

Κεφάλαιο 4

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ



Μαγνητικά τρένα :

Με τρένα σαν και αυτά στις φωτογραφίες το ταξίδι Αθήνα - Θεσσαλονίκη θα διαρκεί περίπου δύο ώρες. Ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις προκαλούν την ανύψωση του τρένου το οποίο κινείται σε ένα στρώμα αέρα πάνω από τις σιδηροτροχιές.

Στο κεφάλαιο αυτό :

θα γνωρίσουμε τις μαγνητικές και ηλεκτρικές δυνάμεις καθώς και κάποιες μαγνητικές και ηλεκτρικές ιδιότητες της ύλης. Θα μελετήσουμε επίσης το ηλεκτρικό ρεύμα και την ηλεκτρική ενέργεια που η χρήση της κυριαρχεί στον σύγχρονο τρόπο ζωής.

4. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

Έχετε παίξει ποτέ μ' ένα μαγνήτη; Έχετε παρατηρήσει ότι ορισμένα αντικείμενα, καρφίτσες, μεταλλικοί συνδετήρες κ.ά. έλκονται απ' αυτόν; Γνωρίζετε ότι για τον ίδιο λόγο η βελόνα μιας πυξίδας στρέφεται πάντοτε προς τη διεύθυνση βορρά-νότου; Γνωρίζετε ότι στις ιδιότητες του μαγνήτη βασίζεται η λειτουργία των εναέριων τραίνων, που κινούνται με πολύ μεγάλη ταχύτητα, και του ηλεκτρονικού υπολογιστή;

Σε αυτό το Κεφάλαιο θα μάθουμε τι είναι ο μαγνήτης, ποιές είναι οι ιδιότητές του και πώς κατασκευάζεται. Θα επιχειρήσουμε ένα νοητικό ταξίδι στο εσωτερικό του για να κατανοήσουμε τη συμπεριφορά του. Επίσης θα γνωρίσουμε πώς χρησιμοποιούμε το μαγνήτη σε τεχνολογικές εφαρμογές.

Η ιστορία του μαγνήτη

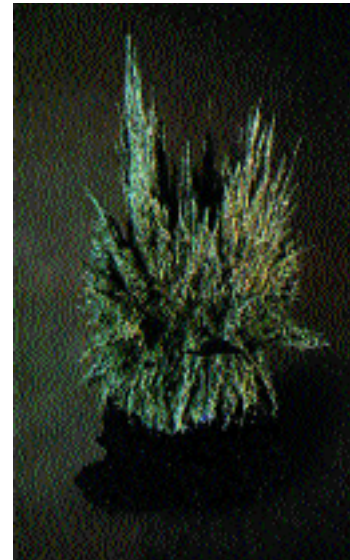
Ήδη από τον 7ο αιώνα π.Χ. οι αρχαίοι Έλληνες γνώριζαν την ύπαρξη του μαγνήτη. Στη Μαγνησία της Μικράς Ασίας είχαν ανακαλύψει ένα πέτρωμα το οποίο είχε την ασυνήθιστη ιδιότητα να έλκει σιδερένια αντικείμενα. Επίσης κομμάτια αυτού του πετρώματος είχαν ανακαλύψει ότι έλκονται μεταξύ τους. Ο Θαλής ο Μιλήσιος λοιπόν γνωρίζοντας τον τόπο προέλευσης αυτού του πετρώματος το ονόμασε μαγνητίτη (Εικ. 4.1).

Εκτός από τους Έλληνες και άλλοι λαοί γνώριζαν την ύπαρξη μαγνητών. Ήδη από το 12ο αιώνα μ.Χ. οι Κινέζοι χρησιμοποιούσαν μαγνήτες ως πυξίδα για να προσανατολίζονται στα ταξίδια τους.

Πρώτος, ο Άγγλος Τζίλμπερτ (1540-1603) μελέτησε συστηματικά τις ιδιότητες των μαγνητών. Αυτός κατασκεύασε τον πρώτο τεχνητό μαγνήτη και ισχυρίστηκε ότι η Γη είναι ένας τεράστιος μαγνήτης. Από τότε μέχρι σήμερα έχουμε ερμηνεύσει σε μεγάλο βαθμό τη μαγνητική συμπεριφορά. Κατανοήσαμε ότι οι ιδιότητες των μαγνητών συνδέονται στενά με τον ηλεκτρισμό και τη δομή της ύλης.

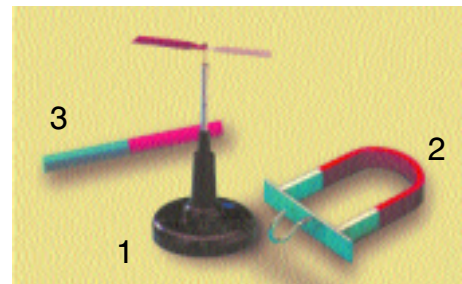
Σιδηρομαγνητικά υλικά

Ο μαγνητίτης είναι χημική ένωση σιδήρου με οξυγόνο. Ο μαγνητίτης είναι φυσικός μαγνήτης. Σε καθημερινές εφαρμογές, ωστόσο, χρησιμοποιούμε τεχνητούς μαγνήτες (Εικ. 4.2) οι οποίοι κατασκευάζονται από σίδηρο, νικέλιο ή κοβάλτιο καθώς και από κράματα αυτών των υλικών. Τα υλικά από τα οποία κατασκευάζονται οι μαγνήτες ονομάζονται *σιδηρομαγνητικά*.



Εικόνα 4. 1

Ένα κομμάτι μαγνητίτης έλκει ρινίσματα σιδήρου.



Εικόνα 4.2

Συνηθισμένες μορφές τεχνητών μαγνητών. I) Μαγνητική βελόνα, II) Πεταλλοειδής μαγνήτης, III) Ραβδόμορφος μαγνήτης.



Εικόνα 4.3

Οι μαγνήτες έλκουν αντικείμενα κατασκευασμένα μόνο από σιδηρομαγνητικά υλικά.

Ο μαγνήτης δεν ασκεί δύναμη σε κάθε αντικείμενο, όπως για παράδειγμα, σε κομμάτια από ξύλο ή αλουμίνιο (εικ. 4.3). Ασκεί δύναμη μόνο σε αντικείμενα που περιέχουν σιδηρομαγνητικά υλικά.

4.1. Γνωριμία με τη μαγνητική δύναμη

Η δύναμη που ασκείται από ένα μαγνήτη σε αντικείμενα από σιδηρομαγνητικά υλικά ονομάζεται μαγνητική. Ο μαγνήτης έλκει ένα καρφί χωρίς να έρχεται απαραίτητα σε επαφή με αυτό. Επομένως η μαγνητική δύναμη δρα από απόσταση.

Αν πλησιάσουμε σε ένα μαγνήτη ένα μη μαγνητισμένο καρφί, παρατηρούμε ότι το καρφί έλκει το μαγνήτη. Συμπεραίνουμε ότι μαγνητική δύναμη δεν ασκείται μόνο από ένα μαγνήτη σε ορισμένα αντικείμενα. Συγχρόνως τα αντικείμενα αυτά ασκούν μαγνητική δύναμη στο μαγνήτη.

Η μαγνητική δύναμη μεταβάλλεται. Πράγματι, κρεμώντας ένα σιδερένιο αντικείμενο στο άκρο ενός δυναμόμετρου διαπιστώνουμε ότι όσο πλησιάζουμε ένα μαγνήτη σε αυτό τόσο μεγαλύτερη είναι η μαγνητική δύναμη (Εικ. 4.4).

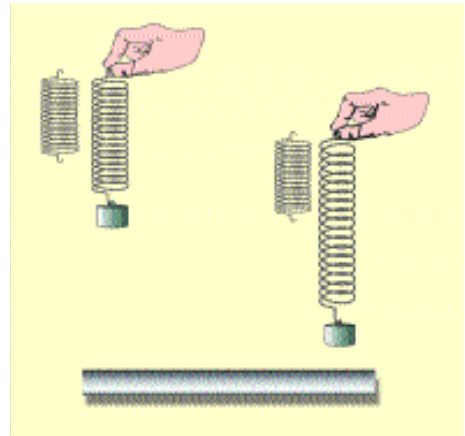
Επίσης, πλησιάζοντας διαδοχικά στο σιδερένιο αντικείμενο που κρέμεται στο άκρο του δυναμόμετρου άλλους μαγνήτες, στην ίδια απόσταση κάθε φορά, η δύναμη δεν είναι πάντοτε η ίδια. Η μαγνητική δύναμη εξαρτάται και από το είδος του μαγνήτη.

Μαγνητικοί πόλοι

Οι μαγνητικές δυνάμεις που αναπτύσσονται από τις διάφορες περιοχές ενός μαγνήτη δεν είναι εξίσου ισχυρές. Αν πλησιάσουμε ένα μαγνήτη σε καρφίτσες παρατηρούμε ότι αυτές έλκονται περισσότερο από δύο ορισμένες περιοχές του (Εικ. 4.5). Γενικά οι περιοχές ενός μαγνήτη από τις οποίες αναπτύσσονται κυρίως οι μαγνητικές δυνάμεις, ονομάζονται πόλοι.

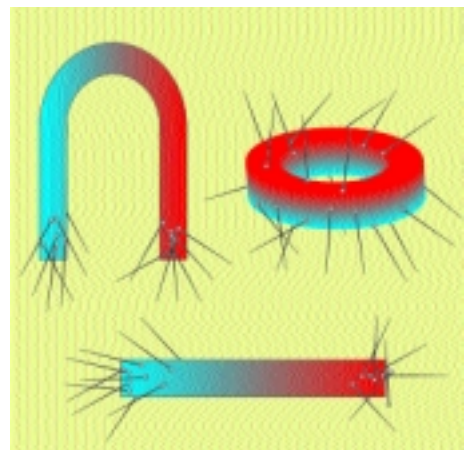
Αν κόψουμε μια μαγνητισμένη ράβδο σε δύο κομμάτια προκύπτουν δύο μικρότεροι μαγνήτες, με δύο πόλους ο καθένας (Εικ.4. 6). Συνεχίζοντας τον τεμαχισμό προκύπτουν όλο και μικρότεροι μαγνήτες. Υποθέτουμε λοιπόν ότι ακόμα και τα ελάχιστα κομμάτια της ράβδου που μπορούν να προκύψουν από το θρυμματισμό της, δηλαδή τα μόριά της, συμπεριφέρονται σαν μαγνήτες. Οι στοιχειώδεις αυτοί μαγνήτες ονομάζονται *μοριακοί*.

Κάθε μαγνήτης, οσοδήποτε μικρός, ακόμα και ο μοριακός έχει πάντοτε δύο πόλους. Μέχρι σήμερα δεν έχουμε ενοτοπίσει πουθενά στη φύση απομονωμένο μαγνητικό πόλο.



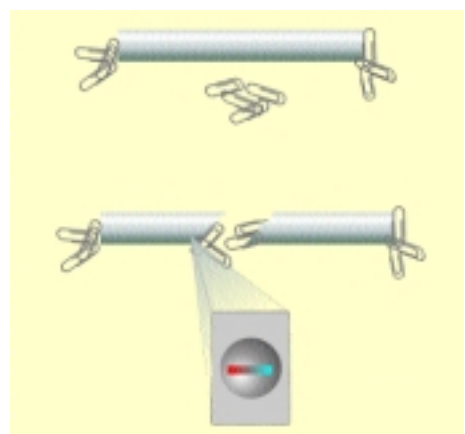
Εικόνα 4.4

Όταν στο μαγνήτη πλησιάσουμε το κρεμασμένο σιδερένιο σφαιρίδιο η παραμόρφωση του ελατηρίου αυξάνεται



Εικόνα 4.5

Σε ορισμένες περιοχές των μαγνητών συγκεντρώνονται περισσότερες καρφίτσες



Εικόνα 4.6

Τεμαχίζοντας ένα μαγνήτη προκύπτουν συνεχώς μικρότεροι μαγνήτες

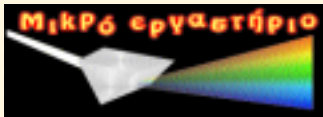
Δυνάμεις μεταξύ μαγνητικών πόλων

Όταν στον ίδιο πόλο ενός μαγνήτη πλησιάσουμε διαδοχικά τους πόλους ενός άλλου μαγνήτη, τη μια φορά παρατηρούμε έλξη και την άλλη άπωση (εικ. 4.7). Επομένως η μαγνητική δύναμη είναι είτε ελκτική είτε απωστική.

Όταν δύο πόλοι ασκούν αντίθετη δύναμη σε έναν τρίτο πόλο τους ονομάζουμε αντίθετους. Οι πόλοι ενός μαγνήτη είναι αντίθετοι μεταξύ τους.

Πότε εμφανίζεται ελκτική και πότε απωστική μαγνητική δύναμη;

Όταν πλησιάσουμε δύο αντίθετους πόλους μεταξύ τους εμφανίζεται ελκτική δύναμη (Εικ. 4.8). Όταν πλησιάσουμε δυο όμοιους εμφανίζεται απωστική. Στη φύση υπάρχουν μόνο δύο είδη μαγνητικών πόλων. Δύο πόλοι του ίδιου είδους πάντοτε απωθούνται ενώ δύο πόλοι διαφορετικού είδους έλκονται.



Στερεώστε ένα μαγνήτη επάνω από ένα τραπέζι.

Δέστε ένα κλειδί, για το οποίο γνωρίζετε ότι το έλκει ο μαγνήτης, στην άκρη ενός σχοινού.

Στερεώστε την άλλη άκρη του σχοινού στο τραπέζι και πλησιάστε το κλειδί στο μαγνήτη όπως φαίνεται στην Εικόνα.

(Το μήκος του σχοινού πρέπει να είναι τόσο ώστε το κλειδί να φθάνει στο μαγνήτη χωρίς να τον αγγίζει).

Αφήστε σιγά σιγά το κλειδί.

Τι παρατηρείτε;

Τι συμπεραίνετε;



Προσδιορίστε και σημειώστε τους όμοιους πόλους δύο δακτυλοειδών μαγνητών.

Μέσα από αυτούς περάστε ένα φύλλο χαρτί σχήματος κυλίνδρου.

Οι μαγνήτες έλκονται ή απωθούνται μεταξύ τους;

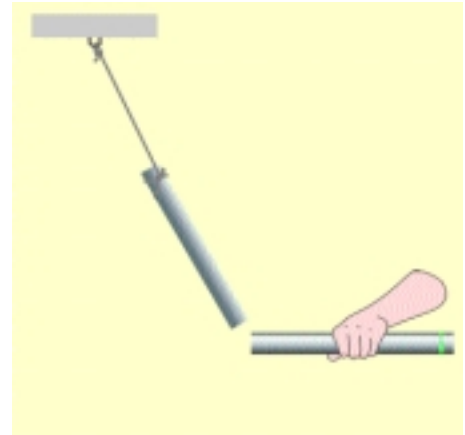
Αντιστρέψτε τον ένα μαγνήτη.

Σε αυτή την περίπτωση οι μαγνήτες έλκονται ή απωθούνται;

Μπορείτε με αυτό τον τρόπο να κατασκευάσετε ένα αόρατο ελατήριο;

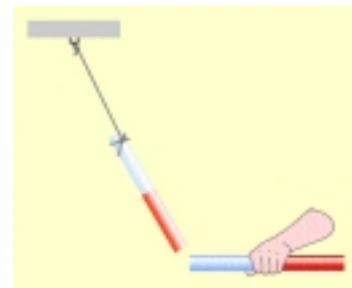
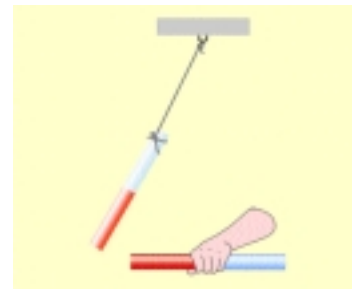
Μπορείτε λοιπόν να φανταστείτε πώς αιωρούνται τα εναέρια τραίνα;

Πώς φαντάζεστε ότι κινούνται;



Εικόνα 4.7

Στο πόλο Α του κρεμασμένου μαγνήτη πλησιάζουμε διαδοχικά τους πόλους ενός άλλου μαγνήτη. Τον ένα πόλο τον έχουμε βάψει κόκκινο και τον άλλο πράσινο. Τη πρώτη φορά παρατηρούμε έλξη και την δεύτερη άπωση.



Εικόνα 4.8

Τους όμοιους πόλους των μαγνητών τους βάψουμε το ίδιο χρώμα. Πλησιάζοντας τους δυο πράσινους ή τους δυο κόκκινους παρατηρούμε άπωση. Πλησιάζοντας ένα κόκκινο μ' ένα πράσινο παρατηρούμε έλξη.

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Να σχηματίσετε προτάσεις χρησιμοποιώντας τις έννοιες: μαγνήτης, μαγνητίτης, σιδηρομαγνητικό υλικό.
2. Ένας μαγνήτης ασκεί δύναμη σε:
 - α) Ένα καρφί από σίδηρο.
 - β) Μια χάλκινη βίδα.
 - γ) Μια ατσάλινη βελόνα.
 - δ) Σε ένα κέρμα κατασκευασμένο από κράμα που περιέχει χαλκό και νικέλιο.
 - ε) Σε ένα ξύλινο μολύβι που περιέχει γραφίτη (άνθρακα).
 - στ) Σε έναν άλλο μαγνήτη.
 Επιλέξτε τις σωστές απαντήσεις.
3. Συμπληρώστε τις παρακάτω προτάσεις:
 - α) Οι μαγνήτες διακρίνονται σε και σε τεχνητούς. Οι μαγνητικές δυνάμεις ασκούνται σε σώματα που περιέχουν υλικά. Οι τεχνητοί μαγνήτες κατασκευάζονται από υλικά. Τέτοια υλικά είναι π.χ. τα:,, και το
4. Παρατηρήστε την εικόνα 4.4. Γιατί το ελατήριο παρουσιάζει μεγαλύτερη επιμήκυνση όταν το σιδερένιο σφαιρίδιο είναι πλησιέστερα στο μαγνητικό πόλο;
5. Συμπληρώστε τις προτάσεις:

Οι περιοχές ενός μαγνήτη που ασκούν ισχυρότερες ονομάζονται πόλοι. Κάθε μαγνήτης, οσοδήποτε μικρός, έχει πάντοτε πόλους. Μεταξύ δύο πόλων ασκούνται Οι όμοιοι πόλοι ενώ δύο αντίθετοι
6. Τι θα συμβεί αν τεμαχίσουμε έναν μαγνήτη; Με βάση το αποτέλεσμα της παρατήρησης του τεμαχισμού ενός μαγνήτη σε όλο και μικρότερα κομμάτια, τι μπορούμε να συμπεράνουμε για τα μόρια του υλικού από το οποίο αποτελείται;
7. Διαθέτουμε δύο σιδερένιες ράβδους και την πληροφορία ότι η μία από αυτές είναι μαγνήτης. Πώς θα βρούμε τη μαγνητισμένη ράβδο χωρίς να χρησιμοποιήσουμε κανένα άλλο μέσον -όργανο ή υλικό;
8. α) Είναι δυνατό τρεις μαγνητικοί πόλοι να έλκονται μεταξύ τους ανά δύο;
 β) Είναι δυνατό τρεις μαγνητικοί πόλοι να απωθούνται μεταξύ τους ανά δύο;
 Αιτιολογήστε την άποψή σας.

4.2 Πώς περιγράφουμε τη μαγνητική δύναμη;

Μαγνητικό πεδίο

Μάθαμε ότι η μαγνητική δύναμη δρα από απόσταση χωρίς να μεσολαβεί ο,τιδήποτε μεταξύ των σωμάτων στα οποία αναπτύσσεται. Διαθέτουμε, ωστόσο, και έναν άλλο τρόπο για να περιγράψουμε τη διαδικασία με την οποία ασκείται η μαγνητική δύναμη: Με τη βοήθεια της έννοιας του μαγνητικού πεδίου.

Τι είναι το μαγνητικό πεδίο;

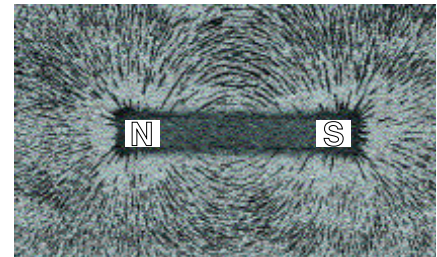
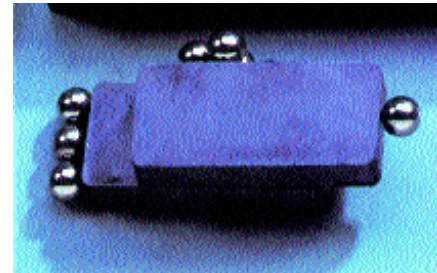
Όταν σε οποιοδήποτε σημείο του χώρου κοντά σε ένα μαγνήτη πλησιάσουμε αιωρούμενες σιδερένιες σφαίρες, πάνω τους ασκείται μαγνητική δύναμη. Επομένως η περιοχή του χώρου γύρω από ένα μαγνήτη είναι πεδίο δράσης μαγνητικών δυνάμεων. Όταν σε ένα χώρο δρουν μαγνητικές δυνάμεις, τότε λέμε ότι στο χώρο αυτό υπάρχει μαγνητικό πεδίο.

Δυναμικές γραμμές - Μαγνητικό φάσμα

Μέσα στο μαγνητικό πεδίο ρινίσματα σιδήρου διατάσσονται σε γραμμές κατά τη διεύθυνση της δύναμης που ασκείται επάνω τους. (Εικ. 4.9) Όπου συγκεντρώνονται περισσότερα ρινίσματα εκεί η μαγνητική δύναμη είναι ισχυρότερη και οι γραμμές είναι πυκνότερες. Επειδή οι γραμμές αυτές δείχνουν τη διεύθυνση και την ένταση της μαγνητικής δύναμης, τις ονομάζουμε *δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου*. Την εικόνα των μαγνητικών γραμμών την ονομάζουμε *μαγνητικό φάσμα* (Εικ. 4.10,11,12).

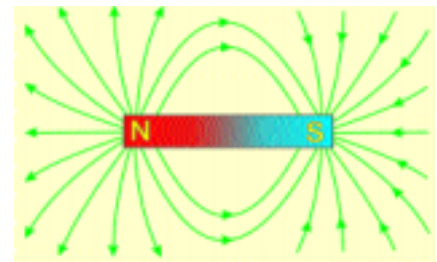
Όστε αν γνωρίζουμε τη μορφή των δυναμικών γραμμών μπορούμε να προσδιορίσουμε τη διεύθυνση της μαγνητικής δύναμης. Παρατηρώντας επίσης πόσο πυκνές ή αραιές είναι οι δυναμικές γραμμές σε μια περιοχή του χώρου, μπορούμε να εκτιμήσουμε πόσο ισχυρή ή ασθενής είναι εκεί η μαγνητική δύναμη. Άρα για τον προσδιορισμό της μαγνητικής δύναμης δεν είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε ποιος μαγνήτης την προκαλεί. Αρκεί να γνωρίζουμε τη μορφή των δυναμικών γραμμών. Βεβαίως, αυτή η μορφή προσδιορίζεται κάθε φορά από το μαγνήτη ή τους μαγνήτες που διαμορφώνουν το μαγνητικό πεδίο (Εικ. 4.11,12).

