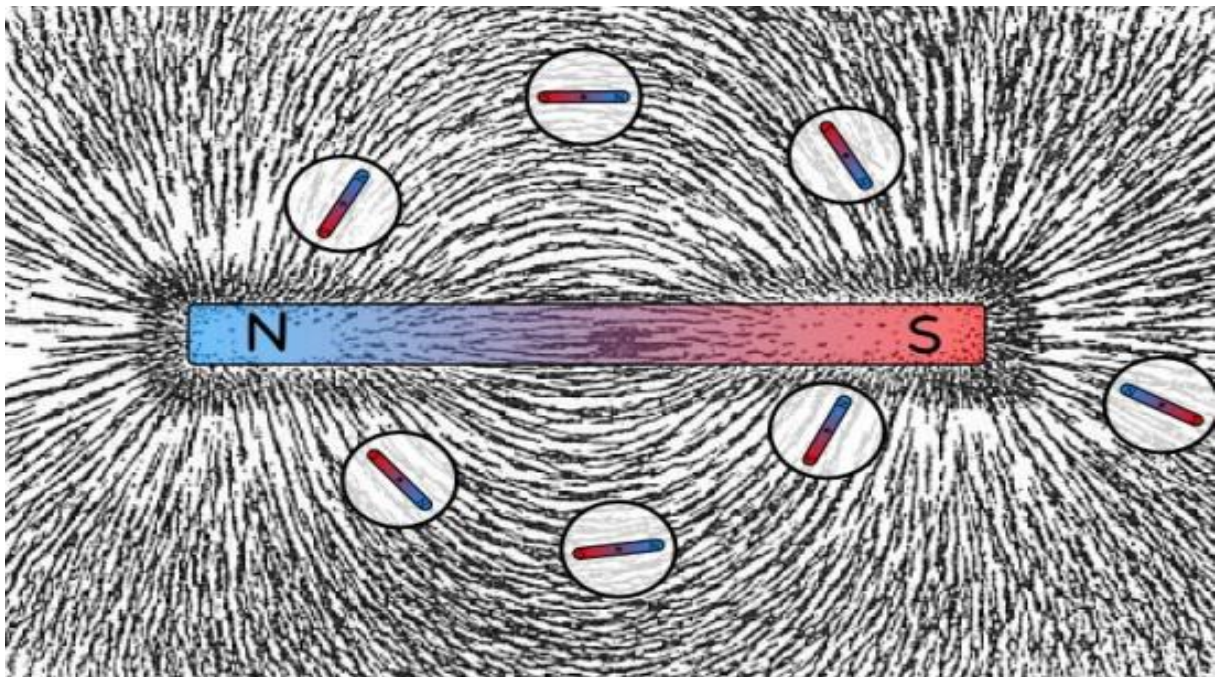




ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ»



Των φοιτητριών:
Μαρία Πουλιανίδη 518121
Βασιλική Κυριακίδου 518199

Επιβλέπων
Ιορδάνης Κιοσκερίδης
Βαθμίδα: Καθηγητής

Ημερομηνία 8/9/2023

Τίτλος Δ.Ε. Εκπαιδευτικά πειράματα μαγνητισμού και ηλεκτρομαγνητισμού

Κωδικός Δ.Ε. 22345

Όνοματεπώνυμο φοιτητριών Μαρία Πουλιανίδη και Βασιλική Κυριακίδου

Όνοματεπώνυμο εισηγητή Ιορδάνης Κιοσκερίδης

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε. 21/11/2022

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε. 8/9/2023

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.Π.Α.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία των φοιτητριών Μαρίας Πουλιανίδη και Βασιλικής Κυριακίδου που την εκπόνησαν. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

Πρόλογος

Ο εκπαιδευτικός τομέας αποτελεί τον πυρήνα της γνώσης μας, η ανάπτυξη αποτελεσματικών μεθόδων διδασκαλίας είναι κρίσιμη. Εμπνευσμένες από αυτήν τη φιλοσοφία, επιλέξαμε να διερευνήσουμε τον μαγνητισμό και τον ηλεκτρομαγνητισμό μέσα από εκπαιδευτικά πειράματα στη διπλωματική αυτή.

Οι λόγοι που καταλήξαμε σε αυτό το θέμα ήταν διττοί. Καταρχάς, η απεικόνιση πολύπλοκων φυσικών αρχών μέσα από πειράματα καταργεί το εμπόδιο της αφηρημένης θεωρίας και κάνει την εκπαίδευση πιο ευχάριστη και ανανεωτική για τους μαθητές. Δεύτερον, η άμεση εμπλοκή μέσω πειραμάτων αυξάνει την κατανόηση των μαθητών και ενθαρρύνει την περιέργεια, προωθώντας την ενεργή μάθηση.

Κατά την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής, είχαμε την ευκαιρία να δημιουργήσουμε και να υλοποιήσουμε εκπαιδευτικά πειράματα που ενσωματώνουν τα μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα. Το όφελος από αυτήν την εμπειρία είναι πολύπλευρο. Πρώτον, βοήθησε στη βελτίωση των δεξιοτήτων μας στον σχεδιασμό και την υλοποίηση εκπαιδευτικών προγραμμάτων. Δεύτερον, ενίσχυσε την ικανότητά μας να επικοινωνούμε σύνθετες έννοιες με απλό και κατανοητό τρόπο, κάτι που είναι ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματική διδασκαλία.

Συνοψίζοντας, η προσέγγιση του μαγνητισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού μέσα από εκπαιδευτικά πειράματα ενισχύει τον εκπαιδευτικό διάλογο και εμπλουτίζει τις μεθόδους διδασκαλίας. Αυτή η διπλωματική ενισχύει την εμπειρία μου στην εκπαίδευση και ανοίγει τον δρόμο για περαιτέρω έρευνα και καινοτομία στον εκπαιδευτικό τομέα.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στον μαγνητισμό και τον ηλεκτρομαγνητισμό, δύο βασικά και συναρπαστικά πεδία της φυσικής. Στόχος της είναι να διερευνήσει την αλληλεπίδραση μεταξύ ηλεκτρικών φορτίων και μαγνητικών πεδίων, εξετάζοντας τις βασικές αρχές που διέπουν αυτά τα φαινόμενα και τις πολλαπλές τους εφαρμογές στην τεχνολογία και την καθημερινή ζωή.

Με τη χρήση πειραμάτων και μαθηματικών μοντέλων, η εργασία αναλύει τις βασικές αρχές του μαγνητισμού, όπως τη μαγνητική αλληλεπίδραση των φορτίων και τη δημιουργία μαγνητικών πεδίων. Επίσης, εξετάζει τη σχέση μεταξύ ηλεκτρικού ρεύματος και τη δημιουργία απλών ηλεκτρομαγνητικών κυκλωμάτων, καθώς και τις επιδράσεις του μαγνητισμού στα υλικά και τις συσκευές.

Μέσω αυτής της προσέγγισης, οι φοιτητές αναπτύσσουν τις γνώσεις τους στον τομέα της φυσικής, επεκτείνοντας παράλληλα τις δεξιότητές τους στον πειραματικό τομέα. Κατά τη διάρκεια της έρευνας, αναδεικνύονται ενδιαφέρουσες πτυχές των φαινομένων αυτών και αποκαλύπτονται οι ποικίλες εφαρμογές τους στην τεχνολογία, από τους ηλεκτρομαγνήτες μέχρι τις γεννήτριες ηλεκτρικής ενέργειας και τις ιατρικές συσκευές.

Συνοψίζοντας, η διπλωματική εργασία "Εκπαιδευτικά Πειράματα Μαγνητισμού και Ηλεκτρομαγνητισμού" προσφέρει μια πειραματική προσέγγιση στην κατανόηση των βασικών επιστημονικών αρχών που διέπουν αυτά τα φαινόμενα. Ανοίγει νέες προοπτικές για την εκπαίδευση και την έρευνα στον τομέα αυτό, ενισχύοντας το ενδιαφέρον και την κατανόηση των φοιτητών σε αυτούς τους σημαντικούς τομείς της φυσικής.

«Educational Experiments on Magnetism and Electromagnetism»

Maria Poulianidi and Vasiliki Kiriakidou

Abstract

The present thesis focuses on the field of magnetism and electromagnetism. By studying the interaction between electric charges and magnetic fields, the work examines the fundamental principles governing these phenomena and their various applications in technology and everyday life.

Through experiments and mathematical models, the thesis analyzes the basic principles of magnetism, such as the magnetic interaction of charges and the creation of magnetic fields. It also explores the relationship between electric current and the creation of simple electromagnet circuits, as well as the effects of magnetism on materials and devices.

Through this approach, students develop their knowledge in the field of physics while simultaneously enhancing their skills in the experimental domain. During the research, intriguing aspects of these phenomena are revealed, and the diverse applications in technology are unveiled, ranging from electromagnets to electric power generators and medical devices.

In summary, the thesis "Educational Experiments on Magnetism and Electromagnetism" offers an experimental approach to understanding the fundamental scientific principles governing these phenomena. It opens new prospects for education and research in this field, enhancing students' interest and comprehension in these significant areas of physics.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	iv
Περίληψη	v
Abstract	vi
Περιεχόμενα.....	vii
Κατάλογος Πινάκων.....	ix
Κατάλογος Εικόνων.....	ix
Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή.....	1
1.1 Εισαγωγή στον μαγνητισμό και τον ηλεκτρομαγνητισμό	1
1.2 Ιστορική αναδρομή.....	2
1.3 Φυσικές αρχές που διέπουν τον μαγνητισμό και τον ηλεκτρομαγνητισμό	2
1.4 Σημασία του μαγνητισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού στην καθημερινή ζωή	3
Κεφάλαιο 2ο: Βασικές αρχές μαγνητισμού.....	5
2.1 Επεξήγηση μαγνητικού πεδίου.....	5
2.2 Μαγνητικά Υλικά	10
2.3 Τύποι μαγνητών	14
2.4 Μαγνητικοί πόλοι.....	16
2.5 Μαγνητική δύναμη και μαγνητική ροή	17
Κεφάλαιο 3ο: Ηλεκτρομαγνητισμός.....	19
3.1 Ηλεκτρικά ρεύματα και φορτία.....	19
3.2 Ηλεκτρικό πεδίο	22
3.3 Σχέση ηλεκτρισμού και μαγνητισμού.....	23
3.4 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία	25
3.4.1 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα	25
3.4.2 Ιδιότητες και χαρακτηριστικά ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων	32
3.4.3 Εφαρμογές της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας	35
3.5 Εξισώσεις Maxwell	37

Κεφάλαιο 4ο: Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή.....	40
4.1 Ορισμός της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής	40
4.2 Κανόνας του Λενζ	40
4.3 Νόμος του Coulomb	43
4.4 Νόμος του Faraday	46
4.4.1 Η εξίσωση του νόμου Faraday	46
4.4.2 Επαγωγική ένταση	47
4.5 Αυτεπαγωγή και μετασχηματιστές	48
4.5.1 Αυτεπαγωγή	48
4.5.2 Μετασχηματιστές και λόγος μετασχηματισμού	49
4.5.3 Ενέργεια στους μετασχηματιστές	51
Κεφάλαιο 5ο: Εφαρμογές μαγνητισμού και ηλεκτρομαγνητισμού....	52
5.1 Κινητήρες και γεννήτριες	52
5.2 Απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (MRI).....	55
5.3 Ηχεία και ακουστικά	56
5.4 Μαγνητικές κλειδαριές και συστήματα ασφαλείας.....	57
Κεφάλαιο 6ο: Πειραματικές Διατάξεις.....	59
6.1 Συμπεριφορά ενός μαγνητικού κυκλώματος - δινορεύματα	59
6.2 Πείραμα της Ηλεκτρομαγνητικής Επαγωγής.....	61
6.3 Πείραμα της δύναμης Laplace.....	62
Κεφάλαιο 7ο: Συμπεράσματα και προτάσεις βελτίωσης.....	64
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	65

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1: Διαχωρισμός Μαγνητικών Υλικών	13
Πίνακας 3.1: Ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.....	32

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1: Γύρω από έναν μαγνήτη.....	1
Εικόνα 2.1: Μαγνητικά φαινόμενα μεταξύ μαγνητών.....	5
Εικόνα 2.2: (α) Το διάνυσμα της μαγνητικής δύναμης πάνω σε ηλεκτρικό φορτίο είναι κάθετο στο επίπεδο που ορίζουν τα διανύσματα v και B . (β) Η μαγνητική δύναμη πάνω σε αρνητικό φορτίο, είναι αντίθετη απ' αυτή πάνω σε θετικό.....	5
Εικόνα 2.3: Κίνηση ηλεκτρονίων με ταχύτητα v μέσα σε μαγνητικό πεδίο B που τα εκτρέπει σε κυκλική τροχιά.....	7
Εικόνα 2.4: Μαγνητικές δυναμικές γραμμές ενός μαγνητικού διπόλου.....	8
Εικόνα 2.5: Πολικότητα μαγνητικού πεδίου.....	9
Εικόνα 2.6: Ταξινόμηση Μαγνητικών Υλικών.....	10
Εικόνα 2.7: Δομή μαγνητικού υλικού.....	11
Εικόνα 2.8: Πηνίο με πυρήνα από σιδηρομαγνητικό υλικό.....	12
Εικόνα 2.9: Βρόγχος υστέρησης για μαλακά και σκληρά μαγνητικά υλικά.....	14
Εικόνα 2.10: Τομή μόνιμου μαγνήτη με τους πόλους σε ανοιχτή και κλειστή θέση.....	15
Εικόνα 2.11: Τομή ενός ηλεκτρομαγνήτη – οι πόλοι του στις θέσεις ON και OFF.....	15
Εικόνα 2.12: Εσωτερική απεικόνιση ηλεκτρομόνιμου μαγνήτη- οι πόλοι του στις θέσεις ON και OFF.....	16
Εικόνα 2.13: Μαγνητικοί Πόλοι.....	17
Εικόνα 2.14: Δύναμη πάνω σε ρευματοφόρο αγωγό ο οποίος βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο, κάθετο στον αγωγό. Η φορά της μαγνητικής δύναμης εξαρτάται από την φορά του ρεύματος.....	17
Εικόνα 3.1: Τα DC και AC ρεύματα.....	19
Εικόνα 3.2: Ηλεκτρικό ρεύμα σε μεταλλικό αγωγό.....	20
Εικόνα 3.3: Ηλεκτρικό φορτίο στο εσωτερικό του ατόμου.....	21
Εικόνα 3.4: Τα ομόνυμα φορτία απωθούνται, ενώ τα ετερόνυμα έλκονται.....	21

Εικόνα 3.5 : Μοντέλο του ατόμου του Bohr. Ο αριθμός των πρωτονίων και των ηλεκτρονίων είναι ίσος.	22
Εικόνα 3.6: Αναπαράστασεις του ηλεκτρικού πεδίου γύρω από ένα αρνητικό φορτίο. α) Διανυσματική αναπαράσταση. β) Αναπαράσταση μέσω δυναμικών γραμμών.....	23
Εικόνα 3.7: Μορφές μαγνητικού πεδίου γύρω από α) ρευματοφόρο βρόγχο, β) ραβδόμορφο μαγνήτη και γ) ρευματοφόρο σπειροειδές πηνίο.....	25
Εικόνα 3.8: Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα ανα κατηγορία.....	26
Εικόνα 3.9: Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα ανα χρώματα.....	28
Εικόνα 3.10: Αρχή λειτουργίας αξονικού τομογράφου. Οι ακτίνες X, που περνούν μέσα από το σώμα, μετρούνται συγχρόνως σε κάθε διεύθυνση. Η πηγή και ο ανιχνευτής περιστρέφονται, ώστε να έχουμε μετρήσεις σε διαφορετικές γωνίες.....	30
Εικόνα 3.11: Ακτινογραφία. Τα οστά απορρίψουν εντονότερα τις ακτίνες X σε σύγκριση με τον υπόλοιπο ιστό. Έτσι στο φιλμ εμφανίζονται ως φωτεινότερες περιοχές.....	30
Εικόνα 3.12: Έκταση ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.....	31
Εικόνα 3.13: Ηλεκτρομαγνητικά κύματα.....	33
Εικόνα 3.14: Επίπεδο ηλεκτρομαγνητικό κύμα που διαδίδεται προς την κατεύθυνση χ με ταχύτητα υ	33
Εικόνα 3.15: Διάδοση αρμονικού ΗΜ κύματος με κατεύθυνση χ . Οι εντάσεις των πεδίων E και B σε κάθε σημείο του χώρου μεταβάλλονται αρμονικώς με το E πάντα κάθετο στο B και το επίπεδο αυτών κάθετο στην ταχύτητα υ και την κατεύθυνση διάδοσης.....	34
Εικόνα 3.16: Νόμος του Gauss για τον μαγνητισμό.....	38
Εικόνα 4.1: Αυτεπαγωγή σε ηλεκτρικό βρόγχο.....	40
Εικόνα 4.2: Κανόνας του Λενζ.....	41
Εικόνα 4.3: Ο μαγνήτης πλησιάζει στο πηνίο. Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, το ρεύμα που επάγεται στο πηνίο έχει τέτοια φορά ώστε απέναντι από το μαγνήτη που πλησιάζει το πηνίο να δημιουργεί όμοιο μαγνητικό πόλο.....	41
Εικόνα 4.4: Ο αγωγός ολισθαίνει πάνω στους ακίνητους αγωγούς Δx και Zx' . Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz το ρεύμα από επαγωγή που δημιουργείται στο κύκλωμα, έχει τέτοια φορά, ώστε ο κινούμενος αγωγός να δέχεται δύναμη Laplace, που αντιτίθεται στην κίνησή του.....	42
Εικόνα 4.5: Ο αγωγός κινείται με σταθερή ταχύτητα υ μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο B, μένοντας σε επαφή με τους ακίνητους αγωγούς Δx και Zx'	43

Εικόνα 4.6: Διάγραμμα ενοποίησης ηλεκτρισμού και μαγνητισμού.....	44
Εικόνα 4.7: Αποθητικές και ελκτικές δυνάμεις.....	45
Εικόνα 4.8: Το διάγραμμα του μέτρου της δύναμης Coulomb ως συνάρτηση της απόστασης των φορτίων.....	46
Εικόνα 4.9: Νόμος του Faraday.....	47
Εικόνα 4.10: Πείραμα του Faraday.....	47
Εικόνα 4.11: Όταν ο μαγνήτης βυθίζεται σε ένα πηνίο, επάγεται σε αυτό τάση, η οποία θέτει τα φορτία του σε κίνηση.....	48
Εικόνα 4.12: Αρχή λειτουργίας του μετασχηματιστή, σύμφωνα με τους νόμους του Faraday και του Lenz.....	50
Εικόνα 5.1: Περιστροφική κίνηση γεννήτριας συνεχούς ρεύματος.....	54
Εικόνα 5.2: Επαγόμενη τάση στο κύκλωμα.....	54
Εικόνα 5.3: Μια γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος (ΕΡ) αποτελείται από έναν συρμάτινο βρόχο, ο οποίος περιστρέφεται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο από κάποιο εξωτερικό μέσο.....	54
Εικόνα 5.4: Μαγνητική κλειδαριά.....	58
Εικόνα 5.5: Σύστημα ασφαλείας.....	58
Εικόνα 6.1: Μαγνητική διάταξη, η οποία αποτελείται από ένα πηνίο, πάνω σε ένα τεμάχιο αλουμινίου.....	59
Εικόνα 6.2: Τροφοδοσία του πηνίου μέσω varίας από εναλλασσόμενη τάση.....	60
Εικόνα 6.3: Η αντίστοιχη πειραματική διάταξη αιώρησης του πηνίου.....	60
Εικόνα 6.4: Σύνδεση του παλμογράφου στα άκρα του πηνίου.....	61
Εικόνα 6.5: Η τάση που αναπτύσσεται όταν πλησιάζουμε τον μαγνήτη στο πηνίο.....	62
Εικόνα 6.6: Μαγνητική διάταξη για την δύναμη Laplace.....	63

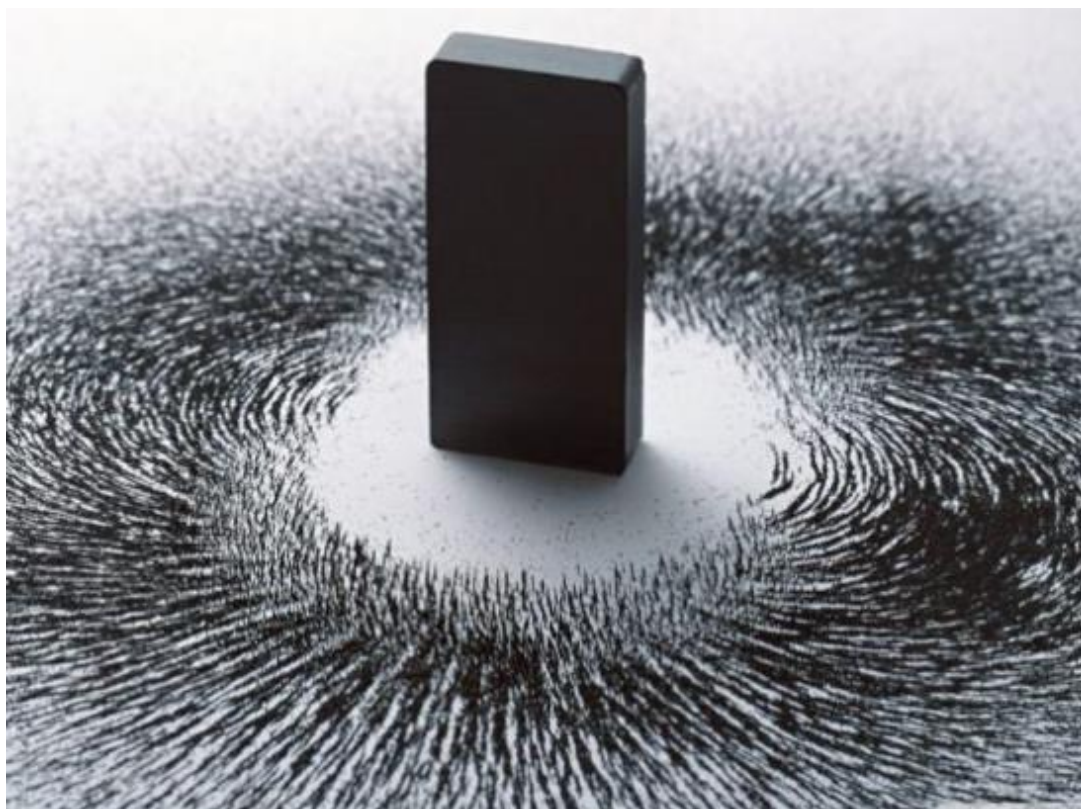
Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή στον μαγνητισμό και τον ηλεκτρομαγνητισμό

Ορισμοί

Μαγνητισμός είναι η φυσική ιδιότητα μιας ουσίας ή ενός αντικειμένου να δημιουργεί ή να αντιδρά σε μαγνητικά πεδία. Οι ουσίες με αυτή την ιδιότητα ονομάζονται μαγνητικά υλικά, όπως οι μαγνήτες. Οι ιδιότητες αυτές των μαγνητών οφείλονται στη συσσώρευση της λεγόμενης μαγνητικής μάζας στους πόλους. Το νικέλιο, ο σίδηρος και ορισμένοι χάλυβες είναι γνωστές ουσίες που παρουσιάζουν εύκολα ανιχνεύσιμες μαγνητικές ιδιότητες, αλλά όλες οι ουσίες επηρεάζονται περισσότερο ή λιγότερο από την παρουσία μαγνητικού πεδίου.

Ο ηλεκτρομαγνητισμός αναφέρεται στα φαινόμενα αλληλεπίδρασης μεταξύ ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων. Αποτελεί θεμελιώδες φαινόμενο της φυσικής και εφαρμόζεται ευρέως στην τεχνολογία και την καθημερινή ζωή. Ο ηλεκτρομαγνητισμός είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ ηλεκτρικών φορτίων και μαγνητικών πεδίων. Συγκεκριμένα, όταν ένα φορτίο κινείται ή αλλάζει την κατάστασή του, δημιουργείται γύρω του ένα ηλεκτρικό πεδίο. Αυτό το ηλεκτρικό πεδίο δημιουργεί επίσης ένα μαγνητικό πεδίο. Αντίστροφα, όταν το μαγνητικό πεδίο αλλάζει ή κινείται, δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο. Αυτή η αλληλεπίδραση μεταξύ ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων είναι ο ηλεκτρομαγνητισμός.



Εικόνα 1.1: Γύρω από έναν μαγνήτη.

1.2 Ιστορική αναδρομή

Η ιστορία του μαγνητισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού εκτείνεται σε αιώνες με συνεισφορές και ανακαλύψεις πολλών επιστημόνων. Από την αρχαιότητα οι Έλληνες παρατήρησαν την φυσική ιδιότητα της μαγνητικής πέτρας (μαγνήτης), η οποία είχε την ικανότητα να ελκύει μικρά σιδερένια αντικείμενα. Αυτή η ανακάλυψη ήταν η πρώτη αναφορά σε μαγνητικά φαινόμενα. Επίσης, ο Αριστοτέλης αποδίδει την πρώτη επιστημονική θεωρία του μαγνητισμού στον Θαλή, ο οποίος έζησε περίπου το 625 π.Χ. με περίπου 545 π.Χ.

Τον 17ο αιώνα ο Ολλανδός επιστήμονας William Gilbert μελέτησε τους μαγνήτες και δημοσίευσε το έργο του Magnetism το 1600. Ανέπτυξε την έννοια της "ηλεκτρικής δύναμης" και την ιδέα ότι η γη είναι ένας μεγάλος μαγνήτης.

Στη συνέχεια τον 18ο αιώνα ο Αμερικανός επιστήμονας Βενιαμίν Φραγκλίνος πειραματίστηκε με τον ηλεκτρισμό και πρότεινε τα θετικά και αρνητικά φορτία. Ο Βενιαμίν Φραγκλίνος ανέπτυξε τη θεωρία του ηλεκτρισμού και επινόησε τους όρους "θετικό" και "αρνητικό" φορτίο.

Τον 19ο αιώνα και συγκεκριμένα το 1820, ο Δανός φυσικός Χανς Κρίστιαν Όλστεντ ανακάλυψε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργεί μαγνητικό πεδίο γύρω από έναν αγωγό. Η ανακάλυψη αυτή είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση της σχέσης μεταξύ ηλεκτρισμού και μαγνητισμού και αναγνωρίζεται ως η αρχή του ηλεκτρομαγνητισμού. Στις εξισώσεις του Maxwell, οι φυσικοί James Clerk Maxwell και Heinrich Hertz πειραματίστηκαν και ανέπτυξαν μαθηματικά μοντέλα της αλληλεπίδρασης μεταξύ ηλεκτρισμού και μαγνητισμού, όπου συνδυάζουν τους νόμους του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού.

1.3 Φυσικές αρχές που διέπουν τον μαγνητισμό και τον ηλεκτρομαγνητισμό

Ο μαγνητισμός και ο ηλεκτρομαγνητισμός διέπονται από ορισμένες φυσικές αρχές. Ας εξετάσουμε τις κύριες αρχές που συνδέονται με αυτά τα φαινόμενα:

Νόμος του Gauss για τον μαγνητισμό: Ο νόμος του Gauss για τον μαγνητισμό δηλώνει ότι οι μαγνητικές γραμμές διέρχονται μέσα από την κλειστή επιφάνεια ενός φυσικού σώματος ή ενός μαγνητικού κυκλώματος είτε εισέρχονται είτε εξέρχονται. Αυτός ο νόμος αποτελεί μια απεικόνιση της αρχής ότι οι μαγνητικές γραμμές δεν δημιουργούνται ή καταστρέφονται, αλλά απλώς μετακινούνται.

Νόμος του Coulomb: Αυτός ο νόμος αναφέρεται στη δύναμη αλληλεπίδρασης μεταξύ δύο μαγνητικών πόλων. Σύμφωνα με αυτόν το νόμο, παρόμοιοι μαγνητικοί πόλοι απωθούνται μεταξύ τους, ενώ διαφορετικοί μαγνητικοί πόλοι έλκονται.

Νόμος του Ampère: Ο νόμος του Ampère αναφέρεται στη σχέση μεταξύ του μαγνητικού πεδίου και του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει έναν κλειστό κύκλωμα. Σύμφωνα με αυτόν τον νόμο, το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει έναν κλειστό κύκλωμα παράγει ένα μαγνητικό πεδίο γύρω από τον κύκλωμα. Η ένταση αυτού του μαγνητικού πεδίου εξαρτάται από την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τον κύκλωμα. Ο νόμος του Ampère παρέχει ένα μαθηματικό μοντέλο για τον υπολογισμό του μαγνητικού πεδίου που παράγεται από το ηλεκτρικό ρεύμα και βοηθά στην κατανόηση των μαγνητικών φαινομένων.

Νόμος του Faraday για την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή: Ο νόμος του Faraday δηλώνει ότι η αλλαγή του μαγνητικού πεδίου σε ένα κυκλώμα δημιουργεί ηλεκτρική επαγωγή στο κύκλωμα. Αυτό σημαίνει ότι μια αλλαγή στο μαγνητικό πεδίο που διαπερνά ένα κύκλωμα μπορεί να δημιουργήσει ηλεκτρικό

ρεύμα στο κύκλωμα. Αυτή η αρχή είναι ουσιώδης για την κατανόηση της λειτουργίας των γεννητριών και των μετασχηματιστών, καθώς και της αρχής λειτουργίας πολλών ηλεκτρονικών συσκευών.

Νόμος του Λεντς: Ο νόμος του Λεντς αναφέρεται στη δημιουργία αντίστασης στην κίνηση μιας ηλεκτρικής φόρτισης μέσα από ένα μαγνητικό πεδίο. Σύμφωνα με αυτόν τον νόμο, η αντίσταση που αντιμετωπίζει μια φόρτιση κατά την κίνησή της σε ένα μαγνητικό πεδίο είναι ανάλογη της ταχύτητας και του μαγνητικού πεδίου. Αυτό έχει σημαντικές εφαρμογές στον τομέα της ηλεκτρονικής, όπως για παράδειγμα στους ηλεκτρομαγνητικούς κινητήρες.

Νόμος της Ηλεκτρομαγνητικής Αλληλεπίδρασης: Ο νόμος της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης αναφέρεται στο γεγονός ότι ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια δημιουργούν και αλληλεπιδρούν με μαγνητικά πεδία. Όταν ένα φορτισμένο σωματίδιο κινείται με ταχύτητα, δημιουργείται ένα ηλεκτρικό και ένα μαγνητικό πεδίο γύρω από αυτό. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων οδηγεί σε διάφορα φαινόμενα, όπως η δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος μέσω της επαγωγής, η απόκριση μαγνητικών υλικών στα μαγνητικά πεδία, και η δύναμη που ασκείται ανάμεσα σε φορτισμένα σωματίδια που κινούνται μεταξύ τους.

Μέσω αυτών των αρχών, μπορούμε να κατανοήσουμε τις διάφορες αλληλεπιδράσεις και φαινόμενα που συνδέονται με τον μαγνητισμό και τον ηλεκτρομαγνητισμό και να εξηγήσουμε πολλές εφαρμογές από την τεχνολογία και τη φυσική.

1.4 Σημασία του μαγνητισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού στην καθημερινή ζωή

Ο μαγνητισμός και ο ηλεκτρομαγνητισμός έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην καθημερινή μας ζωή. Ορισμένοι τομείς στους οποίους οι αρχές αυτές είναι σημαντικές είναι:

- **Ηλεκτρισμός:** Οι γεννήτριες και τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας βασίζονται στις αρχές του ηλεκτρομαγνητισμού. Ο μαγνητισμός χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στις γεννήτριες, ενώ το ηλεκτρικό ρεύμα μεταδίδεται μέσω του δικτύου για να τροφοδοτήσει τις συσκευές και τις ηλεκτρονικές συσκευές.
- **Ηλεκτρονική:** Οι αρχές του μαγνητισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού αποτελούν τη βάση της ηλεκτρονικής. Η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των ηλεκτρομαγνητικών συσκευών, όπως οι κινητές συσκευές, οι υπολογιστές, οι τηλεοράσεις, τα ραδιόφωνα και οι συσκευές αναπαραγωγής μουσικής, μας επιτρέπουν να τις χρησιμοποιούμε και να απολαμβάνουμε τις λειτουργίες τους.
- **Μαγνητική τεχνολογία:** Ο μαγνητισμός και ο ηλεκτρομαγνητισμός χρησιμοποιούνται ευρέως στην τεχνολογία. Η μαγνητική τεχνολογία έχει εφαρμογές σε πολλούς τομείς, συμπεριλαμβανομένης της κατασκευής μαγνητικών και ηλεκτρομαγνητικών μηχανών, ηλεκτρομαγνητικών συσκευών, όπως ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες και αντλίες, και μαγνητικών συσκευών αποθήκευσης δεδομένων (π.χ. σκληροί δίσκοι και μνήμη flash).

Κεφάλαιο 1

- **Ιατρικές εφαρμογές:** Ο μαγνητισμός και ο ηλεκτρομαγνητισμός έχουν ευρείες εφαρμογές στην ιατρική. Η απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (MRI) χρησιμοποιεί ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο για την παραγωγή εικόνων στο εσωτερικό του ανθρώπινου σώματος. Ο ηλεκτρομαγνητισμός χρησιμοποιείται επίσης σε θεραπείες όπως η ηλεκτρική διέγερση, όπου εφαρμόζονται ηλεκτρικά ρεύματα για την ανακούφιση του πόνου και την αποκατάσταση των μυών.
- **Τηλεπικοινωνίες:** Οι αρχές του ηλεκτρομαγνητισμού είναι αναπόσπαστο μέρος των τηλεπικοινωνιών. Τα ραδιοκύματα, ένας τύπος ηλεκτρομαγνητικού κύματος, χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση ήχου και εικόνων από ραδιοφωνικούς σταθμούς στα ραδιόφωνα και τις τηλεοράσεις μας. Τα κινητά τηλέφωνα χρησιμοποιούν επίσης τις αρχές του ηλεκτρομαγνητισμού, καθώς μεταδίδουν και λαμβάνουν σήματα χρησιμοποιώντας ηλεκτρομαγνητικά κύματα.
- **Μαγνητική αποθήκευση δεδομένων:** Οι συσκευές αυτές χρησιμοποιούν μαγνητικά πεδία για την εγγραφή και ανάγνωση δεδομένων, επιτρέποντας την αποθήκευση και ανάκτηση μεγάλων ποσοτήτων πληροφοριών.

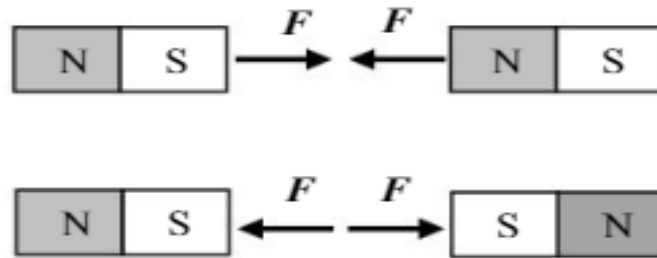
Αυτές ήταν μερικές από τις εφαρμογές του μαγνητισμού που συναντάμε στη καθημερινή ζωή μας. Στη συνέχεια θα δούμε πιο αναλυτικά τις εφαρμογές του μαγνητισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού σε φυσικές εγκαταστάσεις και περιπτώσεις.

Κεφάλαιο 2ο: Βασικές αρχές μαγνητισμού

2.1 Επεξήγηση μαγνητικού πεδίου

Μαγνητικό Πεδίο

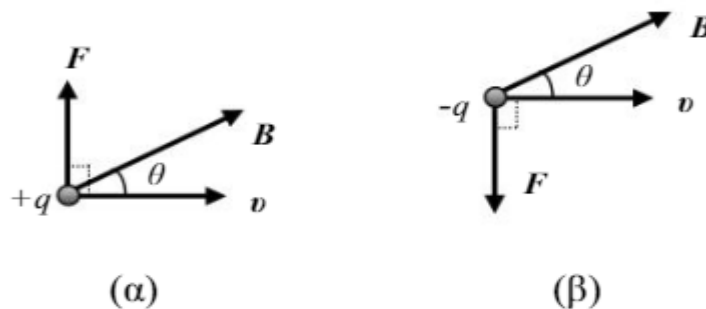
Οι βασικές αρχές του μαγνητισμού αναφέρονται στις βασικές ιδέες και αρχές που διέπουν το φαινόμενο του μαγνητισμού. Ο μαγνητισμός είναι η ιδιότητα ορισμένων υλικών να έχουν έλξη ή απωθητική δύναμη σε παρουσία μαγνητικού πεδίου. Το μαγνητικό πεδίο είναι ένα φυσικό φαινόμενο που περιβάλλει ένα μαγνήτη ή μια κίνηση φορτίων. Είναι η περιοχή του χώρου γύρω από αυτό το αντικείμενο όπου ασκείται μια δύναμη επί ενός άλλου μαγνητικού ή μαγνητιζόμενου αντικειμένου. Το μαγνητικό πεδίο δημιουργείται από το κίνημα ηλεκτρικών φορτίων, όπως η ροή ηλεκτρικού ρεύματος σε έναν καλώδιο. Τα φορτία αυτά παράγουν μικροσκοπικά μαγνητικά πεδία, τα οποία συνδυάζονται για να δημιουργήσουν το συνολικό μαγνητικό πεδίο. [4]



Εικόνα 2.1: Μαγνητικά φαινόμενα μεταξύ μαγνητών.

