

**ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΤΗΤΕΣ  
ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ**

**Δημιουργική εργασία τμήματος Β<sub>2</sub>  
2017 - 18**

**ΓΕ.Λ. ΠΡΟΒΑΤΑ ΣΕΡΡΩΝ**

Υπεύθ. Καθηγητής  
Νικόλαος Αλεξανδρίδης

### ØERSTED ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

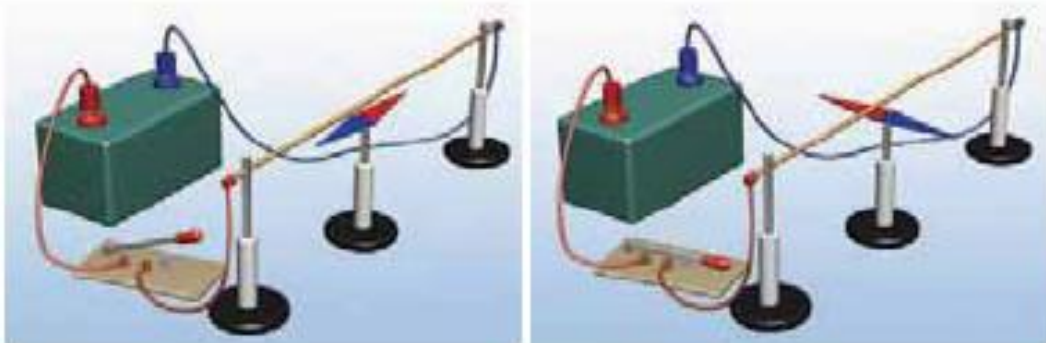
Ο Χανς Κρίστιαν Έρστεντ (Hans Christian Ørsted, 14 Αυγούστου 1777 – 9 Μαρτίου 1851) ήταν Δανός φυσικός και χημικός. Γενικότερα, διαμόρφωσε τη Φιλοσοφία της Επιστήμης και τις σχετικές εξελίξεις μέχρι τα τέλη του 19ου αιώνα. Είναι περισσότερο γνωστός για την ανακάλυψη της σχέσεως μεταξύ Ηλεκτρισμού και Μαγνητισμού, που επιβεβαιώθηκε αργότερα και κατέληξε στις εξισώσεις του Μάξγουελ, ώστε οι φυσικοί να μιλούν πλέον μόνο για Ηλεκτρομαγνητισμό. Ο Έρστεντ γεννήθηκε στο Ρούντκομπινγκ της Δανίας και ενδιαφέρθηκε για την Επιστήμη από μικρό παιδί. Μαζί με τον αδελφό του Άντερς Σάντε Έρστεντ πήγαν στην Κοπεγχάγη το 1793, για να δώσουν εισαγωγικές εξετάσεις στο πανεπιστήμιο. Τα δύο αδέρφια πέρασαν τις εξετάσεις και διακρίθηκαν κατά τη διάρκεια των σπουδών τους εκεί. Το 1801 ο Χανς κέρδισε μια υποτροφία που του επέτρεψε να περάσει τρία χρόνια ταξιδεύοντας στην Ευρώπη. Μετά τη συνάντησή του με τον Γιόχαν Βίλχελμ Ρίτερ, έναν φυσικό που πίστευε ότι υπήρχε κάποια σχέση ανάμεσα στον ηλεκτρισμό και τον μαγνητισμό, οδηγήθηκε στη μελέτη της φυσικής. Το 1806 έγινε καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Κοπεγχάγης και συνέχισε τις έρευνές του στο ηλεκτρικό ρεύμα και την ακουστική. Υπό την καθοδήγησή του, το Πανεπιστήμιο ανέπτυξε ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα Φυσικής και Χημείας και δημιούργησε νέα εργαστήρια. Ο Έρστεντ πέθανε στην Κοπεγχάγη σε ηλικία 74 ετών. Το 1936 η Δανία εξέδωσε χαρτονομίσματα των 100 κορωνών που απεικόνιζαν τη μορφή του.



### Το πείραμα του Oersted

Μόλις τον 19ο αιώνα έγιναν καινούριες ανακαλύψεις σχετικά με το μαγνητικό πεδίο. Αρχικά, ο Alessandro Volta εφηύρε την ηλεκτρική στήλη, με την οποία διευκολύνθηκαν σημαντικά τα πειράματα. Ο Δανός φυσικός Christian Oersted πραγματοποιούσε πειράματα αναζητώντας έναν σύνδεσμο ανάμεσα στον ηλεκτρισμό και στον μαγνητισμό, επηρεασμένος από τη φιλοσοφία η οποία δεχόταν ότι όλα τα φυσικά φαινόμενα αποτελούν μια ενότητα. Ο Oersted μετά από πολλές προσπάθειες και κατά τη διάρκεια μια διάλεξής του το 1820 στην Κοπεγχάγη ανακάλυψε το φαινόμενο για το οποίο τόσο είχε πειραματιστεί. Συγκεκριμένα, τοποθέτησε

παράλληλα σε έναν ευθύγραμμο αγωγό μια μαγνητική βελόνα, στο ίδιο με τον αγωγό κατακόρυφο επίπεδο. Όταν από τον αγωγό διαβίβασε ρεύμα, παρατήρησε ότι η βελόνα εκτράπηκε από την αρχική της θέση (όπου ήταν βέβαια προσανατολισμένη κατά το γήινο μαγνητικό πεδίο) και αφού εκτέλεσε ορισμένες στροφικές ταλαντώσεις ισορρόπησε σε μια νέα θέση. Όταν διέκοπτε το ρεύμα, η βελόνα γύριζε πάλι στην αρχική της θέση. Όταν διαβίβαζε ρεύμα αντίθετης φοράς η βελόνα εκτρεπόταν αντίθετα προς την αρχική εκτροπή. Διαπίστωσε επίσης ότι, όταν αύξανε την ένταση του ρεύματος, αυξανόταν και η εκτροπή της βελόνας. Είναι φανερό ότι, για να υποστεί εκτροπή η μαγνητική βελόνα, πρέπει πάνω της να ασκηθεί δύναμη. Δύναμη όμως δέχεται ένας μαγνήτης, μόνο όταν βρεθεί μέσα σε μαγνητικό πεδίο. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι: γύρω από ρευματοφόρο αγωγό δημιουργείται μαγνητικό πεδίο.



