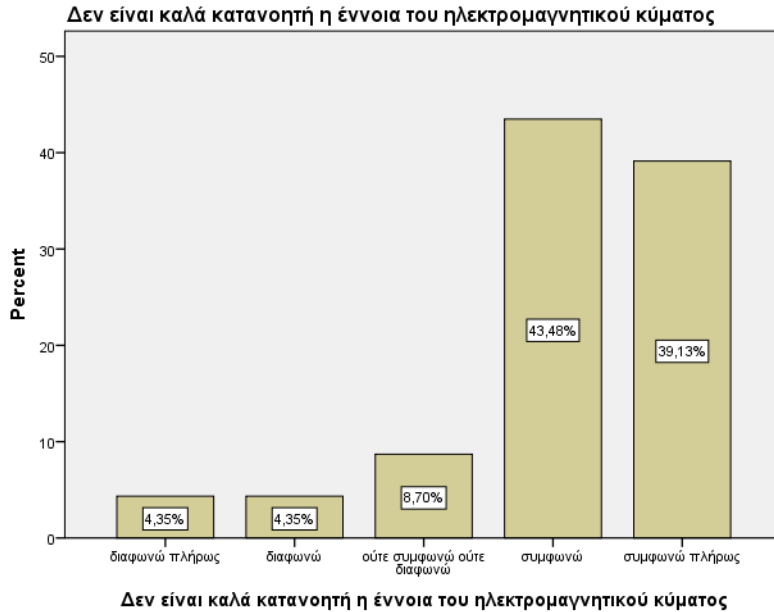
4.3. Δυσκολίες μάθησης

Η πλειοψηφία των μαθητών, σε ποσοστό 82,61%, συμφωνεί ή συμφωνεί πλήρως ότι η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου δεν είναι καλά κατανοητή. Το 8,70% ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί, ενώ το 8,70% διαφωνεί ή διαφωνεί πλήρως (Γράφημα 25).



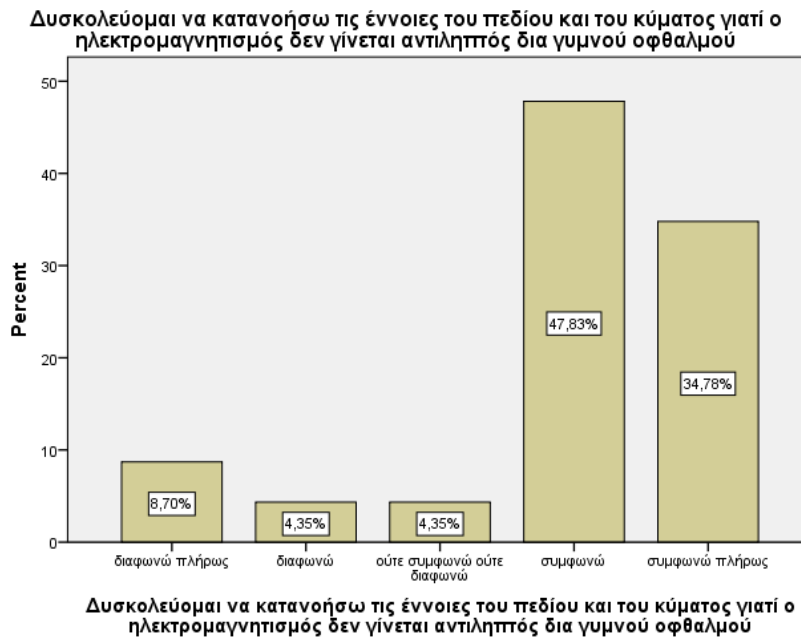
Γράφημα 25: Δεν είναι καλά κατανοητή η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου

Η πλειοψηφία των μαθητών, σε ποσοστό 82,61%, συμφωνεί ή συμφωνεί πλήρως ότι η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού κύματος δεν είναι καλά κατανοητή. Το 8,70% ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί, ενώ το 8,70% διαφωνεί ή διαφωνεί πλήρως (Γράφημα 26).



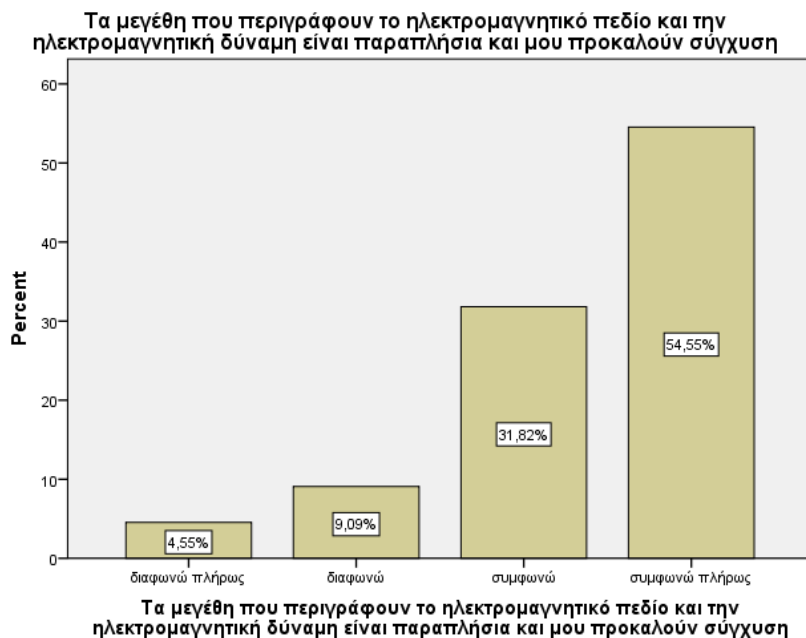
Γράφημα 26: Δεν είναι καλά κατανοητή η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού κύματος

Στην επόμενη ερώτηση, το ίδιο ποσοστό των μαθητών που αναφέρουν δυσκολία κατανόησης των εννοιών του κύματος και του πεδίου, συμφωνεί ή συμφωνεί πλήρως ότι αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο ηλεκτρομαγνητισμός δεν γίνεται αντιληπτός δια γυμνού οφθαλμού. Το 4,35% ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί, ενώ το 13,05% διαφωνεί ή διαφωνεί πλήρως. Φαίνεται ότι μία μικρή μερίδα των μαθητών, σε ποσοστό 4,35% δυσκολεύεται να κατανοήσει τις έννοιες του κύματος και του πεδίου χωρίς αυτό να οφείλεται στο ότι ο ηλεκτρομαγνητισμός δεν γίνεται αντιληπτός δια γυμνού οφθαλμού (Γράφημα 27).



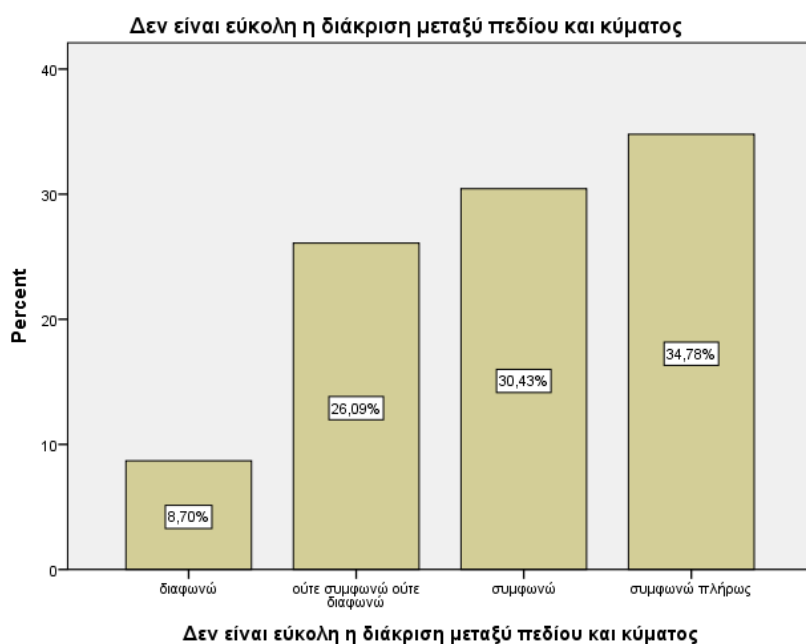
Γράφημα 27: Δυσκολεύομαι να κατανοήσω τις έννοιες του πεδίου και του κύματος γιατί ο ηλεκτρομαγνητισμός δεν γίνεται αντιληπτός δια γυμνού οφθαλμού

Το 86,37% των μαθητών συμφωνεί ή συμφωνεί πλήρως ότι τα μεγέθη που περιγράφουν το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και την ηλεκτρομαγνητική δύναμη είναι παραπλήσια και του προκαλούν σύγχυση. Το υπολειπόμενο 13,64% των μαθητών διαφωνεί ή διαφωνεί πλήρως (Γράφημα 28).



Γράφημα 28: Τα μεγέθη που περιγράφουν το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και την ηλεκτρομαγνητική δύναμη είναι παραπλήσια και μου προκαλούν σύγχυση

Το 65,21% των μαθητών συμφωνεί ή συμφωνεί πλήρως ότι δεν είναι εύκολη η διάκριση μεταξύ πεδίου και κύματος. Το 26,09% των μαθητών ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί, και το 8,70% διαφωνεί (Γράφημα 29).



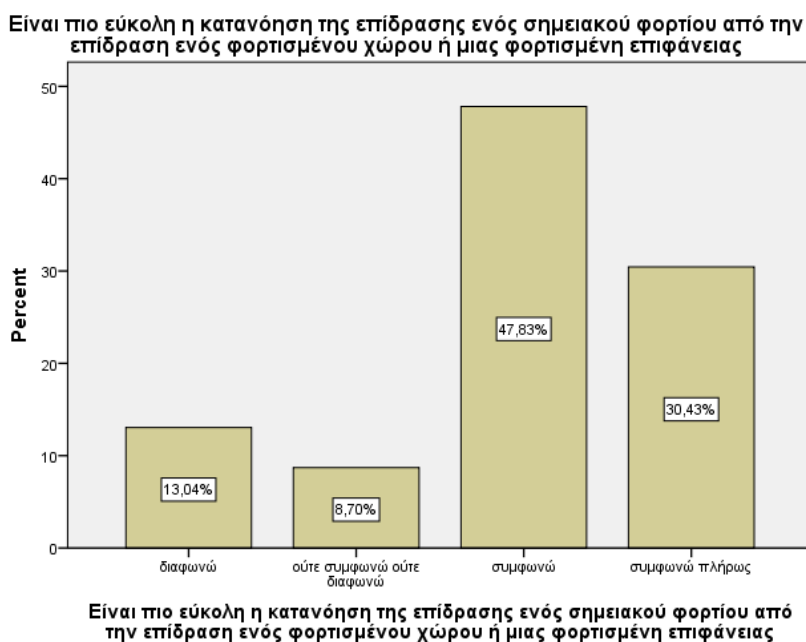
Γράφημα 29: Δεν είναι εύκολη η διάκριση μεταξύ πεδίου και κύματος

Το 86,95% των μαθητών συμφωνεί ή συμφωνεί πλήρως ότι δεν είναι εύκολα κατανοητό πώς η ενέργεια μεταδίδεται στο χώρο. Το 4,35% των μαθητών ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί, και το 8,70% διαφωνεί (Γράφημα 30).



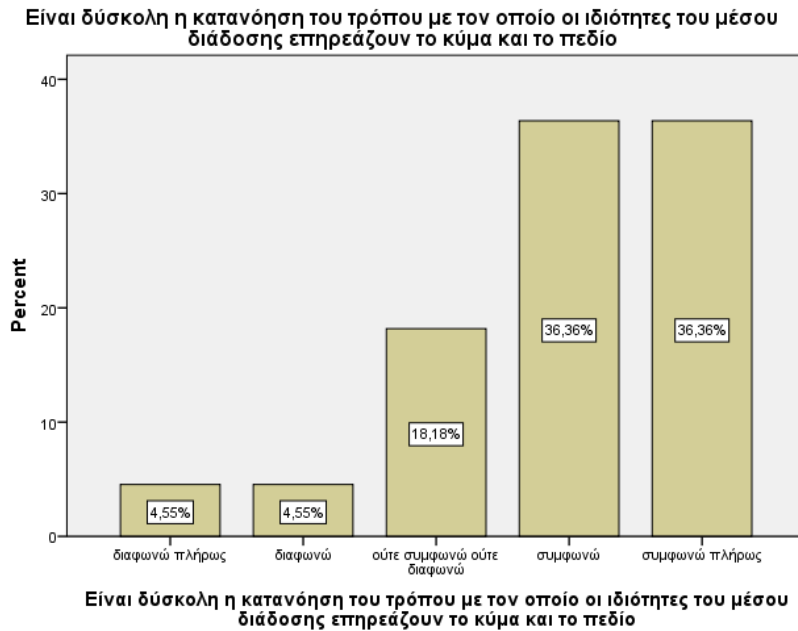
Γράφημα 30: Δεν είναι εύκολα κατανοητό πώς η ενέργεια μεταδίδεται στο χώρο

Το 78,26% των μαθητών συμφωνεί ή συμφωνεί πλήρως ότι είναι πιο εύκολη η κατανόηση της επίδρασης ενός σημειακού φορτίου από την επίδραση ενός φορτισμένου χώρου ή μιας φορτισμένη επιφάνειας. Το 8,70% των μαθητών ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί, και το 13,04% διαφωνεί (Γράφημα 31).



