

ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΩΡΙΑΣ ΑΠΟ (ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1)

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ

Το ήλεκτρο (κεχριμπάρι) αποκτούσε την ιδιότητα να έλκει από απόσταση ελαφρά αντικείμενα, όπως ξερά φύλλα, στάχια, πούπουλα και κλωστές, όταν το έτριβε με μάλλινο ύφασμα. Τα φαινόμενα αυτά ονομάστηκαν «ηλεκτρικά» από το όνομα του ήλεκτρου. Ο Θαλής περιέγραψε για πρώτη φορά στην ιστορία τις ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις.

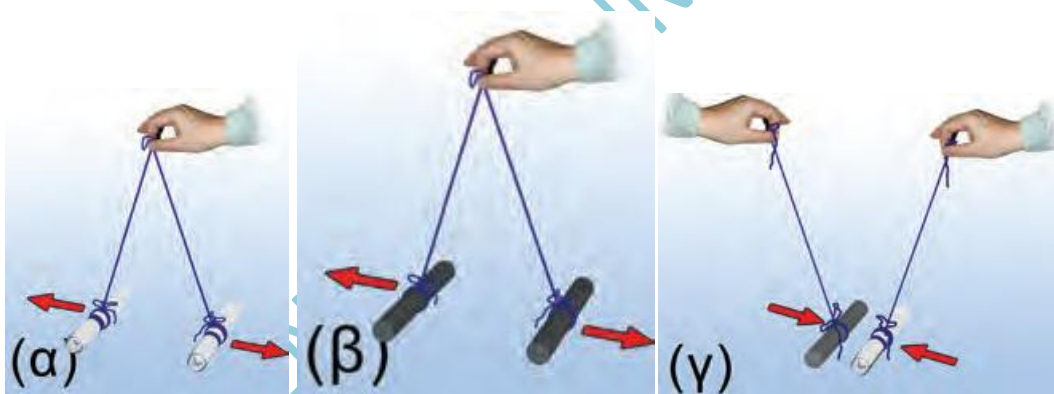
Σώματα, όπως ο πλαστικός χάρακας ή το ήλεκτρο, που αποκτούν την ιδιότητα να ασκούν δύναμη σε ελαφρά αντικείμενα, όταν τα τρίψουμε με κάποιο άλλο σώμα, λέμε ότι είναι ηλεκτρισμένα.

Η δύναμη που ασκείται μεταξύ των ηλεκτρισμένων σωμάτων ονομάζεται ηλεκτρική.



Τρίβοντας δύο γυάλινες ράβδους με μεταξωτό ύφασμα θα παρατηρήσουμε ότι απωθούνται.

Το ίδιο θα συμβεί αν πλησιάσουμε δύο πλαστικές ράβδους ή λουρίδες που έχουμε τρίψει με μάλλινο ύφασμα. Αν όμως τρίψουμε μια γυάλινη ράβδο με μεταξωτό ύφασμα και μια πλαστική με μάλλινο και στη συνέχεια τις πλησιάσεις, θα δεις ότι οι δύο ράβδοι έλκονται.