Διαθέτουμε, λοιπόν, δύο τρόπους περιγραφής της διαδικασίας με την οποία ασκείται η μαγνητική δύναμη. Πρώτον, είναι δυνατό να θεωρήσουμε ότι ένας μαγνήτης ασκεί δύναμη από απόσταση. Δεύτερον, είναι δυνατό να θεωρήσουμε ότι ο μαγνήτης διαμορφώνει γύρω του ένα μαγνητικό πεδίο με τη βοήθεια του οποίου ασκείται η μαγνητική δύναμη.



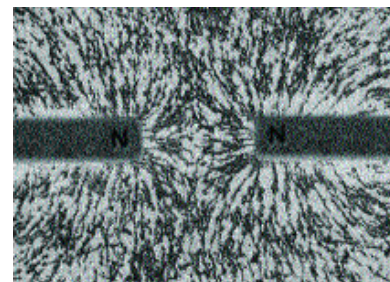
Εικόνα 4.9

Όταν γύρω από ένα ραβδόμορφου μαγνήτη σκορπίσουμε ρινίσματα σιδήρου αυτά διατάσσονται σε γραμμές.



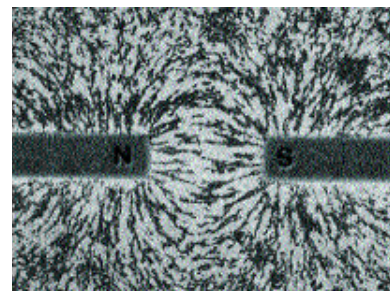
Εικόνα 4.10

Δυναμικές γραμμές του πεδίου ραβδόμορφου μαγνήτη.



Εικόνα 4.11

Το μαγνητικό φάσμα μεταξύ όμοιων πόλων.



Εικόνα 4.12

Το μαγνητικό φάσμα μεταξύ αντίθετων πόλων.

Ενέργεια του μαγνητικού πεδίου.

Ένας μαγνήτης έλκει καρφίτσες από απόσταση. Οι καρφίτσες κινούνται και συνεπώς αποκτούν κινητική ενέργεια. Από που προήλθε η ενέργεια αυτή;

Οι καρφίτσες κινήθηκαν επειδή ο μαγνήτης άσκησε πάνω τους μαγνητική δύναμη, δηλαδή επειδή βρίσκονταν μέσα στο μαγνητικό του πεδίο. Συμπεραίνουμε επομένως ότι η ενέργεια που απέκτησαν οι καρφίτσες, τους προσφέρθηκε από το μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη. Ώστε το μαγνητικό πεδίο περικλείει ενέργεια.

Για να πλησιάσετε τους όμοιους πόλους δύο ισχυρών μαγνητών πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια και να καταναλώσετε ενέργεια. Αυτή η ενέργεια αποθηκεύεται στο μαγνητικό πεδίο, που υπάρχει στο χώρο μεταξύ των μαγνητών.

Το μαγνητικό πεδίο της Γης

Ένα αιωρούμενο μολύβι και ένας αιωρούμενος μαγνήτης δεν συμπεριφέρονται με παρόμοιο τρόπο (Εικ.4,13). Το μολύβι παραμένει και ισορροπεί στην αρχική τυχαία θέση του. Ο μαγνήτης, ωστόσο, στρέφεται έτσι ώστε, όταν ισορροπήσει, ο ένας πόλος του κατευθύνεται πάντοτε προς βορρά και ο άλλος προς νότο. Όμοια προσανατολίζεται και μια μαγνητική βελόνα.

Ο αιωρούμενος μαγνήτης και η μαγνητική βελόνα προσανατολίζονται όπου κι αν βρίσκονται επάνω στη Γη, π.χ. στις Άλπεις ή στη Νέα Υόρκη. Όμως αυτό δε συμβαίνει μακριά από τη Γη. Συμπεραίνουμε ότι κοντά στη Γη υπάρχει μαγνητικό πεδίο.

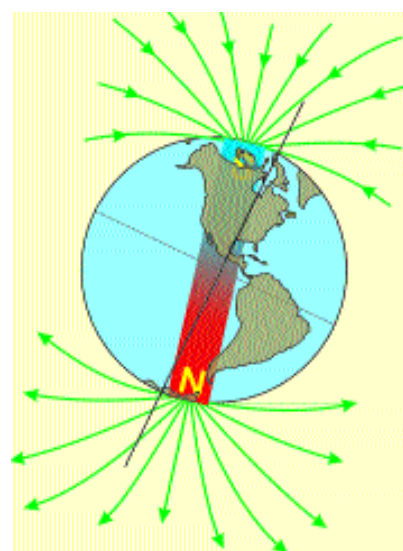
Οι μαγνήτες στρέφουν προς το βορρά πάντοτε όμοιους πόλους, ίδιου είδους, ενώ οι αντίθετοί τους στρέφονται προς το νότο. Τον πόλο του μαγνήτη που στρέφεται προς βορρά τον ονομάζουμε βόρειο μαγνητικό πόλο και τον αντίθετό του, νότιο.

Γνωρίζουμε ότι οι αντίθετοι μαγνητικοί πόλοι έλκονται μεταξύ τους. Επειδή, λοιπόν, ο βόρειος μαγνητικός πόλος ενός μαγνήτη στρέφεται προς βορρά, το μαγνητικό πεδίο της Γης μοιάζει με αυτό ενός τεράστιου μαγνήτη του οποίου ο νότιος πόλος βρίσκεται βόρεια! (Εικ.4.14)



Εικόνα 4.13

Κρεμάμε ένα μαγνήτη από μια κλωστή και τον αφήνουμε να ισορροπήσει οριζόντια. Τότε ο ένας πόλος του μαγνήτη κατευθύνεται βόρεια και ο άλλος νότια..



Εικόνα 4.14

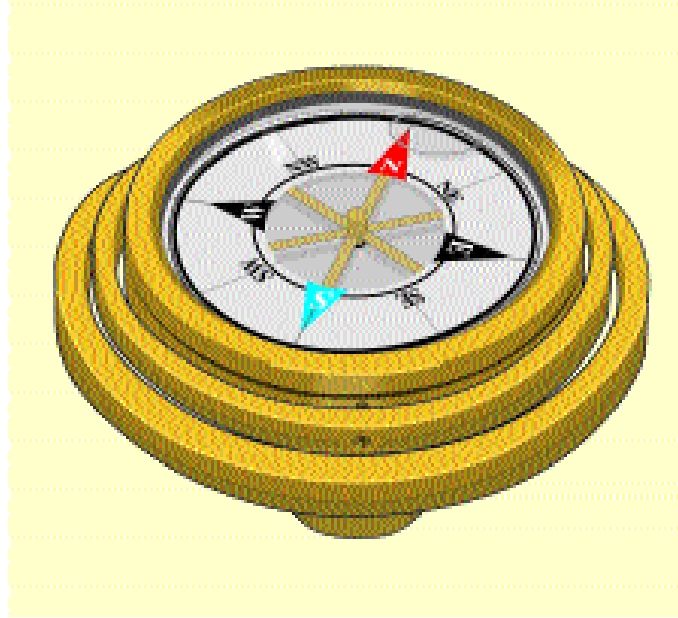
Το μαγνητικό πεδίο της Γης μοιάζει με αυτό ενός τεράστιου μαγνήτη του οποίου ο νότιος πόλος βρίσκεται κοντά στο βόρειο γεωγραφικό πόλο της Γης.



Μαγνητική πυξίδα

Επειδή η μαγνητική βελόνα προσανατολίζεται στη διεύθυνση βορρά - νότου τη χρησιμοποιούμε ως πυξίδα. Σε κύκλο γύρω από αυτή είναι σημειωμένα α σημεία του ορίζοντα. Προσδιορίζοντας με τη βελόνα τη διεύθυνση βορρά - νότου μπορούμε να προσδιορίσουμε και κάθε άλλη διεύθυνση. Έτσι χρησιμοποιούμε τη πυξίδα για να προσανατολιζόμαστε.

Όταν η πυξίδα βρίσκεται κοντά σε αντικείμενο που αποτελείται από σιδηρομαγνητικό υλικό, ασκείται πάνω της μαγνητική δύναμη που την αποπροσανατολίζει. Στην περίπτωση αυτή η βελόνα δεν ισορροπεί στη διεύθυνση βορρά - νότου.



Μικροσκοπικοί
μαγνήτες

Βιομαγνητισμός

Μέσα σε μαγνητικό πεδίο ορισμένα βακτήρια προσανατολίζονται και κινούνται κατά μήκος των δυναμικών γραμμών. Σε αυτά τα βακτήρια υπάρχουν μικροσκοπικοί κρύσταλλοι από μαγνητίτη οι οποίοι στρέφονται όπως η μαγνητική δύναμη και προσανατολίζονται.

Τέτοιοι μικροσκοπικοί κρύσταλλοι ανακαλύφθηκαν στον εγκέφαλο των περιστερών. Εικάζεται ότι τα ταχυδρομικά περιστέρια προσανατολίζονται χρησιμοποιώντας το γήινο μαγνητικό πεδίο και έτσι βρίσκουν το δρόμο της επιστροφής. Ο άνθρωπος μάλλον δεν διαθέτει αυτή την αίσθηση. Διαθέτει ωστόσο νόηση για να κατασκευάσει μαγνητική πυξίδα.

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Συμπληρώστε τις προτάσεις:
 Ο χώρος γύρω από έναν μαγνήτη, όπου είναι δυνατό να ασκηθούν μαγνητικές δυνάμεις, ονομάζεται

Τα ρινίσματα του σιδήρου διατάσσονται, όταν βρεθούν μέσα σε ένα, κατά μήκος γραμμών. Οι γραμμές αυτές λέγονται γραμμές του Το σύνολο των γραμμών αποτελεί το μαγνητικό του

Ο προσανατολισμός μιας μαγνητικής βελόνας κατά τη διεύθυνση βορρά-νότου οφείλεται στην ύπαρξη του γήινου Το άκρο της βελόνας που στρέφεται προς το βορρά λέγεται και το άλλο, αντίστοιχα, Η Γη συμπεριφέρεται σαν ένας τεράστιος, του οποίου ο βρίσκεται κοντά στο γεωγραφικό βόρειο πόλο και ο, κοντά στο γεωγραφικό νότιο πόλο.
2. Πώς μπορούμε να διαπιστώσουμε την ύπαρξη ενός μαγνητικού πεδίου;
3. Πώς μπορούμε να προσδιορίσουμε ποιός πόλος ενός μαγνήτη είναι βόρειος και ποιός νότιος;
4. Σχεδιάστε τις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου:

 - α) Ενός ραβδόμορφου μαγνήτη.
 - β) Της Γης.

Τι παρατηρείτε;
5. Με ποιούς τρόπους μπορούμε να περιγράψουμε τη διαδικασία με την οποία ασκείται μαγνητική δύναμη;
6. Πώς μπορούμε να προσδιορίσουμε τις μαγνητικές δυνάμεις με τη βοήθεια των δυναμικών γραμμών ενός μαγνητικού πεδίου;
7. Στερεώνουμε μια μαγνητική βελόνα πάνω σε ένα φελλό που επιπλέει μέσα σε μια λεκάνη γεμάτη νερό. Τι προβλέπετε ότι θα συμβεί;

 - α) Η βελόνα με το φελλό θα στραφεί έτσι ώστε ο βόρειος πόλος της να κατευθύνεται προς το βορρά και ο νότιος προς το νότο και τελικά θα ισορροπήσει.
 - β) Θα στραφεί ο βόρειος πόλος της προς το νότο και ο νότιος προς το βορρά και τελικά θα ισορροπήσει.
 - γ) Θα στραφεί ο βόρειος πόλος της προς το βορρά και ο νότιος προς το νότο και θα κινηθεί κατά τη διεύθυνση βορρά-νότου.

Να αιτιολογήσετε την άποψή σας.

4.3 Μαγνήτιση

Πώς μπορούμε να κατασκευάσουμε ένα μαγνήτη;

Όταν με το νότιο πόλο ενός μαγνήτη αγγίξουμε το ένα άκρο κάποιου καρφιού, το καρφί γίνεται μαγνήτης (Εικ. 4.15). Μάλιστα σε αυτό το άκρο του καρφιού εμφανίζεται βόρειος πόλος και στο άλλο νότιος.

Όταν επάνω σε μια σιδερένια ράβδο τρίψουμε αρκετές φορές προς την ίδια κατεύθυνση ένα μαγνήτη, η ράβδος μαγνητίζεται περισσότερο από όσο με απλή επαφή (Εικ. 4.16).

Τέλος, όταν ο μαγνήτης είναι αρκετά ισχυρός δεν είναι απαραίτητο το καρφί ή η ράβδος να έρθουν σε επαφή με αυτόν. Όταν τα πλησιάσουμε αρκετά στο μαγνήτη, μαγνητίζονται. Σε αυτή την περίπτωση, λέμε, ότι το καρφί ή η ράβδος μαγνητίζονται με επαγωγή (Εικ. 4.17).

Άρα ένα αντικείμενο από σιδηρομαγνητικό υλικό, όπως το καρφί και η σιδερένια ράβδος, είναι δυνατό να μαγνητιστεί με επαφή, τριβή ή επαγωγή.

Ερμηνεία της μαγνήτισης

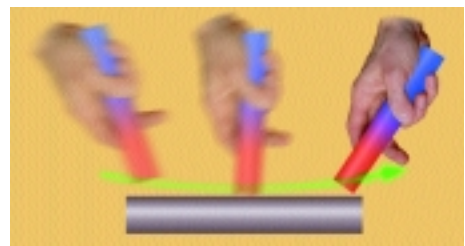
Πώς μπορούμε να ερμηνεύσουμε τη μαγνήτιση των σιδηρομαγνητικών υλικών;

Στην παράγραφο 4.2 είχαμε συμπεράνει ότι τα μόρια ενός μαγνήτη συμπεριφέρονται σαν μικροσκοπικοί μαγνήτες, που τους είχαμε ονομάσει μοριακούς. Η μαγνητική συμπεριφορά του μαγνήτη οφείλεται στον προσανατολισμό των μοριακών μαγνητών προς την ίδια κατεύθυνση. Έτσι, στο ένα άκρο του μαγνήτη υπάρχουν μόνο βόρειοι πόλοι των μοριακών μαγνητών και στο άλλο άκρο μόνο νότιοι (Εικ.4.18). Άρα στο πρώτο άκρο εμφανίζεται ο βόρειος πόλος του μαγνήτη και στο άλλο ο νότιος. Στο εσωτερικό του μαγνήτη συνυπάρχουν βόρειοι και νότιοι πόλοι μοριακών μαγνητών τόσο κοντά μεταξύ τους, ώστε οι μαγνητικές δυνάμεις που ασκούνται από αυτούς να αλληλοεξουδετερώνονται.

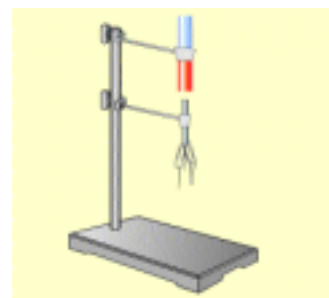
Σε ένα μη μαγνητισμένο σιδηρομαγνητικό υλικό προσανατολίζονται ομοιόμορφα μόνον οι μοριακοί μαγνήτες που περιλαμβάνονται σε μικροσκοπικές περιοχές του υλικού. Κάθε τέτοια περιοχή μοιάζει με έναν μικρό μαγνήτη, ο οποίος αποτελείται περίπου από 10^{20} μοριακούς μαγνήτες (Εικ. 4.19). Οι μικροσκοπικοί μαγνήτες έχουν τυχαίο προσανατολισμό, με αποτέλεσμα στο μη μαγνητισμένο σιδηρομαγνητικό υλικό να μην είναι δυνατός ο σχηματισμός βόρειου και νότιου πόλου, με τον τρόπο που είπαμε. Κατά τη διάρκεια της μαγνήτισης ωστόσο, επειδή το υλικό βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο, οι μικροσκοπικοί μαγνή-



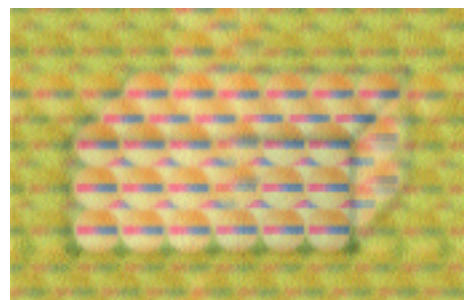
Εικόνα 4.15
Όταν μια μικρή μη μαγνητισμένη ράβδος έλθει σε επαφή με ένα μαγνήτη, έλκει και αυτή μεταλλικούς συνδετήρες.



Εικόνα 4.16
Όταν πάνω σε μια σιδερένια ράβδο τρίψουμε αρκετές φορές προς την ίδια κατεύθυνση τον ένα πόλο κάποιον μαγνήτη, η ράβδος γίνεται και αυτή μαγνήτης!



Εικόνα 4.17
Όταν επάνω από μια ράβδο μαλακού σιδήρου τοποθετήσουμε ένα ισχυρό μαγνήτη, η ράβδος έλκει μικρά σιδερένια αντικείμενα.



Εικόνα 4.18
Σε έναν μαγνήτη οι μοριακοί μαγνήτες είναι ομοιόμορφα προσανατολισμένοι.

τες δέχονται μαγνητική δύναμη και προσανατολίζονται προς την ίδια κατεύθυνση (Εικ. 4.20). Έτσι στο σιδηρομαγνητικό υλικό εμφανίζονται πόλοι και αποκτά μαγνητική συμπεριφορά.

Απομαγνήτιση με θέρμανση

Όταν η θερμοκρασία ενός μαγνητισμένου αντικείμενου αυξηθεί αρκετά, το αντικείμενο απομαγνητίζεται (Εικ. 4.21). Από ακριβείς μετρήσεις της θερμοκρασίας και της μαγνήτισης, προκύπτει ότι τα σιδηρομαγνητικά υλικά απομαγνητίζονται σε εντελώς συγκεκριμένη θερμοκρασία. Για παράδειγμα, ο χάλυβας απομαγνητίζεται σε θερμοκρασία 1100 °C ο σίδηρος σε 785 °C κτλ.

Γιατί ένα σιδηρομαγνητικό υλικό απομαγνητίζεται με θέρμανση; Θυμηθείτε ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία ενός σώματος τόσο εντονότερα κινούνται τα μόριά του. Σε ορισμένη θερμοκρασία λοιπόν οι μικροσκοπικοί μαγνήτες κινούνται τόσο έντονα ώστε ο ωραίος σχηματισμός με όλους τους μικροσκοπικούς μαγνήτες προσανατολισμένους καταστρέφεται: σε αυτή τη θερμοκρασία το υλικό απομαγνητίζεται.

Οι μικροσκοπικοί μαγνήτες κινούνται και σε χαμηλότερη θερμοκρασία από αυτή στην οποία το υλικό απομαγνητίζεται. Στο μαλακό σίδηρο αυτή η κίνηση είναι αρκετή για να καταστρέψει τον προσανατολισμό των μικροσκοπικών μαγνητών σε συνηθισμένη θερμοκρασία. Σε συνηθισμένη θερμοκρασία, λοιπόν, έξω από μαγνητικό πεδίο, ο μαλακός σίδηρος απομαγνητίζεται.

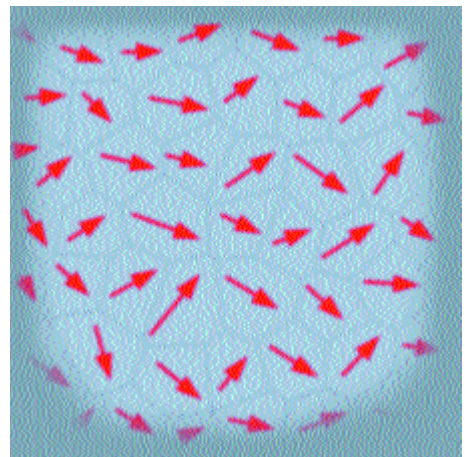
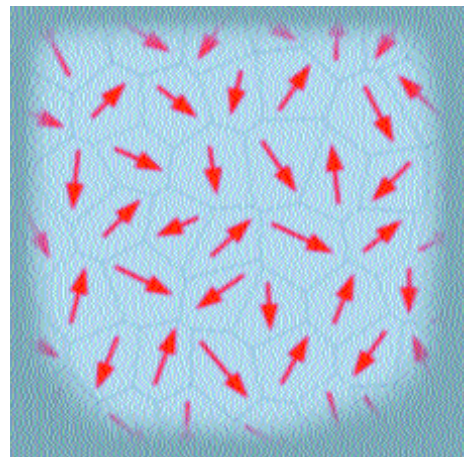
Απομαγνήτιση με κρούση

Χτυπώντας έντονα ένα μαγνητισμένο αντικείμενο, το αντικείμενο απομαγνητίζεται. Αυτό συμβαίνει επειδή μετά την κρούση οι μικροσκοπικοί μαγνήτες κινούνται εντονότερα, οπότε ο προσανατολισμός τους καταστρέφεται.

Μαγνήτιση και ενέργεια

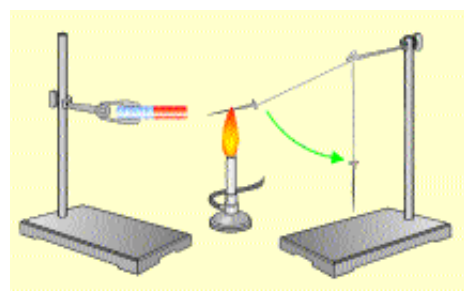
Μεταξύ των μοριακών μαγνητών ασκούνται δυνάμεις. Οι μοριακοί μαγνήτες, λοιπόν, έχουν δυναμική ενέργεια. Κατά τη μαγνήτιση και την απομαγνήτιση ενέργεια μεταφέρεται στο υλικό οπότε η ενέργεια των μικροσκοπικών μαγνητών αυξάνεται.

Για να μαγνητισθεί και να απομαγνητισθεί ένα κομμάτι χάλυβας πρέπει να μεταφερθεί σε αυτό περισσότερη ενέργεια από όση χρειάζεται να μεταφερθεί σε ένα κομμάτι σίδηρο.



Εικόνα 4.20

Μέσα σε ισχυρό μαγνητικό πεδίο οι στοιχειώδεις μαγνήτες προσανατολίζονται προς την ίδια κατεύθυνση ανεξάρτητα από την περιοχή στην οποία ανήκουν.



Εικόνα 4.21

Όταν η θερμοκρασία του καρφιού αυξηθεί αρκετά, ο μαγνήτης δεν έλκει πλέον το καρφί.