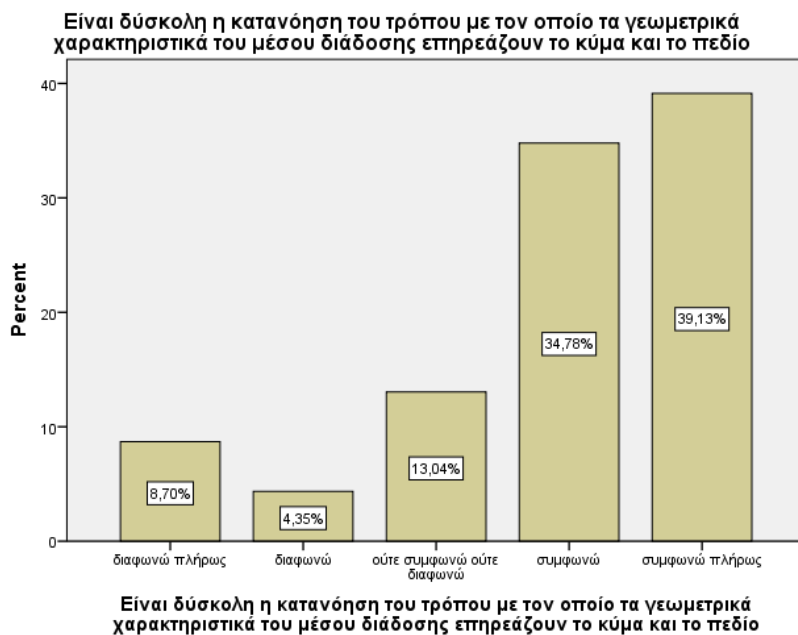
Γράφημα 31: Είναι πιο εύκολη η κατανόηση της επίδρασης ενός σημειακού φορτίου από την επίδραση ενός φορτισμένου χώρου ή μιας φορτισμένη επιφάνειας

Το 72,72% των μαθητών συμφωνεί ή συμφωνεί πλήρως ότι είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι ιδιότητες του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο. Το 18,18% των μαθητών ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί, και το 9,10% διαφωνεί ή διαφωνεί πλήρως (Γράφημα 32).



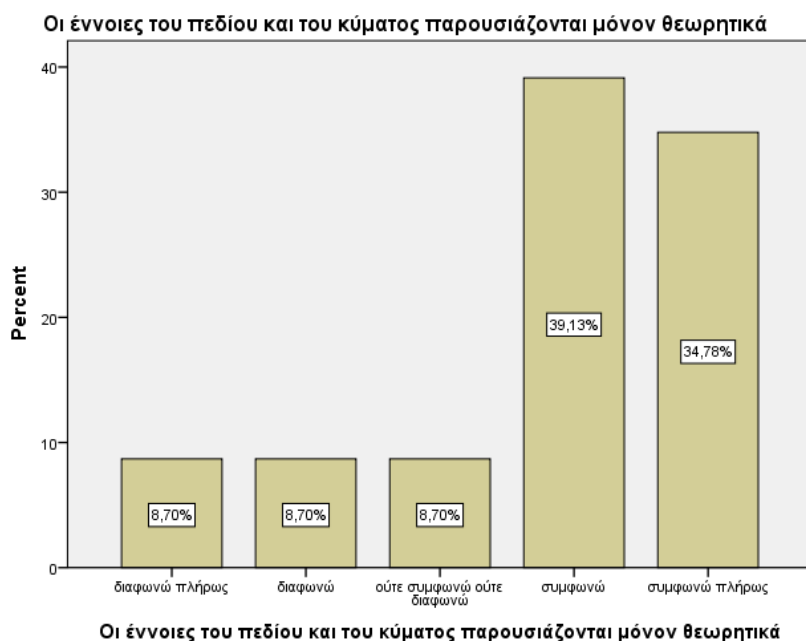
Γράφημα 32: Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι ιδιότητες του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο

Το 73,91% των μαθητών συμφωνεί ή συμφωνεί πλήρως ότι είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι ιδιότητες του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο. Το 13,04% των μαθητών ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί, και το 13,05% διαφωνεί ή διαφωνεί πλήρως (Γράφημα 33).



Γράφημα 33: Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο

Το 73,91% των μαθητών συμφωνεί ή συμφωνεί πλήρως ότι οι έννοιες του πεδίου και του κύματος παρουσιάζονται μόνον θεωρητικά. Το 8,70% των μαθητών ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί, και το 17,40% διαφωνεί ή διαφωνεί πλήρως (Γράφημα 34).



Γράφημα 34: Οι έννοιες του πεδίου και του κύματος παρουσιάζονται μόνον θεωρητικά

Το 78,26% των μαθητών συμφωνεί ή συμφωνεί πλήρως ότι οι έννοιες της ηλεκτρομαγνητικής δύναμης και της έντασης του πεδίου είναι συγκεχυμένες. Το 13,04% ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί, και το 8,70% διαφωνεί (Γράφημα 35).



Γράφημα 35: Οι έννοιες της ηλεκτρομαγνητικής δύναμης και της έντασης του πεδίου είναι συγκεχυμένες

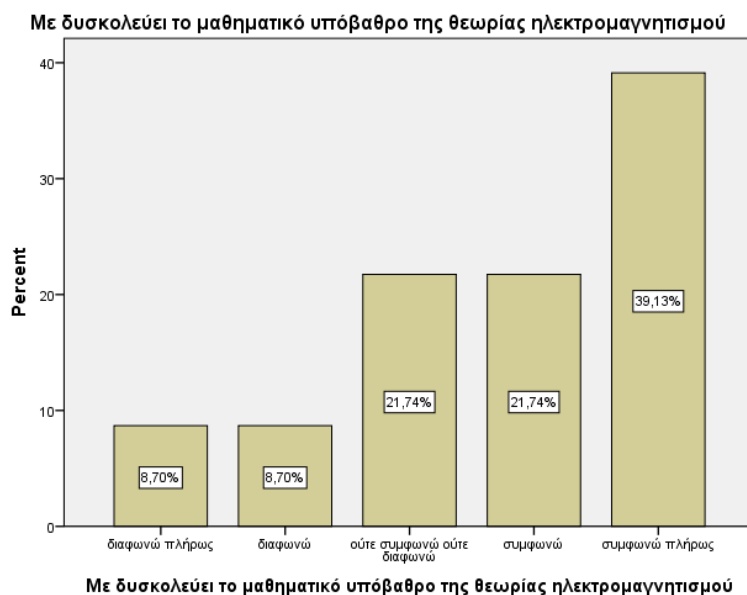
Το 69,56% των μαθητών συμφωνεί ή συμφωνεί πλήρως ότι είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το πεδίο μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου.

Το 17,39% ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί, και το 13,05% διαφωνεί ή διαφωνεί πλήρως (Γράφημα 36).



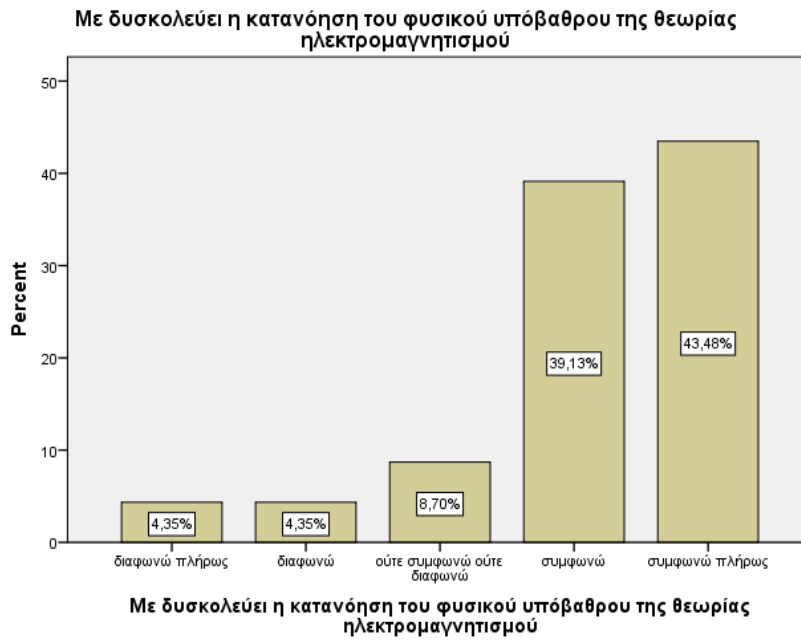
Γράφημα 36: Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το πεδίο μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου

Το 60,87% των μαθητών συμφωνεί ή συμφωνεί πλήρως ότι το δυσκολεύει το μαθηματικό υπόβαθρο της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού. Το 21,74% ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί, και το 17,40% διαφωνεί ή διαφωνεί πλήρως (Γράφημα 37).



Γράφημα 37: Με δυσκολεύει το μαθηματικό υπόβαθρο της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού

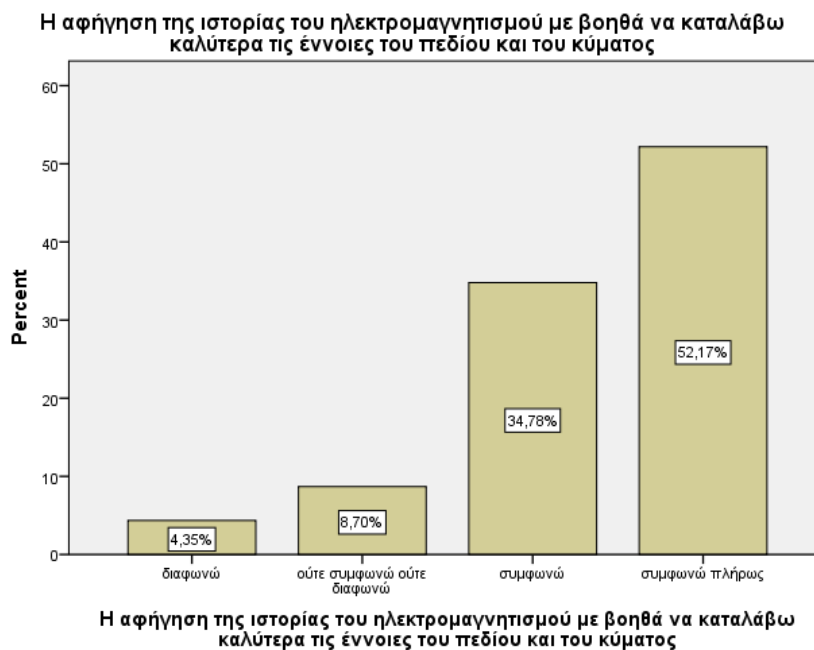
Το 82,61% των μαθητών συμφωνεί ή συμφωνεί πλήρως ότι το δυσκολεύει η κατανόηση του φυσικού υπόβαθρου της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού. Το 8,70% ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί, και το 8,70% διαφωνεί ή διαφωνεί πλήρως (Γράφημα 38).



Γράφημα 38: Με δυσκολεύει η κατανόηση του φυσικού υπόβαθρου της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού

4.4. Προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις

Το 86,95% των συμμετεχόντων συμφωνεί ή συμφωνεί πλήρως ότι η αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού βοηθά στην καλύτερη κατανόηση των εννοιών του πεδίου και του κύματος. Το 8,7% ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί και μόλις το 4,35% διαφωνεί (Γράφημα 39).

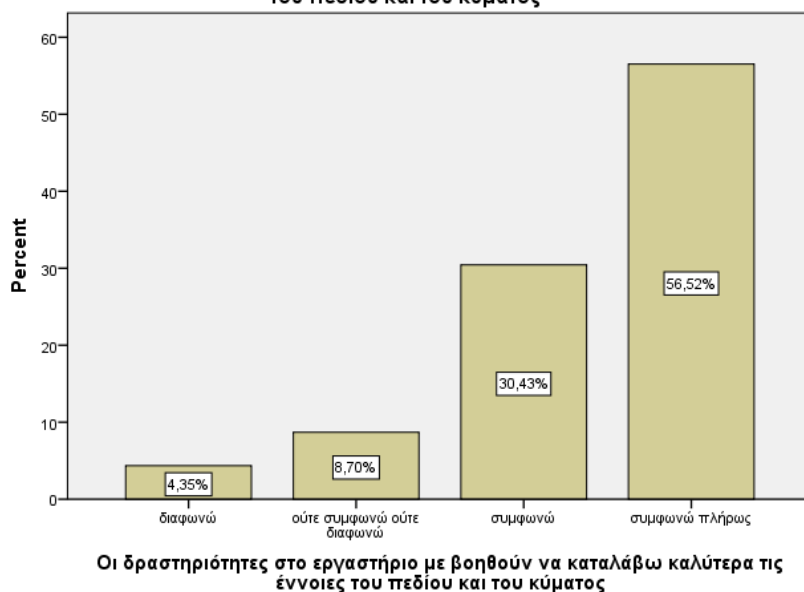


Γράφημα 39: Η αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος

Το 86,95% των συμμετεχόντων συμφωνεί ή συμφωνεί πλήρως ότι οι δραστηριότητες στο εργαστήριο βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση των εννοιών του πεδίου και του

κύματος. Το 8,7% ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί και μόλις το 4,35% διαφωνεί (Γράφημα 40).

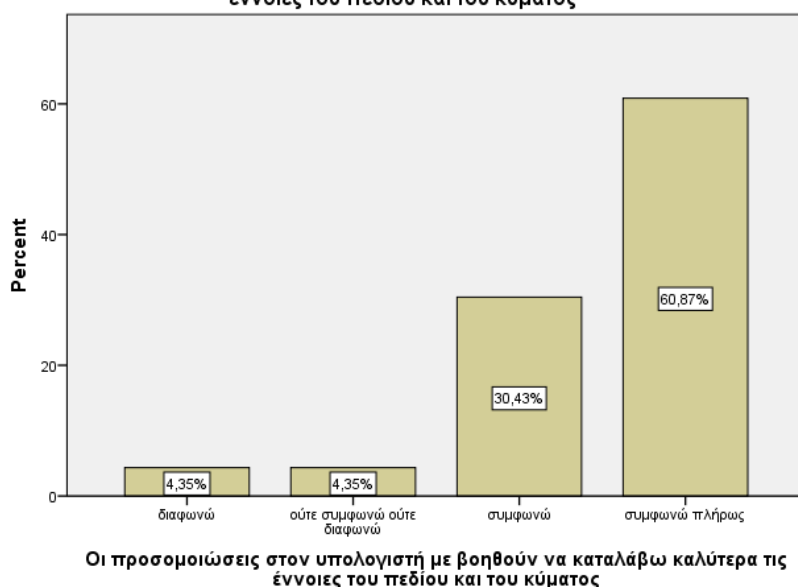
Οι δραστηριότητες στο εργαστήριο με βοηθούν να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος



Γράφημα 40: Οι δραστηριότητες στο εργαστήριο με βοηθούν να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος

Το 91,3% των συμμετεχόντων συμφωνεί ή συμφωνεί πλήρως ότι οι προσομοιώσεις στον υπολογιστή βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση των εννοιών του πεδίου και του κύματος. Το 4,35% ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί και το 4,35% διαφωνεί (Γράφημα 41).

