

Εικόνα 1.28 ►

(α) Τα ηλεκτρόνια του ατόμου μετατοπίζονται προς τη μία κατεύθυνση. Το άτομο φαίνεται να έχει το ένα άκρο του θετικά φορτισμένο και το άλλο αρνητικά. β) Τα πολωμένα σωματίδια προσανατολίζονται ώστε προς την πλευρά του φορτισμένου σώματος να βρίσκεται το αντίθετα φορτισμένο άκρο της.

Δραστηριότητα

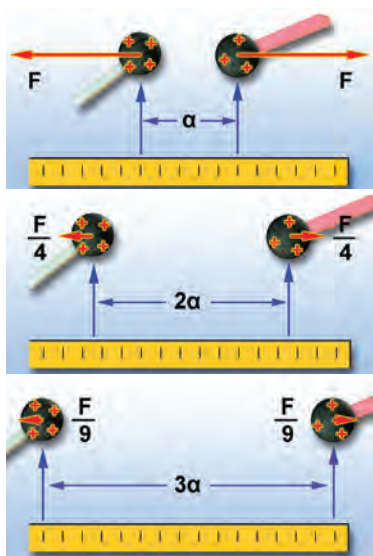
Τρίψε ένα μπαλόνι με μάλλινο ύφασμα και πλησίασέ το σ' έναν τοίχο. Τι παρατηρείς αρχικά και τελικά; Με βάση τους τρόπους ηλεκτρίσης μπορείς να ερμηνεύσεις όλο το φαινόμενο;



Εικόνα 1.29

Σαρλ Κουλόμπ (Coulomb, 1736-1806)

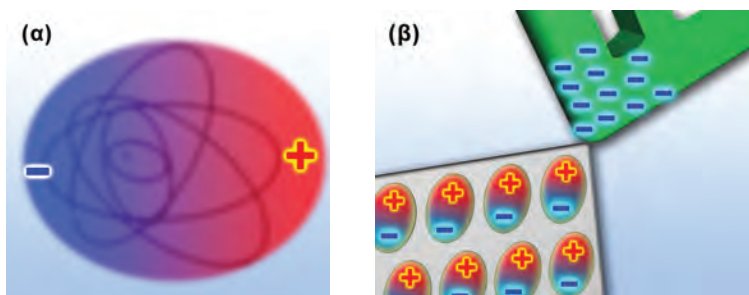
Γάλλος στρατιωτικός ο οποίος εγκατέλειψε τη στρατιωτική του σταδιοδρομία για να αφοσιωθεί στην επιστημονική έρευνα. Έθεσε τις πειραματικές βάσεις του μαγνητισμού και του στατικού ηλεκτρισμού.



Εικόνα 1.30

Δύναμη Κουλόμπ και απόσταση

Το μέτρο της δύναμης σε απόσταση α είναι F, σε απόσταση 2α είναι $F/4 = F/2^2$ και σε απόσταση 3α είναι $F/9 = F/3^2$.



τρόπο στο εσωτερικό του μονωτή έχει ως αποτέλεσμα στο ένα άκρο του (το πλησιέστερο στη χτένα) να εμφανίζεται θετικό φορτίο και στο άλλο άκρο αρνητικό (εικόνα 1.28β).

Αν απομακρύνουμε τη χτένα, τα άτομα ή τα μόρια επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση και τότε ο μονωτής παύει να είναι ηλεκτρισμένος. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να ερμηνεύσουμε πώς η φορτισμένη χτένα που παριστάνεται στην εικόνα 1.27 έλκει τα ουδέτερα κομματάκια από χαρτί ή ο ουδέτερος τοίχος έλκει το φορτισμένο μπαλόνι.

1.5 Νόμος του Κουλόμπ

Η μελέτη της φύσης είναι προσπάθεια δίχως τέλος. Συνεχώς ο άνθρωπος θέτει ερωτήματα, κάνει παρατηρήσεις, διατυπώνει υποθέσεις, ελέγχει την ορθότητα των υποθέσεων του με τη βοήθεια του πειράματος και καταλήγει σε συμπεράσματα. Ακολουθώντας την παραπάνω ερευνητική διαδικασία ο Γάλλος φυσικός Σαρλ Κουλόμπ (Charles Coulomb) (εικόνα 1.29) μελέτησε τα χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής δύναμης και κατάφερε να απαντήσει στο ερώτημα:

Από ποια μεγέθη και πώς εξαρτάται το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης που ασκείται από ένα φορτισμένο σώμα σε ένα άλλο;

Ηλεκτρική δύναμη και απόσταση

Μπορεί κανείς να διαπιστώσει κάνοντας απλές παρατηρήσεις ότι, όταν αυξάνεται η απόσταση μεταξύ δύο φορτισμένων σωμάτων, η ηλεκτρική δύναμη εξασθενεί. Ωστόσο ο Κουλόμπ δεν περιορίστηκε σε απλές παρατηρήσεις. 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. (εικόνα 1.30).