Όταν ένα μαγνητικό δίπολο δηλαδή ένας ραβδόμορφος φυσικός μαγνήτης, ή ένα κινούμενο ηλεκτρικό φορτίο με ταχύτητα v , ευρεθεί μέσα στο χώρο ενός μαγνητικού πεδίου, ασκείται πάνω του μια μαγνητική δύναμη. Το μέτρο της μαγνητικής δύναμης πάνω σε κινούμενο φορτίο μέσα σε μαγνητικό πεδίο επαγωγής B , είναι ανάλογο της ταχύτητας v του φορτίου q , και της έντασης του μαγνητικού πεδίου B , ενώ εξαρτάται επίσης και από τη γωνία που σχηματίζουν τα διανύσματα v και B . Η κατεύθυνση της μαγνητικής δύναμης είναι κάθετη στο επίπεδο που ορίζουν τα διανύσματα v και B , με φορά αυτή του δεξιόστροφου κοχλία (δεξιόστροφη βίδα). Οι παραπάνω ιδιότητες της μαγνητικής δύναμης, εκφράζονται μαθηματικά από το εξωτερικό γινόμενο των διανυσμάτων v και B . Συγκεκριμένα, το διάνυσμα της μαγνητικής δύναμης F ορίζεται ως:

$$F = q v \times B \quad (2.1)$$



Εικόνα 2.2: (α) Το διάνυσμα της μαγνητικής δύναμης πάνω σε ηλεκτρικό φορτίο είναι κάθετο στο επίπεδο που ορίζουν τα διανύσματα v και B . (β) Η μαγνητική δύναμη πάνω σε αρνητικό φορτίο, είναι αντίθετη απ' αυτή πάνω σε θετικό.

Το φαινόμενο παρατηρήθηκε πρώτη φορά στη Μαγνησία της Μικράς Ασίας απ' όπου πήρε και το όνομα. Τα άκρα έλκονταν αμοιβαία ή απωθούνταν ανάλογα, ονομάστηκαν συμβατικά οι πόλοι ως βόρειοι και νότιοι. Δύο αντίθετοι πόλοι έλκονται και δυο όμοιοι απωθούνται. Πριν από 500 χρόνια και μετά από μακροχρόνια έρευνα ο Williams Gilbert κατάφερε να συλλάβει την έννοια του μαγνητικού πεδίου της γης, λέγοντας ότι η Γη είναι ένα μαγνητικό πεδίο το οποίο πηγάζει στο κέντρο του άξονα της γης. Τη θεωρία του αυτή διατύπωσε στη διατριβή De magnete. Επιπλέον, υποστήριξε ότι το πεδίο αυτό είναι ισοδύναμο με αυτό που θα προκαλούσε ραβδόμορφος μαγνήτης τοποθετημένος επάνω στον άξονα περιστροφής της Γης.

-Μαγνητικό πεδίο-B

Το μαγνητικό πεδίο B, γνωστό και ως ένταση μαγνητικού πεδίου ή πυκνότητα μαγνητικού ροής, αναφέρεται στη μαγνητική ιδιότητα ενός χώρου ή ενός υλικού που περιβάλλει μια μαγνητική πηγή ή ένα ηλεκτρικό ρεύμα. Το μαγνητικό πεδίο B μετριέται συνήθως σε μονάδες Tesla (T) ή Gauss (G) και αναπαριστά την ένταση και την κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου εξαρτάται από τη μαγνητική πηγή ή το ηλεκτρικό ρεύμα που το παράγει. Η κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου B καθορίζεται από τους μαγνητικούς πόλους. Συνήθως, οι μαγνητικοί πόλοι ορίζονται ως βόρειος (N) και νότιος (S) πόλος. [6] Το μαγνητικό πεδίο εκτείνεται από τον βόρειο πόλο προς τον νότιο πόλο. Οι γραμμές μαγνητικού πεδίου, γνωστές και ως γραμμές αρχής, απεικονίζουν την κατεύθυνση και την ένταση του μαγνητικού πεδίου. Συνολικά, το μαγνητικό πεδίο B περιγράφει την ένταση και την κατεύθυνση των μαγνητικών δυνάμεων που δρουν σε μαγνητικά υλικά, φορτία κίνησης ή άλλες μαγνητικές πηγές σε έναν χώρο.

$$1\text{tesla} = 1 \frac{\text{newton}}{\text{C} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)} = 1 \frac{\text{newton}}{\text{ampere} \cdot \text{meter}} = 1 \frac{\text{weber}}{(\text{meter})^2} \quad (2.2)$$

-Μαγνητικό πεδίο-H

Το μαγνητικό πεδίο H, γνωστό και ως ένταση μαγνητικού πεδίου ή πυκνότητα ρεύματος, αναφέρεται στον ποσοτικό χαρακτηρισμό του μαγνητικού πεδίου που προκαλείται από μια μαγνητική πηγή ή ένα ηλεκτρικό ρεύμα. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου H μετριέται συνήθως σε μονάδα Ampere ανά μέτρο (A/m). Αντιπροσωπεύει το μέγεθος και την κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Η ένταση H σχετίζεται με το μαγνητικό πεδίο B μέσω της μαγνητικής αγωγιμότητας του υλικού μέσου τους σχέση:

$$B = \mu_0 H \quad (2.3)$$

όπου B είναι το μαγνητικό πεδίο σε μονάδες Tesla (T), μ_0 είναι η μαγνητική αγωγιμότητα του κενού και H είναι η ένταση του μαγνητικού πεδίου σε Amperes ανά μέτρο (A/m). Η ένταση H περιγράφει τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος ή τη μαγνητική πηγή που δημιουργεί το μαγνητικό πεδίο. Αναπαριστά τον πόλο του ηλεκτρικού ρεύματος και ορίζει την κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου γύρω από την πηγή.

-Ένταση του μαγνητικού πεδίου γύρω από ρευματοφόρο αγωγό

Η ένταση του μαγνητικού πεδίου γύρω από ένα ρευματοφόρο αγωγό μπορεί να υπολογιστεί με βάση τον νόμο του Baugh-Savart. Αυτός ο νόμος ορίζει ότι η ένταση του μαγνητικού πεδίου (B) εξαρτάται από το μέγεθος του ρεύματος (I) που διαρρέει τον αγωγό, την απόσταση (r) από τον αγωγό και την μαγνητική αγωγιμότητα του περιβάλλοντος χώρου (μ_0).

Η μαθηματική μορφή του νόμου των Baugh-Savart είναι:

$$B = \frac{\mu_0 * I}{2\pi r} \quad (2.4)$$

όπου:

B : ένταση του μαγνητικού πεδίου (Tesla)

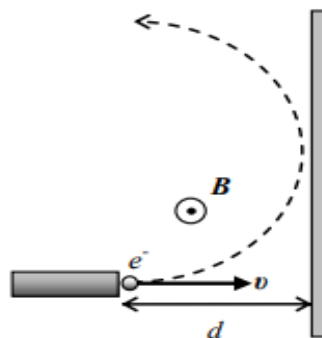
μ_0 : μαγνητική διαπερατότητα του κενού ($4\pi \times 10^{-7} \text{ T m/A}$)

I : ρεύμα που διαρρέει τον αγωγό (Amperes)

r : απόσταση από τον αγωγό (Μέτρα)

Αυτή η εξίσωση παρέχει μια προσεγγιστική τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου σε μια συγκεκριμένη απόσταση από τον ρευματοφόρο αγωγό. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα με την απόσταση από τον αγωγό, ενώ αυξάνεται ανάλογα με το μέγεθος του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό.

Η κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου γύρω από έναν ρευματοφόρο αγωγό καθορίζεται από τον κανόνα του δεξιού χεριού. Αν το δείκτης, ο μέσος και ο αντίχειρας του δεξιού χεριού τοποθετηθούν έτσι ώστε να δείχνουν την κατεύθυνση του ρεύματος, τότε η καμπύλη του χεριού θα δείχνει την κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου γύρω από τον αγωγό.

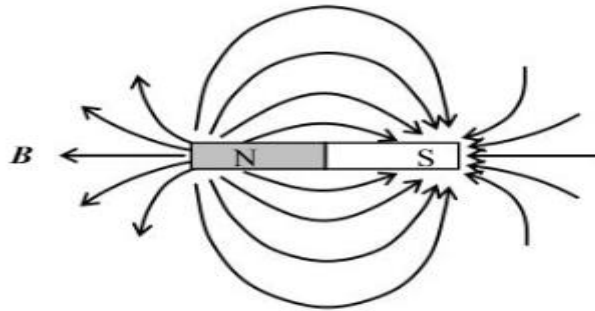


Εικόνα 2.3: Κίνηση ηλεκτρονίων με ταχύτητα v μέσα σε μαγνητικό πεδίο B που τα εκτρέπει σε κυκλική τροχιά.

-Δυναμικές γραμμές μαγνητικού πεδίου

Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου, γνωστές και ως γραμμές ισοδυναμίας, απεικονίζουν την κατεύθυνση και την ένταση του μαγνητικού πεδίου σε έναν χώρο. Οι δυναμικές γραμμές είναι απαραίτητες για την οπτική αναπαράσταση του μαγνητικού πεδίου και χρησιμοποιούνται για να δείξουν τη διανομή της έντασης και της κατεύθυνσης του πεδίου σε κάθε σημείο του χώρου. Οι δυναμικές

γραμμές του μαγνητικού πεδίου είναι αναλογικές με την ένταση του πεδίου. Συγκεκριμένα, οι γραμμές ισοδυναμίας είναι παράλληλες μεταξύ τους και πυκνώνουν όταν η ένταση του πεδίου είναι μεγαλύτερη και αραιώνουν όταν η ένταση του πεδίου είναι μικρότερη. Συμπεριφέρονται ως κλειστές καμπύλες, δηλαδή δεν έχουν αρχή ή τέλος, και πάντα σχηματίζουν ολόκληρα κυκλώματα. Αυτό σημαίνει ότι κάθε γραμμή ισοδυναμίας που εισέρχεται σε έναν χώρο, πρέπει να εξέρχεται από τον ίδιο χώρο. Οι δυναμικές γραμμές μπορούν να απεικονίζονται με τη βοήθεια μαγνητικών πεδίων που δημιουργούνται από μαγνητικά υλικά. [4] Η παρατήρηση των δυναμικών γραμμών μαγνητικού πεδίου μας επιτρέπει να κατανοήσουμε τη διανομή του πεδίου σε έναν χώρο και να αντλήσουμε πληροφορίες σχετικά με την ένταση, την κατεύθυνση και τη μορφή του πεδίου.



Εικόνα 2.4: Μαγνητικές δυναμικές γραμμές ενός μαγνητικού διπόλου.

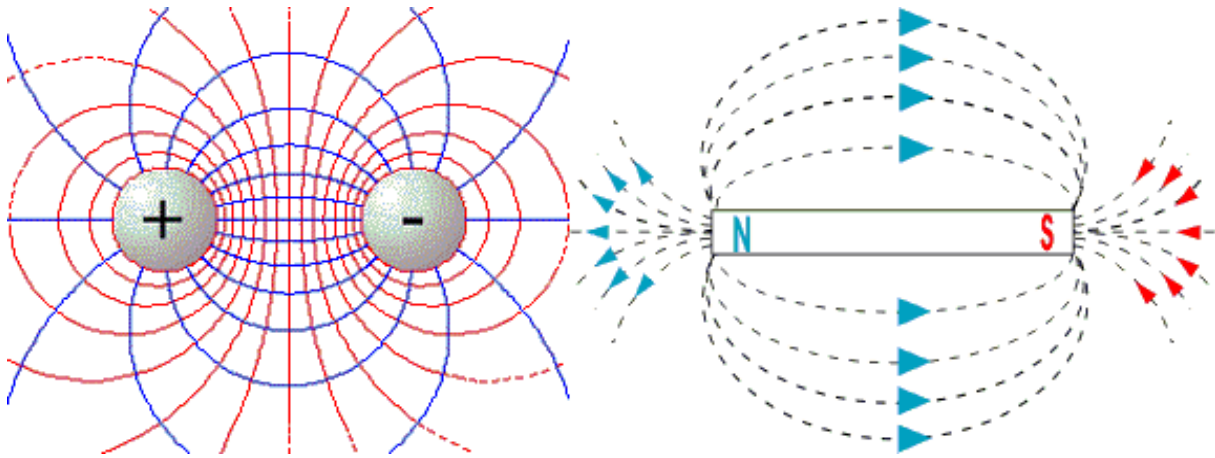
-Χαρακτηριστικά Μαγνητικού Πεδίου

Το μαγνητικό πεδίο μπορεί να περιγραφεί από τα χαρακτηριστικά του, τα οποία περιλαμβάνουν την ένταση, την πολικότητα, την κατεύθυνση, την μαγνητική αγωγιμότητα και την αλληλεπίδραση με τα μαγνητικά υλικά.

Πιο αναλυτικά, η **ένταση** του μαγνητικού πεδίου αναφέρεται στην ισχύ ή την ένταση του πεδίου σε ένα συγκεκριμένο σημείο. Με άλλα λόγια, αναφέρεται στην ποσότητα της μαγνητικής ενέργειας που περιέχεται σε μια μονάδα επιφάνειας κατά μήκος μιας γραμμής του μαγνητικού πεδίου. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου μετρείται σε μονάδες Tesla (T) ή Gauss (G). Ένα Tesla αντιστοιχεί σε 10^4 Gauss. Οι μονάδες Gauss συχνά χρησιμοποιούνται σε μικρότερη κλίμακα μέτρησης, ενώ τα Tesla χρησιμοποιούνται σε μεγαλύτερη κλίμακα. Για παράδειγμα, ένας ισχυρός μαγνήτης μπορεί να έχει μια ένταση της τάξης των μερικών Tesla, ενώ η ένταση του μαγνητικού πεδίου γύρω από ένα συνηθισμένο μαγνήτη πολύ πιο μικρή, περίπου μεταξύ 0,1 και 1 Gauss. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι ένας σημαντικός παράγοντας, καθώς καθορίζει τη δύναμη και την αλληλεπίδραση του μαγνητικού πεδίου με άλλα μαγνητικά υλικά ή φορτία που κινούνται μέσα σε αυτό. Επηρεάζει επίσης την ένταση της μαγνητικής δύναμης που ασκείται σε ένα αντικείμενο ή ένα φορτίο που κινείται μέσα στο πεδίο.

Η **πολικότητα** του μαγνητικού πεδίου παραπέμπεται στον τρόπο που ορίζονται οι πόλοι του μαγνήτη και η κατεύθυνση των γραμμών του πεδίου. Κάθε μαγνήτης έχει έναν βόρειο (N) πόλο και έναν νότιο (S) πόλο. Η πολικότητα καθορίζεται από την αμοιβαία απόρριψη των ίδιων πόλων και την έλξη των διαφορετικών πόλων. Συγκεκριμένα, οι πόλοι του ίδιου προσηλίου αποτρέπονται να πλησιάσουν ο ένας τον άλλον, ενώ οι πόλοι διαφορετικού προσηλίου έλκονται μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι ο βόρειος πόλος ελκύει τον νότιο πόλο και αντιστρόφως, ενώ οι πόλοι του ίδιου προσηλίου απωθούνται. Μια σύνηθης αναπαράσταση για την πολικότητα του μαγνητικού πεδίου είναι η χρήση των συμβόλων N και S για τον βόρειο και νότιο πόλο αντίστοιχα. Η πολικότητα του μαγνητικού πεδίου είναι σημαντική για

την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ διαφορετικών μαγνητικών αντικειμένων και για την κατασκευή μαγνητικών συσκευών, όπως ηλεκτρομαγνήτες, μετασχηματιστές, ηλεκτρομαγνητικοί κινητήρες κ.λπ



Εικόνα 2.5: Πολικότητα μαγνητικού πεδίου.

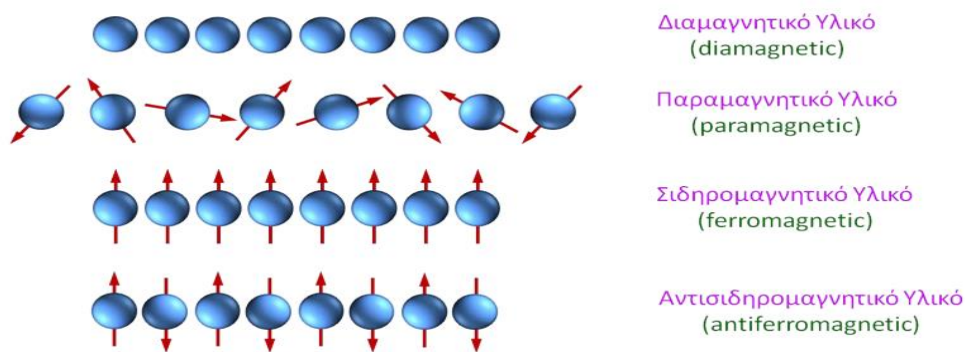
Η κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου αναφέρεται στην κατεύθυνση που ακολουθούν οι γραμμές του μαγνητικού πεδίου σε κάθε σημείο του χώρου. Γενικά, το μαγνητικό πεδίο περιβάλλει έναν μαγνήτη και διατρέχει χώρους γύρω από ηλεκτρικούς ρευματοφόρους αγωγούς. Οι γραμμές του μαγνητικού πεδίου παρουσιάζουν μια συγκεκριμένη κατεύθυνση από τον πόλο του μαγνήτη προς τον αντίθετο πόλο. Για παράδειγμα, αν έχουμε έναν μαγνήτη με έναν βόρειο (N) πόλο και έναν νότιο (S) πόλο, οι γραμμές του μαγνητικού πεδίου θα εξέρχονται από τον βόρειο πόλο και θα εισέρχονται στον νότιο πόλο. Αυτό σημαίνει ότι η κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου είναι από τον βόρειο προς τον νότιο πόλο. Η κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου μπορεί να περιγραφεί επίσης με τη χρήση των γνωστών μαγνητικών γραμμών, γνωστών και ως γραμμές του πεδίου. Αυτές οι γραμμές παρουσιάζουν μια συνεχή κατεύθυνση και αποτελούν μια αναπαράσταση του μαγνητικού πεδίου σε μια τρισδιάστατη μορφή. Παρουσιάζουν επίσης, μια τάση να συγκλίνουν προς τους πόλους του μαγνήτη, υποδεικνύοντας την κατεύθυνση του πεδίου. Η κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου είναι σημαντική για την κατανόηση της αλληλεπίδρασής του με άλλα μαγνητικά υλικά ή φορτία που κινούνται μέσα στο πεδίο.

Η μαγνητική αγωγιμότητα είναι μια φυσική ιδιότητα που περιγράφει την ικανότητα ενός υλικού να φέρει τις γραμμές του μαγνητικού πεδίου. Αναφέρεται στην ικανότητα ενός υλικού να αποκρίνεται στην επιβολή ενός μαγνητικού πεδίου και να επιτρέπει στο πεδίο να διαπεράσει το υλικό. Η μαγνητική αγωγιμότητα είναι σημαντική γιατί κάποια υλικά είναι καλοί μαγνητικοί αγωγοί, ενώ άλλα υλικά αποτρέπουν τη διέλευση των γραμμών του μαγνητικού πεδίου. Η αγωγιμότητα ενός υλικού εξαρτάται από τη δομή του και τις ιδιότητες των ηλεκτρονίων που το απαρτίζουν. Υλικά όπως οι μέταλλα, ειδικά οι καλώδια από χαλκό και αλουμίνιο, έχουν υψηλή μαγνητική αγωγιμότητα και επιτρέπουν την εύκολη διέλευση των γραμμών του μαγνητικού πεδίου. Αυτό τα καθιστά κατάλληλα για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας σε μορφή ρεύματος. Αντίθετα, μη μαγνητικά υλικά όπως το ξύλο, το πλαστικό και το χαρτί έχουν πολύ χαμηλή μαγνητική αγωγιμότητα και δυσκολεύουν τη διέλευση των γραμμών του μαγνητικού πεδίου. Η μαγνητική αγωγιμότητα μπορεί να επηρεαστεί από παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η σύσταση του υλικού και η παρουσία μαγνητικών υλικών. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως στα μαγνητικά υλικά, η μαγνητική αγωγιμότητα μπορεί να είναι πολύ υψηλή, επιτρέποντας στο μαγνητικό πεδίο να επηρεάζει σημαντικά το υλικό.

Η αλληλεπίδραση με μαγνητικά υλικά μελετάει τον τρόπο με τον οποίο το μαγνητικό πεδίο αλληλεπιδρά με αντικείμενα που έχουν μαγνητικές ιδιότητες. Αυτή η αλληλεπίδραση μπορεί να είναι σε μορφή έλξης ή απόρριψης ανάλογα με την πολικότητα των πόλων του μαγνήτη και του αντικειμένου. Όταν ένα μαγνητικό υλικό είναι κοντά σε ένα μαγνητικό πεδίο, οι πόλοι του υλικού αλληλεπιδρούν με τους πόλους του πεδίου. Αν οι πόλοι είναι αντίθετοι, δηλαδή ο ένας είναι βόρειος και ο άλλος νότιος, τότε υπάρχει έλξη μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι το μαγνητικό υλικό θα τραβηχτεί προς το μαγνητικό πεδίο. Αντίθετα, αν οι πόλοι είναι ίδιοι, δηλαδή και οι δύο είναι βόρειοι ή και οι δύο νότιοι, τότε υπάρχει απόρριψη μεταξύ τους και το μαγνητικό υλικό θα απωθείται από το μαγνητικό πεδίο. Αυτή η αλληλεπίδραση με μαγνητικά υλικά είναι καίριας σημασίας σε πολλές εφαρμογές. Για παράδειγμα, χρησιμοποιείται στην κατασκευή ηλεκτρομαγνητών, μετασχηματιστών, ηλεκτρομαγνητικών κινητήρων, ηλεκτρομαγνητικών διακοπών και πολλών άλλων συσκευών. Η ικανότητα ενός υλικού να αλληλεπιδρά με το μαγνητικό πεδίο εξαρτάται από τις μαγνητικές ιδιότητες του υλικού, όπως η μαγνητική αγωγιμότητα, ο υπερμαγνητισμός και η συγκέντρωση μαγνητικών υλικών σε αυτό.

2.2 Μαγνητικά Υλικά

Η συμπεριφορά των μαγνητικών υλικών οφείλεται στην περιστροφή των ηλεκτρονίων γύρω από τον πυρήνα του ατόμου καθώς και στα spin (περιστροφή γύρω από τον άξονά του) τόσο των ηλεκτρονίων όσο και του πυρήνα του ατόμου. Στην κλασική θεώρηση του ατόμου όλες αυτές οι περιστροφικές κινήσεις δημιουργούν μαγνητικά δίπολα. Τα μαγνητικά υλικά είναι υλικά που έχουν την ικανότητα να διατηρούν μια μαγνητική πυκνότητα, γνωστή και ως μαγνητισμός. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να επηρεαστούν από το μαγνητικό πεδίο και να διατηρούν μια μαγνητική φόρτιση ακόμα και όταν το πεδίο αφαιρείται. Μερικές από τις εφαρμογές μαγνητικών υλικών βρίσκονται στους μετασχηματιστές, στις ηλεκτρικές μηχανές, στις ηλεκτρικές γεννήτριες, στα ηχεία και στα μικρόφωνα. Τα μαγνητικά υλικά χωρίζονται συνήθως στις παρακάτω κατηγορίες: **φερρομαγνητικά υλικά**, **παραμαγνητικά υλικά**, **διαμαγνητικά υλικά**, **αυτισηρομαγνητικά υλικά**, τα **σιδηρομαγνητικά υλικά** και τα **αντισηρομαγνητικά υλικά**.



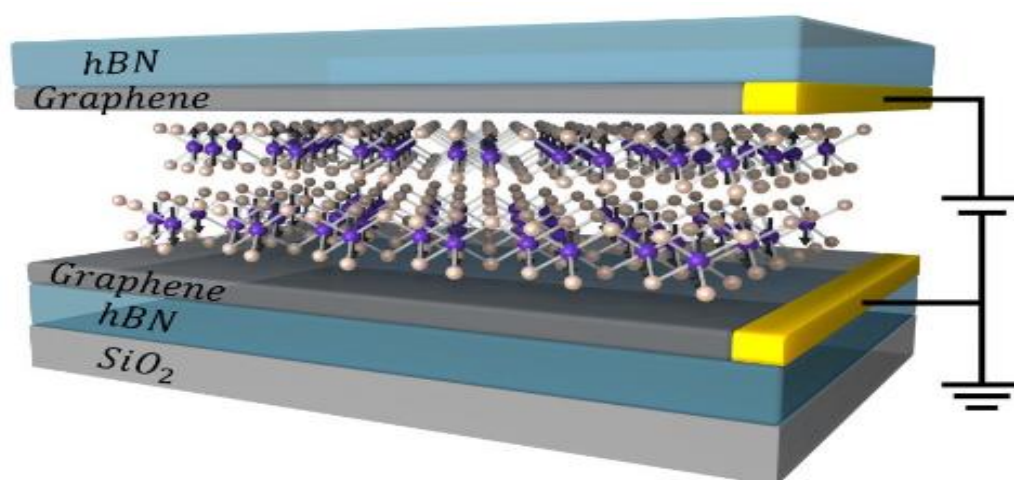
Εικόνα 2.6: Ταξινόμηση Μαγνητικών Υλικών.

Τα **φερρομαγνητικά υλικά** είναι μια κατηγορία μαγνητικών υλικών που έχουν ισχυρή μαγνητική ιδιότητα. Τα πιο γνωστά φερρομαγνητικά υλικά είναι ο σίδηρος (Fe), το νικέλιο (Ni) και το κοβάλτιο (Co), ενώ υπάρχουν και άλλα υλικά που εμφανίζουν φερρομαγνητικές ιδιότητες. Έχουν την ιδιότητα να ενισχύουν ένα εξωτερικό μαγνητικό πεδίο. Όταν τοποθετούνται κοντά σε ένα μαγνητικό πεδίο, ευθυγραμμίζουν τους μαγνητικούς πόλους τους με το πεδίο, προκαλώντας έναν ενισχυμένο μαγνητισμό. Η ενίσχυση του μαγνητικού πεδίου στα φερρομαγνητικά υλικά οφείλεται στο φαινόμενο του φερρομαγνητισμού. Κάθε μοριακή μονάδα των υλικών αυτών περιέχει μια μεγάλη πληθώρα ατομικών μαγνητών (μαγνητικά στιγματισμένων περιοχών) που μπορούν να αλληλεπιδρούν με το μαγνητικό

πεδίο. Όταν εφαρμόζεται ένα εξωτερικό πεδίο, οι μαγνητικές στιγμές του υλικού ευθυγραμμίζονται προς την κατεύθυνση του πεδίου, προκαλώντας έναν ενισχυμένο μαγνητισμό. Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό των φερρομαγνητικών υλικών είναι η μεταβλητότητα της μαγνητικής ιδιότητάς τους με τη θερμοκρασία. Με αύξηση της θερμοκρασίας, η μαγνητική ιδιότητα των φερρομαγνητικών υλικών μειώνεται, και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να εξαφανιστεί εντελώς. Έχουν ευρεία εφαρμογή στην τεχνολογία, συμπεριλαμβανομένων των μετασχηματιστών, ηλεκτρομαγνητικών κινητήρων, μεγάλων μαγνητών, μαγνητικών κυκλωμάτων και ηλεκτρομαγνητικών διακοπών. Επίσης, χρησιμοποιούνται στην κατασκευή μαγνητικών κορμών, αισθητήρων, μαγνητικής μνήμης και πολλών άλλων συστημάτων.

Τα **παραμαγνητικά υλικά** ανήκουν σε μια κατηγορία μαγνητικών υλικών, αλλά η μαγνητική τους ιδιότητα είναι αρκετά ασθενής σε σύγκριση με τα φερρομαγνητικά υλικά. Τα παραμαγνητικά υλικά εμφανίζουν μια μικρή θετική μαγνητική επιδρομή όταν τοποθετούνται σε ένα εξωτερικό μαγνητικό πεδίο, αλλά αυτή η επιδρομή είναι πολύ μικρή και αντιστρέφεται όταν το πεδίο αφαιρείται. Εμφανίζουν αδύναμη ανταπόκριση σε ένα μαγνητικό πεδίο εξαιτίας του τρόπου με τον οποίο οι μαγνητικοί πόλοι τους ευθυγραμμίζονται. Όταν εφαρμόζεται ένα μαγνητικό πεδίο, οι μαγνητικοί πόλοι των παραμαγνητικών υλικών ευθυγραμμίζονται ελαφρώς με το πεδίο, αλλά με μια πολύ μικρή ένταση. Όταν το πεδίο αφαιρείται, οι μαγνητικοί πόλοι επιστρέφουν στην αρχική τους κατάσταση και ο μαγνητισμός εξαφανίζεται σχεδόν πλήρως. Παραδείγματα παραμαγνητικών υλικών περιλαμβάνουν το αλουμίνιο (Al), ο χαλκός (Cu), το χρώμιο (Cr) και το υδρογόνο (H₂).

Αυτά τα υλικά έχουν μια μικρή θετική μαγνητική επιδρομή, αλλά αυτή είναι τόσο ασθενής που συνήθως αγνοείται στις περισσότερες εφαρμογές. Παραμαγνητικά υλικά είναι σημαντικά στην έρευνα και την τεχνολογία για διάφορους λόγους, όπως η απομάκρυνση μαγνητικών πεδίων, η απορρόφηση μαγνητικών ενεργειών και η παραγωγή μαγνητικών ομάδων για εφαρμογές όπως η μαγνητική διανομή και η μαγνητική τομογραφία. Συμπερασματικά, τα παραμαγνητικά υλικά έχουν αριθμό ηλεκτρονίων χωρίς αλληλοαναιρούμενα spin και επομένως έχουν μόνιμη μαγνητική ροπή λόγω του ηλεκτρονικού spin. Υπό την παρουσία εξωτερικού μαγνητικού πεδίου τα ατομικά μαγνητικά δίπολα προσανατολίζονται προς το εφαρμοζόμενο μαγνητικό πεδίο. (Υπάρχει ταυτόχρονα και το διαμαγνητικό φαινόμενο αλλά είναι ασθενέστερο και τελικά η μαγνητική δεκτικότητα είναι μικρή μεν αλλά θετική).

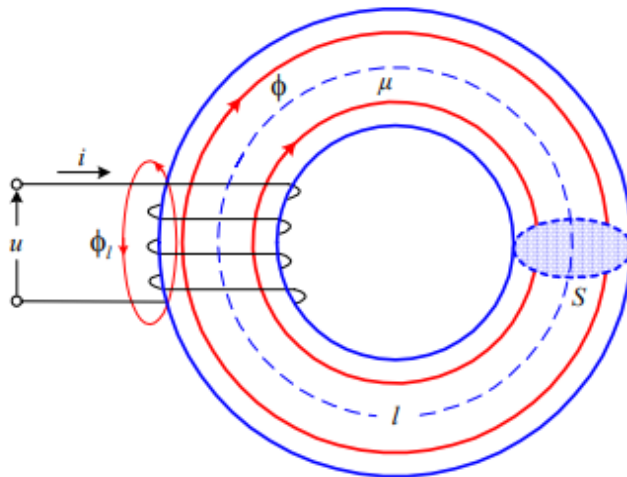


Εικόνα 2.7: Δομή μαγνητικού υλικού.

Τα **διαμαγνητικά υλικά** είναι ένα είδος μαγνητικών υλικών με ιδιότητες αντίθετες από τα φερρομαγνητικά και παραμαγνητικά υλικά. Όταν τα διαμαγνητικά υλικά τοποθετούνται σε ένα εξωτερικό μαγνητικό πεδίο, δεν εμφανίζουν μαγνητισμό. Από την άποψη της μαγνητικής αντίδρασης,

τα διαμαγνητικά υλικά είναι μη μαγνητικά. Οι ατομικές δομές των διαμαγνητικών υλικών δεν έχουν μαγνητική στιγμιαία στιγμή ή μαγνητική διάταξη. Η απουσία μαγνητικής διάταξης οφείλεται στην αντιστάθμιση των μαγνητικών στιγμιαίων στιγμών των ατόμων μέσω της τυχαιότητας των προσανατολισμένων αντίστροφων μαγνητικών στιγμιαίων στιγμών. Παραδείγματα διαμαγνητικών υλικών περιλαμβάνουν το αλουμίνιο (Al), ο χαλκός (Cu), το αργίλιο (Al₂O₃) και το αίμα. Αυτά τα υλικά δεν εμφανίζουν μαγνητικές ιδιότητες και συμπεριφέρονται μη μαγνητικά σε παρουσία εξωτερικού μαγνητικού πεδίου. Τα διαμαγνητικά υλικά έχουν ζεύγη ηλεκτρονίων με αλληλοαναιρούμενα spin και δεν έχουν μόνιμη μαγνητική ροπή. Υπό την παρουσία εξωτερικού μαγνητικού πεδίου δημιουργούν λόγω της μεταβολής της τροχιακής ταχύτητας περιστροφής των ηλεκτρονίων μια διπολική ροπή αντίθετη με το εφαρμοζόμενο μαγνητικό πεδίο (Νόμος του Lenz).

Τα **σιδηρομαγνητικά υλικά** είναι μια ειδική κατηγορία μαγνητικών υλικών που εμφανίζουν ισχυρή μαγνητική ανταπόκριση σε ένα εξωτερικό μαγνητικό πεδίο. Το σημαντικότερο σιδηρομαγνητικό υλικό είναι ο σίδηρος (Fe), αλλά υπάρχουν και άλλα υλικά που εμφανίζουν αυτήν την ιδιότητα, όπως το κοβάλτιο (Co) και το νικέλιο (Ni). Έχουν την ιδιότητα να ευθυγραμμίζουν τους μαγνητικούς πόλους τους με το εξωτερικό μαγνητικό πεδίο. Ισχυρές δυνάμεις αλληλεπίδρασης (Quantum-Mechanical Exchange Forces) δημιουργούν αντίρροπες μαγνητικές ροπές γειτονικών ατόμων αλλά ΜΗ αλληλοαναιρούμενες (όπως συμβαίνει στα αντισιδηρομαγνητικά υλικά). Τα σιδηρομαγνητικά υλικά χάνουν την αυθόρμητη μαγνήτισή τους όταν η θερμοκρασία υπερβεί μια κρίσιμη τιμή TC (θερμοκρασία Curie). Αυτό συμβαίνει διότι οι ατομικές δομές των σιδηρομαγνητικών υλικών έχουν μη μηδενικές μαγνητικές στιγμιαίες στιγμές. Κατά την παρουσία ενός μαγνητικού πεδίου, αυτές οι μαγνητικές στιγμιαίες στιγμές ευθυγραμμίζονται με το πεδίο και προκαλούν την εμφάνιση ενός μαγνητικού πεδίου στο υλικό. Η μαγνητική ανταπόκριση των υλικών αυτών είναι συνήθως πολύ ισχυρή και μπορούν να διατηρήσουν το μαγνητισμό τους και μετά την αφαίρεση του εξωτερικού μαγνητικού πεδίου. Αυτό τους καθιστά χρήσιμα για πολλές εφαρμογές, όπως η κατασκευή μαγνητών, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω γεννητριών, και η χρήση σε διάφορες τεχνολογίες μεταφοράς και αποθήκευσης δεδομένων.



Εικόνα 2.8: Πηνίο με πυρήνα από σιδηρομαγνητικό υλικό.

