

ΘΕΩΡΙΑ 1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΦΥΣΙΚΗ ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ

Στη φύση υπάρχουν διάφορα σώματα με ποικίλες ιδιότητες. Μία κατηγορία σωμάτων είναι τα **ηλεκτρισμένα**. Τα σώματα αυτά είχαν μελετηθεί από την αρχαιότητα, όταν παρατήρησαν την ιδιότητα του ήλεκτρου (κεχριμπάρι) να έλκει ελαφρώς αντικείμενα. **Ηλεκτρισμένα ονομάζονται τα σώματα που ασκούν δυνάμεις σε ελαφρύτερα σώματα**. Τα σώματα αυτά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1. Στα θετικά ηλεκτρισμένα σώματα
2. Στα αρνητικά ηλεκτρισμένα σώματα.

Τα θετικά ηλεκτρισμένα σώματα είναι αυτά που παρουσιάζουν ιδιότητες παρόμοιες με μία ηλεκτρισμένη ράβδο από γυαλί.

Τα αρνητικά ηλεκτρισμένα σώματα είναι αυτά που παρουσιάζουν ιδιότητες όμοια με μία ηλεκτρισμένη ράβδο από εβονίτη.

Ηλεκτρικές Δυνάμεις

Οι ηλεκτρικές δυνάμεις είναι είτε θετικές είτε αρνητικές. **Αφού έχουμε λοιπόν δύο είδη δυνάμεων θα έχουμε και δύο είδη φορτίου, το θετικό και το αρνητικό**. Όταν δεν υπάρχει φορτίο το σώμα το λέμε **ουδέτερο**. Προσοχή το ουδέτερο φορτίο δεν είναι είδος φορτίου.

Όπως μάθαμε και στο γυμνάσιο όταν έχουμε δύο φορτία ίδιου τύπου (θετικό-θετικό, αρνητικό-αρνητικό) τότε λέμε ότι τα σώματα είναι ομόσημα. Αντίθετα αν έχουμε δύο φορτία διαφορετικού τύπου (θετικό-αρνητικό) λέμε ότι τα σώματα είναι ετερόσημα. **Τα ομόσημα φορτία απωθούνται και τα ετερόσημα έλκονται**. Όταν δύο σώματα δεν αλληλεπιδρούν ηλεκτρικά τότε καταλαβαίνουμε πως τουλάχιστον ένα από τα δύο είναι ηλεκτρικά ουδέτερο.

Τα ηλεκτρισμένα σώματα παίζουν μεγάλο ρόλο στη δομή της ύλης, αφού αποτελούν το άτομο. Το άτομο αποτελείται από το πυρήνα, στον οποίο βρίσκονται τα πρωτόνια (p) και τα νετρόνια (n). Τα πρωτόνια είναι θετικά φορτισμένα ενώ τα νετρόνια είναι ηλεκτρικά ουδέτερα. Γύρω από τον πυρήνα, σε συγκεκριμένες τροχιές, κινούνται τα ηλεκτρόνια (e), όπου είναι αρνητικά φορτισμένα. Το φορτίο του ηλεκτρονίου είναι το

μικρότερο ηλεκτρικό φορτίο που μπορούμε να βρούμε ελεύθερο στη φύση, $|q_e| = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$. Τα άτομα είναι ηλεκτρικά ουδέτερα, δηλαδή έχουν ίδιο πλήθος πρωτονίων και ηλεκτρονίων.

Τα πρωτόνια και τα νετρόνια δεν μπορούμε να τα εξάγουμε με φυσικό τρόπο από το άτομο, ενώ τα ηλεκτρόνια μπορούμε.

Ένας όργανο που χρησιμοποιούμε προκειμένου να ανιχνεύσουμε ηλεκτρικό φορτίο είναι το ηλεκτροσκόπιο. Αποτελείται από μία μεταλλική ράβδο που στο πάνω άκρο της οποίας είναι στερεωμένο ένα μεταλλικό σφαιρίδιο. Στο μέσο της μεταλλικής ράβδου υπάρχει ένας μεταλλικός δείκτης. Το σύστημα είναι μέσα σε μεταλλικό κουτί. Όταν η μεταλλική ράβδος με το δείκτη φορτισθούν, απωθούνται λόγω του ομόσημου φορτίου τους. Όσο μεγαλύτερο είναι το ηλεκτρικό φορτίο τόσο μεγαλύτερη είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ ράβδου και δείκτη.