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

Ηλεκτρική δύναμη και φορτίο

Ο Κουλόμπ προσπάθησε επίσης να δώσει απάντηση στο ερώτημα πώς επηρεάζει το φορτίο κάθε σφαίρας την ηλεκτρική δύναμη. Είδαμε προηγουμένως ότι όσο λιγότερο φορτίο έχουν οι σφαίρες τόσο μικρότερη είναι η ηλεκτρική δύναμη. Μάλιστα όταν οι δύο σφαίρες δεν είναι φορτισμένες, δεν ασκείται ηλεκτρική δύναμη. Ο Κουλόμπ ωστόσο και σε τούτη την περίπτωση δεν περιορίστηκε στην ποιοτική παρατήρηση.

Αφήνοντας λοιπόν κάθε φορά το μισό φορτίο σε μια φορτισμένη σφαίρα την τοποθετούσε στην ίδια απόσταση από μια άλλη φορτισμένη σφαίρα και μετρούσε την ηλεκτρική δύναμη (εικόνα 1.31).

Βρήκε έτσι ότι, όταν υποδιπλασίαζε το φορτίο της μιας σφαίρας, η δύναμη επίσης υποδιπλασιαζόταν. Όταν υποτριπλασίαζε το φορτίο, η δύναμη υποτριπλασιαζόταν κ.ο.κ. Συμπέρανε 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.**

Τα συμπεράσματα του Κουλόμπ τα ονομάζουμε νόμο του Κουλόμπ για την ηλεκτρική δύναμη. Ισχύουν για φορτισμένα σώματα των οποίων οι διαστάσεις είναι πολύ μικρές σε σχέση με τη μεταξύ τους απόσταση ή για φορτισμένες σφαίρες. Τα σώματα αυτά ονομάζονται και σημειακά φορτία. Έτσι 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:

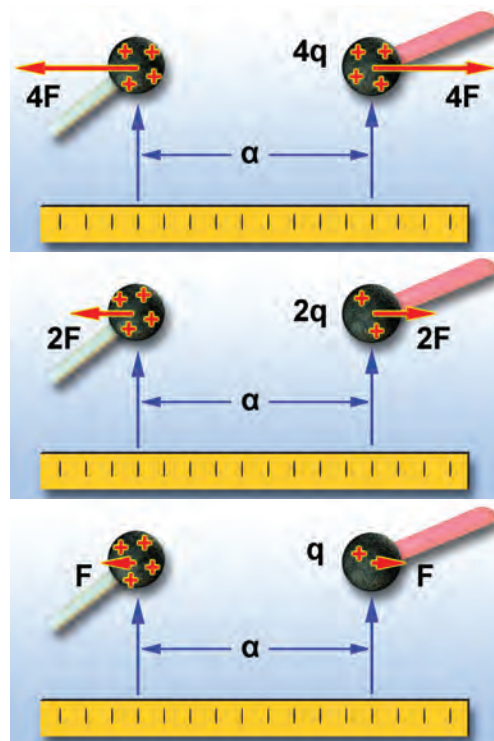
$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

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:

$$K = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$

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 (εικόνα 1.32).

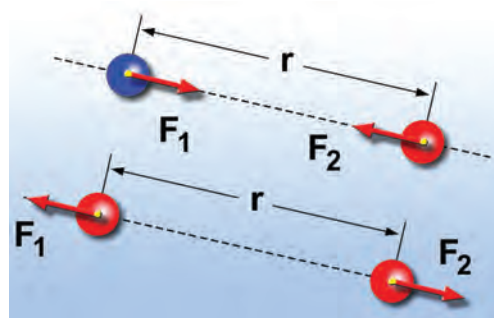
Σύμφωνα με τον νόμο του Κουλόμπ η ηλεκτρική δύναμη που ασκείται ανάμεσα σε δύο σημειακά φορτία του 1 C που βρίσκονται σε απόσταση 1 m είναι ίση με 9 δισεκατομμύρια N. Αυτή η δύναμη είναι μεγαλύτερη από το δεκαπλάσιο του βάρους ενός πολεμικού πλοίου. Προφανώς το C είναι πολύ μεγάλη μονάδα φορτίου και τέτοια συνολικά φορτία δεν εμφανίζονται στα φαινόμενα της καθημερινής ζωής. Επιπλέον τα περισσότερα σώματα έχουν σχεδόν



Εικόνα 1.31

Δύναμη Κουλόμπ και φορτίο

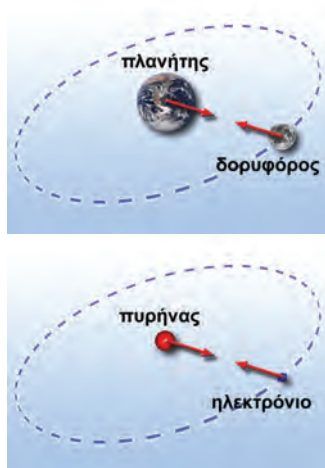
Αν η απόσταση μεταξύ των σημειακών φορτίων δεν μεταβάλλεται και υποδιπλασιάσουμε το ένα από τα δύο, η δύναμη υποδιπλασιάζεται.



