

## Πρόλογος

- Με την έκδοση του τρίτου αυτού τεύχους ολοκληρώνουμε την ύλη της Φυσικής Γ' Λυκείου που απευθύνεται στους μαθητές του θετικού προσανατολισμού και της κατεύθυνσης του κλάδου υγείας.
- Η δομή του βιβλίου είναι ίδια με εκείνη που ακολουθήσαμε στα δύο προηγούμενα τεύχη.
- Καταβάλαμε και εδώ προσπάθεια ώστε η έκταση του βιβλίου να είναι περιορισμένη χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα στην πληρότητα της ύλης.

*Οι συγγραφείς*

# Περιεχόμενα

Σελ.

## Κεφάλαιο 13: Μαγνητικό πεδίο

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| A. Επαναλήψεις από τον ηλεκτρισμό.....          | 7  |
| B. Το μαγνητικό πεδίο.....                      | 30 |
| Γ. Νόμος Biot-Savart-Εφαρμογές.....             | 34 |
| Δ. Νόμος Ampere-Εφαρμογές.....                  | 40 |
| E. Λυμένες ασκήσεις                             |    |
| • Νόμος Biot και Savart.....                    | 46 |
| • Ο νόμος του Ampere.....                       | 48 |
| • Ευθύγραμμος κυκλικός ρευματοφόρος αγωγός..... | 49 |
| • Ρευματοφόρο σωληνοειδές.....                  | 60 |
| • Ασκήσεις για λύση.....                        | 67 |
| ΣΤ. Ερωτήσεις θεωρίας προς απάντηση.....        | 77 |

## Κεφάλαιο 14: A. Η δύναμη Lorentz

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| Θεωρία.....                           | 105 |
| Λυμένες ασκήσεις και προβλήματα.....  | 117 |
| Ασκήσεις και προβλήματα για λύση..... | 124 |
| Ερωτήσεις θεωρίας προς απάντηση.....  | 130 |

## B. Η δύναμη Laplace

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| Θεωρία.....                           | 145 |
| Λυμένες ασκήσεις και προβλήματα.....  | 150 |
| Ασκήσεις και προβλήματα για λύση..... | 155 |
| Ερωτήσεις θεωρίας προς απάντηση.....  | 161 |
| Διαγώνισμα.....                       | 174 |

## Κεφάλαιο 15: Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| Θεωρία.....                           | 179 |
| Λυμένες ασκήσεις και προβλήματα.....  | 192 |
| Ασκήσεις και προβλήματα για λύση..... | 206 |
| Ερωτήσεις θεωρίας προς απάντηση.....  | 212 |

## **Κεφάλαιο 16: Ευθύγραμμος αγωγός κινούμενος σε μαγνητικό πεδίο**

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| Θεωρία .....                          | 223 |
| Λυμένες ασκήσεις και προβλήματα.....  | 231 |
| Ασκήσεις και προβλήματα για λύση..... | 246 |
| Ερωτήσεις θεωρίας προς απάντηση.....  | 268 |

## **Κεφάλαιο 17: Εναλλασσόμενη τάση-Εναλλασσόμενο ρεύμα**

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| Θεωρία .....                          | 275 |
| Λυμένες ασκήσεις και προβλήματα.....  | 284 |
| Ασκήσεις και προβλήματα για λύση..... | 295 |
| Ερωτήσεις θεωρίας προς απάντηση.....  | 303 |

## **Κεφάλαιο 18: Αυτεπαγωγή**

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| Θεωρία .....                          | 313 |
| Λυμένες ασκήσεις και προβλήματα.....  | 325 |
| Ασκήσεις και προβλήματα για λύση..... | 332 |
| Ερωτήσεις θεωρίας προς απάντηση.....  | 340 |
| Διαγώνισμα .....                      | 351 |

## **Κεφάλαιο 19: Κβατομηχανική**

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| Θεωρία .....                          | 357 |
| Λυμένες ασκήσεις και προβλήματα.....  | 363 |
| Ασκήσεις και προβλήματα για λύση..... | 363 |
| Ερωτήσεις θεωρίας προς απάντηση.....  | 364 |
| Διαγώνισμα .....                      | 400 |