Ηλεκτρισμός με τριβή

Τριβουμε δύο σώματα, π.χ. μία γυάλινη ράβδο με ένα μεταξωτό ύφασμα. Τότε ηλεκτρόνια θα φύγουν από την ράβδο και θα μεταφερθούν στο ύφασμα. Η ράβδος λοιπόν θα έχει θετικό φορτίο και το ύφασμα αρνητικό.

Αρκετά καθημερινά φαινόμενα, όπως ο ηλεκτρικός φωτισμός κ.α., οφείλονται στην κίνηση ηλεκτρικών φορτίων. Το σύνολο των φαινομένων αυτών μελετάει ο **Δυναμικός Ηλεκτρισμός**.

Υπάρχουν σώματα που επιτρέπουν τη μετακίνηση ηλεκτρικού φορτίου στο εσωτερικό τους και σώματα που δεν την επιτρέπουν. Τα σώματα που επιτρέπουν την μετακίνηση ονομάζονται **αγωγοί**. Τέτοια είναι τα μέταλλα, οι ηλεκτρολυτικοί αγωγοί, υπεραγωγοί κ.α. Αντίθετα τα σώματα που δεν επιτρέπουν την μετακίνηση στο εσωτερικό τους ονομάζονται **μονωτές**. Τέτοια σώματα είναι το ξύλο, το γυαλί, το καουτσούκι κ.α.

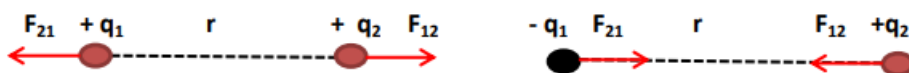
Η μετακίνηση στο εσωτερικό των σωμάτων οφείλεται στα **ελεύθερα ηλεκτρόνια**. Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια είναι ηλεκτρόνια που έχουν ξεφύγει από την έλξη του πυρήνα και κινούνται άτακτα προς όλες τις κατευθύνσεις. Στα ηλεκτρόνια αυτά οφείλεται η **αγωγιμότητα των μετάλλων**.

2 Ηλεκτρική Δύναμη Coulomb

Από τις βασικότερες δυνάμεις στην Φύση είναι εκείνη που ασκείται ανάμεσα σε δύο φορτισμένα σωματίδια. Η δύναμη αυτή είναι η "κόλλα" που συγκρατεί τον πυρήνα και τα ηλεκτρόνια του ατόμου, τα άτομα των μορίων κλπ. **Η δύναμη που ασκεί κάθε σημειακό φορτίο σε ένα άλλο ονομάζεται Δύναμη Coulomb.**

Νόμος του Coulomb

Πειραματικά έχει αποδειχθεί ότι όταν δύο σημειακά φορτία q_1 και q_2 βρίσκονται ακίνητα σε μια απόσταση r μεταξύ τους τότε ασκεί δύναμη το ένα στο άλλο η οποία έχει:



- **Διεύθυνση** πάνω στην ευθεία που ενώνει τα δύο φορτία.
- **Φορά** που εξαρτάται από το είδος των φορτίων. Ελκτική για ετερόσημα φορτία και Απωστική για ομόσημα φορτία.

- **Μέτρο** που είναι ανάλογο του γινομένου των φορτίων και αντιστρόφως ανάλογο της μεταξύ τους απόσταση:

$$F = k_c \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} \quad (2)$$

Όπου $k_c = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ η παγκόσμια σταθερά του Coulomb. Η σταθερά του Coulomb εξαρτάται από το μέσο στο οποίο βρίσκονται τα φορτία. Η παραπάνω τιμή είναι υπολογισμένη για το κενό ή τον αέρα.