Μαγνήτιση και τεχνολογία

Επειδή ορισμένα υλικά, όπως το ασάλι απομαγνητίζονται δύσκολα είναι κατάλληλα για την κατασκευή μόνιμων μαγνητών. Αλλα υλικά που μαγνητίζονται εύκολα είναι κατάλληλα για την καταγραφή πληροφοριών. Τέτοια υλικά χρησιμοποιούνται στις ταινίες αναπαραγωγής ήχου ή εικόνας και στις δισκέτες των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ανάλογα με το είδος του ήχου ή της εικόνας που έχει καταγραφεί ο προσανατολισμός των μικροσκοπικών μαγνητών στην ταινία είναι διαφορετικός.

Κατάλληλα μηχανήματα λοιπόν επηρεάζονται από αυτό τον προσανατολισμό και αναπαράγουν τον ήχο ή την εικόνα. Παρόμοια αποθηκεύονται οι πληροφορίες στις δισκέτες του ηλεκτρονικού υπολογιστή.

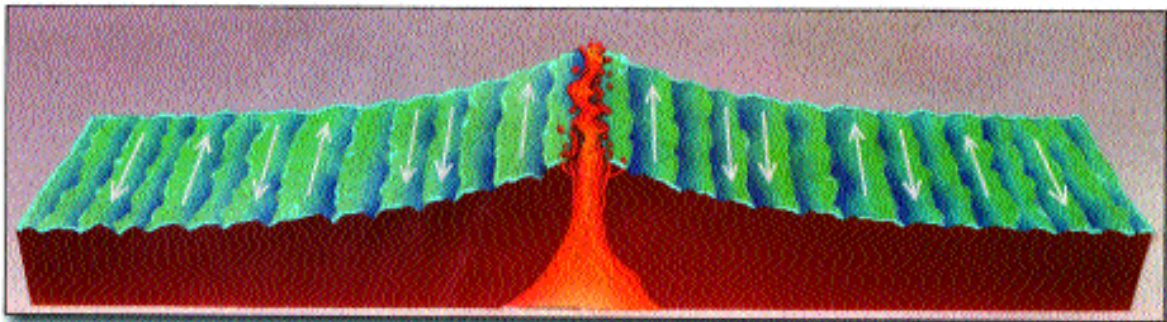


Μεταλλικός Δίσκος για τη μετάδοση της κίνησης

Δίσκος mallard με επίστρωση μαγνητικού υλικού

Άνοιγμα που επιτρέπει την ανάγνωση του δίσκου από την κεφαλή του drive

Η ιστορία του γήινου μαγνητικού πεδίου.



Ορισμένα ηφαιστειογενή πετρώματα συμπεριφέρονται σαν ταινίες αναπαραγωγής ήχου ή εικόνας. Σε αυτά έχει καταγραφεί η ιστορία του γήινου μαγνητικού πεδίου. Αυτά τα πετρώματα δημιουργήθηκαν όταν λιωμένο υλικό βγήκε από σχισμές του βυθού των ωκεανών και στερεοποιήθηκε.

Όταν η θερμοκρασία ελαττώθηκε οι μικροσκοπικοί μαγνήτες παρέμειναν προσανατολισμένοι κατά τη διεύθυνση των δυναμικών γραμμών του γήινου μαγνητικού πεδίου. Μελετώντας λοιπόν τον προσανατολισμό των μικροσκοπικών μαγνητών προσδιορίζουμε τη μορφή του γήινου μαγνητικού πεδίο εκείνης της εποχής.

Οι επιστήμονες με έκπληξη ανακάλυψαν ότι το γήινο μαγνητικό πεδίο έχει μεταβληθεί αρκετές φορές. Μάλιστα κάποτε εξαφανίστηκε! Άλλοτε πάλι είχε αντίθετη κατεύθυνση από την σημερινή! Στα τελευταία πέντε εκατομμύρια χρόνια πραγματοποιήθηκαν περισσότερες από είκοσι τέτοιες αλλαγές. Η τελευταία έγινε πριν από ένα εκατομμύριο χρόνια, τότε που εμφανίστηκε ο άνθρωπος.

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Να περιγράψετε τρεις διαδικασίες με τις οποίες μπορούμε να μετατρέψουμε σε μαγνήτη ένα σιδερένιο έλασμα.
2. Με ποιούς τρόπους ένας μαγνήτης μπορεί να απομαγνητισθεί, δηλαδή να χάσει τις μαγνητικές του ιδιότητες; Εξηγήστε σε κάθε περίπτωση, γιατί συμβαίνει αυτό.
3. Να συμπληρωθούν οι προτάσεις:
Τα σιδηρομαγνητικά υλικά αποτελούνται από μικροσκοπικές περιοχές που μοιάζουν με μικρούς στις περιοχές αυτές οι μοριακοί μαγνήτες έχουν τον ίδιο Όταν το υλικό δεν είναι μαγνητισμένο, οι μικροσκοπικές μαγνητικές του περιοχές έχουν Όταν όμως το υλικό βρεθεί μέσα σε ένα, οι μικροσκοπικοί αυτοί μαγνήτες αποκτούν κοινό προσανατολισμό.
4. Προσπαθήστε να εξηγήσετε τα ακόλουθα φαινόμενα, χρησιμοποιώντας την έννοια του μοριακού μαγνήτη:
α) Όταν τεμαχίζουμε έναν μαγνήτη, τότε κάθε κομμάτι είναι ένας νέος μαγνήτης.
β) Οι μαγνητικές δυνάμεις που ασκεί ένας μαγνήτης σε ένα αντικείμενο -από σιδηρομαγνητικό υλικό- είναι πολύ ισχυρότερες στους πόλους παρά στο μέσον του μαγνήτη.
γ) Ένα σιδερένιο καρφί μαγνητίζεται όταν πλησιάσουμε σ' αυτό έναν μαγνήτη.
5. Γιατί ένας μαγνήτης έλκει ένα σιδερένιο καρφί όχι όμως και μια ξύλινη οδοντογλυφίδα;
6. Πώς μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι μια ράβδος είναι μαγνήτης χωρίς να την πλησιάσουμε σε σιδηρομαγνητικά υλικά;
7. Να περιγράψετε δύο διαδικασίες με τις οποίες μπορούμε να απομαγνητίσουμε έναν μαγνήτη. Προσπαθήστε να ερμηνεύσετε τα φαινόμενα αυτά με τη βοήθεια της έννοιας των μικροσκοπικών μαγνητισμένων περιοχών.
8. Κατά τη μαγνήτιση και κατά την απομαγνήτιση ενός μαγνήτη προσφέρουμε σ' αυτόν ενέργεια. Σε ποιές μορφές μετατρέπεται η ενέργεια αυτή στο εσωτερικό του μαγνήτη;

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Η σημασία του ηλεκτρισμού είναι αυτονόητη για το σύγχρονο άνθρωπο. Σπάνια μια επιστημονική ανακάλυψη είχε τόσο βαθιές και εκτεταμένες συνέπειες στον ανθρώπινο πολιτισμό. Η παραγωγή και η χρησιμοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας στη θέρμανση, την κίνηση, το φωτισμό, τις τηλεπικοινωνίες και πρόσφατα στην επεξεργασία πληροφοριών (με τη χρησιμοποίηση των ηλεκτρονικών υπολογιστών) μεταβάλλουν συνεχώς τον τρόπο ζωής μας (Εικ.4.22).

Από επιστημονική άποψη η μελέτη των ηλεκτρικών φαινομένων βοήθησε αποφασιστικά στο να κατανοήσουμε τη δομή της ύλης αλλά και το τρόπο διάδοσης των ηλεκτρικών ερεθισμάτων κατά τη λειτουργία του εγκεφάλου..

4.4 Από το κεχριμπάρι¹ στον ηλεκτρονικό υπολογιστή

Αν και μόλις τον προηγούμενο αιώνα αρχίσαμε να χρησιμοποιούμε την ηλεκτρική ενέργεια, η ύπαρξή του ηλεκτρισμού ήταν γνωστή από την αρχαιότητα. Ήδη από το 6ο αιώνα π.Χ. ο Θαλής Μιλήσιος (625-547π.Χ) γνώριζε ότι όταν τρίβουμε κεχριμπάρι με μάλλινο ύφασμα, το κεχριμπάρι έλκει ελαφρά αντικείμενα: πούπουλα κλωστές, ξερά φύλλα κ.ά. (Εικ.4.23).

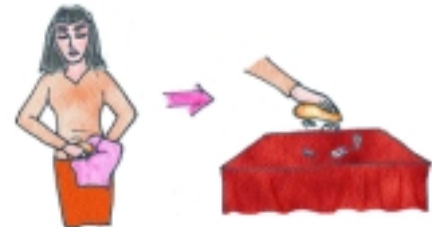
Από τότε μέχρι το 16ο αιώνα μ.Χ. (δηλαδή για περισσότερο από 2.000 χρόνια) ουδείς ενδιαφέρθηκε για τούτο το φαινόμενο. Μόνον τότε ο Αγγλος φυσικός Τζίλμπερτ (Gilbert, 1540-1643) παρατήρησε ότι εκτός από το κεχριμπάρι και άλλα υλικά, όπως το γυαλί και το θειάφι, όταν τα τρίβουμε με ύφασμα συμπεριφέρονται σαν το κεχριμπάρι. Από τον Τζίλμπερτ αρχίζει ουσιαστικά η ιστορία του ηλεκτρισμού.

Στα αρχαία ελληνικά το κεχριμπάρι ονομάζεται ήλεκτρο. Τα σώματα, λοιπόν, που μετά από τριβή αποκτούν την ιδιότητα να έλκουν ελαφρά αντικείμενα τα ονομάζουμε ηλεκτρισμένα. Λόγου χάρη, καθώς χτενιζόμαστε η χτένα τρίβεται στα στεγνά μαλλιά μας και τόσο αυτή όσο και τα μαλλιά μας ηλεκτρίζονται (Εικ.4.24).



Εικόνα 4.22

Ποιες από τις συσκευές της εικόνας λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια;



Εικόνα 4.23

Τρίβουμε ένα κομμάτι κεχριμπάρι με μάλλινο ύφασμα. Κατόπιν το πλησιάζουμε σε πούπουλα. Το κεχριμπάρι έλκει τα πούπουλα.



Εικόνα 4.24

Αφού περάσουμε μερικές φορές τη χτένα στα μαλλιά μας, την πλησιάζουμε σε χαρτάκια. Η χτένα έλκει τα χαρτάκια.

1) Το κεχριμπάρι είναι απολιθωμένο ρετσίνι με κίτρινο χρώμα που χρησιμοποιείται σε κόσμηματα και κομπολόγια.

Ηλεκτρικά φαινόμενα

Η δύναμη που ασκείται μεταξύ των ηλεκτρισμένων σωμάτων ονομάζεται ηλεκτρική. Τα ηλεκτρισμένα σώματα ωστόσο προκαλούν και άλλα φαινόμενα εκτός από το ότι ασκούν ηλεκτρική δύναμη. Για παράδειγμα όταν μέσα σε ένα δωμάτιο περπατάμε επάνω σε μάλλινο χαλί τα παπούτσια μας τρίβονται επάνω στο χαλί και ηλεκτρίζομαστε. Μόλις, λοιπόν, αγγίξουμε ένα μεταλλικό αντικείμενο (π.χ. το πόμολο μιας πόρτας) αισθανόμαστε ένα τίναγμα. Επίσης, όταν βγάζουμε το πουλόβερ μας, αυτό τρίβεται με το συνθετικό πουκάμισό μας και ηλεκτρίζεται. Ακούμε, λοιπόν, τριξίματα και στο σκοτάδι βλέπουμε μικρούς σπινθήρες. Αυτά τα φαινόμενα συμβαίνουν όταν ο αέρας είναι ξηρός. Τέλος, και ο κεραυνός είναι ένας τεράστιος ηλεκτρικός σπινθήρας. Συμβαίνει όταν ένα ηλεκτρισμένο σύννεφο πλησιάζει αρκετά στη Γη.

Ηλεκτροσκόπιο

Τα όργανα με τα οποία διαπιστώνουμε αν ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο ονομάζονται ηλεκτροσκόπια. Μπορούμε εύκολα να κατασκευάσουμε ένα ηλεκτροσκόπιο: κρεμάμε ένα ελαφρύ μη ηλεκτρισμένο αντικείμενο (π.χ. ένα μπαλάκι χαρτί, αλουμινόχαρτο κ.ά.) σε μια κλωστή και πλησιάζουμε το σώμα στο κρεμασμένο αντικείμενο (Εικ. 4.26). Αν το σώμα έλξει το αντικείμενο, συμπεραίνουμε ότι το σώμα είναι ηλεκτρισμένο. Αυτή η απλή συσκευή είναι είδος ηλεκτροσκοπίου. Ονομάζεται ηλεκτρικό εκκρεμές.

Γνωριμία με την ηλεκτρική δύναμη

Με το ηλεκτρικό εκκρεμές μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι ένας μαγνήτης δεν είναι ηλεκτρισμένο σώμα. (Εικ. 4.27). Ο μαγνήτης δεν έλκει το ηλεκτρικό εκκρεμές. Έλκει μόνον αντικείμενα που περιέχουν σιδηρομαγνητικά υλικά. Η ηλεκτρική δύναμη επομένως είναι διαφορετική από τη μαγνητική.

Από τις προηγούμενες παρατηρήσεις προκύπτει ότι ένα ηλεκτρισμένο σώμα ασκεί ηλεκτρική δύναμη σε άλλο χωρίς τα δύο σώματα να έρθουν σε επαφή μεταξύ τους. (Εικ.4.28.). Δηλαδή, η ηλεκτρική δύναμη δρα από απόσταση.

Μέχρι τώρα είδαμε ότι ένα ηλεκτρισμένο σώμα ασκεί *ελκτική* ηλεκτρική δύναμη. Ωστόσο αυτό δε συμβαίνει πάντοτε. Όταν ηλεκτρίσουμε με όμοιο τρόπο δύο γυάλινες ράβδους (π.χ. τρίβοντάς τες με μάλλινο ύφασμα) και τις πλησιάσουμε μεταξύ τους, παρατηρούμε ότι η μια απωθεί την άλλη (Εικ. 4.28). Επομένως η ηλεκτρική δύναμη, άλλοτε είναι *ελκτική* και άλλοτε *απωθητική*.



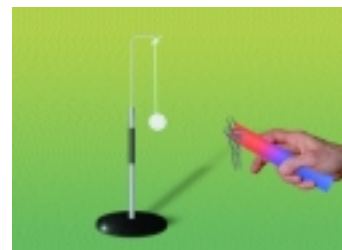
Εικόνα 4.25

Το παιδί χαϊδεύει τη γάτα. Το χέρι του και το τρίχωμα της γάτας ηλεκτρίζονται.



Εικόνα 4.26

Η ράβδος έλκει το σφαιρίδιο του εκκρεμούς. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι είναι ηλεκτρισμένη.



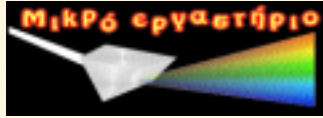
Εικόνα 4.27

Πλησιάζουμε διαδοχικά ένα μαγνήτη σε μεταλλικούς συνδετήρες και σε ηλεκτρικό εκκρεμές. Ο μαγνήτης έλκει μόνο τους συνδετήρες.



Εικόνα 4.28

Ηλεκτρίζουμε δυο γυάλινες ράβδους τρίβοντας τες με μάλλινο ύφασμα. Κατόπιν κρεμάμε τη μια ράβδο όπως φαίνεται στην εικόνα. Όταν στην κρεμασμένη, ράβδο πλησιάσουμε την άλλη γυάλινη ράβδο η κρεμασμένη ράβδος απωθείται.



- Τρίψτε με μάλλινο ύφασμα ένα πλαστικό (ένα διαφανές στυλό μπικ είναι κατάλληλο).
- Ανοίξτε λίγο τη βρύση ώστε η ροή του νερού να είναι στρωτή.
- Πλησιάστε το στυλό στη φλέβα του νερού.
- Τι παρατηρείτε;
- Τι συμπεραίνετε για το στυλό;

Ερωτήσεις -Ασκήσεις

1. Να σχηματίσετε προτάσεις χρησιμοποιώντας τις έννοιες: ηλεκτρισμένο σώμα, ηλεκτρικό φαινόμενο, ηλεκτρικό εκκρεμές, ηλεκτροσκόπιο.
2. Περιγράψτε δύο φαινόμενα που προκαλούνται από ηλεκτρισμένα σώματα.
3. Πώς μπορεί να κατασκευαστεί ένα ηλεκτρικό εκκρεμές; Σε τί μας χρησιμεύει;
4. Πώς μπορούμε να ερευνήσουμε αν ένας μαγνήτης αλληλεπιδρά με ένα ηλεκτρισμένο σώμα; Ποιό είναι το αποτέλεσμα της έρευνας;
5. Να συμπληρωθούν οι προτάσεις:
Δύο ηλεκτρισμένα σώματα είτε είτε Δύο ηλεκτρισμένα σώματα αλληλεπιδρούν χωρίς να βρίσκονται απαραίτητα σε μεταξύ τους. Η ηλεκτρική δύναμη δρα από

4.5 Οι δύο αντίθετες καταστάσεις των ηλεκτρισμένων σωμάτων

Πότε ασκείται ελκτική ηλεκτρική δύναμη και πότε απωστική;

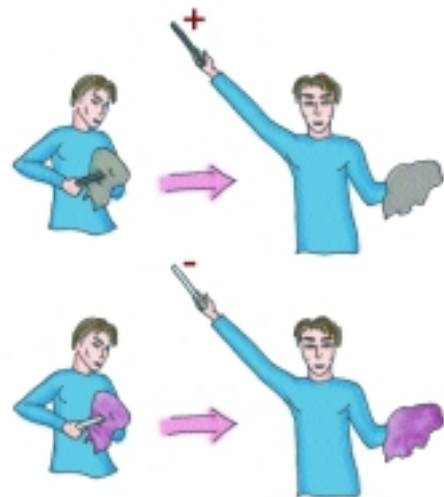
Τρίβουμε μια γυάλινη ράβδο με μεταξωτό ύφασμα και μια άλλη από εβόνιτη με μάλλινο ύφασμα. Μια ηλεκτρισμένη γυάλινη ράβδος απωθεί μια άλλη ηλεκτρισμένη γυάλινη ράβδο. Αντιθέτως, μια ηλεκτρισμένη ράβδος από εβόνιτη έλκει μια ηλεκτρισμένη γυάλινη ράβδο. Κάθε ράβδος έλκει το ύφασμα με το οποίο τρίφτηκε. Δύο ηλεκτρισμένα σώματα που έλκονται, λέμε ότι είναι αντίθετα ηλεκτρισμένα. Όστε δύο όμοια ηλεκτρισμένα σώματα απωθούνται ενώ δύο αντίθετα ηλεκτρισμένα σώματα έλκονται.

Έχουμε επινοήσει έναν απλό τρόπο για να χαρακτηρίζουμε τα σώματα που είναι όμοια ηλεκτρισμένα με μια γυάλινη ράβδο και όσα είναι αντίθετα ηλεκτρισμένα από αυτή. Στην πρώτη περίπτωση λέμε ότι τα σώματα είναι θετικά ηλεκτρισμένα ενώ στη δεύτερη περίπτωση λέμε ότι είναι αρνητικά ηλεκτρισμένα. Αυτός ο χαρακτηρισμός είναι συμβατικός. Θέλουμε να δείξουμε απλώς ότι στη φύση υπάρχουν μόνον δύο διαφορετικές καταστάσεις ηλεκτρικής των σωμάτων. Όλα τα ηλεκτρισμένα σώματα μπορούμε να τα χωρίσουμε σε δύο ομάδες: Στα θετικά ηλεκτρισμένα και στα αρνητικά. Αν δύο σώματα απωθούνται, τότε ανήκουν στην ίδια ομάδα, αν έλκονται, σε διαφορετική.



Εικόνα 4.29

Σε μια κρεμασμένη ηλεκτρισμένη γυάλινη ράβδο πλησιάζουμε διαδοχικά μια άλλη ηλεκτρισμένη γυάλινη ράβδο και μια ηλεκτρισμένη με εβόνιτη. Στην πρώτη παρατηρούμε έλξη και στη δεύτερη άπωση.



Εικόνα 4.30

Ερωτήσεις -Ασκήσεις

1. Συμπληρώστε τις ακόλουθες προτάσεις:
 Στη φύση υπάρχουν διαφορετικές καταστάσεις ηλεκτρισμένων σωμάτων, η και η Αν δύο ηλεκτρισμένα σώματα μεταξύ τους, τότε έχουν το ίδιο είδος ηλεκτρικής, ενώ αν διαφορετικό.
2. Διαθέτουμε μια γυάλινη ράβδο που την έχουμε ηλεκτρίσει με τριβή σε μάλλινο ύφασμα. Πώς θα βρούμε αν ένα άλλο, άγνωστο, ηλεκτρισμένο σώμα βρίσκεται σε θετική ή αρνητική κατάσταση ηλεκτρικής;
3. Τα σώματα Α, Β, Γ και Δ είναι ηλεκτρισμένα. Το Α έλκεται με το Β, το Β έλκεται με το Γ, ενώ τα Γ και Δ απωθούνται μεταξύ τους. Αν γνωρίζουμε ότι το Δ είναι θετικά ηλεκτρισμένο, να βρείτε το είδος της ηλεκτρικής των υπολοίπων σωμάτων.

4.6. Τρόποι ηλέκτρισης

Ηλέκτριση με επαφή - Αγωγοί και μονωτές

Η τριβή δεν είναι ο μοναδικός τρόπος ηλέκτρισης. Όταν με ένα ηλεκτρισμένο σώμα αγγίξουμε ένα μη ηλεκτρισμένο, το δεύτερο σώμα ηλεκτρίζεται (Εικ.4.31).

Όταν ηλεκτρίσουμε με επαφή ένα μεταλλικό σώμα και ένα πλαστικό το αποτέλεσμα είναι διαφορετικό. Μετά την επαφή κάθε περιοχή του μεταλλικού σώματος είναι ηλεκτρισμένη (Εικ. 4.31α). Αντιθέτως, στο πλαστικό σώμα μόνο η περιοχή που έρχεται σε επαφή με το ηλεκτρισμένο σώμα ηλεκτρίζεται (Εικ. 4.31β.).

Όταν ένα υλικό ηλεκτρίζεται με επαφή σε όλη την έκτασή του το ονομάζουμε αγωγίμο. Τα μέταλλα είναι αγωγίμο.

Όταν ένα υλικό ηλεκτρίζεται με επαφή μόνο τοπικά το ονομάζουμε μονωτικό. Τα πλαστικά και το γυαλί είναι μονωτικά υλικά.

Ηλέκτριση με επαγωγή

Με ένα ηλεκτρισμένο σώμα είναι δυνατό να ηλεκτρίσουμε ένα μη ηλεκτρισμένο, χωρίς τα δύο σώματα να έρθουν σε επαφή μεταξύ τους. Όταν πλησιάσουμε μια γυάλινη ηλεκτρισμένη ράβδο στο άκρο μιας μεταλλικής μη ηλεκτρισμένης ράβδου, αυτό το άκρο ηλεκτρίζεται θετικά και το άλλο άκρο αρνητικά (Εικ.4.32). Η μεταλλική ράβδος μένει ηλεκτρισμένη όσο η γυάλινη ράβδος βρίσκεται κοντά σε αυτή. Λέμε, λοιπόν, ότι η μεταλλική ράβδος ηλεκτρίστηκε με επαγωγή, δηλαδή χωρίς επαφή.