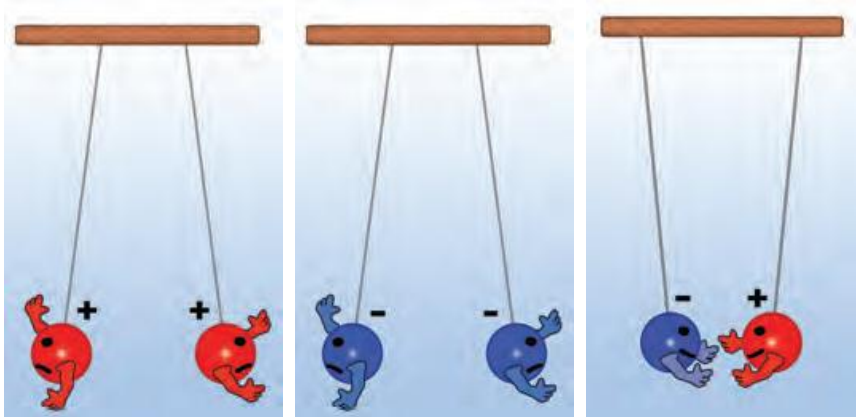
Για να εξηγήσουμε την προέλευση και τις ιδιότητες των ηλεκτρικών δυνάμεων, δεχόμαστε ότι η ύλη έχει μια ιδιότητα που τη συνδέουμε με ένα φυσικό μέγεθος: το **ηλεκτρικό φορτίο**. Όταν δύο σώματα έχουν ηλεκτρικό φορτίο, τότε αλληλεπιδρούν με ηλεκτρικές δυνάμεις και λέμε ότι είναι **ηλεκτρικά φορτισμένα**. Το ηλεκτρικό φορτίο συμβολίζεται με το γράμμα q ή Q .

Το γεγονός ότι είδαμε δύο φορτισμένα σώματα, όπως οι παραπάνω ράβδοι, άλλοτε να έλκονται και άλλοτε να απωθούνται μας αναγκάζει να δεχθούμε ότι υπάρχουν τουλάχιστον δύο διαφορετικά είδη φορτίου.

Όταν δύο ή περισσότερα) ηλεκτρικά φορτισμένα σώματα απωθούνται μεταξύ τους, τότε λέμε ότι έχουν φορτίο ίδιου είδους (ή ότι είναι όμοια φορτισμένα).

Όταν δύο ή περισσότερα) ηλεκτρικά φορτισμένα σώματα έλκονται μεταξύ τους, λέμε ότι έχουν φορτία διαφορετικού είδους (ή ότι είναι αντίθετα φορτισμένα).

Το φορτίο που αναπτύσσεται σε μια γυάλινη ράβδο ονομάζεται θετικό ενώ το φορτίο που αναπτύσσεται σε μια πλαστική ράβδο ονομάζεται αρνητικό (εφόσον πριν και τα δύο σώματα τα τρίψουμε με μεταξωτό ύφασμα) .



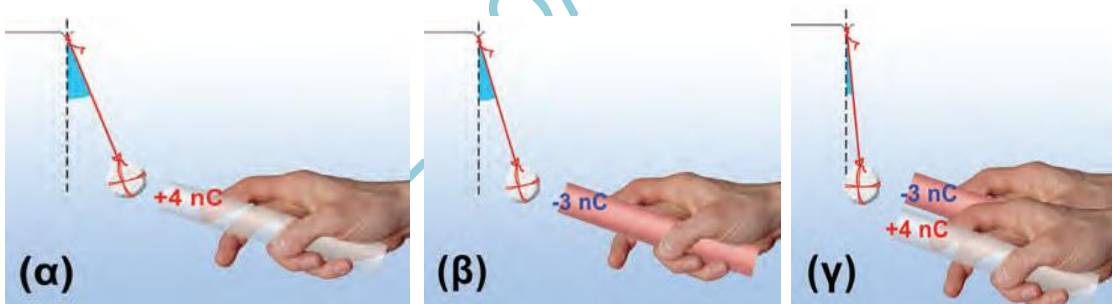
Η μονάδα του ηλεκτρικού φορτίου στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) ονομάζεται Κουλόμπ (Coulomb), προς τιμήν του Γάλλου φυσικού Κουλόμπ, ο οποίος μελέτησε τις ιδιότητες των ηλεκτρικών δυνάμεων μεταξύ των φορτισμένων σωμάτων. Συμβολίζεται με το γράμμα C .