Στην παραπάνω σχέση τα φορτία q_1, q_2 μετρώνται σε μονάδες C (**υποπολλαπλάσια**: $1nC = 10^{-9} C, 1\mu C = 10^{-6} C, 1mC = 10^{-3} C$). Επίσης η απόσταση r μετριέται σε m (**υποπολλαπλάσια**: $1cm = 10^{-2} m, 1mm = 10^{-3} m$).

3 Το ηλεκτρικό πεδίο

Η έννοια των "Πεδίων Δυνάμεων"

Στην φύση υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες δυνάμεων, **οι δυνάμεις από επαφή** (π.χ. Τριβή) και **οι δυνάμεις από απόσταση** (π.χ. Δύναμη Coulomb). Οι δυνάμεις από απόσταση εμπεριέχουν ένα "μυστήριο" στην ερμηνεία τους, καθώς η καθημερινή μας σχολική εμπειρία εμφανίζει την δύναμη ως κάτι άμεσο που σχετίζεται με την επαφή. Άρα η ερώτηση που πρέπει να απαντηθεί είναι: *Γιατί δύο σώματα αλληλεπιδρούν χωρίς να βρίσκονται σε επαφή;* Η απάντηση στο ερώτημα είναι η χρήση του "**Πεδίου Δυνάμεων**".

Η ιδιότητα του χώρου στην οποία οφείλτε η άσκηση δύναμης σε ένα κατάλληλο υπόθεμα, όταν αυτό βρεθεί μέσα στον παραπάνω χώρο, είναι ένα Πεδίο. Για παράδειγμα όταν ένα σώμα βρεθεί πάνω από την επιφάνεια της γης πέφτει εξαιτίας του **Βαρυτικού πεδίου** της γης. Κάθε ουράνιο σώμα δημιουργεί γύρω του ένα **βαρυτικό πεδίο**. Άλλο παράδειγμα είναι η μαγνητική δύναμη που ασκείτε σε ένα σιδερένιο αντικείμενο, όταν αυτό βρεθεί μέσα στο μαγνητικό πεδίο ενός μαγνήτη. Η αιτία της ελκτικής ή απωστικής δύναμης Coulomb πάνω σε ένα ηλεκτρικό φορτίο είναι το **Ηλεκτρικό πεδίο**.

Ηλεκτρικό Πεδίο

Ηλεκτρικό πεδίο ονομάζουμε τον χώρο μέσα στον οποίο, όταν βρεθεί ηλεκτρικό φορτίο δέχεται ηλεκτρική δύναμη

Για να αποδείξουμε την ύπαρξη ηλεκτρικού πεδίου σε ένα σημείο, τοποθετούμε στο σημείο αυτό ένα σημειακό φορτίο q που το ονομάζουμε **δοκιμαστικό φορτίο** (ή υπόθεμα). Αν το δοκιμαστικό φορτίο δεχθεί ηλεκτρική δύναμη, τότε το σημείο αυτό είναι σημείο ηλεκτρικού πεδίου.

Ένα ακίνητο σημειακό φορτίο Q (**φορτίο πηγή**) δημιουργεί στον χώρο γύρω του ένα **Ηλεκτροστατικό Πεδίο Coulomb**. Το ηλεκτροστατικό πεδίο υπάρχει ανεξάρτητα από την ύπαρξη του δοκιμαστικού φορτίου.

Η ένταση του Ηλεκτρικού πεδίου σε ένα σημείο

Ένταση \vec{E} του πεδίου σε ένα σημείο (Σ) ονομάζουμε το διανυσματικό μέγεθος που ορίζεται από το πηλίκον της ηλεκτρικής δύναμης (\vec{F}) που θα ασκηθεί σε ένα δοκιμαστικό φορτίο q όταν αυτό τοποθετηθεί στο σημείο (Σ) προς το φορτίο αυτό.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (3)$$

Μονάδα Έντασης του Ηλεκτρικού πεδίου είναι το $1 \frac{N}{C}$. Όταν τοποθετήσουμε ένα φορτίο $1 C$ σε ηλεκτρικό πεδίο έντασης $1 C$ θα του ασκηθεί δύναμη $1 N$.