Οι προσομοιώσεις στον υπολογιστή με βοηθούν να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος

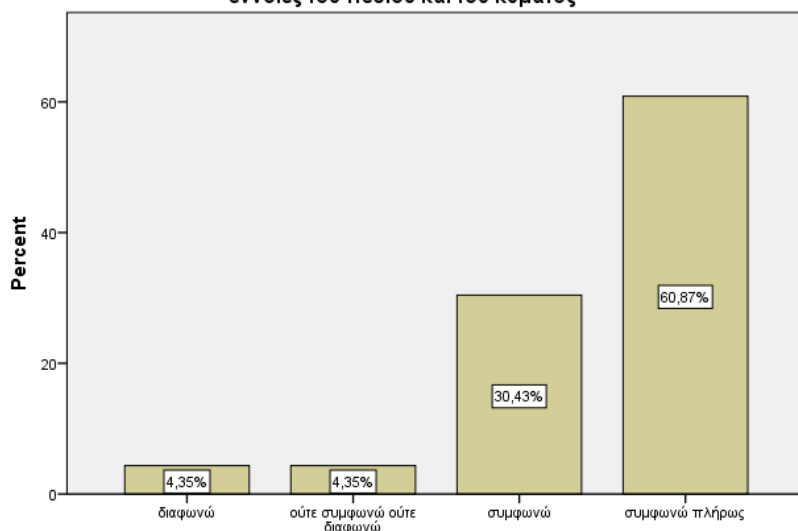


Γράφημα 41: Οι προσομοιώσεις στον υπολογιστή με βοηθούν να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος

Το 91,3% των συμμετεχόντων συμφωνεί ή συμφωνεί πλήρως ότι η παρακολούθηση εκπαιδευτικών βίντεο βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση των εννοιών του πεδίου και

του κύματος. Το 4,35% ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί και το 4,35% διαφωνεί (Γράφημα 42).

Η παρακολούθηση εκπαιδευτικών βίντεο με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος

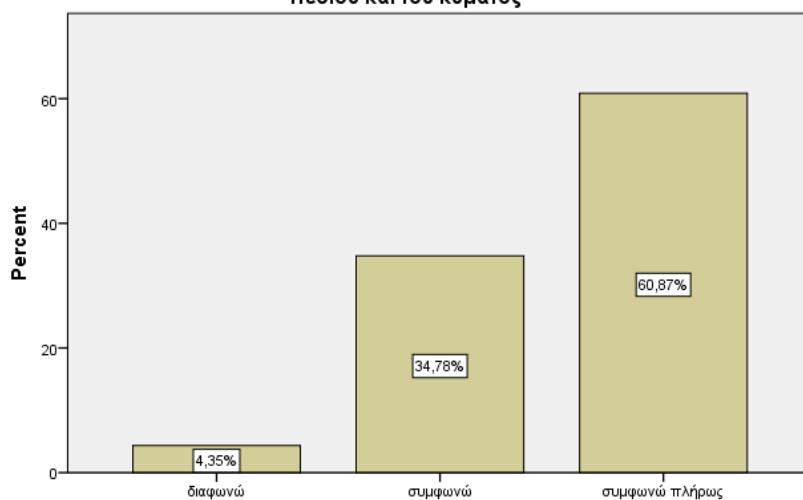


Η παρακολούθηση εκπαιδευτικών βίντεο με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος

Γράφημα 42: Η παρακολούθηση εκπαιδευτικών βίντεο με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος

Το 95,65% των συμμετεχόντων συμφωνεί ή συμφωνεί πλήρως ότι η προσομοίωση με χρήση κινούμενων σχεδίων όπου μπορούν να αλλάζω οι ιδιότητες του προβλήματος βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση των εννοιών του πεδίου και του κύματος. Μόλις το 4,35% διαφωνεί (Γράφημα 43).

Η προσομοίωση με χρήση κινούμενων σχεδίων όπου μπορώ να αλλάζω τις ιδιότητες του προβλήματος με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος



Η προσομοίωση με χρήση κινούμενων σχεδίων όπου μπορώ να αλλάζω τις ιδιότητες του προβλήματος με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος

Γράφημα 43: Η προσομοίωση με χρήση κινούμενων σχεδίων όπου μπορώ να αλλάζω τις ιδιότητες του προβλήματος με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος

4.5. Παράγοντες που διαμορφώνουν τις δυσκολίες μάθησης

Ελέγχθηκε η συσχέτιση των δημογραφικών χαρακτηριστικών με τις αναφερόμενες δυσκολίες μάθησης, με εκτέλεση ελέγχου συσχετίσεων με χρήση τεστ Pearson, καθώς οι μεταβλητές λαμβάνουν διακριτές τιμές. Ο έλεγχος των συσχετίσεων έγινε σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99%. Τα αναλυτικά αποτελέσματα από τους ελέγχους συσχετίσεων παρατίθενται στο Παράρτημα III.

Εντοπίζεται στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ανάμεσα στο μέσο όρο της βαθμολογίας και στη δυσκολία μάθησης «Δεν είναι καλά κατανοητή η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου». Η συσχέτιση είναι αρνητική, με το συντελεστή συσχέτισης να ισούται με $-0,436$. Ως εκ τούτου, για κάθε μονάδα που αυξάνεται ο μέσος όρος της βαθμολογίας των μαθητών μειώνεται η συμφωνία τους με την αναφερόμενη δυσκολία κατανόησης της έννοιας του του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου κατά $0,436$ μονάδες.

Επιπρόσθετα, εντοπίζεται στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ανάμεσα στις ώρες που διαβάζουν οι μαθητές εβδομαδιαίως και στη δυσκολία μάθησης «Οι έννοιες του πεδίου και του κύματος παρουσιάζονται μόνον θεωρητικά». Η συσχέτιση είναι θετική, με το συντελεστή συσχέτισης να ισούται με $0,480$. Ως εκ τούτου, όσο περισσότερο διαβάζουν οι μαθητές εβδομαδιαίως, τόσο περισσότερο τους δυσκολεύει η θεωρητική παρουσίαση των εννοιών του πεδίου και του κύματος.

4.6. Παράγοντες που διαμορφώνουν τις προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις

Ομοίως, ελέγχθηκε η συσχέτιση των δημογραφικών χαρακτηριστικών και των αναφερόμενων δυσκολιών μάθησης με τις προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις, με εκτέλεση ελέγχου συσχετίσεων με χρήση τεστ Pearson, καθώς οι μεταβλητές λαμβάνουν διακριτές τιμές. Ο έλεγχος των συσχετίσεων έγινε σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% και 99%. Τα αναλυτικά αποτελέσματα από τους ελέγχους συσχετίσεων παρατίθενται στο Παράρτημα III.

Κανένα δημογραφικό χαρακτηριστικό δε σχετίζεται με τις προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις με στατιστικά σημαντική συσχέτιση σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% ή άνω. Ωστόσο, εντοπίζεται ενδιαφέρουσες συσχετίσεις ανάμεσα στις αναφερόμενες δυσκολίες μάθησης και στις προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις, ως εξής:

Η δυσκολία μάθησης «Δυσκολεύομαι να κατανοήσω τις έννοιες του πεδίου και του κύματος γιατί ο ηλεκτρομαγνητισμός δεν γίνεται αντιληπτός δια γυμνού οφθαλμού» σχετίζεται στατιστικά σημαντικά με τις κάτωθι προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις:

- «αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% με συντελεστή συσχέτισης 0,603
- «παρακολούθηση εκπαιδευτικών βίντεο» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,488
- «προσομοίωση με χρήση κινούμενων σχεδίων όπου μπορώ να αλλάζω τις ιδιότητες του προβλήματος» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,459

Η δυσκολία μάθησης «Τα μεγέθη που περιγράφουν το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και την ηλεκτρομαγνητική δύναμη είναι παραπλήσια και μου προκαλούν σύγχυση» σχετίζεται στατιστικά σημαντικά με την προτιμώμενη διδακτική προσέγγιση «αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,438.

Η δυσκολία μάθησης «Δεν είναι εύκολη η διάκριση μεταξύ πεδίου και κύματος» σχετίζεται στατιστικά σημαντικά με όλες τις προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις:

- «αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% με συντελεστή συσχέτισης 0,690
- «δραστηριότητες στο εργαστήριο» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% με συντελεστή συσχέτισης 0,531
- «προσομοιώσεις στον υπολογιστή» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% με συντελεστή συσχέτισης 0,603
- «παρακολούθηση εκπαιδευτικών βίντεο» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,471
- «προσομοίωση με χρήση κινούμενων σχεδίων όπου μπορώ να αλλάζω τις ιδιότητες του προβλήματος» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,455

Η δυσκολία μάθησης «Δεν είναι εύκολα κατανοητό πώς η ενέργεια μεταδίδεται στο χώρο» σχετίζεται στατιστικά σημαντικά με όλες τις προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις:

- «αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% με συντελεστή συσχέτισης 0,682
- «δραστηριότητες στο εργαστήριο» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,456
- «προσομοιώσεις στον υπολογιστή» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% με συντελεστή συσχέτισης 0,601
- «παρακολούθηση εκπαιδευτικών βίντεο» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% με συντελεστή συσχέτισης 0,601
- «προσομοίωση με χρήση κινούμενων σχεδίων όπου μπορώ να αλλάζω τις ιδιότητες του προβλήματος» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% με συντελεστή συσχέτισης 0,571

Η δυσκολία μάθησης «Είναι πιο εύκολη η κατανόηση της επίδρασης ενός σημειακού φορτίου από την επίδραση ενός φορτισμένου χώρου ή μιας φορτισμένη επιφάνειας» σχετίζεται στατιστικά σημαντικά με όλες τις προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις:

- «αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% με συντελεστή συσχέτισης 0,635
- «δραστηριότητες στο εργαστήριο» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,479
- «προσομοιώσεις στον υπολογιστή» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,476
- «παρακολούθηση εκπαιδευτικών βίντεο» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,476
- «προσομοίωση με χρήση κινούμενων σχεδίων όπου μπορώ να αλλάζω τις ιδιότητες του προβλήματος» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,464

Η δυσκολία μάθησης «Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι ιδιότητες του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο» σχετίζεται στατιστικά σημαντικά με τις κάτωθι προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις:

- «αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,533
- «προσομοιώσεις στον υπολογιστή» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,440

Η δυσκολία μάθησης «Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο» σχετίζεται στατιστικά σημαντικά με όλες τις προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις:

- «αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% με συντελεστή συσχέτισης 0,751
- «δραστηριότητες στο εργαστήριο» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,493
- «προσομοιώσεις στον υπολογιστή» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% με συντελεστή συσχέτισης 0,613
- «παρακολούθηση εκπαιδευτικών βίντεο» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% με συντελεστή συσχέτισης 0,471
- «προσομοίωση με χρήση κινούμενων σχεδίων όπου μπορώ να αλλάζω τις ιδιότητες του προβλήματος» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% με συντελεστή συσχέτισης 0,588

Η δυσκολία μάθησης «Οι έννοιες του πεδίου και του κύματος παρουσιάζονται μόνον θεωρητικά» σχετίζεται στατιστικά σημαντικά με τις κάτωθι προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις:

- «αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% με συντελεστή συσχέτισης 0,537
- «δραστηριότητες στο εργαστήριο» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,514

- «παρακολούθηση εκπαιδευτικών βίντεο» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,431
- «προσομοίωση με χρήση κινούμενων σχεδίων όπου μπορώ να αλλάζω τις ιδιότητες του προβλήματος» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,495

Η δυσκολία μάθησης «Οι έννοιες της ηλεκτρομαγνητικής δύναμης και της έντασης του πεδίου είναι συγκεχυμένες» σχετίζεται στατιστικά σημαντικά με την προτιμώμενη διδακτική προσέγγιση «αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,490.

Η δυσκολία μάθησης «Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το πεδίο μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου» σχετίζεται στατιστικά σημαντικά με τις κάτωθι προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις:

- «αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% με συντελεστή συσχέτισης 0,602
- «προσομοιώσεις στον υπολογιστή» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,438
- «παρακολούθηση εκπαιδευτικών βίντεο» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,438
- «προσομοίωση με χρήση κινούμενων σχεδίων όπου μπορώ να αλλάζω τις ιδιότητες του προβλήματος» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,508

Η δυσκολία μάθησης «Με δυσκολεύει το μαθηματικό υπόβαθρο της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού» σχετίζεται στατιστικά σημαντικά με τις κάτωθι προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις:

- «αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% με συντελεστή συσχέτισης 0,573
- «προσομοιώσεις στον υπολογιστή» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% με συντελεστή συσχέτισης 0,468

Τέλος, η δυσκολία μάθησης «Με δυσκολεύει η κατανόηση του φυσικού υπόβαθρου της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού» σχετίζεται στατιστικά σημαντικά με την προτιμώμενη διδακτική προσέγγιση «αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού» σε επίπεδο εμπιστοσύνης 99% με συντελεστή συσχέτισης 0,537.