- A.** Επαναλήψεις από τον ηλεκτρισμό.  
**B.** Το μαγνητικό πεδίο  
**Γ.** Νόμος Biot-Savart-Εφαρμογές.  
**Δ.** Νόμος Ampere-Εφαρμογές.  
**Ε.** Λυμένες ασκήσεις
- Νόμος Biot και Savart
  - Ο νόμος του Ampere
  - Ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός
  - Ρευματοφόρο πηνίο

**ΣΤ.** Ερωτήσεις Θεωρίας προς απάντηση

## **A. Επαναλήψεις από τον ηλεκτρισμό**

### **Πηγές συνεχούς τάσης - συνεχή ρεύματα**

#### **Ηλεκτρικό φορτίο $q$ ή $Q$**

- Είναι μια φυσική ποσότητα που ούτε καταστρέφεται ούτε δημιουργείται από το μηδέν.
- Μονάδα φορτίου στο (S. I.) είναι το κουλόμπ (1 C) και υποδιαιρέσεις του το μιλι-κουλόμπ ( $1 \text{ mC} = 10^{-3} \text{ C}$ ), το μικροκουλόμπ ( $1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$ ), το νανοκουλόμπ ( $1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$ ) και το πικοκουλόμπ ( $1 \text{ pC} = 10^{-12} \text{ C}$ ).
- Φορτίο ηλεκτρονίου  $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , φορτίο πρωτονίου  $q_p = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ( $|q_e| = |q_p|$ ).
- Το ελεύθερο ηλεκτρικό φορτίο στη φύση είναι κβαντωμένο δηλ. είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του φορτίου του ηλεκτρονίου ή του φορτίου του πρωτονίου.
- Τα υλικά διακρίνονται κυρίως σε αγωγούς και μονωτές. Οι αγωγοί έχουν μεγάλο πλήθος ελεύθερων ηλεκτρονίων, δηλ. ηλεκτρονίων που έφυγαν από την έλξη των πυρήνων και περιφέρονται στη μάζα του αγωγού. Αγωγοί είναι π.χ. τα μέταλλα που λόγω των ελεύθερων ηλεκτρονίων επιτρέπουν τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από τη μάζα τους. Οι μονωτές δεν έχουν μεγάλο πλήθος ελεύθερων ηλεκτρονίων και δεν επιτρέπουν τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος από τη μάζα τους.

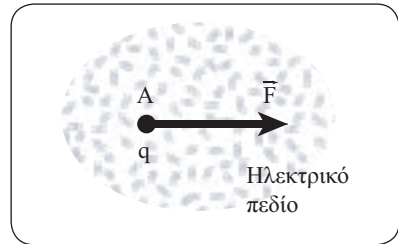
- Δύο σημειακά φορτία  $q_1, q_2$  που βρίσκονται σε απόσταση  $r$  αλληλεπιδρούν με δύναμη Coulomb μέτρου:

$$F = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

## Ηλεκτρικό πεδίο

### α. Ένταση ( $\vec{\mathcal{E}}$ )

- Ηλεκτρικό πεδίο είναι ο χώρος μέσα στον οποίο αν φέρουμε φορτίο  $q$  θα δεχθεί ηλεκτρική δύναμη.
- Το ηλεκτρικό πεδίο δημιουργείται από άλλα ηλεκτρικά φορτία που ασκούν τη δύναμη στο  $q$ .
- Κάθε ηλεκτρικό φορτίο  $q$  είτε είναι ακίνητο, είτε κινείται δημιουργεί ηλεκτρικό πεδίο.
- Ένα από τα βασικά στοιχεία του ηλεκτρικού πεδίου είναι η έντασή του  $\vec{\mathcal{E}}$  σε ένα σημείο του. Αν σε ένα σημείο A του ηλεκτρικού πεδίου τοποθετήσουμε ένα φορτίο  $q$  το φορτίο θα δεχθεί δύναμη  $\vec{F}$  από το πεδίο. Ένταση  $\vec{\mathcal{E}}$  του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο A είναι το πηλίκο:



$$\vec{\mathcal{E}} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (1)$$

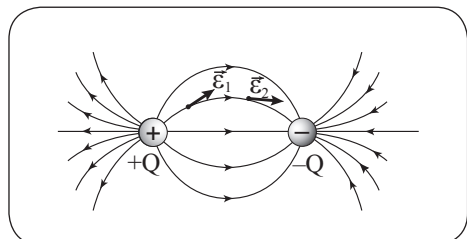
- Η ένταση  $\vec{\mathcal{E}}$  είναι διάνυσμα ομόρροπο στην  $\vec{F}$  αν  $q > 0$  και αντίρροπο στην  $\vec{F}$  αν είναι  $q < 0$ .
- Από την (1) προκύπτει ότι το μέτρο της έντασης είναι:

$$\mathcal{E} = \frac{F}{|q|} \quad (2)$$

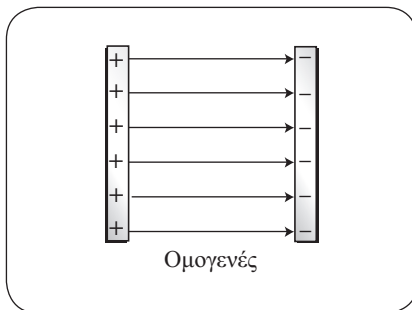
και από τη (2) παίρνουμε τη μονάδα έντασης στο (S.I.):

$$\mathcal{E} \rightarrow 1 \frac{\text{N}}{\text{C}} \quad (\text{άλλη μονάδα έντασης} \rightarrow 1 \text{ Volt / m}).$$

- Ηλεκτρική δυναμική γραμμή είναι μια νοητή γραμμή που ξεκινάει από θετικό φορτίο και καταλήγει σε αρνητικό φορτίο. Σε κάθε σημείο της δυναμικής γραμμής η ένταση  $\vec{\mathcal{E}}$  του πεδίου εφάπτεται στη γραμμή και έχει τη φορά της.



- Οι ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές είναι ανοικτές (ξεκινούν από θετικά φορτία και καταλήγουν σε αρνητικά), δεν τέμνονται, σε κάθε σημείο τους η ένταση εφάπτεται σ' αυτές και εκεί που είναι πιο πυκνές (π.χ. στο προηγούμενο σχήμα κοντά στα φορτία) εκεί η ένταση είναι μεγαλύτερη.
- Ένα ηλεκτρικό πεδίο είναι **ομογενές** όταν η ένταση  $\vec{E}$  είναι ίδια σε όλη του την έκταση. Στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο οι δυναμικές γραμμές είναι παράλληλες και ισαπέχουν. Αν το πεδίο δεν είναι ομογενές, λέγεται **ανομοιογενές**. Με τις δυναμικές γραμμές αισθητοποιούμε το ηλεκτρικό πεδίο και η εικόνα του λέγεται **φάσμα** του πεδίου.



### β) Το δυναμικό ( $V$ ) του πεδίου

Άλλο ένα βασικό μέγεθος του ηλεκτρικού πεδίου σε ένα σημείο του είναι το **δυναμικό** του ( $V$ ).

- Το δυναμικό είναι μονόμετρο μέγεθος και έχει ως μονάδα του στο (S.I.) το Volt (1V).
- Ενδιαφέρον έχει η **διαφορά δυναμικού** (ή **τάση**)  $V_{AB}$  μεταξύ δύο σημείων A και B του πεδίου όπου

$$V_{AB} = V_A - V_B$$

και προφανώς έχει μονάδα στο (S.I.) το 1 Volt.