Το 1 C είναι πολύ μεγάλη μονάδα φορτίου. Αν μπορούσαμε να φορτίσουμε δύο μικρές σφαίρες με 1 C την καθεμία και τις τοποθετούσαμε έτσι ώστε τα κέντρα τους να απέχουν ένα μέτρο, τότε η ηλεκτρική δύναμη που θα ασκούσε η μια στην άλλη θα ήταν 10^9 N (σχεδόν ένα εκατομμύριο φορές μεγαλύτερη από το βάρος ενός ενήλικα)!! Γι' αυτό στις εφαρμογές χρησιμοποιούμε υποπολλαπλάσια του 1 C:

το 1 μC (ένα μικροκουλόμπ) $1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$

το 1 nC (ένα νανοκουλόμπ) $1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$

Παρατηρώντας προσεκτικά τα παρακάτω σχήματα



Βλέπουμε ότι οι δύο ράβδοι μαζί συμπεριφέρονται σαν να έχουν μικρότερο φορτίο απ' ό,τι η καθεμία χωριστά.

Έτσι λοιπόν το ολικό φορτίο των ράβδων είναι ίσο με το αλγεβρικό άθροισμα των φορτίων τους . Αν για παράδειγμα η μια έχει φορτίο $q_1 = +4 \text{ nC}$ και η άλλη $q_2 = -3 \text{ nC}$, τότε το ολικό φορτίο και των δύο μαζί είναι:

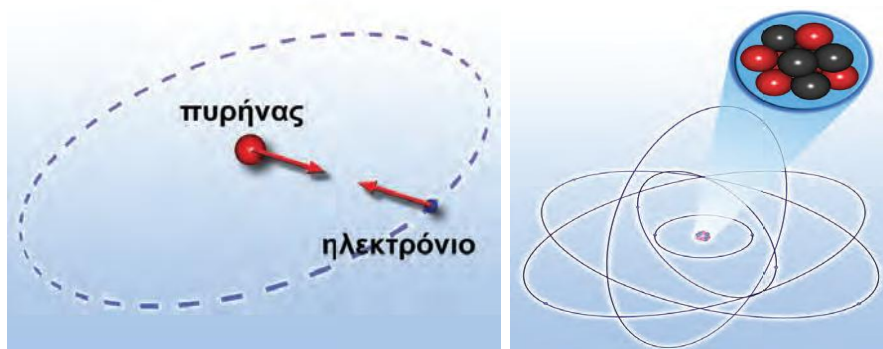
$$q = q_1 + q_2 = (+4 \text{ nC}) + (-3 \text{ nC}) = 1 \text{ nC}$$

Γενικά το ολικό φορτίο δύο ή περισσότερων φορτισμένων σωμάτων ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των φορτίων τους.

Όταν το συνολικό φορτίο ενός ή περισσότερων σωμάτων είναι ίσο με το μηδέν, τότε το σώμα ή το σύνολο των σωμάτων ονομάζεται ηλεκτρικά ουδέτερο.

ΔΟΜΗ ΑΤΟΜΟΥ

Κάθε άτομο αποτελείται από έναν πυρήνα γύρω από τον οποίο περιφέρονται τα ηλεκτρόνια. Ο πυρήνας έχει θετικό φορτίο, ενώ κάθε ηλεκτρόνιο αρνητικό. Ο πυρήνας έλκει κάθε ηλεκτρόνιο, ενώ τα ηλεκτρόνια απωθούνται μεταξύ τους.



Όλα τα ηλεκτρόνια είναι όμοια έχουν την ίδια μάζα και το ίδιο ηλεκτρικό φορτίο.

Οι πυρήνες αποτελούνται από πρωτόνια και νετρόνια. το πρωτόνιο είναι θετικά φορτισμένο, ενώ το νετρόνιο δεν έχει φορτίο, δηλαδή είναι ηλεκτρικά ουδέτερο.

Όλα τα πρωτόνια είναι πανομοιότυπα έχουν την ίδια μάζα και το ίδιο φορτίο.