4.7. Συζήτηση

Το δείγμα της έρευνας αποτελείται από 23 μαθητές, ως επί το πλείστο κορίτσια, με μέση ηλικία 16,78 έτη, οι οποίοι φοιτούν στη Γ' Λυκείου, κατά πλειοψηφία, και στην Α' Λυκείου. Ο μέσος όρος της βαθμολογίας των συμμετεχόντων μαθητών στο προηγούμενο έτος ήταν 16,40. Όλοι οι μαθητές παρακολουθούν μαθήματα και σε φροντιστήριο, ενώ οκτώ στους δέκα μαθητές διαβάζει περισσότερες από πέντε ώρες ανά εβδομάδα και σχεδόν επτά στους δέκα μαθητές δαπανά από επτά έως δώδεκα ώρες την εβδομάδα στο φροντιστήριο. Ως εκ τούτου, το δείγμα της έρευνας αποτελείται από μαθητές οι οποίοι μελετούν επιμελώς στο σπίτι και σε φροντιστήρια και επιτυγχάνουν καλές βαθμολογίες. Σχεδόν όλοι οι μαθητές γνωρίζουν την εξίσωση η οποία συνδέει την ένταση του ηλεκτροστατικού πεδίου με τη δύναμη που ασκείται σε ένα φορτίο q , ενώ τουλάχιστον οκτώ στους δέκα μαθητές γνωρίζει τη σχέση της διεύθυνσης της δύναμης του ηλεκτροστατικού πεδίου και του φορτίου που δημιουργεί ένα πεδίο. Επιπλέον, εννέα στους δέκα μαθητές γνωρίζει ότι η ηλεκτρική ροή εξαρτάται από το πλήθος των δυναμικών γραμμών του πεδίου. Επτά στους δέκα μαθητές γνωρίζουν την εφαρμογή του νόμου του Gauss, καθώς και τη σχέση μεταξύ της διηλεκτρικής σταθεράς ενός υλικού και της χωρητικότητας ενός πυκνωτή.

Οι περισσότεροι μαθητές περιγράφουν το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο ως χώρο και ως αποτέλεσμα της άσκησης μαγνητικών δυνάμεων, χρησιμοποιώντας διαφορετική φρασεολογία, ενώ οι περισσότεροι μαθητές περιγράφουν το ηλεκτρομαγνητικό κύμα ως κίνηση η οποία σχετίζεται με μαγνητικές δυνάμεις.

Οκτώ στους δέκα μαθητές γνωρίζει ότι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα οφείλονται στην παρουσία ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, ενώ περισσότεροι από επτά στους δέκα μαθητές γνωρίζουν ότι τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία δεν δημιουργούνται από την παρουσία ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Εντοπίζεται σημαντικό έλλειμμα στη γνώση για το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, καθώς σχεδόν επτά στους δέκα μαθητές δείχνει να μη γνωρίζει ότι πρόκειται για ένα διανυσματικό μέγεθος. Αντίστροφα, σχεδόν οκτώ στους δέκα μαθητές γνωρίζουν ότι το ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι ένα διανυσματικό

μέγεθος, με σχεδόν επτά στους δέκα μαθητές να γνωρίζουν ότι το κύμα και το πεδίο έχουν ίδια φορά και διεύθυνση και με εννιά στους δέκα μαθητές να γνωρίζουν ότι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μπορούν να διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το μήκος κύματος. Περισσότεροι από επτά στους δέκα μαθητές γνωρίζουν τη σχέση με την οποία συνδέονται η κυκλική συχνότητα ενός κύματος και η ενέργεια του κύματος, και τη σχέση με την οποία συνδέονται το πλάτος ενός κύματος και η ισχύς του. Τέλος εντοπίζεται έλλειμα σε ό,τι αφορά στην επίδραση του συντελεστή διάθλασης ενός μέσου διάδοσης στην ταχύτητα ενός κύματος, καθώς μόλις τέσσερις στους δέκα γνωρίζουν ότι τα δύο αυτά μεγέθη είναι αντιστρόφως ανάλογα.

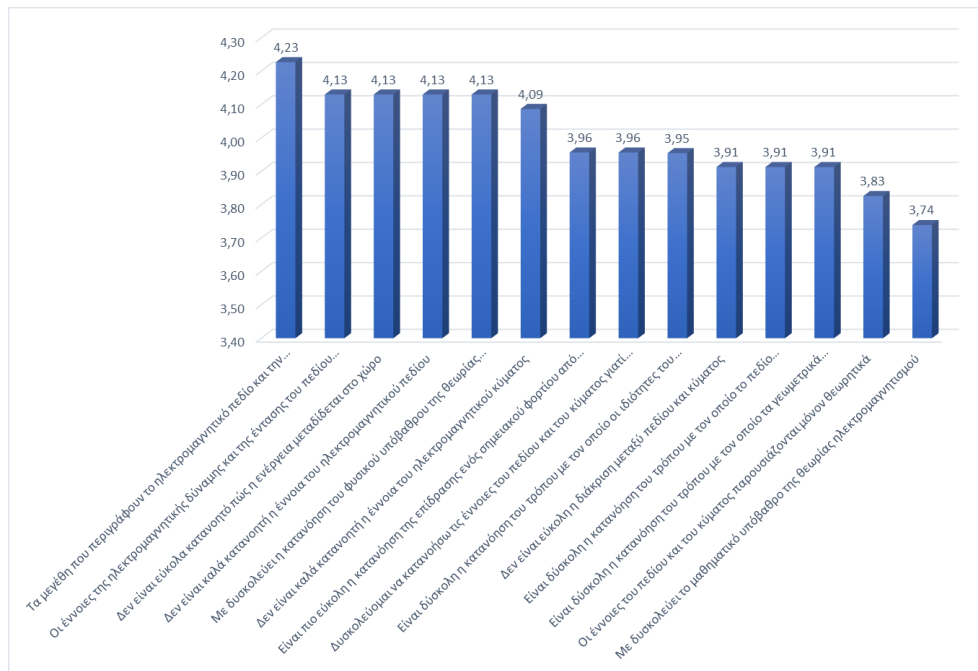
Για την καλύτερη κατανόηση των δυσκολιών μάθησης που εντοπίζονται στο δείγμα της έρευνας υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι, η διακύμανση και η τυπική απόκλιση των μεταβλητών με τις οποίες μετρήθηκαν οι δυσκολίες μάθησης (Πίνακας 1). Ενδιαφέρον συγκεντρώνει το γεγονός ότι όλοι οι μαθητές τουλάχιστον συμφωνούν με όλες τις εξεταζόμενες δυσκολίες μάθησης, καθώς οι μέσοι όροι όλων των μεταβλητών είναι άνω του 3, σε μία κλίμακα Likert 5 βαθμών.

Πίνακας 1: Δυσκολίες μάθησης – περιγραφικά στατιστικά

Descriptive Statistics				
	N	Mean	Std. Deviation	Variance
Τα μεγέθη που περιγράφουν το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και την ηλεκτρομαγνητική δύναμη είναι παραπλήσια και μου προκαλούν σύγχυση	22	4,2273	1,15189	1,327
Οι έννοιες της ηλεκτρομαγνητικής δύναμης και της έντασης του πεδίου είναι συγκεχυμένες	23	4,1304	,96786	,937
Δεν είναι εύκολα κατανοητό πώς η ενέργεια μεταδίδεται στο χώρο	23	4,1304	,86887	,755
Δεν είναι καλά κατανοητή η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου	23	4,1304	1,05763	1,119
Με δυσκολεύει η κατανόηση του φυσικού υπόβαθρου της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού	23	4,1304	1,05763	1,119
Δεν είναι καλά κατανοητή η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού κύματος	23	4,0870	1,04067	1,083
Είναι πιο εύκολη η κατανόηση της επίδρασης ενός σημειακού φορτίου από την επίδραση ενός φορτισμένου χώρου ή μιας φορτισμένης επιφάνειας	23	3,9565	,97600	,953
Δυσκολεύομαι να κατανοήσω τις έννοιες του πεδίου και του κύματος γιατί ο ηλεκτρομαγνητισμός δεν γίνεται αντιληπτός δια γυμνού οφθαλμού	23	3,9565	1,18622	1,407
Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι ιδιότητες του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο	22	3,9545	1,09010	1,188
Δεν είναι εύκολη η διάκριση μεταξύ πεδίου και κύματος	23	3,9130	,99604	,992

Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το πεδίο μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου	23	3,9130	1,16436	1,356
Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο	23	3,9130	1,23998	1,538
Οι έννοιες του πεδίου και του κύματος παρουσιάζονται μόνον θεωρητικά	23	3,8261	1,26678	1,605
Με δυσκολεύει το μαθηματικό υπόβαθρο της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού	23	3,7391	1,32175	1,747
Valid N (listwise)	21			

Η επικρατέστερη δυσκολία μάθησης εντοπίζεται στη σύγχυση των μαθητών μεταξύ των μεγεθών που περιγράφουν το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και τη δύναμη, με μέσο όρο 4,22 σε κλίμακα Likert από ένα έως το πέντε. Ακολούθως, δυσκολίες μάθησης εντοπίζονται στη σύγχυση ανάμεσα στις έννοιες της ηλεκτρομαγνητικής δύναμης και της έντασης του πεδίου, στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η ενέργεια μεταδίδεται στο χώρο, στην κατανόηση της έννοιας του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και στην κατανόηση του φυσικού υπόβαθρου της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού, με μέσο όρο 4,13 σε κλίμακα Likert από ένα έως το πέντε και στην κατανόηση της έννοιας του ηλεκτρομαγνητικού κύματος, με μέσο όρο 4,09 σε κλίμακα Likert από ένα έως το πέντε. Επιπλέον, δυσκολίες μάθησης εντοπίζονται στην καλύτερη κατανόηση της επίδρασης ενός σημειακού φορτίου από την επίδραση ενός φορτισμένου χώρου ή μιας φορτισμένη επιφάνειας, στην κατανόηση των εννοιών του πεδίου και του κύματος γιατί ο ηλεκτρομαγνητισμός δεν γίνεται αντιληπτός δια γυμνού οφθαλμού και στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι ιδιότητες του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο, με μέσο όρο 3,96 σε κλίμακα Likert από ένα έως το πέντε. Επιπρόσθετα, δυσκολίες μάθησης εντοπίζονται στη διάκριση μεταξύ πεδίου και κύματος, στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το πεδίο μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου και στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο, με μέσο όρο 3,91 σε κλίμακα Likert από ένα έως το πέντε. Τέλος, δυσκολίες μάθησης εντοπίζονται εξαιτίας της θεωρητικής παρουσίασης των εννοιών του πεδίου και του κύματος και εξαιτίας του μαθηματικού υπόβαθρου της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού, με μέσο όρο 3,83 και 3,74 αντίστοιχα σε κλίμακα Likert από ένα έως το πέντε (Γράφημα 44).



Γράφημα 44: Ταξινόμηση δυσκολιών μάθησης

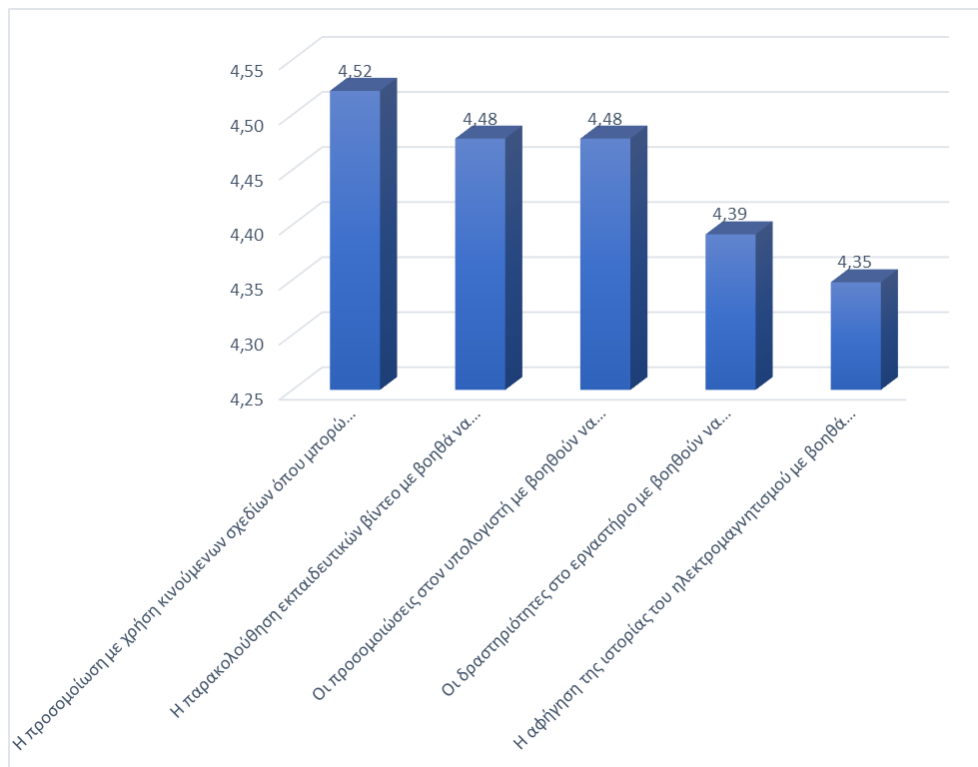
Τέλος, ταξινομήθηκαν οι προτιμώμενες από τους μαθητές, οι οποίοι συμμετείχαν στην έρευνα, διδακτικές προσεγγίσεις με υπολογισμό των μέσων όρων, των διακυμάνσεων και των τυπικών αποκλίσεων των μεταβλητών με τις οποίες μετρήθηκαν οι προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις (

Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις – περιγραφικά στατιστικά

Descriptive Statistics				
	N	Mean	Std. Deviation	Variance
Η προσομοίωση με χρήση κινούμενων σχεδίων όπου μπορώ να αλλάζω τις ιδιότητες του προβλήματος με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος	23	4,5217	,73048	,534
Η παρακολούθηση εκπαιδευτικών βίντεο με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος	23	4,4783	,79026	,625
Οι προσομοιώσεις στον υπολογιστή με βοηθούν να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος	23	4,4783	,79026	,625
Οι δραστηριότητες στο εργαστήριο με βοηθούν να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος	23	4,3913	,83878	,704
Η αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος	23	4,3478	,83168	,692

Η περισσότερο προτιμώμενη διδακτική προσέγγιση είναι η χρήση προσομοιώσεων με χρήση κινούμενων σχεδίων, όπου οι μαθητές μπορούν να αλλάζουν τις μεταβλητές του προβλήματος, με μέσο όρο 4,52 σε κλίμακα Likert από ένα έως το πέντε. Ακολούθως, με μέσο όρο 4,48 σε κλίμακα Likert από ένα έως το πέντε, οι μαθητές προτιμούν να γίνεται χρήση εκπαιδευτικών βίντεο και γενικά προσομοιώσεων. Τέλος, με μέσο όρο 4,39 και 4,35 αντίστοιχα, σε κλίμακα Likert από ένα έως το πέντε, οι μαθητές προτιμούν τις δραστηριότητες στο εργαστήριο και την αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού, ως προσεγγίσεις που θα βοηθήσουν την καλύτερη κατανόηση των εννοιών του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και του κύματος (Γράφημα 45).