Και οι μονωτές ηλεκτρίζονται με επαγωγή. Έτσι εξηγείται γιατί μια ηλεκτρισμένη ράβδος έλκει μικρά κομμάτια χαρτί, ένα ηλεκτρισμένο μπαλόνι κολλάει στον τοίχο κτλ.

Με επαγωγή ηλεκτρίζονται τόσο οι αγωγοί όσο και οι μονωτές. Οι αγωγοί ωστόσο ηλεκτρίζονται με επαγωγή πολύ εντονότερα από τους μονωτές.

Ηλεκτροσκόπιο με κινητά φύλλα

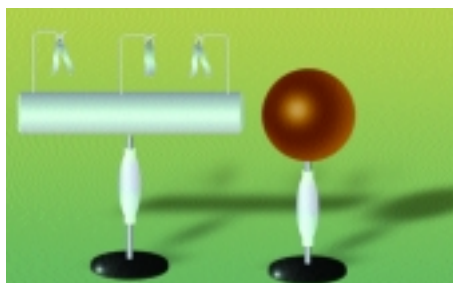
Αυτό το ηλεκτροσκόπιο αποτελείται από ένα σταθερό μεταλλικό στέλεχος και από ένα ή δύο κινητά μεταλλικά φύλλα (Εικ. 4.33).

Όταν με ένα ηλεκτρισμένο αντικείμενο αγγίξουμε το επάνω άκρο του στελέχους, το στέλεχος και τα φύλλα ηλεκτρίζονται με επαφή σε όλη την έκτασή τους. Απωθούνται, λοιπόν, αμοιβαία και τα φύλλα "ανοίγουν". Για να επαναφέρουμε τα φύλλα στην αρχική θέση τους, αρκεί να αγγίξουμε με το δάκτυλό μας το άκρο του στελέχους.



Εικόνα 4.31

Αρχικά το μη ηλεκτρισμένο σφαιρίδιο έλκεται από την ηλεκτρισμένη ράβδο του εβονίτη. Μόλις το σφαιρίδιο αγγίξει τη ράβδο ηλεκτρίζεται όμοια με αυτή και απωθείται.



Εικόνα 4.32

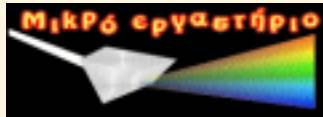
Τρία μεταλλικά ραβδάκια είναι στερεωμένα στα άκρα και στο μέσο ενός μεταλλικού κυλίνδρου. Από κάθε ραβδάκι κρέμονται δυο λωρίδες αλουμινοχαρτί. Όταν στο ένα άκρο του κυλίνδρου πλησιάσουμε μια ηλεκτρισμένη σφαίρα οι λωρίδες που βρίσκονται στα άκρα ανασηκώνονται. Όταν απομακρύνουμε τη σφαίρα οι λωρίδες επανέρχονται στην αρχική τους θέση.



Εικόνα 4.33

Ηλεκτροσκόπιο με κινητά φύλλα

Όταν στο άκρο του στελέχους πλησιάσουμε αρκετά ένα ηλεκτρισμένο σώμα, χωρίς να το φέρουμε σε επαφή με αυτό, τα φύλλα επίσης ανοίγουν. Σε αυτήν την περίπτωση το στέλεχος και τα φύλλα ηλεκτρίζονται με επαγωγή.



Ηλέκτριση

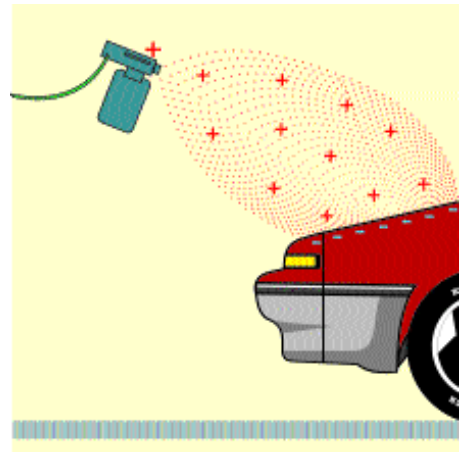
- Τρίψτε ένα μπαλόνι με γούνα.
- Φέρτε σε επαφή το μπαλόνι με το στέλεχος ενός ηλεκτροσκοπίου και παρατηρήστε τα φύλλα. Περιγράψτε το αποτέλεσμα.
- Κατασκευάστε ένα σχήμα για να εξηγήσετε ό,τι παρατηρείτε.
- Αγγίξτε με το δάχτυλο σας το στέλεχος ώστε τα φύλλα να επανέλθουν στην αρχική τους θέση. Νομίζετε ότι η γούνα θα μπορούσε να ανοίξει τα φύλλα; Γιατί; Δοκιμάστε το.
- Εξηγήστε το αποτέλεσμα που παρατηρείτε.



Ηλεκτροστατική βαφή

Η ηλεκτροστατική βαφή χρησιμοποιείται ευρέως για τη βαφή μεταλλικών αντικειμένων.

Σταγονίδια χρωστικής ουσίας εκτοξεύονται προς το μεταλλικό αντικείμενο. Επειδή τα σταγονίδια τρίβονται με το στόμιο του εκτοξευτήρα ηλεκτρίζονται. Καθώς πλησιάζουν προς το μεταλλικό αντικείμενο, η επιφάνειά του ηλεκτρίζεται με επαγωγή αντίθετα από τα σωματίδια και τα έλκει.



Πως λειτουργεί το φωτοτυπικό μηχάνημα.

Η παραγωγή φωτοτυπιών βασίζεται σε μια ασυνήθιστη ιδιότητα ενός υλικού που ονομάζεται σεληνίο. Στο σκοτάδι το σεληνίο είναι μονωτής ενώ στο φως είναι αγωγός. Μέσα στο φωτοτυπικό μηχάνημα υπάρχει ένας κύλινδρος (ηλεκτροστατικό τύμπανο) καλυμμένος με λεπτό στρώμα σεληνίου.

Αρχικά, επειδή ο κύλινδρος δεν φωτίζεται, το σεληνίο συμπεριφέρεται σαν μονωτικό υλικό. Τότε η επιφάνεια του έρχεται σε επαφή με μια ηλεκτρισμένη μεταλλική ράβδο και ηλεκτρίζεται. Κατόπιν δέσμη φωτός ανακλάται πάνω στη σελίδα που φωτοτυπούμε και εστιάζεται με σύστημα φακών και καθρεπτών πάνω στον κύλινδρο. Επειδή η περιοχή του τύμπανου, στην οποία σχηματίζεται το είδωλο του πρωτοτύπου, δεν φωτίζεται παραμένει μονωμένη και ηλεκτρισμένη. Η υπόλοιπη περιοχή γίνεται αγωγίμη και παύει να είναι ηλεκτρισμένη. Στην ηλεκτρισμένη περιοχή προσκολλάται σκόνη γραφίτη και καθώς ο κύλινδρος περιστρέφεται πιέζει το φωτοτυπικό χαρτί που βρίσκεται κάτω από αυτόν. Με αυτό το τρόπο η εικόνα που έχει σχηματιστεί στο κύλινδρο αποτυπώνεται στο χαρτί. Τέλος, το χαρτί θερμαίνεται ο γραφίτης λιώνει και το αποτύπωμα σταθεροποιείται πάνω σ' αυτό.

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Να σχηματίσετε προτάσεις χρησιμοποιώντας τις έννοιες: ηλεκτρίση με τριβή, ηλεκτρίση με επαφή, ηλεκτρίση με επαγωγή, ηλεκτροσκόπιο.
2. Ποιά σώματα ονομάζονται αγώγιμα και ποιιά μονωτικά;
3. Με ποιιά διαδικασία μπορούμε να ηλεκτρίσουμε ένα σώμα με επαγωγή και με ποιιά με επαφή;
4. Περιγράψτε: α) τα κύρια μέρη από τα οποία αποτελείται ένα ηλεκτροσκόπιο με κινητά φύλλα και β) τον τρόπο λειτουργίας του.
5. Περιγράψτε μια συγκεκριμένη διαδικασία μέσω της οποίας μπορούμε να διαπιστώσουμε αν μια ράβδος από άγνωστο υλικό είναι αγώγιμη ή μονωτική.

4.7 Ένας κόσμος ηλεκτρισμένων σωματιδίων, ο Κόσμος μας!

Μάθαμε ότι μπορούμε να ηλεκτρίσουμε ένα σώμα με διαφορετικούς τρόπους. Μάθαμε, επίσης, ότι άλλα υλικά ηλεκτρίζονται σε όλη την έκτασή τους και άλλα τοπικά. Στη Φυσική, όμως, δε μας ενδιαφέρει απλώς να περιγράψουμε τα φυσικά φαινόμενα, αλλά κυρίως να τα ερμηνεύσουμε.

Ερμηνεύουμε τα θερμικά φαινόμενα με τη βοήθεια της ύπαρξης των μορίων.

Με την ύπαρξη των μορίων ερμηνεύουμε επίσης τα ηλεκτρικά φαινόμενα.

Πώς, όμως τα μόρια σχετίζονται με τις ηλεκτρικές ιδιότητες των σωμάτων;

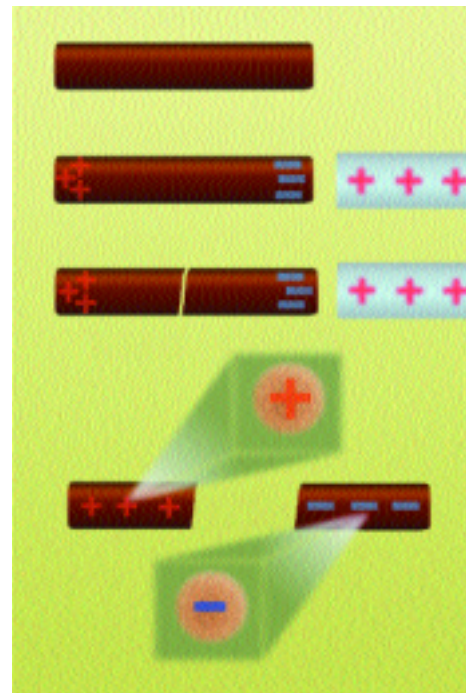
Ηλεκτρισμένα σωματίδια

Όταν κόψουμε μια θετικά ή αρνητικά ηλεκτρισμένη μεταλλική ράβδο σε δύο κομμάτια, διαπιστώνουμε ότι κάθε κομμάτι είναι αντίστοιχα θετικά ή αρνητικά ηλεκτρισμένο. Αν συνεχίσουμε τον τεμαχισμό προκύπτουν όλο και μικρότερα ηλεκτρισμένα κομμάτια. Μπορούμε, λοιπόν, να φανταστούμε, ότι κάθε ηλεκτρισμένο σώμα περιέχει μικροσκοπικά σωματίδια, θετικά ή αρνητικά ηλεκτρισμένα.

Αυτά τα ηλεκτρισμένα σωματίδια σχετίζονται με τα μόρια. Πράγματι, όταν ηλεκτρίσουμε με επαγωγή μια μεταλλική ράβδο και κατόπιν την τεμαχίσουμε προκύπτουν δύο κομμάτια αντίθετα ηλεκτρισμένα (Εικ.4.34). Οσοδήποτε μικρή και αν είναι η αρχική ράβδος προκύπτουν δύο ακόμα μικρότερα κομμάτια αντίθετα ηλεκτρισμένα. Φανταζόμαστε, λοιπόν, ότι, και τα μόρια αποτελούνται από ακόμα μικρότερα θετικά και αρνητικά ηλεκτρισμένα σωματίδια.

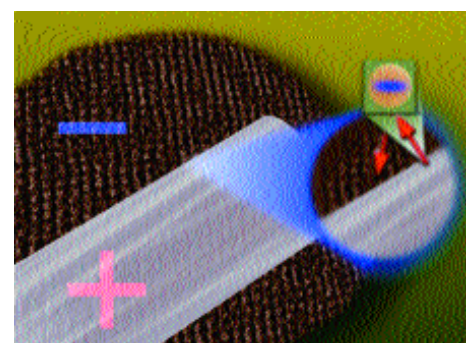
Ηλεκτρισμένα σώματα

Ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα αποτελείται από τον ίδιο αριθμό θετικά και αρνητικά ηλεκτρισμένων σωματιδίων. Γι' αυτό συνολικά δεν παρουσιάζει κανένα είδος ηλεκτρίσης. Μεταξύ δύο τέτοιων σωμάτων δεν αναπτύσσονται ηλεκτρικές δυνάμεις. Μπορούμε, ωστόσο, να προσθέσουμε ή να αφαιρέσουμε ηλεκτρισμένα σωματίδια οπότε το σώμα ηλεκτρίζεται. Όταν προσθέσουμε θετικά σωματίδια ή αφαιρέσουμε αρνητικά, το σώμα ηλεκτρίζεται θετικά. Όταν προσθέσουμε αρνητικά σωματίδια ή αφαιρέσουμε θετικά, το σώμα ηλεκτρίζεται αρνητικά (εικόνα 4.36). Δεχόμαστε, ωστόσο, ότι μόνον τα αρνητικά σωματίδια έχουν τη δυνατότητα να κινηθούν από μια περιοχή ενός στερεού σώματος σε άλλη ή από ένα στερεό σώμα σε άλλο. Στα



Εικόνα 4.34

Ηλεκτρίζουμε με επαγωγή μια μεταλλική ράβδο και κατόπιν την τεμαχίσουμε. Προκύπτουν δυο κομμάτια αντίθετα ηλεκτρισμένα μεταξύ τους.



Εικόνα 4.35

Όταν τρίβουμε μια γυάλινη ράβδο με ένα μάλλινο ύφασμα, αρνητικά σωματίδια μετακινούνται από τη ράβδο στο ύφασμα.

στερεά τα θετικά σωματίδια δεν μπορούν να κινηθούν ελεύθερα. Μπορούν μόνον να κάνουν μικρές κινήσεις γύρω από τις συγκεκριμένες θέσεις τους.

Γνωρίζουμε, επίσης ότι οι αγωγοί ηλεκτρίζονται σε όλη την έκτασή τους. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι στους αγωγούς τα αρνητικά σωματίδια κινούνται με ευκολία από μια περιοχή του αγωγού σε άλλη. Στους μονωτές δε συμβαίνει αυτό. Βέβαια η διάκριση αγωγών και μονωτών δεν είναι απόλυτη. Μεγάλες ηλεκτρικές δυνάμεις μπορούν να διασπάσουν τα μόρια και να μετατρέψουν τους μονωτές σε αγωγούς. Με αυτό τον τρόπο παράγονται σπινθήρες αλλά και κεραυνοί.

Με τη βοήθεια της μετακίνησης των αρνητικών σωματιδίων μπορούμε να κατανοήσουμε πώς τα σώματα ηλεκτρίζονται με τριβή, επαφή και επαγωγή.

Ερμηνεία της ηλεκτρίσης με τριβή

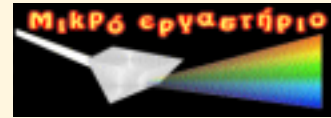
Όταν τρίβουμε μια γυάλινη ράβδο με μάλλινο ύφασμα αρνητικά σωματίδια μετακινούνται από τη ράβδο στο ύφασμα (Εικ.4.35). Η ράβδος λοιπόν ηλεκτρίζεται θετικά και το ύφασμα αρνητικά. Γενικά, όταν τρίβουμε δύο μη ηλεκτρισμένα σώματα μεταξύ τους αρνητικά σωματίδια μετακινούνται από το ένα στο άλλο, και τα σώματα ηλεκτρίζονται αντίθετα.

Ερμηνεία της ηλεκτρίσης με επαφή

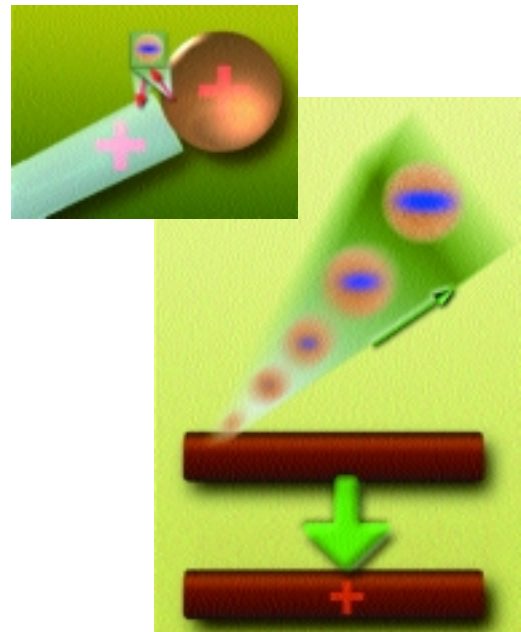
Γιατί όταν με ένα ηλεκτρισμένο σώμα αγγίζουμε ένα μη ηλεκτρισμένο, το δεύτερο σώμα ηλεκτρίζεται; Και σε αυτή την περίπτωση αρνητικά σωματίδια μετακινούνται από το ένα σώμα στο άλλο. Λόγου χάρη, όταν με ένα θετικά ηλεκτρισμένο σώμα αγγίζουμε ένα μη ηλεκτρισμένο, αρνητικά σωματίδια μετακινούνται από το δεύτερο στο πρώτο (Εικ.4.36). Το δεύτερο σώμα, λοιπόν, ηλεκτρίζεται θετικά.

Ερμηνεία της ηλεκτρίσης με επαγωγή

Πώς ερμηνεύουμε την ηλεκτρίση με επαγωγή; Όταν στο ένα άκρο μιας μη ηλεκτρισμένης μεταλλικής ράβδου πλησιάσουμε ένα θετικά ηλεκτρισμένο σώμα, το σώμα έλκει τα αρνητικά σωματίδια της ράβδου. Στο άκρο της ράβδου, λοιπόν, που βρίσκεται πλησιέστερα προς το θετικά ηλεκτρισμένο σώμα συγκεντρώνονται τα αρνητικά σωματίδια, και αυτή η περιοχή ηλεκτρίζεται αρνητικά (Εικ.4.39). Ταυτόχρονα, το άκρο από το οποίο φεύγουν τα αρνητικά σωματίδια ηλεκτρίζεται θετικά. Όταν το ηλεκτρισμένο σώμα είναι αρνητικά ηλεκτρισμένο, τα αρνητικά σωματίδια κινούνται αντίθετα.

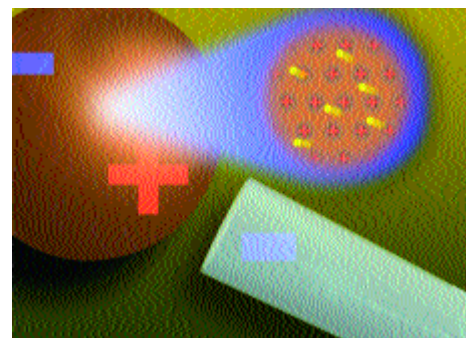


- Ηλεκτρίστε ένα ηλεκτροσκόπιο
 - Αγγίξτε το άκρο του στελέχους με μια μεταλλική ράβδο
 - Επαναλάβετε το ίδιο με μια γυάλινη ράβδο.
- Τι παρατηρείτε;
Πώς το εξηγείτε;



Εικόνα 4.36

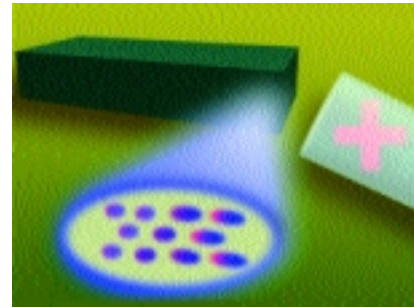
Όταν με μια θετικά ηλεκτρισμένη γυάλινη ράβδο αγγίζουμε μια ηλεκτρισμένη σφαίρα, αρνητικά σωματίδια μετακινούνται από τη σφαίρα στη ράβδο



Εικόνα 4.37

Όταν στη μη ηλεκτρισμένη ράβδο πλησιάσουμε τη θετικά ηλεκτρισμένη σφαίρα τα αρνητικά σωματίδια της ράβδου έλκονται. Τα θετικά παραμένουν στη θέση τους.

Όταν ένα θετικά ηλεκτρισμένο σώμα πλησιάσει σε ένα μη ηλεκτρισμένο μονωτή, τα ηλεκτρισμένα σωματίδια δε μετακινούνται. Τα μόρια του μονωτή περιέχουν και θετικά και αρνητικά σωματίδια. Έτσι, στρέφονται ώστε τα αρνητικά σωματίδια τους να βρίσκονται πλησιέστερα προς το θετικά ηλεκτρισμένο σώμα και τα θετικά προς την αντίθετη κατεύθυνση (Εικ.4.40).



Εικόνα 4.38
Ερμηνεία της ηλεκτρικής με επαγωγή

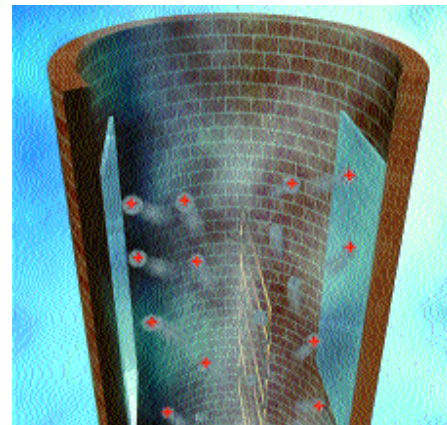


Ηλεκτροστατικά φίλτρα

Τα ηλεκτροστατικά φίλτρα τοποθετούνται στις καπνοδόχους των εργοστασίων για να συγκρατούν σωματίδια καπνού και σκόνης.

Τα ηλεκτροστατικά φίλτρα αποτελούνται από δύο επίπεδες μεταλλικές πλάκες μεταξύ των οποίων υπάρχουν κατακόρυφα σύρματα. Τα σύρματα είναι θετικά ηλεκτρισμένα ενώ οι πλάκες αρνητικά. Επειδή τα σύρματα και οι πλάκες είναι αντίθετα ηλεκτρισμένα, ασκούν αντίθετες δυνάμεις στα θετικά και τα αρνητικά σωματίδια των μορίων του αέρα. Ορισμένα από αυτά τα μόρια λοιπόν διασπώνται και ο χώρος γεμίζει με ελεύθερα ηλεκτρισμένα σωματίδια. Τα αρνητικά ηλεκτρισμένα σωματίδια προσκολλώνται στα σωματίδια του καπνού και της σκόνης και τα ηλεκτρίζουν αρνητικά. Τα ηλεκτρισμένα σωματίδια του καπνού και της σκόνης έλκονται πλέον από τις πλάκες που είναι θετικά ηλεκτρισμένες, κολλάνε επάνω τους και συγκρατούνται από αυτές.