<http://physiclessons.blogspot.com/2013/02/oersted-oersted-19.html>

### **Ποια ήταν η σημασία του πειράματος του Oersted;**

Το πείραμα του Oersted, το οποίο έδειξε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα παράγει μαγνητικό πεδίο, θεωρείται ιστορικό γιατί άνοιξε τον δρόμο για την ενοποίηση του ηλεκτρισμού με τον μαγνητισμό. Η ανακοίνωση του Oersted ανέβασε το ενδιαφέρον των Γάλλων φυσικών για τον ηλεκτρομαγνητισμό και οδήγησε σε πειραματικές έρευνες, στην αναζήτηση εφαρμογών και στη δημιουργία θεωρητικής βάσης για την επιστήμη του Ηλεκτρομαγνητισμού. Επικεφαλής ο André Marie Ampère, του οποίου ο νόμος για το μαγνητικό αποτέλεσμα του ηλεκτρικού ρεύματος, συμπεριλήφθηκε αργότερα στους τέσσερις θεμελιώδεις νόμους ηλεκτρομαγνητισμού του Maxwell. Πάνω στο ίδιο αντικείμενο διατυπώθηκε ο θεωρητικός νόμος των Biot – Savart, στον οποίο στηρίχτηκε ο Laplace για να διατυπώσει τη θεωρία για την αντίστροφη επίδραση, δηλαδή του μαγνητικού πεδίου στο ηλεκτρικό ρεύμα.

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΔΙΚΤΥΟΓΡΑΦΙΑ

N. Δαπόντες, Α. Κασσέτας, Σ. Μουρίκης, Μ. Σκιαθίτης (1997), ΦΥΣΙΚΗ Β΄ ΕΝΙΑΙΟΥ ΠΟΛΥΚΛΑΔΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ, ΟΕΔΒ

[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A7%CE%B1%CE%BD%CF%82\\_%CE%9A%CF%81%CE%AF%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%B1%CE%BD\\_%CE%88%CF%81%CF%83%CF%84%CE%B5%CE%BD%CF%84](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A7%CE%B1%CE%BD%CF%82_%CE%9A%CF%81%CE%AF%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%B1%CE%BD_%CE%88%CF%81%CF%83%CF%84%CE%B5%CE%BD%CF%84)

[http://physiclessons.blogspot.com/2013/04/blog-post\\_4780.html#.Ww2-ZDSFPs0](http://physiclessons.blogspot.com/2013/04/blog-post_4780.html#.Ww2-ZDSFPs0)

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:

Παναγιωτίδης Δημήτρης  
Παντελίδης Γιάννης  
Σαββίδου Ζωή  
Χομόνδοζη Μαρία

## Αντρέ-Μαρί Αμπέρ

Ο Αντρέ-Μαρί Αμπέρ (André-Marie Ampère, 20 Ιανουαρίου 1775 - 10 Ιουνίου 1836) μελέτησε τον ηλεκτρομαγνητισμό και είναι ένας από τους θεμελιωτές της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας, μιας θεωρίας που άλλαξε τον κόσμο.



### Το έργο του Αμπέρ

Υπήρξε ο πρώτος που έδωσε έναν αποδεκτό ορισμό για το ηλεκτρικό ρεύμα και διαχώρισε για πρώτη φορά τις έννοιες «ηλεκτρικό ρεύμα» και «ηλεκτρική τάση». Καθιέρωσε το ηλεκτρόμετρο ως μετρητή τάσεων και όρισε ως συνέπειες του ηλεκτρικού ρεύματος τα χημικά και τα μαγνητικά φαινόμενα που το συνοδεύουν. Το 1820 ο Oersted έκανε ένα πείραμα για τον συνδυασμό του ηλεκτρισμού με τον μαγνητισμό. Όταν αυτό το μήνυμα για το πάντρεμά τους έφτασε στον Αμπέρ, αυτός προσπάθησε να αναζητήσει την θεωρητική αλλά και την πρακτική εφαρμογή του ηλεκτρομαγνητισμού. Στη συνέχεια, μέσα σε μόλις μια εβδομάδα, πραγματοποίησε 4 πειράματα με τα οποία απέδειξε την αλληλεπίδραση του ηλεκτρισμού με τον μαγνητισμό και κατάφερε να μετρήσει την αντίστοιχη δύναμη. Ο «Νόμος του Αμπέρ» είναι μία εξίσωση που περιλαμβάνεται στους 4 θεμελιώδεις νόμους του Ηλεκτρομαγνητισμού. Χρόνια μετά, το όνομά του δόθηκε τιμητικά στη μονάδα μέτρησης της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος.

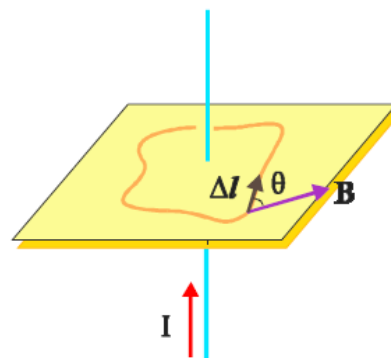
Ο Αμπέρ εξήγησε την αλληλεπίδραση μεταξύ ενός αγωγού που διαρρέεται από ρεύμα και ενός μαγνήτη, μελέτησε την αμοιβαία δράση ηλεκτροφόρων αγωγών και πλησίασε πολύ κοντά στην επαγωγή τους. Τα βασικά σημεία της θεωρίας του, ισχύουν μέχρι και σήμερα.

### Νόμος του Αμπέρ

Ο νόμος του Ampere είναι μια γενική σχέση ανάμεσα στο μαγνητικό πεδίο και στις πηγές του. Εκφράζεται με την εξίσωση:

$$\sum B \Delta l \cos \theta = \mu_0 I_{\text{εγκ}}$$

Κατά μήκος μιας κλειστής διαδρομής το άθροισμα των γινομένων  $B \cdot \Delta l \cdot \cos \theta$  ( $B$  είναι η ένταση του μαγνητικού πεδίου,  $\Delta l$  τμήμα της διαδρομής και  $\theta$  η γωνία μεταξύ τους) ισούται με  $\mu_0 \cdot I_{\text{εγκ}}$ , όπου  $I_{\text{εγκ}}$  το αλγεβρικό άθροισμα των ρευμάτων που διέρχονται από την επιφάνεια η οποία περιβάλλεται από την κλειστή αυτή διαδρομή και  $\mu_0$  η μαγνητική διαπερατότητα του κενού.



Με τον νόμο αυτό μπορούμε να βρούμε τη μορφή και το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου σε μαγνητικά πεδία ρευματοφόρων αγωγών, όπως τα παρακάτω.