Εικόνα 1.32

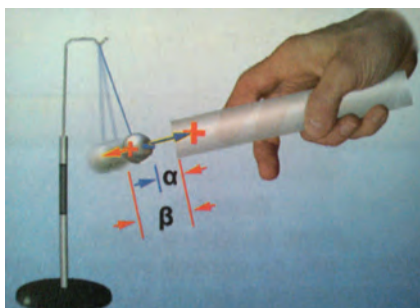
Τα αντίθετα έλκονται και τα όμοια απωθούνται

Η ηλεκτρική δύναμη είναι διανυσματικό μέγεθος: έχει διεύθυνση και φορά. Η διεύθυνσή της βρίσκεται στην ευθεία που συνδέει τα δύο σημειακά φορτία. Η δύναμη έχει φορά προς το άλλο φορτίο (έλκτική δύναμη) όταν τα φορτία είναι αντίθετα και αντίθετη (απωστική δύναμη) όταν τα φορτία είναι όμοια.



Εικόνα 1.33

Στον κόσμο των πλανητών, των αστέρων και των γαλαξιών κυριαρχούν οι βαρυτικές δυνάμεις. Στον κόσμο των ατόμων και των μορίων κυριαρχούν οι ηλεκτρικές δυνάμεις.



Εικόνα 1.34

Το μπαλάκι ηλεκτρίζεται από επαγωγή

Η απόσταση από τη ράβδο του θετικά φορτισμένου τμήματος της μπάλας είναι μεγαλύτερη από την απόσταση του αρνητικά φορτισμένου τμήματος. Η ελκτική δύναμη είναι μεγαλύτερη της απωστικής.



Εικόνα 1.35

Μάικλ Φαραντέι (Faraday, 1791-1867)

Άγγλος φυσικός. Ένας από τους θεμελιωτές του ηλεκτρομαγνητισμού και ίσως ο πιο σημαντικός πειραματικός φυσικός του 19ου αιώνα. Εισήγαγε τις έννοιες του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου, καθώς και των δυναμικών γραμμών.

Εικόνα 1.36 ►

(α) Η αφόρτιστη σφαίρα δεν ασκεί δύναμη στα αφόρτιστα σφαιρίδια.
(β) Η θετικά φορτισμένη σφαίρα ασκεί απωστική δύναμη στα θετικά φορτισμένα σφαιρίδια.

ίσους αριθμούς πρωτονίων και ηλεκτρονίων, οπότε το συνολικό φορτίο τους είναι μικρό.

Από την άλλη μεριά όμως 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 (εικόνα 1.33).

Έλξη μεταξύ φορτισμένου και ουδέτερου σώματος

Με τη βοήθεια του νόμου του Κουλόμπ μπορούμε να κατανοήσουμε γιατί ένα φορτισμένο σώμα έλκει ένα ουδέτερο. Όταν πλησιάζουμε μια θετικά φορτισμένη γυάλινη ράβδο σε ένα ουδέτερο μπαλάκι από αλουμινοχαρτό (εικόνα 1.34), το μπαλάκι ηλεκτρίζεται με επαγωγή. Η περιοχή της μπάλας κοντά στη ράβδο φορτίζεται αρνητικά και έλκεται από αυτήν, ενώ η περιοχή μακριά από τη ράβδο φορτίζεται θετικά και απωθείται. Επειδή η ράβδος βρίσκεται πλησιέστερα στην αρνητικά φορτισμένη περιοχή παρά στη θετικά φορτισμένη, η ελκτική δύναμη είναι μεγαλύτερη από την απωστική και επομένως το μπαλάκι έλκεται από τη ράβδο.

1.6

Το ηλεκτρικό πεδίο

Μάθαμε ότι η ηλεκτρική δύναμη δρα από απόσταση χωρίς να μεσολαβεί κάποιο υλικό μέσο μεταξύ των φορτισμένων σωμάτων. Το ίδιο συμβαίνει με τη μαγνητική και τη βαρυτική δύναμη. Ο Άγγλος φυσικός Μάικλ Φαραντέι (εικόνα 1.35), για να περιγράψει τις αλληλεπιδράσεις των σωμάτων από απόσταση, επινόησε την έννοια του πεδίου δυνάμεων.

Ηλεκτρική δύναμη και πεδίο

Η ηλεκτρική δύναμη δρα από απόσταση. Μεταξύ δύο φορτισμένων αντικειμένων αναπτύσσονται ηλεκτρικές δυνάμεις χωρίς να μεσολαβεί κανένα υλικό μέσο. Για παράδειγμα, στον χώρο που είναι κοντά στη σφαίρα μιας ηλεκτροστατικής μηχανής (συσκευή με τη βοήθεια της οποίας μπορούμε να φορτίσουμε ηλεκτρικά μια σφαίρα) Van de Graaff φέρνουμε ηλεκτρικά εκκρεμή.

Όταν η σφαίρα της μηχανής και τα σφαιρίδια στα ηλεκτρικά εκκρεμή φορτιστούν, τότε στα σφαιρίδια ασκείται ηλεκτρική δύναμη (εικόνα 1.36).