Γράφημα 45: Ταξινόμηση προτιμώμενων διδακτικών προσεγγίσεων

Μεταξύ των αναφερόμενων δυσκολιών μάθησης, διακρίνεται ότι όσο καλύτερη είναι η βαθμολογία των μαθητών τόσο λιγότερο τους δυσκολεύει να κατανοήσουν την έννοια του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, ενώ όσο περισσότερες ώρες διαβάζουν εβδομαδιαίως, τόσο περισσότερο τους δυσκολεύει η θεωρητική παρουσίαση των εννοιών του πεδίου και του κύματος. Εντοπίζεται ότι όσο περισσότερο εμβαθύνουν οι μαθητές, τόσο περισσότερες απορίες του δημιουργούνται. Κανένα άλλο δημογραφικό χαρακτηριστικό δε σχετίζεται με τις αναφερόμενες δυσκολίες μάθησης. Ομοίως, κανένα δημογραφικό χαρακτηριστικό δε σχετίζεται με τις προτιμώμενες διδακτικές

προσεγγίσεις. Ωστόσο, οι προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις σχετίζονται με τις περισσότερες από τις δυσκολίες μάθησης θετικά, με εξαίρεση τις δυσκολίες μάθησης «Δεν είναι καλά κατανοητή η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου» και «Δεν είναι καλά κατανοητή η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού κύματος» οι οποίες φαίνεται ότι δε διαμορφώνουν προτιμήσεις στους μαθητές για τις διδακτικές προσεγγίσεις.

Συμπεράσματα

Στο τμήμα αυτό εξάγονται συμπεράσματα αρχικά από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση και εν συνεχεία από την ανάλυση των δεδομένων τα οποία συλλέχθηκαν μέσω διανομής ερωτηματολογίου. Επιπλέον γίνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα και σχολιάζονται περιορισμοί οι οποίοι ανέκυψαν κατά τη συγγραφή της παρούσης.

Μολονότι ο ηλεκτρομαγνητισμός και εν γένει η φυσική είναι ένα από τα διδακτικά αντικείμενα με τα οποία έρχονται σε τριβή οι μαθητές και φοιτητές από τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και έπειτα, και παρόλο που η κυματική θεωρία και η θεωρία του ηλεκτρομαγνητισμού έχουν θεμελιώδη σημασία για τη διαμόρφωση του τρόπου σκέψης των μαθητών και για την εκπαίδευσή τους, εντούτοις η έκταση και το βάθος στο οποίο διδάσκονται δεν είναι ανάλογη της σημασίας τους. Σύμφωνα με πολλές μελέτες, προκύπτει ότι οι μαθητές δεν προλαβαίνουν να εμβαθύνουν αρκετά στις σχετικές έννοιες, και ότι οι τρόποι με τους οποίους διδάσκονται οι σχετικές έννοιες δεν είναι συμβατοί με τον τρόπο σκέψης και των μαθητών. Από τη βιβλιογραφία, προκύπτει ότι σημαντική είναι η συνεισφορά της ιστορικής αφήγησης της θεωρίας του ηλεκτρομαγνητισμού και της κυματικής, η χρήση διαδραστικών μέσων, προσομοιώσεων και εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων στο εργαστήριο, καθώς βελτιώνεται η κατανόηση των μαθητών. Επιπλέον, οι κυριότερες δυσκολίες μάθησης σχετίζονται με την πολυπλοκότητα και τη σύγχυση των εννοιών του ηλεκτρομαγνητισμού και της κυματικής, αλλά και με το σχετικό μαθηματικό υπόβαθρο που απαιτείται για την σε βάθος κατανόησή τους.

Από την έρευνα η οποία διεξήχθη σε 23 μαθητές της Γ' και Α' Λυκείου, με μέσο όρο βαθμολογίας 16,4 και με όλους τους μαθητές να παρακολουθούν μαθήματα και σε φροντιστήριο εξάγονται πολύτιμα συμπεράσματα όσον αφορά στο επίπεδο της γνώσης τους, στις δυσκολίες μάθησης και στις προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις για το πεδίο και το κύμα. Το δείγμα της έρευνας αποτελείται από μαθητές οι οποίοι μελετούν επιμελώς στο σπίτι και σε φροντιστήρια και επιτυγχάνουν καλές βαθμολογίες. Σχεδόν όλοι οι μαθητές γνωρίζουν τις βασικές αρχές του ηλεκτρομαγνητισμού καθώς απάντησαν ορθά σε σχετικές ερωτήσεις. Κενά στη γνώση τους γύρω από τα πεδία εντοπίζεται σε ό,τι αφορά στη γνώση ότι το πεδίο ένα διανυσματικό μέγεθος και σε ό,τι αφορά στη γνώση τους γύρω από το κύμα στη συσχέτιση του συντελεστή διάθλασης ενός μέσου διάδοσης με την ταχύτητα ενός κύματος.

Εντοπίζεται ότι όλες οι εξεταζόμενες δυσκολίες μάθησης προβληματίζουν την πλειοψηφία των μαθητών, με επικρατέστερη τη σύγχυση ανάμεσα στα μεγέθη που περιγράφουν το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και τη δύναμη. Επιπρόσθετα, εντοπίζεται ότι η πλειοψηφία των μαθητών συμφωνεί με όλες τις προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις οι οποίες εξετάστηκαν, με επικρατέστερη τη χρήση δυναμικών προσομοιώσεων και κινούμενων σχεδίων, όπου οι μαθητές μπορούν να αλλάζουν τις μεταβλητές κάθε προβλήματος.

Απαντώντας στο πέμπτο ερευνητικό ερώτημα προκύπτει ότι όσο καλύτερη είναι η βαθμολογία των μαθητών τόσο λιγότερο τους δυσκολεύει να κατανοήσουν την έννοια του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, και ότι όσο περισσότερες ώρες διαβάζουν εβδομαδιαίως, τόσο περισσότερο τους δυσκολεύει η θεωρητική παρουσίαση των εννοιών του πεδίου και του κύματος. Εντοπίζεται ότι όσο περισσότερο εμβαθύνουν οι μαθητές, τόσο περισσότερες απορίες του δημιουργούνται. Κανένα άλλο δημογραφικό χαρακτηριστικό δε σχετίζεται με τις αναφερόμενες δυσκολίες μάθησης.

Απαντώντας στο έκτο και τελευταίο ερευνητικό ερώτημα, προκύπτει ότι κανένα δημογραφικό χαρακτηριστικό δε σχετίζεται με τις προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις, αλλά ότι οι προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις σχετίζονται με τις περισσότερες από τις δυσκολίες μάθησης θετικά, με εξαίρεση τις δυσκολίες μάθησης «Δεν είναι καλά κατανοητή η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου» και «Δεν είναι καλά κατανοητή η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού κύματος» οι οποίες προκύπτει ότι δε διαμορφώνουν προτιμήσεις στους μαθητές για τις διδακτικές προσεγγίσεις.

Σε ό,τι αφορά σε περιορισμούς για τη γενίκευση των αποτελεσμάτων της παρούσης έρευνας, εντοπίζεται σημαντικός περιορισμός ο οποίος απορρέει από το μέγεθος του δείγματος, και ως εκ τούτου τα συμπεράσματα της παρούσης έρευνας μπορεί να περιορίζονται αποκλειστικά σε μαθητές που έχουν τα ίδια δημογραφικά χαρακτηριστικά με αυτούς του αναλυθέντος δείγματος.

Τέλος, σε ό,τι αφορά σε προτάσεις για μελλοντική έρευνα, προτείνεται η αξιοποίηση της παρούσης έρευνας ως πιλοτικής για τη διεξαγωγή μίας έρευνας με μεγαλύτερο δείγμα, το οποίο θα πρέπει να σταθμιστεί με ίσα βάρη σε μαθητές και των τριών τάξεων του λυκείου, προκειμένου να προκύψουν συμπεράσματα τα οποία θα μπορούν να χαρακτηρίζουν τις διδακτικές προσεγγίσεις και τις δυσκολίες μάθησης των εννοιών του κύματος και του πεδίου σε όλες τις τάξεις του λυκείου.

Βιβλιογραφία

Ambarwati, D. & Suyatna, A., 2018. Interactive design for self-study and developing students' critical thinking skills in electromagnetic radiation topic. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*, Τόμος 948, pp. 1-9.

Ambrose, B., Heron, P., Vokos, S. & McDermott, L., 1999. Student understanding of light as an electromagnetic wave: Relating the formalism to physical phenomena. *American Journal of Physics*, 67(10), pp. 891-898.

Angell, C., Guttersrud, Ø., Henriksen, E. & Isnes, A., 2004. Physics: Frightful, but fun. Pupils' and teachers' views of physics and physics teaching. *Science education*, 88(5), pp. 683-706.

Bagno, E. & Eylon, B., 1997. From problem solving to a knowledge structure: An example from the domain of electromagnetism. *American Journal of Physics*, 65(8), p. 726–736.

Bentri, A., 2019. Preliminary research of developing a research-based learning model integrated by scientific approach on physics learning in senior high school. *Journal of Physics: Conference Series* , 1185(1), p. 012041.

Calfee, R., 1981. Chapter 1: Cognitive psychology and educational practice. *Review of research in education*, 9(1), pp. 3-73.

Cao, Y. & Brizuela, B., 2016. High school students' representations and understandings of electric fields. *Physical Review Physics Education Research*, 12(2), p. 020102.

- Dori, Y. J. & Belcher, J., 2005. How does technology-enabled active learning affect undergraduate students' understanding of electromagnetism concepts?. *The Journal of the Learning Sciences*, 14(2), p. 243–279.
- Escobar, J. και συν., 2016. Virtual experimentation in electromagnetism, mechanics and optics: web-based learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 687(012078), pp. 1-5.
- Finkelstein, N. και συν., 2006. Hightech tools for teaching physics: the physics education technology project. *Merlot journal of online learning and teaching*, 2(3), pp. 110-121.
- Furió, C. & Guisasola, J., 1998. Difficulties in learning the concept of electric field. *Science Education*, 82(4), pp. 511-526.
- Furio, C. & Guisasola, J., 1998. Difficulties in learning the concept of electric field. *Science Education*, 82(4), pp. 511-526.
- Gagne, R. & Glaser, R., 1987. Foundations in learning research. *Instructional technology: foundations*, pp. 49-83.
- Galilli, I., 1995. Mechanics background influences students' conceptions in electromagnetism. *International Journal of Science Education*, 371(17).
- Grayson, D. & Donnelly, D., 1996. Using education research to develop waves courseware. *Computers in Physics*, 10(1), pp. 30-37.
- Greca, I. M. & Moreira, M. A., 1997. The kinds of mental representations—models, propositions and images—used by college physics students regarding the concept of field. *International Journal of Science Education*, 19(711).

Guisasola, J., Almudi, J. M. & Zubimendi, J. L., 2004. Difficulties in Learning the Introductory Magnetic Field Theory in the First Years of University. *Wiley Periodicals, Inc*, pp. 443-464.

Guisasola, J., Michelini, M., Mossenta, A. & Viola, R., 2007. *TEACHING ELECTROMAGNETISM: ISSUES AND CHANGES*, s.l.: Discussion Workshops.

Hindarto, N. & Nugroho, S., 2018. Using history of physics as a media to introduce and internalize characters values in physics instruction. *Journal of Physics: Conference Series* , 983(1), p. 012002.

Hubber, P., 2006. Year 12 students' mental models of the nature of light. *Research in Science Education*, 36(4), pp. 419-439.

Ivie, S., 1998. Ausubel's learning theory: An approach to teaching higher order thinking skills. *The High School Journal*, 82(1), pp. 35-42.

Kelly, A., Lesh, R. & Baek, J., 2014. *Handbook of design research methods in education: Innovations in science, technology, engineering, and mathematics learning and teaching*. 1η επιμ. s.l.:Routledge.

Liu, T., 2019. Learning Difficulties in Theoretical Physics and Teaching Reform Strategies. *Modern Applied Science*, 13(11).

Mešić, V., Hajder, E., Neumann, K. & Erceg, N., 2016. Comparing different approaches to visualizing light waves: An experimental study on teaching wave optics. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1), pp. 101-135.

Niedderer, H. & Schecker, H., 1992. Towards an explicit description of cognitive systems for research in physics learning. *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*, pp. 74-98.

Redish, E., 2004. A theoretical framework for physics education research: Modeling student thinking. *arXiv preprint physics*, Τόμος 0411149.

Roth, W., 2011. Through the eyes of the learner. *Επιστημονική Επετηρίδα Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών Πανεπιστημίου Ιωαννίνων*, Τόμος 4, pp. 87-108.

Sağlam, M. & Millar, R., 2006. Upper High School Students' Understanding of Electromagnetism. *International Journal of Science Education*, 28(5), pp. 543-566.