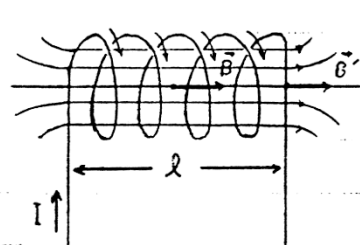
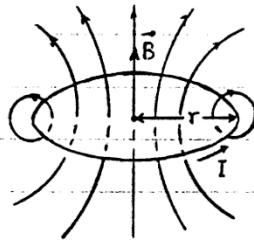
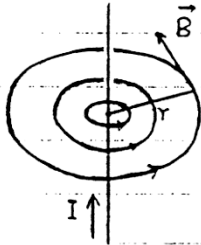
## Μαγνητικά πεδία ρευματοφόρων αγωγών

ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΣ  
ΡΟΥ ΜΗΚΟΥΣ

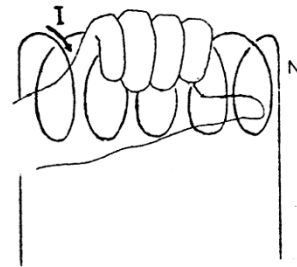
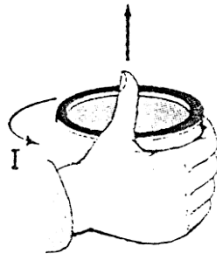
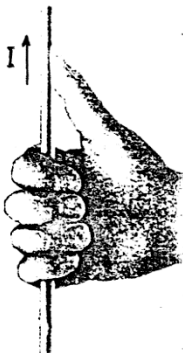
ΚΥΚΛΙΚΟΣ

ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΕΣ

Μορφές των μαγνητικών πεδίων



Προσδιορισμός της φοράς των δυναμικών γραμμών



Μέτρα των εντάσεων του μαγνητικού πεδίου

- Σε απόσταση  $r$  από τον αγωγό:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

- Στο κέντρο του κυκλικού αγωγού

$$B = \frac{\mu_0 I}{2r}$$

- Στο εσωτερικό του σωληνοειδούς

$$B = \mu_0 n^* I$$

όπου  $n^* = \frac{N}{l}$

Στα παραπάνω  $\mu_0$  είναι η μαγνητική διαπερατότητα του κενού και για τη σχέση του με τη μαγνητική σταθερά  $k_m$  ισχύει  $k_m = \frac{\mu_0}{4\pi}$ .

### Νόμος Biot – Savart

Λίγο μετά την ανακάλυψη του Oersted ότι το ηλεκτρικό ρεύμα δίνει γύρω του μαγνητικό πεδίο οι Biot - Savart, βασιζόμενοι σε πειραματικές μετρήσεις, κατέληξαν επίσης σε νόμο που δίνει το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί ένας αγωγός που διαρρέεται από ρεύμα. Ο νόμος των Μπιό - Σαβάρ είναι μια εξίσωση του ηλεκτρομαγνητισμού, η οποία μας περιγράφει το διάνυσμα της έντασης του μαγνητικού πεδίου  $\Delta B$  που δημιουργείται από ένα μικρό τμήμα  $\Delta l$  ρευματοφόρου αγωγού έντασης  $I$  σε απόσταση  $r$ . Η σημασία του είναι ότι αποτελεί έναν νόμο αντίστροφου τετραγώνου. Για να βρούμε το μαγνητικό πεδίο ενός ολόκληρου αγωγού, πρέπει να τον χωρίσουμε σε πολύ μικρά τμήματα και στη συνέχεια να προσθέσουμε τα πεδία που δημιουργούν αυτά τα πολύ μικρά τμήματα.

## Επιδράσεις μαγνητικών πεδίων σε κινούμενα φορτία

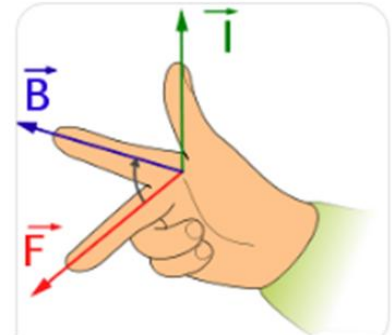
Η άλλη όψη της αλληλεπίδρασης των ηλεκτρικών ρευμάτων και των μαγνητικών πεδίων είναι η επίδραση των μαγνητικών πεδίων σε ηλεκτρικά ρεύματα.

Όταν ένα ηλεκτρικό φορτίο  $q$  κινείται με ταχύτητα  $u$  σε μαγνητικό πεδίο έντασης  $B$ , ασκείται σε αυτό μια δύναμη  $F$  (δύναμη Lorentz), που το μέτρο της δίνεται από το γινόμενο  $F = B u q \eta \mu \phi$ , όπου  $\phi$  η γωνία των  $u$  και  $B$ . Η δύναμη είναι κάθετη στο διάνυσμα της ταχύτητας και της έντασης του μαγνητικού πεδίου. Με βάση αυτή την δύναμη, μπορούμε να εξάγουμε τη δύναμη Laplace:

Όταν ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός μήκους  $\ell$  βρεθεί μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, τότε αναπτύσσεται στον αγωγό μία ηλεκτρομαγνητική δύναμη (δύναμη Laplace) με μέτρο ανάλογο με το μήκος  $\ell$  του ρευματοφόρου αγωγού που βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο, με την ένταση  $I$  του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό και με την ένταση  $B$  του μαγνητικού πεδίου. Επίσης εξαρτάται από την γωνία  $\phi$  που σχηματίζει ο αγωγός με την διεύθυνση των δυναμικών γραμμών.

$$F = B \ell \eta \mu \phi.$$

Ένας τρόπος για να προσδιορίσουμε την φορά της  $F$  είναι ο κανόνας των τριών δαχτύλων του δεξιού χεριού. Τοποθετούμε τον αντίχειρα στην κατεύθυνση του ρεύματος, τον δείκτη στην κατεύθυνση της έντασης του μαγνητικού πεδίου και καταλήγουμε με τον μέσο να μας δείχνει την κατεύθυνση της Laplace.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΔΙΚΤΥΟΓΡΑΦΙΑ

N. Δαπόντες, Α. Κασσέτας, Σ. Μουρίκης, Μ. Σκιαθίτης (1997), ΦΥΣΙΚΗ Β' ΕΝΙΑΙΟΥ ΠΟΛΥΚΛΑΔΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ, ΟΕΔΒ

N. Αλεξάκης, Σ. Αμπατζής, Γ. Γκουγκούσης Β. Κουντούρης, Ν. Μοσχοβίτης Σ. Οβαδίας, Κ. Πετρόχειλος, Μ. Σαμπράκος, Α. Ψαλίδας (2009), ΦΥΣΙΚΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ Β' ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ, ΟΕΔΒ

Α. Ιωάννου, Γ. Ντάνος, Α. Πήττας, Σ. Ράπτης (2009) ΦΥΣΙΚΗ ΘΕΤΙΚΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ, ΟΕΔΒ

Wikipedia

[http://physiclessons.blogspot.gr/2013/02/ampere.html#.Wv\\_M\\_-6FNdg](http://physiclessons.blogspot.gr/2013/02/ampere.html#.Wv_M_-6FNdg)

[http://physiclessons.blogspot.gr/2013/03/laplace.html#.Wv\\_Q4u6FNdg](http://physiclessons.blogspot.gr/2013/03/laplace.html#.Wv_Q4u6FNdg)

