

ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Ηλεκτρικό φορτίο: Λέγεται κάθε φυσικό μέγεθος στο οποίο οφείλονται οι ηλεκτρικές ιδιότητες των σωμάτων. Συμβολίζεται με το γράμμα Q και μονάδα μέτρησης του είναι το C (Coulomb).

→ Υπάρχουν δύο είδη ηλεκτρικών φορτίων το **θετικό** και το **αρνητικό**. Τα ετερόνυμα έλκονται ενώ τα ομώνυμα απωθούνται.

→ Τα σώματα ανάλογα με το τι φορτίο φέρουν, διακρίνονται σε θετικά ηλεκτρισμένα ή αρνητικά ηλεκτρισμένα.

Γενικά ένα σώμα για να ηλεκτρισθεί δηλαδή να αποκτήσει φορτίο μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους:

- ✚ Με τριβή (έχουμε μεταφορά ηλεκτρονίων από το ένα σώμα στο άλλο. Όταν μια γυάλινη ράβδος της τρίψουμε με μεταξωτό ύφασμα τότε αρνητικά φορτία μεταφέρονται στο ύφασμα).
- ✚ Με επαφή (Όταν μια φορτισμένη ράβδος έρχεται σε επαφή με ένα σώμα αφόρτιστο τότε φεύγουν ή έρχονται σε αυτή ηλεκτρόνια. Το άθροισμα των φορτίων των δύο σωμάτων τελικά θα είναι ίσο με το φορτίο που είχε αρχικά η φορτισμένη ράβδος).
- ✚ Με επαγωγή (χωρίς δηλαδή να έρθει σε επαφή με άλλα σώματα). (Αν ένα αφόρτιστο αγωγό το φέρουμε κοντά σε ένα φορτισμένο αγωγό τότε παρατηρούμε μια έλξη. Αυτό οφείλεται στο διαχωρισμό των φορτίων που γίνεται πάνω στον αφόρτιστο αγωγό. Στην μεριά της φορτισμένης ράβδου βρίσκονται αντίθετα φορτία από αυτά που φέρει με αποτέλεσμα να έλκει τον αφόρτιστο αγωγό).

Όργανα με τα οποία μπορούμε να ανιχνεύσουμε φορτίο είναι:

- ✚ Το ηλεκτροσκόπιο (μπορούμε να ανιχνεύσουμε φορτίο με επαφή ή με επαγωγή. Η φόρτιση με επαφή είναι μόνιμη ενώ με επαγωγή είναι παροδική).
- ✚ Το ηλεκτρικό εκκρεμές (με αυτό παρατηρούμε φαινόμενα έλξης ή άπωσης που οφείλονται στα ηλεκτρικά φορτία).

→ Τα σώματα ανάλογα με το αν επιτρέπουν ή όχι την διέλευση του φορτίου διαμέσου τους διακρίνονται σε **αγωγούς** (π.χ. μέταλλα, ηλεκτρολύτες, το ανθρώπινο σώμα, η Γη κ.τ.λ) και **μονωτές** (π.χ. ξύλο, γυαλί, πλαστικά, κ.τ.λ.). Υπάρχει μια ενδιάμεση κατηγορία σωμάτων που επιτρέπουν την διέλευση του ηλεκτρικού φορτίου κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις και λέγονται **ημιαγωγοί** (π.χ. γερμάνιο, πυρίτιο κ.τ.λ.)

Νόμος του Coulomb

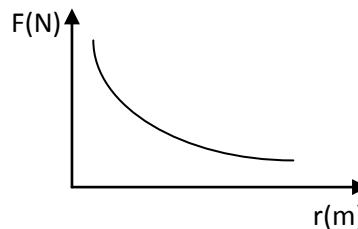
Πρώτος ο Coulomb ασχολήθηκε με τις ηλεκτρικές δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ δύο φορτισμένων σωματιδίων. Διαπίστωσε ότι αυτή η δύναμη μειωνόταν με το τετράγωνο της απόστασης όπως ακριβώς και η βαρυτική. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι δυνάμεις αυτές είναι ανάλογες του γινομένου των δύο φορτίων και αντιστρόφως ανάλογες του τετραγώνου της μεταξύ τους απόστασης, κάτι ανάλογο με το νόμο του Νεύτωνα

→ Η δύναμη με την οποία έλκονται ή απωθούνται δύο σημειακά φορτία είναι ανάλογη του γινομένου των δύο φορτίων και αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της μεταξύ τους απόστασης. Δίνεται από την σχέση:

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

όπου K η ηλεκτρική σταθερά η οποία είναι ίση με $9 \cdot 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$. Εξαρτάται από το σύστημα μονάδων που χρησιμοποιούμε και από το μέσο στο οποίο βρίσκονται τα ηλεκτρικά φορτία.