Τα **αντισιδηρομαγνητικά υλικά** είναι μια ειδική κατηγορία μαγνητικών υλικών που εμφανίζουν αντίθετη ανταπόκριση από τα σιδηρομαγνητικά υλικά. Αντί να ευθυγραμμίζουν τους μαγνητικούς πόλους τους με το εξωτερικό μαγνητικό πεδίο, τα αντισιδηρομαγνητικά υλικά απομακρύνουν τους πόλους τους από το πεδίο. Η ιδιότητα τους είναι να αντιστρέφουν την κατεύθυνση της μαγνητικής διάταξής τους όταν εκτίθενται σε ένα μαγνητικό πεδίο. Αυτό συμβαίνει επειδή οι ατομικές δομές των αντισιδηρομαγνητικών υλικών έχουν μαγνητικές στιγμιαίες στιγμές που ευθυγραμμίζονται αντίστροφα με το εξωτερικό πεδίο. Παραδείγματα αντισιδηρομαγνητικών υλικών είναι οι ανοξείδωτοι χάλυβες, τα

αλουμινένις κράματα και ορισμένα είδη πλαστικών. Η βασική διαφορά ανάμεσα στα σιδηρομαγνητικά υλικά και τα αντισιδηρομαγνητικά υλικά έγκειται στην αντίδρασή τους στα μαγνητικά πεδία.

Αυτό σημαίνει ότι απομακρύνουν τους μαγνητικούς πόλους τους από το εξωτερικό πεδίο. Όταν εκτίθενται σε ένα μαγνητικό πεδίο, αυτά τα υλικά αναστρέφουν την κατεύθυνση της μαγνητικής διάταξής τους. Συνοψίζοντας, η κύρια διαφορά είναι ότι τα σιδηρομαγνητικά υλικά ευθυγραμμίζουν τους μαγνητικούς πόλους τους με το εξωτερικό πεδίο, ενώ τα αντισιδηρομαγνητικά υλικά απομακρύνουν τους μαγνητικούς πόλους τους από το πεδίο. Οι μαγνητικές ιδιότητες των υλικών καθορίζονται από τη δομή τους σε μοριακό και ατομικό επίπεδο, καθώς και από την κίνηση των ηλεκτρονίων μέσα στα ατομικά επίπεδα. Αυτές οι ιδιότητες καθορίζουν την ανταπόκριση των υλικών σε ένα μαγνητικό πεδίο.

ΜΑΛΑΚΑ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	ΣΚΛΗΡΑ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ
Έχουν μικρή επιφάνεια του βρόχου υστέρησης	Έχουν μεγάλη επιφάνεια του βρόχου υστέρησης
Έχουν μικρή παραμένουσα μαγνήτιση	Έχουν μεγάλη παραμένουσα μαγνήτιση
Έχουν μικρή απομαγνητίζουσα δύναμη	Έχουν μεγάλη απομαγνητίζουσα δύναμη
Έχουν μεγάλη αρχική σχετική διαπερατότητα	Έχουν μικρή αρχική σχετική διαπερατότητα
Μικρές απώλειες υστέρησης	Μεγάλες απώλειες υστέρησης
Έχουν μικρές απώλειες από δινορεύματα	Έχουν μεγαλύτερες απώλειες από δινορεύματα (μεγαλύτερες σε μεταλλικά υλικά και μικρότερες σε κεραμικά υλικά)
Εφαρμογές σε μετασχηματιστές, ηλεκτρικές μηχανές/γεννήτριες, ηλεκτρομαγνήτες κ.α.	Εφαρμογές σε μόνιμους μαγνήτες, μικρόφωνα, ηχεία, μαγνητικούς ανιχνευτές, HD drives κ.α.

Πίνακας 2.1: Διαχωρισμός Μαγνητικών Υλικών.

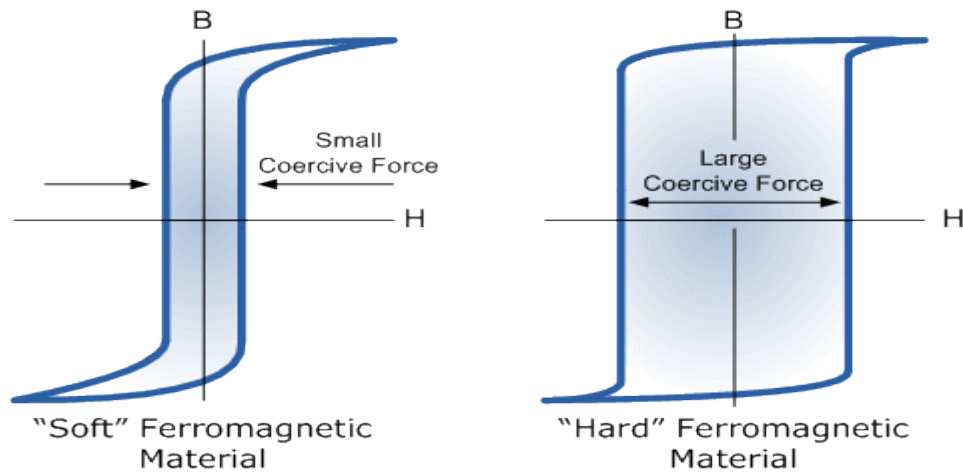
Μαλακά μαγνητικά υλικά:

Τα μαλακά μαγνητικά υλικά είναι επίσης σιδηρομαγνητικά και μπορούν να διατηρήσουν τον μαγνητισμό τους όσο βρίσκονται μακριά από εξωτερικά μαγνητικά πεδία. Ο βαθμός της συγκολλητικότητας είναι επίσης χαμηλός και ο διατηρούμενος μαγνητισμός (αν και πολύ μικρότερος) χάνεται πολύ εύκολα. Επομένως, μπορούν εύκολα να μαγνητιστούν και να απομαγνητιστούν. Τέτοια υλικά (μαλακά μαγνητικά υλικά) χρησιμοποιούνται ως υλικά ηλεκτρομαγνήτη επειδή η δύναμη συγκράτησης πρέπει να είναι ασθενής και η συγκρατητική δύναμη πρέπει επίσης να είναι ασθενής. Ο μαλακός σίδηρος είναι ένα κατάλληλο μαλακό σιδηρομαγνητικό υλικό.

Σκληρά μαγνητικά υλικά:

Οι σκληροί μαγνήτες είναι γενικά τα σιδηρομαγνητικά υλικά με την ικανότητα να διατηρούν τον μαγνητισμό για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι σκληροί μαγνήτες πρέπει επίσης να έχουν υψηλή καταναγκαστική δύναμη. Αυτό σημαίνει ότι το μέγεθος του εξωτερικού μαγνητικού πεδίου πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο ώστε να απομακρύνει τον υπολειπόμενο μαγνητισμό που διατηρεί το υλικό.

Παραδείγματα σκληρών μαγνητικών υλικών είναι το Alnico (κράμα σιδήρου, κοβαλτίου, αλουμινίου, νικελίου και χαλκού) και το Ξύλιο (φυσικό μέταλλο).



Εικόνα 2.9: Βρόγχος υστέρησης για μαλακά και σκληρά μαγνητικά υλικά.

2.3 Τύποι μαγνητών

Στη φυσική, ο μαγνήτης είναι μια ουσία ή ένα αντικείμενο (συνήθως μέταλλο) που δημιουργεί μαγνητικό πεδίο στο χώρο γύρω του. Στην πράξη, τα μαγνητικά πεδία ανιχνεύονται από την αλληλεπίδραση ενός μαγνήτη με άλλα αντικείμενα, όπως η ικανότητά του να έλκει μικρά κομμάτια σιδήρου ή να δείχνει παράλληλα με τις γραμμές του μαγνητικού πεδίου της γης. Παρακάτω θα εξετάσουμε μερικούς από τους κύριους τύπους μαγνητών:

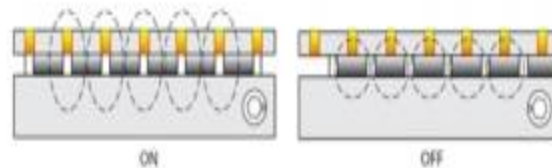
Μόνιμοι Μαγνήτες:

Οι μόνιμοι μαγνήτες είναι μαγνήτες που διατηρούν το μαγνητισμό τους σε μακροπρόθεσμη βάση, δηλαδή διατηρούν ένα μόνιμο μαγνητικό πεδίο χωρίς να απαιτούν εξωτερική παροχή ενέργειας. Αυτό σημαίνει ότι διατηρούν την ικανότητά τους να προσελκύουν ή να απωθούν μαγνητικά αντικείμενα χωρίς την ανάγκη για εξωτερική τροφοδοσία με ηλεκτρικό ρεύμα. Παράγονται από υλικά που έχουν υψηλή και μόνιμη μαγνητική απόδοση. Οι δύο κύριοι τύποι μαγνητικών υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μόνιμων μαγνητών είναι οι ατσάλινοι μαγνήτες και οι μαγνήτες από αργίλιο-σίδηρο-βορίο (NdFeB).

- Οι ατσάλινοι μαγνήτες (π.χ. μαγνήτες Alnico) παράγονται από έναν συνδυασμό ατσαλιού, αλουμινίου, νικελίου και κοβαλτίου. Είναι σκληροί, ανθεκτικοί και έχουν μέτρια μαγνητική απόδοση.
- Οι μαγνήτες από νεοδύμιο-σίδηρο-βορίο (NdFeB) είναι οι πιο ισχυροί μαγνήτες που είναι διαθέσιμοι σήμερα. Αυτοί οι μαγνήτες περιέχουν έναν συνδυασμό αργιλίου, σιδήρου, βορίου και άλλων συστατικών. Είναι απίστευτα ισχυροί σε σχέση με το μέγεθός τους και χρησιμοποιούνται ευρέως σε πολλές εφαρμογές, όπως η ηλεκτρονική, η ιατρική, οι μηχανικές εφαρμογές και οι κινητήρες. Οι μαγνήτες NdFeB είναι πιο ευάλωτοι στη διάβρωση από τους ατσάλινους μαγνήτες, αλλά μπορούν να επικαλυφθούν με προστατευτικές επιστρώσεις για να αντισταθούν σε αυτό το πρόβλημα.

Ο μόνιμος μαγνήτης ενεργοποιείται και απενεργοποιείται με χειροκίνητο διακόπτη μοχλού. Στη θέση OFF ο μοχλοδιακόπτης κλείνει το μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό του μαγνήτη- στη θέση ON ο μοχλοδιακόπτης μετακινεί τον μαγνήτη στο εσωτερικό της μαγνητικής διάταξης, αλλάζοντας την πολικότητά του. Αυτό ανοίγει το μαγνητικό πεδίο έξω από τον μαγνήτη και κλείνει ξανά όταν ένα σιδηρομαγνητικό υλικό συνδεθεί στον μαγνήτη.

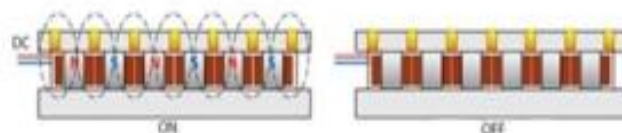
Η τεχνολογία είναι πολύ απλή, σε σύγκριση με τους ηλεκτρομαγνήτες ή τους ηλεκτρομαγνήτες, οι μόνιμοι μαγνήτες δεν απαιτούν σύνδεση με την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος για να λειτουργήσουν, γεγονός που τους καθιστά σχετικά φθηνούς και εύκολους στην εγκατάσταση. Τα ηλεκτρικά καλώδια δεν μπαίνουν στη μέση κατά τη μεταφορά και τη λειτουργία.



Εικόνα 2.10: Τομή μόνιμου μαγνήτη με τους πόλους σε ανοιχτή και κλειστή θέση.

Ηλεκτρομαγνήτες:

Οι ηλεκτρομαγνήτες είναι συσκευές που χρησιμοποιούν μια ηλεκτρική τάση ή ρεύμα για να παράγουν ένα μαγνητικό πεδίο ή να ελέγχουν το μαγνητικό πεδίο. Αυτοί οι μαγνήτες μπορούν να είναι ενεργοί, δηλαδή να μπορούν να αλλάξουν την ένταση ή την κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου τους, ή παθητικοί, όπου το μαγνητικό πεδίο παράγεται από μια σταθερή τάση ή ρεύμα. Συνήθως αποτελούνται από έναν πηνίο (τυλιγμένο καλώδιο) και έναν πυρήνα από μαγνητικό υλικό, όπως το σίδηρο. Όταν περνάει ρεύμα από το πηνίο, παράγεται ένα μαγνητικό πεδίο γύρω από τον πυρήνα, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορες εφαρμογές.



Εικόνα 2.11: Τομή ενός ηλεκτρομαγνήτη – οι πόλοι του στις θέσεις ON και OFF.

Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ότι ο μαγνήτης μπορεί να ενεργοποιηθεί και να απενεργοποιηθεί με το πάτημα ενός κουμπιού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μεγάλη συγκέντρωση μαγνητικού πεδίου κατά την ενεργοποίηση και καθόλου υπολειμματικό μαγνητισμό κατά την απενεργοποίηση (το ανυψωμένο αντικείμενο απελευθερώνεται αμέσως μετά την απενεργοποίηση του μαγνήτη). Το μειονέκτημα των ηλεκτρομαγνητών είναι προφανές: δεν μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς ηλεκτρικό ρεύμα και πρέπει να είναι συνδεδεμένοι με το ηλεκτρικό δίκτυο.

Ηλεκτρομόνιμοι Μαγνήτες:

Ο ηλεκτρομόνιμος μαγνήτης είναι ένας είδος μαγνήτη που συνδυάζει τις ιδιότητες του μόνιμου μαγνήτη με τη δυνατότητα ελέγχου του μαγνητικού πεδίου του. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ηλεκτρικού

ρεύματος για να αλλάξει η μαγνητική κατάσταση του μαγνητικού υλικού. Αποτελείται από ένα μαγνητικό υλικό που είναι ικανό να διατηρήσει τη μαγνητική του ιδιότητα χωρίς την παροχή εξωτερικής ενέργειας, όπως ένας μόνιμος μαγνήτης. Αυτό το μαγνητικό υλικό τοποθετείται μέσα σε ένα κύκλωμα, το οποίο αποτελείται από μια σειρά από συνεχείς πυκνώσεις ηλεκτρικού αγωγού, όπως σύρμα ή πλάκες, που διέρχονται από ηλεκτρικό ρεύμα. Όταν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από το κύκλωμα, παράγεται ένα μαγνητικό πεδίο γύρω από τα αγωγού. Το μαγνητικό πεδίο αυτό επηρεάζει το μαγνητικό υλικό μέσα στον ηλεκτρομόνιμο μαγνήτη και το καθιστά είτε μαγνητισμένο είτε απομαγνητισμένο, ανάλογα με την κατεύθυνση του ρεύματος. Όταν το ρεύμα διακόπτεται, ο ηλεκτρομόνιμος μαγνήτης διατηρεί την τελευταία κατάσταση μαγνητισμού χωρίς την παροχή ενέργειας. Οι ηλεκτρομόνιμοι μαγνήτες χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές όπου απαιτείται έλεγχος του μαγνητικού πεδίου, όπως σε ρομποτικά συστήματα, μηχανισμούς αυτόματης επανατοποθέτησης, εργαλεία επεξεργασίας υλικών και ηλεκτρικούς κινητήρες. Η δυνατότητα να αλλάζουν το μαγνητικό πεδίο τους με τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος τους καθιστά εξαιρετικά ευέλικτους και πολύ χρήσιμους σε πολλούς τομείς της τεχνολογίας.



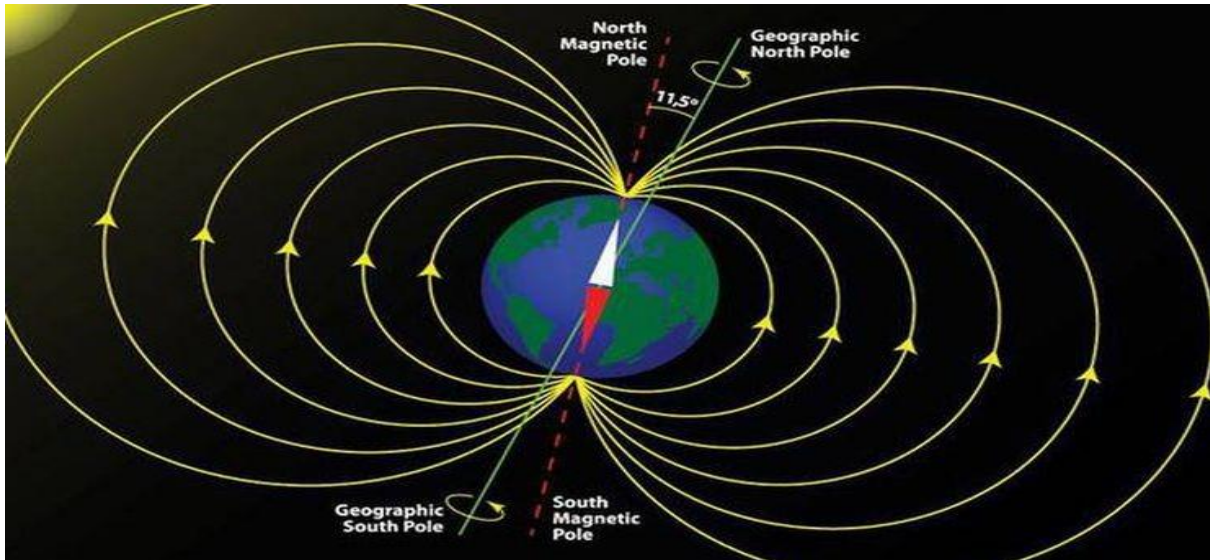
Εικόνα 2.12: Εσωτερική απεικόνιση ηλεκτρομόνιμου μαγνήτη- οι πόλοι του στις θέσεις ON και OFF.

Με λίγα λόγια βλέπουμε πως οι μόνιμοι μαγνήτες είναι απλοί στη σχεδίαση και τη χρήση, οι ηλεκτρομαγνήτες μπορούν να παρέχουν πολύ μεγάλες μαγνητικές δυνάμεις λόγω σχεδιασμού και τέλος οι ηλεκτρομόνιμοι μαγνήτες είναι ενεργειακά αποδοτικοί και δεν παράγουν θερμότητα κατά τη χρήση τους.

2.4 Μαγνητικοί πόλοι

Οι μαγνητικοί πόλοι αναφέρονται στις περιοχές ενός μαγνήτη όπου η μαγνητική δύναμη είναι η ισχυρότερη. Ένας μαγνήτης έχει δύο πόλους, τον βόρειο (βορρά) και τον νότιο (νότο) πόλο, παρόμοια με τη Γη που έχει τον βόρειο πόλο και τον νότιο πόλο. Έχουν την ιδιότητα της αλληλεξέλιξης και απωθητικής δράσης. Αυτό σημαίνει ότι οι πόλοι διαφορετικού προσήλωσης (ένας βόρειος πόλος και ένας νότιος πόλος) θα τραβηχτούν μαζί, ενώ πόλοι του ίδιου προσήλωσης (δύο βόρειοι πόλοι ή δύο νότιοι πόλοι) θα απωθηθούν. Όταν παρατηρούμε έναν μαγνήτη, οι γραμμές μαγνητικού πεδίου διατρέχουν μια διαδρομή από τον βόρειο πόλο στον νότιο πόλο. Οι γραμμές αυτές είναι οι μαγνητικές δυνάμεις που δρουν μεταξύ των πόλων και αποτελούν το μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη.

Τέλος, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι μαγνητικοί πόλοι πάντα συνυπάρχουν. Δεν είναι δυνατόν να έχετε έναν μοναδικό πόλο, καθώς η μαγνητική δύναμη εμφανίζεται πάντα σε ζεύγη πόλων. Η έννοια των μαγνητικών πόλων είναι ουσιώδης για την κατανόηση της συμπεριφοράς των μαγνητικών υλικών, καθώς και για την εφαρμογή της μαγνητικής τεχνολογίας σε πολλούς τομείς, όπως η ηλεκτρονική, η ιατρική, η μηχανολογία και η ενέργεια. καθώς και για την εφαρμογή της μαγνητικής τεχνολογίας σε πολλούς τομείς, όπως η ηλεκτρονική, η ιατρική, η μηχανολογία και η ενέργεια.



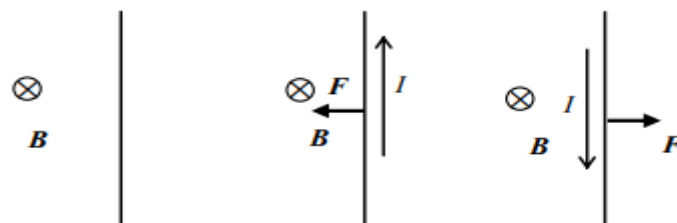
Εικόνα 2.13: Μαγνητικοί Πόλοι.

2.5 Μαγνητική δύναμη και μαγνητική ροή

Μαγνητική Δύναμη

Η μαγνητική δύναμη είναι μια φυσική δύναμη που ασκείται μεταξύ μαγνητικών αντικειμένων, όπως μαγνήτες ή μαγνητικά υλικά. Αυτή η δύναμη προέρχεται από το μαγνητικό πεδίο που παράγεται από αυτά τα αντικείμενα. Το μαγνητικό πεδίο είναι ένας χώρος γύρω από έναν μαγνήτη ή μια ηλεκτρική τροφοδοσία όπου εκδηλώνονται μαγνητικές δυνάμεις. Αυτό το πεδίο δημιουργείται από την κίνηση φορτίων ή την περιστροφή μαγνητικών στοιχείων. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου περιγράφεται από το μέγεθος του μαγνητικού πεδίου και την κατεύθυνσή του. Η μαγνητική δύναμη ασκείται μεταξύ δύο μαγνητικών πόλων, του βόρειου και του νότιου πόλου. [6] Αυτή η δύναμη είναι ελκτική όταν πόλοι διαφορετικής σημασίας προσεγγίζουν ο ένας τον άλλον (βόρειος πόλος και νότιος πόλος), ενώ είναι απωθητική όταν πόλοι του ίδιου προσήλωσης απομακρύνονται ο ένας από τον άλλον (δύο βόρειοι πόλοι ή δύο νότιοι πόλοι). Επηρεάζει φορτία που κινούνται σε μαγνητικά πεδία. Όταν ένα φορτισμένο σωματίδιο κινείται μέσα από ένα μαγνητικό πεδίο, αντιλαμβάνεται μια δύναμη που ονομάζεται μαγνητική δύναμη Lorentz. Η μαγνητική δύναμη Lorentz είναι κάθετη στην κατεύθυνση του κινούμενου φορτίου και στην κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου, σύμφωνα με τον νόμο του Αμπέρ.

Η μαγνητική δύναμη έχει πολλές εφαρμογές στην τεχνολογία και στην καθημερινή ζωή μας. Από την χρήση μαγνητών σε ηχεία και κινητήρες, μέχρι την αποθήκευση δεδομένων σε σκληρούς δίσκους και την ιατρική εικονογράφιση με τη χρήση μαγνητικής τομογραφίας (MRI), η μαγνητική δύναμη παίζει σημαντικό ρόλο στη σύγχρονη τεχνολογία.



Εικόνα 2.14: Δύναμη πάνω σε ρευματοφόρο αγωγό ο οποίος βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο, κάθετο στον αγωγό. Η φορά της μαγνητικής δύναμης εξαρτάται από την φορά του ρεύματος.

Μαγνητική Ροή

Αναφερόμαστε στην ποσότητα του μαγνητικού πεδίου που διαπερνά μια επιφάνεια. Αποτελεί μια μέτρηση της πυκνότητας των γραμμών του μαγνητικού πεδίου που διέρχονται μέσα από μια επιφάνεια που το τέμνει.

Η μαγνητική ροή συμβολίζεται με το γράμμα Φ . Μαθηματικά, η μαγνητική ροή δίνεται από το γινόμενο της μαγνητικής πυκνότητας του πεδίου (B) με την επιφάνεια (A) που το τέμνει, και την γωνία (θ) ανάμεσα στην κατεύθυνση των γραμμών του πεδίου και την κάθετη διεύθυνση της επιφάνειας:

$$\Phi = B * A * \cos(\theta) \quad (2.5)$$

Η μονάδα μέτρησης της μαγνητικής ροής είναι το Weber (Wb) στο διεθνές σύστημα μονάδων (SI).

Η έννοια της μαγνητικής ροής είναι σημαντική στη μαγνητική θεωρία και στην κατανόηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ μαγνητών και μαγνητικών υλικών. Επίσης, χρησιμοποιείται στη μελέτη μαγνητικών κυκλωμάτων και στην ανάλυση μαγνητικών φαινομένων, όπως η εναλλασσόμενη τροφοδοσία και η μετατροπή ενέργειας σε μηχανές και μετασχηματιστές.

Η μαγνητική ροή έχει σημαντική συνέπεια στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Σύμφωνα με τον νόμο του Faraday της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, μια μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή μέσα από έναν κύκλωμα προκαλεί την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος στο κύκλωμα. Αυτό το φαινόμενο είναι το θεμέλιο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής και αποτελεί τη βάση για τη λειτουργία των γεννητριών και των μετασχηματιστών που θα δούμε στις επόμενες ενότητες. Πιο συγκεκριμένα, όταν ένας αγωγός κινείται μέσα από ένα μαγνητικό πεδίο ή όταν το μαγνητικό πεδίο αλλάζει μέγεθος στον κοντινό χώρο ενός αγωγού, παράγεται μια επαγωγική δύναμη που οδηγεί στην ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από τον αγωγό. Αυτό το φαινόμενο εκμεταλλεύεται σε μια ποικιλία συσκευών και τεχνολογιών, όπως οι γεννήτριες ηλεκτρικού ρεύματος, οι μετασχηματιστές, οι ηλεκτρομαγνήτες και η μαγνητική αποθήκευση δεδομένων.

Επιπλέον, η μαγνητική ροή είναι στενά συνδεδεμένη με την έννοια των μαγνητικών πόλων. Οι μαγνητικοί πόλοι είναι οι περιοχές του μαγνητικού υλικού όπου η μαγνητική ροή εισέρχεται ή εξέρχεται από το υλικό. Ο βόρειος πόλος είναι η περιοχή όπου η μαγνητική ροή εισέρχεται στο υλικό, ενώ ο νότιος πόλος είναι η περιοχή όπου η μαγνητική ροή εξέρχεται από το υλικό. [5] Αυτή η διαφορετική κατεύθυνση της μαγνητικής ροής ανάμεσα στους μαγνητικούς πόλους προκαλεί τη δημιουργία μαγνητικής δύναμης και την έλξη ή απόσπαση μαγνητικών αντικειμένων.

Συνοψίζοντας, η μαγνητική ροή είναι η ποσότητα του μαγνητικού πεδίου που διαπερνά μια επιφάνεια και παίζει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Επιπλέον, συνδέεται με την έννοια των μαγνητικών πόλων και τη δημιουργία μαγνητικής δύναμης ανάμεσα σε μαγνήτες και μαγνητικά υλικά.

Κεφάλαιο 3ο: Ηλεκτρομαγνητισμός

3.1 Ηλεκτρικά ρεύματα και φορτία

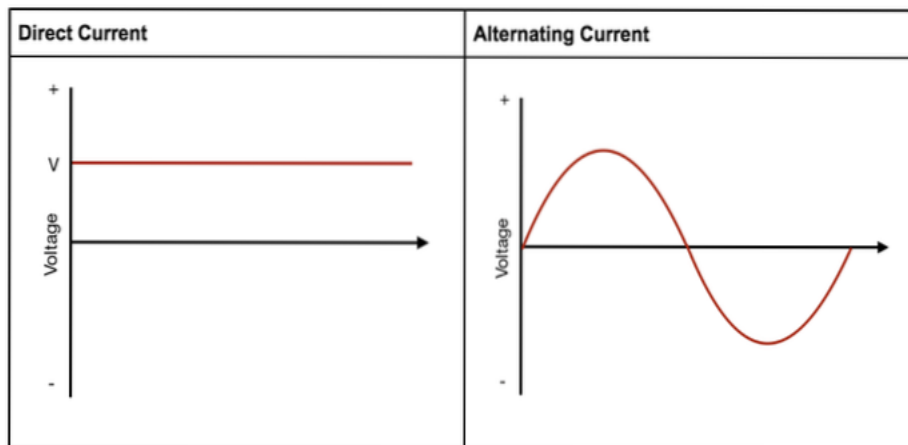
Ηλεκτρικά ρεύματα

Τα ηλεκτρικά ρεύματα στον ηλεκτρομαγνητισμό αναφέρονται στη ροή ηλεκτρικού φορτίου μέσα από ένα κύκλωμα ή ένα αγωγό. Όταν υπάρχει διαφορά τάσης μεταξύ δύο σημείων σε ένα αγωγό ή κύκλωμα, τα ηλεκτρικά φορτία μεταφέρονται από το ένα σημείο στο άλλο, δημιουργώντας ένα ηλεκτρικό ρεύμα.

Το ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να είναι είτε συνεχές (DC - Direct Current) είτε εναλλασσόμενο (AC - Alternating Current), ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο ρέει το ηλεκτρικό φορτίο.

Το **συνεχές ρεύμα (DC)** ρέει με σταθερή κατεύθυνση και ένταση. Συνήθως παράγεται από μπαταρίες ή πηγές ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχουν μια σταθερή τάση. Το DC ρεύμα χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές, όπως η φόρτιση μπαταριών, η λειτουργία ηλεκτρονικών συσκευών και η μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.

Το **εναλλασσόμενο ρεύμα (AC)** αλλάζει κατεύθυνση και πολικότητα με τον χρόνο. Συνήθως παράγεται από γεννήτριες και χρησιμοποιείται για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα και για τη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών. Οι τιμές τάσης και έντασης σε ένα AC ρεύμα μεταβάλλονται κυκλικά και παρουσιάζουν μια μορφή κύματος, συνήθως σε μορφή ημιτόνου.

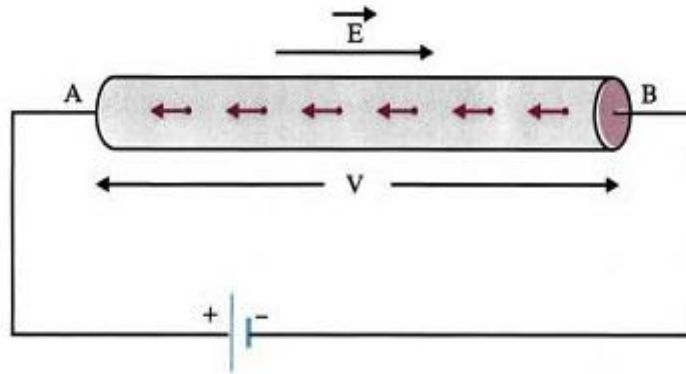


Εικόνα 3.1: Τα DC και AC ρεύματα.

Τα ηλεκτρικά ρεύματα είναι κρίσιμα για τη λειτουργία των ηλεκτρομαγνητικών συστημάτων, όπως ηλεκτρικές συσκευές, κυκλώματα, μηχανές και δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας. Η κατανόηση των ιδιοτήτων των ηλεκτρικών ρευμάτων είναι σημαντική για τη σχεδίαση, την ασφάλεια και την αποτελεσματική χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας.

Μπορούν να είναι επίσης κατηγοριοποιημένα ως ηλεκτρονικά ρεύματα ή ιόντα. Τα ηλεκτρικά ρεύματα αναφέρονται στη ροή ηλεκτρονίων (τα φορτία) μέσα από ένα κύκλωμα. Αυτό είναι το είδος του ρεύματος που συνήθως αναφέρεται όταν μιλάμε για ηλεκτρικό ρεύμα. Τα ηλεκτρόνια, που είναι τα φορτία του ηλεκτρονικού ρεύματος, μεταφέρονται μέσω αγωγών, όπως καλώδια ή μεταλλικοί αγωγοί. Από την άλλη πλευρά, τα ιόντα είναι φορείς ηλεκτρικού φορτίου που προκύπτουν από την ιοντική απόσπαση ατόμων. Τα ιόντα μεταφέρουν φορτίο μέσα από ιοντικά υγρά, όπως θαλασσινό νερό ή οι ακίδες αέρα. Τα ιόντα παρουσιάζουν μεγαλύτερη κινητικότητα από τα ηλεκτρόνια, αλλά τα

ηλεκτρονικά ρεύματα είναι πιο συνηθισμένα στις καθημερινές εφαρμογές. Και τα δύο είδη ρευμάτων, τα ηλεκτρονικά και τα ιοντικά, έχουν σημαντική συνεισφορά στην επιστήμη του ηλεκτρομαγνητισμού και χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές, όπως η ηλεκτρονική, η ηλεκτροχημεία, η βιοϊατρική τεχνολογία και η έρευνα περίβληματος αεροσκαφών.



Εικόνα 3.2: Ηλεκτρικό ρεύμα σε μεταλλικό αγωγό.

Ηλεκτρικά φορτία

Τα ηλεκτρικά φορτία αναφέρονται στο φορτίο των ηλεκτρονίων και των πρωτών σωματιδίων (π.χ. πρωτόνια) που βρίσκονται σε ένα αντικείμενο ή ένα σύστημα. Τα ηλεκτρικά φορτία είναι υπεύθυνα για την παρουσία ηλεκτρικού πεδίου γύρω από το φορτισμένο αντικείμενο.

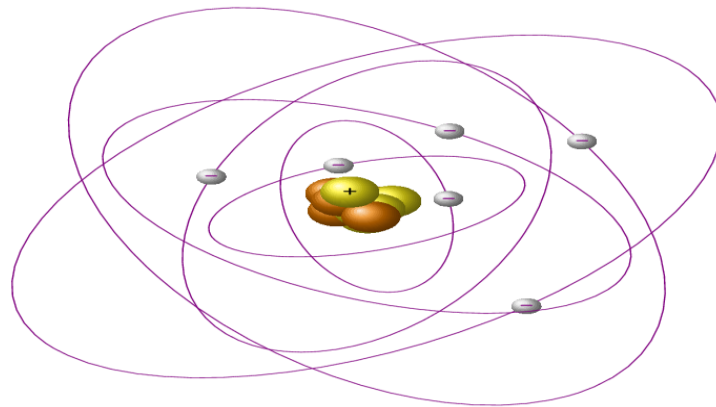
Ορίζεται ως η φυσική ιδιότητα των σωμάτων που αλληλεπιδρούν με το ηλεκτρικό πεδίο. Τα ηλεκτρόνια φέρουν αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο, ενώ τα πρωτόνια φέρουν θετικό ηλεκτρικό φορτίο. Τα αντίθετα ηλεκτρικά φορτία (αρνητικά και θετικά) αντιδρούν μεταξύ τους και δημιουργούν ηλεκτρικές δυνάμεις. [6]

Τα ηλεκτρικά φορτία είναι υπεύθυνα για πολλά φαινόμενα στον ηλεκτρομαγνητισμό, συμπεριλαμβανομένων των ηλεκτροστατικών δυνάμεων, των ηλεκτρικών πεδίων, των φαινομένων επαγωγής και του ηλεκτρικού ρεύματος. Η αλληλεπίδραση των ηλεκτρικών φορτίων είναι το κύριο μέσο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και πληροφορίας στον ηλεκτρομαγνητισμό.

Αλληλεπιδρούν με τα μαγνητικά πεδία και δημιουργούν ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα. Όταν ένα φορτισμένο σωματίδιο κινείται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο, αντιδρά με μια δύναμη που ονομάζεται μαγνητική δύναμη ή Lorentz force. Αυτή η δύναμη είναι κάθετη στο μαγνητικό πεδίο και στην κατεύθυνση της κίνησης του φορτισμένου σωματιδίου. Η μαγνητική δύναμη μπορεί να προκαλέσει κίνηση, παραμόρφωση ή περιστροφή του φορτισμένου σωματιδίου.

Επιπλέον, όταν ένα φορτισμένο σωματίδιο αλλάζει ταχύτητα ή επιταχύνεται, εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Αυτή η ακτινοβολία περιλαμβάνει ευρύ φάσμα από τηλεοπτικά και ραδιοφωνικά κύματα μέχρι ορατό φως, υπέρυθη ακτινοβολία, υπέρυθρων ακτινοβολία και γάμμα ακτινοβολία.