Ένα ηλεκτροστατικό φίλτρο είναι δυνατό να συγκρατήσει 99,5% του καπνού και της σκόνης που παράγεται σε κάποιο εργοστάσιο - περίπου 50 τόνους κάθε ώρα! Ο καπνός που συλλέγεται χρησιμοποιείται στην ασφαλτόστρωση.

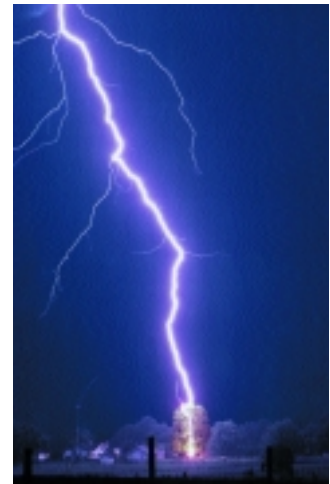
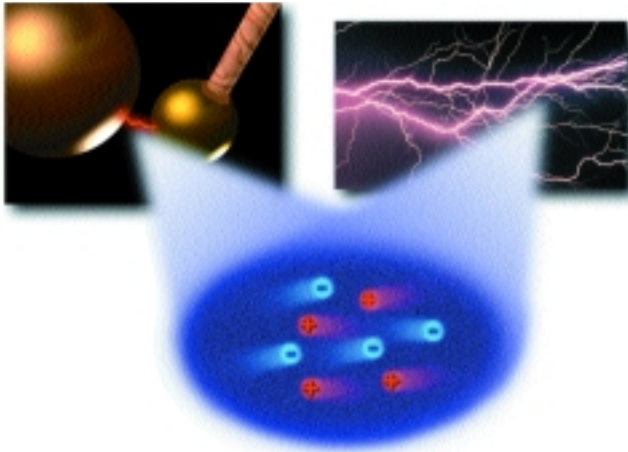
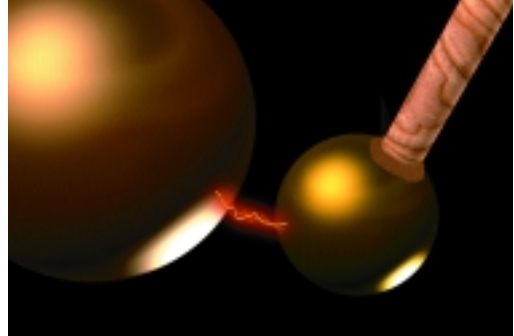




Ηλεκτρικοί σπινθήρες

Όταν δύο αντίθετα ηλεκτρισμένα σώματα πλησιάσουν πολύ μεταξύ τους, συχνά, ηλεκτρικά σπινθήρες "πηδούν" από το ένα σώμα στο άλλο. Πώς δημιουργούνται αυτοί οι σπινθήρες;

Επειδή τα σώματα είναι αντίθετα ηλεκτρισμένα ασκούν αντίθετη δύναμη στα θετικά και στα αρνητικά σωματίδια των μορίων του αέρα. Όταν αυτή η δύναμη είναι μεγάλη, ορισμένα από αυτά τα μόρια διασπώνται και ο χώρος μεταξύ των δύο σωμάτων γεμίζει ελεύθερα ηλεκτρισμένα σωματίδια τα οποία κινούνται προς αντίθετες κατευθύνσεις: τα θετικά σωματίδια κινούνται προς το αρνητικό σώμα και τα αρνητικά προς τα θετικά. Κατά την κίνησή τους συγκρούονται με άλλα μόρια του αέρα. Αποτέλεσμα αυτής της σύγκρουσης είναι η παραγωγή σπινθήρων.



Ο κεραυνός και η αστραπή

Κεραυνοί και αστραπές εμφανίζονται κατά τη διάρκεια καταιγίδων. Ο κεραυνός είναι ένας τεράστιος σπινθήρας ο οποίος δημιουργείται όταν ένα ηλεκτρισμένο σύννεφο πλησιάσει αρκετά στο έδαφος. Η αστραπή δημιουργείται όταν δυο ηλεκτρισμένα σύννεφα πλησιάσουν αρκετά μεταξύ τους. Πως ηλεκτρίζονται τα σύννεφα;

Συχνά ένα σύννεφο έχει ύψος χιλιάδες μέτρα. Σε αυτή την περίπτωση η θερμοκρασία του αέρα στη βάση του σύννεφου είναι πολύ υψηλότερη από τη θερμοκρασία στην κορυφή. Μέσα στο σύννεφο, λοιπόν, δημιουργούνται ρεύματα αέρα: θερμός αέρας κινείται προς τα επάνω ενώ ψυχρός κινείται προς τα κάτω. Κατά τη μετακίνηση του αέρα, σταγονίδια νερού και κόκκοι πάγου που περιέχονται στο σύννεφο τρίβονται μεταξύ τους και ηλεκτρίζονται. Η βάση, λοιπόν, του σύννεφου ηλεκτρίζεται αρνητικά και η κορυφή του θετικά. Ταυτόχρονα, η περιοχή του εδάφους που βρίσκεται κάτω από το σύννεφο ηλεκτρίζεται με επαγωγή θετικά.

Καθώς το σύννεφο μετατοπίζεται, διαφορετική περιοχή του εδάφους ηλεκτρίζεται. Όταν το σύννεφο, βρεθεί επάνω από προεξοχή του εδάφους (δένδρο, υψηλό κτίριο κτλ) η απόσταση μεταξύ της αρνητικά ηλεκτρισμένης βάσης του σύννεφου και του θετικά ηλεκτρισμένου εδάφους ελαττώνεται. Τότε, ένας τεράστιος σπινθήρας, ο κεραυνός, εμφανίζεται μεταξύ του σύννεφου και της προεξοχής. Γι' αυτό το λόγο συνήθως, οι κεραυνοί πέφτουν σε προεξοχές τους εδάφους.

Παρόμοιος σπινθήρας είναι δυνατό να δημιουργηθεί μεταξύ δύο σύννεφων. Έτσι, εμφανίζεται η αστραπή.

Το αλεξικέραυνο είναι μια σιδερένια ράβδος την οποία τοποθετούμε σε κτίσματα που κινδυνεύουν από κεραυνό, π.χ. σε υψηλά κτίρια. Η ράβδος συνδέεται μέσω ενός μεταλλικού σύρματος με το έδαφος. Η ράβδος και το σύρμα στηρίζονται με μονωτικό υλικό επάνω στο κτίριο. Επειδή το αλεξικέραυνο βρίσκεται υψηλότερα από το κτίριο τελικά ο κεραυνός "πέφτει" στο αλεξικέραυνο και τα ηλεκτρισμένα σωματίδια οδηγούνται μέσω του σύρματος στο έδαφος αφήνοντας άθιχτο το κτίριο.

Πρώτος ο Αμερικανός Βενιαμίν Φραγκλίνος απέδειξε ότι ο κεραυνός είναι ηλεκτρικό φαινόμενο. Πράγματι, κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας πέταξε ένα χαρταετό και παρατήρησε ότι ο υγρός σπάγκος ηλεκτρίστηκε. Ο Φραγκλίνος επινόησε, επίσης, το αλεξικέραυνο.

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Ένα αντικείμενο ηλεκτρίζεται θετικά. Προσπαθήστε να ερμηνεύσετε το φαινόμενο αυτό, θεωρώντας ότι κατά την ηλεκτρίση ενός σώματος, ηλεκτρισμένα σωματίδια μεταφέρονται από ή προς αυτό. Με ανάλογο τρόπο ερμηνεύστε τη διαδικασία της αρνητικής ηλεκτρίσης ενός αντικειμένου.
2. Συμπληρώστε τις ακόλουθες προτάσεις:
 " Ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα αποτελείται από αριθμό θετικά και αρνητικά ηλεκτρισμένων Σε ένα στερεό σώμα μόνο τα μπορούν να κινηθούν από τη μια περιοχή του σώματος στην άλλη. Στους τα ηλεκτρισμένα σωματίδια μπορούν να μετακινούνται εύκολα από ένα σημείο τους σε ένα άλλο, πράγμα που δεν συμβαίνει στους"
3. Με μια πλαστική επιφάνεια τρίβουμε μια μεταλλική σφαίρα. Διαπιστώνουμε ότι η σφαίρα ηλεκτρίστηκε θετικά. Ποια είναι η ηλεκτρίση της πλαστικής επιφάνειας μετά την τριβή; Πως ερμηνεύται το φαινόμενο αυτό;
4. Διαθέτουμε δύο ίδιες μεταλλικές σφαίρες. Η μια είναι ηλεκτρισμένη και η άλλη όχι. Τις φέρνουμε σε επαφή μεταξύ τους και στη συνέχεια τις απομακρύνουμε. α) Ποια είναι η κατάσταση ηλεκτρίσης κάθε σφαίρας μετά την επαφή τους; β) Πώς εξηγείται το φαινόμενο αυτό;
5. Πλησιάζουμε στο δίσκο ενός ηλεκτροσκοπίου, χωρίς να τον ακουμπήσουμε, μια θετικά ηλεκτρισμένη ράβδο. Παρατηρούμε ότι τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου ανοίγουν. Προσπαθήστε να ερμηνεύσετε το φαινόμενο αυτό. Κάντε το ίδιο για την περίπτωση που η ράβδος είναι αρνητικά ηλεκτρισμένη.
6. Τρίβουμε μια γυάλινη ράβδο με μεταξωτό ύφασμα, οπότε ηλεκτρίζεται θετικά. Ποιά από τις ακόλουθες προτάσεις είναι σωστή; Η ράβδος ηλεκτρίστηκε θετικά διότι:
 α) πήρε ηλεκτρισμένα σωματίδια από την ατμόσφαιρα.
 β) μεταφέρθηκαν θετικά σωματίδια από το ύφασμα σ' αυτήν.
 γ) μεταφέρθηκαν αρνητικά σωματίδια από τη ράβδο στο ύφασμα.
 δ) τα αρνητικά σωματίδια της ράβδου μετατράπηκαν, λόγω της τριβής, σε θετικά.
7. Πώς εξηγείται η ηλεκτρίση των νεφών και πώς του εδάφους; Πώς σχηματίζονται οι κεραυνοί και πώς οι αστραπές;

4.8 Ένα χρήσιμο μέγεθος: το ηλεκτρικό φορτίο

Κατά την ηλέκτριση, ηλεκτρισμένα σωματίδια ανταλλάσσονται μεταξύ των σωμάτων. Για να προσδιορίσουμε πόσο ηλεκτρισμένο είναι ένα σώμα πρέπει να γνωρίζουμε πόσα ηλεκτρισμένα σωματίδια ήρθαν σε αυτό ή έφυγαν από αυτό. Ωστόσο δεν αντιλαμβανόμαστε άμεσα τούτη τη μετακίνηση. Έτσι, για να περιγράψουμε πόσο ηλεκτρισμένο είναι ένα σώμα χρησιμοποιούμε την έννοια του ηλεκτρικού φορτίου.

Όσο περισσότερα αρνητικά σωματίδια προστεθούν σε ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα ή όσο περισσότερα θετικά αφαιρεθούν από αυτό, τόσο περισσότερο αρνητικό φορτίο λέμε ότι αποκτά το σώμα. Αντίστοιχα, όσο περισσότερα αρνητικά σωματίδια αφαιρεθούν από ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα ή όσο περισσότερα θετικά προστεθούν σε αυτό τόσο περισσότερο θετικό φορτίο, λέμε ότι, αποκτά το σώμα. Με βάση αυτήν τη συμφωνία ένα ηλεκτρισμένο σώμα το ονομάζουμε, επίσης, φορτισμένο και τη διαδικασία της ηλέκτρισης, φόρτιση. Τα ηλεκτρισμένα σωματίδια ονομάζονται επίσης φορτισμένα. Όταν το ηλεκτρικό φορτίο ενός σώματος ελαττώνεται, λέμε ότι το σώμα εκφορτίζεται.

Η μονάδα μέτρησης του ηλεκτρικού φορτίου ονομάζεται Κουλόμπ (προς τιμήν του Γάλλου φυσικού Κουλόμπ ο οποίος μελέτησε τα ηλεκτρικά φαινόμενα). Τη συμβολίζουμε με το γράμμα C. Φορτίο ενός κουλόμπ (1C) είναι πολύ μεγαλύτερη ποσότητα φορτίου από όσο συνήθως αποκτά μια γυάλινη ράβδος όταν την τρίβουμε με μάλλινο ύφασμα. Σε αυτή την περίπτωση η ράβδος αποκτά φορτίο λίγα δισεκατομμυριοστά του κουλόμπ.

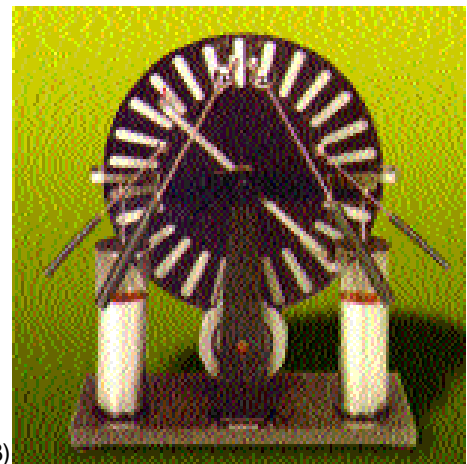
Όταν δύο ηλεκτρισμένα σώματα έχουν φορτίο από 1C και απέχουν μεταξύ τους 1m, τότε ασκείται από το ένα στο άλλο ηλεκτρική δύναμη περίπου 10^9 N ή αλλιώς ένα δισεκατομμύριο τόνους!

Μεγάλη ποσότητα φορτίου εμφανίζεται στις ηλεκτρικές μηχανές.

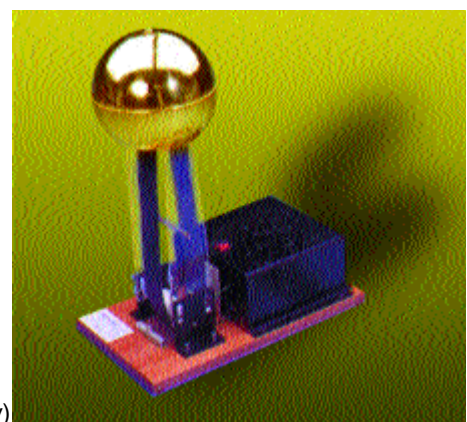
Μια απλή ηλεκτρική μηχανή φαίνεται στην Εικόνα 4.39 α. Πιο σύνθετη μηχανή είναι η μηχανή Wimshurst (Εικ.4.39 β) και η μηχανή Van de Graaf (Εικ. 4.39 γ). Οι μηχανές αυτές χρησιμοποιούνται σε πειράματα επίδειξης και μελέτης ηλεκτρικών φαινομένων.



α)



β)



γ)

Εικόνα 4.39

- (α) Μια απλή ηλεκτροστατική μηχανή.
 (β) Ηλεκτροστατική μηχανή Wimshurst.
 (γ) Ηλεκτροστατική μηχανή Van de Graaf.

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Συμπληρώστε τις προτάσεις:
" Για να φορτίσουμε θετικά ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα πρέπει να προσθέσουμε σ' αυτό έναν αριθμό ή να αφαιρέσουμε έναν αριθμό Με τη βοήθεια της έννοιας του μπορούμε να αποφανθούμε αν ένα σώμα είναι λιγότερο ή περισσότερο ηλεκτρισμένο από ένα άλλο."
2. Πώς σχετίζεται το ηλεκτρικό φορτίο ενός σώματος με τον αριθμό των θετικών και των αρνητικών σωματιδίων που υπάρχουν σε αυτό;
3. Τρίβουμε ισχυρά μια ράβδο από εβονίτη με ένα μεταξωτό ή μάλινο ύφασμα. Το φορτίο που θα αποκτήσει η ράβδος είναι:
α) Μερικά κουλόμπ.
β) Μερικά χιλιοστά του κουλόμπ.
γ) Μερικά εκατομμυριοστά του κουλόμπ.
δ) Μερικά δισεκατομμυριοστά του κουλόμπ.
Ποιά από τις προηγούμενες απαντήσεις είναι σωστή;
4. Ποιός είναι ο σκοπός λειτουργίας των ηλεκτροστατικών μηχανών; Ποιά είναι τα ορατά χαρακτηριστικά που διακρίνεις σε μια μηχανή Wimshurst και σε μια Van de Graaf;

4.9. Δύο σημαντικές ιδιότητες του ηλεκτρικού φορτίου

Όταν ηλεκτρίζουμε μια γυάλινη ράβδο τρίβοντάς τη με μάλλινο ύφασμα, στη ράβδο εμφανίζεται θετικό φορτίο και συγχρόνως στο ύφασμα αρνητικό.

Όταν ηλεκτρίζουμε με επαγωγή ένα σώμα, σε μια περιοχή του εμφανίζεται θετικό φορτίο και σε άλλη περιοχή του αρνητικό.

Και στις δύο περιπτώσεις, αρχικά, δεν υπήρχε ηλεκτρικό φορτίο. Τελικά, εμφανίζεται και θετικό και αρνητικό. Δε δημιουργείται, δηλαδή, μόνο θετικό ή μόνο αρνητικό φορτίο.

Όταν με ένα ηλεκτρισμένο σώμα αγγίζουμε ένα μη ηλεκτρισμένο, το φορτίο του πρώτου ελαττώνεται ταυτόχρονα το δεύτερο σώμα αποκτά φορτίο. Δηλαδή αυτό που συμβαίνει είναι μια μεταφορά φορτίου από το ένα σώμα στο άλλο.

Από φαινόμενα σαν τα προηγούμενα, προκύπτει ότι το φορτίο δεν καταστρέφεται ούτε δημιουργείται. Όταν εμφανίζεται ένα είδος φορτίου ταυτόχρονα εμφανίζεται και το αντίθετό του ή έχει μεταφερθεί από άλλο σώμα. Τελικά, το συνολικό ηλεκτρικό φορτίο διατηρείται σταθερό.

Είναι παράδοξο αλλά μέχρι σήμερα δεν έχουμε ανακαλύψει ηλεκτρισμένο σώμα με μικρότερο φορτίο από $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, όπως ακριβώς δεν κυκλοφορεί σήμερα νόμισμα με αξία μικρότερη από πέντε δραχμές. Κάθε φορά που μετράμε με ακρίβεια το φορτίο ενός ηλεκτρισμένου σώματος προκύπτει ότι είναι ακέραιο πολλαπλάσιο αυτής της στοιχειώδους τιμής ($1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$). Συμπεραίνουμε ότι το φορτίο εμφανίζεται σε "πακετάκια" τα οποία ονομάζουμε κβάντα. Κάθε κβάντο φορτίου είναι ίσο με $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Βεβαίως, υπάρχουν δύο είδη στοιχειώδους φορτίου, θετικό και αρνητικό.

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Τι εννοούμε με τη φράση: "Το συνολικό φορτίο διατηρείται σταθερό"; Χρησιμοποιήστε σχετικά παραδείγματα.
2. Δύο μονωμένες μεταλλικές σφαίρες έχουν φορτία 2 και 3 μC αντίστοιχα. Τις φέρνουμε σε επαφή και τις απομακρύνουμε, προσέχοντας να παραμένουν ηλεκτρικά απομονωμένες από το περιβάλλον τους.
Μετά την επαφή τους οι σφαίρες έχουν φορτία:
α) 2 και 2 μC αντίστοιχα.
β) 1 και 4 μC .
3. Τι εννοούμε με τη φράση "Το ηλεκτρικό φορτίο εμφανίζεται σε κβάντα"; Χρησιμοποιήστε σχετικά παραδείγματα.
4. Σχολιάστε τον ισχυρισμό: "Από τη μέτρηση του φορτίου ενός ηλεκτρισμένου μορίου προέκυψε ότι το φορτίο του είναι $4 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ".

4.10. Περισσότερα στοιχεία για την ηλεκτρική δύναμη

Η μελέτη της Φύσης είναι προσπάθεια χωρίς τέλος: συνεχώς εκτελούμε ακριβέστερες παρατηρήσεις, διατυπώνουμε γενικότερες υποθέσεις και εξαγάγουμε νέα συμπεράσματα.

Από τούτη την ανακριτική διαδικασία δεν ξέφυγε η ηλεκτρική δύναμη. Σε αυτή την προσπάθεια σημαντικό ρόλο "ανακριτή" έπαιξε ο Γάλλος φυσικός Κουλόμπ. (Coulomb, 1736-1806)

Τι ανακάλυψε λοιπόν ο Κουλόμπ για την ηλεκτρική δύναμη;

Με απλή παρατήρηση μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι όταν αυξάνεται η απόσταση μεταξύ δύο ηλεκτρισμένων σφαιρών, η ηλεκτρική δύναμη εξασθενεί. Ο Κουλόμπ ωστόσο δεν περιορίστηκε στην απλή παρατήρηση. Κατάφερε να μετρήσει την ηλεκτρική δύναμη και την αντίστοιχη απόσταση μεταξύ δύο ηλεκτρισμένων σφαιρών. Στην Εικόνα 4.40 φαίνεται ένα πείραμα παρόμοιο με αυτό του Κουλόμπ. Από ένα τέτοιο πείραμα προκύπτει ότι όταν η απόσταση μεταξύ των σφαιρών υποδιπλασιάζεται η δύναμη τετραπλασιάζεται. όταν η απόσταση υποτριπλασιάζεται η δύναμη εννεαπλασιάζεται κ.ο.κ.

Σε αυτό το πείραμα διατηρούμε σταθερό το φορτίο κάθε σφαίρας και προσδιορίζουμε τη σχέση μεταξύ της απόστασης και της δύναμης.

Ο Κουλόμπ ασχολήθηκε επίσης με το ερώτημα πώς το φορτίο κάθε σφαίρας επηρεάζει την ηλεκτρική δύναμη. Βεβαίως, φαίνεται αυτονόητο ότι όσο λιγότερο ηλεκτρισμένες είναι οι σφαίρες τόσο μικρότερη είναι η ηλεκτρική δύναμη. Μάλιστα όταν οι δύο σφαίρες δεν είναι ηλεκτρισμένες δεν υπάρχει ηλεκτρική δύναμη. Ο Κουλόμπ ωστόσο και σε τούτη την περίπτωση δεν περιορίστηκε στην ποιοτική παρατήρηση.

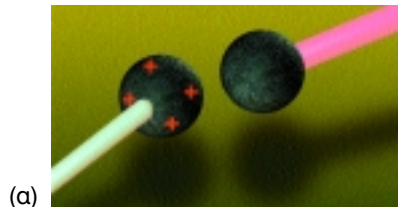
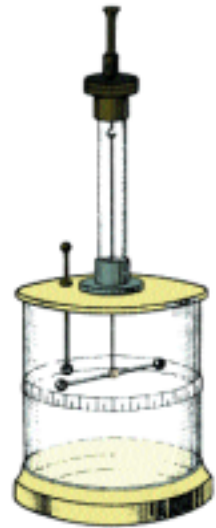
Στην Εικόνα 4.40 φαίνεται πώς μπορούμε να αφαιρέσουμε το μισό φορτίο από μια ηλεκτρισμένη σφαίρα. Αφήνοντας, λοιπόν, κάθε φορά το μισό φορτίο σε μια ηλεκτρισμένη σφαίρα την τοποθετούμε στην ίδια απόσταση από μια άλλη ηλεκτρισμένη σφαίρα και μετράμε την ηλεκτρική δύναμη.