<http://physics4u.gr/blog/2016/06/10/andr-marie-ampre-1775-1836>

## ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:

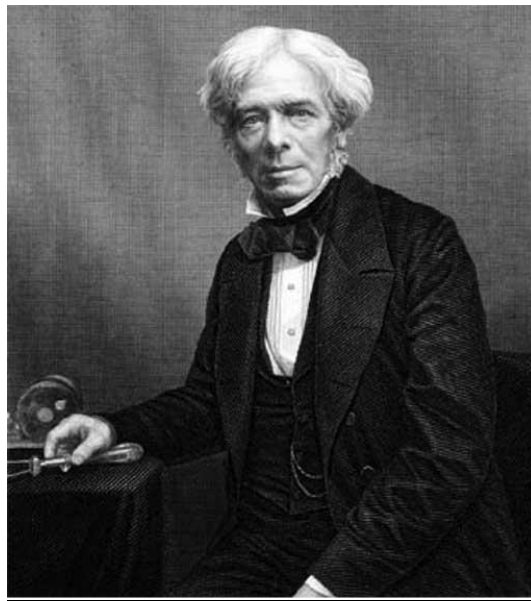
Κωταΐδης Κώστας

Ναλμπάντης Γιώργος

Χατζηξάνης Θανάσης

## Μάικλ Φαραντέι

Πρόκειται για έναν από τους σημαντικότερους επιστήμονες που έχει αναδείξει η ανθρωπότητα. Με την τεράστια συμβολή του στο πειραματικό κομμάτι των φυσικών επιστημών, αλλά και τις μοναδικές ανακαλύψεις του, κυρίως στον τομέα του ηλεκτρομαγνητισμού, φρόντισε να εξασφαλίσει μια θέση στο πάνθεον του χώρου των επιστημών. Θεωρείται ο μεγαλύτερος πειραματικός φυσικός όλων των εποχών. Η ιστορία ενός τόσο σπουδαίου φυσικού δεν θα μπορούσε να είναι αδιάφορη, όμως το γεγονός ότι σε ηλικία 14 ετών δεν είχε έρθει σε επαφή με καμία επιστήμη, καθιστά την πορεία του μοναδική.



### Βιογραφία

Ο Μάικλ Φαραντέι (Michael Faraday) γεννήθηκε στις 22 Σεπτεμβρίου 1791 στο Σάρεϋ, στο νότιο Λονδίνο. Σε αντίθεση με την πλειοψηφία των υπόλοιπων επιστημόνων της εποχής, δεν ήταν γιος πλούσιας και γνωστής οικογένειας. Η οικογένεια του είχε οικονομικά προβλήματα, αφού ο πατέρας του, που δούλευε ως σιδεράς, δεν μπορούσε να εξασφαλίσει αρκετά χρήματα για τα υπόλοιπα μέλη. Έτσι ο Φαραντέι σε ηλικία 14 ετών ξεκίνησε να δουλεύει ως βοηθός ενός βιβλιοδέτη της περιοχής. Χωρίς να έχει λάβει την παραμικρή μόρφωση, ειδικά σε τομείς όπως τα μαθηματικά και η φυσική, ο 14χρονος Άγγλος επέλεξε να συνεισφέρει οικονομικά στην οικογένεια του.

Αυτή του η επιλογή μάλλον ήταν και η πιο σημαντική της ζωής του, ακόμα και αν άργησε να το συνειδητοποιήσει. Σύμφωνα με όσα δήλωσε αργότερα, ένα από τα πιο μεγάλα πλεονεκτήματα της βιβλιοδεσίας ήταν η τεράστια ποικιλία βιβλίων που είχε στην διάθεσή του. Μέσα στα επτά χρόνια που πέρασε στο μαγαζί, πέρασε πολλές ώρες διαβάζοντας δεμένα βιβλία επιστημονικού περιεχομένου. Η πρώτη του επαφή με τη φυσική ήρθε μέσα σε αυτό το μικρό βιβλιοδετείο.

Ο Φαραντέι δεν άργησε να ανακαλύψει το πάθος του για τη φυσική. Μιλώντας στο αφεντικό του για το τεράστιο ενδιαφέρον που του είχαν προξενήσει οι θεωρίες και οι τύποι της φυσικής, βρήκε τον πρώτο του υποστηρικτή στην προσπάθειά του να ασχοληθεί με την επιστήμη. Μέσω των επαφών που διατηρούσε, ο κάτοχος του βιβλιοδετείου βρήκε προσκλήσεις για τις διαλέξεις του Χάμφρι Ντέιβι, ενός γνωστού φυσικού της εποχής που μιλούσε για τον



ηλεκτρισμό και για τις κρυφές δυνάμεις που πρέπει να υπήρχαν κάτω από την επιφάνεια του ορατού σύμπαντος μας.

Ο Φαραντέι φρόντισε να παρακολουθήσει όλες τις διαλέξεις, να κρατήσει σημειώσεις και να δέσει ένα βιβλίο με όλα τα περιεχόμενα τους. Αφού μελέτησε προσεκτικά το βιβλίο του και εργάστηκε πρόχειρα πάνω σε αυτό, σε ηλικία 20 ετών παρουσιάστηκε στο Βασιλικό Ίδρυμα του Λονδίνου, ζητώντας συνέντευξη από τον διάσημο διευθυντή του, σερ Χάμφρι Ντέιβι. Ο Ντέιβι εντυπωσιάστηκε, κυρίως από το πάθος και το θράσος του νεαρού Άγγλου, και τον προσέλαβε ως βοηθό του.

Από αυτή τη θέση, ο Φαραντέι κατάφερε να αποκτήσει σημαντικές εμπειρίες και να ενισχύσει σημαντικά τις γνώσεις του στον τομέα της φυσικής. Ο Ντέιβι προσπάθησε να του μεταδώσει τις γνώσεις του, αλλά και να τον εντάξει στην επιστημονική κοινότητα της εποχής. Κάνοντας ταξίδια μαζί με τον «μέντορα» του, γνώρισε αρκετούς γνωστούς φυσικούς.

Λίγο πριν συμπληρώσει την 3η δεκαετία της ζωής του, ο Φαραντέι είχε πλέον εξελιχθεί σε κανονικό επιστήμονα. Παράλληλα, οι πρώτες θεωρίες του ηλεκτρομαγνητισμού είχαν αρχίσει εμφανίζονται. Μέχρι τότε η ηλεκτρική και η μαγνητική θεωρούνταν δύο εντελώς άσχετες δυνάμεις, όμως ένα τυχαίο γεγονός προκάλεσε πολλά ερωτήματα στην επιστημονική κοινότητα.