Το πρωτόνιο και το ηλεκτρόνιο έχουν αντίθετα φορτία ακριβώς ίδιου όμως μεγέθους: το φορτίο του πρωτονίου είναι $+1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, ενώ του ηλεκτρονίου είναι $-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$. Τα φορτία του πρωτονίου και του ηλεκτρονίου είναι τα πιο μικρά φορτία που έχουν παρατηρηθεί ελεύθερα στη φύση

Ο αριθμός των πρωτονίων του ατόμου είναι ίσος με τον αριθμό των ηλεκτρονίων του με αποτέλεσμα το ολικό φορτίο του ατόμου είναι ίσο με το μηδέν και τα άτομα να είναι ηλεκτρικά ουδέτερα.

Σε πολλές περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα συμβαίνει στην ηλεκτρίση των σωμάτων με τριβή, είναι δυνατόν ένα άτομο να αποβάλει ένα ή δύο ηλεκτρόνια. Τότε παύει να είναι ηλεκτρικά ουδέτερο και ονομάζεται ιόν.

Προσοχή τα μόνα σωματίδια που μπορεί να μετακινηθούν μεταξύ ατόμων είναι ηλεκτρόνια (τα πρωτόνια και τα νετρόνια δεν μπορούν να μετακινηθούν γιατί είναι δεσμευμένα μέσα στον πυρήνα) . Πάντα η ηλεκτρική κατάσταση ενός σώματος (αν είναι ουδέτερο ή είναι φορτισμένο και με τι είδος φορτίου) εξηγείται με μετακίνηση ηλεκτρονίων .

ΔΥΟ ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

Αρχή διατήρησης ηλεκτρικού φορτίου

Η φόρτιση των σωμάτων οφείλεται σε μετακίνηση ηλεκτρονίων. Τα ηλεκτρόνια ούτε παράγονται ούτε καταστρέφονται. Απλώς μεταφέρονται. Επομένως ο συνολικός αριθμός των ηλεκτρονίων δεν μεταβάλλεται, με αποτέλεσμα σε οποιαδήποτε διαδικασία, το ολικό φορτίο να διατηρείται σταθερό. Η αρχή αυτή είναι γνωστή ως αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου.

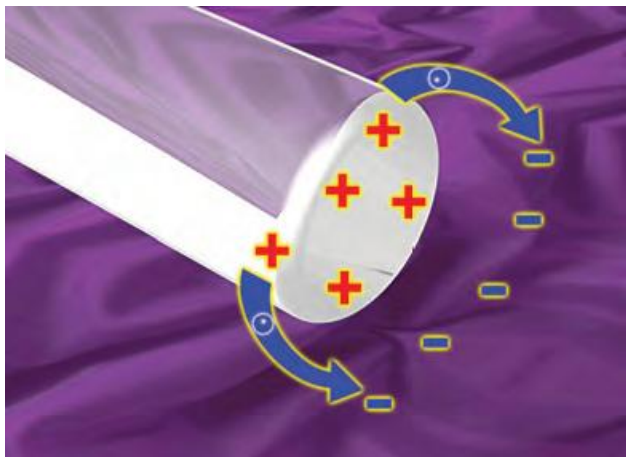
Κβάντωση του ηλεκτρικού φορτίου

Κάθε ηλεκτρικά φορτισμένο σώμα έχει περίσσεια ή έλλειμμα ηλεκτρονίων. Ένα ηλεκτρόνιο δεν είναι δυνατόν να διαιρεθεί. Συνεπώς το ηλεκτρικό φορτίο κάθε φορτισμένου σώματος είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του στοιχειώδους φορτίου του ηλεκτρονίου (ή του αντίθετου φορτίου του πρωτονίου). Το ηλεκτρικό φορτίο εμφανίζεται σε «πακετάκια» τα οποία ονομάζουμε κβάντα και αυτή του την ιδιότητα την ονομάζουμε **κβάντωση**.

ΗΛΕΚΤΡΙΣΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Ηλέκτριση με τριβή

Όταν τρίβεις τη γυάλινη ράβδο στο μεταξωτό ύφασμα, εξωτερικά ηλεκτρόνια από άτομα του γυαλιού μετακινούνται στο ύφασμα. Έτσι η γυάλινη ράβδος φορτίζεται θετικά και το ύφασμα αρνητικά.