Συμπεραίνουμε, έτσι, ότι όταν το φορτίο της μιας σφαίρας υποδιπλασιάζεται η δύναμη επίσης υποδιπλασιάζεται. όταν το φορτίο υποτριπλασιάζεται η δύναμη υποτριπλασιάζεται κοκ. Δηλαδή, η ηλεκτρική δύναμη είναι ανάλογη με το ηλεκτρικό φορτίο.

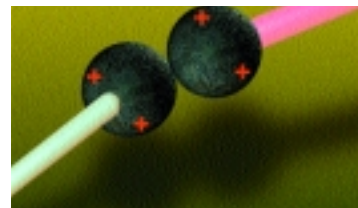
Τα συμπεράσματα του Κουλόμπ τα ονομάζουμε νόμο του Κουλόμπ για την ηλεκτρική δύναμη. Αυτός ο νόμος έχει ελεγχθεί πολύ προσεκτικά, ίσως περισσότερο από κά-

Εικόνα 4.40

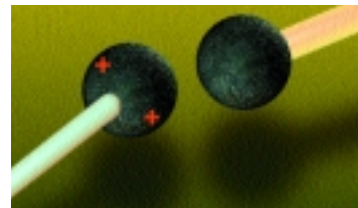
Όταν οι σφαίρες δεν είναι ηλεκτρισμένες το νήμα της κρεμασμένης σφαίρας είναι κατακόρυφο. Όταν οι σφαίρες ηλεκτριστούν με όμοιο είδος φορτίου, απωθούνται μεταξύ τους και η σφαίρα απομακρύνεται από την αρχική θέση της. Όσο η απωστική δύναμη είναι μεγαλύτερη τόσο η απόκλιση είναι μεγαλύτερη. Μετρώντας λοιπόν την απόκλιση προσδιορίζουμε το μέγεθος της ηλεκτρικής δύναμης.



(α)



(β)



(γ)



(δ)

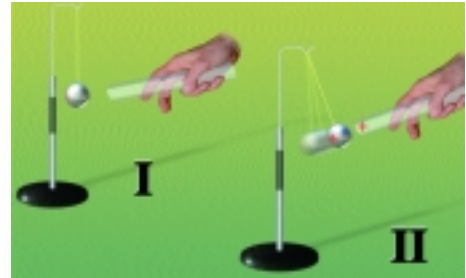
Εικόνα 4.40

Όταν φέρουμε σε επαφή μια φορτισμένη μεταλλική σφαίρα με μια όμοια αφόρτιστη (α), φορτίο μεταφέρεται από την πρώτη στη δεύτερη (β). Επειδή οι δύο σφαίρες είναι όμοιες μεταξύ τους τελικά αποκτούν το ίδιο φορτίο, ίσο με το μισό του αρχικού (γ). Με παρόμοιο τρόπο αν φέρουμε πάλι σε επαφή την πρώτη σφαίρα με μια τρίτη αφόρτιστη, η πρώτη σφαίρα αποκτά φορτίο ίσο με το ένα τέταρτο του αρχικού (δ).

θε άλλο νόμο της φυσικής, και σε κάθε περίπτωση έχει επαληθευθεί.

Έλεγχος μεταξύ ηλεκτρισμένου και μη ηλεκτρισμένου σώματος

Με τη βοήθεια του νόμου του Coulomb μπορούμε να κατανοήσουμε γιατί ένα ηλεκτρισμένο σώμα έλκει ένα μη ηλεκτρισμένο. Όταν πλησιάζουμε μια θετικά ηλεκτρισμένη γυάλινη ράβδο σε ένα μη ηλεκτρισμένο μπαλάκι από αλουμινόχαρτο (Εικ.4.41) το μπαλάκι ηλεκτρίζεται με επαγωγή. Η περιοχή της μπάλας κοντά στη ράβδο ηλεκτρίζεται αρνητικά και έλκεται από αυτήν, ενώ η περιοχή μακριά από τη ράβδο ηλεκτρίζεται θετικά και απωθείται. Επειδή η ράβδος βρίσκεται πλησιέστερα στην αρνητικά ηλεκτρισμένη περιοχή παρά στη θετικά ηλεκτρισμένη, η ελκτική δύναμη είναι μεγαλύτερη από την απωστική, επομένως το μπαλάκι έλκεται από τη ράβδο.



Εικόνα 4.41

Το μεταλλικό μπαλάκι ηλεκτρίζεται με επαγωγή και έλκεται από τη θετικά ηλεκτρισμένη ράβδο.

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

- Δύο θετικά φορτισμένες σφαίρες τοποθετούνται σε μια ορισμένη απόσταση μεταξύ τους. Ποιές από τις ακόλουθες προτάσεις είναι σωστές και ποιές λανθασμένες.
 - Οι ηλεκτρικές δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ των σφαιρών είναι απωστικές.
 - Το μέγεθος της δύναμης που ασκεί η πρώτη σφαίρα στη δεύτερη είναι ίδιο με το μέγεθος της δύναμης που ασκεί η δεύτερη στην πρώτη.
 - Όταν αυξήσουμε την απόσταση μεταξύ των σφαιρών οι δυνάμεις αυξάνονται.
 - Όταν μειώσουμε την απόσταση των σφαιρών στο μισό, οι δυνάμεις τετραπλασιάζονται.
 - Όταν διπλασιάσουμε τις αποστάσεις των σφαιρών, οι δυνάμεις παραμένουν σταθερές.
 - Όταν διπλασιάσουμε το φορτίο της μίας σφαίρας οι δυνάμεις διπλασιάζονται.
 - Όταν διπλασιάσουμε το φορτίο και των δύο σφαιρών οι δυνάμεις τετραπλασιάζονται.
- Πλησιάζουμε μία ηλεκτρισμένη ράβδο σε μικρά σφαιρίδια από φελιζόλ που είναι αφόρτιστα. Τα σφαιρίδια έλκονται από τη ράβδο. Προσπαθήστε να ερμηνεύσετε το φαινόμενο αυτό συνδυάζοντας:
 - Τις ιδιότητες του ηλεκτρικού φορτίου,
 - το μηχανισμό ηλεκτρίσης με επαγωγή και
 - το νόμο του Κουλόμπ.

4.11 Πώς περιγράφουμε την ηλεκτρική δύναμη; Το ηλεκτρικό πεδίο

Μάθαμε ότι η ηλεκτρική δύναμη δρα από απόσταση χωρίς να μεσολαβεί ο,τιδήποτε μεταξύ των ηλεκτρισμένων σωμάτων. Ωστόσο, ο Άγγλος φυσικός Φαραντέι (Faraday, 1791-1867) ανακάλυψε ένα διαφορετικό τρόπο για να περιγράφουμε τη διαδικασία με την οποία ασκείται η ηλεκτρική δύναμη. Σε αυτή την περιγραφή ο Φαραντέι χρησιμοποίησε την έννοια του ηλεκτρικού πεδίου.

Τι είναι το ηλεκτρικό πεδίο;

Στην περιοχή του χώρου που είναι κοντά στη σφαίρα μιας μηχανής Van de Graff φέρνουμε ηλεκτρικά εκκρεμή. Όταν η σφαίρα της μηχανής ηλεκτριστεί, στα σφαιρίδια ασκείται ηλεκτρική δύναμη (Εικ.4.42). Στο χώρο λοιπόν γύρω από ένα ηλεκτρισμένο σώμα δρουν ηλεκτρικές δυνάμεις.

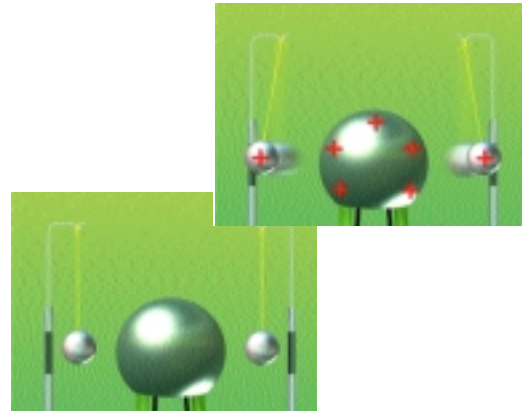
Όταν σε ένα χώρο δρουν ηλεκτρικές δυνάμεις, λέμε ότι υπάρχει σ' αυτόν ηλεκτρικό πεδίο.

Δυναμικές γραμμές

Μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο ελαφρά αντικείμενα, για παράδειγμα σπόροι σουσαμιού, διατάσσονται σε γραμμές κατά τη διεύθυνση της δύναμης που ασκείται επάνω τους (Εικ.4.43). Όπου συγκεντρώνονται περισσότερα από αυτά, εκεί η ηλεκτρική δύναμη είναι ισχυρότερη και οι γραμμές είναι πυκνότερες. Επειδή αυτές οι γραμμές δείχνουν τη διεύθυνση και την ένταση της ηλεκτρικής δύναμης, τις ονομάζουμε δυναμικές γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου.

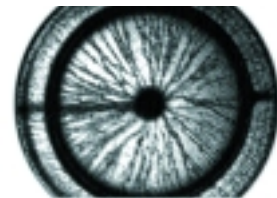
Όστε αν γνωρίζουμε τη μορφή των δυναμικών γραμμών, μπορούμε να προσδιορίσουμε τη διεύθυνση της ηλεκτρικής δύναμης. Παρατηρώντας επίσης, πόσο πυκνές ή αραιές είναι οι δυναμικές γραμμές μπορούμε να εκτιμήσουμε πόσο ισχυρή ή ασθενής είναι η ηλεκτρική δύναμη. Επομένως για να προσδιορίσουμε την ηλεκτρική δύναμη δεν είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε από ποιο σώμα ασκείται. Αρκεί να γνωρίζουμε τη μορφή των δυναμικών γραμμών, δηλαδή ποια είναι η διεύθυνσή τους και πόσο πυκνές είναι (Εικ. 4.44).

Όστε διαθέτουμε δύο τρόπους περιγραφής της διαδικασίας με την οποία ασκείται η ηλεκτρική δύναμη. Πρώτον, είναι δυνατό να θεωρήσουμε ότι ένα ηλεκτρισμένο σώμα ασκεί δύναμη από απόσταση, χωρίς να επηρεάζεται ο χώρος γύρω από αυτό. Δεύτερον, είναι δυνατό να θεωρήσουμε ότι το ηλεκτρισμένο σώμα διαμορφώνει γύρω του ένα πεδίο δυνάμεων και η ηλεκτρική δύναμη ασκείται μέσω του ηλεκτρικού πεδίου.



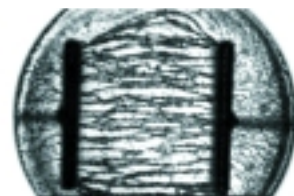
Εικόνα 4.42

Η θετικά ηλεκτρισμένη σφαίρα ασκεί απωστική δύναμη στα θετικά ηλεκτρισμένα σφαιρίδια.



Εικόνα 4.43

Γύρω από ένα ηλεκτρισμένο σφαιρίδιο σκορπίζουμε σπόρους σουσαμιού, μέσα σε λάδι. Στους σπόρους ασκείται ηλεκτρική δύναμη. Μέσα στο λάδι ωστόσο οι σπόροι κινούνται δύσκολα. Διατάσσονται λοιπόν σε γραμμές κατά τη διεύθυνση της ηλεκτρικής δύναμης.



Εικόνα 4.44

Ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται από δύο αντίθετα φορτισμένες παράλληλες πλάκες. Οι δυναμικές γραμμές είναι παράλληλες.



Ηλεκτρικό πεδίο

- Τρίψτε με μάλλινο ύφασμα ένα παραλληλεπίπεδο κομμάτι φελιζόλ και τοποθετήστε το κατακόρυφα.
- Με ένα ηλεκτρικό εκκρεμές να προσδιορίσετε την περιοχή γύρω από το φελιζόλ, στην οποία υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο.

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Τι ονομάζουμε ηλεκτρικό πεδίο και πώς το ανιχνεύουμε;
2. Πώς σχηματίζεται στο μυαλό μας η έννοια των δυναμικών γραμμών ενός ηλεκτρικού πεδίου;
3. Τι συμπεράσματα μπορούμε να συνάγουμε αν ξέρουμε να σχεδιάζουμε τις δυναμικές γραμμές ενός ηλεκτρικού πεδίου;
4. Μπορείς να αποφανθείς αν σε ένα χώρο υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο όταν διαθέτεις ένα ηλεκτρικό εκκρεμές; Με ποιό τρόπο;
5. Με ποιούς τρόπους μπορούμε να περιγράψουμε το φαινόμενο της αλληλεπίδρασης δύο φορτισμένων σωμάτων;

4.12 Ηλεκτρικό ρεύμα και ηλεκτρικό κύκλωμα

Ο ηλεκτρικός λαμπτήρας, ένας ηλεκτρικός κινητήρας, ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας, το ηλεκτρικό ψυγείο, η τηλεόραση, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής, το ηλεκτρικό τραίνο, το φωτοτυπικό μηχάνημα, ο ηλεκτρομαγνητικός γερανός: όλες αυτές οι συσκευές έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό: Για να λειτουργήσουν πρέπει να διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα.

Τι εννοούμε όμως με τον όρο ηλεκτρικό ρεύμα;

Η εμπειρία μας λέει ότι ηλεκτρικό ρεύμα είναι η κοινή αιτία λειτουργίας μιας πολύ μεγάλης κατηγορίας συσκευών, που χρησιμοποιούνται στην καθημερινή μας ζωή.

Ωστόσο, οι Φυσικοί δεν ικανοποιούνται μένοντας μόνον στον παραπάνω ορισμό. Προσπαθούν να ερμηνεύσουν όλα τα φαινόμενα που προκαλούνται από το ηλεκτρικό ρεύμα ξεκινώντας από τον μικρόκοσμο και τη δομή της ύλης. Έτσι επιτυγχάνουν να συνδέσουν το ηλεκτρικό ρεύμα με τις θεμελιώδεις έννοιες του Ηλεκτρισμού: το φορτίο και το ηλεκτρισμένο σωματίδιο.

Μετά από πολύχρονες έρευνες διαπίστωσαν ότι σε κάθε φαινόμενο που προκαλείται από ηλεκτρικό ρεύμα, ηλεκτρισμένα σωματίδια κινούνται μέσα σε υλικά σώματα -ή και στον κενό χώρο- ακολουθώντας συγκεκριμένες διαδρομές. Έτσι, η οργανωμένη κίνηση των φορτισμένων σωματιδίων ταυτίστηκε με την έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος.

Κάθε διάταξη που αποτελείται από αγωγίμους “δρόμους”, μέσω των οποίων μπορεί να διέλθει το ηλεκτρικό ρεύμα ονομάζεται *ηλεκτρικό κύκλωμα*.

Ηλεκτρικό ρεύμα - Αγωγοί και μονωτές

Όταν το άκρο ενός σύρματος είναι συνδεδεμένο με ένα ηλεκτροσκόπιο με κινητά φύλλα και αγγίζουμε το άλλο άκρο με ένα αντικείμενο το οποίο είναι ηλεκτρισμένο, π.χ. αρνητικά, τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου ανοίγουν (Εικ.4.45).

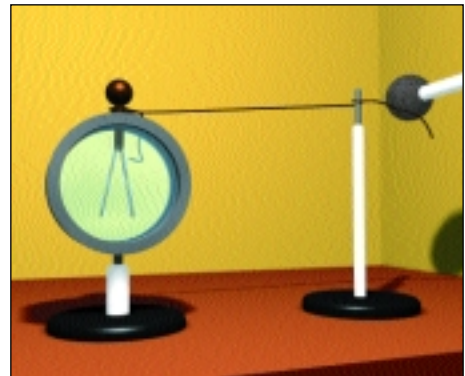
Γιατί συμβαίνει αυτό;

Από το ηλεκτρισμένο αντικείμενο αρνητικά σωματίδια κινούνται μέσα από το σύρμα και φθάνουν στο ηλεκτροσκόπιο. Το ηλεκτροσκόπιο ηλεκτρίζεται και τα φύλλα του ανοίγουν.

Εάν αντικαταστήσουμε το σύρμα με πλαστικό νήμα και επαναλάβουμε το προηγούμενο πείραμα, τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου μένουν κλειστά: ηλεκτρισμένα σωματίδια δεν κινούνται μέσα από το πλαστικό (Εικ. 4.46).

Την *προσανατολισμένη κίνηση* των ηλεκτρισμένων σωματιδίων την *ονομάζουμε* ηλεκτρικό ρεύμα.

Μέσα ένα αγωγίμο υλικό, λοιπόν, είναι δυνατό να υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα. Αντιθέτως, μέσα σε μονωτικό υλικό δεν είναι δυνατό να υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα.



Εικόνα 4.45

Αγγίζουμε το άκρο του σύρματος με μια αρνητικά ηλεκτρισμένη σφαίρα. Παρατηρούμε ότι τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου ανοίγουν.



Εικόνα 4.46

Αγγίζουμε το άκρο του πλαστικού νήματος με μια αρνητικά ηλεκτρισμένη σφαίρα. Παρατηρούμε ότι τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου μένουν κλειστά.

Όταν από το ηλεκτρισμένο αντικείμενο αρνητικά σωματίδια κινούνται μέσα στο σύρμα και φθάνουν στο ηλεκτροσκόπιο, το ηλεκτρικό φορτίο του αντικειμένου ελαττώνεται και του ηλεκτροσκοπίου αυξάνεται. Ηλεκτρικό φορτίο μετακινείται από το ηλεκτρισμένο αντικείμενο, μέσα από το σύρμα προς το ηλεκτροσκόπιο. Γενικά, όταν μέσα σε έναν αγωγό υπάρχει προσανατολισμένη κίνηση ηλεκτρικών φορτίων τότε ο αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.

Το έδαφος και το ανθρώπινο σώμα είναι αγωγοί. Γι' αυτό όταν αγγίζουμε ένα ηλεκτρισμένο αντικείμενο, π.χ. ένα ηλεκτροσκόπιο, με το δάχτυλό μας, το αντικείμενο εκφορτίζεται.

Ο ξηρός αέρας είναι μονωτής, ενώ ο υγρός αέρας είναι αγωγός. Γι' αυτό, μια υγρή ημέρα τα σώματα ηλεκτρίζονται δύσκολα. Μια τέτοια ημέρα, από ένα ηλεκτρισμένο σώμα το ηλεκτρικό φορτίο μετακινείται αμέσως μέσα από τον αέρα προς το περιβάλλον.

Μπαταρία

Ηλεκτρικό ρεύμα μπορούμε εύκολα να προκαλέσουμε με τη βοήθεια μιας μπαταρίας. Για να κατανοήσουμε πως μπορούμε να το επιτύχουμε, ας μελετήσουμε προσεκτικά μια μπαταρία.

Σε κάθε μπαταρία υπάρχουν δύο αντίθετα ηλεκτρισμένες περιοχές, τις οποίες ονομάζουμε ηλεκτρικούς πόλους ή ηλεκτρόδια (εικ.4.49). Μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι οι πόλοι είναι ηλεκτρισμένοι αν συνδέσουμε το έναν πόλο με ένα σύρμα και το πλησιάσουμε στον άλλο πόλο. Τότε, "πετάγονται" μικροί σπινθήρες, όπως συμβαίνει μεταξύ οποιωνδήποτε ηλεκτρισμένων σωμάτων, που πλησιάζουν αρκετά μεταξύ τους (εικ.4.50).

Επίσης, όταν διαθέτουμε μια αρκετά ισχυρή μπαταρία μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι μεταξύ των ηλεκτροδίων υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο. Πράγματι, όταν συνδέσουμε κάθε πόλο με μια μεταλλική πλάκα και μεταξύ των πλακών τοποθετήσουμε ένα ηλεκτρισμένο σφαιρίδιο, το σφαιρίδιο αποκλίνει (Εικ.4.48).

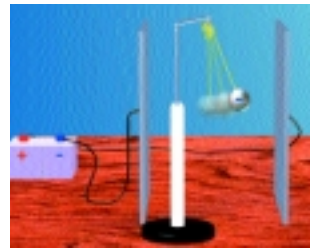
Μπαταρία και ηλεκτρικό ρεύμα

Είδαμε ότι μεταξύ των πόλων της μπαταρίας υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο (Εικ. 4.50). Έτσι αν συνδέσουμε τους δυο πόλους με σύρμα, ηλεκτρική δύναμη ασκείται στα ηλεκτρισμένα σωματίδια του σύρματος. Τα αρνητικά σωματίδια κινούνται, επομένως από το αρνητικό προς το θετικό πόλο και στο σύρμα εμφανίζεται ηλεκτρικό ρεύμα. Τα θετικά σωματίδια δεν έχουν τη δυνατότητα να κινηθούν από τη μια περιοχή του σύρματος στην άλλη. συνεχίζουν απλώς να ταλαντεύονται γύρω από τις συγκεκριμένες θέσεις τους (βλέπε παράγραφο 4.7).



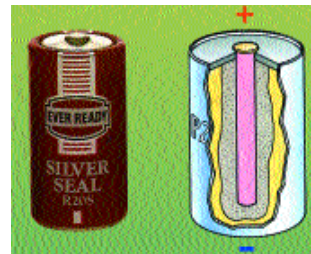
Εικόνα 4.47

(α) Μπαταρία αυτοκινήτου. (β) Μια απλή μπαταρία παρόμοια με αυτή του αυτοκινήτου.



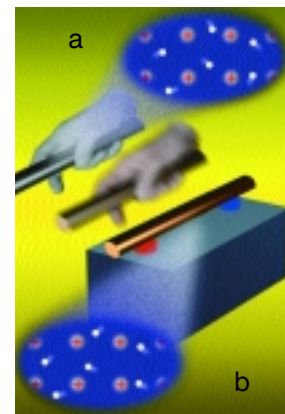
Εικόνα 4.48

Το θετικά ηλεκτρισμένο σφαιρίδιο έλκεται από την αρνητικά φορτισμένη πλάκα και απωθείται από τη θετικά ηλεκτρισμένη.



Εικόνα 4.49

Μια συνηθισμένη μπαταρία



Εικόνα 4.50

Η κίνηση των ηλεκτρισμένων σωματιδίων (α) όταν δεν υπάρχει και (β) όταν υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο της μπαταρίας μέσα στο σύρμα.

Πώς διαπιστώνουμε την ύπαρξη ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα σύρμα;

Όταν μέσα σε σύρμα δημιουργηθεί ηλεκτρικό ρεύμα η θερμοκρασία του σύρματος αυξάνεται. Αυτό συμβαίνει επειδή κατά την κίνησή τους τα αρνητικά σωματίδια συγκρούονται με τα θετικά. Μετά από κάθε σύγκρουση τα θετικά σωματίδια κινούνται εντονότερα και η θερμοκρασία του σύρματος αυξάνεται (βλέπε κεφάλαιο 2). Όταν το σύρμα είναι πολύ λεπτό, όπως αυτό μιας λάμπας πυρακτώσεως, το σύρμα φωτοβολεί (Εικ4.51). Με μια τέτοια λάμπα, λοιπόν, μπορούμε να διαπιστώσουμε την ύπαρξη ηλεκτρικού ρεύματος.