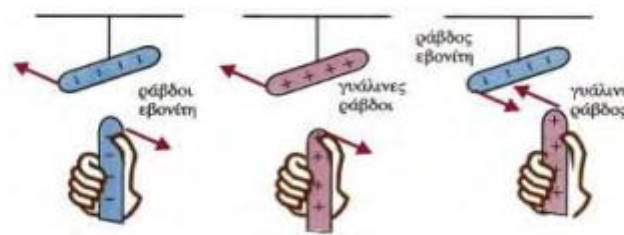
Η αλληλεπίδραση μεταξύ ηλεκτρικών φορτίων και μαγνητικών πεδίων είναι ουσιώδης για την κατανόηση και τη λειτουργία πολλών φυσικών φαινομένων και τεχνολογικών εφαρμογών. Ο ηλεκτρομαγνητισμός είναι το πεδίο της φυσικής που μελετά αυτές τις αλληλεπιδράσεις και τις ιδιότητες των ηλεκτρικών φορτίων και των μαγνητικών πεδίων.



Εικόνα 3.3: Ηλεκτρικό φορτίο στο εσωτερικό του ατόμου.

Παράδειγμα

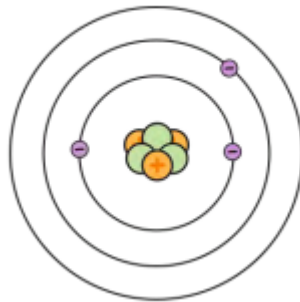
Αν τρίψουμε μια γυάλινη ράβδο με ένα μεταξωτό ύφασμα, θα παρατηρήσουμε ότι τα δύο σώματα αρχίζουν να έλκονται μεταξύ τους. Αν τώρα τρίψουμε μια δεύτερη γυάλινη ράβδο με τον ίδιο τρόπο και την πλησιάσουμε στην πρώτη, τότε θα παρατηρήσουμε ότι οι δύο ράβδοι απωθούνται. Από την άλλη, αν τρίψουμε μια ράβδο από εβονίτη με γούνα θα διαπιστώσουμε ότι έλκει την γυάλινη ράβδο. Αλλά δύο ράβδοι από εβονίτη αν τριφτούν με γούνα απωθούνται. Αυτό συμβαίνει διότι όταν δύο διαφορετικά σώματα τρίβονται μεταξύ τους, αποκτούν ετερόνυμα ηλεκτρικά φορτία. Ο πρώτος που πειραματίστηκε με την τριβή διαφόρων σωμάτων ήταν ο Benjamin Franklin (1709 – 1790). Ο Franklin διαπίστωσε ότι υπάρχουν μόνο δύο είδη φορτίων, τα θετικά και τα αρνητικά. Ονόμασε θετικά τα φορτία που εμφανίζονται πάνω στο γυαλί και αρνητικά εκείνα που εμφανίζονται πάνω στον εβονίτη, με τις ονομασίες αυτές να έχουν επικρατήσει μέχρι και σήμερα. Ακόμη, συμπέρανε ότι τα ομόνυμα φορτία απωθούνται, ενώ αντίθετα, τα ετερόνυμα έλκονται.



Εικόνα 3.4: Τα ομόνυμα φορτία απωθούνται, ενώ τα ετερόνυμα έλκονται.

Τα ηλεκτρικά φαινόμενα δεν περιορίζονται ωστόσο μόνο στο γυαλί και στον εβονίτη. Κάτω από κατάλληλες συνθήκες, οποιαδήποτε ουσία όταν τριφτεί με οποιαδήποτε άλλη, θα φορτιστεί μέχρι ενός σημείου. Συγκρίνοντας ένα άγνωστο φορτίο με εκείνο της γυάλινης ράβδου ή της ράβδου από εβονίτη μπορούμε να το προσδιορίσουμε. Έτσι, τα σώματα που εμφανίζουν όμοια συμπεριφορά με την ηλεκτρισμένη ράβδο γυαλιού ονομάζονται θετικά ηλεκτρισμένα και εκείνα που εμφανίζουν συμπεριφορά όμοια με την ηλεκτρισμένη ράβδο εβονίτη ονομάζονται αρνητικά ηλεκτρισμένα. Φορτίο και Ύλη Η ύλη, όταν εξετάζεται με στοιχειώδη τρόπο, μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από τρία είδη στοιχειωδών σωματιών, το πρωτόνιο, το νετρόνιο και το ηλεκτρόνιο. [1] Εξηγήσαμε παραπάνω ότι υπάρχουν μόνο δύο είδη φορτίου, το θετικό και το αρνητικό. Τα πρωτόνια αποτελούν τα θετικώς

φορτισμένα σωμάτια της ύλης, ενώ τα ηλεκτρόνια αποτελούν τα αρνητικώς φορτισμένα σωμάτια. Τα νετρόνια θεωρούνται ουδέτερα σωμάτια καθώς δεν έχουν ηλεκτρικό φορτίο. Ανάμεσα στα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια δημιουργείται μια ελκτική δύναμη που έχει ως αποτέλεσμα την ένωση των σωματίων αυτών και τον σχηματισμό ασύλληπτα μικρών μονάδων που ονομάζονται άτομα. Το κάθε άτομο αποτελείται από έναν θετικά φορτισμένο πυρήνα, ο οποίος περιβάλλεται σε σχετικά μεγάλη απόσταση από αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια όλων των ατόμων είναι πανομοιότυπα, με την ίδια μάζα και την ίδια ποσότητα αρνητικού φορτίου. Στον πυρήνα συναντάμε τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια. Τα πρωτόνια έχουν μάζα σχεδόν 1800 φορές μεγαλύτερη από αυτή των ηλεκτρονίων, αλλά φέρουν ισόποσο θετικό φορτίο με το αρνητικό των ηλεκτρονίων. Τα άτομα συνήθως έχουν ίσο αριθμό πρωτονίων και ηλεκτρονίων και επομένως έχουν μηδενικό ολικό φορτίο. Γι' αυτό το λόγο θεωρούνται ηλεκτρικά ουδέτερα. [3]

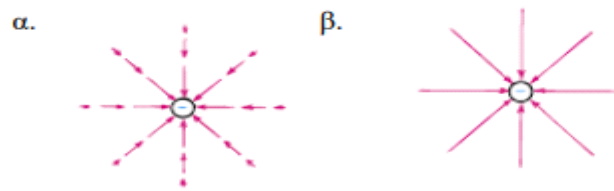


Εικόνα 3.5 : Μοντέλο του ατόμου του Bohr. Ο αριθμός των πρωτονίων και των ηλεκτρονίων είναι ίσος.

Αυτή η ισορροπία, βέβαια, μπορεί να διαταραχθεί αν ένα ηλεκτρόνιο απομακρυνθεί από το άτομο στο οποίο ανήκει. Τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται πλησιέστερα στον πυρήνα, τα εσωτερικά ηλεκτρόνια, συνδέονται πολύ ισχυρά με τον αντίθετα φορτισμένο πυρήνα, ενώ τα πιο απομακρυσμένα ηλεκτρόνια, τα εξωτερικά, συνδέονται πολύ χαλαρά και μπορούν να αποσπαστούν εύκολα. Στην περίπτωση, λοιπόν, που αποσπαστεί ένα ηλεκτρόνιο από το άτομο, τα πρωτόνια είναι περισσότερα από τα ηλεκτρόνια κατά ένα, οπότε λέμε ότι το άτομο είναι θετικά φορτισμένο. Ένα φορτισμένο άτομο ονομάζεται ιόν, επομένως ένα θετικό ιόν έχει καθαρό θετικό φορτίο. Ωστόσο, το αποσπασμένο ηλεκτρόνιο αποτελεί ένα ελεύθερο αρνητικό φορτίο. Με την πάροδο του χρόνου ενδέχεται να ενωθεί με ένα θετικό ιόν, οπότε και να αποκατασταθεί η ουδετερότητα αυτού του ατόμου ή να ενωθεί με ένα ουδέτερο άτομο και να το μεταβάλλει έτσι σε αρνητικό ιόν, αφού το άτομο θα έχει πλέον ένα επιπλέον ηλεκτρόνιο.

3.2 Ηλεκτρικό πεδίο

Γνωρίζουμε ήδη ότι γύρω από οποιαδήποτε μάζα υπάρχει ένα βαρυτικό πεδίο και αν κάποια άλλη μάζα βρεθεί στην ίδια περιοχή με αυτή, τότε θα ασκηθεί πάνω της μια δύναμη, που ονομάζεται βαρυτική. Με τον ίδιο τρόπο, γύρω από οποιοδήποτε ηλεκτρικά φορτισμένο σώμα υπάρχει ένα ηλεκτρικό πεδίο – ένα είδος «αύρας» που εκτείνεται στον χώρο. Αν φορτίσουμε θετικά ένα σημειακό δοκιμαστικό φορτίο και το τοποθετήσουμε σε οποιοδήποτε σημείο κοντά σε άλλα ηλεκτρικά φορτία, τότε θα ασκηθεί πάνω του μια δύναμη F . Με βάση αυτή τη διάταξη μπορούμε να εξερευνήσουμε κάθε σημείο στο χώρο και να προσδιορίσουμε την αντίστοιχη ηλεκτρική δύναμη ως προς το μέγεθος και τη φορά της. [12] Αναπαριστώντας με διανύσματα την ηλεκτρική δύναμη γύρω από μια θετικά φορτισμένη σφαίρα, παρατηρούμε ότι θα έπρεπε να υπάρχουν άπειρα τέτοια διανύσματα στο χώρο γύρω από τη σφαίρα, ενώ από την άλλη γίνονται αμελητέα σε μεγάλη απόσταση από αυτή.



Εικόνα 3.6: Αναπαράστασεις του ηλεκτρικού πεδίου γύρω από ένα αρνητικό φορτίο. α) Διανυσματική αναπαράσταση. β) Αναπαράσταση μέσω δυναμικών γραμμών.

Βλέπουμε, λοιπόν, ότι τα διανύσματα της δύναμης δεν είναι τόσο εύχρηστα αφού εξαρτώνται από δύο παράγοντες: α) από το φορτίο Q που δρα και β) από το φορτίο q που υφίσταται αυτή τη δράση. Έτσι, χρησιμοποιούμε την έννοια της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου σε ένα σημείο, η οποία ορίζεται ως η ηλεκτροστατική δύναμη ανά μονάδα θετικού φορτίου στο σημείο αυτό. Η ένταση αποτελεί το μέτρο του ηλεκτρικού πεδίου και παριστάνεται από το γράμμα E .

Αν τα διανύσματα αναφέρονται σε δυνάμεις ανά μοναδιαίο φορτίο, παριστάνουν ευθέως το διάνυσμα της έντασης σε κάθε επιλεγμένο σημείο. Η κατεύθυνση του πεδίου δηλώνεται από τα διανύσματα αυτά, και ορίζεται ότι είναι η κατεύθυνση προς την οποία θα κινηθεί ένα μικρό, ακίνητο, θετικό δοκιμαστικό φορτίο. Σε κάθε σημείο η κατεύθυνση του πεδίου είναι ίδια με την κατεύθυνση της δύναμης. Για το λόγο αυτό, όλα τα διανύσματα κατευθύνονται προς το κέντρο της αρνητικά φορτισμένης σφαίρας. Αν η σφαίρα ήταν θετικά φορτισμένη, τα διανύσματα θα είχαν αντίθετη κατεύθυνση, δηλαδή από το κέντρο προς τα έξω, επειδή αν τοποθετούσαμε κάπου στην περιοχή της σφαίρας ένα θετικό δοκιμαστικό φορτίο, αυτό θα απωθούνταν. [3]

Μια πιο χρήσιμη περιγραφή του ηλεκτρικού πεδίου γίνεται με τη βοήθεια των ηλεκτρικών δυναμικών γραμμών. Οι δυναμικές γραμμές αντιπροσωπεύουν έναν μικρό αριθμό από τις απειράριθμες δυνατές γραμμές που δείχνουν την κατεύθυνση του πεδίου. Για ένα απομονωμένο φορτίο, οι γραμμές εκτείνονται στο άπειρο, ενώ για δύο ή περισσότερα αντίθετα φορτία, οι γραμμές ξεκινούν από ένα θετικό φορτίο και καταλήγουν σε ένα αρνητικό.

3.3 Σχέση ηλεκτρισμού και μαγνητισμού

Η σχέση μεταξύ ηλεκτρισμού και μαγνητισμού γνωστή ως ηλεκτρομαγνητισμός ανακαλύφθηκε από τον Φαραντέι στον 19ο αιώνα. Ο ηλεκτρομαγνητισμός περιγράφει το φαινόμενο σύνδεσης μεταξύ ηλεκτρικών φορτίων και μαγνητικών πεδίων, όπου η αλλαγή σε ένα παράγοντα (ηλεκτρικό πεδίο) προκαλεί αλλαγή σε έναν άλλο παράγοντα (μαγνητικό πεδίο) και αντίστροφα.

Η βασική σχέση του ηλεκτρομαγνητισμού περιγράφεται από τους νόμους του Φαραντέι. Αυτοί οι νόμοι περιλαμβάνουν τον νόμο του Ηλεκτρομαγνητικού Αμοιβαίου Αλληλεπιδρασμού, που αναφέρει ότι η μεταβολή ενός μαγνητικού πεδίου δημιουργεί ένα ηλεκτρικό πεδίο, και η μεταβολή ενός ηλεκτρικού πεδίου δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο. [5]

Οι νόμοι του Φαραντέι περιγράφουν επίσης τον νόμο της Ηλεκτροδυναμικής Αμοιβαίας Αλληλεπίδρασης, που δηλώνει ότι ένα ηλεκτρικό ρεύμα παράγει ένα μαγνητικό πεδίο, και ένα μαγνητικό πεδίο επηρεάζει την κίνηση του ηλεκτρικού ρεύματος. Συνδυάζονται με τους νόμους της ηλεκτροστατικής και του μαγνητισμού των Αμπέρ, οι οποίοι περιγράφουν τις αλληλεπιδράσεις των φορτισμένων σωμάτων και των μαγνητικών πεδίων, αντίστοιχα. Μαζί, αυτοί οι νόμοι αποτελούν τη βάση της θεωρίας του ηλεκτρομαγνητισμού και εξηγούν πολλά φαινόμενα, όπως την επαγωγή, τον ηλεκτρομαγνητικό αμοιβαίο αλληλεπιδρασμό, την αγωγιμότητα και πολλά άλλα.

Συνεχίζοντας με τους τύπους του ηλεκτρομαγνητισμού, υπάρχουν μερικές βασικές εξισώσεις που περιγράφουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ ηλεκτρικών φορτίων και μαγνητικών πεδίων. Οι κύριοι τύποι που σχετίζονται με τον ηλεκτρομαγνητισμό είναι οι εξής:

Νόμος του Φαραντέι για τον νόμο του Ηλεκτρομαγνητικού Αμοιβαίου Αλληλεπίδρασμού:

Αυτός ο νόμος αναφέρει ότι η μεταβολή του μαγνητικού πεδίου στον χρόνο δημιουργεί ένα ηλεκτρικό πεδίο και η μεταβολή του ηλεκτρικού πεδίου δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο. Αυτό εκφράζεται με την εξίσωση:

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (3.1)$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \frac{\mu_0 \epsilon_0 \partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad (3.2)$$

όπου \mathbf{E} είναι το ηλεκτρικό πεδίο, \mathbf{B} είναι το μαγνητικό πεδίο, \mathbf{J} είναι η πυκνότητα ρεύματος, t είναι ο χρόνος, ϵ_0 είναι η διηλεκτρική σταθερά του κενού και μ_0 είναι η μαγνητική διαπερατότητα του κενού.

Νόμος του Αμπέρ για τον νόμο της Ηλεκτροδυναμικής Αμοιβαίας Αλληλεπίδρασης:

Αυτός ο νόμος αναφέρει ότι ένα ηλεκτρικό ρεύμα παράγει ένα μαγνητικό πεδίο και ένα μαγνητικό πεδίο επηρεάζει την κίνηση του ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτός ο νόμος εκφράζεται με την εξίσωση:

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I}{(4\pi r)^2} * \oint d\mathbf{l} * \frac{\mathbf{r}}{r^3} \quad (3.3)$$

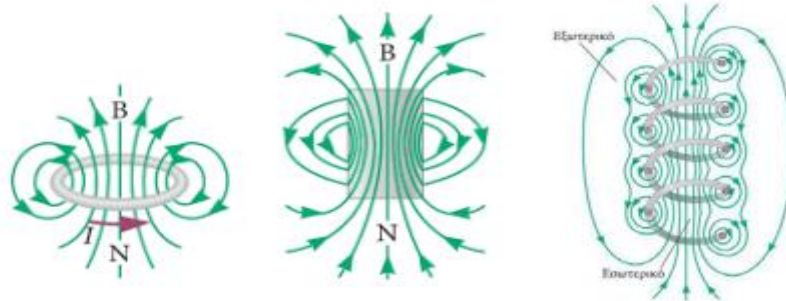
όπου \mathbf{B} είναι το μαγνητικό πεδίο, I είναι το ηλεκτρικό ρεύμα, r είναι η απόσταση από το ηλεκτρικό ρεύμα, $d\mathbf{l}$ είναι ένα στοιχειώδες μήκος κατά μήκος του ηλεκτρικού ρεύματος και \times αναπαριστά το διανυσματικό γινόμενο.

Αυτοί οι τύποι αποτελούν μόνο μερικές από τις βασικές εξισώσεις του ηλεκτρομαγνητισμού και περιγράφουν τη σχέση μεταξύ ηλεκτρικών φορτίων και μαγνητικών πεδίων. Οι εξισώσεις αυτές προέρχονται από πειραματικά δεδομένα και είναι θεμελιώδεις για τη θεωρία του ηλεκτρομαγνητισμού και τις εφαρμογές του σε πολλούς τομείς, όπως η ηλεκτρονική, η επικοινωνία και η ηλεκτροτεχνολογία.

Αν τοποθετήσουμε γύρω από έναν ρευματοφόρο αγωγό μια σειρά από πυξίδες και διοχετεύσουμε σε αυτόν ρεύμα, θα διαπιστώσουμε ότι οι βελόνες των πυξίδων στρέφονται με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζουν έναν κύκλο. Αν αντιστρέψουμε τη φορά του ρεύματος, θα παρατηρήσουμε ότι οι βελόνες στρέφονται αντίθετα με την αρχική εκτροπή τους. Είναι φανερό, ότι για να εκτρέπονται οι μαγνητικές βελόνες, θα πρέπει να ασκούνται πάνω τους δυνάμεις. Όμως ένας μαγνήτης δέχεται δύναμη μόνο όταν βρεθεί μέσα σε μαγνητικό πεδίο. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι γύρω από έναν ρευματοφόρο αγωγό δημιουργείται μαγνητικό πεδίο. [12]

Η μορφή του μαγνητικού πεδίου που υπάρχει γύρω από ρευματοφόρους αγωγούς, αλλάζει ανάλογα με το σχήμα που έχουν οι αγωγοί. Πιο συγκεκριμένα, γύρω από έναν ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό, το πεδίο έχει τη μορφή ομόκεντρων κύκλων με κέντρο τον αγωγό και το επίπεδό τους είναι κάθετο σε αυτόν. Αν ο αγωγός καμφθεί, ώστε να αποκτήσει κυκλικό σχήμα, οι γραμμές του μαγνητικού πεδίου συγκεντρώνονται στο εσωτερικό του κύκλου. Αν ο αγωγός καμφθεί και σε δεύτερο κύκλο, που να

επικαλύπτει τον πρώτο, η συγκέντρωση των γραμμών του πεδίου στο εσωτερικό των κύκλων γίνεται διπλάσια. Άρα, όσο μεγαλώνει ο αριθμός των κυκλικών αγωγών (ή των σπειρών, όπως λέγονται αλλιώς) η ένταση του μαγνητικού πεδίου στην περιοχή αυτή αυξάνεται. Αν, τέλος, ο αγωγός καμφθεί σε πολλούς μικρούς κυκλικούς αγωγούς, το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται είναι πολύ ισχυρό. Ένα σύνολο κυκλικών αγωγών αποτελούν ένα πηνίο.



Εικόνα 3.7: Μορφές μαγνητικού πεδίου γύρω από α) ρευματοφόρο βρόγχο, β) ραβδόμορφο μαγνήτη και γ) ρευματοφόρο σπειροειδές πηνίο.

Εξετάζοντας αναλυτικότερα το μαγνητικό πεδίο του πηνίου και έχοντας στη διάθεσή μας μια πυξίδα, διαπιστώνουμε ότι το ένα άκρο του συμπεριφέρεται σαν βόρειος πόλος και το άλλο σαν νότιος. Το σημείο εξόδου των δυναμικών γραμμών το χαρακτηρίσαμε βόρειο πόλο και το σημείο εισόδου νότιο. Το πηνίο δηλαδή φέρεται όπως ένας ευθύγραμμος μαγνήτης. [3] Οι δυναμικές γραμμές στο εσωτερικό του πηνίου είναι παράλληλες με τον άξονά του (δηλαδή την ευθεία που ορίζεται από τα κέντρα των κυκλικών αγωγών) και ισαπέχουν.

3.4 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

3.4.1 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Ορισμός ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι η μορφή ενέργειας που μεταδίδεται μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Αυτή η ακτινοβολία αποτελείται από διάφορες μορφές κυμάτων, όπως τα ραδιοκύματα, τα μικροκύματα, την υπέρυθη ακτινοβολία, το ορατό φως, την υπεριώδη ακτινοβολία, τις ακτίνες X και τις ακτίνες γ.

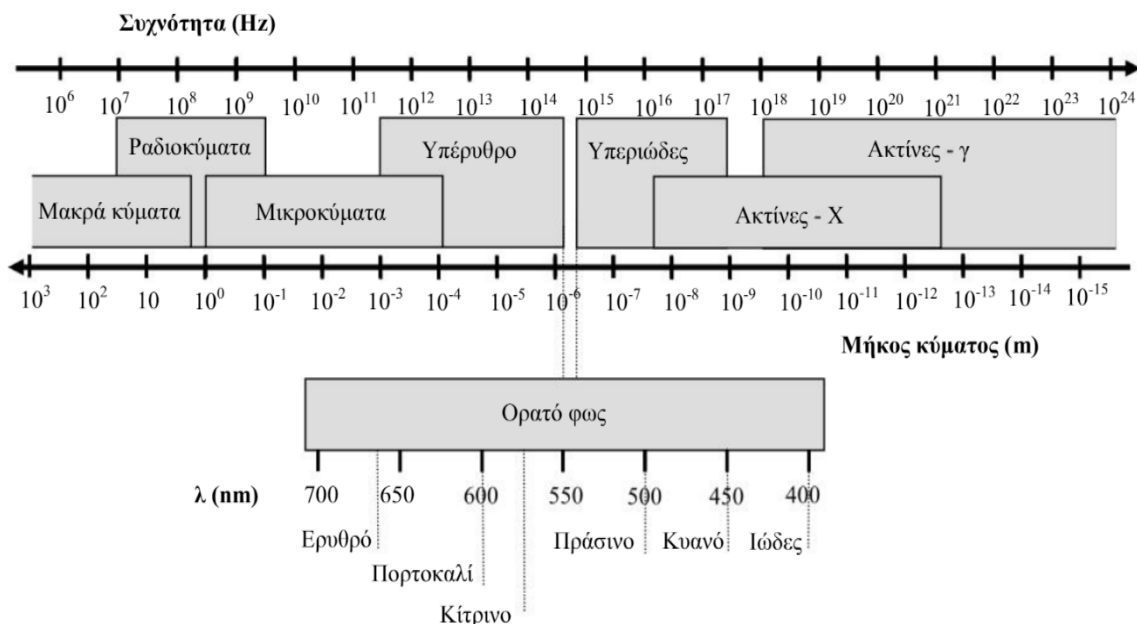
Αποτελείται από διακριτά παλμικά ηλεκτρομαγνητικά κύματα, τα οποία διαδίδονται μέσω του κενού ή μέσω διάφορων υλικών. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα αποτελούνται από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που διακλαδώνονται μεταξύ τους κατά τη διάδοσή τους. Είναι αόρατη για το ανθρώπινο μάτι, εκτός από το ορατό φως. Τα διάφορα είδη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας διαφέρουν στη συχνότητα και το μήκος κύματος τους. Το ορατό φως είναι μόνο μια μικρή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, με μήκη κύματος περίπου από 400 έως 700 νανόμετρα. [10]

Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα ακτινοβολίας αναφέρεται στην κατηγοριοποίηση των ηλεκτρομαγνητικών ακτίνων με βάση τη συχνότητά τους ή το μήκος κύματος τους. Το φάσμα αυτό

καλύπτει ένα εύρος από πολύ χαμηλές συχνότητες/μεγάλα μήκη κύματος έως πολύ υψηλές συχνότητες/μικρά μήκη κύματος. Κάθε περιοχή του φάσματος έχει διαφορετικές ιδιότητες και χρήσεις.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα αναφέρονται στη μορφή διάδοσης ενέργειας μέσω του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Αυτά τα κύματα αποτελούνται από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που διαδίδονται μέσω του κενού ή μέσω διαφόρων μέσων, όπως αέρας ή ουσιώδης ύλη. Καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων, το οποίο ονομάζεται ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Από τις χαμηλότερες συχνότητες προς τις υψηλότερες, το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα περιλαμβάνει τα εξής περιοχές, κατά αύξουσα σειρά συχνότητας/μήκους κύματος:



Εικόνα 3.8: Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα ανα κατηγορία.

Ραδιοκύματα:

Τα ραδιοκύματα είναι μια περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος με χαμηλότερες συχνότητες και μεγαλύτερα μήκη κύματος. Ανήκουν στην υπερηχητική ακτινοβολία, που εκπέμπεται από φυσικές και τεχνητές πηγές, όπως ραδιοφωνικοί πομποί, τηλεοπτικοί σταθμοί και ασύρματες συσκευές επικοινωνίας. Η χρήση των ραδιοκυμάτων επιτρέπει την ασύρματη μετάδοση πληροφοριών μεγάλων αποστάσεων, καθιστώντας δυνατή την επικοινωνία ανάμεσα σε διάφορες συσκευές χωρίς την ανάγκη για καλώδια.

Οι ραδιοκυματικές εκπομπές μεταφέρουν πληροφορία σε μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που μπορούν να ληφθούν και αποκωδικοποιηθούν από δέκτες, όπως ραδιόφωνα και τηλεοράσεις. Η περιοχή των ραδιοκυμάτων περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων, από μερικές δεκάδες kHz (χιλιοστά Hertz) έως και πολλά GHz (δισεκατομμύρια Hertz).

Τέλος, έχουν πολλές εφαρμογές εκτός από την επικοινωνία, όπως για παράδειγμα το ραδιοφωνικό κύμα που προέρχεται από τα αστέρια και μας φτάνει σε μορφή ραδιοσημάτων, η χρήση τους στην ραδιοαστρονομία για την εξέταση του σύμπαντος, αλλά και στη ραδιοθεραπεία για την αντιμετώπιση του καρκίνου, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον στόχευση και την καταστροφή κακοήθων κυττάρων. Ως ακτινοβολία, τα ραδιοκύματα μπορούν να μεταδοθούν μεγάλες αποστάσεις χωρίς την ανάγκη για καλώδια, κάνοντάς τα ιδανικά για την ασύρματη επικοινωνία.

Μικροκύματα:

Τα μικροκύματα είναι μια μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που βρίσκονται στο υψηλότερο μέρος του ραδιοφωνικού φάσματος. Βρίσκονται ανάμεσα στις ραδιοσυχνότητες και τις υπερυψηλές συχνότητες (υπερύθρων φωτεινών) του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Η συγκεκριμένη περιοχή του φάσματος κυμαίνεται συνήθως από περίπου 300 MHz (εκατομμύρια Hertz) έως 300 GHz (δισεκατομμύρια Hertz).

Τέλος, η χρήση των μικροκυμάτων συνδέεται με τις ιδιότητές τους να διαπερνούν τα περιβάλλοντα υλικά και να μεταδίδονται με αξιόπιστο τρόπο σε μεγάλες αποστάσεις.

Υπέρυθρη ακτινοβολία:

Η υπέρυθη ακτινοβολία είναι μια μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που βρίσκονται στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα ανάμεσα στα ορατά φωτεινά κύματα (που αντιλαμβανόμαστε ως φως) και τις μικροκυματικές συχνότητες. Η υπέρυθη ακτινοβολία έχει μεγαλύτερο μήκος κύματος μεταξύ περίπου 700 νανομέτρων και 1 μικρομέτρου από το ορατό φως, και δεν είναι ορατή απευθείας από το ανθρώπινο μάτι, αλλά μπορεί να ανιχνευθεί με ειδικά εξαρτήματα, όπως το υπέρυθρο φωτογραφικό φίλτρο.

Ο όρος "υπέρυθρη" προέρχεται από την ελληνική λέξη "υπέρ", που σημαίνει "πέραν", και "υπέρυθρος" αναφέρεται σε κύματα πέραν του ορατού φωτός.

Η υπέρυθη ακτινοβολία παράγεται από αντικείμενα και οντότητες που έχουν θερμότητα. Κάθε αντικείμενο με θερμοκρασία μεγαλύτερη του απολύτως μηδενός (-273.15°C) εκπέμπει υπέρυθη ακτινοβολία. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα και η ενέργεια της υπέρυθρου ακτινοβολίας που εκπέμπεται.

Η χρήση της συνδέεται με την ικανότητά της να ανιχνεύει και να μετρήσει τη θερμική ακτινοβολία αντικειμένων, προσφέροντας έτσι πληροφορίες για τη θερμοκρασία και την κίνηση τους.

Ορατό φως:

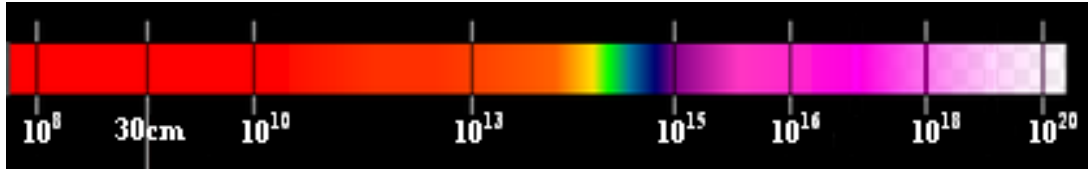
Το ορατό φως είναι μια συγκεκριμένη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που είναι ορατή για το ανθρώπινο μάτι. Καλύπτει το εύρος μήκους κύματος περίπου από 400 νανόμετρα (μωβ/μπλε) έως 700 νανόμετρα (κόκκινο). Το ορατό φως είναι αυτό που αντιλαμβανόμαστε ως χρώματα και χρησιμοποιούμε για την αντίληψη του περιβάλλοντος γύρω μας.

Ο φωτισμός που περιβάλλει τον επισκέπτη σε ένα δωμάτιο, ο ήλιος που λάμπει κατά τη διάρκεια μιας ημέρας και οι πολύχρωμες εικόνες σε μια τηλεόραση είναι μερικά παραδείγματα ορατού φωτός. Το ορατό φως είναι σημαντικό για την ανθρώπινη αντίληψη και επικοινωνία.

Τα διάφορα μήκη κύματος του ορατού φωτός αντιστοιχούν σε διαφορετικά χρώματα. Από το μωβ/μπλε στο κόκκινο, τα χρώματα του ορατού φωτός είναι το μπλε, πράσινο, κίτρινο, πορτοκαλί και κόκκινο. Αυτή η ποικιλία των χρωμάτων επιτρέπει στο μάτι να αντιλαμβάνεται και να διακρίνει διάφορες αποχρώσεις και τον πλούτο της χρωματικής πληροφορίας.

Είναι το φάσμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που το ανθρώπινο μάτι μπορεί να αντιληφθεί. Αυτή η ικανότητα του ανθρώπινου ματιού να ανιχνεύει το ορατό φως έχει εξελιχθεί για να μας επιτρέψει να αντιλαμβανόμαστε το περιβάλλον μας μέσω της πρόσληψης χρωμάτων και φωτεινότητας. Οι χρωματικές αλλαγές που αντιλαμβανόμαστε αντανακλούν τη διαφορετική απορρόφηση και ανάκλαση των διαφορετικών χρωματικών συνιστωσών του ορατού φωτός από τα αντικείμενα.

Συνολικά, το ορατό φως παίζει ζωτικό ρόλο στην αντίληψή μας του περιβάλλοντος και της πληροφορίας που λαμβάνουμε από τον κόσμο γύρω μας.



Εικόνα 3.9: Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα ανα χρώματα.

Υπεριώδης ακτινοβολία:

Η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) είναι μια μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με μεγαλύτερη ενέργεια από το ορατό φως αλλά μικρότερη ενέργεια από τις ακτίνες X. Η υπεριώδη ακτινοβολία χωρίζεται συνήθως σε τρεις κατηγορίες, γνωστές ως UV-A, UV-B και UV-C, ανάλογα με το μήκος κύματος και την ενέργειά της.

Το **UV-A** είναι μια κατηγορία υπεριώδους ακτινοβολίας που ανήκει στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Έχει μήκος κύματος από περίπου 320 έως 400 νανόμετρα και αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της Γης. Οι πηγές UV-A ακτινοβολίας περιλαμβάνουν τον ήλιο, ορισμένους τύπους λαμπτήρων και ηλεκτρονικών συσκευών, όπως οι ηλεκτρονικές οθόνες. Αν και η UV-A ακτινοβολία θεωρείται λιγότερο επιβλαβής από την UV-B και την UV-C, παραμένει σημαντική για την υγεία του δέρματος.

Οι επιπτώσεις της έκθεσης στην UV-A ακτινοβολία περιλαμβάνουν:

Γήρανση του δέρματος: Η έκθεση στη UV-A ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει πρόωγη γήρανση του δέρματος, οδηγώντας σε ρυτίδες, απώλεια ελαστικότητας και άλλες ανεπιθύμητες επιδράσεις.

Βλάβη του DNA: Η UV-A ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο DNA των κυττάρων του δέρματος, παρόλο που είναι λιγότερο επιβλαβής από τη UV-B. Αυτό μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του δέρματος.

Για να προστατευτούμε από τη UV-A ακτινοβολία, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε φαρμακευτικά προϊόντα που περιέχουν φίλτρα UV-A, να φοράτε προστατευτικά ρούχα και καπέλο, και να περιορίζετε την έκθεσή σας στον ήλιο κατά τις ώρες μεγαλύτερης έντασης της ακτινοβολίας.

Το **UV-B** αναφέρεται στην υπεριώδη ακτινοβολία του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που κυμαίνεται μεταξύ περίπου 280 και 315 νανομέτρων σε μήκος κύματος. Αναλυτικά, το UV-B είναι μια μορφή υπεριώδους ακτινοβολίας με μεγαλύτερο μήκος κύματος από το UV-C αλλά πιο μικρό μήκος κύματος

από το UV-A. Αποτελεί περίπου το 5-10% της υπεριώδους ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της Γης.

Η υπεριώδης ακτινοβολία αυτή είναι γνωστή για την υψηλότερη ενέργειά της και την ικανότητά της να προκαλεί επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό αλλά και στο περιβάλλον. Μια μικρή έκθεση σε UV-B μπορεί να έχει θετικές επιδράσεις, όπως την παραγωγή βιταμίνης D στο δέρμα, αλλά η υπερβολική έκθεση μπορεί να προκαλέσει βλάβες.

Αν κάποιος εκτίθεται υπερβολικά στην ακτινοβολία UV-B, μπορεί να αναπτύξει διάφορα προβλήματα του δέρματος, όπως εγκαύματα από τον ήλιο, ηλιακή δερματίτιδα και αυξημένο κίνδυνο για καρκίνο του δέρματος. Επιπλέον, η υπεριώδης ακτινοβολία UV-B μπορεί να επηρεάσει και την όραση, προκαλώντας καταστάσεις όπως καταρράκτη και φωτοευαισθησία.

Είναι σημαντικό να προστατεύεται η επιδερμίδα από την υπεριώδη ακτινοβολία UV-B με τη χρήση αντηλιακών προϊόντων με δείκτη προστασίας (SPF) και την αποφυγή μεγάλης έκθεσης στον ήλιο κατά τις ώρες μεγαλύτερης ηλιακής έντασης.

Το **UV-C** αναφέρεται στην υπεριώδη ακτινοβολία του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που κυμαίνεται μεταξύ περίπου 100 και 280 νανομέτρων σε μήκος κύματος. Αναλυτικά, το UV-C είναι η πιο ενεργητική μορφή υπεριώδους ακτινοβολίας και έχει την μικρότερη μήκος κύματος ανάμεσα στις υπόλοιπες κατηγορίες της υπεριώδους ακτινοβολίας.

Οι ακτίνες UV-C έχουν πολύ υψηλή ενέργεια και είναι απορροφημένες από την ατμόσφαιρα της Γης πριν φθάσουν στην επιφάνεια του εδάφους. Αυτό συμβαίνει επειδή η ατμόσφαιρα απορροφά τις ακτίνες UV-C μέσω διάφορων μορίων και ατόμων, κυρίως του οζόντος (O₃).