Steinberg, R., Saul, J., Wittmann, M. & Redish, E., 1996. Student Difficulties Understanding the Told of Mathematics in Introductory Physics. *Bulletin of the American Physical Society*, 41(2), p. 869.

Thacker, B. A., Ganiel, U. & Boys, D., 1999. Macroscopic phenomena and microscopic processes: Student understanding of transients in direct current electric circuits. *American Journal of Physics*, 67(S25).

Viennot, L., 1995. *A multidimensional approach to characterise a conceptual "state" in students: The role played by questions*. In D. Psillos (Ed.). Thessaloniki, Proceedings of the second Ph.D. summer school.

Warnick, K. & Selvan, K., 2020. Teaching and Learning Electromagnetics in 2020: Issues, trends, opportunities, and ideas for developing courses. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 62(2), pp. 24-30.

Wosilait, K., Heron, P. R., Shaffer, P. S. & McDermott, L. C., 1999. Addressing student difficulties in applying a wave model to the interference and diffraction of light. *American Journal of Physics*, 67(S5).

Wu, M., 2016. Designing a digital multimedia interactive book for industrial metrology measurement learning. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, 8(5), p. 39.

Παράρτημα Ι: Ερωτηματολόγιο

Αντιλήψεις και γνώσεις για τον ηλεκτρομαγνητισμό και το ηλεκτρομαγνητικό κύμα

1. Ποια από τις παρακάτω σχέσεις είναι σωστή (όπου E η ένταση του ηλεκτροστατικού πεδίου, F η δύναμη που ασκείται και q ένα φορτίο);

Mark only one oval.

$$E = \frac{F}{q}$$

Α

$$F = \frac{E}{q}$$

Β

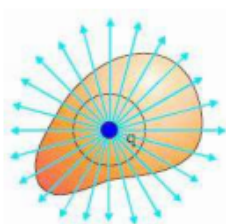
$$F = \frac{q}{E}$$

Γ

2. Αν σε ένα σημείο του χώρου που καταλαμβάνει το ηλεκτροστατικό πεδίο βρεθεί ένα φορτίο q θα δεχθεί δύναμη. Εάν το q είναι θετικό η δύναμη θα είναι _____ της έντασης.

3. Αν σε ένα σημείο του χώρου που καταλαμβάνει το ηλεκτροστατικό πεδίο βρεθεί ένα φορτίο q θα δεχθεί δύναμη. Εάν q είναι αρνητικό η δύναμη θα είναι _____ της έντασης

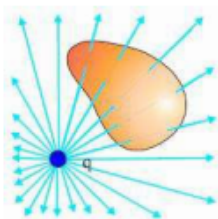
4. Η ηλεκτρική ροή που διέρχεται από τις δύο επιφάνειες είναι:



Mark only one oval.

- διαφορετική
 ίδια
 αντίθετη
 αντίστροφη

5. Ένα φορτίο q βρίσκεται έξω από μία κλειστή επιφάνεια. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου που δημιουργεί και εισέρχονται σ' αυτή εξέρχονται από κάποιο άλλο σημείο απ' αυτή. Η συνολική ηλεκτρική ροή που περνάει από την επιφάνεια είναι ίση με _____.



6. Όσο αυξάνει η διηλεκτρική σταθερά ενός υλικού ανάμεσα στις πλάκες ενός επίπεδου πυκνωτή, η χωρητικότητα του πυκνωτή:

Mark only one oval.

- παραμένει ίδια
 μειώνεται
 αυξάνεται

7. Αν σου ζητούνταν να περιγράψεις το ηλεκτρομαγνητικό κύμα με μία σύντομη φράση, ποια θα ήταν αυτή;

8. Αν σου ζητούνταν να περιγράψεις το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο με μία σύντομη φράση, ποια θα ήταν αυτή;

9. Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα δημιουργείται εξαιτίας παρουσίας ηλεκτρομαγνητικού πεδίου

Mark only one oval.

- Όχι
 Ναι

10. Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο δημιουργείται εξαιτίας παρουσίας ηλεκτρομαγνητικού κύματος

Mark only one oval.

- Όχι
 Ναι

11. Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο είναι ένα διανυσματικό μέγεθος

Mark only one oval.

- Όχι
 Ναι

12. Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι ένα διανυσματικό μέγεθος

Mark only one oval.

- Όχι
 Ναι

13. Η διεύθυνση και η φορά του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου είναι πάντα ίδια με αυτή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου

Mark only one oval.

- Όχι
 Ναι

14. Ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα διαδίδεται στο χώρο με κυκλική συχνότητα ω . Αν η κυκλική συχνότητα διπλασιαστεί, η ενέργεια που μεταφέρει το κύμα θα είναι:

Mark only one oval.

- διπλάσια
 τετραπλάσια
 οκταπλάσια
 ίδια

15. Ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα πλάτους A διαδίδεται στο χώρο. Αν το πλάτος τριπλασιαστεί, η ισχύς του θα είναι:

Mark only one oval.

- τριπλάσια
 εξαπλάσια
 εννισπλάσια
 ίδια

16. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μπορούν να διαφέρουν μεταξύ τους (επιλέξτε όσα ισχύουν):

Tick all that apply.

- στο μήκος κύματος
 στη συχνότητα
 δε διαφέρουν

17. Όσο αυξάνει ο δείκτης διάθλασης του μέσου διάδοσης, η ταχύτητα ενός κύματος:

Mark only one oval.

- μένει ίδια
 μειώνεται
 αυξάνεται

Δυσκολίες μάθησης

18. Δεν είναι καλά κατανοητή η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Διαφωνώ πλήρως	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Συμφωνώ απόλυτα

19. Δεν είναι καλά κατανοητή η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού κύματος

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Διαφωνώ πλήρως	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Συμφωνώ απόλυτα

20. Δυσκολεύομαι να κατανοήσω τις έννοιες του πεδίου και του κύματος γιατί ο ηλεκτρομαγνητισμός δεν γίνεται αντιληπτός δια γυμνού οφθαλμού

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Διαφωνώ πλήρως	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Συμφωνώ απόλυτα

21. Τα μεγέθη που περιγράφουν το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και την ηλεκτρομαγνητική δύναμη είναι παραπλήσια και μου προκαλούν σύγχυση

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Διαφωνώ πλήρως	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Συμφωνώ απόλυτα

22. Δεν είναι εύκολη η διάκριση μεταξύ πεδίου και κύματος

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Διαφωνώ πλήρως	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Συμφωνώ απόλυτα

23. Δεν είναι εύκολα κατανοητό πώς η ενέργεια μεταδίδεται στο χώρο

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Διαφωνώ πλήρως	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Συμφωνώ απόλυτα

24. Είναι πιο εύκολη η κατανόηση της επίδρασης ενός σημειακού φορτίου από την επίδραση ενός φορτισμένου χώρου ή μιας φορτισμένη επιφάνειας

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Διαφωνώ πλήρως	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Συμφωνώ απόλυτα

25. Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι ιδιότητες του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Διαφωνώ πλήρως	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Συμφωνώ απόλυτα

26. Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Διαφωνώ πλήρως	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Συμφωνώ απόλυτα

27. Οι έννοιες του πεδίου και του κύματος παρουσιάζονται μόνον θεωρητικά

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Διαφωνώ πλήρως	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Συμφωνώ απόλυτα

28. Οι έννοιες της ηλεκτρομαγνητικής δύναμης και της έντασης του πεδίου είναι συγκεχυμένες

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Διαφωνώ πλήρως	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Συμφωνώ απόλυτα

29. Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το πεδίο μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Διαφωνώ πλήρως	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Συμφωνώ απόλυτα

30. Με δυσκολεύει το μαθηματικό υπόβαθρο της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Διαφωνώ πλήρως	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Συμφωνώ απόλυτα

31. Με δυσκολεύει η κατανόηση του φυσικού υπόβαθρου της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Διαφωνώ πλήρως	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Συμφωνώ απόλυτα

Προτιμώμενες διδακτικές προσεγγίσεις

32. Η αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Διαφωνώ πλήρως	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Συμφωνώ απόλυτα

33. Οι δραστηριότητες στο εργαστήριο με βοηθούν να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Διαφωνώ πλήρως Συμφωνώ απόλυτα

34. Οι προσομοιώσεις στον υπολογιστή με βοηθούν να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Διαφωνώ πλήρως Συμφωνώ απόλυτα

35. Η παρακολούθηση εκπαιδευτικών βίντεο με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Διαφωνώ πλήρως Συμφωνώ απόλυτα

36. Η προσομοίωση με χρήση κινούμενων σχεδίων όπου μπορώ να αλλάζω τις ιδιότητες του προβλήματος με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος

Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Διαφωνώ πλήρως Συμφωνώ απόλυτα

Δημογραφικά στοιχεία

37. Ποιο είναι το φύλο σου;

Mark only one oval.

Κορίτσι

Αγόρι

38. Ποια είναι η ηλικία σου;

39. Σε ποια τάξη φοιτάς;

Mark only one oval.

- Α' γυμνασίου
- Β' γυμνασίου
- Γ' γυμνασίου
- Α' λυκείου
- Β' λυκείου
- Γ' λυκείου

40. Ποιος ήταν ο μέσος όρος της βαθμολογίας σου για το προηγούμενο διδακτικό έτος;

41. Παρακολουθείς μαθήματα και σε φροντιστήριο;

Mark only one oval.

- Όχι
- Ναι

42. Πόσες ώρες διαβάζεις την εβδομάδα;

Mark only one oval.

- Λιγότερες από 5 ώρες
- Από 5 έως και 10 ώρες
- Πάνω από 10 ώρες

43. Αν παρακολουθείς μαθήματα και σε φροντιστήριο, πόσες ώρες δαπανάς στο φροντιστήριο την εβδομάδα;

Mark only one oval.

- Λιγότερες από 6 ώρες
- Από 7 έως και 12 ώρες
- Από 13 έως και 16 ώρες
- Περισσότερες από 16 ώρες

Παράρτημα II: Πίνακες συχνοτήτων

Ποια από τις παρακάτω σχέσεις είναι σωστή (όπου E η ένταση του ηλεκτροστατικού πεδίου, F η δύναμη που ασκείται και q ένα φορτίο);

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	A	21	91,3	95,5	95,5
	Γ	1	4,3	4,5	100,0
	Total	22	95,7	100,0	
Missing	System	1	4,3		
Total		23	100,0		

Αν σε ένα σημείο του χώρου που καταλαμβάνει το ηλεκτροστατικό πεδίο βρεθεί ένα φορτίο q θα δεχθεί δύναμη. Εάν το q είναι θετικό η δύναμη θα είναι _____ της έντασης.

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ομόρροπη	16	69,6	80,0	80,0
	ίδια	3	13,0	15,0	95,0
	θετική	1	4,3	5,0	100,0
	Total	20	87,0	100,0	
Missing	System	3	13,0		
Total		23	100,0		

Αν σε ένα σημείο του χώρου που καταλαμβάνει το ηλεκτροστατικό πεδίο βρεθεί ένα φορτίο q θα δεχθεί δύναμη. Εάν q είναι αρνητικό η δύναμη θα είναι _____ της έντασης.

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	αντίρροπη	17	73,9	85,0	85,0
	αντίθετη	2	8,7	10,0	95,0
	αρνητική	1	4,3	5,0	100,0
	Total	20	87,0	100,0	
Missing	System	3	13,0		
Total		23	100,0		

Η ηλεκτρική ροή που διέρχεται από τις δύο επιφάνειες είναι:

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ίδια	20	87,0	90,9	90,9
	διαφορετική	1	4,3	4,5	95,5
	αντίθετη	1	4,3	4,5	100,0
	Total	22	95,7	100,0	
Missing	System	1	4,3		
Total		23	100,0		

Ένα φορτίο q βρίσκεται έξω από μία κλειστή επιφάνεια. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου που δημιουργεί και εισέρχονται σ' αυτή εξέρχονται από κάποιο άλλο σημείο απ' αυτή. Η συνολική ηλεκτρική ροή που περνάει από την επιφάνεια είναι ίση με .