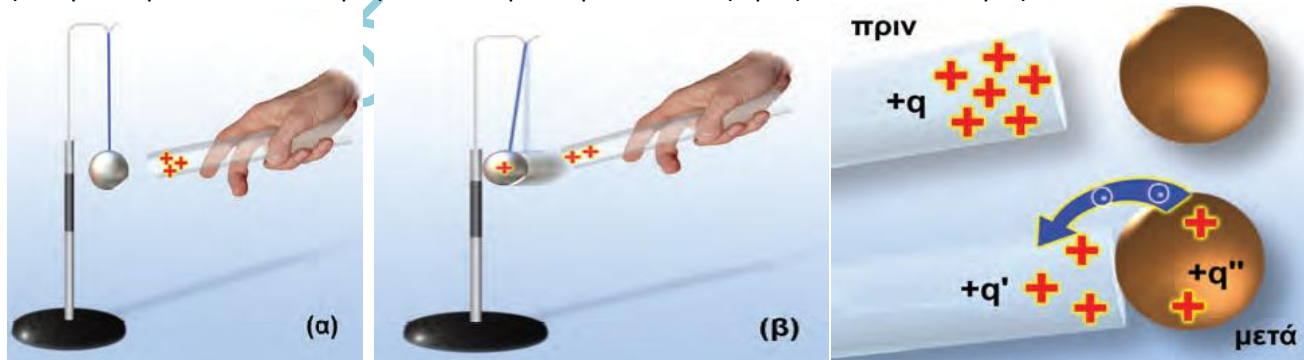
Τα εξωτερικά ηλεκτρόνια των ατόμων του υφάσματος συγκρατούνται με ισχυρότερες δυνάμεις από εκείνα του γυαλιού. Έτσι ποιο εύκολα φεύγουν ηλεκτρόνια από το γυαλί προς το ύφασμα φορτίζοντας τη ράβδο θετικά. Αν στη θέση της γυάλινης ράβδου είχαμε πλαστική ράβδο τα εξωτερικά ηλεκτρόνια των ατόμων του πλαστικού συγκρατούνται με ισχυρότερες δυνάμεις από εκείνα του υφάσματος. Έτσι ποιο εύκολα φεύγουν ηλεκτρόνια από το ύφασμα προς το πλαστικό με αποτέλεσμα η πλαστική ράβδος να φορτιστεί αρνητικά.

Κατά την ηλέκτριση με τριβή, λόγω της αρχής διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου, προκύπτει ότι τα δύο σώματα που τρίβονται αποκτούν ίσα και αντίθετα φορτία.

Ηλέκτριση με επαφή

Όταν αγγίξουμε με ένα φορτισμένο σώμα ένα άλλο ηλεκτρικά ουδέτερο, το δεύτερο αποκτά φορτίο ίδιου είδους με το φορτισμένο. Αυτό συμβαίνει γιατί μεταξύ των σωμάτων μετακινούνται ηλεκτρόνια.

Αν το φορτισμένο σώμα έχει αρνητικό φορτίο (πλεόνασμα ηλεκτρονίων) μερικά από τα πλεονάζοντα ηλεκτρόνια μετακινούνται προς το ουδέτερο σώμα και έτσι φορτίζεται και αυτό αρνητικά.



Αν το φορτισμένο σώμα έχει θετικό φορτίο (έλλειψη ηλεκτρονίων) μερικά ηλεκτρόνια από το ουδέτερο σώμα μετακινούνται προς το θετικό. Το σώμα που πριν ήταν ουδέτερο επειδή εμφανίζει πλέον έλλειψη ηλεκτρονίων φαίνεται θετικά φορτισμένο.