Επειδή η ακτινοβολία αυτή έχει την υψηλότερη ενέργεια, είναι εξαιρετικά βλαβερή για τους ζωντανούς οργανισμούς. Οι ακτίνες της μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές επιπτώσεις στα κύτταρα και το DNA, συμπεριλαμβανομένης της ακτινοβολίας από τον ήλιο και τις τεχνητές πηγές, όπως λαμπτήρες UV-C.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η ακτινοβολία αυτή δεν αποτελεί μέρος της φυσιολογικής ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει την επιφάνεια της Γης, καθώς απορροφάται πλήρως από την ατμόσφαιρα. Ως εκ τούτου, η ακτινοβολία UV-C συνήθως παράγεται τεχνητά για ειδικές εφαρμογές, όπως απολύμανση αέρα και νερού ή χρήση σε εργαστήρια και ιατρικούς χώρους για την αποτροπή μικροβιακών μολύνσεων.

Συμπερασματικά, η έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία μπορεί να έχει διάφορες επιπτώσεις στην υγεία. Για αυτόν τον λόγο, είναι σημαντικό να λαμβάνονται μέτρα προστασίας από την υπεριώδη ακτινοβολία, όπως η χρήση αντηλιακών και η περιορισμένη έκθεση στον ήλιο κατά τις ώρες μεγαλύτερης έντασης της ακτινοβολίας.

Ακτίνες X

Οι ακτίνες X (X-rays) αναφέρονται σε μια μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που κυμαίνεται σε πολύ μικρότερο μήκος κύματος από το ορατό φως. Πιο συγκεκριμένα, οι ακτίνες X κινούνται σε μήκη κύματος από περίπου 0,01 έως 10 νανόμετρα.

Παράγονται από ηλεκτρομαγνητικές πηγές υψηλής ενέργειας, όπως οι ραδιενέργειες ή η συντονισμένη εκπομπή ηλεκτρονίων και έχουν την ικανότητα να διεισδύουν στην ύλη. Λόγω της υψηλής τους

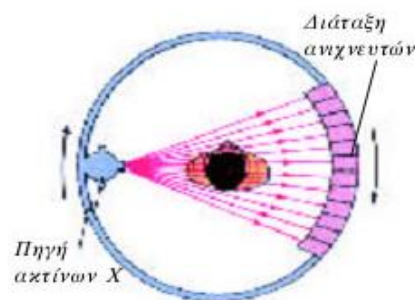
ενέργειας, οι ακτίνες X έχουν τη δυνατότητα να διαπερνούν πολλά υλικά που είναι αδιαφανή για το ορατό φως, όπως το σίδηρος ή ακόμη και το ανθρώπινο σώμα. [11]

Έχουν πολλές εφαρμογές σε διάφορους τομείς, όπως η ιατρική, η απεικόνιση, η βιομηχανία και η έρευνα. Στην ιατρική, οι ακτίνες X χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση των εσωτερικών δομών του σώματος, όπως των οστών και των οργάνων, μέσω της ραδιογραφίας, του CT (Υπολογιστικής Τομογραφίας) και της αξονικής τομογραφίας. Επιπλέον, οι ακτίνες X χρησιμοποιούνται στην ακτινοθεραπεία για τον έλεγχο και την αντιμετώπιση του καρκίνου.

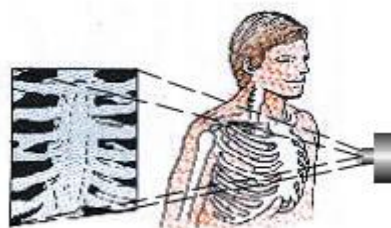
Ωστόσο, λόγω της υψηλής ενέργειάς τους, οι ακτίνες αυτές μπορούν να είναι βλαβερές για τους ζωντανούς ιστούς και το DNA, γι' αυτό λαμβάνονται μέτρα προστασίας κατά την έκθεση σε αυτές, όπως η χρήση προστατευτικών περιβλημάτων και η περιορισμένη διάρκεια έκθεσης.

Οι ακτίνες X έχουν τη δυνατότητα να αλληλεπιδρούν με τα άτομα και τις ουσίες σε διάφορους τρόπους. Όταν περνούν μέσα από το σώμα, μπορούν να απορροφηθούν από τους ιστούς και να προκαλέσουν ionτισμό, που σημαίνει ότι αφαιρούν ή προσθέτουν ηλεκτρόνια στα άτομα, προκαλώντας δυνατότητες αλλαγής στη χημεία και τη φυσική των ιστών.

Η αλληλεπίδραση των ακτίνων X με τον ιστό προκαλεί την παραγωγή εικόνας, που μπορεί να καταγραφεί και να αξιολογηθεί. Αυτό χρησιμοποιείται σε διάφορες τεχνικές απεικόνισης, όπως η ραδιογραφία, η μαγνητική τομογραφία (MRI) και η αξονική τομογραφία (CT), για να εξεταστούν οι εσωτερικές δομές του σώματος και να διαγνωστούν παθήσεις.



Εικόνα 3.10: Αρχή λειτουργίας αξονικού τομογράφου. Οι ακτίνες X, που περνούν μέσα από το σώμα, μετρούνται συγχρόνως σε κάθε διεύθυνση. Η πηγή και ο ανιχνευτής περιστρέφονται, ώστε να έχουμε μετρήσεις σε διαφορετικές γωνίες.



Εικόνα 3.11: Ακτινογραφία. Τα οστά απορρίπνουν εντονότερα τις ακτίνες X σε σύγκριση με τον υπόλοιπο ιστό. Έτσι στο φιλμ εμφανίζονται ως φωτεινότερες περιοχές.

Εκτός από την ιατρική, οι ακτίνες X έχουν ευρεία εφαρμογή στη βιομηχανία και την έρευνα. Χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση ατελειών σε υλικά, όπως σε μέταλλα και κατασκευαστικά υλικά. Επίσης, χρησιμοποιούνται σε προηγμένες τεχνικές όπως η κρυσταλλογραφία ακτίνων X για την κατανόηση της δομής των κρυστάλλων και των μορίων. [4]

Παρόλο που οι ακτίνες X έχουν πολλές χρήσιμες εφαρμογές, είναι σημαντικό να λαμβάνονται μέτρα προστασίας κατά τη χρήση τους, καθώς η μακροχρόνια έκθεση μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις

στην υγεία, όπως η αύξηση του κινδύνου για καρκίνο. Γι' αυτό, τα προσωπικό που εργάζεται με ακτίνες X και οι ασθενείς που υποβάλλονται σε ακτινολογικές εξετάσεις πρέπει να τηρούν τις κατάλληλες προφυλάξεις και να ακολουθούν τις κατευθυντήριες γραμμές ασφαλείας



Εικόνα 3.12: Έκταση ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

Ακτίνες γ:

Οι ακτίνες γ (γ-rays) αναφέρονται σε μια μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας υψηλής ενέργειας. Πρόκειται για πολύ μικρό μήκος κύματος, μικρότερο από το μήκος κύματος των ακτίνων X. Οι ακτίνες γ δεν έχουν ηλεκτρικό ή μαγνητικό φορτίο και είναι παρόμοιες με τα φωτόνια της υψηλής ενέργειας. Προέρχονται από πυρήνες ατομικών πυρήνων κατά τη διαδικασία της πυρηνικής αποσάθρωσης ή της πυρηνικής αναστροφής. Κατά τη διάρκεια αυτών των πυρηνικών διαδικασιών, ελευθερώνονται ακτίνες με πολύ υψηλή ενέργεια.

Οι ακτίνες γ είναι υψηλά διεισδυτικές και μπορούν να διαπεράσουν πολλά υλικά, συμπεριλαμβανομένων των ιστών του ανθρώπινου σώματος. Αυτή η ικανότητα διείσδυσης τις καθιστά χρήσιμες για διάφορες εφαρμογές. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται στις ακτινογραφίες, τη ραδιοθεραπεία, τη βιομηχανία και άλλους τομείς.

Στην ιατρική, οι ακτίνες αυτές χρησιμοποιούνται για τη διάγνωση και τη θεραπεία ασθενειών. Η χρήση των ακτίνων στη διάγνωση γίνεται μέσω της τεχνικής της γραμμικής ανιχνευτής τομογραφίας (γ-Τομογραφία). Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται για τη δημιουργία λεπτών εικόνων του εσωτερικού ενός αντικειμένου ή ενός ανθρώπινου σώματος. Ως προς τη θεραπεία, οι ακτίνες γ χρησιμοποιούνται στη ραδιοθεραπεία για την εξόντωση καρκινικών κυττάρων. Εκτός από την ιατρική, οι ακτίνες έχουν εφαρμογές στη βιομηχανία και την έρευνα. Χρησιμοποιούνται για την επιθεώρηση και τον έλεγχο της ποιότητας υλικών, όπως μεταλλικά εξαρτήματα και πλαστικά. Επίσης, χρησιμοποιούνται σε προηγμένες τεχνικές ανάλυσης, όπως η ραδιογραφία ανάστροφης διάσπασης φωτός (Raman) και η σπεκτροσκοπία με γ ρανταρ. Ως επιπλέον σημείωση, αξίζει να αναφερθεί ότι είναι υψηλής ενέργειας και απαιτούν προφυλάξεις για την ασφάλεια των ανθρώπων που τις χρησιμοποιούν και των που εκτίθενται σε αυτές. Ειδικές προφυλάξεις και πρωτόκολλα πρέπει να τηρούνται προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος ακτινοβολίας και να διασφαλιστεί η ασφάλεια όλων των εμπλεκόμενων.

Ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος			
Περιοχή του φάσματος	Μήκος κύματος	Συχνότητες	Ενέργεια φωτονίων
Ραδιοκύματα	100.000km - 1m	0-300 MHz	0 - $1,24 \cdot 10^{-6}$ eV
Μικροκύματα	1m - 1mm	300 MHz - 300GHz	$1,24 \cdot 10^{-6}$ eV - 1,24meV
Υπέρυθρη Ακτινοβολία	1mm - 740nm	300GHz - 400THz	1,24meV - 1,6eV
Ορατό Φως	740nm - 380nm	400THz-800THz	1,6 - 3,2eV
Υπεριώδης Ακτινοβολία	380nm - 10nm	800THz - $3 \cdot 10^{16}$ Hz	3,2eV - 124eV
Ακτίνες Χ	10nm - 0,01nm	$3 \cdot 10^{17}$ Hz - $3 \cdot 10^{19}$ Hz	124eV - 124keV
Ακτίνες γ	0,01nm - 0,001nm	$3 \cdot 10^{19}$ Hz - $3 \cdot 10^{20}$ Hz	124keV - 1,24MeV

Πίνακας 3.1: Ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

3.4.2 Ιδιότητες και χαρακτηριστικά ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων

Ένα αρμονικό και συγκεκριμένα ημιτονοειδές ΗΜ κύμα ικανοποιεί τις εξισώσεις του Maxwell και την κυματική εξίσωση. Με τον ίδιο τρόπο μπορούμε να δείξουμε ότι κάθε είδους ΗΜ κύμα, ανεξαρτήτως αν είναι αρμονικό ή όχι, ικανοποιεί τις ίδιες εξισώσεις, οι οποίες εξάγουν τις κοινές βασικές ιδιότητες για όλα τα ΗΜ κύματα.

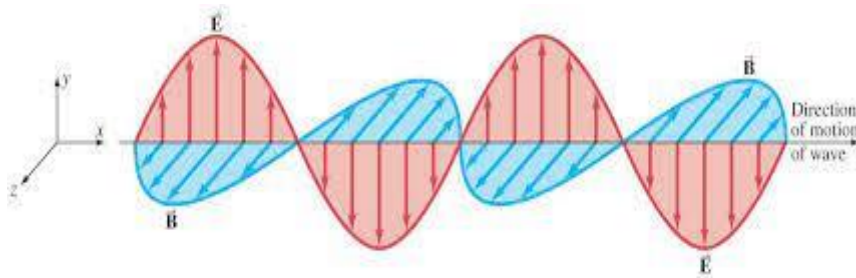
1) Τα πεδία \mathbf{E} και \mathbf{B} είναι κάθετα μεταξύ τους και είναι επίσης κάθετα στην ταχύτητα διάδοσης του κύματος, έτσι ώστε το διάνυσμα $\mathbf{E} \cdot \mathbf{B}$ να έχει την ίδια κατεύθυνση με την \mathbf{v} .

2) Κάθε ΗΜ κύμα διαδίδεται στο κενό με ταχύτητα $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}}$

3) Σε κάθε σημείο του ΗΜ κύματος ισχύει $E = c \cdot B$.

4) Ο ρυθμός της ενέργειας που μεταφέρεται από το ΗΜ κύμα ανά μονάδα επιφανείας κάθετη στην διεύθυνση διάδοσης δίδεται από το διάνυσμα $\mathbf{S} = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{E} \cdot \mathbf{B}$

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα αναφέρονται στη μορφή ακτινοβολίας που διαδίδεται μέσω του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Αυτά τα κύματα αποτελούνται από διαδοχικά πεδία ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου, τα οποία αλληλεπιδρούν και διαδίδονται μέσω του κενού ή άλλων μέσων. Έχουν μια σειρά από χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβανομένης της συχνότητας, του μήκους κύματος, της ταχύτητας διάδοσης και της ενέργειας που μεταφέρουν. Το εύρος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι ευρύ, καλύπτοντας από τα μακρινά ραδιοκύματα μέχρι τις γκάμα ακτινοβολίες. Επίσης, μπορούν να χαρακτηριστούν από τη συχνότητά τους, η οποία μετρείται σε Hertz (Hz), το μήκος κύματος, το οποίο μετρείται σε μέτρα (ή άλλες μονάδες μήκους), και την ενέργεια τους, η οποία σχετίζεται με τη συχνότητα μέσω της εξίσωσης του Πλάνκ. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα παίζουν ζωτικό ρόλο σε πολλούς τομείς, όπως η επικοινωνία, η ιατρική, η επιστήμη των υλικών, η αστρονομία και η πυρηνική φυσική. Συνολικά, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι ουσιαστικά η μορφή ακτινοβολίας που περιλαμβάνει όλες τις μορφές ακτινοβολίας, από τις πολύ χαμηλές συχνότητες και μήκη κύματος μέχρι τις πολύ υψηλές συχνότητες και μήκη κύματος.

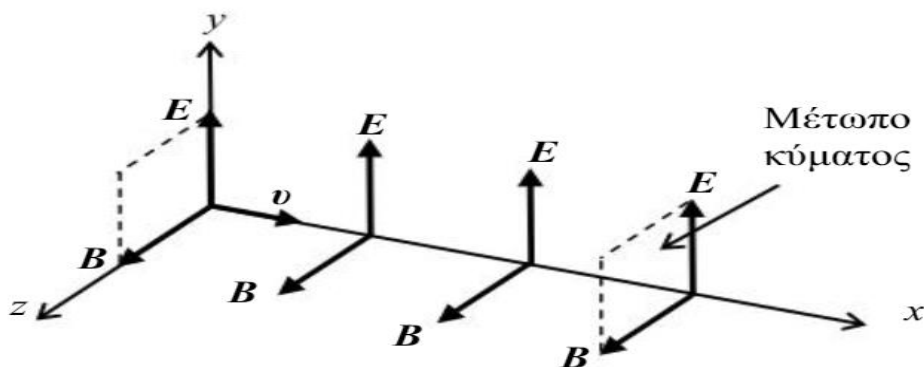


Εικόνα 3.13: Ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει διάφορες ιδιότητες, οι οποίες την καθιστούν ξεχωριστή και χρήσιμη σε πολλούς τομείς. Ορισμένες από τις κύριες ιδιότητες της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας περιλαμβάνουν:

Ταχύτητα και μήκος κύματος:

Μια από τις βασικές ιδιότητες της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι η **ταχύτητα διάδοσής** της. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία διαδίδεται στο κενό με σταθερή ταχύτητα, η οποία συνήθως συμβολίζεται με το γράμμα "c" και ανέρχεται σε περίπου 299,792,458 μέτρα ανά δευτερόλεπτο (μ/s). Αυτή η ταχύτητα θεωρείται μέγιστη δυνατή ταχύτητα στο σύμπαν και είναι σημαντική για τη θεωρία της σχετικότητας του Albert Einstein. Η ταχύτητα του φωτός (και της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας γενικότερα) επηρεάζεται από τα μέσα διάδοσης. Όταν η ακτινοβολία διασχίζει υλικά μέσα, όπως γυαλί ή νερό, η ταχύτητα της μειώνεται σε σχέση με την ταχύτητά της στο κενό. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ακτινοβολία αλληλεπιδρά με τα άτομα ή τα μόρια του υλικού και υφίσταται διάχυση, απορρόφηση και ανάκλαση, οδηγώντας έτσι σε μειωμένη ταχύτητα. Ωστόσο, στο κενό, το οποίο θεωρείται ως απόλυτο κενό χωρίς ύλη, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία διαδίδεται με την ταχύτητα του φωτός "c", που αναφέρθηκε προηγουμένως. Αυτή η ταχύτητα παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από τη συχνότητα ή το μήκος κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.



Εικόνα 3.14: Επίπεδο ηλεκτρομαγνητικό κύμα που διαδίδεται προς την κατεύθυνση x με ταχύτητα v.

Το μήκος κύματος αναφέρεται στην απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σημείων σε ένα κύμα, τα οποία βρίσκονται στην ίδια φάση. Συμβολίζεται συνήθως με το γράμμα λ και μετριέται συνήθως σε μονάδες μήκους, όπως μέτρα (m) ή νανόμετρα (nm). Ακόμη, καθορίζει την ενέργεια και τη συχνότητά της. Συγκεκριμένα, όσο μικρότερο είναι το μήκος κύματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια της ακτινοβολίας και αντίστροφα. Καλύπτει ένα ευρύ φάσμα μήκους κύματος, από πολύ μεγάλα μήκη

κύματος, όπως τα ραδιοκύματα με μήκος κύματος της τάξης των μέτρων ή χιλιομέτρων, μέχρι πολύ μικρά μήκη κύματος, όπως οι γ -ακτίνες με μήκος κύματος της τάξης των πικομέτρων ή φεμτομέτρων.

Επηρεάζει επίσης την αλληλεπίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με τα υλικά. Ορισμένα υλικά απορροφούν ή ανακλούν συγκεκριμένα μήκη κύματος, ενώ άλλα μπορεί να είναι διαφανή σε αυτά. Αυτή η ιδιότητα χρησιμοποιείται σε ποικίλες εφαρμογές, όπως η οπτική, η φωτονική και η ασύρματη επικοινωνία, για να αλληλεπιδρούν με συγκεκριμένα μήκη κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

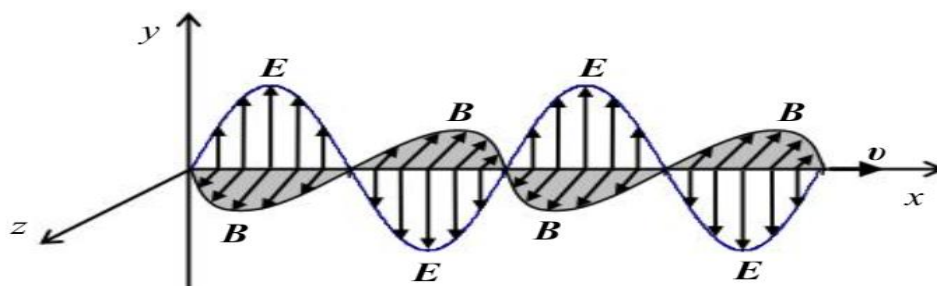
Συχνότητα και ενέργεια:

Η συχνότητα αναφέρεται στον αριθμό κύκλων ή κυμάτων που περνούν από ένα σημείο σε μια μονάδα χρόνου. Με άλλα λόγια, αντιπροσωπεύει τον ρυθμό αλλαγής της ακτινοβολίας.

Συμβολίζεται συνήθως με το γράμμα "ν" και μετριέται σε μονάδες Hertz (Hz), όπου 1 Hz αντιστοιχεί σε ένα κύκλο ανά δευτερόλεπτο. Οι συχνότητες της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα, από πολύ χαμηλές συχνότητες όπως στα ραδιοκύματα (π.χ. FM ραδιόφωνο με συχνότητα 100 MHz) έως πολύ υψηλές συχνότητες όπως στα γ -ακτίνες (π.χ. ραδιενεργές αποβολές με συχνότητα στην περιοχή των 10^{19} Hz). Επηρεάζει τις ιδιότητες της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, όπως την ενέργεια, την πέραση από υλικά και την αλληλεπίδρασή της με τα αντικείμενα. Συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα, τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια των φωτονίων που απαρτίζουν την ακτινοβολία. Αυτό επηρεάζει την αλληλεπίδραση με τα υλικά, καθώς υλικά μπορεί να απορροφούν ή να ανακλούν διαφορετικές συχνότητες με διαφορετικό τρόπο.

Μία ακόμη σημαντική ιδιότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι η **ενέργεια** της. Η ενέργεια αναφέρεται στην ικανότητα ενός συστήματος ή ενός φαινομένου να εκτελεί έργο ή να προκαλεί μια αλλαγή. Στην περίπτωση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, η ενέργεια προσδίδεται στα φωτόνια, τα οποία αποτελούν την κβαντοποιημένη μονάδα ακτινοβολίας. Είναι ανάλογη με τη συχνότητα των κυμάτων. Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα, τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια που κουβαλούν τα φωτόνια. Για παράδειγμα, οι γ -ακτίνες έχουν πολύ υψηλή ενέργεια επειδή έχουν υψηλή συχνότητα, ενώ τα ραδιοκύματα έχουν χαμηλή ενέργεια επειδή έχουν χαμηλή συχνότητα.

Η ενέργεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι σημαντική για πολλές εφαρμογές. Για παράδειγμα, στη φωτονική, η ενέργεια των φωτονίων χρησιμοποιείται για τη μεταφορά πληροφορίας και την επεξεργασία σημάτων. Επίσης, η ενέργεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη τεχνολογιών όπως οι ηλιακοί αντιδραστήρες, οι ιατρικές απεικονίσεις (π.χ. ακτινογραφία, μαγνητική τομογραφία) και οι ασύρματες επικοινωνίες. [10]



Εικόνα 3.15: Διάδοση αρμονικού ΗΜ κύματος με κατεύθυνση x . Οι εντάσεις των πεδίων E και B σε κάθε σημείο του χώρου μεταβάλλονται αρμονικώς με το E πάντα κάθετο στο B και το επίπεδο αυτών κάθετο στην ταχύτητα v και την κατεύθυνση διάδοσης.

3.4.3 Εφαρμογές της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει πολλές εφαρμογές σε διάφορους τομείς. Ορισμένες από τις κύριες εφαρμογές της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας περιλαμβάνουν:

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει ευρεία εφαρμογή **στον τομέα της ραδιοφωνίας** και της τηλεόρασης. Ορισμένες από τις κύριες εφαρμογές της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε αυτούς τους τομείς περιλαμβάνουν:

Ασύρματη επικοινωνία: Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χρησιμοποιείται για τη μετάδοση ήχου και εικόνας στη ραδιοφωνία και την τηλεόραση. Τα ραδιοφωνικά κύματα και οι μικροκύμβαλλοι χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση ραδιοφωνικών και τηλεοπτικών σημάτων από τους πομπούς στους δέκτες στις κατοικίες και τα οχήματα.

Τηλεοπτική εικόνα: Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χρησιμοποιείται για τη μετάδοση τηλεοπτικών εικόνων. Τα τηλεοπτικά σήματα μεταδίδονται ως ηλεκτρομαγνητικά κύματα και λαμβάνονται από τους τηλεοπτικούς δέκτες, που τα μετατρέπουν σε εικόνα και ήχο.

Επικοινωνία δορυφόρων: Οι τηλεοπτικοί σταθμοί και ορισμένες ραδιοφωνικές σταθμοί χρησιμοποιούν δορυφόρους για τη μετάδοση των σημάτων τους. Οι δορυφορικοί πομποί εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα που λαμβάνονται από δορυφορικούς δέκτες για τη λήψη των σημάτων.

Κεραίες*: Οι κεραίες χρησιμοποιούνται για τη λήψη και την εκπομπή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Οι κεραίες μετατρέπουν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα σε ηλεκτρικά σήματα ή αντίστροφα, επιτρέποντας την επικοινωνία μεταξύ συσκευών και σταθμών.

Ραντάρ**: Χρησιμοποιείται στα ραντάρ για ανίχνευση αντικειμένων και μέτρηση αποστάσεων. Οι συσκευές ραντάρ εκπέμπουν μικροκύματα και μετρούν τον χρόνο που χρειάζεται για να επιστρέψει το σήμα από ένα αντικείμενο, για να υπολογίσουν την απόσταση και άλλα χαρακτηριστικά.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία παίζει ζωτικό ρόλο στη μετάδοση και λήψη ήχου και εικόνας, επιτρέποντας την επικοινωνία και τη διάδοση πληροφοριών μέσω ασύρματων καναλιών.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει ευρεία εφαρμογή **στον τομέα της ασύρματης επικοινωνίας και του Wi-Fi**. Ορισμένες από τις εφαρμογές της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε αυτούς τους τομείς περιλαμβάνουν:

Ασύρματες δικτυακές συνδέσεις (Wi-Fi): Το Wi-Fi είναι ένα σύστημα ασύρματης επικοινωνίας που βασίζεται στη χρήση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων για τη μετάδοση δεδομένων μεταξύ συσκευών. Οι ασύρματες συσκευές Wi-Fi, όπως οι φορητοί υπολογιστές, τα κινητά τηλέφωνα και τα δρομολογητές, επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε συγκεκριμένες συχνότητες.

Κινητή τηλεφωνία: Οι κινητές τηλεφωνικές υπηρεσίες βασίζονται στη χρήση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων για τη μετάδοση φωνής και δεδομένων από κινητά τηλέφωνα. Τα κινητά δίκτυα χρησιμοποιούν πομπούς και δέκτες για την εκπομπή και λήψη ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε συγκεκριμένες συχνότητες, επιτρέποντας την επικοινωνία μεταξύ των χρηστών.

Bluetooth: Η τεχνολογία Bluetooth είναι ένα ασύρματο πρωτόκολλο επικοινωνίας που χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά κύματα για τη σύνδεση συσκευών σε κοντινή απόσταση. Επιτρέπει τη μετάδοση δεδομένων μεταξύ συσκευών, όπως ακουστικά, πληκτρολόγια, ποντίκια και άλλες ηλεκτρονικές συσκευές.

RFID (Radio Frequency Identification): Το RFID είναι ένα σύστημα που χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά κύματα για την ασύρματη αναγνώριση και αναγνώριση αντικειμένων. Χρησιμοποιείται σε ποικίλες εφαρμογές, όπως η ασφάλεια, η διαχείριση αποθεμάτων και η παρακολούθηση της τοποθεσίας αντικειμένων.

Ασφάλεια: Χρησιμοποιείται στα συστήματα ασφαλείας για την ανίχνευση κίνησης και την παρακολούθηση περιβάλλοντος. Αισθητήρες υπέρυθρων μπορούν να εντοπίσουν τις αλλαγές στην υπέρυθη ακτινοβολία που προκαλούνται από την παρουσία ανθρώπων ή αντικειμένων σε έναν χώρο.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία παίζει σημαντικό ρόλο **στην ηλιακή ενέργεια και στη λειτουργία των ηλιακών συστημάτων**. Οι εφαρμογές της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην ηλιακή ενέργεια περιλαμβάνουν:

Ηλιακοί συλλέκτες*:** Οι ηλιακοί συλλέκτες αξιοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία για την άμεση θέρμανση ή την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι φωτοθερμικοί συλλέκτες μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμική ενέργεια, ενώ οι φωτοηλεκτρικοί συλλέκτες χρησιμοποιούν φωτοηλεκτρικά κύτταρα για τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Ηλιακά συστήματα θέρμανσης: Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης χρησιμοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία για να θερμάνουν νερό ή αέρα. Αυτό μπορεί να εφαρμοστεί σε κατοικίες, επιχειρήσεις ή κτίρια για την παραγωγή ζεστού νερού ή τη θέρμανση των χώρων.

Ηλιακά συστήματα φωτοβολταϊκών: Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούν φωτοηλεκτρικά κύτταρα για να μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτά τα συστήματα είναι ευρέως χρησιμοποιούμενα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε οικιακή κλίμακα ή σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις.

Θερμογραφία: Η θερμογραφία χρησιμοποιεί την υπέρυθη ακτινοβολία για να ανιχνεύσει τις θερμικές εκπομπές των αντικειμένων και να δημιουργήσει εικόνες θερμοκρασίας. Αυτό έχει εφαρμογές σε πολλούς τομείς, όπως στη βιομηχανία και την ανίχνευση ελαττωματικών μονάδων σε εξοπλισμό.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή ενέργεια, παίζουν σημαντικό ρόλο στη μείωση της εξάρτησης από τις συμβατικές πηγές ενέργειας και στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

**Είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται στον τομέα των επικοινωνιών για τη λήψη ή την αποστολή ραδιοκυμάτων. Οι κεραιές υπάρχουν κυρίως σε ραδιοφωνία, τηλεόραση, κινητή τηλεφωνία, ασύρματο διαδίκτυο (Wi-Fi), ραντάρ, δορυφορική επικοινωνία και άλλες εφαρμογές επικοινωνίας.*

*** Το ραντάρ αντιπροσωπεύει το ακρωνύμιο των λέξεων "Radio Detection and Ranging", που σημαίνει "Ανίχνευση και Απόσταση με Ραδιοκύματα". Είναι ένα σύστημα που χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά κύματα (συνήθως ραδιοκύματα) για να ανιχνεύσει, να μετρήσει και να αναγνωρίσει αντικείμενα, όπως αεροσκάφη, πλοία, αυτοκίνητα ή ακόμη και καιρικά φαινόμενα, και για να υπολογίσει την απόστασή τους, την ταχύτητά τους και άλλες πληροφορίες.*

**** Οι ηλιακοί συλλέκτες είναι συσκευές που σχεδιάστηκαν για την αποτελεσματική αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας προκειμένου να παράγουν θερμότητα ή ηλεκτρική ενέργεια. Αυτοί οι συλλέκτες απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε θερμότητα ή ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορες εφαρμογές.*

3.5 Εξισώσεις Maxwell

Η εξίσωση Maxwell είναι ένα σύνολο τεσσάρων διαφορικών εξισώσεων που περιγράφουν τη συμπεριφορά του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και τη σχέση του με τα φορτία και τις ροές. Οι εξισώσεις Maxwell διατυπώθηκαν από τον φυσικό James Clerk Maxwell στη δεκαετία του 1860 και αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα επιτεύγματα της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας.

Η ιστορική παρατήρηση του Μάξγουελ για τους κλασικούς νόμους του ηλεκτρομαγνητισμού. Όταν δύο από τους κλασικούς νόμους του ηλεκτρομαγνητισμού επιχειρείται να συνδυαστούν, διαπιστώνεται ότι είναι ασύμβατοι μεταξύ τους. Η ιστορική παρατήρηση του Μάξγουελ ήταν ότι όταν επιχειρείται να συνδυαστούν οι δύο κλασικοί νόμοι του ηλεκτρομαγνητισμού, οι νόμοι αυτοί αποδεικνύονται ασύμβατοι μεταξύ τους. Η μόνη απόκλιση από τα πειραματικά αποτελέσματα ονόμος του Αμπέρ. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο νόμος του Αμπέρ ορίζει ότι υποθέτει την ύπαρξη μαγνητικού πεδίου μόνο στην περιοχή του χώρου που περικλείεται από μια κλειστή καμπύλη (βρόχος Ampere). Αυτό συμβαίνει επειδή, αν και ο (βρόχος του Ampere) υποθέτει την ύπαρξη μαγνητικού πεδίου μόνο στην περιοχή του χώρου που περιβάλλει ένα ρεύμα αγωγιμότητας I , ο Maxwell διαπίστωσε ότι ένα μαγνητικό πεδίο υπάρχει στο χώρο. Ο Μάξγουελ ανακάλυψε ότι μαγνητικά πεδία υπάρχουν στο χώρο μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή. Εκεί δεν υπάρχει ρεύμα αγωγιμότητας. Έτσι ο Maxwell ανακάλυψε ότι ένα μαγνητικό πεδίο υπάρχει στο χώρο μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή. Απέδειξε ότι η πηγή του μαγνητικού πεδίου είναι η μεταβολή της έντασης του πεδίου με την πάροδο του χρόνου. Αυτό το εξέφρασε με όρους μιας υποθετικής ποσότητας, του φθίνοντος ρεύματος I_d . Επομένως η ηλεκτρομαγνητική θεωρία του Maxwell διατυπώνεται υπό τη μορφή μιας ομάδας ολοκληρωτικών ή διαφορικών εξισώσεων, οι οποίες λέγονται εξισώσεις Maxwell.

Οι εξισώσεις Maxwell είναι οι εξής:

1^η εξίσωση: Εξίσωση Gauss για το ηλεκτρικό πεδίο: Η εξίσωση περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο το ηλεκτρικό πεδίο αλληλεπιδρά με το ηλεκτρικό φορτίο. Αποδεικνύει ότι η συνολική ροή του ηλεκτρικού πεδίου μέσα από μια κλειστή επιφάνεια είναι ανάλογη του συνολικού φορτίου που βρίσκεται μέσα σε αυτήν την επιφάνεια, με την αναλογία να καθορίζεται από την διηλεκτρική σταθερά ϵ_0 .

Η εξίσωση Gauss για το ηλεκτρικό πεδίο συμπληρώνεται από τις υπόλοιπες εξισώσεις Maxwell για το μαγνητικό πεδίο, και μαζί αποτελούν ένα πλήρες σύστημα που περιγράφει τη συμπεριφορά των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και την αλληλεπίδρασή τους με τα φορτία και τα ρεύματα. Επίσης είναι ισοδύναμη με το νόμο του Coulomb.

Η αναλυτική μορφή της εξίσωσης Gauss για το ηλεκτρικό πεδίο είναι η εξής:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (3.4)$$

όπου:

· ∇ είναι ο τελεστής ναβλαρίου (διανυσματικός τελεστής παραγοντικού)

· είναι ο τελεστής του εσωτερικού γινομένου

· E είναι το ηλεκτρικό πεδίο

· ρ είναι η πυκνότητα του ηλεκτρικού φορτίου

· ϵ_0 είναι η διηλεκτρική σταθερά του κενού

2^η εξίσωση: Εξίσωση Gauss για το μαγνητικό πεδίο: Αυτή η εξίσωση δηλώνει ότι η συνολική ροή του μαγνητικού πεδίου μέσα από μια κλειστή επιφάνεια είναι μηδέν. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχουν μονοπόλες μαγνητικές πηγές (μονοπολικά μαγνητικά φορτία) όπως υπάρχουν μονοπόλες ηλεκτρικές πηγές (ηλεκτρικά φορτία). Αυτή η εξίσωση συμπληρώνει την εξίσωση Gauss για το ηλεκτρικό πεδίο και συμβάλλει στην περιγραφή της συμπεριφοράς των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αν και δεν υπάρχουν μονοπόλες μαγνητικές πηγές, υπάρχουν μαγνητικές πηγές σε μορφή μαγνητικών πόλων (δηλαδή η μαγνητική περιστροφή του μαγνητικού πεδίου), όπως σε παραδείγματα μαγνητών ή μαγνητικών υλικών. Αυτές οι μαγνητικές πηγές εκφράζονται μέσω της τρίτης και της τέταρτης εξίσωσης Maxwell, που είναι οι εξισώσεις του Faraday και του Ampere-Maxwell αντίστοιχα.

Η εξίσωση Gauss για το μαγνητικό πεδίο, ή αλλιώς η δεύτερη εξίσωση Maxwell, δίνεται από την εξίσωση:

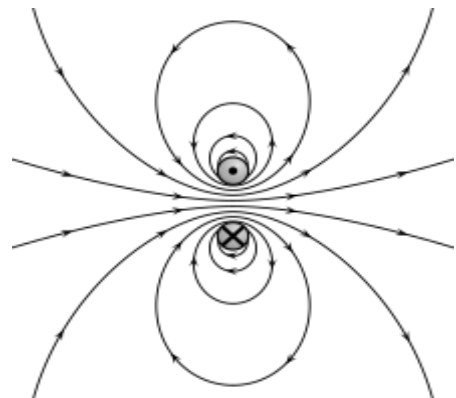
$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (3.5)$$

όπου:

· ∇ είναι ο τελεστής ναβλαρίου (διανυσματικός τελεστής παραγοντικού)

· \cdot είναι ο τελεστής του εσωτερικού γινομένου

· \mathbf{B} είναι το μαγνητικό πεδίο



Εικόνα 3.16: Νόμος του Gauss για τον μαγνητισμό.