Ο Έρστεντ το 1820, διοχετεύοντας ρεύμα σε ένα ηλεκτρικό καλώδιο και τοποθετώντας μια πυξίδα κοντά του, η βελόνα της πυξίδας στρεφόταν ελαφρά προς το πλάι. Κανένας φυσικός δεν μπορούσε να εξηγήσει αυτό το φαινόμενο. Ο Φαραντέι, ακούγοντας για αυτό το τυχαίο πείραμα, βρήκε το αντικείμενο της μελέτης του. Άρχισε να πραγματοποιεί πειράματα παλαιότερων φυσικών και να μελετά εκ νέου τα αποτελέσματα τους. Τα «ασταθή» θεμέλια που είχαν οι γνώσεις του περί φυσικής τον παρότρυναν να αμφισβητήσει κάθε θεωρία που προϋπήρχε, σε αντίθεση με άλλους φυσικούς που έμειναν προσκολλημένοι στα παλιά θεωρήματα.

Το 1824 ο Φαραντέι εξελέγη στη Βασιλική Εταιρεία και έγινε διευθυντής του εργαστηρίου στο Βασιλικό Ίδρυμα το 1825. Για αρκετά χρόνια, όλα του τα πειράματα δεν είχαν επιθυμητά αποτελέσματα. Στις 29 Αυγούστου του 1831 όμως ο Άγγλος επιστήμονας έκανε μια από τις σημαντικότερες ανακαλύψεις μέχρι και σήμερα. Τυλίγοντας δύο σπείρες σύρματος αντιδιαμετρικά, σε έναν δακτύλιο από μαλακό σίδηρο και διοχετεύοντας ηλεκτρικό ρεύμα στο ένα από τα δύο σύρματα, διαπίστωσε ότι στο άλλο σύρμα εμφανίζεται ηλεκτρικό ρεύμα, αλλά μόνο όταν το ρεύμα στο πρώτο σύρμα ξεκινά ή διακόπτεται. Με αυτό το τρόπο ανακάλυψε αυτό που σήμερα ονομάζεται «επαγωγή». Συνεχίζοντας τα πειράματα του, έφτασε στο συμπέρασμα πως τον ρόλο του πρώτου σύρματος μπορούσε να παίξει και ένας ισχυρός μαγνήτης. Αυτό ήταν ακόμα πιο σπουδαίο, αφού σηματοδοτούσε τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος από μαγνήτη. Είχε βρει μια σχέση που έχει ο ηλεκτρισμός με τον μαγνητισμό, που ως τότε φάνταζε απίθανη.

Ο Φαραντέι ήταν πλέον ένας επιστήμονας διεθνούς φήμης. Σαν πειραματικός φυσικός ήταν εξαιρετικός, αλλά οι περιορισμένες μαθηματικές του γνώσεις δεν του επέτρεπαν να εκμεταλλευτεί τη μοναδική ανακάλυψη του. Ωστόσο, με αυτά που κατάφερε να αποδείξει ο Άγγλος επιστήμονας, κατάφερε να συμβάλλει στην ηλεκτροδότηση που ακολούθησε, ενώ παράλληλα τοποθέτησε το όνομα του δίπλα στους καλύτερους του τομέα του. Πέθανε στο σπίτι του στο Λονδίνο στις 25 Αυγούστου 1867.

### **Επιτεύγματα – Ο νόμος της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής**

Ο Φαραντέι το 1831 ύστερα από μια σειρά επιτυχών πειραμάτων, ανακάλυψε τον νόμο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Τα πειράματα αυτά οδήγησαν τον Faraday στο συμπέρασμα ότι

ένα σταθερό μαγνητικό πεδίο δε δημιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα. Αντίθετα, αν μεταβληθεί η **μαγνητική ροή** (ο ορισμός παρακάτω) που διέρχεται από την επιφάνεια που ορίζει το κύκλωμα, στο κύκλωμα εμφανίζεται ένα απροσδόκητο ρεύμα.

Πέρα από την παραγωγή ρεύματος από μεταβαλλόμενο μαγνητισμό, τα επιτεύγματά του ήταν πολλαπλά. Πρότεινε την έννοια της δυναμικής γραμμής ενός πεδίου, συνέδεσε το φως με το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, κατασκεύασε την πρώτη ηλεκτρογεννήτρια (για την ακρίβεια, είναι από τους βασικούς συντελεστές της δυνατότητας να έχουμε στα σπίτια μας ηλεκτρισμό σήμερα!), έθεσε τις βάσεις της ηλεκτροχημείας, επινόησε την έννοια του αριθμού οξειδωσης των χημικών στοιχείων, κατάφερε να υγροποιήσει αρκετά αέρια, εργάστηκε για τη δημιουργία του ανοξειδωτού ατσάλιου, ανακάλυψε το βενζόλιο, κ.ά. Προς τιμή του καθιερώθηκε η «Σταθερά του Φαραντέι». Το όνομά του δόθηκε στη μονάδα μέτρησης της χωρητικότητας ενός πυκνωτή (Farad).

Μερικές δεκαετίες αργότερα ο Maxwell στηρίχθηκε στις έρευνές του και να δώσει μια ολοκληρωμένη μαθηματική θεωρία για τον ηλεκτρομαγνητισμό και το φως.

Ο Φαραντέι συνέγραψε εκατοντάδες επιστημονικές εργασίες και τιμήθηκε από δεκάδες επιστημονικές ενώσεις σε όλο τον κόσμο. Κεντρικό χαρακτηριστικό της προσωπικότητάς του υπήρξε η βαθιά του πίστη. Έζησε σε όλη του τη ζωή εφαρμόζοντας τις ευαγγελικές επιταγές, ταπεινά και φιλεύσπλαχνα και παρά τη φήμη και την αναγνώρισή του, συνήθιζε να περνά πολλές ώρες την εβδομάδα επισκεπτόμενος τους φτωχούς και τους άρρωστους στο πλαίσιο της διακονίας του ως ενοριακός επίτροπος. Όπως έλεγε ο μεγάλος μαθηματικός Κάντορ «... ο χριστιανός Φαραντέι θεωρούσε ότι δεν πρέπει να σπαταληθεί καμία στιγμή που δόθηκε από τον Θεό. Ο χρόνος του έπρεπε να ελέγχεται αυστηρά. Έζησε τόσο την επιστήμη όσο και τη θρησκεία του με απόλυτη αφοσίωση».

### ΟΡΙΣΜΟΙ: Μαγνητική ροή, ΗΕΔ - Ο Νόμος της Επαγωγής

Έστω το ομογενές μαγνητικό πεδίο του σχήματος έντασης  $\vec{B}$ . Μέσα σ' αυτό και κάθετα στις δυναμικές γραμμές θεωρούμε μια επιφάνεια που έχει εμβαδόν  $S$ .