Κατά την ηλέκτριση με επαφή ισχύει η αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου: Το άθροισμα των φορτίων που αποκτούν τα δύο σώματα τελικά είναι ίσο με το φορτίο που αρχικά είχε το ένα ($q=q'+q''$)

ΑΓΩΓΟΙ ΜΟΝΩΤΕΣ

Αγωγοί είναι σώματα τα οποία επιτρέπουν να μετακινούνται από μέσα τους ηλεκτρικά φορτία . Τα ηλεκτρόνια μπορούν να μετακινούνται και να διαχέονται σε όλη τη μάζα του υλικού .

Όλα τα μέταλλα είναι αγωγοί. Ο σίδηρος, ο χαλκός, το αλουμίνιο, ο υδράργυρος, ο μόλυβδος είναι μέταλλα. Είναι όλα τους αγωγά υλικά.

Μονωτές είναι σώματα τα οποία δεν επιτρέπουν να μετακινούνται από μέσα τους ηλεκτρικά φορτία . Τα ηλεκτρόνια δεν μπορούν να μετακινούνται και δεν μπορούν να διαχέονται σε όλη τη μάζα του υλικού .

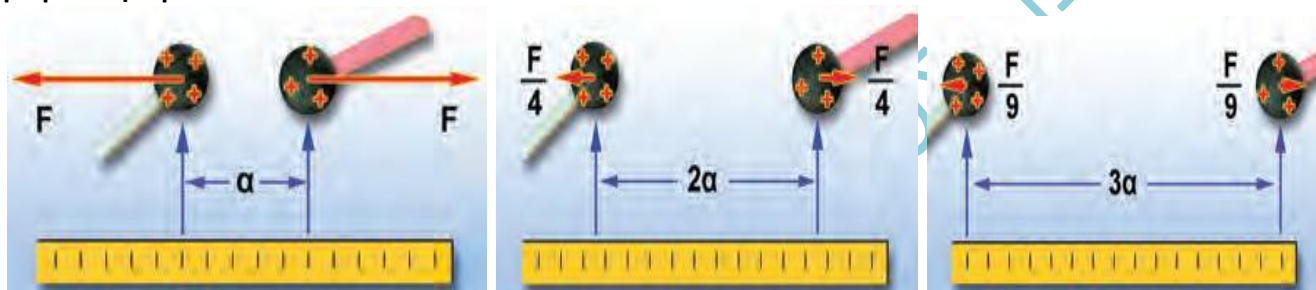
Το πλαστικό, το γυαλί, το καουτσούκ, ο εβονίτης, η πορσελάνη, το κερί, το ξύλο και το καθαρό νερό είναι παραδείγματα μονωτικών υλικών. Ο ξηρός αέρας είναι μονωτής, ενώ ο υγρός αέρας είναι αγωγός. Γι' αυτό και ένα φορτισμένο σώμα εκφορτίζεται προς το περιβάλλον μέσω του υγρού αέρα .

ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΚΟΥΛΟΜΠ (COULOMB)

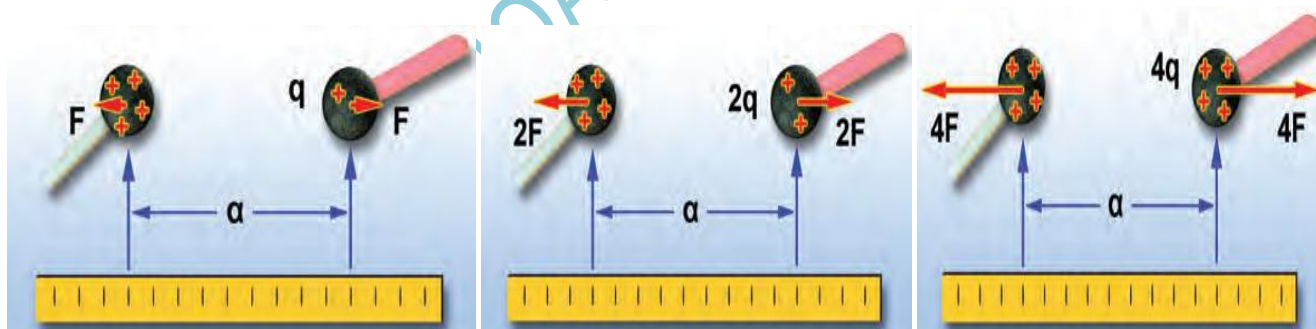
Ο Κουλόμπ Κατάφερε να κάνει ακριβείς μετρήσεις και να διατυπώσει τη σχέση ανάμεσα στην ηλεκτρική δύναμη με την οποία αλληλεπιδρούν δύο μικρές φορτισμένες σφαίρες και στην απόσταση μεταξύ των κέντρων τους.

