# ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

## Νόμος Coulomb

Η δύναμη που ασκείται ανάμεσα σε δύο ηλεκτρικά φορτία $q_1$, $q_2$ είναι ανάλογη με το γινόμενο των φορτίων και αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της μεταξύ τους απόστασης. Η διεύθυνση της δύναμης είναι πάνω στην ευθεία που ενώνει τα δύο φορτία και είναι ελκτική αν τα φορτία είναι ετερώνυμα ή απωστική αν τα φορτία είναι ομώνυμα.

$$F = k\frac{|Q_1Q_2|}{r^2}$$

Όπου $k = 9\,10^9\,\frac{Nm^2}{C^2}$

## Παράδειγμα 1

Στο άτομο του υδρογόνου όπου ένα ηλεκτρόνιο περιφέρεται σε κυκλική τροχιά ακτίνας r γύρω από ένα πρωτόνιο, να υπολογίσετε:
α) Τη δύναμη που ασκείται στο ηλεκτρόνιο από τον πυρήνα
β) Την ταχύτητα περιφοράς του ηλεκτρονίου
γ) Η συχνότητα περιφοράς του ηλεκτρονίου

## Ηλεκτρικό πεδίο

Ηλεκτρικό πεδίο είναι ο χώρος που έχει την ιδιότητα να ασκεί δύναμη Coulomb σε κάθε ηλεκτρικό φορτίο που βρίσκεται σ' αυτόν.

## Ένταση του ηλεκτρικού πεδίου

Ένταση του ηλεκτρικού πεδίου σ' ένα σημείο είναι το διανυσματικό μέγεθος Ε το οποίο έχει μέτρο το πηλίκο της δύναμης που ασκείται σ' ένα δοκιμαστικό φορτίο q δια το φορτίο q. Η κατεύθυνσή της ταυτίζεται με την κατεύθυνση της δύναμης αν το φορτίο είναι θετικό.

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

Μονάδα μέτρησης της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι το $1\frac{N}{C}$.

## Ένταση ηλεκτρικού πεδίου σημειακού φορτίου Q (πεδίο Coulomb)

Θεωρούμε ένα φορτίο Q το οποίο δημιουργεί ηλεκτρικό πεδίο στον χώρο γύρω του. Σε απόσταση r φέρνουμε ένα μικρό δοκιμαστικό φορτίο q. Η δύναμη που ασκείται στο φορτίο είναι:

$$F = k\frac{Qq}{r^2} \quad (1)$$

Η ένταση του πεδίου σ' αυτό το σημείο είναι:

$$E = \frac{F}{q} \xrightarrow{1} E = \frac{k\frac{Qq}{r^2}}{q} \Rightarrow E = k\frac{Q}{r^2}$$

## Παράδειγμα 2

Στα άκρα ευθύγραμμου τμήματος ΑΒ=30cm τοποθετούνται τα φορτία +q και +4q. Προσδιορίστε τη θέση ενός σημείου του ευθυγράμμου τμήματος ΑΒ όπου η ένταση του πεδίου είναι μηδέν.

## Παράδειγμα 3

Στις απέναντι κορυφές τετραγώνου πλευράς α=3m τοποθετούνται τα φορτία +3μC και +4μC. Βρείτε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στις δύο άλλες κορυφές του τετραγώνου.

## Δυναμικές γραμμές

Χρησιμοποιούμε τις δυναμικές γραμμές για να παραστήσουμε το ηλεκτρικό πεδίο. Οι δυναμικές γραμμές έχουν τις παρακάτω ιδιότητες:
α) Σε κάθε σημείο της δυναμικής γραμμής η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι εφαπτόμενη.
β) Οι δυναμικές γραμμές είναι ανοικτές γραμμές με αρχή τα θετικά φορτία και τέλος τα αρνητικά φορτία.
γ) Οι δυναμικές γραμμές δεν τέμνονται.
δ) Η πυκνότητα των δυναμικών γραμμών εκφράζει το μέτρο της έντασης του πεδίου.

## Ηλεκτρική δυναμική ενέργεια

Φορτίο q που βρίσκεται μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο στο σημείο Α, έχει ηλεκτρική δυναμική ενέργεια ίση με το έργο της δύναμης του πεδίου (που ασκείται πάνω στο φορτίο) κατά την μετακίνηση του φορτίου από το Α σε άπειρη απόσταση.

$$U_A = W_{A\to\infty}.$$

Φορτίο q που μετακινείται από ένα σημείο Α σε ένα άλλο σημείο Β εντός ηλεκτρικού πεδίου, μεταβάλλεται η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια:

$$\Delta U = -W_{A\to B} \Rightarrow U_A - U_B = W_{A\to B}$$

Φορτίο Q δημιουργεί γύρω του ηλεκτρικό πεδίο. Στο σημείο Α, που απέχει απόσταση r από το φορτίο Q, βρίσκεται δοκιμαστικό φορτίο q. Η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων είναι:

$$U_A = k\frac{Qq}{r}$$

## Δυναμικό ηλεκτρικού πεδίου

Δυναμικό ενός σημείου Α του ηλεκτρικού πεδίου είναι το μονόμετρο φυσικό μέγεθος το οποίο ισούται με το πηλίκο της ηλεκτρικής δυναμικής ενέργειας ενός φορτίου q στο σημείο αυτό δια του φορτίου q.

$$V_A = \frac{U_A}{q} \Rightarrow V_A = \frac{W_{A\to\infty}}{q}$$

Μονάδα μέτρησης του δυναμικού είναι το $1V = 1\frac{J}{C}$.