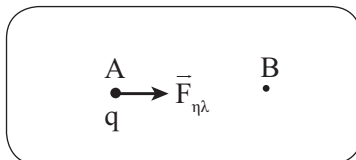
- Αν ένα φορτίο  $q$  μεταφερθεί από ένα σημείο A σε ένα σημείο B του πεδίου η δύναμη που ασκεί το πεδίο στο φορτίο εκτελεί ένα έργο  $W_{AB}$ . Τότε ισχύει:

$$V_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$$

Αν θέσουμε  $V_{AB} = V$  και  $W_{AB} = W$  τότε  $V = \frac{W}{q}$  ή  $W = V \cdot q$

### Παράδειγμα

Δύο σημεία A, B βρίσκονται σε ηλεκτρικό πεδίο και η διαφορά δυναμικού μεταξύ τους είναι  $V_{AB} = V = 40 \text{ V}$ . Φορτίο  $q = 1,6 \mu\text{C}$  και μάζας  $m = 3,2 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$  αφήνεται στο A ( $v_0 = 0$ ) και επιταχύνεται.



νεται υπό την επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου. Να βρείτε με ποια ταχύτητα θα φτάσει στο Β. Το βάρος να θεωρηθεί ασήμαντο.

**Λύση**

- Με ΘΜΚΕ  $A \rightarrow B$ :  $K_B - K_A = W_{F_{\eta\lambda}}$  ή  $\frac{1}{2}mv^2 - 0 = W_{F_{\eta\lambda}}$

$$\text{Αλλά } W_{F_{\eta\lambda}} = V \cdot q \text{ οπότε από την (1) : } \frac{1}{2}mv^2 = V \cdot q \text{ ή } v = \sqrt{\frac{2Vq}{m}}$$

- Με αντικατάσταση βρίσκουμε  $v = 200 \text{ m/s}$

## Πυκνωτές

- **Πυκνωτή** λέμε ένα σύστημα δύο αγωγών που δεν συνδέονται αγωγίμα μεταξύ τους.
- Οι αγωγοί του πυκνωτή λέγονται **οπλισμοί** του.
- Στους δύο οπλισμούς του πυκνωτή μπορούμε να αποθηκεύσουμε αντίθετα φορτία  $+Q$  (θετικός οπλισμός) και  $-Q$  (αρνητικός οπλισμός). Λέμε τότε ότι ο πυκνωτής είναι φορτισμένος με φορτίο  $|+Q| = |-Q| = Q$
- Δηλαδή ο πυκνωτής είναι αποθήκη φορτίου άρα και ηλεκτρικής δυναμικής ενέργειας.
- Οι πυκνωτές έχουν ευρεία χρήση σε ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά κυκλώματα.
- Αν  $Q$  είναι το φορτίο του πυκνωτή και  $V$  η τάση μεταξύ των οπλισμών του ονομάζουμε χωρητικότητα  $C$  του πυκνωτή το σταθερό πηλίκο:

$$C = \frac{Q}{V} \quad (1)$$

Η χωρητικότητα  $C$  είναι χαρακτηριστικό στοιχείο κάθε πυκνωτή, είναι μονόμετρο μέγεθος και έχει ως μονάδα του στο (S.I.) το φαραντ (1F) που λόγω της (1) είναι:

$$1F = 1 \frac{C}{V}$$

- Υποδιαιρέσεις του 1 F είναι: το μιλιφαρντ ( $1mF = 10^{-3} F$ ), το μικροφαρντ ( $1\mu F = 10^{-6} F$ ), το νανοφαρντ ( $1nF = 10^{-9} F$ ) και το πικοφαρντ ( $1pF = 10^{-12} F$ ).
- Όταν οι οπλισμοί του πυκνωτή είναι μεταλλικοί επίπεδοι αγωγοί ακριβώς ίδιοι και παράλληλοι μεταξύ τους τότε ο πυκνωτής λέγεται επίπεδος πυκνωτής. Μεταξύ των οπλισμών του φορτισμένου αυτού πυκνωτή δημιουργείται ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης

$$\mathcal{E} = \frac{V}{\ell}$$



Συμβολισμός πυκνωτή