**Μαγνητική ροή  $\Phi$**  που διέρχεται από μια επιφάνεια που βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο, τοποθετημένη κάθετα στις δυναμικές γραμμές, ονομάζεται το φυσικό μέγεθος που ισούται με το γινόμενο του μέτρου

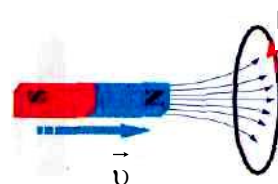
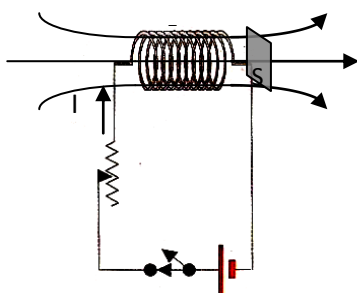
της έντασης  $B$  του μαγνητικού πεδίου επί το εμβαδόν  $S$  της επιφάνειας, δηλαδή:

$$\Phi = B \cdot S.$$

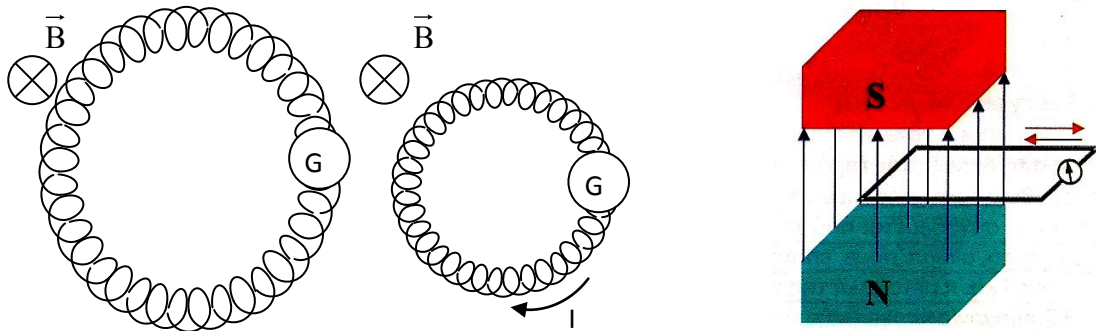
Στην περίπτωση που η ένταση  $B$  και το κάθετο στην επιφάνεια διάνυσμα  $S$  σχηματίζουν γωνία  $\alpha$ , τότε η ροή είναι  $\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$ .

Η μαγνητική ροή μπορεί να μεταβληθεί με μεταβολή:

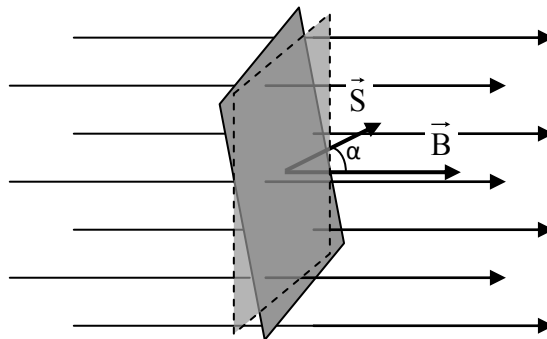
α) της έντασης  $B$  του μαγνητικού πεδίου (όπως κατά μεταβολή του ρεύματος σε σωληνοειδές ή κατά την κίνηση ενός μαγνήτη που είναι κοντά σε ένα σταθερό πλαίσιο),



β) της επιφάνειας S (όπως σε πλαίσιο μεταβλητού εμβαδού ή στην είσοδο ενός πλαισίου σε μαγνητικό πεδίο),



γ) της γωνίας α (όπως σε στρεφόμενο πλαίσιο).



Με την έννοια της μεταβολής της μαγνητικής ροής εξηγήθηκαν με ενιαίο τρόπο πολλά φαινόμενα που έδειχναν να είναι διαφορετικά μεταξύ τους.

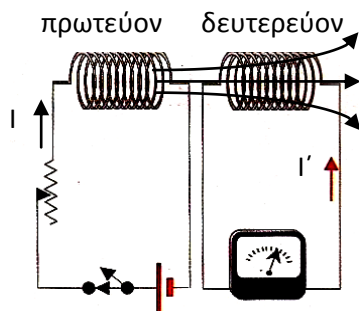
**Ηλεκτρεγερτική δύναμη E** (συντομογραφικά: ΗΕΔ) είναι το έργο ανά μονάδα ηλεκτρικού φορτίου κατά μήκος μιας κλειστής ηλεκτρικής διαδρομής (ηλεκτρικό κύκλωμα), το οποίο (έργο) χρειάζεται να αποδοθεί στη μονάδα του φορτίου, ώστε αυτό να διατρέξει έναν πλήρη κύκλο στη διαδρομή αυτή. Στην περίπτωση που το κύκλωμα είναι ανοικτό, όπως σε μια ασύνδετη μπαταρία, το έργο αφορά τη μετακίνηση του μοναδιαίου φορτίου από τον ένα πόλο της μπαταρίας στον άλλο και ισούται με την ηλεκτρική τάση μεταξύ των πόλων (πολική τάση) της ασύνδετης πηγής. Η ΗΕΔ μετράται σε μονάδες: ενέργεια προς φορτίο, δηλαδή σε βολτ (V), στο διεθνές σύστημα μονάδων.

Δεν πρόκειται όμως για διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού και αυτό γίνεται εμφανές όταν εξετάζουμε την περίπτωση επαγωγικής ανάπτυξης ΗΕΔ σε κύκλωμα κλειστού βρόχου, όπου η έννοια της διαφοράς δυναμικού δεν ορίζεται. Η ορολογία «ηλεκτρεγερτική δύναμη» χρησιμοποιήθηκε ακριβώς για να δώσει έμφαση στον διαχωρισμό της έννοιας της ΗΕΔ από την έννοια της «διαφοράς δυναμικού». Πρέπει να προσεχθεί όμως πως δεν πρόκειται για δύναμη.

**Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή**  $E_{επ}$  που δημιουργείται σε έναν αγωγό είναι ανάλογη με τον ρυθμό μεταβολής της μαγνητικής ροής  $\Delta\Phi/\Delta t$  και ανάλογη με τον αριθμό N των σπειρών του αγωγού, δηλαδή

$$E_{επ} = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} N$$

όπου  $\Delta\Phi/\Delta t$  είναι ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής, που διέρχεται από μια σπείρα. Η σημασία του αρνητικού πρόσημου δικαιολογείται με έναν κανόνα που λέγεται κανόνας του Lenz.