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	μηδέν	8	34,8	38,1	38,1
	αυτή που εξέρχεται	5	21,7	23,8	61,9
	αυτή που μπήκε	2	8,7	9,5	71,4
	αυτή που δημιουργεί το φορτίο	2	8,7	9,5	81,0
	μια σταθερά	1	4,3	4,8	85,7
	το φορτίο q	1	4,3	4,8	90,5
	αυτή της κλειστής επιφάνειας	1	4,3	4,8	95,2
	με το γινόμενο του μέτρου του ηλεκτρικού πεδίου, E , επί το εμβαδόν A της επιφάνειας	1	4,3	4,8	100,0
	Total	21	91,3	100,0	
Missing	System	2	8,7		
Total		23	100,0		

Όσο αυξάνει η διηλεκτρική σταθερά ενός υλικού ανάμεσα στις πλάκες ενός επίπεδου πυκνωτή, η χωρητικότητα του πυκνωτή:

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	αυξάνεται	16	69,6	72,7	72,7
	παραμένει ίδια	5	21,7	22,7	95,5
	μειώνεται	1	4,3	4,5	100,0
	Total	22	95,7	100,0	
Missing	System	1	4,3		
Total		23	100,0		

Αν σου ζητούνταν να περιγράψεις το ηλεκτρομαγνητικό κύμα με μία σύντομη φράση, ποια θα ήταν αυτή;

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid		3	13,0	13,0	13,0
	δυνάμεις μαγνητών που κινούνται	1	4,3	4,3	17,4
	ηλεκτρικό ρεύμα	1	4,3	4,3	21,7
	Ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι το φως	1	4,3	4,3	26,1
	κάτι που κινείται μέσα σ ένα χώρο όπου υπάρχουν μαγνητικές δυνάμεις	1	4,3	4,3	30,4
	κάτι που μεταφέρει ενέργεια	1	4,3	4,3	34,8
	κίνηση μαγνητικών δυνάμεων	1	4,3	4,3	39,1
	κίνηση σωματιδίων	1	4,3	4,3	43,5
	κίνηση σωματιδίων που βρίσκονται μέσα σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο	1	4,3	4,3	47,8
	κίνηση φορτίου μέσα σε πεδίο	1	4,3	4,3	52,2
	κύμα διπλής φύσης	1	4,3	4,3	56,5
	κύμα που είναι πιο έντονο όσο μεγαλώνει η συχνότητα	1	4,3	4,3	60,9
	κύμα που η ταχύτητά του εξαρτάται από την πηγή δημιουργίας του	1	4,3	4,3	65,2

Αν σου ζητούνταν να περιγράψεις το ηλεκτρομαγνητικό κύμα με μία σύντομη φράση, ποια θα ήταν αυτή;

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
κύμα που μεταφέρεται αρμονικά από ένα σημείο σε ένα άλλο	1	4,3	4,3	69,6
ο τρόπος που κινούνται τα ηλεκτρόνια	1	4,3	4,3	73,9
περιοδική κίνηση των ηλεκτρονίων μέσα σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο	1	4,3	4,3	78,3
σωματίδια που κινούνται μέσα στο μαγνητικό πεδίο	1	4,3	4,3	82,6
Ταλάντωση ηλεκτρικού κ μαγνητικού πεδίου	1	4,3	4,3	87,0
ταλάντωση των σωματιδίων υπό την επίδραση μαγνητικού πεδίου	1	4,3	4,3	91,3
το φως	1	4,3	4,3	95,7
τρόπος κίνησης ηλεκτρονίων με συγκεκριμένη κατεύθυνση	1	4,3	4,3	100,0
Total	23	100,0	100,0	

Αν σου ζητούνταν να περιγράψεις το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο με μία σύντομη φράση, ποια θα ήταν αυτή;

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	2	8,7	8,7	8,7
Η κίνηση του ηλεκτρονίου	1	4,3	4,3	13,0
περιοχή μαγνητικών δυνάμεων	1	4,3	4,3	17,4
περιοχή με μαγνήτες	1	4,3	4,3	21,7
περιοχή όπου υπάρχουν ηλεκτρικές και μαγνητικές δυνάμεις	1	4,3	4,3	26,1
περιοχή που ασκούνται ηλεκτρικές δυνάμεις	1	4,3	4,3	30,4

Αν σου ζητούνταν να περιγράψεις το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο με μία σύντομη φράση, ποια θα ήταν αυτή;

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
περιοχή που ασκούνται ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις	1	4,3	4,3	34,8
περιοχή που δρουν μαγνητικές δυνάμεις	1	4,3	4,3	39,1
Συνδυασμός ηλεκτρικού κ μαγνητικού πεδίου λόγω επιτάχυνσης φορτισμένου	1	4,3	4,3	43,5
χώρος όπου ασκούνται ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις	1	4,3	4,3	47,8
χώρος που ασκούνται δυνάμεις	3	13,0	13,0	60,9
χώρος που ασκούνται ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις	1	4,3	4,3	65,2
χώρος που ασκούνται μαγνητικές δυνάμεις	5	21,7	21,7	87,0
χώρος που δρουν δυνάμεις	1	4,3	4,3	91,3
χώρος που υπάρχουν μαγνητικές δυνάμεις	1	4,3	4,3	95,7
χώρος στον οποίο ασκούνται δυνάμεις	1	4,3	4,3	100,0
Total	23	100,0	100,0	

Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα δημιουργείται εξαιτίας παρουσίας ηλεκτρομαγνητικού πεδίου

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid όχι	4	17,4	17,4	17,4
ναι	19	82,6	82,6	100,0
Total	23	100,0	100,0	

Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο δημιουργείται εξαιτίας παρουσίας ηλεκτρομαγνητικού κύματος

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid όχι	17	73,9	73,9	73,9
ναι	6	26,1	26,1	100,0
Total	23	100,0	100,0	

Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο είναι ένα διανυσματικό μέγεθος

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	όχι	15	65,2	68,2	68,2
	ναι	7	30,4	31,8	100,0
	Total	22	95,7	100,0	
Missing	System	1	4,3		
Total		23	100,0		

Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι ένα διανυσματικό μέγεθος

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	όχι	5	21,7	22,7	22,7
	ναι	17	73,9	77,3	100,0
	Total	22	95,7	100,0	
Missing	System	1	4,3		
Total		23	100,0		

Η διεύθυνση και η φορά του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου είναι πάντα ίδια με αυτή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	όχι	15	65,2	65,2	65,2
	ναι	8	34,8	34,8	100,0
	Total	23	100,0	100,0	

Ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα διαδίδεται στο χώρο με κυκλική συχνότητα ω . Αν η κυκλική συχνότητα διπλασιαστεί, η ενέργεια που μεταφέρει το κύμα θα είναι:

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	διπλάσια	18	78,3	81,8	81,8
	τετραπλάσια	3	13,0	13,6	95,5
	ίδια	1	4,3	4,5	100,0
	Total	22	95,7	100,0	
Missing	System	1	4,3		
Total		23	100,0		

Ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα πλάτους A διαδίδεται στο χώρο. Αν το πλάτος τριπλασιαστεί, η ισχύς του θα είναι:

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	τριπλάσια	2	8,7	9,5	9,5
	εξαπλάσια	1	4,3	4,8	14,3
	εννιापλάσια	15	65,2	71,4	85,7
	ίδια	3	13,0	14,3	100,0
	Total	21	91,3	100,0	
Missing	System	2	8,7		
Total		23	100,0		

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μπορούν να διαφέρουν μεταξύ τους (επιλέξτε όσα ισχύουν) [στο μήκος κύματος]:

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	όχι	3	13,0	13,0	13,0
	ναι	20	87,0	87,0	100,0
	Total	23	100,0	100,0	

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μπορούν να διαφέρουν μεταξύ τους (επιλέξτε όσα ισχύουν) [στη συχνότητα]:

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	όχι	5	21,7	21,7	21,7
	ναι	18	78,3	78,3	100,0
	Total	23	100,0	100,0	

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μπορούν να διαφέρουν μεταξύ τους (επιλέξτε όσα ισχύουν) [δε διαφέρουν]:

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	όχι	22	95,7	95,7	95,7
	ναι	1	4,3	4,3	100,0
	Total	23	100,0	100,0	

Διαφορές ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων

		Responses		Percent of Cases
		N	Percent	
Dif ^a	Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μπορούν να διαφέρουν μεταξύ τους (επιλέξτε όσα ισχύουν) [στο μήκος κύματος]:	20	51,3%	90,9%
	Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μπορούν να διαφέρουν μεταξύ τους (επιλέξτε όσα ισχύουν) [στη συχνότητα]:	18	46,2%	81,8%
	Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μπορούν να διαφέρουν μεταξύ τους (επιλέξτε όσα ισχύουν) [δε διαφέρουν]:	1	2,6%	4,5%
Total		39	100,0%	177,3%

a. Dichotomy group tabulated at value 1.

Όσο αυξάνει ο δείκτης διάθλασης του μέσου διάδοσης, η ταχύτητα ενός κύματος:

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid αυξάνεται	10	43,5	43,5	43,5
μειώνεται	10	43,5	43,5	87,0
μένει ίδια	3	13,0	13,0	100,0
Total	23	100,0	100,0	

Δεν είναι καλά κατανοητή η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid διαφωνώ πλήρως	1	4,3	4,3	4,3
διαφωνώ	1	4,3	4,3	8,7
ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	2	8,7	8,7	17,4
συμφωνώ	9	39,1	39,1	56,5
συμφωνώ πλήρως	10	43,5	43,5	100,0
Total	23	100,0	100,0	

Δεν είναι καλά κατανοητή η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού κύματος

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	διαφωνώ πλήρως	1	4,3	4,3	4,3
	διαφωνώ	1	4,3	4,3	8,7
	ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	2	8,7	8,7	17,4
	συμφωνώ	10	43,5	43,5	60,9
	συμφωνώ πλήρως	9	39,1	39,1	100,0
	Total	23	100,0	100,0	

Δυσκολεύομαι να κατανοήσω τις έννοιες του πεδίου και του κύματος γιατί ο ηλεκτρομαγνητισμός δεν γίνεται αντιληπτός δια γυμνού οφθαλμού

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	διαφωνώ πλήρως	2	8,7	8,7	8,7
	διαφωνώ	1	4,3	4,3	13,0
	ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	1	4,3	4,3	17,4
	συμφωνώ	11	47,8	47,8	65,2
	συμφωνώ πλήρως	8	34,8	34,8	100,0
	Total	23	100,0	100,0	

Τα μεγέθη που περιγράφουν το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και την ηλεκτρομαγνητική δύναμη είναι παραπλήσια και μου προκαλούν σύγχυση

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	διαφωνώ πλήρως	1	4,3	4,5	4,5
	διαφωνώ	2	8,7	9,1	13,6
	συμφωνώ	7	30,4	31,8	45,5

	συμφωνώ πλήρως	12	52,2	54,5	100,0
	Total	22	95,7	100,0	
Missing	System	1	4,3		
Total		23	100,0		

Δεν είναι εύκολη η διάκριση μεταξύ πεδίου και κύματος

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	διαφωνώ	2	8,7	8,7	8,7
	ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	6	26,1	26,1	34,8
	συμφωνώ	7	30,4	30,4	65,2
	συμφωνώ πλήρως	8	34,8	34,8	100,0
	Total	23	100,0	100,0	

Δεν είναι εύκολα κατανοητό πώς η ενέργεια μεταδίδεται στο χώρο

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	διαφωνώ	2	8,7	8,7	8,7
	ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	1	4,3	4,3	13,0
	συμφωνώ	12	52,2	52,2	65,2
	συμφωνώ πλήρως	8	34,8	34,8	100,0
	Total	23	100,0	100,0	

Είναι πιο εύκολη η κατανόηση της επίδρασης ενός σημειακού φορτίου από την επίδραση ενός φορτισμένου χώρου ή μιας φορτισμένη επιφάνειας

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	διαφωνώ	3	13,0	13,0	13,0
	ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	2	8,7	8,7	21,7
	συμφωνώ	11	47,8	47,8	69,6

συμφωνώ πλήρως	7	30,4	30,4	100,0
Total	23	100,0	100,0	

Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι ιδιότητες του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	διαφωνώ πλήρως	1	4,3	4,5	4,5
	διαφωνώ	1	4,3	4,5	9,1
	ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	4	17,4	18,2	27,3
	συμφωνώ	8	34,8	36,4	63,6
	συμφωνώ πλήρως	8	34,8	36,4	100,0
	Total	22	95,7	100,0	
Missing	System	1	4,3		
Total		23	100,0		

Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	διαφωνώ πλήρως	2	8,7	8,7	8,7
	διαφωνώ	1	4,3	4,3	13,0
	ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	3	13,0	13,0	26,1
	συμφωνώ	8	34,8	34,8	60,9
	συμφωνώ πλήρως	9	39,1	39,1	100,0
	Total	23	100,0	100,0	

Οι έννοιες του πεδίου και του κύματος παρουσιάζονται μόνον θεωρητικά

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	διαφωνώ πλήρως	2	8,7	8,7	8,7
	διαφωνώ	2	8,7	8,7	17,4
	ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	2	8,7	8,7	26,1

συμφωνώ	9	39,1	39,1	65,2
συμφωνώ πλήρως	8	34,8	34,8	100,0
Total	23	100,0	100,0	

Οι έννοιες της ηλεκτρομαγνητικής δύναμης και της έντασης του πεδίου είναι συγκεκριμένες

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid διαφωνώ	2	8,7	8,7	8,7
ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	3	13,0	13,0	21,7
συμφωνώ	8	34,8	34,8	56,5
συμφωνώ πλήρως	10	43,5	43,5	100,0
Total	23	100,0	100,0	

Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το πεδίο μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid διαφωνώ πλήρως	1	4,3	4,3	4,3
διαφωνώ	2	8,7	8,7	13,0
ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	4	17,4	17,4	30,4
συμφωνώ	7	30,4	30,4	60,9
συμφωνώ πλήρως	9	39,1	39,1	100,0
Total	23	100,0	100,0	

Με δυσκολεύει το μαθηματικό υπόβαθρο της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid διαφωνώ πλήρως	2	8,7	8,7	8,7
διαφωνώ	2	8,7	8,7	17,4
ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	5	21,7	21,7	39,1
συμφωνώ	5	21,7	21,7	60,9

συμφωνώ πλήρως	9	39,1	39,1	100,0
Total	23	100,0	100,0	

Με δυσκολεύει η κατανόηση του φυσικού υπόβαθρου της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid διαφωνώ πλήρως	1	4,3	4,3	4,3
διαφωνώ	1	4,3	4,3	8,7
ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	2	8,7	8,7	17,4
συμφωνώ	9	39,1	39,1	56,5
συμφωνώ πλήρως	10	43,5	43,5	100,0
Total	23	100,0	100,0	

Η αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid διαφωνώ	1	4,3	4,3	4,3
ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	2	8,7	8,7	13,0
συμφωνώ	8	34,8	34,8	47,8
συμφωνώ πλήρως	12	52,2	52,2	100,0
Total	23	100,0	100,0	

Οι δραστηριότητες στο εργαστήριο με βοηθούν να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid διαφωνώ	1	4,3	4,3	4,3
ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	2	8,7	8,7	13,0
συμφωνώ	7	30,4	30,4	43,5
συμφωνώ πλήρως	13	56,5	56,5	100,0

Total	23	100,0	100,0	
-------	----	-------	-------	--

Οι προσομοιώσεις στον υπολογιστή με βοηθούν να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid διαφωνώ	1	4,3	4,3	4,3
ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	1	4,3	4,3	8,7
συμφωνώ	7	30,4	30,4	39,1
συμφωνώ πλήρως	14	60,9	60,9	100,0
Total	23	100,0	100,0	

Η παρακολούθηση εκπαιδευτικών βίντεο με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid διαφωνώ	1	4,3	4,3	4,3
ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ	1	4,3	4,3	8,7
συμφωνώ	7	30,4	30,4	39,1
συμφωνώ πλήρως	14	60,9	60,9	100,0
Total	23	100,0	100,0	