Όταν μια μπαταρία προκαλεί ηλεκτρικό ρεύμα και η ίδια επίσης, θερμαίνεται. Συμπεραίνουμε ότι ηλεκτρισμένα σωματίδια κινούνται και μέσα από την μπαταρία.

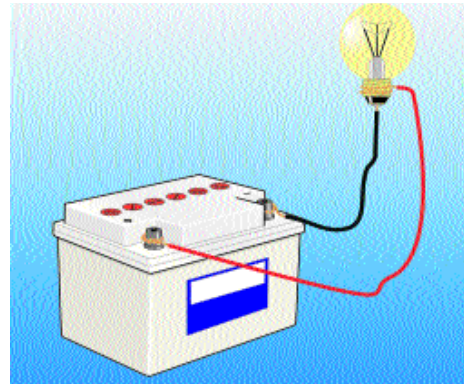
Κλειστό και ανοιχτό ηλεκτρικό κύκλωμα

Η μπαταρία, η λάμπα και κάθε ηλεκτρική συσκευή έχει δύο άκρα (Εικ.4.52). Όταν συνδέσουμε με σύρμα τα άκρα της μπαταρίας με τα άκρα της λάμπας (Εικ. 4.51 και 4.53), η λάμπα ανάβει. Μέσα στο σύρμα και στη λάμπα κινούνται αρνητικά σωματίδια με κατεύθυνση από τον αρνητικό προς το θετικό πόλο της μπαταρίας. Επίσης, κινούνται μέσα στην μπαταρία με κατεύθυνση από το θετικό προς τον αρνητικό πόλο της. Δηλαδή, τα αρνητικά σωματίδια ακολουθούν μια κλειστή διαδρομή. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι διαθέτουμε ένα κλειστό κύκλωμα ηλεκτρικού ρεύματος.

Όταν αποσυνδέσουμε το σύρμα από τον ένα πόλο της μπαταρίας ή από το ένα άκρο της λάμπας, η λάμπα σβήνει (Εικ.4.54). Σε αυτή την περίπτωση, παρεμβάλλεται αέρας μεταξύ του ελεύθερου άκρου του σύρματος και του πόλου της μπαταρίας ή του άκρου της λάμπας, ο οποίος είναι μονωτής. Τα ηλεκτρισμένα σωματίδια δεν μπορούν να κινηθούν μέσα σ' αυτόν, με συνέπεια η κίνηση τους μέσα στη λάμπα και τη μπαταρία να σταματά. Το κύκλωμα ονομάζεται ανοιχτό. Σε ανοιχτό ηλεκτρικό κύκλωμα δεν υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα.

Μπορούμε εύκολα να μετατρέψουμε ένα ανοιχτό κύκλωμα σε κλειστό και αντίστροφα χρησιμοποιώντας ένα διακόπτη (Εικ.4.54).

Για να φωτοβολεί η λάμπα πρέπει το κύκλωμα να μη διακόπτεται σε κανένα σημείο του. Όταν λοιπόν το σύρμα της λάμπας κοπεί το κύκλωμα είναι πλέον ανοιχτό. Η λάμπα έχει "καεί" και πρέπει να την αντικαταστήσουμε.

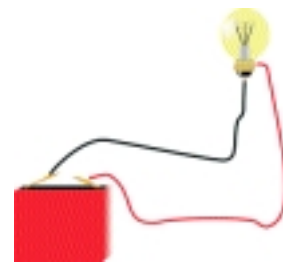


Εικόνα 4.51

Όταν συνδέσουμε τα άκρα μιας λάμπας με μια μπαταρία, η λάμπα φωτοβολεί.

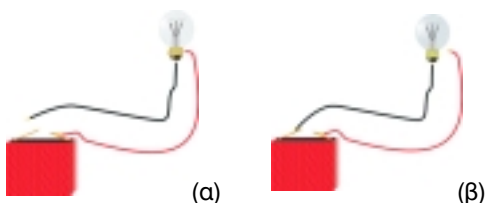


Εικόνα 4.52
Μέρη μιας λάμπας.

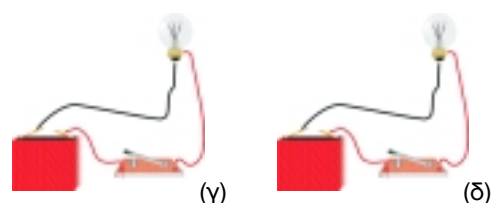


Εικόνα 4.53

Τρόπος σύνδεσης της λάμπας με τη μπαταρία ώστε να ανάψει.



Εικόνα 4.54
(α,β,γ) Ανοιχτό κύκλωμα, (δ) Κλειστό κύκλωμα.



Αγωγοί, ημιαγωγοί και μονωτές σε ηλεκτρικό κύκλωμα

Εκτός από τον αέρα υπάρχουν και άλλα μονωτικά υλικά. Όταν σε ένα κλειστό κύκλωμα που αποτελείται από μπαταρία και λάμπα, αντικαταστήσουμε ένα σύρμα σύνδεσης με ένα κομμάτι πλαστικό, γυαλί, ξύλο κ.α. η λάμπα σβήνει. Τα ηλεκτρισμένα σωματίδια δε μπορούν να κινηθούν μέσα στο μονωτικό υλικό και ηλεκτρικό ρεύμα δεν υπάρχει πλέον στο κύκλωμα.

Σε ένα χάλκινο σύρμα τα ηλεκτρισμένα σωματίδια κινούνται με μεγαλύτερη ευκολία παρά σε ένα σιδερένιο σώμα ίδιων διαστάσεων. Λέμε ότι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του χαλκού είναι μεγαλύτερη από του σιδήρου.

Στην πραγματικότητα ακόμα και μέσα στους μονωτές τα ηλεκτρισμένα σωματίδια κινούνται αλλά με πολύ μεγαλύτερη δυσκολία από όση στους αγωγούς. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των αγωγών είναι περίπου 10^{24} φορές μεγαλύτερη από των μονωτών (Εικ.4.55).

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ορισμένων υλικών, π.χ. του πυριτίου και του γερμανίου, δεν είναι τόσο μικρή όσο των μονωτών ούτε τόσο μεγάλη όσο των αγωγών. Αυτά τα υλικά τα ονομάζουμε ημιαγωγούς.

Επειδή το ανθρώπινο σώμα όταν είναι υγρό (όπως συνήθως συμβαίνει) είναι πολύ καλός αγωγός πρέπει να είμαστε εξαιρετικά προσεκτικοί όταν χρησιμοποιούμε ηλεκτρικές συσκευές. Η παρουσία τέτοιων συσκευών μέσα στο υγρό περιβάλλον του μπάνιου, το άγγιγμα διακόπτη με βρεγμένα χέρια κ.ά, είναι θανατηφόρα.



Εικόνα 4.55

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ποικίλων υλικών: οι ημιαγωγοί έχουν 10^{16} φορές μεγαλύτερη αγωγιμότητα από τους μονωτές και οι αγωγοί 10^{24} φορές μεγαλύτερη από τους μονωτές.



- Χρησιμοποιήστε μια κυλινδρική μπαταρία και σύρμα 10 cm για να ανάψετε μια μικρή λάμπα.
- Κάντε ένα σχήμα των δυνατών τρόπων σύνδεσης της μπαταρίας με τη λάμπα και διακρίνετε με ποιους ανάβει η λάμπα.

Είναι δυνατόν να ανάψει η λάμπα χωρίς να συνδέσετε δυο σημεία της;

Οι λάμπες (και οι υπόλοιπες ηλεκτρικές συσκευές) στο σπίτι σας έχουν δυο σημεία σύνδεσης;

Γιατί κατά τη γνώμη σας χρειάζονται δυο;

Αν αντικαταστήσετε το μεταλλικό σύρμα με σπάγκο μπορείτε να ανάψετε τη λάμπα; Γιατί;



Σε ένα ώριμο λεμόνι βυθίστε το ένα άκρο ενός συνδετήρα και ενός χάλκινου σύρματος. Συνδέστε το άλλο άκρο των συρμάτων με ένα λαμπάκι ημιαγωγών (LED).

Τι παρατηρείτε;



Η πρώτη μπαταρία

Κατά τη φόρτιση ενός ηλεκτροσκόπιου μέσω σύρματος, το ηλεκτροσκόπιο φορτίζεται αμέσως και το ρεύμα διακόπτεται.

Πώς μπορούμε να διατηρήσουμε το ρεύμα; Αυτό το ερώτημα βασάνιζε τους ασχολούμενους με τον ηλεκτρισμό κατά το δεύτερο μισό του 18ου αιώνα. Το 1786 ο Ιταλός Γκαλβάνι, καθηγητής ανατομίας στη Μπολόνια, παρατήρησε ότι όταν ακουμπούσε στους μύς του ποδιού ενός βατράχου ένα χάλκινο έλασμα και στα νεύρα του ποδιού ένα έλασμα ψευδαργύρου, προκαλούνταν συσπάσεις. Ο Γκαλβάνι απέδωσε αυτό το φαινόμενο στην ύπαρξη ενός μυστηριώδους "ζωικού" ηλεκτρισμού.

Περίπου το 1800 ο Ιταλός φυσικός Βόλτα αντιλήφθηκε ότι το φαινόμενο συμβαίνει όταν συνυπάρχουν δύο διαφορετικά μέταλλα και υγρασία. Τοποθετώντας δίσκους χαλκού επάνω σε δίσκους ψευδαργύρου και παρεμβάλλοντας στρώματα από χαρτί εμποτισμένα με διάλυμα άλατος, κατασκεύασε την πρώτη μπαταρία, που ονομάστηκε στήλη του Βόλτα. Η εποχή για την έρευνα στο ηλεκτρισμό ρεύμα είχε αρχίσει.



Ερωτήσεις -Ασκήσεις

1. Συμπληρώστε τις ακόλουθες προτάσεις:
" Η κίνηση των ηλεκτρισμένων σωματιδίων προς μια ορισμένη κστεύθυνση ονομάζεται _____. Τα ηλεκτρισμένα σωματίδια μπορούν να κινηθούν μέσα στους _____, όπως π.χ. _____. Αντίθετα μέσα σε ένα μονωτικό υλικό, η _____ των ηλεκτρισμένων σωματιδίων δεν είναι δυνατή."
2. Με μια μηχανή Wimshurst φορτίζουμε ένα ηλεκτροσκόπιο και στη συνέχεια το αποσυνδέουμε απ' αυτήν. Παρατηρούμε ότι τα φύλλα του ηλεκτροσκόπιου σταδιακά κλείνουν. Πώς εξηγείται το φαινόμενο αυτό; Τι μπορούμε να συμπεράνουμε για την κατάσταση του αέρα της αίθουσας μέσα στην οποία έγινε το πείραμα;
3. Διαθέτουμε μια μηχανή Wimshurst, ένα ηλεκτροσκόπιο, ένα σύρμα από χαλκό και ένα πλαστικό νήμα. Περιγράψτε μια πειραματική διαδικασία μέσω της οποίας να δείξετε ότι το χάλκινο σύρμα είναι αγωγός, ενώ το πλαστικό νήμα μονωτής.
4. Γιατί όταν ένα σύρμα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα η θερμοκρασία του αυξάνεται;
5. Γιατί όταν ένα σύρμα συνδεθεί με τους πόλους μιας μπαταρίας, διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα; Πώς ανιχνεύουμε το ρεύμα αυτό;
6. Διαθέτεις μια μπαταρία, έναν λαμπτήρα, έναν διακόπτη και αρκετά καλώδια. Σχεδιάσε -χρησιμοποιώντας όλα αυτά αντικείμενα- ένα κύκλωμα, έτσι ώστε αν το υλοποιήσεις, ο λαμπτήρας να ανάψει. Όταν ανοίξεις το διακόπτη, ο λαμπτήρας σβήνει. Γιατί συμβαίνει αυτό; Πώς ονομάζεται στην περίπτωση αυτή το κύκλωμα;
7. Ένα κύκλωμα περιλαμβάνει μια μπαταρία, έναν διακόπτη και έναν λαμπτήρα που φωτοβολεί, συνδεδεμένα στη σειρά. Το κύκλωμα είναι κλειστό ή ανοιχτό; Ποιά είναι η διαδρομή που ακολουθούν τα ηλεκτρισμένα σωματίδια στο κύκλωμα αυτό; Κινούνται και μέσα στη μπαταρία; Πώς μπορούμε να το πιστοποιήσουμε;
8. Τι εννοούμε με τη φράση "η αγωγιμότητα του χαλκού είναι μεγαλύτερη από του σιδήρου";
9. Ποιά υλικά ονομάζονται ημιαγωγοί; Πώς μπορούμε να μεταβάλλουμε την αγωγιμότητά τους;
10. Το ανθρώπινο σώμα είναι αγωγός ή μονωτής; Πώς μπορεί να αυξηθεί η αγωγιμότητά του; Ποιούς κινδύνους συνεπάγεται το γεγονός αυτό;

4.13 Ηλεκτρικό ρεύμα και μετατροπές ενέργειας

Ηλεκτρική ενέργεια

Πως μπορούμε να περιγράψουμε τη λειτουργία ενός κλειστού κυκλώματος χρησιμοποιώντας την έννοια της ενέργειας;

Στην προηγούμενη παράγραφο είδαμε ότι στα ηλεκτρισμένα σωματίδια που κινούνται κατά μήκος ενός κλειστού κυκλώματος, ασκείται ηλεκτρική δύναμη. Επομένως έχουν δυναμική ενέργεια. Η δυναμική ενέργεια των ηλεκτρισμένων σωματιδίων ονομάζεται ηλεκτρική. Κατά την κίνηση των αρνητικών σωματιδίων η δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε ισοδύναμη κινητική. Επομένως η κινητική ενέργεια των φορτισμένων σωματιδίων σε ένα ηλεκτρικό ρεύμα είναι ίση με την ηλεκτρική ενέργεια.

Ηλεκτρικές πηγές

Σε μια μπαταρία χημική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Όταν λειτουργεί μια ηλεκτροστατική γεννήτρια, κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Σε ένα φωτοστοιχείο (Εικ.4.56) ενέργεια φωτός μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Τέλος, σε ένα θερμοστοιχείο θερμική μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

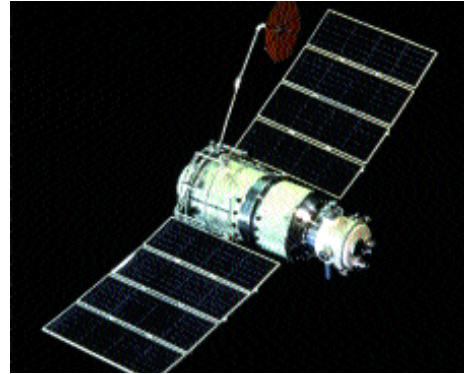
Κάθε συσκευή στην οποία μια μορφή ενέργειας μετατρέπεται σε ηλεκτρική ονομάζεται πηγή ηλεκτρικής ενέργειας ή απλώς ηλεκτρική πηγή. Η μπαταρία, η ηλεκτροστατική γεννήτρια, το φωτοστοιχείο και το θερμοστοιχείο είναι ηλεκτρικές πηγές. Βεβαίως, σε μια ηλεκτρική πηγή δεν παράγεται ενέργεια από το μηδέν. Απλώς μια μορφή ενέργειας, η οποία περιέχεται στην πηγή, μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

Καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας

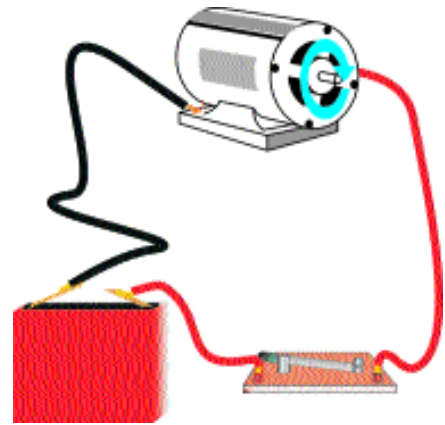
Όταν η λάμπα φωτοβολεί, τα κινούμενα αρνητικά σωματίδια συγκρούονται με τα θετικά και κινητική ενέργεια μεταφέρεται από τα πρώτα στα δεύτερα. Επομένως, αυξάνεται η θερμική ενέργεια του σύρματος (βλέπε κεφάλαιο 2). Ωστε όταν ένα σύρμα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια του σύρματος.

Όταν υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα, η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται και σε άλλες μορφές εκτός από θερμική. Στον ηλεκτρικό κινητήρα μετατρέπεται σε κινητική (Εικ.4.57). Κατά τη διάρκεια μιας ηλεκτρόλυσης ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε χημική (Εικ.4.58)

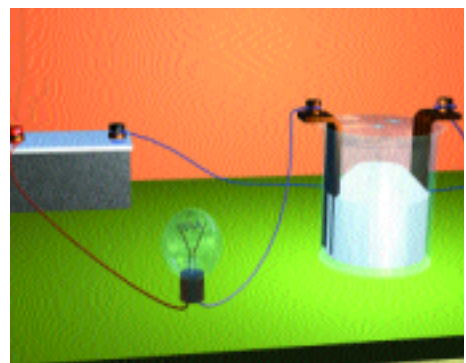
Οι ηλεκτρικές συσκευές στις οποίες η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε άλλου είδους ενέργεια, ονομάζονται καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας. Βεβαίως, στους καταναλωτές η ηλεκτρική ενέργεια δεν εξαφανίζεται. Μετατρέπεται απλώς σε άλλο είδος ενέργειας.



Εικόνα 4.56
Φωτοστοιχεία σε διαστημικό σταθμό



Εικόνα 4.57
Όταν συνδέσουμε μια μπαταρία με ένα κινητήρα, ο κινητήρας περιστρέφεται.



Εικόνα 4.58
Σε διάλυμα αλατιού βυθίζουμε το ένα άκρο δύο χάλκινων συρμάτων. Συνδέουμε το άλλο άκρο με τον πόλο μιας μπαταρίας. Μέσα στο διάλυμα στο σύρμα που συνδέεται με τον αρνητικό πόλο παράγονται φυσαλίδες αερίου ενώ γύρω από το άλλο σύρμα το διάλυμα βάφεται πράσινο.

Η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος

Αν αντιστρέψουμε τον τρόπο σύνδεσης ενός ηλεκτρικού κινητήρα με μια μπαταρία, τότε αντιστρέφεται, και η φορά περιστροφής του κινητήρα. Αν αντιστρέψουμε τον τρόπο σύνδεσης της μπαταρίας με τη συσκευή ηλεκτρόλυσης χλωριούχου νατρίου, τότε γύρω από το ηλεκτρόδιο όπου προηγουμένως παράγονταν φυσαλίδες, τώρα αλλάζει το χρώμα του διαλύματος και αντιστρόφως. Αντιθέτως, αν κάνουμε το ίδιο με έναν λαμπτήρα, παρατηρούμε ότι η φωτοβολία του δεν επηρεάζεται.

Όταν αντιστρέψουμε τον τρόπο σύνδεσης της μπαταρίας, αντιστρέφεται η φορά κίνησης των ηλεκτρισμένων σωματιδίων, δηλαδή η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος. Συμπεραίνουμε ότι ορισμένα φαινόμενα, όπως η περιστροφή του κινητήρα και η ηλεκτρόλυση, επηρεάζονται από τη φορά του ηλεκτρικού ρεύματος.

Έχουμε δεχθεί ότι μέσα στα στερεά μόνο τα αρνητικά σωματίδια έχουν τη δυνατότητα να κινηθούν. Ωστόσο το 19ο αιώνα οι φυσικοί είχαν δεχθεί, αντίθετα από εμάς, ότι μέσα στα στερεά μόνο τα θετικά σωματίδια έχουν τη δυνατότητα να κινηθούν. Τη φορά κίνησης των θετικών σωματιδίων την ονομάζουμε, λοιπόν, συμβατική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος.

Τελικά, μπορούμε να διαπιστώσουμε με κάποιο πείραμα, αν μέσα στα στερεά κινούνται τα αρνητικά ή τα θετικά σωματίδια; Γνωρίζουμε, ότι όταν ένα αυτοκίνητο σταματά απότομα τινάζομαστε προς το εμπρός. Με παρόμοιο τρόπο, όταν μια μεταλλική ράβδος, η οποία κινείται με μεγάλη ταχύτητα, σταματήσει απότομα, το εμπρός μέρος της ράβδου ηλεκτρίζεται αρνητικά και το πίσω θετικά. Δηλαδή, στο εμπρός μέρος της ράβδου συγκεντρώνονται αρνητικά σωματίδια ενώ στο πίσω μέρος μένουν τα θετικά. Άρα μέσα σε ένα στερεό αγωγίμο σώμα ελεύθερα να κινηθούν είναι τα αρνητικά σωματίδια.

Η διεξαγωγή ενός πειράματος που βασίζεται στις προηγούμενες σκέψεις είναι πολύ δύσκολη. Πραγματοποιήθηκε, ωστόσο, από τους Αμερικανούς φυσικούς Tolman και Stewart.

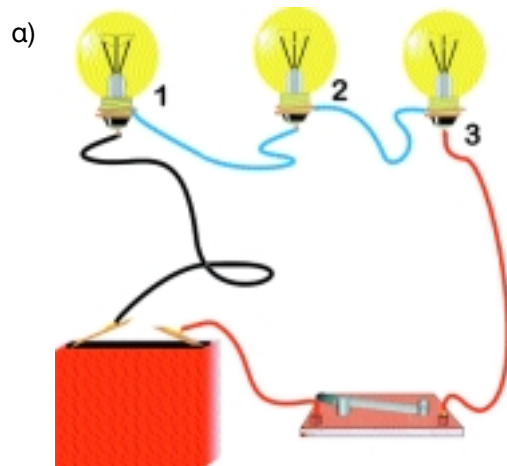


- Στους πόλους μιας τετράγωνης μπαταρίας αγγίξτε προσεκτικά ένα κομμάτι σύρμα κατσαρόλας. Προσοχή! Το σύρμα παίρνει φωτιά!
- Γιατί συμβαίνει αυτό;

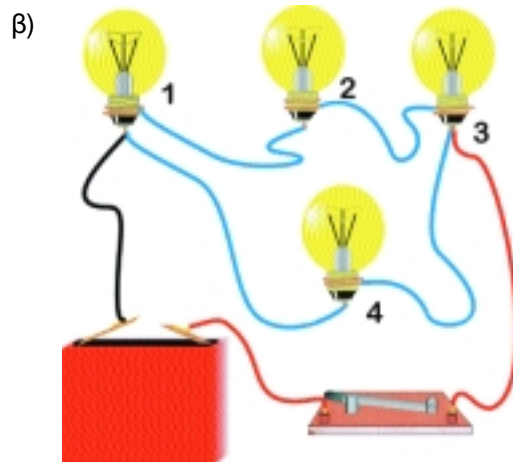
Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Ποιά μετατροπή ενέργειας συμβαίνει κατά την κίνηση των αρνητικών σωματιδίων σε ένα κλειστό κύκλωμα;
2. Ένα κλειστό κύκλωμα περιλαμβάνει μια μπαταρία και έναν λαμπτήρα που φωτοβολεί. Περιγράψτε όλες τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν σ' αυτό.
3. Ποιές μετατροπές ενέργειας συμβαίνουν σε έναν ηλεκτρικό κινητήρα;
4. Ποιές μετατροπές ενέργειας συμβαίνουν κατά την ηλεκτρόλυση ενός διαλύματος;
5. Ποιές συσκευές ονομάζονται πηγές ηλεκτρικής ενέργειας; Ποιές μετατροπές ενέργειας συμβαίνουν σε μια ηλεκτροστατική γεννήτρια, σε μια μπαταρία, σε ένα φωτοστοιχείο και σε ένα θερμοστοιχείο;
6. Ποιές συσκευές ονομάζονται καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας; Αναφέρατε τουλάχιστον δύο παραδείγματα και τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν σ' αυτά.
7. Ποιά είναι η πραγματική και η συμβατική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος; Γιατί χρησιμοποιούμε τη συμβατική φορά;
8. Περιγράψτε δύο φαινόμενα των οποίων η εξέλιξη επηρεάζεται από τη φορά του ηλεκτρικού ρεύματος.
9. Με ποιό τρόπο εξακριβώθηκε ότι στους αγωγούς κινούνται ελεύθερα τα αρνητικά και όχι τα θετικά ηλεκτρισμένα σωματίδια;

10. Εξηγήστε τι θα συμβεί αν καεί μία από τις λάμπες του κυκλώματος που φαίνεται στο σχήμα (α).