*Το πείραμα που πραγματοποιήσαμε σχηματικά: Μεταβολή του ρεύματος στο πρωτεύον κύκλωμα δημιούργησε ρεύμα στο δευτερεύον*

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΔΙΚΤΥΟΓΡΑΦΙΑ

Ν. Αλεξάκης, Σ. Αμπατζής, Γ. Γκουγκούσης Β. Κουντούρης, Ν. Μοσχοβίτης Σ. Οβαδίας, Κ. Πετρόχειλος, Μ. Σαμπράκος, Α. Ψαλίδας (2009), ΦΥΣΙΚΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ Β΄ ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ, ΟΕΔΒ

Ν. Δαπόντες, Α. Κασσέτας, Σ. Μουρίκης, Μ. Σκιαθίτης (1997), ΦΥΣΙΚΗ Β΄ ΕΝΙΑΙΟΥ ΠΟΛΥΚΛΑΔΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ, ΟΕΔΒ

[www.wikipedia.gr](http://www.wikipedia.gr)

<http://www.pemptousia.gr/category/%cf%80%ce%b5%ce%bc%cf%80%cf%84%ce%bf%cf%85%cf%83%ce%af%ce%b1/pemptousia-articles/%ce%b5%cf%80%ce%b9%cf%83%cf%84%ce%ae%ce%bc%ce%b5%cf%82/physics-chemistry>

[www.noesis.edu.gr](http://www.noesis.edu.gr)

[www.physiclessons.blogspot.gr](http://www.physiclessons.blogspot.gr)

#### ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:

Κελλίδου Ευγενία

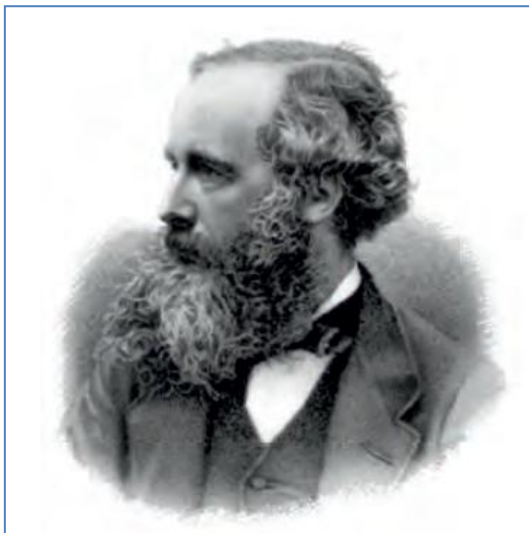
Κολιάστα Φρειδερίκη

Μπιτσκή Μαρία

## Τζέιμς Κλερκ Μάξγουελ

### ΒΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ο Τζέιμς Κλερκ Μάξγουελ (James Clerk Maxwell) ήταν Σκωτσέζος θεωρητικός φυσικός, πρωτοπόρος της χημείας και της φυσικής του 19ου αιώνα, ο οποίος διατύπωσε τη θεωρία του ηλεκτρομαγνητισμού. Ως μεγάλος εραστής της σκωτσέζικης ποίησης, ο Μάξγουελ αποστήθιζε ποιήματα, ενώ έγραφε και δικά του. Γεννημένος στις 13 Ιουνίου 1831 στο Εδιμβούργο της Σκωτίας, σπούδασε στο Πανεπιστήμιο του Κέιμπριτζ πριν ασκήσει διάφορες θέσεις καθηγητών. Ήδη γνωστός για τις καινοτομίες του στην οπτική και την ταχύτητα του αερίου, οι πρωτοποριακές του θεωρίες γύρω από τον ηλεκτρομαγνητισμό, οι οποίες διατυπώθηκαν με τις φημισμένες εξισώσεις Maxwell, επηρέασαν σε μεγάλο βαθμό τη σύγχρονη φυσική όπως την ξέρουμε. Πέθανε στην Αγγλία στις 5 Νοεμβρίου 1879.



### ΟΙ ΤΕΣΣΕΡΕΙΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΑΞΓΟΥΕΛ

Ιστορική αναδρομή: Μέχρι τον 19ο αιώνα οι επιστήμονες θεωρούσαν την ηλεκτρική και τη μαγνητική δύναμη ως δυο τελείως διαφορετικές δυνάμεις. Τότε αντιλήφθηκαν πως είναι συγγενή φαινόμενα. Το 1820 ο Έρστεντ (Oersted) έδειξε με το πείραμά του ότι ένα ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο. Το 1831 ο Φάραντεϊ (Faraday) και ο Χένρι (Henry) ξεχωριστά παρατήρησαν ότι όταν μεταβάλλεται η μαγνητική ροή μέσα από ένα κύκλωμα, τότε στο κύκλωμα επάγεται ηλεκτρεγερτική δύναμη. Το 1865 οι εξισώσεις Maxwell σηματοδότησαν και την πρώτη ενοποίηση δυνάμεων. Στις εξισώσεις αυτές συμπεκνώνονται όλοι οι νόμοι που συναντάμε στον ηλεκτρομαγνητισμό. Η σπουδαιότητα των εξισώσεων αυτών στον ηλεκτρομαγνητισμό είναι αντίστοιχη με τη σπουδαιότητα των νόμων του Νεύτωνα (Newton) στη μηχανική.

Εξίσωση 1η: Πρόκειται για τον νόμο του Gauss για το ηλεκτρικό πεδίο που το συνδέει με το ηλεκτρικό φορτίο που το δημιουργεί:

$$\Phi_E = \frac{Q_{\text{εγκ}}}{\epsilon_0},$$

όπου  $\Phi_E$  η ηλεκτρική ροή που διέρχεται από μια κλειστή επιφάνεια (ο αριθμός των δυναμικών γραμμών που διαπερνούν την επιφάνεια),  $Q_{\text{εγκ}}$  το ηλεκτρικό φορτίο που περικλείει η επιφάνεια και  $\epsilon_0$  η διηλεκτρική σταθερά του κενού.

Με διαφορική μορφή είναι:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho(\vec{r})}{\epsilon_0}$$

Εκφράζει μια τοπική σχέση μεταξύ του ηλεκτρικού πεδίου  $E$  σε κάποιο σημείο του χώρου με την κατανομή φορτίου, που εκφράζεται με την πυκνότητα  $\rho$ . Έτσι μπορούμε να πούμε ότι τα ηλεκτρικά φορτία είναι οι πηγές του ηλεκτρικού πεδίου και ότι η κατανομή και το μέγεθός τους ορίζουν το ηλεκτρικό πεδίο σε κάθε σημείο του χώρου.

Η εξίσωση εμπεριέχει τον νόμο του Coulomb.

Εξίσωση 2η: Είναι ο νόμος του Gauss για το μαγνητικό πεδίο

$$\Phi_B = 0,$$

όπου  $\Phi_B$  είναι η μαγνητική ροή από μια κλειστή επιφάνεια.