3^η εξίσωση: Εξίσωση του νόμου του Faraday: Η 3η εξίσωση Maxwell είναι ο νόμος του Faraday, σύμφωνα με τον οποίο χρονική μεταβολή του μαγνητικού πεδίου παράγει ηλεκτρικό πεδίο.

Ο νόμος του Faraday, ο οποίος εκφράζει την εξίσωση του Faraday, αναφέρεται στη σχέση μεταξύ της μεταβολής ενός μαγνητικού πεδίου και της παραγόμενης ηλεκτρικής τάσης. Αυτή η εξίσωση είναι η τρίτη εξίσωση Maxwell και δίνεται από την εξίσωση:

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (3.6)$$

όπου:

· ∇ είναι ο τελεστής ναβλαρίου (διανυσματικός τελεστής παραγοντικού)

· \times είναι ο τελεστής του διανυσματικού γινομένου

· \mathbf{E} είναι το ηλεκτρικό πεδίο

- \mathbf{B} είναι το μαγνητικό πεδίο
- $\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$ είναι ο παράγωγος του μαγνητικού πεδίου \mathbf{B} ως προς τον χρόνο t

Αυτή η εξίσωση αναδεικνύει το γεγονός ότι μια μεταβολή του μαγνητικού πεδίου μέσα σε μια κλειστή διαγραφή δημιουργεί ένα ηλεκτρικό πεδίο. Συγκεκριμένα, η εξίσωση δηλώνει ότι η κυκλοφορία του ηλεκτρικού πεδίου γύρω από μια κλειστή διαγραφή είναι ανάλογη με τον ρυθμό μεταβολής του μαγνητικού πεδίου μέσα από αυτήν τη διαγραφή. Είναι σημαντική για την κατανόηση φαινομένων όπως η πηγή της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής και η συμπεριφορά των μετασχηματιστών, των γεννητριών και άλλων ηλεκτρικών κυκλωμάτων που βασίζονται στην αλλαγή του μαγνητικού πεδίου για τη δημιουργία ηλεκτρικής ενέργειας.

4^η εξίσωση: Εξίσωση του νόμου του Ampère: Ο νόμος του Ampère αναφέρεται στη σχέση μεταξύ του μαγνητικού πεδίου και του ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτός ο νόμος περιγράφεται από την εξίσωση του Ampère, η οποία είναι η τέταρτη εξίσωση Maxwell. Αυτή η εξίσωση αναδεικνύει το γεγονός ότι το μαγνητικό πεδίο μπορεί να παράξει ένα ηλεκτρικό πεδίο μέσω του ηλεκτρικού ρεύματος. Η πρώτη περιοχή της εξίσωσης με τον όρο μου-μηδέν εξηγεί ότι το μαγνητικό πεδίο που διαμορφώνεται από το ηλεκτρικό ρεύμα (\mathbf{J}) παράγει έναν προσθετικό όρο στο διανυσματικό γινόμενο του \mathbf{B} . Η δεύτερη περιοχή με τον όρο μου-μηδέν εξηγεί ότι το μαγνητικό πεδίο μπορεί να παράξει ένα ηλεκτρικό πεδίο μέσω της μεταβολής του ηλεκτρικού πεδίου (\mathbf{E}) ως προς τον χρόνο.

Ο νόμος του Ampère αποτελεί ένα από τα βασικά μαθηματικά εργαλεία για την κατανόηση της συμπεριφοράς των μαγνητικών πεδίων και των ηλεκτρικών ρευμάτων, καθώς και για την ανάλυση και τον σχεδιασμό ηλεκτρομαγνητικών κυκλωμάτων και συστημάτων.

Η εξίσωση του Ampère δίνεται από την εξίσωση:

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad (3.7)$$

όπου:

- ∇ είναι ο τελεστής ναβλαρίου (διανυσματικός τελεστής παραγοντικού)
- \times είναι ο τελεστής του διανυσματικού γινομένου
- \mathbf{B} είναι το μαγνητικό πεδίο
- \mathbf{J} είναι η πυκνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος
- μ_0 είναι η μαγνητική διαπερατότητα του κενού
- $\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$ είναι ο παράγωγος του ηλεκτρικού πεδίου \mathbf{E} ως προς τον χρόνο t

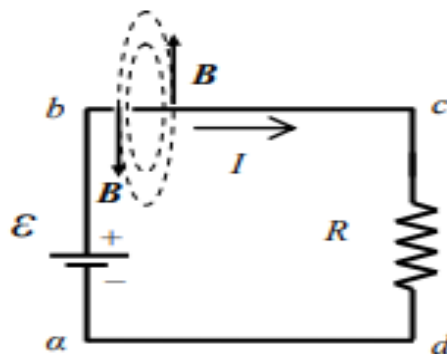
Κεφάλαιο 4ο: Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή

4.1 Ορισμός της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής

Το φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής ανακαλύφθηκε και διατυπώθηκε μαθηματικά από το Faraday το 1831. Στο φαινόμενο αυτό στηρίζεται η λειτουργία όλων των ηλεκτρικών μηχανών. Σύμφωνα με το νόμο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, ή νόμο του Faraday, όταν μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που διέρχεται από ένα πλαίσιο, επάγεται στα άκρα του πλαισίου μια ηλεκτρεγερτική δύναμη, η οποία είναι ανάλογη με την ταχύτητα μεταβολής της μαγνητικής ροής. [3]

Από τον νόμο του Faraday προκύπτει ότι η μεταβολή ενός μαγνητικού πεδίου μέσα σε ένα κύκλωμα ή αγωγό προκαλεί την εμφάνιση ενός ηλεκτρικού πεδίου, το οποίο με τη σειρά του δημιουργεί μια ηλεκτρική τάση στο κύκλωμα ή τον αγωγό. Αυτή η ηλεκτρική τάση προκαλεί τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα στο κύκλωμα ή τον αγωγό, εάν υπάρχει κλειστή διαδρομή για την κυκλοφορία του ρεύματος. Είναι η βασική αρχή που υποκείμενη σε φαινόμενα όπως η ηλεκτρομαγνητική επαγωγή σε μετασχηματιστές και γεννήτριες, η λειτουργία των αισθητήρων μεταβολής μαγνητικού πεδίου, και η λειτουργία των διατάξεων μεταφοράς ενέργειας μέσω ασύρματης φόρτισης, μεταξύ άλλων εφαρμογών.

Συνοψίζοντας, η ηλεκτρομαγνητική επαγωγή αναφέρεται στην προκληθείσα ροή ηλεκτρικού ρεύματος λόγω της μεταβολής του μαγνητικού πεδίου σε ένα κύκλωμα ή αγωγό.



Εικόνα 4.1: Αυτεπαγωγή σε ηλεκτρικό βρόγχο.

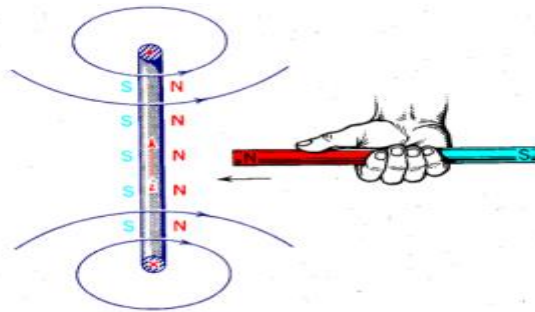
4.2 Κανόνας του Λεντς

Ο κανόνας του Lenz είναι ένας νόμος του ηλεκτρομαγνητισμού που περιγράφει την αλληλεπίδραση μεταξύ μαγνητικών πεδίων και ρευμάτων και ορίζει ότι η πολικότητα της επαγόμενης τάσης που δημιουργείται στο πηνίο είναι τέτοια ώστε να δημιουργεί ρεύμα το οποίο παράγει μαγνητική ροή προς την αντίθετη κατεύθυνση από τη μεταβολή της ροής μέσω του βρόχου.

$$E_{\text{ΕΠ}} = - N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (4.1)$$

Ο νόμος αυτός διατυπώθηκε το 1834 από τον Γερμανό φυσικό Heinrich Lenz (1804-1865). Είναι ένας σημαντικός νόμος στον ηλεκτρομαγνητισμό επειδή περιγράφει τη συμπεριφορά των μαγνητικών πεδίων και των ρευμάτων όταν αυτά μεταβάλλονται. Το επαγόμενο ρεύμα έχει κατεύθυνση αντίθετη από την αιτία που το προκάλεσε. Συγκεκριμένα, ο κανόνας του Lenz ορίζει ότι όταν ένα ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο, το πεδίο αυτό τείνει να δημιουργήσει μια αντίθετη ηλεκτρομαγνητική επαγωγή και εμποδίζει την αλλαγή του αρχικού ρεύματος. Ο κανόνας του Lenz έχει επίσης εφαρμοστεί

σε διάφορα πεδία του ηλεκτρομαγνητισμού, συμπεριλαμβανομένων των μετασχηματιστών, των γεννητριών, των ηλεκτροκινητήρων και των κυκλωμάτων εναλλασσόμενου ρεύματος

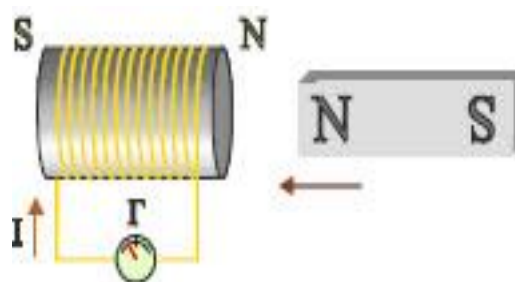


Εικόνα 4.2: Κανόνας του Λενζ.

Βασίζεται στην αρχή της διατήρησης της ενέργειας: αν οι πόλοι είναι αντίθετοι, το επαγόμενο ρεύμα ενισχύει το μαγνητικό πεδίο, δημιουργώντας περισσότερο επαγόμενο ρεύμα, δημιουργώντας περισσότερο μαγνητικό πεδίο και επομένως περισσότερο επαγόμενο ρεύμα και ούτω καθεξής δηλαδή δημιουργείται ενέργεια από το τίποτα, αλλά αυτό δεν συμβαίνει, επομένως ισχύει ο νόμος του Lenz.

Στα παραδείγματα που ακολουθούν, θα δούμε πώς εφαρμόζεται ο νόμος του Lenz και πώς η αρχή της διατήρησης της ενέργειας περιγράφεται από την κατεύθυνση του ρεύματος. [5]

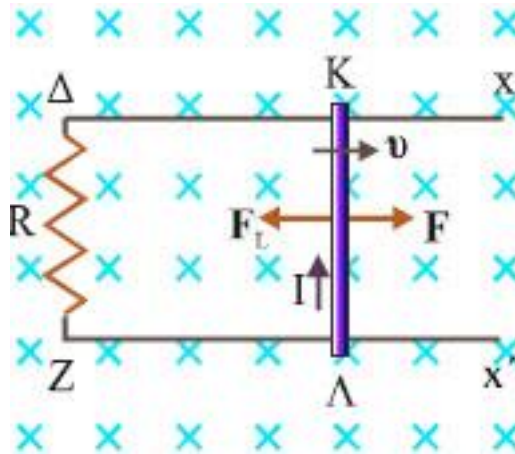
Πλησιάζουμε στο πηνίο της εικόνας 4.3 το βόρειο πόλο ενός ευθύγραμμου μαγνήτη. Καθώς ο μαγνήτης πλησιάζει, η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πηνίο των σπειρών αυξάνεται και το πηνίο συμπεριφέρεται σαν πηγή. Όταν συνδεθούν και τα δύο άκρα, το κύκλωμα κλείνει και το πηνίο τροφοδοτείται με ρεύμα. Σύμφωνα με το νόμο του Lenz, η κατεύθυνση αυτού του ρεύματος είναι τέτοια που αντιτίθεται στην αιτία του ρεύματος, να εμποδίζει δηλαδή το βόρειο πόλο του μαγνήτη να πλησιάσει. Αυτό σημαίνει ότι η άκρη του πηνίου που είναι προς το μέρος του βόρειου πόλου του μαγνήτη που πλησιάζει θα συμπεριφέρεται ως βόρειος πόλος.



Εικόνα 4.3: Ο μαγνήτης πλησιάζει στο πηνίο. Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, το ρεύμα που επάγεται στο πηνίο έχει τέτοια φορά ώστε απέναντι από το μαγνήτη που πλησιάζει το πηνίο να δημιουργεί όμοιο μαγνητικό πόλο.

Για να ξεπεραστεί η απωστική δύναμη του μαγνήτη από το πηνίο δαπανάται ενέργεια και αυτή η ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα στον αγωγό. Εάν εφαρμοστεί ρεύμα στο πηνίο με αντίθετη φορά, σχηματίζεται νότιος μαγνητικός πόλος στην αντίθετη πλευρά του βόρειου πόλου του μαγνήτη. Ο νότιος μαγνητικός πόλος ασκεί ελκτική δύναμη στον μαγνήτη, οπότε δεν απαιτείται προσπάθεια για την προσέγγισή του. Ωστόσο, αυτό παραβιάζει την αρχή της διατήρησης της ενέργειας. Επειδή η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από το επαγωγικό φαινόμενο στο πηνίο χωρίς καμία προσπάθεια ή κατανάλωση ενέργειας. Ας υποθέσουμε ότι ένας αγωγός κινείται με σταθερή ταχύτητα u μέσα σε ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο B . Στην περίπτωση της επαγωγής, ο αγωγός λειτουργεί ως πηγή και τον διαρρέει ρεύμα, επειδή το κύκλωμα είναι κλειστό. Στον αγωγό ασκείται η δύναμη Laplace από το μαγνητικό

πεδίο. Σύμφωνα με το νόμο του Lenz, η κατεύθυνση του ρεύματος πρέπει να είναι τέτοια ώστε να είναι αντίθετη προς την αιτία του ρεύματος, δηλαδή την κίνηση του αγωγού. Η κατεύθυνση του ρεύματος πρέπει να είναι τέτοια ώστε η δύναμη Laplace που ασκείται στον αγωγό να αντιτίθεται στην κίνησή του. Για να σταθεροποιηθεί η κίνηση του αγωγού, πρέπει να ασκείται στον αγωγό μια δύναμη F αντίθετη προς τη δύναμη Laplace. Η δύναμη αυτή ενεργοποιεί το κύκλωμα. Αν το ρεύμα έχει αντίθετη κατεύθυνση, το μαγνητικό πεδίο ασκεί στον αγωγό μια δύναμη προς την ίδια κατεύθυνση με την ταχύτητά του. Στην περίπτωση αυτή, δεν απαιτείται ενέργεια για τη διατήρηση της κίνησης του αγωγού και το κύκλωμα παράγει συνεχώς ηλεκτρική ενέργεια, η οποία μετατρέπεται σε θερμότητα στην αντίσταση R . Ωστόσο, σύμφωνα με την αρχή της διατήρησης της ενέργειας, δεν είναι δυνατόν να παραχθεί ένα είδος ενέργειας χωρίς να δαπανηθεί ένα άλλο είδος ενέργειας. [8]



Εικόνα 4.4: Ο αγωγός ολισθαίνει πάνω στους ακίνητους αγωγούς Δx και Zx' . Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz το ρεύμα από επαγωγή που δημιουργείται στο κύκλωμα, έχει τέτοια φορά, ώστε ο κινούμενος αγωγός να δέχεται δύναμη Laplace, που αντιτίθεται στην κίνησή του.

Ο αγωγός που κινείται, μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο B , με σταθερή ταχύτητα v , μένοντας σε επαφή με τους ακίνητους αγωγούς Δx και Zx' (εικ. 4.4). Λόγω του επαγωγικού φαινομένου, ο αγωγός λειτουργεί ως πηγή ενέργειας και ενεργοποιείται επειδή το κύκλωμα είναι κλειστό. Ο αγωγός υπόκειται στη δύναμη Laplace από το μαγνητικό πεδίο.

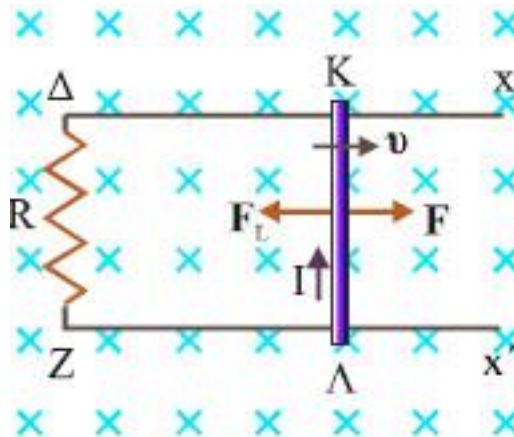
Σύμφωνα με το νόμο του Lenz, η κατεύθυνση του ρεύματος πρέπει να είναι τέτοια ώστε να αντιτίθεται στην αιτία του ρεύματος, δηλαδή στην κίνηση του αγωγού. Η κατεύθυνση του ρεύματος πρέπει να είναι τέτοια ώστε η δύναμη Laplace που ασκείται στον αγωγό να αντιτίθεται στην κίνηση του αγωγού.

Για να σταθεροποιηθεί η κίνηση του αγωγού, πρέπει να ενεργήσει στον αγωγό μια δύναμη F αντίθετη από τη δύναμη Laplace. Η δύναμη αυτή ενεργοποιεί το κύκλωμα.

Η αρχή διατήρησης της ενέργειας στο φαινόμενο της επαγωγής

Η ισχύς της αρχής διατήρησης της ενέργειας στο φαινόμενο της επαγωγής μπορεί ναδειχθεί και ποσοτικά.

Έστω πάλι ο αγωγός που κινείται με σταθερή ταχύτητα v μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο B , μένοντας σε επαφή με τους ακίνητους αγωγούς Δx και Zx' (εικ. 4.5). Θεωρούμε ότι η κίνηση του αγωγού γίνεται χωρίς τριβές.



Εικόνα 4.5: Ο αγωγός κινείται με σταθερή ταχύτητα v μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο B , μένοντας σε επαφή με τους ακίνητους αγωγούς Δx και Zx' .

Έχουμε βρει ότι στο κύκλωμα επάγεται ηλεκτρεγερτική δύναμη:

$$E_{\text{ΕΠ}} = BvL \quad (4.2)$$

Εάν το κύκλωμα παρουσιάζει συνολικά αντίσταση R θα διαρρέεται από ρεύμα:

$$I = \frac{E_{\text{ΕΠ}}}{R} = \frac{BvL}{R} \quad (4.3)$$

Σε χρονικό διάστημα Δt , το ρεύμα, θα αποδώσει στο περιβάλλον θερμότητα:

$$Q = I^2 R \Delta t = \frac{B^2 v^2 L^2}{R} \Delta t \quad (4.4)$$

Για να διατηρήσουμε την κίνηση του αγωγού, πρέπει να ασκούμε εξωτερική δύναμη F , αντίθετη της δύναμης Laplace που δέχεται ο αγωγός:

$$F = F_L = BIL = B \frac{E_{\text{ΕΠ}}}{R} L = \frac{E_{\text{ΕΠ}}}{R} \frac{B^2 v L^2}{R} \quad (4.5)$$

Στο χρονικό διάστημα Δt ο αγωγός μετατοπίζεται κατά $\Delta x = v \Delta t$ και το έργο της F στο ίδιο χρονικό διάστημα θα είναι:

$$W_F = F \Delta x = \frac{B^2 v L^2}{R} v \Delta t = \frac{B^2 v^2 L^2}{R} \Delta t \quad (4.6)$$

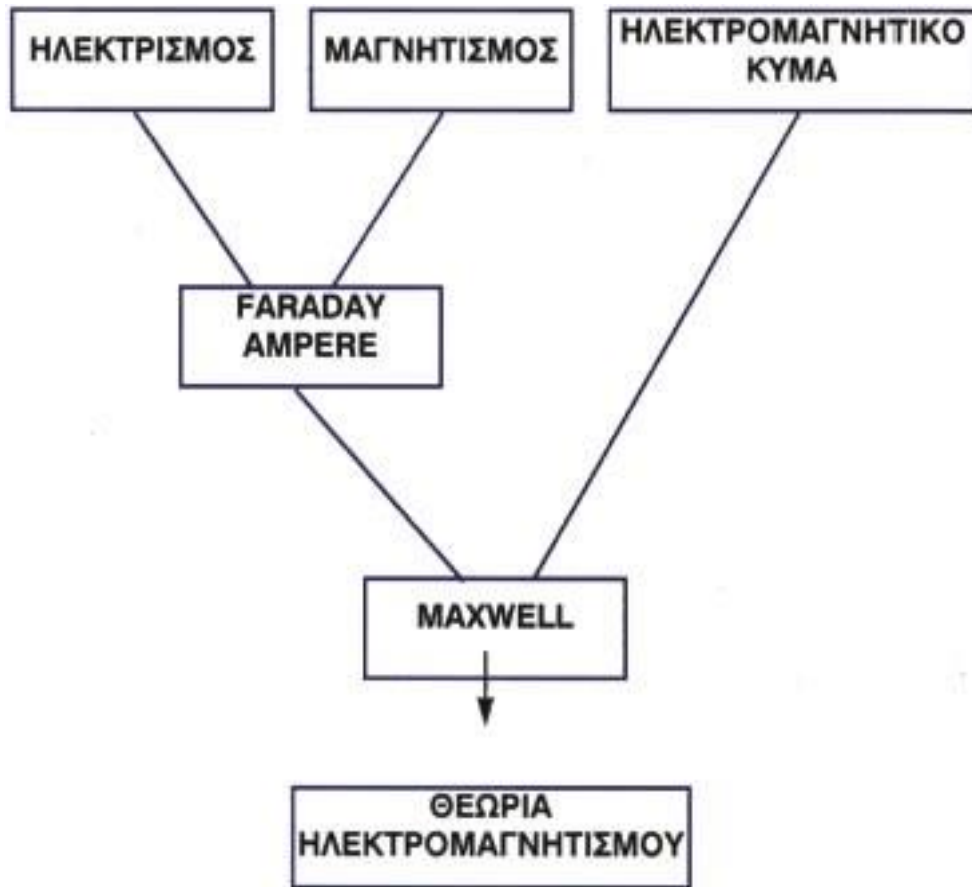
Βλέπουμε ότι χρειάστηκε να προσφέρουμε έργο ίσο με τη θερμότητα που παράχθηκε.

4.3 Νόμος του Coulomb

Μέχρι το 1820, τα ηλεκτρικά και τα μαγνητικά φαινόμενα θεωρούνταν ανεξάρτητα μεταξύ τους και αναλύονταν χωριστά. Ο Δανός Hans Christian Osted (1777-1851) απέδειξε πειραματικά ότι υπάρχει σχέση μεταξύ των δύο φαινομένων.

Οι σημαντικότεροι από αυτούς τους ερευνητές ήταν ο Michael Faraday (1791-1867), ο André-Marie Ampère (1775-1836) και ο James Clark Maxwell (1831-1879). Μετά από πολλές έρευνες, ο Maxwell κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το φως είναι επίσης ηλεκτρομαγνητικό κύμα- ολοκλήρωσε τη θεωρία

του ηλεκτρομαγνητισμού με τέσσερις εξισώσεις (1864). Η ενοποίηση του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού (ηλεκτρομαγνητική θεωρία) που φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα είναι ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα της ανθρώπινης νοημοσύνης



Εικόνα 4.6: Διάγραμμα ενοποίησης ηλεκτρισμού και μαγνητισμού.

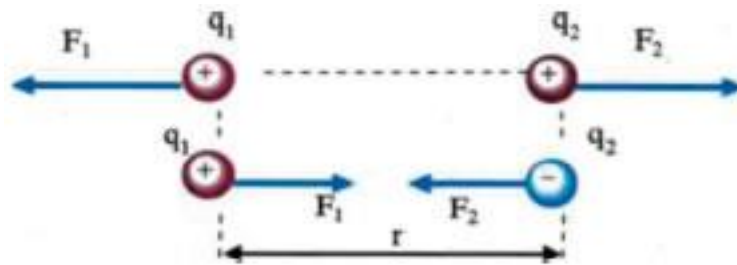
Ο Γάλλος φυσικός Charles Augustin de Coulomb (1736 – 1806) μέτρησε πρώτος, το 1785, ηλεκτρικές έλξεις και απώσεις και εφεύρε τον νόμο από τον οποίο προσδιορίζονται τα μέτρα τους. Χρησιμοποιώντας ένα ζυγό στρέψεως κατάφερε να αποδείξει ότι αν έχουμε δύο φορτισμένα αντικείμενα, με διαστάσεις πολύ μικρότερες από την μεταξύ τους απόσταση, τότε ασκείται σε αυτά μία δύναμη που είναι ανάλογη προς το γινόμενο των φορτίων τους και αντιστρόφως ανάλογη προς το τετράγωνο της απόστασής τους (νόμος αντιστρόφου τετραγώνου). Η δύναμη ασκείται κατά μήκος της ευθείας γραμμής που συνδέει τα δύο φορτισμένα αντικείμενα.

Η σημασία του νόμου του Coulomb επεκτείνεται πολύ πέρα από την περιγραφή και υπολογισμό των δυνάμεων ανάμεσα σε φορτισμένες σφαίρες. Ο νόμος αυτός εξηγεί α) τις ηλεκτρικές δυνάμεις που συγκρατούν τα ηλεκτρόνια του ατόμου κοντά στον πυρήνα, β) τις δυνάμεις που συγκρατούν τα άτομα μεταξύ τους για να σχηματιστούν μόρια και γ) τις δυνάμεις που συγκρατούν τα άτομα ή τα μόρια μεταξύ τους για να σχηματιστούν υγρά ή στερεά. [1]

«Κάθε σημειακό ηλεκτρικό φορτίο ασκεί δύναμη σε κάθε άλλο σημειακό ηλεκτρικό φορτίο. Το μέτρο της δύναμης είναι ανάλογο του γινομένου των φορτίων που αλληλεπιδρούν και αντίστροφα ανάλογο με το τετράγωνο της μεταξύ τους απόστασης.»

Το μέτρο αυτής της ηλεκτρικής δύναμης* δίνεται από την σχέση:

$$F_C = k \cdot \frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2} \quad (4.7)$$



Εικόνα 4.7: Απωθητικές και ελκτικές δυνάμεις.

Η δύναμη Coulomb έχει:

Μέτρο: Υπολογίζεται από τη σχέση (4.4).

Διεύθυνση: Τη διεύθυνση της ευθείας που ενώνει τα δύο σημειακά φορτία**, που είναι και φορέας της.

Φορά: Οι δυνάμεις Coulomb είναι ελκτικές για ετερόνυμα και απωστικές για ομόνυμα ηλεκτρικά φορτία.

Σημείο εφαρμογής: Τα σημειακά φορτία q_1 και q_2 .

Η μονάδα μέτρησης του ηλεκτρικού φορτίου στο S.I. είναι το 1C (1 Coulomb).

Η σταθερά k ονομάζεται ηλεκτρική σταθερά και εξαρτάται από το σύστημα μονάδων και το μέσο στο οποίο βρίσκεται το φορτίο.

Όταν τα ηλεκτρικά φορτία που αλληλεπιδρούν βρίσκονται στο κενό και κατά προσέγγιση στον αέρα, η σταθερά k δίνεται από τη σχέση:

$$k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \quad (4.8)$$

όπου ϵ_0 μία φυσική σταθερά που ονομάζεται απόλυτη σταθερά του κενού και έχει τιμή στο S.I.:

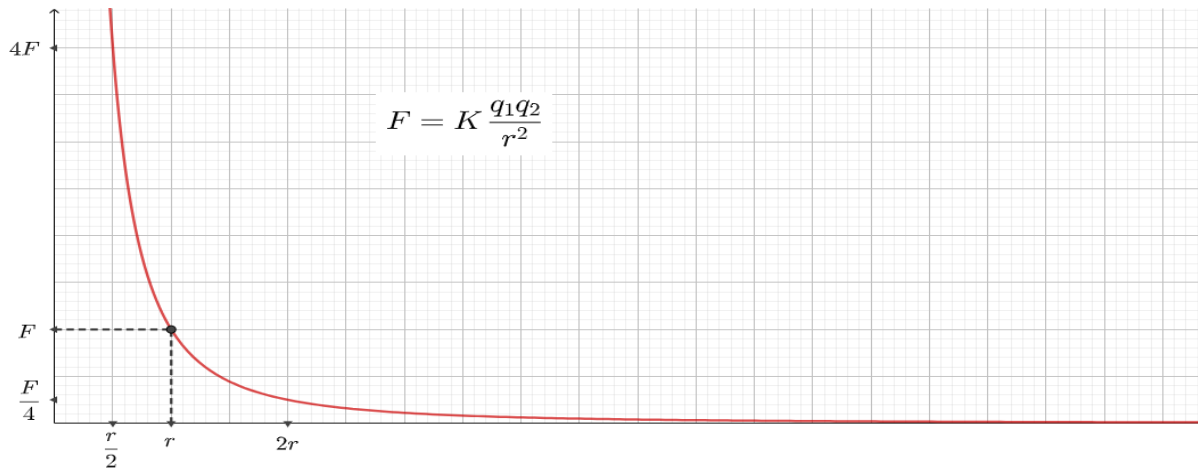
$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2} \quad (4.9)$$

Επομένως η σταθερά k έχει τιμή στο S.I. κατά προσέγγιση:

$$k \approx 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{N \cdot m^2}{C^2} \quad (4.10)$$

Ο νόμος του Coulomb ακολουθεί τον νόμο του αντιστρόφου τετραγώνου, όπως και ο νόμος της παγκόσμιας έλξης δηλαδή:

$$F = \text{σταθ.} \cdot \frac{1}{r^2} \quad (4.11)$$



Εικόνα 4.8: Το διάγραμμα του μέτρου της δύναμης Coulomb ως συνάρτηση της απόστασης των φορτίων.

Ο Coulomb το 1785 χρησιμοποιώντας τον ομώνυμο «ζυγό στρέψης του Coulomb», επιβεβαίωσε το νόμο του αντιστρόφου τετραγώνου.

* Η δύναμη αυτή ονομάζεται και δύναμη Coulomb.

** Στη συνέχεια όταν χρησιμοποιήσουμε τον όρο φορτίου θα εννοούμε σημειακό ηλεκτρικό φορτίο, δηλαδή το φορτίο που φέρει ένα σώμα που θεωρείται σημειακό αντικείμενο.

4.4 Νόμος του Faraday

4.4.1 Η εξίσωση του νόμου Faraday

Ο νόμος του Faraday περιγράφει τη σχέση μεταξύ της μεταβολής του μαγνητικού πεδίου και της παραγόμενης ηλεκτρικής τάσης. Αυτός ο νόμος αποτελεί τη βάση της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής και εκφράζεται μαθηματικά μέσω της εξίσωσης του Faraday. [7]

Η εξίσωση του Faraday δίνεται από την εξίσωση:

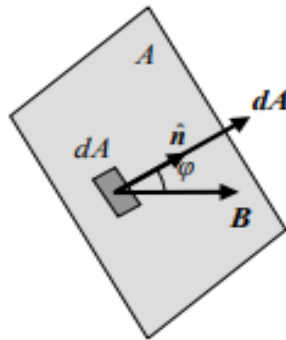
$$e = - N \cdot \frac{-d\Phi}{dt} \quad (4.12)$$

όπου:

e είναι η παραγόμενη ηλεκτρική τάση, N είναι ο αριθμός των σπειρών του πλαισίου (πηνίου) και και $\frac{d\Phi}{dt}$ είναι ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής ως προς τον χρόνο (t).

Αναφέρεται στο ολική μαγνητική ροή που διαπερνά μια επιφάνεια. Η εξίσωση του Faraday μας λέει ότι η μεταβολή αυτού του μαγνητικού ροής σε μια επιφάνεια προκαλεί την εμφάνιση μιας ηλεκτρικής τάσης σε ένα κύκλωμα που περιβάλλει αυτήν την επιφάνεια.

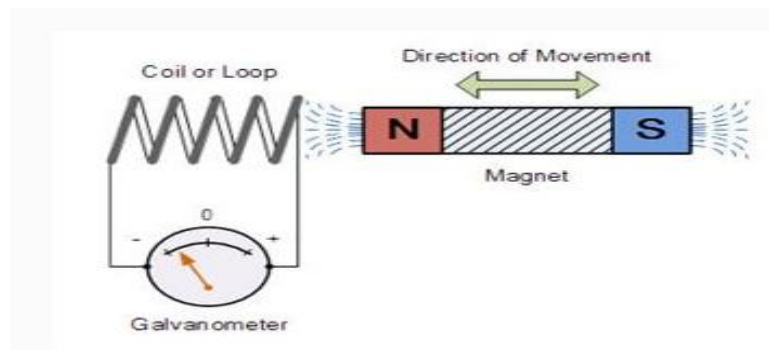
Η εξίσωση του Faraday επιτρέπει να κατανοήσουμε πολλά φαινόμενα, όπως την πηγή της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, τη λειτουργία των μετασχηματιστών, των γεννητριών και των δυναμογεννητρων, τη λειτουργία των αισθητήρων μεταβολής μαγνητικού πεδίου και πολλά άλλα σχετικά με την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή. Η εξίσωση του Faraday αποτελεί έναν από τους τέσσερις βασικούς νόμους της ηλεκτρομαγνητικής, γνωστούς ως οι εξισώσεις Maxwell, που περιγράφουν τη συμπεριφορά των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων.



Εικόνα 4.9: Νόμος του Faraday.

Πείραμα του Faraday

Ο Faraday χρησιμοποίησε έναν μαγνήτη και ένα πηνίο σε αυτό το πείραμα και συνέδεσε ένα γαλβανόμετρο κατά μήκος του πηνίου. Αρχικά, ο μαγνήτης είναι ακίνητος και δεν υπάρχει παραμόρφωση στο γαλβανόμετρο. Αυτό σημαίνει ότι η βελόνα του γαλβανόμετρου βρίσκεται στο κέντρο ή στη θέση μηδέν. Καθώς ο μαγνήτης κινείται προς το πηνίο, η βελόνα του γαλβανόμετρου παραμορφώνεται προς μία κατεύθυνση. Όταν ο μαγνήτης σταματήσει στη θέση αυτή, η βελόνα του γαλβανόμετρου επιστρέφει στη θέση μηδέν. Στη συνέχεια, η απομάκρυνση του μαγνήτη από το πηνίο προκαλεί κάποια κάμψη της βελόνας, αλλά προς την αντίθετη κατεύθυνση και όταν ο μαγνήτης σταματήσει και πάλι σε αυτό το σημείο σε σχέση με το πηνίο, η βελόνα του γαλβανόμετρου επιστρέφει στη θέση μηδέν. Ομοίως, εάν ο μαγνήτης παραμείνει σταθερός και το πηνίο μετακινηθεί μακριά ή πιο κοντά στον μαγνήτη, το ροόμετρο θα παρουσιάσει παρόμοια εκτροπή. Όσο ταχύτερα μεταβάλλεται το μαγνητικό πεδίο, τόσο μεγαλύτερη είναι η ηλεκτροκινητική δύναμη ή η τάση που προκαλείται στο πηνίο. [7]



Εικόνα 4.10: Πείραμα του Faraday.

4.4.2 Επαγωγική ένταση

Η επαγωγική ένταση (ή επαγωγικό πεδίο) αναφέρεται στο μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται λόγω μιας αλλαγής στο ηλεκτρικό ρεύμα ή στην ηλεκτρική τάση. Πρόκειται για ένα διανυσματικό πεδίο που περιγράφει την ένταση και την κατεύθυνση της επαγόμενης τάσης σε ένα κύκλωμα.

Σχετίζεται άμεσα με τη μεταβολή του μαγνητικού πεδίου και είναι περιγραφική του νόμου του Faraday της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Όταν ένα μαγνητικό πεδίο διαπερνά ένα κύκλωμα, η μεταβολή του μαγνητικού πεδίου προκαλεί την εμφάνιση ενός ηλεκτρικού πεδίου, το οποίο προκαλεί μια επαγωγική ένταση στο κύκλωμα. [8] Η επαγωγική ένταση είναι ανάλογη προς το ρυθμό αλλαγής του μαγνητικού πεδίου.