Για δύο σημειακά φορτία η δύναμη Coulomb ακολουθεί το νόμο του αντιστρόφου του τετραγώνου δηλαδή ισχύει $F = \text{σταθ.} \cdot 1/r^2$ όπου $\text{σταθ.} = K \cdot |q_1| \cdot |q_2|$. Το διάγραμμα φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



→ Ηλεκτρικό πεδίο

Ονομάζουμε μια περιοχή του χώρου γύρω από ένα φορτίο όπου αν αφήσουμε ελεύθερο ένα φορτίο θα ασκηθεί πάνω του μια δύναμη.

Αν η δύναμη που ασκείται πάνω στο ελεύθερο φορτίο οφείλεται σε ακίνητο ηλεκτρικό φορτίο και η δύναμη είναι χρονικά σταθερή τότε το πεδίο καλείται **ηλεκτροστατικό**.

«Το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργεί ένα φορτίο Q υπάρχει ανεξάρτητα από την ύπαρξη ή όχι του υποθέματος (δοκιμαστικού φορτίου)»

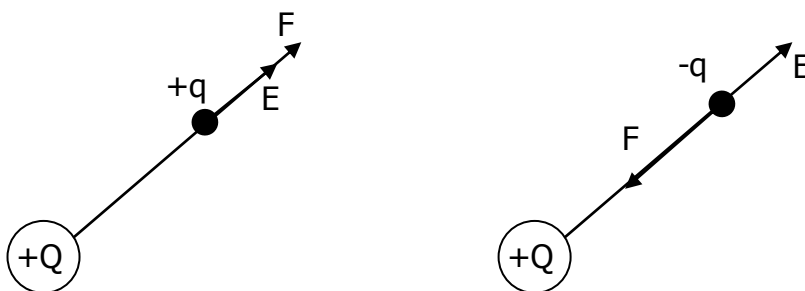
Το μέγεθος το οποίο εκφράζει την ικανότητα του πεδίου να ασκεί δύναμη λέγεται **ένταση** **Ένταση ηλεκτρικού πεδίου**. Λέγεται το διανυσματικό μέγεθος το μέτρο του οποίου δίνεται από το σταθερό πηλίκο της δύναμης που ασκείται πάνω σε ένα δοκιμαστικό φορτίο δια το φορτίο αυτό.

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

έχει διεύθυνση και φορά τη διεύθυνση και την φορά της δύναμης που δέχεται ένα υποθετικό θετικό φορτίο. Μονάδα μέτρησης το 1N/C.

Από τον ορισμό της έντασης $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ διαπιστώνουμε ότι η κατεύθυνση της δύναμης

συμπίπτει με την κατεύθυνση της έντασης αν το δοκιμαστικό φορτίο είναι θετικό, ενώ είναι αντίθετη αν το δοκιμαστικό φορτίο είναι αρνητικό.



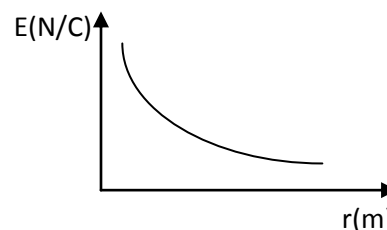
→ Το μέτρο της έντασης σε κάποιο σημείο του ηλεκτρικού πεδίου μας δείχνει πόσο ισχυρό είναι το πεδίο στο σημείο αυτό.

Το μέτρο της έντασης ενός ηλεκτροστατικού πεδίου δίνεται από την σχέση:

$$E = \frac{F}{q} = K \cdot \frac{|Q|}{r^2}$$

όπου Q το φορτίο που δημιουργεί το πεδίο.