Με διαφορική μορφή είναι:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$$

Η μαγνητική ροή που διέρχεται μέσα από μια κλειστή επιφάνεια είναι πάντοτε μηδέν. Και αυτό είναι συνέπεια του γεγονότος ότι οι μαγνητικές δυναμικές γραμμές είναι κλειστές (αφού δεν υπάρχουν μαγνητικά μονόπολα).

Εξίσωση 3η: Είναι ο νόμος του Faraday-Henry ή νόμος της επαγωγής:

$$E_{επ} = - \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t},$$

όπου  $E_{επ}$  είναι η ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) που επάγεται σε ένα κύκλωμα, και  $\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$  ο ρυθμός μεταβολής της (ολικής) μαγνητικής ροής που διέρχεται από την επιφάνεια που ορίζει το κύκλωμα.

Με διαφορική μορφή είναι:

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

Εξηγεί ότι μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο δημιουργεί μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό πεδίο.

Εξίσωση 4η: Πρόκειται για τον νόμο Ampere-Maxwell. Συσχετίζει ένα ηλεκτρικό ρεύμα με το μαγνητικό πεδίο που παράγει. Ο νόμος Ampere-Maxwell πηγαίνει ένα βήμα μακρύτερα και υποδεικνύει ότι στο μαγνητικό πεδίο συνεισφέρει επίσης και ένα μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό πεδίο.

$$\sum B \Delta \ell \sin \theta = \mu_0 I_{εγκ} + \epsilon_0 \mu_0 \frac{\Delta \Phi_E}{\Delta t},$$

Με διαφορική μορφή είναι:

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

Μας λέει ότι τα μαγνητικά πεδία δημιουργούνται είτε από ηλεκτρικά ρεύματα, είτε από μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά πεδία.

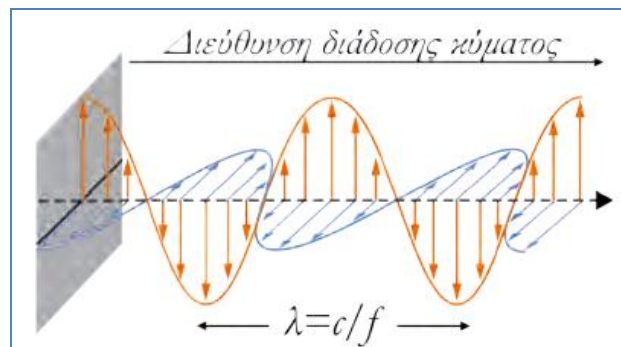
Η ηλεκτρομαγνητική θεωρία, όπως διατυπώθηκε από τον Μάξγουελ, έπαιξε σπουδαίο, αν όχι τον σπουδαιότερο, ρόλο στη διατύπωση της θεωρίας της σχετικότητας από τον Αϊνστάιν

(Einstein). Με τη θεωρία της σχετικότητας πολλές βασικές έννοιες της φυσικής αναθεωρήθηκαν, οι εξισώσεις του Μάξγουελ όμως παρέμειναν άθικτες.

### ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

Η λύση των εξισώσεων του Maxwell ανέδειξε τη διάδοση ενέργειας με τη μορφή κυμάτων που λέγονται ηλεκτρομαγνητικά κύματα, τα οποία παράγονται από επιταχυνόμενα ηλεκτρικά φορτία.

Ο Maxwell απέδειξε ότι, όταν ένα ηλεκτρικό φορτίο ταλαντώνεται, παράγει ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα αποτελείται από ένα ηλεκτρικό και ένα μαγνητικό κύμα. Δηλαδή είναι ένα πεδίο με δύο χαρακτηριστικά, την ένταση  $E$  του ηλεκτρικού πεδίου και την ένταση  $B$  του μαγνητικού πεδίου, των οποίων τα διανύσματα είναι κάθετα μεταξύ τους και μεταβάλλονται από θέση σε θέση και από στιγμή σε στιγμή. Την ορθότητα της θεωρίας του Maxwell απέδειξε πειραματικά ο Hertz (Χερτζ) το 1887, ο οποίος παρήγαγε, μέσω ταχέων ηλεκτρικών ταλαντώσεων, ηλεκτρομαγνητικά κύματα.



Ο Maxwell, υπολογίζοντας την ταχύτητα διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο κενό, βρήκε ότι είναι ίση με την ταχύτητα του φωτός στο κενό, δηλαδή

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$$

Αυτό οδήγησε στην άποψή του για τη φύση του φωτός: το φως είναι εγκάρσια ηλεκτρομαγνητικά κύματα τα οποία ξεκινούν από τη φωτεινή πηγή και διαδίδονται προς όλες τις κατευθύνσεις.

**ΚΑΙ ΕΙΠΕΝ Ο ΘΕΟΣ ....**

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho(\vec{r})}{\epsilon_0}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

**... ΚΑΙ ΕΓΕΝΕΤΟ ΦΩΣ !**



Η ταχύτητα διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος (c), η συχνότητα (f) και το μήκος κύματος (λ) συνδέονται με τη σχέση

$$c = \lambda \cdot f$$

η οποία ονομάζεται θεμελιώδης εξίσωση της κυματικής.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΔΙΚΤΥΟΓΡΑΦΙΑ

Ν. Αλεξάκης, Σ. Αμπατζής, Γ. Γκουγκούσης Β. Κουντούρης, Ν. Μοσχοβίτης Σ. Οβαδίας, Κ. Πετρόχειλος, Μ. Σαμπράκος, Α. Ψαλίδας (2009), ΦΥΣΙΚΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ Β΄ ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ, ΟΕΔΒ

Ν. Δαπόντες, Α. Κασσέτας, Σ. Μουρίκης, Μ. Σκιαθίτης (1997), ΦΥΣΙΚΗ Β΄ ΕΝΙΑΙΟΥ ΠΟΛΥΚΛΑΔΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ, ΟΕΔΒ

Α. Ιωάννου, Γ. Ντάνος, Α. Πήττας, Σ. Ράπτης (2009) ΦΥΣΙΚΗ ΘΕΤΙΚΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ, ΟΕΔΒ

<https://www.biography.com/people/james-c-maxwell-9403463>

ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ

<http://physiclessons.blogspot.com/2013/02/maxwell.html#.Ww5d7jSFPs0>

<http://physiclessons.blogspot.com/2013/05/maxwell.html#.Ww5fJDSFPs0>

#### ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:

Μήχου Αλεξάνδρα

Πρασιάδου Δόμνα - Μυρτώ

Χορός Λευτέρης

#### Ευχαριστούμε

τον υπεύθυνο του Ε.Κ.Φ.Ε. Σερρών Σωτήρη Μανδηλιώτη,  
που μας έδωσε την ευκαιρία να δούμε πολλά από τα παραπάνω στην πράξη  
και μας ενέπνευσε να επαναλάβουμε ορισμένα πειράματα στο εργαστήριό μας