Μαθηματικά, η επαγωγική ένταση (B) συνδέεται με το ρυθμό αλλαγής της μαγνητικής ροής (Φ) με την εξίσωση:

$$B = \frac{d\Phi}{dA} \quad (4.10)$$

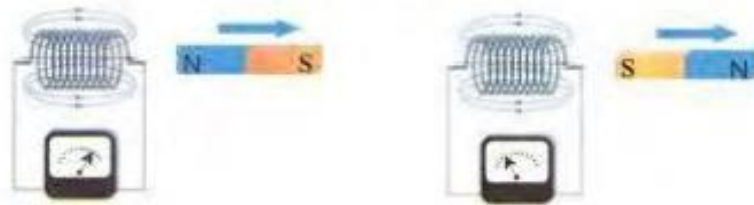
όπου:

B είναι η επαγωγική ένταση,

dΦ είναι η αλλαγή στη μαγνητική ροή, και

dA είναι η αντίστοιχη αλλαγή στην επιφάνεια που το μαγνητικό πεδίο διαπερνά.

Η επαγωγική ένταση είναι κρίσιμη για πολλές εφαρμογές, όπως στους μετασχηματιστές, στις γεννήτριες, στα μοτέρ, στους αισθητήρες μεταβολής μαγνητικού πεδίου και πολλά άλλα συστήματα που βασίζονται στην ηλεκτρομαγνητική επαγωγή.



Εικόνα 4.11: Όταν ο μαγνήτης βυθίζεται σε ένα πηνίο, επάγεται σε αυτό τάση, η οποία θέτει τα φορτία του σε κίνηση.

4.5 Αυτεπαγωγή και μετασχηματιστές

4.5.1 Αυτεπαγωγή

Η αυτοεπαγωγή είναι ένα φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, όπου η αλλαγή του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα κύκλωμα προκαλεί την εμφάνιση επαγωγικής έντασης στο ίδιο το κύκλωμα. Στην ουσία, η αυτοεπαγωγή αναφέρεται στην αλλαγή του μαγνητικού πεδίου που διαπερνά ένα κύκλωμα όταν το ίδιο το κύκλωμα αλλάζει το ρεύμα του. Για να κατανοήσουμε την αυτοεπαγωγή, πρέπει να γνωρίζουμε τη σχέση μεταξύ του ρεύματος και του μαγνητικού πεδίου. [8] Όταν ένα ρεύμα διαρρέει έναν αγωγό, δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο γύρω από τον αγωγό. Αν το ρεύμα αλλάξει, το μαγνητικό πεδίο επίσης αλλάζει. Αυτή η αλλαγή του μαγνητικού πεδίου διαπερνά το ίδιο το κύκλωμα και προκαλεί την εμφάνιση επαγωγικής έντασης στο κύκλωμα. Η αυτοεπαγωγική ένταση μετριέται συνήθως σε μονάδες Henry (H). Η αυτοεπαγωγή μπορεί να περιγραφεί μαθηματικά μέσω της εξίσωσης:

$$V = L * \frac{dI}{dt} \quad (4.11)$$

όπου V είναι η τάση, L είναι ο συντελεστής αυτοεπαγωγής του κυκλώματος και (dI/dt) είναι ο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος στον χρόνο.

Η αυτοεπαγωγή έχει διάφορες εφαρμογές. Ένα παράδειγμα είναι η χρήση αυτοεπαγωγής σε μετασχηματιστές, όπου ο συντελεστής αυτοεπαγωγής καθορίζει την αναλογία μεταξύ της τάσης και του ρεύματος στις διάφορες πλευρές του μετασχηματιστή. Επίσης, η αυτοεπαγωγή είναι σημαντική σε

κυκλώματα με συνεχές ρεύμα όπως σε κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος, κεραίες, καθώς και σε ηλεκτρονικά κυκλώματα όπως πηγές τροφοδοσίας και αποθηκευτές ενέργειας.

Συνοψίζοντας, η αυτεπαγωγή είναι ένα σημαντικό φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, όπου η αλλαγή του ρεύματος σε ένα κύκλωμα προκαλεί την εμφάνιση επαγωγικής έντασης στο ίδιο το κύκλωμα. Αυτό το φαινόμενο έχει εφαρμογές σε μετασχηματιστές, κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος και ηλεκτρονικά κυκλώματα.

Η αυτεπαγωγική ένταση μπορεί να έχει διάφορες επιπτώσεις, όπως την αντίσταση στην αλλαγή του ρεύματος ή την εμφάνιση αυξημένης τάσης όταν ένα κύκλωμα διακοπεί. Οι μετασχηματιστές είναι ένα παράδειγμα συσκευής που βασίζεται στην αυτεπαγωγή για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας από ένα κύκλωμα σε ένα άλλο.

4.5.2 Μετασχηματιστές και λόγος μετασχηματισμού

Ο μετασχηματισμός ρεύματος αναφέρεται στην αλλαγή του ρεύματος από ένα επίπεδο σε ένα άλλο επίπεδο, με τη χρήση ενός μετασχηματιστή, ο οποίος επιτρέπει την αύξηση ή μείωση της τιμής του ρεύματος, διατηρώντας την ηλεκτρική ισχύ αμετάβλητη.

Οι μετασχηματιστές είναι ηλεκτρομαγνητικές συσκευές που αποτελούνται από δύο ή περισσότερους αγωγούς, οι οποίοι είναι απομονωμένοι μεταξύ τους και τυλίγονται γύρω από ένα κοινό σιδηρούχο πυρήνα. Ο πυρήνας αυτός αποτελείται συνήθως από σιδηρούχο υλικό, το οποίο ενισχύει το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται κατά τη λειτουργία του μετασχηματιστή. Ο μετασχηματισμός ρεύματος βασίζεται στην αρχή της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Όταν ένα ρεύμα περνά μέσα από έναν αγωγό του μετασχηματιστή (γνωστό ως πρωτογενές πλευρό), δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο γύρω από τον πυρήνα. Το μαγνητικό αυτό πεδίο επηρεάζει το δεύτερο αγωγό (γνωστό ως δευτερεύον πλευρό) και προκαλεί την επαγωγή ενός ηλεκτρικού ρεύματος σε αυτό. Η σχέση μεταξύ των ρευμάτων των δύο πλευρών είναι ανάλογη προς τον λόγο του αριθμού των στροφών των αγωγών στις αντίστοιχες πλευρές του μετασχηματιστή. [7]

Τέλος, είναι ζωτικής σημασίας για τη μεταφορά και τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς επιτρέπει την αύξηση ή μείωση της τάσης και του ρεύματος στον αγωγό, ανάλογα με τις ανάγκες του συστήματος. Επιπλέον, οι μετασχηματιστές χρησιμοποιούνται ευρέως σε ηλεκτρονικές συσκευές, κατασκευές μεταφοράς ενέργειας, μετρητές και πολλές άλλες εφαρμογές.

Μετασχηματιστές

Οι μετασχηματιστές είναι ηλεκτρομαγνητικές συσκευές που χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή της τάσης και του ρεύματος ανάμεσα σε δύο ηλεκτρικά κυκλώματα με χρήση αυτοεπαγωγής. Οι κύριες εφαρμογές της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής στους μετασχηματιστές περιλαμβάνουν:

Μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας: Οι μετασχηματιστές χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικά δίκτυα για τη μεταφορά και τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας. Μέσω της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, οι μετασχηματιστές μετατρέπουν την τάση και το ρεύμα από ένα επίπεδο σε ένα άλλο επίπεδο, επιτρέποντας την αποτελεσματική μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.

Μετασχηματιστές ισχύος: Οι μετασχηματιστές ισχύος χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικές εφαρμογές και σε μεγάλες εγκαταστάσεις για τη μετατροπή, την αύξηση ή τη μείωση της ισχύος που παράγεται

από γεννήτριες ή πηγές ενέργειας. Αυτό επιτρέπει την ασφαλή μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής ισχύος σε βιομηχανικές διεργασίες και καταναλωτές.

Μετασχηματιστές τάσης: Οι μετασχηματιστές τάσης χρησιμοποιούνται για την προστασία ηλεκτρονικών συσκευών από υπερτάσεις. Μετατρέπουν υψηλές τάσεις σε χαμηλότερες τάσεις που είναι ασφαλέστερες για τις συσκευές.

Μετασχηματιστές μέτρησης: Οι μετασχηματιστές μέτρησης χρησιμοποιούνται σε μετρητές για την ακριβή μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτοί οι μετασχηματιστές μετατρέπουν το ρεύμα και την τάση σε επίπεδα που είναι κατάλληλα για την μέτρηση και την εμφάνιση της κατανάλωσης ενέργειας.

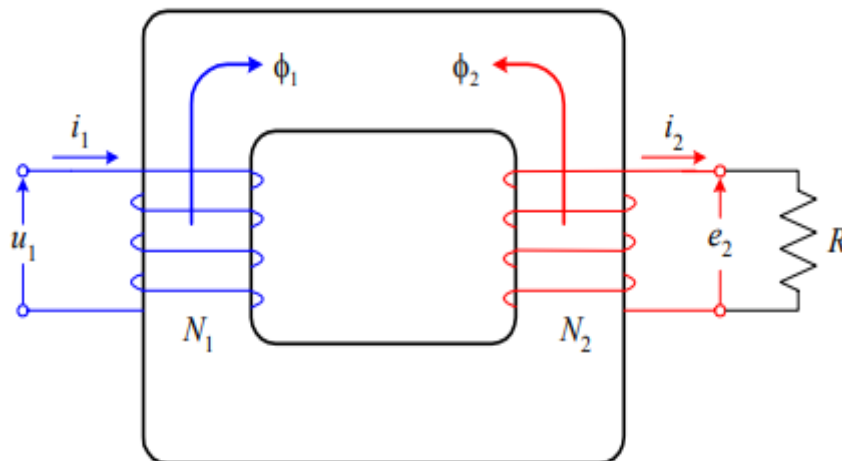
Οι μετασχηματιστές είναι κρίσιμο στοιχείο σε ηλεκτρικά δίκτυα, βιομηχανίες και οικιακές εφαρμογές. Χρησιμοποιούν την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή για να επιτύχουν αποδοτική μεταφορά και μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας, καθιστώντας δυνατή την προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας σε χρήστες και εφαρμογές σε όλο τον κόσμο.

Λόγος μετασχηματισμού

Ο λόγος μετασχηματισμού (k) ορίζεται ως η αναλογία της εξερχόμενης τάσης (V_2) προς την εισερχόμενη τάση (V_1) και μπορεί να εκφραστεί μαθηματικά ως:

$$k = \frac{V_2}{V_1} \quad (4.12)$$

Ο λόγος μετασχηματισμού μπορεί να είναι μεγαλύτερος από τη μονάδα ($k > 1$), μικρότερος από τη μονάδα ($k < 1$) ή ίσος με τη μονάδα ($k = 1$). Ο λόγος μετασχηματισμού εξαρτάται από την αναλογία των στροφών των πηνίων στον μετασχηματιστή. Αν ο αριθμός των στροφών στον δευτερεύοντα πηνίο είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των στροφών στον πρωτεύοντα πηνίο, τότε ο λόγος μετασχηματισμού είναι μεγαλύτερος από τη μονάδα ($k > 1$) και αντίστροφα. Επηρεάζει την απόδοση και τα χαρακτηριστικά του μετασχηματιστή, όπως η απώλεια ισχύος, η απόδοση μεταφοράς ενέργειας και η μόνωση μεταξύ των κυκλωμάτων. [13] Συμπερασματικά, ο λόγος μετασχηματισμού είναι η αναλογία της εξερχόμενης τάσης προς την εισερχόμενη τάση σε έναν μετασχηματιστή. Ο λόγος μετασχηματισμού επηρεάζει τη λειτουργία και τα χαρακτηριστικά του μετασχηματιστή και μπορεί να προσαρμοστεί με την αναλογία των στροφών των πηνίων.



Εικόνα 4.12: Αρχή λειτουργίας του μετασχηματιστή, σύμφωνα με τους νόμους του Faraday και του Lenz.

4.5.3 Ενέργεια στους μετασχηματιστές

Οι μετασχηματιστές χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή της τάσης και του ρεύματος ανάμεσα σε δύο κύκλωμα. Κατά τη λειτουργία τους, η ενέργεια μεταφέρεται από ένα κύκλωμα (πρωτεύον πηνίο) σε ένα άλλο κύκλωμα (δευτερεύον πηνίο) μέσω του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται με τη βοήθεια της αυτοεπαγωγής. Η ενέργεια που μεταφέρεται στους μετασχηματιστές δεν δημιουργείται ούτε καταστρέφεται. Αντίθετα, η ενέργεια αυτή μεταφέρεται από το πρωτεύοντα πηνίο στο δευτερεύοντα πηνίο χωρίς απώλειες, εκτός από μικρές απώλειες ισχύος λόγω αντιστάσεων και μαγνητικών απωλειών. Μεταφέρεται με τη βοήθεια του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται λόγω του ρεύματος που διέρχεται από τα πηνία. Όταν η τάση αλλάζει στο πρωτεύοντα πηνίο, αλλάζει και το μαγνητικό πεδίο, προκαλώντας την εμφάνιση επαγωγικής έντασης στο δευτερεύοντα πηνίο. Αυτή η επαγωγική ένταση προκαλεί μεταφορά ενέργειας από το πρωτεύοντα στο δευτερεύοντα πηνίο.

Οι μετασχηματιστές σχεδιάζονται έτσι ώστε η μεταφερόμενη ενέργεια να είναι στο μέγιστο δυνατό επίπεδο, με ελάχιστες απώλειες. Οι απώλειες ενέργειας συνήθως οφείλονται στις αντιστάσεις των πηνίων και στις απώλειες μαγνητικού υλικού. Οι κατασκευαστικοί υλικοί και ο σχεδιασμός του μετασχηματιστή επηρεάζουν την απόδοση και την απώλεια ενέργειας. Επίσης, σημειώνεται ότι ο μετασχηματισμός της ενέργειας στον μετασχηματιστή βασίζεται στο νόμο του Faraday και στην αρχή της διατήρησης της ενέργειας. Κατά τη διάρκεια του μετασχηματισμού, η ενέργεια μεταφέρεται από το πρωτεύοντα πηνίο στο δευτερεύοντα πηνίο, διατηρώντας την ενέργεια του συστήματος. Με λίγα λόγια, οι μετασχηματιστές μεταφέρουν ενέργεια από ένα κύκλωμα σε ένα άλλο με τη χρήση της αυτοεπαγωγής και του μαγνητικού πεδίου. Ο σχεδιασμός του μετασχηματιστή επηρεάζει την απόδοση και τις απώλειες ενέργειας. Κατά τη διάρκεια του μετασχηματισμού, η ενέργεια διατηρείται και μεταφέρεται από το πρωτεύοντα στο δευτερεύοντα πηνίο, εξασφαλίζοντας τη μετατροπή της τάσης και του ρεύματος στον μετασχηματιστή.

Κεφάλαιο 5ο: Εφαρμογές μαγνητισμού και ηλεκτρομαγνητισμού

5.1 Κινητήρες και γεννήτριες

Κινητήρες:

Οι κινητήρες (ή μοτέρ) είναι συσκευές οι οποίες δέχονται ενέργεια μέσω ηλεκτρισμού και αποδίδουν ενέργεια με την παραγωγή έργου (μηχανικού). Στην ουσία, ο κινητήρας είναι μια γεννήτρια που λειτουργεί αντίστροφα. Το πηνίο τροφοδοτείται με ρεύμα από μια μπαταρία, οπότε η ροπή που αναπτύσσεται στο ρευματοφόρο πηνίο προκαλεί την περιστροφή του. Με την προσάρτηση του περιστρεφόμενου πηνίου σε κάποια εξωτερική συσκευή, μπορούμε να παραγάγουμε ωφέλιμο μηχανικό έργο. Όμως, εφόσον το πηνίο περιστρέφεται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο, επάγεται ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) στο πηνίο. Αυτή η επαγόμενη ΗΕΔ πάντα τείνει να ελαττώσει το ρεύμα που διαρρέει το πηνίο. Καθώς αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής του πηνίου, αυξάνεται και η τιμή της αντιηλεκτρεγερτικής δύναμης (αντι-ΗΕΔ). Το ρεύμα στο περιστρεφόμενο πηνίο περιορίζεται από την αντι-ΗΕΔ. Χρησιμοποιούμε τον όρο αντι-ΗΕΔ για να δείξουμε ότι πρόκειται για επαγόμενη ΗΕΔ που τείνει να μειώσει το ρεύμα τροφοδοσίας. Αυτή η επαγόμενη ΗΕΔ είναι η αιτία για την οποία οι απαιτήσεις ισχύος για την εκκίνηση και τη λειτουργία ενός κινητήρα είναι μεγαλύτερες όταν το μηχανικό φορτίο του κινητήρα είναι μεγάλο απ' ό,τι όταν είναι μικρό. [13]

Κινητήρες Συνεχούς Ρεύματος: Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος χρησιμοποιούν μαγνητισμό για να προκαλέσουν την περιστροφική κίνηση τους. Ο μαγνητισμός δημιουργείται από τους μόνιμους μαγνήτες ή τους ηλεκτρομαγνήτες που τοποθετούνται στους κινητήρες και δημιουργούν ένα μαγνητικό πεδίο. Όταν ρέει ρεύμα μέσω των αγωγών στους κινητήρες, δημιουργείται δύναμη αλληλεπίδρασης μεταξύ του μαγνητικού πεδίου και του ρεύματος, προκαλώντας την περιστροφική κίνηση του κινητήρα.

Ο κινητήρας DC αποτελείται από δύο κύρια μέρη: τον στάτη (stator) και τον δρομέα (rotor). Ο στάτης είναι το μη κινούμενο μέρος του κινητήρα και περιέχει τους στατικούς μαγνήτες, ενώ ο ρότορας είναι το κινούμενο μέρος που περιέχει τους μαγνήτες που είναι συνδεδεμένοι με άξονα. Οι μαγνήτες του στάτη και του δρομέα δημιουργούν μαγνητικό πεδίο. Όταν δίνεται ηλεκτρική ενέργεια στον κινητήρα DC, το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται αναδρομικά προκαλεί την περιστροφή του δρομέα. Η κίνηση περνά από τον άξονα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κινήσει μηχανικά συστήματα.

Οι κινητήρες DC χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές, όπως σε ελεγχόμενες κινήσεις ρομποτικών βραχιόνων, συστήματα αυτοκινήτων, μηχανήματα εργοστασίων και άλλες βιομηχανικές και εμπορικές εφαρμογές. Είναι αξιόπιστοι, εύκολοι στον έλεγχο και μπορούν να λειτουργήσουν σε μεγάλη ποικιλία ταχυτήτων και φορτίων.

Κινητήρες Εναλλασσόμενου Ρεύματος: Οι κινητήρες με εναλλασσόμενο ρεύμα χρησιμοποιούν τον ηλεκτρομαγνητισμό για να λειτουργήσουν. Αυτοί οι κινητήρες περιλαμβάνουν τους συγχρονισμένους και τους ασύγχρονους κινητήρες. Ο ηλεκτρομαγνητισμός προκαλείται από τις αγωγούς των κινητήρων, που δημιουργούν ένα μαγνητικό πεδίο. Οι μεταβαλλόμενες τάσεις και οι αλλαγές της κατεύθυνσης του ρεύματος στους αγωγούς προκαλούν αλληλεπίδραση με το μαγνητικό πεδίο, προκαλώντας την κίνηση του κινητήρα. Αυτοί οι κινητήρες είναι πολύ διαδεδομένοι και χρησιμοποιούνται σε ποικίλες εφαρμογές.

Παράδειγμα

- Κινητήρας Εσωτερικής Καύσης (Internal Combustion Engine, ICE). Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή χημικής ενέργειας που παράγεται από την καύση καυσίμων σε κινητική ενέργεια.

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι κινητήρων εσωτερικής καύσης: οι κινητήρες βενζίνης (Petrol Engines) και οι κινητήρες πετρελαίου (Diesel Engines).

Οι κινητήρες βενζίνης χρησιμοποιούνται συνήθως σε επιβατικά αυτοκίνητα και άλλα οχήματα, καθώς προσφέρουν καλή απόδοση σε υψηλές ταχύτητες και είναι σχετικά πιο αθόρυβοι. Λειτουργούν με μίγμα αέρα και βενζίνης που καίγεται σε μια καμπίνα καύσης με τη βοήθεια σπινθήρα, παράγοντας κίνηση του κινητήρα.

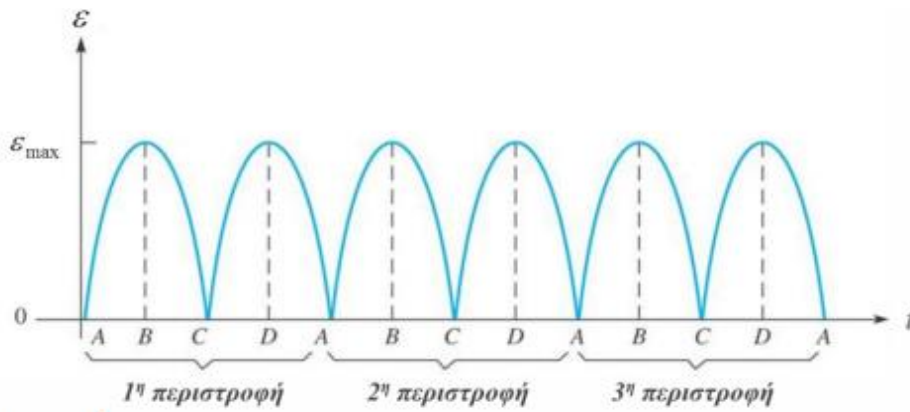
Οι κινητήρες πετρελαίου χρησιμοποιούνται συνήθως σε φορτηγά, λεωφορεία και μεγάλα οχήματα, καθώς παρέχουν υψηλότερη απόδοση ως προς την οικονομία καυσίμων και την ώθηση σε χαμηλές ταχύτητες. Λειτουργούν με την καύση πετρελαίου που εισέρχεται στον κινητήρα και ανάφλεξη λόγω της υψηλής πίεσης στην καμπίνα καύσης.

Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης αποτελούν μία από τις πιο κοινές μορφές κινητήρων που χρησιμοποιούνται στη μεταφορά, στην ενέργεια και σε πολλούς άλλους τομείς.

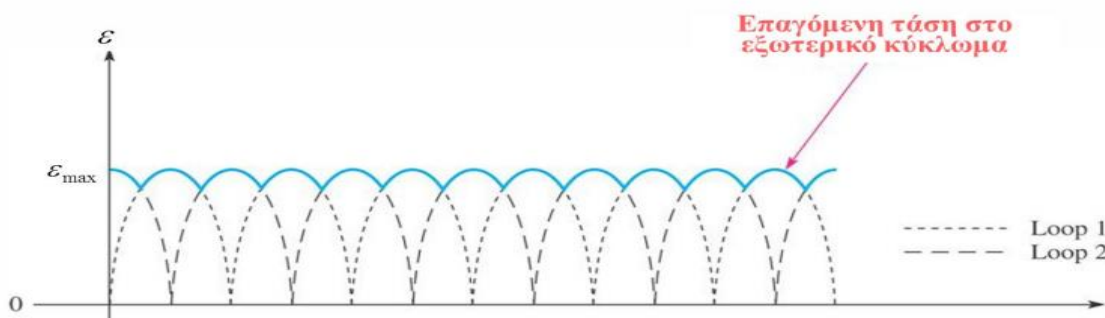
- Υβριδικά συστήματα κίνησης: Στα αυτοκίνητα με υβριδικά συστήματα κίνησης, για τη βελτίωση της εξοικονόμησης καυσίμου και τη μείωση των ρύπων, συνδυάζονται ένας βενζινοκινητήρας και ένας ηλεκτροκινητήρας. Σε αυτά, η ισχύς παρέχεται στους τροχούς είτε από τον βενζινοκινητήρα είτε από τον ηλεκτροκινητήρα. Σε κανονικές συνθήκες οδήγησης, ο ηλεκτροκινητήρας επιταχύνει το αυτοκίνητο από την ακινησία μέχρι να φτάσει περίπου τα 24 km/h. Στον χρόνο που απαιτείται γι' αυτή την επιτάχυνση, ο βενζινοκινητήρας παραμένει εκτός λειτουργίας, οπότε δεν καταναλώνεται καύσιμο και δεν εκπέμπονται ρύποι. Σε υψηλότερες ταχύτητες, ο βενζινοκινητήρας και ο ηλεκτροκινητήρας συνεργάζονται έτσι ώστε ο βενζινοκινητήρας να λειτουργεί στην πιο αποδοτική ταχύτητά του ή πολύ κοντά σε αυτήν. Ως αποτέλεσμα, με την ίδια ποσότητα βενζίνης, το υβριδικό αυτοκίνητο διανύει σημαντικά μεγαλύτερη απόσταση σε σχέση με ένα κλασικό βενζινοκίνητο αυτοκίνητο.

Γεννήτριες:

Γεννήτριες Συνεχούς Ρεύματος: Οι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος λειτουργούν με τη χρήση του ηλεκτρομαγνητισμού. Ένας μαγνήτης παράγει ένα μόνιμο μαγνητικό πεδίο, ενώ ένας συλλέκτης και οι ψήκτρες άγουν το ρεύμα που χρειάζεται για να λειτουργήσει η γεννήτρια. Σ' αυτήν τη διάταξη, η παραγόμενη τάση έχει πάντα την ίδια πολικότητα. Επιπλέον, η παραγόμενη τάση παρουσιάζει χρονική διακύμανση. Για την παραγωγή σταθερού ρεύματος, στις γεννήτριες ΣΡ του εμπορίου χρησιμοποιούνται πολλά πηνία και συλλέκτες, κατανομημένα με τέτοιον τρόπο ώστε οι ημιτονοειδείς παλμοί ρεύματος από τα πηνία να παρουσιάζουν διαφορά φάσης. Στην εικόνα 5.1 φαίνεται η επαγόμενη τάση για μια γεννήτρια με δύο πλαίσια (Loop 1 και 2) κάθετα μεταξύ τους (διαφορά φάσης 90°).

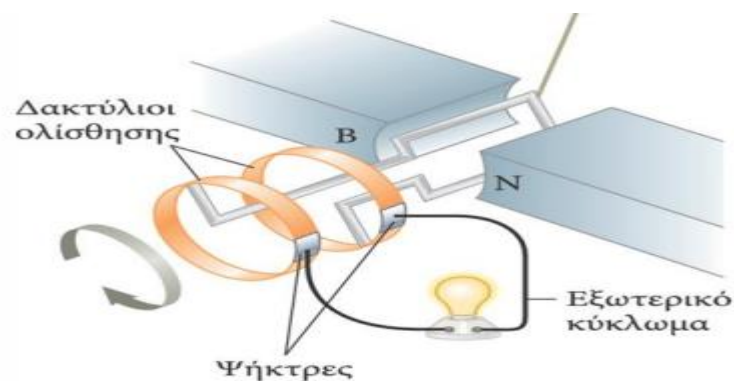


Εικόνα 5.1: Περιστροφική κίνηση γεννήτριας συνεχούς ρεύματος.



Εικόνα 5.2: Επαγόμενη τάση στο κύκλωμα.

Γεννήτριες Εναλλασσόμενου Ρεύματος: Οι γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος λειτουργούν με τη χρήση του ηλεκτρομαγνητισμού. Οι γεννήτριες μετατρέπουν μηχανική κίνηση σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι ηλεκτρικές γεννήτριες προσλαμβάνουν ενέργεια μέσω έργου και την αποδίδουν μέσω ηλεκτρικής μετάδοσης (δηλαδή μέσω ηλεκτρισμού). Μια γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος (ΕΡ) αποτελείται από έναν συρμάτινο βρόχο, ο οποίος περιστρέφεται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο από κάποιο εξωτερικό μέσο.



Εικόνα 5.3: Μια γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος (ΕΡ) αποτελείται από έναν συρμάτινο βρόχο, ο οποίος περιστρέφεται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο από κάποιο εξωτερικό μέσο.

Παράδειγματα

Οι γεννήτριες χρησιμοποιούνται ευρέως σε πολλές εφαρμογές, όπως σε παραγωγή ηλεκτρισμού από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (όπως αιολικά και ηλιακά πάρκα), σε δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας για

την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στα σπίτια και τις επιχειρήσεις, και σε οχήματα όπως αυτοκίνητα υβριδικά ή ηλεκτρικά όπου οι γεννήτριες παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια που φορτίζει τις μπαταρίες.

- Ηλεκτρικές γεννήτριες: Οι ηλεκτρικές γεννήτριες είναι γεννήτριες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε πολλές εφαρμογές. Αυτές οι γεννήτριες βασίζονται στην αρχή της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, όπου η μεταβλητή μαγνητική πηγή προκαλεί την εμφάνιση ηλεκτρικού ρεύματος μέσω της επαγωγής.
- Ανεμογεννήτριες: Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούν την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή για να μετατρέψουν την κινητική ενέργεια του αέρα σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι περισσότερες ανεμογεννήτριες βασίζονται στη λειτουργία της αλλαγής μαγνητικού πεδίου που προκαλείται από την περιστροφή των λεπίδων μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο. Αυτή η αλλαγή μαγνητικού πεδίου επαγγέλεται την εμφάνιση ηλεκτρικού ρεύματος μέσω της επαγωγής.

Οι γεννήτριες μετατρέπουν μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Αυτό γίνεται με την περιστροφή ενός μαγνήτη γύρω από έναν αγωγό, προκαλώντας τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος.

Μια απλή γεννήτρια αποτελείται από έναν σταθερό στατόρα και έναν περιστρεφόμενο ρότορα. Στον στάτορα της γεννήτριας υπάρχουν συνήθως κυλινδρικοί μαγνήτες ή ηλεκτρομαγνήτες. Όταν ο ρότορας περιστρέφεται, το μαγνητικό πεδίο των μαγνητών του στατόρα επηρεάζει την κίνηση των ηλεκτρονίων στον ρότορα. Η κίνηση των ηλεκτρονίων δημιουργεί μια μεταβαλλόμενη ηλεκτρική τάση στον ρότορα, η οποία μεταφέρεται μέσω των συνδέσεών του στον εξωτερικό κύκλωμα. Με αυτόν τον τρόπο, η γεννήτρια παράγει ηλεκτρικό ρεύμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία ηλεκτρικών φορτίων. Όσο πιο γρήγορα περιστρέφεται ο ρότορας, τόσο μεγαλύτερη είναι η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς. [14]

Συμπερασματικά, στους κινητήρες, το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται από τους μαγνήτες ή τους ηλεκτρομαγνήτες αλληλεπιδρά με το ρεύμα που διέρχεται μέσω των αγωγών, δημιουργώντας μια δύναμη που προκαλεί την περιστροφική κίνηση του κινητήρα. Ο μαγνητισμός και ο ηλεκτρομαγνητισμός εξασφαλίζουν την απαραίτητη δύναμη για να ξεκινήσει, να λειτουργήσει και να ελέγξει την ταχύτητα και την κατεύθυνση του κινητήρα. Από την άλλη πλευρά, οι γεννήτριες χρησιμοποιούν τον ηλεκτρομαγνητισμό για τη μετατροπή της μηχανικής κίνησης σε ηλεκτρική ενέργεια. Με την κίνηση του σταθερού μαγνητικού πεδίου σε σχέση με τους αγωγούς, δημιουργείται μια μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή, που προκαλεί την εμφάνιση επαγωγικής έντασης στους αγωγούς. Αυτή η επαγωγική ένταση μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορες εφαρμογές. Συνολικά, ο μαγνητισμός και ο ηλεκτρομαγνητισμός είναι κρίσιμοι για τη λειτουργία και την απόδοση των κινητήρων και των γεννητριών. Αυτές οι εφαρμογές επιτρέπουν τη μετατροπή ενέργειας από μία μορφή σε άλλη, επιτρέποντας μας να αξιοποιούμε την ηλεκτρική ενέργεια για πολλαπλούς σκοπούς στην καθημερινή ζωή μας.

5.2 Απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (MRI)

Η απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (MRI - Magnetic Resonance Imaging) είναι μια αναπτυσσόμενη τεχνική απεικόνισης που χρησιμοποιεί τον μαγνητικό και ηλεκτρομαγνητικό μαγνητισμό για την παραγωγή λεπτομερών εικόνων του εσωτερικού του ανθρώπινου σώματος. Αυτή η τεχνολογία έχει ευρεία εφαρμογή στην ιατρική για τη διάγνωση και την παρακολούθηση ασθενειών.

Το MRI λειτουργεί με βάση τον μαγνητικό χαρακτήρα των πυρήνων υδρογόνου που υπάρχουν στο ανθρώπινο σώμα, κυρίως στο νερό και τα λίπη. Ο μαγνητικός και ηλεκτρομαγνητικός μαγνητισμός είναι κρίσιμοι για την επίτευξη απεικόνισης MRI. Ο ισχυρός στατικός μαγνητικός μαγνητισμός δημιουργείται από τον ηλεκτρομαγνήτη, ενώ οι ραδιοσυχνοτικοί παλμοί και οι ραδιοσυχνότητες αλληλεπιδρούν με τα μαγνητικά πεδία των πυρήνων υδρογόνου, προκαλώντας την εκπομπή σημάτων που απαθανατίζονται για τη δημιουργία της εικόνας.

Η τεχνολογία απεικόνισης έχει ευρεία εφαρμογή στην ιατρική για την ανίχνευση, τη διάγνωση και την παρακολούθηση ασθενειών, καθώς και για τη μελέτη της λειτουργίας του εγκεφάλου και άλλων οργάνων. Η εικόνα που παράγεται από το MRI παρουσιάζει μεγάλη ανάλυση και λεπτομέρεια επιτρέποντας την ανίχνευση και την απεικόνιση παθήσεων όπως όγκοι, καρδιαγγειακά νοσήματα και πολλές άλλες παθήσεις. Επιπλέον, η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται επίσης σε άλλους τομείς, όπως η έρευνα, η βιοϊατρική, η ανάπτυξη φαρμάκων και η μελέτη των ιδιοτήτων των υλικών. Η απεικόνιση MRI έχει αποτελέσει μια σημαντική επιστημονική και ιατρική πρόοδο, παρέχοντας μια μη επεμβατική, ανώδυνη και μη ακτινοβόλο μέθοδο για την αξιολόγηση του εσωτερικού του σώματος.

Παράδειγμα

Ένα κλασικό παράδειγμα μαγνητικού συντονισμού είναι η απεικόνιση του εγκεφάλου με τη χρήση MRI. Η απεικόνιση MRI του εγκεφάλου παρέχει λεπτομερείς εικόνες των διαφόρων δομών του εγκεφάλου και είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τη διάγνωση και παρακολούθηση νευρολογικών παθήσεων. Κατά την διαδικασία της απεικόνισης του εγκεφάλου, ο ασθενής τοποθετείται μέσα στο μαγνητικό πεδίο του MRI. Οι ατομικοί πυρήνες υδρογόνου στα νευρικά κύτταρα του εγκεφάλου, καθώς και στο νερό που περιέχεται στα ιστολόγια, ευθυγραμμίζονται παράλληλα με το μαγνητικό πεδίο.

Στη συνέχεια, εφαρμόζεται μια ραδιοσυχνότητα (RF pulse) που "ανατρέπει" την ευθυγράμμιση αυτών των πυρήνων υδρογόνου. Όταν οι πυρήνες επιστρέφουν στην αρχική τους κατεύθυνση, εκπέμπουν ραδιοσήμανση (RF signal) που καταγράφεται από το σύστημα της MRI.

Με την επεξεργασία των δεδομένων από τη ραδιοσήμανση, μπορούν να δημιουργηθούν λεπτομερείς εικόνες του εγκεφάλου, που παρουσιάζουν τις διάφορες δομές του, όπως τον εγκεφαλικό φλοιό, τα θαλάμους, τα μυελινισμένα νευρικά νήματα και τους εγκεφαλικούς πυρήνες. Αυτές οι εικόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση διάφορων εγκεφαλικών παθήσεων, όπως όγκοι, κυκλοφορικά προβλήματα και νευρολογικές διαταραχές, καθώς και για την παρακολούθηση της ανταπόκρισης στη θεραπεία.

Η απεικόνιση MRI του εγκεφάλου αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα και πολύτιμα εργαλεία στη νευρολογία και έχει βοηθήσει σημαντικά στην κατανόηση της λειτουργίας και της δομής του ανθρώπινου εγκεφάλου.