Όπως και η δύναμη έτσι και το μέτρο της έντασης υπακούει στο νόμο του αντιστρόφου του τετραγώνου και η γραφική παράσταση σε συνάρτηση με την απόσταση από την πηγή του πεδίου φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

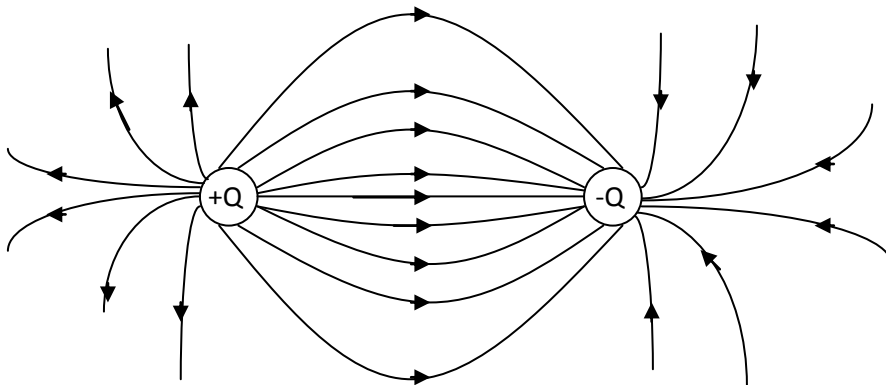


→ ένα ηλεκτρικό πεδίο παριστάνεται με τις ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές. Οι ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές είναι νοητές γραμμές όπου το διάνυσμα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι εφαπτόμενο σε αυτές και έχει φορά την φορά της.
με τις ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές μπορούμε να συμπεράνουμε πότε το πεδίο μας είναι ισχυρό (πυκνές ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές) και πότε είναι ασθενές (αραιές ηλεκτρικές γραμμές).

- ✚ Οι ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές που δημιουργούνται από σημειακό ηλεκτρικό φορτίο είναι ευθείες που καταλήγουν στο φορτίο αν αυτό είναι αρνητικό ή ξεκινούν από το φορτίο αν αυτό είναι θετικό.



- ✚ Στο πεδίο που δημιουργείται από δύο σημειακά ηλεκτρικά φορτία οι ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές είναι γενικά καμπύλες που ξεκινούν από το θετικό φορτίο και καταλήγουν στο αρνητικό αν αυτά είναι ετερόνυμα.



→ Ιδιότητες ηλεκτρικών δυναμικών γραμμών

- ✚ Είναι ανοικτές, ξεκινούν από θετικά φορτία και καταλήγουν σε αρνητικά φορτία
- ✚ Δεν τέμνονται και δεν εφάπτονται
- ✚ Η ένταση του πεδίου έχει μεγαλύτερο μέτρο στις περιοχές του χώρου όπου είναι πιο πυκνές.

Σε ένα ηλεκτρικό πεδίο όπου οι ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές είναι ισαπέχουσες και η ένταση του είναι παντού η ίδια τότε καλείται **ομογενές** (π.χ. παράλληλες πλάκες όπου η διεύθυνση της έντασης είναι κάθετη στα επίπεδα των δύο πλακών και η φορά της έντασης είναι πάντα από τη θετική πλάκα προς την αρνητική πλάκα). Στη περίπτωση που η ένταση του πεδίου δεν είναι σταθερή το πεδίο λέγεται **ανομοιογενές** (π.χ. το πεδίο από δύο αντίθετα ηλεκτρικά φορτία).

Ηλεκτρική δυναμική ενέργεια

Ορισμός: Ηλεκτρική δυναμική ενέργεια ενός φορτίου που βρίσκεται σε κάποιο σημείο A ηλεκτρικού πεδίου ορίζεται ως η ενέργεια που αποκτά το φορτίο όταν μεταφέρεται με σταθερή ταχύτητα από το άπειρο στο σημείο αυτό.