Η προσομοίωση με χρήση κινούμενων σχεδίων όπου μπορώ να αλλάζω τις ιδιότητες του προβλήματος με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid διαφωνώ	1	4,3	4,3	4,3
συμφωνώ	8	34,8	34,8	39,1
συμφωνώ πλήρως	14	60,9	60,9	100,0
Total	23	100,0	100,0	

Ποιο είναι το φύλο σου;

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	κορίτσι	14	60,9	63,6	63,6
	αγόρι	8	34,8	36,4	100,0
	Total	22	95,7	100,0	
Missing	System	1	4,3		
Total		23	100,0		

Ποια είναι η ηλικία σου;

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	15,00	2	8,7	8,7	8,7
	16,00	4	17,4	17,4	26,1
	17,00	14	60,9	60,9	87,0
	18,00	3	13,0	13,0	100,0
	Total	23	100,0	100,0	

Σε ποια τάξη φοιτάς;

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	A' λυκείου	4	17,4	18,2	18,2
	Γ' λυκείου	18	78,3	81,8	100,0
	Total	22	95,7	100,0	
Missing	System	1	4,3		
Total		23	100,0		

Ποιος ήταν ο μέσος όρος της βαθμολογίας σου για το προηγούμενο διδακτικό έτος;

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	11,62	1	4,3	4,3	4,3
	14,80	1	4,3	4,3	8,7
	15,00	3	13,0	13,0	21,7
	15,80	1	4,3	4,3	26,1
	16,00	4	17,4	17,4	43,5
	16,40	1	4,3	4,3	47,8
	16,50	1	4,3	4,3	52,2
	17,00	3	13,0	13,0	65,2
	17,30	1	4,3	4,3	69,6

Ποιος ήταν ο μέσος όρος της βαθμολογίας σου για το προηγούμενο διδακτικό έτος;

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
17,50	2	8,7	8,7	78,3
17,80	1	4,3	4,3	82,6
17,90	1	4,3	4,3	87,0
18,00	3	13,0	13,0	100,0
Total	23	100,0	100,0	

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ποια είναι η ηλικία σου;	23	15,00	18,00	16,7826	,79524
Ποιος ήταν ο μέσος όρος της βαθμολογίας σου για το προηγούμενο διδακτικό έτος;	23	11,62	18,00	16,3965	1,48474
Valid N (listwise)	23				

Παρακολουθείς μαθήματα και σε φροντιστήριο;

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid ναι	23	100,0	100,0	100,0

Πόσες ώρες διαβάζεις την εβδομάδα;

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid λιγότερες από 5 ώρες	5	21,7	21,7	21,7
από 5 έως και 10 ώρες	9	39,1	39,1	60,9
πάνω από 10 ώρες	9	39,1	39,1	100,0
Total	23	100,0	100,0	

Αν παρακολουθείς μαθήματα και σε φροντιστήριο, πόσες ώρες δαπανάς στο φροντιστήριο την εβδομάδα;

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid λιγότερες από 6 ώρες	1	4,3	4,8	4,8
Από 7 έως και 12 ώρες	14	60,9	66,7	71,4
από 13 έως και 16 ώρες	6	26,1	28,6	100,0
Total	21	91,3	100,0	
Missing System	2	8,7		
Total	23	100,0		

Παράρτημα III: Έλεγχος συσχετίσεων

Correlations

			Ποιο είναι το φύλο σου;	Ποια είναι η ηλικία σου;	Σε ποια τάξη φοιτάς;	Ποιος ήταν ο μέσος όρος της βαθμολογίας σου για το προηγούμενο διδακτικό έτος;	Παρακολούθεις μαθήματα και σε	Πόσες ώρες διαβάζεις την εβδομάδα;	Αν παρακολούθεις μαθήματα και σε φροντιστήριο, πόσες ώρες δαπανάς στο
Spearman's rho	Δεν είναι καλά κατανοητή η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου	Correlation Coefficient	,008	,036	-,050	-,436*		,140	,207
		Sig. (2-tailed)	,972	,871	,825	,038		,523	,368
		N	22	23	22	23	23	23	21
	Δεν είναι καλά κατανοητή η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού κύματος	Correlation Coefficient	-,104	,042	-,080	-,342		,190	,034
		Sig. (2-tailed)	,645	,848	,723	,111		,385	,884
		N	22	23	22	23	23	23	21
	Δυσκολεύομαι να κατανοήσω τις έννοιες του πεδίου και του κύματος γιατί ο ηλεκτρομαγνητισμός δεν γίνεται αντιληπτός δια γυμνού οφθαλμού	Correlation Coefficient	-,080	,368	,233	-,252		,455*	,019
		Sig. (2-tailed)	,722	,084	,298	,247		,029	,934
		N	22	23	22	23	23	23	21
	Τα μεγέθη που περιγράφουν το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και την ηλεκτρομαγνητική δύναμη είναι παραπλήσια και μου προκαλούν σύγχυση	Correlation Coefficient	-,277	,230	,055	-,287		-,022	-,112
		Sig. (2-tailed)	,224	,303	,812	,196		,921	,638
		N	21	22	21	22	22	22	20
	Δεν είναι εύκολη η διάκριση μεταξύ πεδίου και κύματος	Correlation Coefficient	-,016	,232	-,049	-,327		,162	-,220
		Sig. (2-tailed)	,945	,287	,830	,128		,461	,339
		N	22	23	22	23	23	23	21

Δεν είναι εύκολα κατανοητό πώς η ενέργεια μεταδίδεται στο χώρο	Correlation Coefficient	-,134	,178	-,062	-,187		,347	-,015
	Sig. (2-tailed)	,552	,418	,784	,393		,104	,947
	N	22	23	22	23	23	23	21
Είναι πιο εύκολη η κατανόηση της επίδρασης ενός σημειακού φορτίου από την επίδραση ενός φορτισμένου χώρου ή μιας φορτισμένη επιφάνειας	Correlation Coefficient	,048	,224	0,000	-,115		,370	,141
	Sig. (2-tailed)	,833	,304	1,000	,601		,083	,541
	N	22	23	22	23	23	23	21
Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι ιδιότητες του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο	Correlation Coefficient	0,000	,094	-,148	-,203		,214	,047
	Sig. (2-tailed)	1,000	,677	,523	,364		,339	,844
	N	21	22	21	22	22	22	20
Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο	Correlation Coefficient	-,182	,209	-,059	-,153		,209	-,138
	Sig. (2-tailed)	,417	,339	,795	,486		,338	,550
	N	22	23	22	23	23	23	21
Οι έννοιες του πεδίου και του κύματος παρουσιάζονται μόνον θεωρητικά	Correlation Coefficient	-,119	,338	,069	-,060		,480*	,035
	Sig. (2-tailed)	,598	,115	,762	,785		,020	,879
	N	22	23	22	23	23	23	21
Οι έννοιες της ηλεκτρομαγνητικής δύναμης και της έντασης του πεδίου είναι συγκεχυμένες	Correlation Coefficient	-,145	,140	-,069	-,353		,235	-,123
	Sig. (2-tailed)	,521	,523	,760	,098		,281	,595
	N	22	23	22	23	23	23	21
Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το πεδίο μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου	Correlation Coefficient	-,149	,204	-,058	-,073		,356	,170
	Sig. (2-tailed)	,507	,351	,797	,740		,095	,461
	N	22	23	22	23	23	23	21
Με δυσκολεύει το μαθηματικό υπόβαθρο της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού	Correlation Coefficient	-,117	,180	-,193	-,053		,309	-,161
	Sig. (2-tailed)	,605	,410	,390	,812		,151	,487

	N	22	23	22	23	23	23	21
Με δυσκολεύει η κατανόηση του φυσικού υπόβαθρου της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού	Correlation Coefficient	-,106	,080	-,160	-,324		,094	,118
	Sig. (2-tailed)	,640	,718	,477	,132		,669	,610
	N	22	23	22	23	23	23	21

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Correlations

		Ποιο είναι το φύλο σου;	Ποια είναι η ηλικία σου;	Σε ποια τάξη φοιτάς;	Ποιος ήταν ο μέσος όρος της βαθμολογίας σου για το μάθημα;	Παρακολούθεις μαθήματα και σε άλλα μαθήματα;
Spearman's rho	Η αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος	Correlation Coefficient	-,335	,256	,041	-,045
		Sig. (2-tailed)	,127	,238	,857	,840
		N	22	23	22	23
	Οι δραστηριότητες στο εργαστήριο με βοηθούν να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος	Correlation Coefficient	-,145	,257	-,021	,221
		Sig. (2-tailed)	,520	,236	,927	,312
		N	22	23	22	23
	Οι προσομοιώσεις στον υπολογιστή με βοηθούν να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος	Correlation Coefficient	-,062	,031	-,085	,035
		Sig. (2-tailed)	,785	,887	,707	,875
		N	22	23	22	23
	Η παρακολούθηση εκπαιδευτικών βίντεο με βοηθά να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος	Correlation Coefficient	-,062	,155	,128	,011

	Sig. (2-tailed)	,785	,481	,571	,962	
	N	22	23	22	23	23
Η προσομοίωση με χρήση κινούμενων σχεδίων όπου μπορώ να αλλάξω τις ιδιότητες του προβλήματος με βοήθα να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος	Correlation Coefficient	-,214	,237	,064	,226	
	Sig. (2-tailed)	,338	,276	,776	,301	
	N	22	23	22	23	23

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

			Η αφήγηση της ιστορίας του ηλεκτρομαγνητισμού με βοήθα να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος	Οι δραστηριότητες στο εργαστήριο με βοηθούν να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος	Οι προσομοιώσεις στον υπολογιστή με βοηθούν να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος	Η παρακολούθηση εκπαιδευτικών βίντεο με βοήθα να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος	Η προσομοίωση με χρήση κινούμενων σχεδίων όπου μπορώ να αλλάξω τις ιδιότητες του προβλήματος με βοήθα να καταλάβω καλύτερα τις έννοιες του πεδίου και του κύματος
Spearman's rho	Δεν είναι καλά κατανοητή η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου	Correlation Coefficient	,162	-,042	-,052	-,085	-,059
		Sig. (2-tailed)	,461	,849	,812	,700	,791
		N	23	23	23	23	23
	Δεν είναι καλά κατανοητή η έννοια του ηλεκτρομαγνητικού κύματος	Correlation Coefficient	,382	,024	,401	,303	,144
		Sig. (2-tailed)	,072	,915	,058	,159	,512
		N	23	23	23	23	23

Δυσκολεύομαι να κατανοήσω τις έννοιες του πεδίου και του κύματος γιατί ο ηλεκτρομαγνητισμός δεν γίνεται αντιληπτός δια γυμνού οφθαλμού	Correlation Coefficient	,603**	,380	,410	,488*	,459*
	Sig. (2-tailed)	,002	,074	,052	,018	,028
	N	23	23	23	23	23
Τα μεγέθη που περιγράφουν το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και την ηλεκτρομαγνητική δύναμη είναι παραπλήσια και μου προκαλούν σύγχυση	Correlation Coefficient	,438*	-,019	,181	,117	,219
	Sig. (2-tailed)	,042	,935	,419	,605	,327
	N	22	22	22	22	22
Δεν είναι εύκολη η διάκριση μεταξύ πεδίου και κύματος	Correlation Coefficient	,690**	,531**	,603**	,471*	,455*
	Sig. (2-tailed)	,000	,009	,002	,023	,029
	N	23	23	23	23	23
Δεν είναι εύκολα κατανοητό πώς η ενέργεια μεταδίδεται στο χώρο	Correlation Coefficient	,682**	,456*	,601**	,601**	,571**
	Sig. (2-tailed)	,000	,029	,002	,002	,004
	N	23	23	23	23	23
Είναι πιο εύκολη η κατανόηση της επίδρασης ενός σημειακού φορτίου από την επίδραση ενός φορτισμένου χώρου ή μιας φορτισμένη επιφάνειας	Correlation Coefficient	,635**	,479*	,476*	,476*	,464*
	Sig. (2-tailed)	,001	,021	,022	,022	,026
	N	23	23	23	23	23
Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι ιδιότητες του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο	Correlation Coefficient	,533*	,218	,440*	,356	,346
	Sig. (2-tailed)	,011	,331	,041	,104	,115
	N	22	22	22	22	22
Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του μέσου διάδοσης επηρεάζουν το κύμα και το πεδίο	Correlation Coefficient	,751**	,493*	,613**	,543**	,588**
	Sig. (2-tailed)	,000	,017	,002	,007	,003
	N	23	23	23	23	23
Οι έννοιες του πεδίου και του κύματος παρουσιάζονται μόνον θεωρητικά	Correlation Coefficient	,537**	,514*	,324	,431*	,495*

	Sig. (2-tailed)	,008	,012	,132	,040	,016
	N	23	23	23	23	23
Οι έννοιες της ηλεκτρομαγνητικής δύναμης και της έντασης του πεδίου είναι συγκεχυμένες	Correlation Coefficient	,490*	,142	,390	,287	,255
	Sig. (2-tailed)	,017	,517	,066	,184	,241
	N	23	23	23	23	23
Είναι δύσκολη η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το πεδίο μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου	Correlation Coefficient	,602**	,295	,438*	,438*	,508*
	Sig. (2-tailed)	,002	,172	,037	,037	,013
	N	23	23	23	23	23
Με δυσκολεύει το μαθηματικό υπόβαθρο της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού	Correlation Coefficient	,573**	,377	,468*	,337	,377
	Sig. (2-tailed)	,004	,076	,024	,116	,076
	N	23	23	23	23	23
Με δυσκολεύει η κατανόηση του φυσικού υποβάθρου της θεωρίας ηλεκτρομαγνητισμού	Correlation Coefficient	,537**	,126	,313	,242	,363
	Sig. (2-tailed)	,008	,566	,146	,266	,089
	N	23	23	23	23	23

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.