5.3 Ηχεία και ακουστικά

Ο μαγνητισμός και ο ηλεκτρομαγνητισμός έχουν σημαντικές εφαρμογές στη λειτουργία των ηχείων και των ακουστικών. Αυτές οι συσκευές χρησιμοποιούν την ηλεκτρική ενέργεια και τα μαγνητικά πεδία για τη μετατροπή του ηλεκτρικού σήματος σε ήχο που μπορεί να ακουστεί από τον ακροατή.

Στα ηχεία, ο μαγνητισμός χρησιμοποιείται για την κίνηση του διαγράμματος ήχου, γνωστού ως διάφραγμα. Ένα μαγνητικό πεδίο δημιουργείται από έναν μαγνήτη που τοποθετείται στο ηχείο. Όταν το ηλεκτρικό σήμα περνά από το ηχείο, δημιουργείται μια ηλεκτρική επαγωγή στην αγωγιμότητα που

βρίσκεται στο διάφραγμα. Αυτή η επαγωγή προκαλεί μια δύναμη που κινεί το διάφραγμα, δημιουργώντας ήχο. Στα ακουστικά, ο μαγνητισμός και ο ηλεκτρομαγνητισμός χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή του ηλεκτρικού σήματος σε ήχο που ακούγεται από τον χρήστη. Τα ακουστικά περιλαμβάνουν μια μικροηχεία, το οποίο περιέχει έναν μαγνήτη και ένα διάφραγμα. Όταν το ηλεκτρικό σήμα περνά από τα ακουστικά, δημιουργείται μια ηλεκτρική επαγωγή στο μαγνήτη, προκαλώντας τον μαγνήτη να κινηθεί. Η κίνηση αυτή μεταφέρεται στο διάφραγμα, το οποίο παράγει ήχο.

Ο μαγνητισμός και ο ηλεκτρομαγνητισμός σε ηχεία και ακουστικά είναι κρίσιμοι για την παραγωγή καθαρού και ακριβούς ήχου. Η ισχύς του μαγνητικού πεδίου και η σωστή σχεδίαση των διαφραγμάτων και των μαγνητών είναι σημαντικές για την απόδοση της ποιότητας του ήχου. Επιπλέον, οι τεχνολογικές προόδους στον τομέα των μαγνητικών υλικών και των ηλεκτρομαγνητικών κυκλωμάτων έχουν οδηγήσει στη βελτίωση της απόδοσης των ηχείων και των ακουστικών, επιτρέποντας μας να απολαμβάνουμε υψηλής ποιότητας ήχο και ακουστική εμπειρία.

5.4 Μαγνητικές κλειδαριές και συστήματα ασφαλείας

Ο μαγνητισμός και ο ηλεκτρομαγνητισμός έχουν ευρεία εφαρμογή στις μαγνητικές κλειδαριές και συστήματα ασφαλείας. Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιεί τα μαγνητικά πεδία και την ηλεκτρική ενέργεια για τον έλεγχο και τον περιορισμό της πρόσβασης σε χώρους ή αντικείμενα, καθιστώντας τα ασφαλή και προστατευμένα.

Οι μαγνητικές κλειδαριές χρησιμοποιούν μαγνητικά πεδία για την κλείδωση και το ξεκλείδωμα πόρτας ή άλλων μηχανισμών. Οι κλειδαριές αυτές λειτουργούν με τη χρήση μαγνητικών κυλίνδρων ή ηλεκτρομαγνητών μεταλλικών πινάκων. Με την εφαρμογή ενός μαγνητικού πεδίου ή τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος, η κλειδαριά απελευθερώνεται ή κλειδώνει ανάλογα με την επιθυμητή λειτουργία.

Παραδείγματα

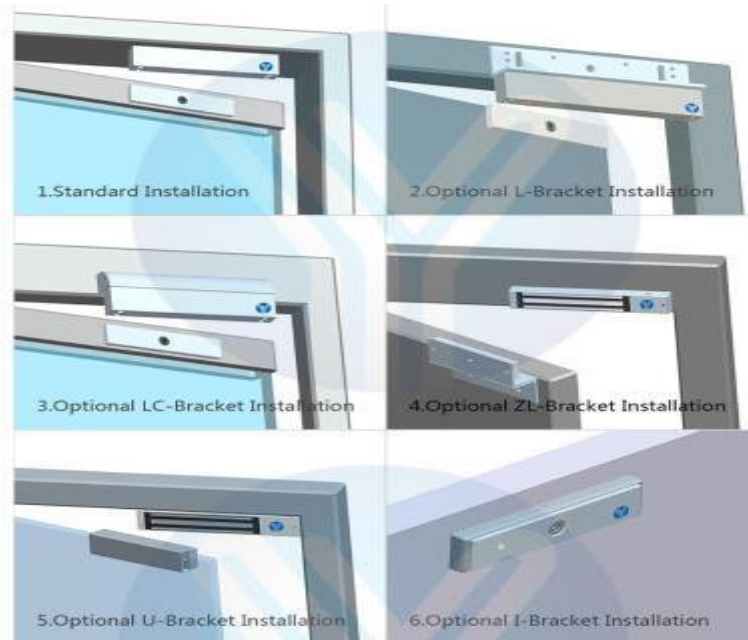
Ένα απλό παράδειγμα μπορεί να είναι η χρήση μαγνητικών καρτών ή μπρελόκ για να έχετε πρόσβαση σε έναν κτιριακό χώρο. Σε αυτήν την περίπτωση, η μαγνητική κάρτα ή το μπρελόκ περιέχει μια μικρή μαγνητική πλάκα ή λωρίδα, η οποία μπορεί να ενεργοποιήσει ή να απενεργοποιήσει το κλείδωμα της πόρτας όταν τοποθετείται κοντά στον ανιχνευτή της πόρτας. Αν η κάρτα ή το μπρελόκ ανιχνεύσουν το σωστό μαγνητικό πεδίο, η πόρτα θα ξεκλειδώσει και ο χρήστης θα έχει πρόσβαση.

Οι μαγνητικές κλειδαριές και κάρτες χρησιμοποιούνται σε πολλούς χώρους, όπως γραφεία, νοσοκομεία, εταιρείες, διαμερίσματα, σχολεία κ.λπ. Αυτό το σύστημα ασφαλείας προσφέρει πλεονεκτήματα όπως:

-Ευκολία και ταχύτητα πρόσβασης: Οι χρήστες μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση με μια απλή κίνηση προσέγγισης του μαγνητικού κλειδιού ή της κάρτας στον ανιχνευτή.

-Υψηλό επίπεδο ασφαλείας: Επειδή το σύστημα ανταποκρίνεται σε μαγνητικά πεδία, οι κλειδαριές δεν μπορούν να εξαπατηθούν με τροποποιήσεις στα κλασικά κλειδιά.

- Ιστορικό πρόσβασης: Το σύστημα μπορεί να καταγράψει ποιοι χρήστες απέκτησαν πρόσβαση και πότε, προσφέροντας ένα ιστορικό πρόσβασης για ασφάλεια και παρακολούθηση.



Εικόνα 5.4: Μαγνητική κλειδαριά.

Ένα άλλο παράδειγμα είναι οι μαγνητικές κλειδαριές που χρησιμοποιούνται σε αυτοκίνητα. Στην περίπτωση αυτή, η μαγνητική κλειδαριά λειτουργεί με τη χρήση ενός ηλεκτρομαγνήτη. Ο χρήστης μπορεί να ξεκλειδώσει ή να κλειδώσει το αυτοκίνητο πατώντας ένα κουμπί στο κλειδί του, και η μαγνητική κλειδαριά θα ανταποκριθεί αντίστοιχα.

Επιπλέον, οι μαγνητικές κλειδαριές μπορούν να συνδυαστούν με άλλα συστήματα ασφαλείας, όπως κάρτες πρόσβασης ή δακτυλικά αποτυπώματα, για να ενισχύσουν το επίπεδο ασφαλείας. Τα συστήματα ασφαλείας όπως οι κάμερες και ο συναγερμός μπορούν να ενοποιηθούν με τις μαγνητικές κλειδαριές και να δημιουργήσουν ένα ολοκληρωμένο ασφαλές σύστημα.

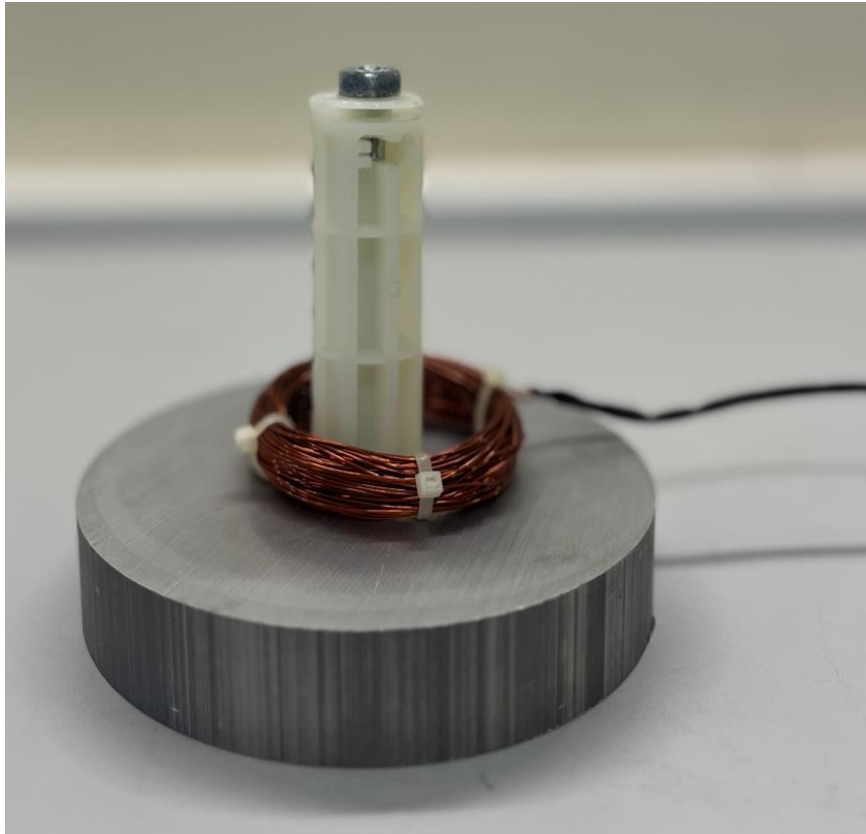


Εικόνα 5.5: Σύστημα ασφαλείας.

Κεφάλαιο 6ο: Πειραματικές Διατάξεις

6.1 Συμπεριφορά ενός μαγνητικού κυκλώματος - δινορεύματα

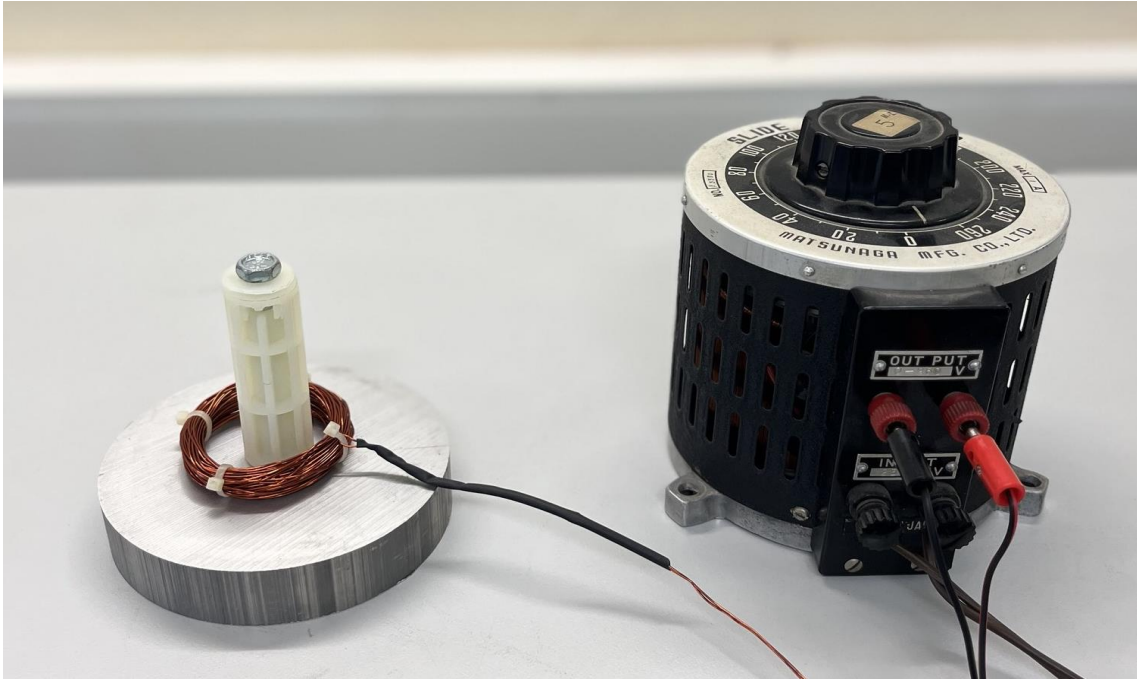
Στο παρακάτω παράδειγμα αναλύεται η συμπεριφορά ενός μαγνητικού κυκλώματος, το οποίο αποτελείται από ένα πηνίο που διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα και βρίσκεται πάνω σε ένα τεμάχιο αλουμινίου.



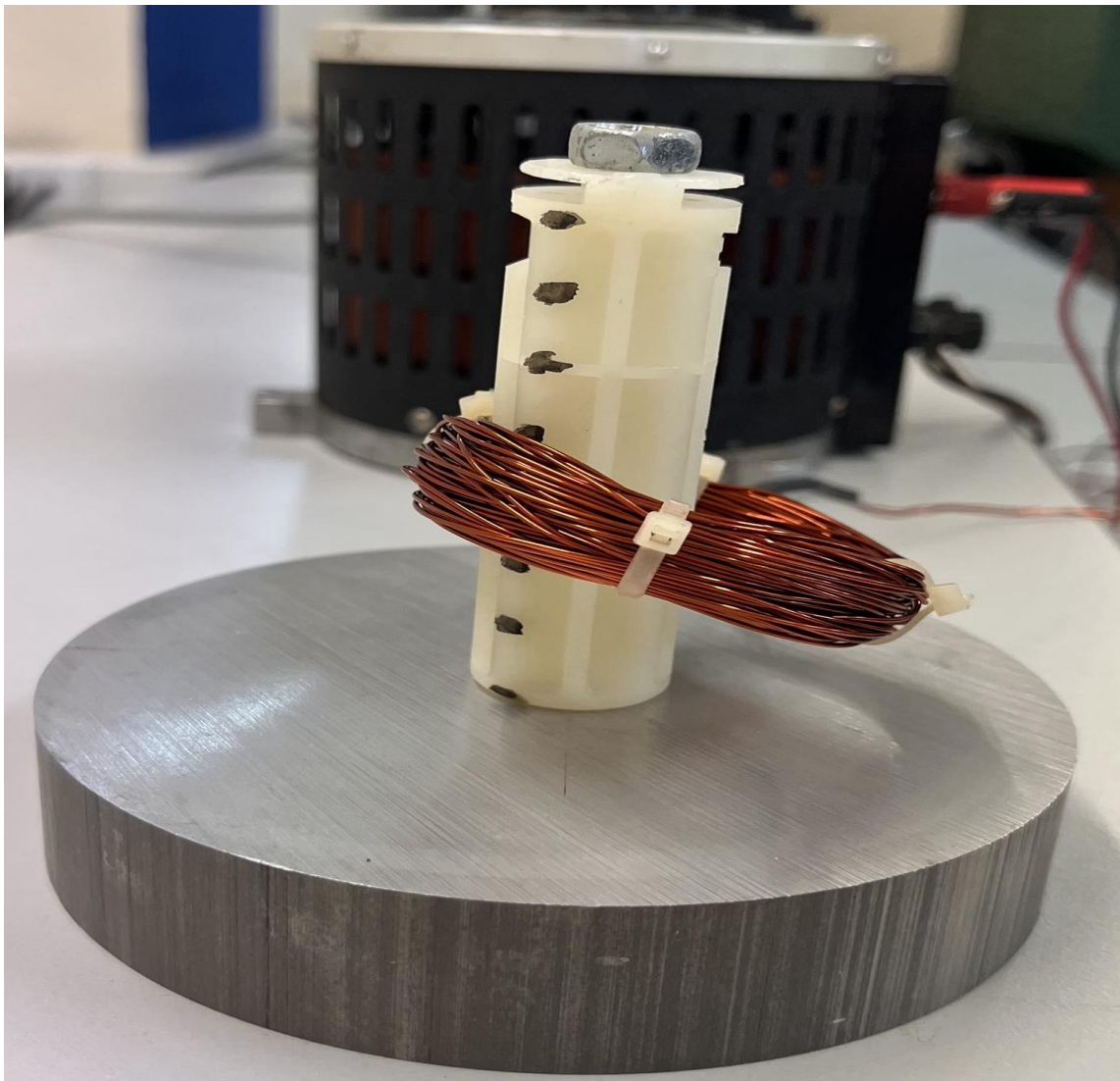
Εικόνα 6.1 : Μαγνητική διάταξη, η οποία αποτελείται από ένα πηνίο, πάνω σε ένα τεμάχιο αλουμινίου.

Το πηνίο παράγει το μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο B , το οποίο επάγει στο τεμάχιο αλουμινίου τα δινορεύματα I_e . Τα δινορεύματα αναπτύσσουν το μαγνητικό πεδίο B_e , με αντίθετη διεύθυνση, από το πεδίο B που τα προκάλεσε. Ως συνέπεια ασκείται μία αποθητική δύναμη στο πηνίο, η οποία εφόσον είναι αρκετά ισχυρή, προκαλεί την αιώρηση του πηνίου.

Το πηνίο αποτελείται από 100 σπείρες, χάλκινο αγωγού με διάμετρο 0,7mm. Η ωμική αντίσταση του πηνίου είναι 1Ω. Η αυτεπαγωγή του πηνίου μεταβάλλεται στην περιοχή από 525μH έως 620μH ανάλογα με την απόσταση του από τα τεμάχια αλουμινίου. Το τεμάχιο αλουμινίου είναι κυκλικό με διάμετρο 120mm και πάχος 25mm. Το πηνίο τροφοδοτείται μέσω variac από την εναλλασσόμενη τάση του δικτύου 230V/50Hz. Όταν στο πηνίο εφαρμόζονται τα ασημί ενεργά τιμή 17V διαρρέεται από ρεύμα 12A και αιωρείται σε ύψος περίπου 25mm, πάνω από το τεμάχιο αλουμινίου. Το υψηλό ρεύμα προκαλεί την ταχεία αύξηση της θερμοκρασίας στο πηνίο.[16]



Εικόνα 6.2: Τροφοδοσία του πηνίου μέσω variac από εναλλασσόμενη τάση.



Εικόνα 6.3: Η αντίστοιχη πειραματική διάταξη αιώρησης του πηνίου.

6.2 Πείραμα της Ηλεκτρομαγνητικής Επαγωγής

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, το πείραμα της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής αναφέρει πως ο Faraday και ο Henry πειραματίστηκαν στο πως το μαγνητικό πεδίο δημιουργεί ένα ηλεκτρικό ρεύμα. (Το αντίθετο το έδειξε ο Oersten με το πείραμά του). Δηλαδή τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος από το μαγνητικό πεδίο ή ακριβέστερα τη δημιουργία ηλεκτρεγερτικής δύναμης από το μαγνητικό πεδίο.

Για να κατανοήσουμε το φαινόμενο θα πρέπει να εισάγουμε την έννοια της μαγνητικής ροής, που ορίζεται σαν ένα φυσικό μέγεθος που εκφράζει το πλήθος των δυναμικών γραμμών που διέρχονται μέσα από μια επιφάνεια.

Υλικά που χρησιμοποιήσαμε:

- Έναν παλμογράφο που είναι ρυθμισμένος στα 50mV/div και 10ms/div.
- Ένα πηνίο 230 σπειρών με μήκος 5,5 cm και διάμετρο 4 cm.
- Έναν μαγνήτη νεοδυμίου με μήκος 10 cm, πλάτος 2.5 cm και πάχος 0.7 mm.

Συνδέουμε τον παλμογράφο στα άκρα του πηνίου, ο οποίος δείχνει την τιμή και τη πολικότητα της επαγόμενης τάσης.

Τοποθετούμε τον μαγνήτη κατά μήκος του πηνίου και παρατηρούμε πως όταν πλησιάζουμε τον μαγνήτη αναπτύσσεται στο πηνίο θετική τάση και όταν απομακρύνουμε τον μαγνήτη αναπτύσσεται αρνητική τάση.



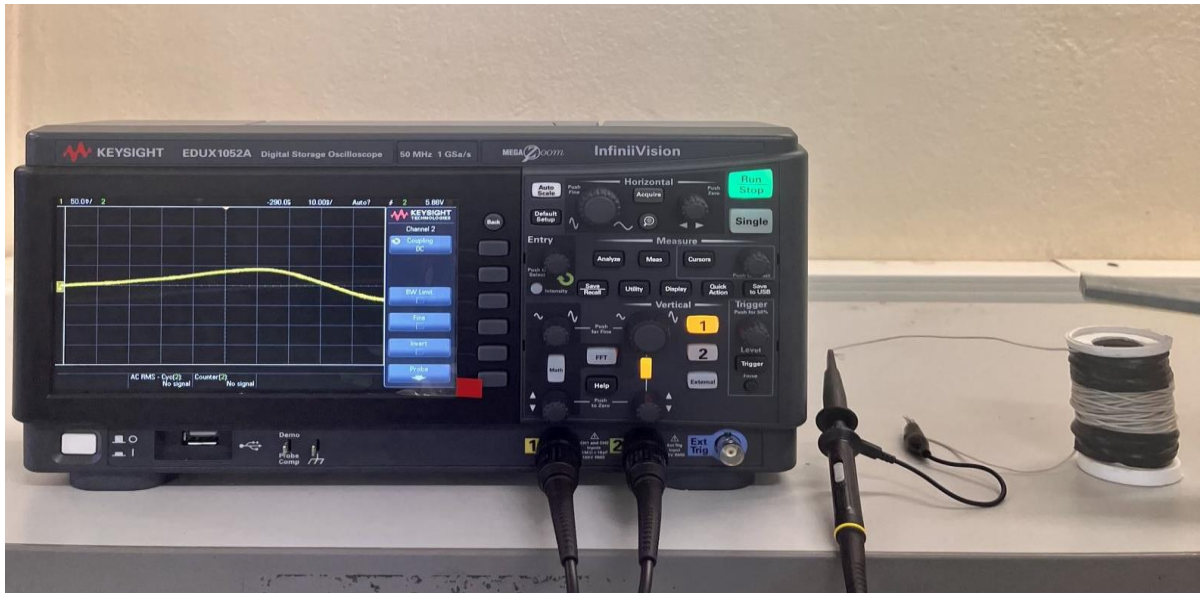
Εικόνα 6.4: Σύνδεση του παλμογράφου στα άκρα του πηνίου.

Συμπεράσματα που παρατηρούμε:

Η μεταβολή με οποιονδήποτε τρόπο της μαγνητικής ροής που περνά από τις σπείρες ενός πηνίου προκαλεί την ανάπτυξη ηλεκτρεγερτικής δύναμης στο πηνίο που διαρκεί όσο χρόνο διαρκεί η μεταβολή της μαγνητικής ροής.

Το φαινόμενο αυτό το ονομάζουμε ηλεκτρομαγνητική επαγωγή.

- Η τιμή και η φορά του ρεύματος εξαρτάται από την τιμή και την πολικότητα της επαγόμενης ηλεκτρεγερτικής δύναμης, στα άκρα του πηνίου.



Εικόνα 6.5: Η τάση που αναπτύσσεται όταν πλησιάζουμε τον μαγνήτη στο πηνίο.

6.3 Πείραμα της δύναμης Laplace

Σύμφωνα με το νόμο δράσης – αντίδρασης, οι δυνάμεις στη φύση εμφανίζονται ως ζεύγη, δηλαδή θα πρέπει να υπάρχει και η αντίδραση της παραπάνω δύναμης. Οι μαγνήτες λοιπόν θα πρέπει να ασκούν δύναμη σε αγωγό που διαρρέεται από ρεύμα.

Υλικά που χρησιμοποιήσαμε:

- Τροφοδοτικό συνεχούς τάσης
- Ορθοστάτη με βάση
- Αιωρούμενος αγωγός
- Μαγνήτης νεοδυμίου

Κρεμάμε τον αγωγό από τον ορθοστάτη, με τη βοήθεια του συνδέσμου.

Συνδέουμε τον αγωγό με το τροφοδοτικό. Στη συνέχεια εισάγουμε τον έναν πόλο του μαγνήτη από την μια μεριά του αγωγού.

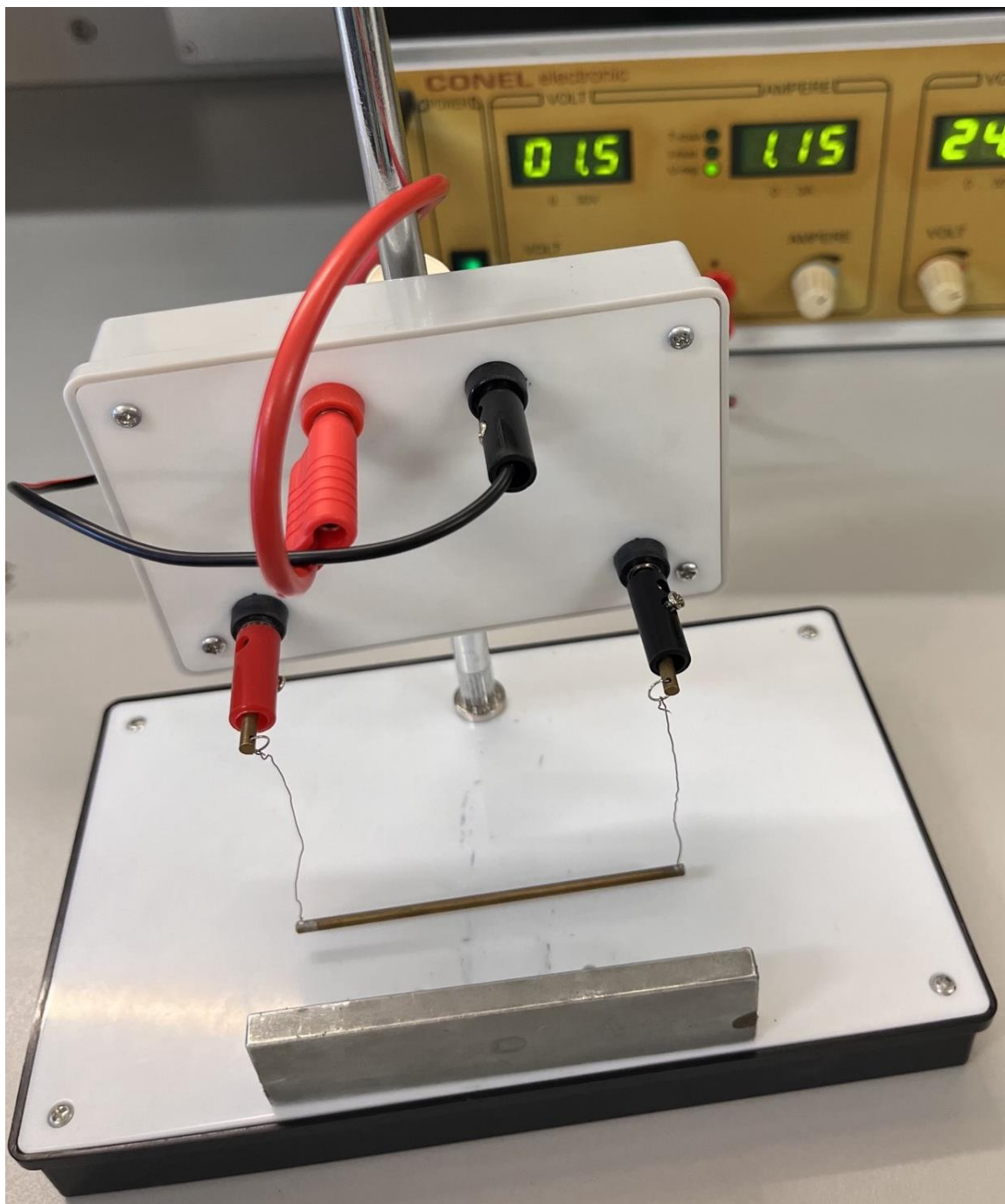
Ρυθμίζουμε το τροφοδοτικό και αρχίζουμε να αυξάνουμε την τάση. Αυτό που παρατηρούμε είναι πως θα δημιουργηθεί μια δύναμη, η λεγόμενη δύναμη Laplace και ο αγωγός θα αρχίσει να μετατοπίζεται προς μια φορά.

Μόλις γυρίσουμε τον μαγνήτη από την αντίθετη πλευρά παρατηρούμε πως θα μετατοπίζεται ο αγωγός από την αντίθετη μεριά.

Άρα παίζει σημαντικό ρόλο η πολικότητα του μαγνήτη και αντίστοιχα η φορά του ρεύματος, στην κατεύθυνση που θα κινηθεί ο αγωγός.

Συμπεράσματα που παρατηρούμε:

Οι ρευματοφόροι αγωγοί όταν βρεθούν μέσα σε μαγνητικό πεδίο, δέχονται δύναμη από αυτό.



Εικόνα 6.6: Μαγνητική διάταξη για την δύναμη Laplace.

Κεφάλαιο 7ο: Συμπεράσματα και προτάσεις βελτίωσης

Συμπερασματικά, αυτή η εργασία παρουσίασε μια εκτενή εισαγωγή στον μαγνητισμό και τον ηλεκτρομαγνητισμό, καλύπτοντας τις θεμελιώδεις έννοιες και τις φυσικές αρχές που διέπουν αυτά τα φαινόμενα. Εξετάσαμε τη σημασία του μαγνητισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού στην καθημερινή ζωή και στην τεχνολογία, παρέχοντας μια ιστορική αναδρομή για να κατανοήσουμε την εξέλιξή τους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, εμβαθύνουμε στις βασικές αρχές του μαγνητισμού, εξηγώντας το μαγνητικό πεδίο, τις διάφορες κατηγορίες μαγνητών και τις αρχές που διέπουν τον μαγνητισμό. Στο τρίτο κεφάλαιο, εξετάσαμε τον ηλεκτρομαγνητισμό, περιγράφοντας τις σχέσεις μεταξύ ηλεκτρισμού και μαγνητισμού, καθώς και τις εφαρμογές της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, εξετάσαμε την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή και τους νόμους που τη διέπουν, συμπεριλαμβανομένου του νόμου του Faraday και του νόμου του Coulomb. Επιπλέον, εξετάσαμε την αυτεπαγωγή και τους μετασχηματιστές.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, αναλύσαμε εφαρμογές του μαγνητισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού σε καθημερινά αντικείμενα και τεχνολογία, όπως κινητήρες, γεννήτριες, συστήματα απεικόνισης MRI, ηχεία και συστήματα ασφαλείας.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάσαμε πειραματικά κεφάλαια που αναδεικνύουν τη σημασία της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής και του μαγνητισμού.

Αυτή η εργασία αναδεικνύει τη σημασία του μαγνητισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού στην καθημερινή μας ζωή και στην επιστήμη και τεχνολογία. Αν και καλύπτει εκτενώς τα βασικά θέματα, μπορεί να επεκταθεί με περισσότερα παραδείγματα και πειράματα για μια ακόμη πιο εκπαιδευτική εμπειρία. Εντούτοις, υπάρχουν και περαιτέρω περιθώρια βελτίωσης:

Προτάσεις βελτίωσης:

Ενίσχυση της διαθεσιμότητας πειραματικού εξοπλισμού: Ένας αποτελεσματικός τρόπος για τη βελτίωση της εκπαίδευσης είναι η αύξηση της πρόσβασης σε πειραματικό εξοπλισμό, ώστε οι μαθητές να μπορούν να πραγματοποιούν πειράματα από πρώτο χέρι.

Ενίσχυση της επαγγελματικής ανάπτυξης των εκπαιδευτικών: Η κατάρτιση των εκπαιδευτικών σε θέματα μαγνητισμού και ηλεκτρομαγνητισμού μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα της διδασκαλίας.

Ανάπτυξη διαδραστικών εφαρμογών και εκπαιδευτικών παιχνιδιών: Η χρήση της τεχνολογίας μπορεί να καταστήσει την εκπαίδευση πιο ενδιαφέρουσα και αποτελεσματική για τους μαθητές.

Ενθάρρυνση της ενσυναίσθησης και της ανάπτυξης κριτικής σκέψης: Οι εκπαιδευτές μπορούν να προωθήσουν την ανάπτυξη δεξιοτήτων σκέψης και ανάλυσης στους μαθητές μέσω της προώθησης της συζήτησης και της κριτικής αντιμετώπισης των ερευνητικών ευρημάτων.

Οι παραπάνω προτάσεις μπορούν να βοηθήσουν στη βελτίωση της διδασκαλίας και της κατανόησης του μαγνητισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού από τους μαθητές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία

- [1] Halliday, D., Resnick, R. and Walker, J. “*Fundamental of Physics*”. 10th Edition, Wiley and Sons, New York. (2014)
- [2] ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Σ. ΒΛΑΧΟΣ “*Βασικά Στοιχεία Ηλεκτρομαγνητισμού*”. Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου.
- [3] Hewitt, A. “*Trends in Global Employee Engagement. Consulting Talent & Organization*”, Chicago. (2011)
- [4] Alonso, M., & Finn, E. J. (1992). Physics. by Addison Westley Longman Ltd. “*Pearson Education Limited*”, Edinburgh Gate.
- [5] Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). “*Φυσική – Ηλεκτρομαγνητισμός, Σύγχρονη Φυσική, Σχετικότητα*”. Ελληνική Έκδοση, Copyright © 2013, Εκδόσεις Gutenberg. (τόμος Β’)
- [6] Benumof, R. (1961). “*Concepts in Electricity and Magnetism*”. Copyright © 1961 by Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York.
- [7] Faraday M. (1839). “*Experimental Researches in Electricity*”. B. Quaritch, London, 1839
- [8] Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. (2009). “*Οι διαλέξεις Φυσικής του Feynman – Ηλεκτρομαγνητισμός και Ύλη*”. Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ. (τόμος Β’)
- [9] Knight, R. D. (2010). “*Φυσική για επιστήμονες και μηχανικούς - Κύματα, Οπτική, Ηλεκτρικό και Μαγνητικό Πεδίο*”. 1 η Ελληνική Έκδοση, Εκδόσεις ΜΑΚΕΔΟΝΙΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ, Σ. Παρίκου & ΣΙΑ Ε. Ε. (τόμος ΙΙ).
- [10] Kraus, J. (1993). “*Ηλεκτρομαγνητισμός*”. 4η Έκδοση, Εκδόσεις Α. ΤΖΙΟΛΑ. Ε.
- [11] Young, H. D., & Freedman, R. A. (2010). Πανεπιστημιακή Φυσική – “*Ηλεκτρομαγνητισμός, Οπτική*”. 2 η Ελληνική Έκδοση, Εκδόσεις ΠΑΠΑΖΗΣΗ ΑΕΒΕ.
- [12] Αλεξόπουλος, Κ. Δ., & Μαρίνος, Δ. Ι. (1992). Γενική Φυσική Τόμος Δεύτερος – “*Ηλεκτρισμός*”. 1 η Έκδοση, Εκδόσεις ΠΑΠΑΖΗΣΗ ΑΕΒΕ.
- [13] Serway, P. A., & Jewett, J. W. (2013). “*Φυσική για επιστήμονες και μηχανικούς - Ηλεκτρισμός και Μαγνητισμός, Φως και Οπτική, Σύγχρονη Φυσική*”. Ελληνική Έκδοση, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- [14] Giancoli, D. (2012). “*Φυσική για επιστήμονες και μηχανικούς*”. 4 η Έκδοση Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ.
- [15] Κολιόπουλος, Δ. (2006α). “*Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών*”. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- [16] Ιορδάνης Κιοσκερίδης “*Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας*” 2^η έκδοση.

Internet Site

[17] <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-B134/733/4815,22699/>

[18] <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-B134/733/4815,22699/>

[19] <https://anoixtosxoleio.weebly.com/etalambdaepsilonkappataurhoomicronmualphagammanuetatauiotasigmamu972sigmaf.html>

[20] <http://phys-exp.physics.uoi.gr/?p=299>

[21] http://physiclessons.blogspot.com/2013/04/blog-post_4780.html

[22] http://tccc.iesl.forth.gr/education/local/Physics_I/Serway_Hewett/chapterH8.pdf

[23] http://physiclessons.blogspot.com/2013/04/blog-post_4780.html