→ Η ενέργεια αυτή είναι αριθμητικά ίση και αντίθετη με το έργο που καταναλώνει το ηλεκτρικό πεδίο κατά την μετακίνηση του φορτίου από το άπειρο προς το σημείο με την προϋπόθεση ότι η ταχύτητα του φορτίου δεν μεταβάλλεται.

$$E_{ηλ.} = -W_{\infty, A}$$

Ανάλογα με το πρόσημο της ηλεκτρικής δυναμικής ενέργειας μπορούμε να συμπεράνουμε κατά πόσο ένα θετικά φορτισμένο σωματίδιο πάει στην θέση που θεωρούμε ότι η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια είναι μηδέν ή όχι χωρίς δαπάνη ενέργειας. Θετική ηλεκτρική δυναμική ενέργεια πάει το θετικά φορτισμένο σωματίδιο χωρίς δαπάνη ενέργειας στο άπειρο όπου θεωρείται μηδέν η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια ενώ αρνητική δυναμική ενέργεια χρειάζεται δαπάνη ενέργειας για να συμβεί η μετακίνηση του θετικού φορτισμένου σωματιδίου στο άπειρο.

Δυναμικό του σημείου A

Η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια ανά μονάδα φορτίου που αντιστοιχεί σε ένα σημείο A ηλεκτρικού πεδίου ονομάζεται δυναμικό V_A του σημείου αυτού. Το δυναμικό είναι μονόμετρο μέγεθος και για ηλεκτροστατικό πεδίο δίνεται από την σχέση:

$$V_A = \frac{E_{ηλ.}}{q} = \frac{W_{A,\infty}}{q} = -\frac{W_{\infty,A}}{q} = K \cdot \frac{Q}{r}$$

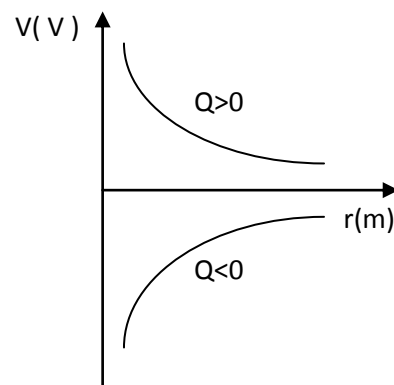
Μονάδα μέτρησης $1V=1J/C$

→ Άρα 1V είναι το δυναμικό που επικρατεί σε ένα σημείο του ηλεκτρικού πεδίου, όταν το έργο που καταναλώνει το πεδίο κατά την μεταφορά φορτίου 1C από το άπειρο στο σημείο αυτό είναι ίσο με 1J.

Το δυναμικό που δημιουργείται από θετικό φορτίο είναι θετικό ενώ το δυναμικό που δημιουργείται από αρνητικό φορτίο είναι αρνητικό.

→ Γενικά ένα θετικό φορτίο που αφήνεται ελεύθερο σε ηλεκτρικό πεδίο κινείται από σημείο ψηλότερου δυναμικού σε σημείο χαμηλότερου δυναμικού, ενώ ένα αρνητικό φορτίο κινείται από σημεία χαμηλότερου δυναμικού σε σημεία ψηλότερου δυναμικού.

Η γραφική παράσταση του δυναμικού σε συνάρτηση με την απόσταση r από το φορτίο Q που δημιουργεί το πεδίο φαίνεται στο διπλανό διάγραμμα.



Διαφορά δυναμικού

Διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων A και B ενός ηλεκτρικού πεδίου ορίζεται ως το έργο $W_{A,B}$ που καταναλώνει ή παράγει το πεδίο ανά μονάδα θετικού φορτίου, όταν το θετικό φορτίο μετακινείται από το A του πεδίου στο σημείο B.

$$\Delta V = \frac{\Delta E_{ηλ}}{q} = \frac{-W_{A,B}}{q} = V_B - V_A$$

Η σχέση αυτή δείχνει ότι το έργο $W_{A,B}$ δεν εξαρτάται από την τροχιά που ακολουθεί το φορτίο κατά την κίνηση του από το ένα στο άλλο σημείο.

$$\text{Άρα } W_{A,B} = -q \cdot (V_B - V_A) \quad \text{ή} \quad W_{A,B} = q \cdot (V_A - V_B)$$

→ Τόσο το δυναμικό όσο και η διαφορά δυναμικού έχουν σχέση με το έργο.

Από τον ορισμό του δυναμικού $V_\Sigma = -\frac{W_{\infty,\Sigma}}{q}$ και του έργου $W_{\infty,\Sigma} = -K \frac{Q \cdot q}{r}$ το

δυναμικό δίνεται από την σχέση

$$V_\Sigma = -\frac{W_{\infty,\Sigma}}{q} = K \cdot \frac{Q}{r}$$