Παρατηρήσεις:

- Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου **δεν εξαρτάται** ούτε από την Ηλεκτρική Δύναμη, ούτε από το δοκιμαστικό φορτίο. Μην σας ξεγελάει ο ορισμός! Η ένταση αναφέρεται σε ένα σημείο του χώρου και υπάρχει ανεξάρτητα από την ύπαρξη δοκιμαστικού φορτίου.
- Η ηλεκτρική δύναμη που θα ασκηθεί στο δοκιμαστικό φορτίο εξαρτάτε τόσο από το μέγεθος της Έντασης, όσο και από την ποσότητα και το είδος του φορτίου. **Άλλωστε η δύναμη δίνεται από την σχέση:**

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E} \quad (4)$$

Σύμφωνα με την παραπάνω σχέση η ηλεκτρική δύναμη που ασκείται στο δοκιμαστικό φορτίο έχει πάντα την ίδια διεύθυνση με το διάνυσμα της Έντασης του πεδίου και φορά που καθορίζεται από το πρόσημο του φορτίου. Όταν $q > 0$ η δύναμη είναι ομόρροπη με την Ένταση και όταν



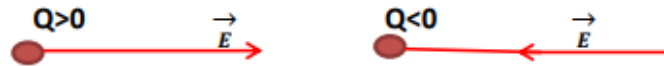
$q < 0$ η δύναμη είναι αντίρροπη της έντασης.

- Η ένταση του Ηλεκτρικού πεδίου σε ένα σημείο εκφράζει το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης που ασκείται σε αυτό το σημείο ανά μονάδα φορτίου.

Το Ηλεκτροστατικό Πεδίο Coulomb

Έστω ένα ακίνητο σημειακό φορτίο Q , το ηλεκτροστατικό πεδίο που δημιουργεί στο χώρο γύρω του είναι ένα διάνυσμα με:

- **ακτινική διεύθυνση** που ξεκινά από το φορτίο και κατευθύνεται προς όλες τις κατευθύνσεις του χώρου,
- **φορά** από το φορτίο προς τα έξω, όταν αυτό είναι θετικό και από έξω προς το φορτίο, όταν αυτό είναι αρνητικό,



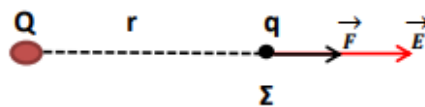
- **μέτρο** σε ένα σημείο (Σ) ανάλογο του φορτίου Q και αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου της απόστασης r του σημείου από το φορτίο.

$$E = k_c \frac{|Q|}{r^2} \quad (5)$$

όπου βέβαια k_c η σταθερά του *Coulomb*.

Με βάση τον ορισμό της Δύναμης Coulomb 2 και τον ορισμό της Έντασης Ηλεκτρικού πεδίου 3 εύκολα μπορεί να προκύψει η 5.

Ας υποθέσουμε ένα φορτίο πηγή Q και ένα δοκιμαστικό φορτίο q σε μια απόσταση r μεταξύ τους:

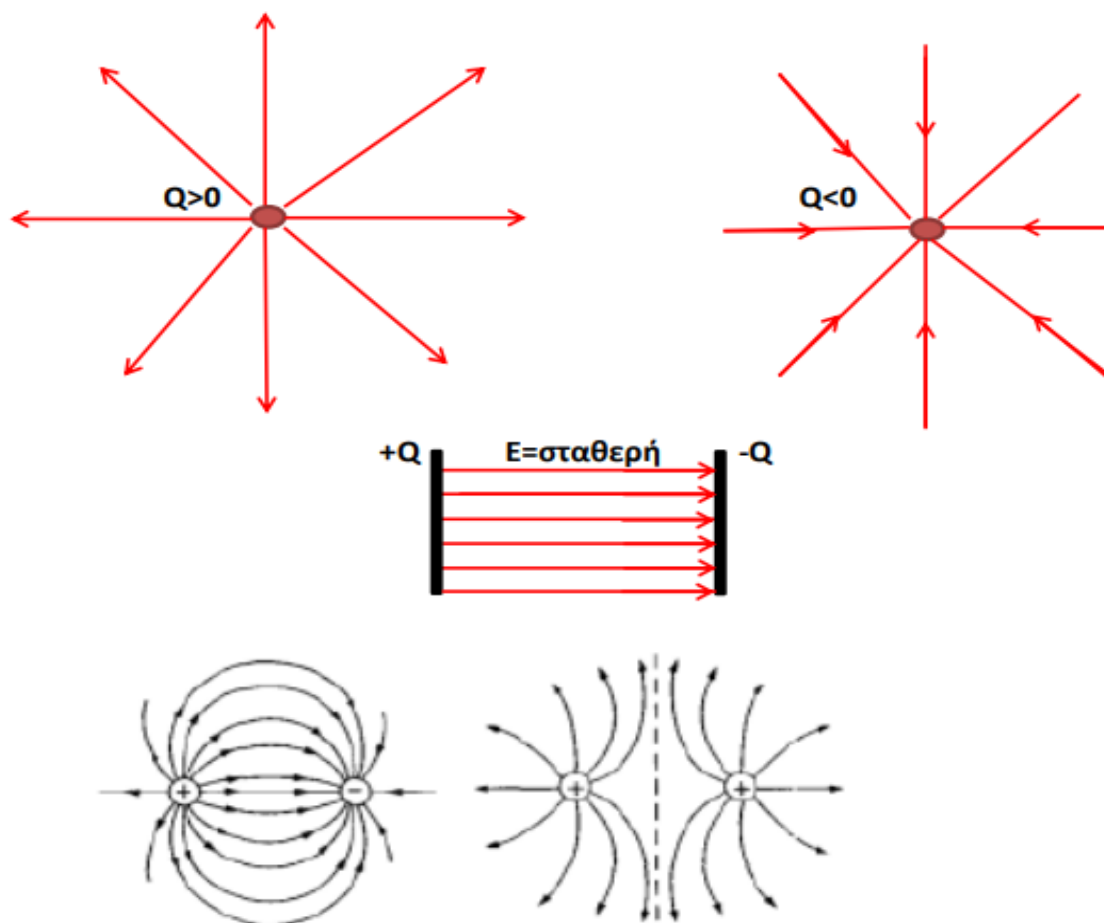


$$E = \frac{F}{|q|} = \frac{k_c \frac{|Q||q|}{r^2}}{|q|} \Rightarrow E = k_c \frac{|Q|}{r^2}$$

Δυναμικές γραμμές

Οι δυναμικές γραμμές είναι ένας τρόπος αναπαράστασης των πεδίων. Είναι νοητές γραμμές που μας βοηθούν να έχουμε μια αντίληψη για την μορφή του πεδίου που μελετάμε.

Δυναμική γραμμή λέμε μια φανταστική γραμμή μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο που σχεδιάζεται έτσι, ώστε σε κάθε σημείο της το διάνυσμα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου να είναι εφαπτόμενο σε αυτήν.



Ιδιότητες των δυναμικών γραμμών

- Το διάνυσμα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου (\vec{E}) σε κάθε σημείο είναι εφαπτόμενο στη δυναμική γραμμή που διέρχεται από το σημείο αυτό.
- Οι δυναμικές γραμμές ξεκινούν από θετικά φορτία και καταλήγουν σε αρνητικά φορτία. (δηλαδή είναι ανοικτές γραμμές)
- Η πυκνότητα των δυναμικών γραμμών είναι ανάλογη του μέτρου της έντασης του πεδίου. Πυκνές περιοχές των δυναμικών γραμμών είναι περιοχές μεγάλης Έντασης και αραιές περιοχές των δυναμικών γραμμών είναι περιοχές μικρής έντασης.
- Οι δυναμικές γραμμές ενός πεδίου δεν τέμνονται. Από κάθε σημείο του χώρου διέρχεται μόνο μια δυναμική γραμμή, γιατί υπάρχει μόνο μια τιμή της έντασης σε κάθε σημείο.
- Όταν οι δυναμικές γραμμές είναι παράλληλες και ισαπέχουσες τότε το Ηλεκτρικό πεδίο είναι **Ομογενές** και έχει παντού την ίδια ένταση.