Ο Κουλόμπ, διατηρώντας το φορτίο των μικρών σφαιρών σταθερό, διαπίστωσε ότι, όταν διπλασίαζε τη μεταξύ τους απόσταση, η ηλεκτρική δύναμη υποτετραπλασιαζόταν. Όταν η απόσταση των σφαιρών τριπλασιαζόταν, η ηλεκτρική δύναμη γινόταν εννέα φορές μικρότερη κ.ο.κ.

Δηλαδή η ηλεκτρική δύναμη είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης μεταξύ των μικρών σφαιρών.



Ο Κουλόμπ προσπάθησε επίσης να δώσει απάντηση στο ερώτημα πώς επηρεάζει το φορτίο κάθε σφαίρας την ηλεκτρική δύναμη. Κρατώντας την απόσταση σταθερή άλλαξε το φορτίο των σφαιρών και μετρούσε τον τρόπο που άλλαζε η δύναμη . Βρήκε έτσι ότι, όταν διπλασίαζε το φορτίο της μιας σφαίρας, η δύναμη επίσης διπλασιαζόταν. Όταν τετραπλασίαζε το φορτίο, η δύναμη τετραπλασιαζόταν κ.ο.κ.



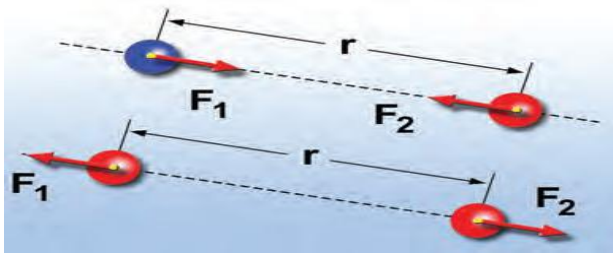
Συμπεράνε λοιπόν ότι η ηλεκτρική δύναμη είναι ανάλογη με το ηλεκτρικό φορτίο κάθε σφαίρας και επομένως με το γινόμενό τους όταν η απόσταση των σφαιρών είναι σταθερή. συνοψίζοντας τα συμπεράσματα μπορούμε να διατυπώσουμε τον νόμο του Κουλόμπ ως εξής:

Το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης (F) με την οποία αλληλεπιδρούν δύο σημειακά φορτία (q_1 και q_2) είναι ανάλογο του γινομένου των φορτίων και αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου της μεταξύ τους απόστασης (r).

Στη γλώσσα των Μαθηματικών γράφουμε:

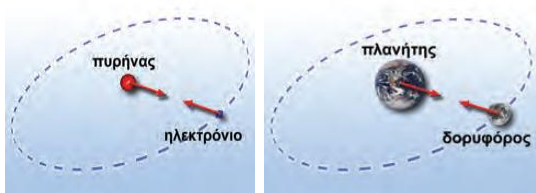
$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Το K είναι μια σταθερά αναλογίας. Η τιμή της εξαρτάται από το υλικό μέσα στο οποίο βρίσκονται τα φορτισμένα σώματα και από το σύστημα των μονάδων που χρησιμοποιούμε. Η τιμή της στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων για το κενό και κατά προσέγγιση για τον αέρα είναι: $K = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$