Φορτίο Q δημιουργεί γύρω του ηλεκτρικό πεδίο. Στο σημείο Α, που απέχει απόσταση r από το φορτίο Q το δυναμικό είναι:

$$V_A = k\frac{Q}{r}$$

## Διαφορά δυναμικού

Έστω δοκιμαστικό φορτίο q μετακινείται από ένα σημείο Α σε ένα σημείο Β εντός ηλεκτρικού πεδίου. Διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων Α,Β του ηλεκτρικού πεδίου είναι:

$$V_{AB} = V_A - V_B = \frac{U_A - U_B}{q} = \frac{W_{A\to B}}{q}$$

Διαφορά δυναμικού $V_{AB}$ μεταξύ δύο σημείων Α,Β του ηλεκτρικού πεδίου είναι το πηλίκο του έργου της ηλεκτρικής δύναμης για τη μεταφορά ενός φορτίου q από το σημείο Α στο σημείο Β δια του φορτίου q.

$$V_{AB} = \frac{W_{A\to B}}{q}$$

## Πυκνωτής

Πυκνωτής είναι μία συσκευή η οποία αποτελείται από δύο μονωμένους αγωγούς σε μικρή απόσταση μεταξύ τους και έχει την ιδιότητα να αποθηκεύει ηλεκτρικά φορτία και ηλεκτρική ενέργεια.

## Χωρητικότητα πυκνωτή

Χωρητικότητα ενός πυκνωτή είναι το μονόμετρο φυσικό μέγεθος το οποίο ισούται με το σταθερό πηλίκο του φορτίου ενός πυκνωτή δια της διαφοράς δυναμικού στους δύο οπλισμούς του.

$$C = \frac{Q}{V}$$

Μονάδα μέτρησης της χωρητικότητας είναι το $1F = 1\frac{C}{V}$

### Χωρητικότητα επίπεδου πυκνωτή

Επίπεδος πυκνωτής με οπλισμούς εμβαδού S που βρίσκονται σε απόσταση l έχει χωρητικότητα:

$$C = \varepsilon\varepsilon_o \frac{S}{l}$$

όπου ε: η διηλεκτρική σταθερά του μονωτικού υλικού (καθαρός αριθμός)
$\varepsilon_o$=8,85 $10^{-12}$ $C^2/Nm^2$. (Απόλυτη διηλεκτρική σταθερά του κενού)

### Παράδειγμα 4

Πυκνωτής χωρητικότητας 90μF συνδέεται με μπαταρία 12 V. Βρείτε πόσα ηλεκτρόνια μεταφέρθηκαν από τον ένα οπλισμό στον άλλο.

### Ενέργεια φορτισμένου πυκνωτή.

Πυκνωτής χωρητικότητας C, φορτισμένος με φορτίο Q και έχοντας διαφορά δυναμικού V μεταξύ των οπλισμών του έχει ενέργεια:

$$U = \frac{QV}{2}$$

Αν λάβουμε υπόψιν τη σχέση $C = \frac{Q}{V}$ έχουμε:

$$U = \frac{CV^2}{2}$$ και

$$U = \frac{Q^2}{2C}$$

### Σχέση ένταση διαφοράς δυναμικού σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο

Έστω φορτίο +q αφήνεται σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο να διανύει απόσταση d, όπου η διαφορά δυναμικού είναι V. Το έργο που παράγεται είναι:

$$\left.\begin{array}{l} W = Fd \Rightarrow W = Eqd \\ \text{Επίσης το έργο είναι:} \\ W = Vq \end{array}\right\} \quad Eqd = Vq \Rightarrow E = \frac{V}{d}$$

### Παράδειγμα 5

Οι οπλισμοί επίπεδου πυκνωτή απέχουν απόσταση d=5cm και η διαφορά δυναμικού ανάμεσά τους είναι V=40V. Στο θετικό οπλισμό αφήνουμε ένα φορτίο q=8μC. Υπολογίστε:
α) Την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου ανάμεσα στις πλάκες
β) Τη δύναμη που ασκείται στο ηλεκτρικό φορτίο q
γ) Το έργο της δύναμης Coulomb κατά την κίνηση του φορτίου από το θετικό οπλισμό μέχρι τον αρνητικό

### Ασκήσεις

1) Στα άκρα ευθύγραμμου τμήματος AB=10cm τοποθετούνται τα φορτία +6μC και +4μC. Βρείτε τη δύναμη που ασκείται σε φορτίο 2μC που τοποθετείται στο μέσο του AB.