Τα διανύσματα που παριστάνουν τις δυνάμεις που ασκούνται από το ένα φορτίο στο άλλο βρίσκονται στην ευθεία που συνδέει τα δύο φορτία. **Σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα για τη δράση-αντίδραση, που μάθαμε στην προηγούμενη τάξη, οι δύο αυτές δυνάμεις έχουν αντίθετη φορά και ίσα μέτρα .**

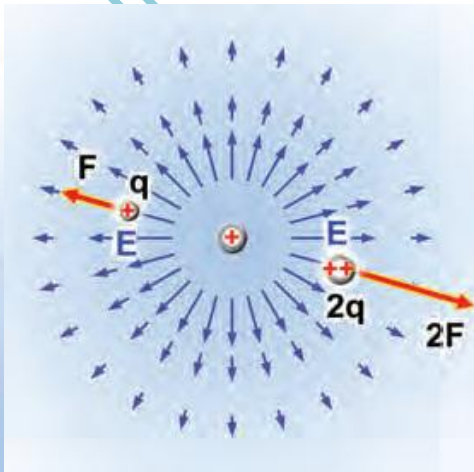
Οι ηλεκτρικές δυνάμεις παίζουν κυρίαρχο ρόλο στον σχηματισμό των ατόμων, των μορίων από τα άτομα, των κρυστάλλων και επομένως στις χημικές αντιδράσεις και τα βιολογικά φαινόμενα. Αντίθετα, τα ουράνια σώματα έχουν ολικό φορτίο ίσο με το μηδέν. Έτσι οι κινήσεις τους προσδιορίζονται από τις βαρυτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους .



Ηλεκτρική δύναμη και πεδίο

Η ηλεκτρική δύναμη δρα από απόσταση. Μεταξύ δύο φορτισμένων αντικειμένων αναπτύσσονται ηλεκτρικές δυνάμεις χωρίς να μεσολαβεί κανένα υλικό μέσο .

Στον χώρο γύρω από ένα φορτισμένο σώμα ασκούνται ηλεκτρικές δυνάμεις. Φαίνεται ότι ο χώρος γύρω από κάθε φορτισμένο σώμα αποκτά την εξής ιδιότητα: «Σε κάθε φορτισμένο σώμα που τοποθετείται σε αυτόν ασκείται ηλεκτρική δύναμη». Λέμε τότε ότι στον χώρο υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο .



Γενικά μια περιοχή του χώρου ονομάζεται ηλεκτρικό πεδίο, αν ασκούνται ηλεκτρικές δυνάμεις σε κάθε φορτισμένο σώμα που φέρνουμε μέσα σ' αυτή. Με την εισαγωγή της έννοιας του ηλεκτρικού πεδίου η άσκηση της ηλεκτρικής δύναμης περιγράφεται ως διαδικασία δύο βημάτων.

α. Γύρω από κάθε φορτισμένο σώμα δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο.

β. Τα φορτισμένα σώματα αλληλεπιδρούν μέσω των ηλεκτρικών πεδίων που δημιουργούν.

Για παράδειγμα ο πυρήνας δημιουργεί γύρω του ένα ηλεκτρικό πεδίο που ασκεί ηλεκτρική δύναμη στα ηλεκτρόνια του ατόμου. Αντίστοιχα τα ηλεκτρόνια δημιουργούν ηλεκτρικό πεδίο. Το ηλεκτρικό πεδίο των ηλεκτρονίων ασκεί ηλεκτρική δύναμη στον πυρήνα.

Για να διαπιστώσουμε αν σε μια περιοχή του χώρου υπάρχει (ή όχι) ηλεκτρικό πεδίο αρκεί να τοποθετήσουμε στην περιοχή αυτή ένα μικρό φορτισμένο σώμα . Αν υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο, τότε στο φορτισμένο σώμα θα ασκηθούν δυνάμεις που θα το εκτρέψουν από την αρχική θέση ισορροπίας του .