2) Μεταξύ δύο οριζόντιων μεταλλικών πλακών απόστασης d=2cm, αιωρείται μια σταγόνα μάζας $m=10^{-4}$Kg και φορτίου $q=+4\ 10^{-8}$C.
α) Σχεδιάστε τη πολικότητα των πλακών ώστε η σταγόνα να ισορροπεί
β) Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται πάνω στη σταγόνα ώστε η σταγόνα να ισορροπεί
γ) Υπολογίστε την τάση μεταξύ των πλακών ώστε η σταγόνα να ισορροπεί

3) Οι οπλισμοί επίπεδου φορτισμένου πυκνωτή απέχουν d=5cm. Ηλεκτρόνιο ξεκινά από τον αρνητικό οπλισμό χωρίς αρχική ταχύτητα και φτάνει στο θετικό με ταχύτητα υ=4000Km/s. Βρείτε τη τάση και την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ των οπλισμών.
Δίνονται $|e|=1,6\ 10^{-19}$C $m_e=9\ 10^{-31}$Kg.

4) Χαρακτηρίστε με Σ τις σωστές και Λ τις λανθασμένες προτάσεις:
- Το ηλεκτρικό πεδίο ανάμεσα στους οπλισμούς ενός επίπεδου πυκνωτή είναι ομογενές.
- Οι δυναμικές γραμμές ηλεκτροστατικού πεδίου έχουν πάντα φορά από τα αρνητικά προς τα θετικά φορτία
- Οι δυναμικές γραμμές ηλεκτροστατικού πεδίου είναι πάντοτε ευθύγραμμες.
- Ο πυκνωτής είναι σύστημα δύο αγωγών σε επαφή.
- Ο πυκνωτής είναι μια συσκευή που αποθηκεύει ηλεκτρικά φορτία.
- Η χωρητικότητα του πυκνωτή είναι είναι ανάλογη του ηλεκτρικού του φορτίου.
- Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι ανεξάρτητη του δοκιμαστικού φορτίου q

5) Το παρακάτω σχήμα δείχνει την κατεύθυνση μιας δυναμικής γραμμής ενός ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου Ε.

Το μέτρο Ε της έντασης του πεδίου είναι 10N/C. Τα δυναμικά των σημείων Α και Β είναι 10 V και 8 V, αντίστοιχα. Στο σημείο Α αφήνεται ένα θετικό ηλεκτρικό φορτίο $q=10^{-3}$C. Να υπολογιστεί:
α) Το μέτρο της δύναμης που ασκεί το πεδίο στο φορτίο q
β) Το έργο της δύναμης του πεδίου για τη μετακίνηση του φορτίου q από το σημείο Α μέχρι το σημείο Β.
γ) Το δυναμικό του σημείου Γ, αν το έργο της δύναμης του πεδίου, κατά τη μετακίνηση του φορτίου q από το σημείο Α μέχρι το σημείο Γ, είναι τετραπλάσιο από το έργο της δύναμης του πεδίου κατά τη μετακίνηση του φορτίου από το σημείο Α μέχρι το σημείο Β. (Πανελλαδικές β΄ Λυκείου 2000)

6) Δύο ακλόνητα σημειακά φορτία +Q και -Q, με $Q=10^{-6}$ C είναι τοποθετημένα στα σημεία Α και Β όπως φαίνεται στο σχήμα. Η απόσταση ΑΒ είναι ίση με 0,4 m.
Δίνεται η σταθερά Κ (ή $K_C$ ) = $9\cdot10^9$ $N\cdot m^2/C^2$
Αφού μεταφέρετε το σχήμα στο τετράδιό σας,

α) Να υπολογίσετε τη δύναμη που ασκεί το καθένα φορτίο στο άλλο και να σχεδιαστούν οι δυνάμεις αυτές.
β) Να υπολογίσετε και να σχεδιάσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που οφείλεται στα δύο φορτία, στο σημείο Γ μεταξύ των σημείων Α και Β, που απέχει απόσταση ίση προς ΑΒ/4 από το σημείο Α.
γ) Να υπολογίσετε και να σχεδιάσετε τη δύναμη που ασκείται σε σημειακό φορτίο $q = -2\cdot10^{-9}$ C στο σημείο Γ θεωρώντας ότι το φορτίο q δεν επηρεάζει το ηλεκτρικό πεδίο.
(Πανελλαδικές β΄ Λυκείου 2001)

7) Πυκνωτής χωρητικότητας C είναι φορτισμένος με φορτίο Q και η τάση στους οπλισμούς του είναι V. Αν η τάση στους οπλισμούς του διπλασιαστεί, τότε το φορτίο του
α. παραμένει σταθερό
β. διπλασιάζεται
γ. υποδιπλασιάζεται
δ. τετραπλασιάζεται. (Πανελλαδικές β΄ Λυκείου 2001)