11. Ποιές λάμπες θα μείνουν αναμμένες αν στο κύκλωμα του σχήματος (β):
(α) καεί η λάμπα 1.
(β) καεί η λάμπα 4.
Να δικαιολογήσετε πλήρως την απάντησή σας.



ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

Ηλεκτρισμός και μαγνητισμός

Μέχρι το 1820 τα ηλεκτρικά φαινόμενα θεωρούνταν διαφορετικά από τα μαγνητικά. Εκείνη τη χρονιά, ο Δανός καθηγητής φυσικής Ερστεντ εκτελώντας μπροστά σε φοιτητές πειράματα επίδειξης ηλεκτρικών και μαγνητικών φαινομένων πραγματοποίησε, μάλλον τυχαία, μια σημαντική ανακάλυψη: το ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί μαγνητικά φαινόμενα. Ο δρόμος για την ενοποίηση των ηλεκτρικών και των μαγνητικών φαινομένων είχε ανοίξει.

Λίγο αργότερα ο Γάλλος φυσικός Αμπέρ ισχυρίστηκε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα είναι το αίτιο κάθε μαγνητικού φαινομένου. Ο Μάξγουελ ενσωμάτωσε αυτήν την άποψη στη θεωρία του για την ηλεκτρομαγνητισμό και ο Αϊνστάιν εμβάθυνε στην ερμηνεία της, στα πλαίσια της θεωρίας της Σχετικότητας.

Από αυτές τις παρατηρήσεις και τις ιδέες προέκυψαν σημαντικές εφαρμογές, όπως ο ηλεκτρομαγνήτης. Ηλεκτρομαγνήτες υπάρχουν σε ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές: στον ηλεκτρομαντητικό γερανό, στο ηλεκτρομαγνητικό τραίνο, στις συσκευές αναπαραγωγής ήχου και εικόνας, στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές κ.ά.

Για να κατανοήσουμε τη λειτουργία του ηλεκτρομαγνήτη, πρέπει να μελετήσουμε το πείραμα του Ερστεντ.

4.14 Το πείραμα του Έρστεντ

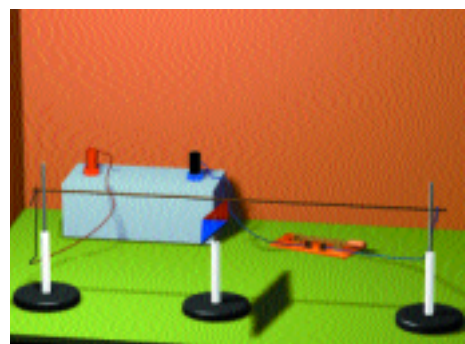
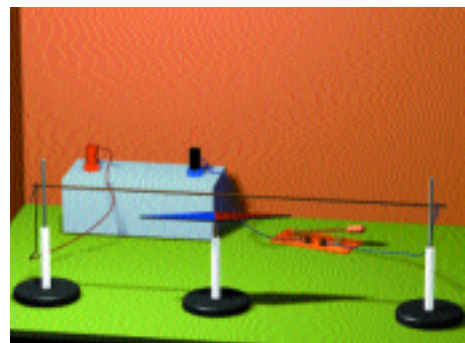
Αν σε μια μαγνητική βελόνα πλησιάσουμε ένα κομμάτι ευθύγραμμο σύρμα που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, η βελόνα αποκλίνει. Μάλιστα, όταν πλησιάσουμε το σύρμα στο επάνω ή στο κάτω μέρος της βελόνας και παράλληλα με αυτή, η βελόνα στρέφεται σχεδόν κάθετα στο σύρμα (Εικ.4.59). Όταν στο σύρμα δεν υπάρχει ρεύμα η βελόνα παραμένει ακίνητη. Συμπεραίνουμε ότι όταν υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα ασκείται μαγνητική δύναμη. Δηλαδή, γύρω από κάθε ρευματοφόρο αγωγό αναπτύσσεται ένα μαγνητικό πεδίο.

Ηλεκτρικό ρεύμα και μαγνητικό πεδίο

Ποιά είναι η μορφή του μαγνητικού πεδίου γύρω από ένα ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό;

Γύρω από έναν τέτοιο αγωγό ρινίσματα σιδήρου διατάσσονται σε κύκλους με κέντρο πάνω στον αγωγό (Εικ.4.60). Δηλαδή, οι δυναμικές γραμμές είναι ομόκεντροι κύκλοι με κέντρο κάποιο σημείο του αγωγού και κάθετοι σε αυτόν.

Τώρα, μπορούμε να κατανοήσουμε γιατί μια μαγνητική



Εικόνα 4.59

Όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός η βελόνα είναι παράλληλη με το σύρμα (έχει τη κατεύθυνση βορράς-νότος). Όταν κλείσουμε το διακόπτη, η βελόνα στρέφεται σχεδόν κάθετα στο σύρμα.

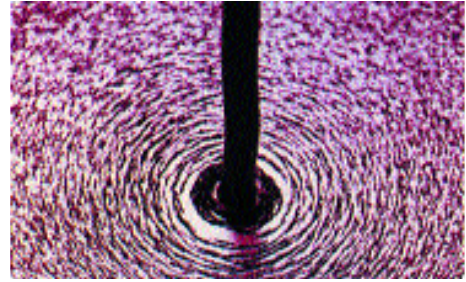
βελόνα στρέφεται κάθετα προς τον αγωγό: Σε κάθε πόλο της βελόνας ασκείται μαγνητική δύναμη η οποία έχει τη διεύθυνση των δυναμικών γραμμών, δηλαδή είναι κάθετη προς τον αγωγό.

Με παρόμοιο τρόπο μπορούμε να προσδιορίσουμε τη μορφή των δυναμικών γραμμών του μαγνητικού πεδίου γύρω από έναν κυκλικό αγωγό που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα (Εικ.4.61).

Μαγνητικό πεδίο αγωγού που διαρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και μαγνήτη

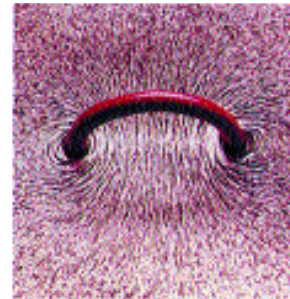
Παρατηρώντας προσεκτικά τις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται γύρω από έναν ρευματοφόρο αγωγό και από έναν μαγνήτη διαπιστώνουμε ότι διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Οι δυναμικές γραμμές του πεδίου που παράγεται από το ηλεκτρικό ρεύμα του αγωγού διατάσσονται γύρω από αυτόν. Αντιθέτως, οι δυναμικές γραμμές του πεδίου που προέρχεται από έναν μαγνήτη αρχίζουν και καταλήγουν στους πόλους του. Μοιάζουν δηλαδή, με τις δυναμικές γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται από δύο αντίθετα ηλεκτρισμένες σφαίρες.

Γνωρίζουμε ωστόσο ότι ο μαγνήτης αποτελείται από μοριακούς μαγνήτες. Επομένως η πραγματική αφετηρία και το τέρμα των δυναμικών γραμμών του μαγνητικού πεδίου πρέπει να αναζητηθεί στο εσωτερικό του. Δηλαδή, για να γνωρίσουμε τη μορφή του μαγνητικού πεδίου του μαγνήτη θα πρέπει να μελετήσουμε τη δομή της ύλης από την οποία αποτελείται.



Εικόνα 4.60

Σε ένα κομμάτι χαρτόνι το οποίο είναι κάθετο στο σύρμα σκορπίζουμε ρινίσματα σιδήρου. Μόλις στον αγωγό δημιουργηθεί ηλεκτρικό ρεύμα, τα ρινίσματα διατάσσονται σε κύκλους.



Εικόνα 4.61

Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου που παράγεται γύρω από έναν κυκλικό ρευματοφόρο αγωγό.

Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Περιγράψτε και σχεδιάστε μια πειραματική διάταξη με την οποία να μπορούμε να διαπιστώνουμε ότι γύρω από έναν αγωγό που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα αναπτύσσεται μαγνητικό πεδίο.
2. Στη διάταξη του πειράματος του Έρστεντ, όταν ο διακόπτης είναι ανοικτός η μαγνητική βελόνα είναι παράλληλη στον αγωγό.
 - α) Πώς θα στραφεί η βελόνα όταν κλείσουμε το διακόπτη;
 - β) Τι θα συμβεί αν αλλάξουμε την πολικότητα της πηγής και επαναλάβουμε την ίδια διαδικασία;
3. Περιγράψτε δύο τρόπους με τους οποίους μπορεί να παραχθεί ένα μαγνητικό πεδίο. Πώς ανιχνεύεται σε κάθε περίπτωση το πεδίο αυτό;
4. Πώς μπορούμε να προσδιορίσουμε τη μορφή των δυναμικών γραμμών του μαγνητικού πεδίου που παράγεται γύρω από ένα ευθύγραμμο αγωγό; Ποιό είναι το σχήμα τους;
5. Ποιά είναι η βασική διαφορά των μαγνητικών πεδίων που παράγονται από ένα μαγνήτη και από ένα ρευματοφόρο αγωγό;
6. "Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου ενός φυσικού μαγνήτη επεκτείνονται και στο εσωτερικό του". Τι πρέπει να κάνουμε για να επιβεβαιώσουμε ή να διαψεύσουμε τον ισχυρισμό αυτό;

4.15 Ο ηλεκτρομαγνήτης

Όταν χρησιμοποιούμε πολλούς ρευματοφόρους αγωγούς μαζί, για παράδειγμα κυκλικούς, η μαγνητική δύναμη αυξάνεται. Αυτό μπορούμε εύκολα να το επιτύχουμε κατασκευάζοντας έναν κύλινδρο από μονωμένο σύρμα (Εικ. 4.62). Κάθε παρόμοιος κύλινδρος ονομάζεται *σωληνοειδής* ή *πηνίο*. Κάθε σπείρα του πηνίου είναι ένας κυκλικός αγωγός. Δηλαδή, το πηνίο είναι σύνολο πολλών κυκλικών αγωγών παράλληλων μεταξύ τους. Όταν το σύρμα διαρρέεται από ρεύμα, μέσα και έξω από το πηνίο υπάρχει ισχυρό μαγνητικό πεδίο.

Αν σε κάθε άκρο πηνίου, που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, πλησιάσουμε μια μαγνητική βελόνα παρατηρούμε ότι το ένα, έλκει το βόρειο πόλο της βελόνας και το άλλο το νότιο.

Το πηνίο, επομένως, όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα συμπεριφέρεται σαν μαγνήτης. Γι' αυτό το ονομάζουμε και ηλεκτρομαγνήτη.

Η μορφή των δυναμικών γραμμών του πεδίου του ηλεκτρομαγνήτη είναι παρόμοια με του ραβδόμορφου μαγνήτη. Πράγματι, σκορπίζοντας ρινίσματα σιδήρου γύρω από ένα πηνίο που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, διαπιστώνουμε ότι -στον εξωτερικό του χώρο- διατάσσονται όπως και στο πεδίο του ενός ραβδόμορφου μαγνήτη (Εικ.4.63).

Στο εσωτερικό του πηνίου οι δυναμικές γραμμές είναι παράλληλες μεταξύ τους και πολύ πιο πυκνές από ότι στο εξωτερικό. Επομένως στο εσωτερικό ενός πηνίου αναπτύσσονται μαγνητικές δυνάμεις πολύ πιο ισχυρές απ' ότι στο εξωτερικό του.

Η ισχύς του ηλεκτρομαγνήτη

Όταν μια μαγνητική βελόνα βρίσκεται αρκετά μακριά από έναν ηλεκτρομαγνήτη δεν ασκείται επάνω της μαγνητική δύναμη από αυτόν. Αν όμως αυξήσουμε τον αριθμό των σπειρών του ηλεκτρομαγνήτη, παρατηρούμε ότι στη βελόνα εμφανίζεται μαγνητική δύναμη. Συμπεραίνουμε ότι όσο περισσότερες σπείρες έχει ένας ηλεκτρομαγνήτης τόσο μεγαλύτερη είναι η μαγνητική δύναμη που μπορεί να ασκήσει, δηλ. τόσο ισχυρότερο μαγνητικό πεδίο δημιουργεί.

Αν στο εσωτερικό του ηλεκτρομαγνήτη τοποθετήσουμε σιδηρομαγνητικό υλικό, π.χ. μια ασάλινη ή σιδερένια ράβδος, η μαγνητική δύναμη αυξάνεται πάρα πολύ (Εικ.4.64). Το σιδηρομαγνητικό υλικό μαγνητίζεται με επαγωγή (βλέπε παράγραφο 4.3). Στη μαγνητική δύναμη του πηνίου προστίθεται και η μαγνητική δύναμη που ασκείται από το μαγνητισμένο υλικό.

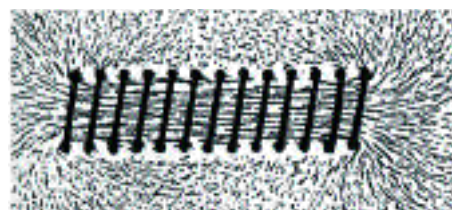
Οι πόλοι του ηλεκτρομαγνήτη

Αν αντιστρέψουμε τη φορά του ρεύματος, που διαρρέει έναν ηλεκτρομαγνήτη, τότε παρατηρούμε ότι αντιστρέ-



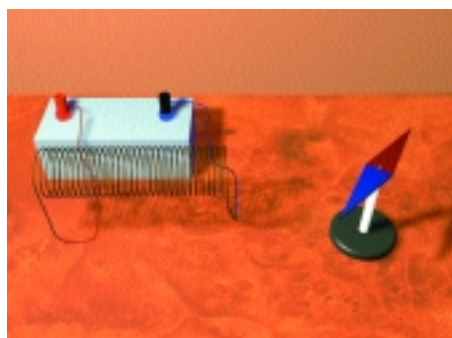
Εικόνα 4.62

Σωληνοειδής ή πηνίο.



Εικόνα 4.63

Ρινίσματα σιδήρου σκορπισμένα πάνω σε χαρτόνι, που είναι κάθετο στις σπείρες του πηνίου. Τα ρινίσματα έχουν διαταχθεί κατά μήκος των δυναμικών γραμμών του μαγνητικού πεδίου, που δημιουργείται από το ηλεκτρικό ρεύμα του πηνίου.

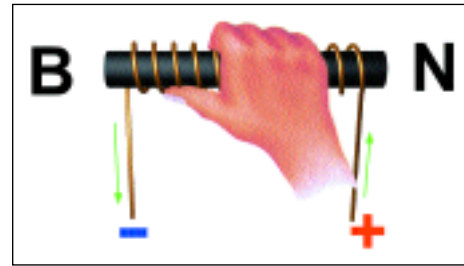


Εικόνα 4.64

α) Χωρίς τον σιδηρομαγνητικό πυρήνα το μαγνητικό πεδίο του σωληνοειδούς είναι ασθενές. Στην μαγνητική βελόνα ασκείται ασθενής δύναμη. β) Όταν τοποθετηθεί ο σιδηρομαγνητικός πυρήνας, η ισχύς του πεδίου αυξάνεται σημαντικά. Στη βελόνα ασκείται ισχυρή δύναμη.

φεται και η κατεύθυνση της δύναμης που ασκείται από κάθε άκρο του: το άκρο που απωθούσε τον βόρειο πόλο μιας μαγνητικής βελόνας, τώρα τον έλκει. Το άκρο που απωθούσε τον νότιο πόλο της βελόνας, τώρα τον έλκει. Έτσι η συμπεριφορά κάθε άκρου του πηνίου εξαρτάται από τη φορά του ηλεκτρικού ρεύματος.

Υπάρχει ένας απλός τρόπος για να προβλέψουμε αν ένα άκρο κάποιου πηνίου θα συμπεριφερθεί σαν βόρειος ή σαν νότιος πόλος. Πιάνουμε με το δεξί χέρι μας το πηνίο, έχοντας τον αντίχειρα τεντωμένο, έτσι ώστε τα τέσσερα δάχτυλα (εκτός από τον αντίχειρα) να δείχνουν τη φορά του ρεύματος. Τότε, ο αντίχειρας κατευθύνεται προς το άκρο που συμπεριφέρεται σαν βόρειος πόλος (Εικ. 4.65).



Εικόνα 4.65

Ανεύρεση της κατεύθυνσης του μαγνητικού πεδίου ενός πηνίου με τη βοήθεια του κανόνα του δεξιού χεριού.

Ενέργεια μαγνητικού πεδίου

Αν συνδέσουμε ένα πηνίο και μια λάμπα με τους πόλους μιας μπαταρίας, με τον τρόπο που δείχνει η εικόνα 4.66, τότε στο πηνίο εμφανίζεται μαγνητικό πεδίο και η λάμπα φωτοβολεί. Όταν αποσυνδέσουμε τη μπαταρία -ανοίγοντας τον διακόπτη- η λάμπα σβήνει και το μαγνητικό πεδίο εξαφανίζεται. Ωστόσο αυτό δε συμβαίνει αμέσως: Παρατηρούμε ότι η λάμπα φωτοβολεί για λίγο και μετά την αποσύνδεση της μπαταρίας.

Όσο η μπαταρία είναι συνδεδεμένη στο κύκλωμα, εσωτερική ενέργειά της μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Μετά την αποσύνδεσή της, ωστόσο, ποια είναι προέλευση της ηλεκτρικής ενέργειας που προκάλεσε τη σύντομη φωτοβολία της λάμπας;

Για να ερμηνεύσουμε το φαινόμενο αυτό πρέπει να δεχθούμε ότι το μαγνητικό πεδίο έχει ενέργεια. Μετά την αποσύνδεση της μπαταρίας η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου του πηνίου μετατράπηκε σε ηλεκτρική και προκάλεσε τη σύντομη φωτοβολία της λάμπας.



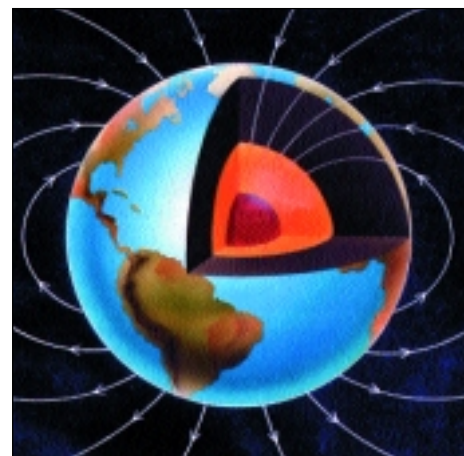
Εικόνα 4.66

Όταν ανοίξουμε τον διακόπτη παρατηρούμε ότι η λάμπα φωτοβολεί για λίγο ισχυρά: Η ενέργεια που είχε αποθηκευτεί στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου μετατράπηκε – μόλις ανοίξαμε τον διακόπτη – σε ηλεκτρική και προκάλεσε τη φωτοβολία του λαμπτήρα.

Η προέλευση του μαγνητικού πεδίου της Γης

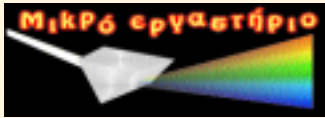
Αν και το μαγνητικό πεδίο της Γης μοιάζει με αυτό ενός τεράστιου ραβδόμορφου μαγνήτη, στο εσωτερικό της δεν υπάρχει τέτοιος μαγνήτης. Αντιθέτως, εκεί, λόγω της υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας, όλα τα υλικά βρίσκονται σε ρευστή κατάσταση. Πως λοιπόν δημιουργείται το μαγνητικό πεδίο της Γης;

Όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο της Γης η θερμοκρασία ελαττώνεται. Η μεταβολή της θερμοκρασίας προκαλεί ρεύματα μεταφοράς ύλης από το κέντρο της Γης προς τα εξωτερικά στρώματα και από εκεί πάλι πίσω προς το κέντρο. Τα ρεύματα παρασύρουν ηλεκτρισμένα σωματίδια τα οποία προέρχονται από μόρια σιδήρου. Η κίνηση των ηλεκτρισμένων σωματιδίων, μέσω των ρευμάτων μεταφοράς, δημιουργεί ηλεκτρικά ρεύματα από τα οποία παράγεται το μαγνητικό πεδίο της Γης.



Εικόνα 4.67

Στο εσωτερικό της Γης σχηματίζονται ρεύματα μεταφοράς ύλης. Οφείλονται στην αύξηση της θερμοκρασίας από τα ανώτερα στρώματα προς τον πυρήνα.



Κατασκευή πηνίου

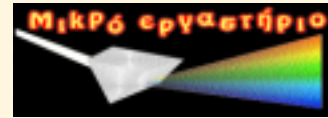
Κατασκευάστε έναν κύλινδρο από σκληρό χαρτόνι. Τυλίξτε γύρω του μονωμένο σύρμα, αφήνοντας ελεύθερα τα δύο άκρα του.

Πάνω στο σύρμα κολλήστε χαρτί ή πλαστικό για να το σταθεροποιήσετε.

Έχετε κατασκευάσει ένα πηνίο.

Συνδέστε τα άκρα του πηνίου με τους πόλους μιας μπαταρίας. Κρεμάστε έναν μαγνήτη από μια κλωστή και πλησιάστε τον στο πηνίο.

Τι παρατηρείτε; Τι συμπεραίνετε;



Ένας ισχυρός ηλεκτρομαγνήτης

Κατασκευάστε έναν ηλεκτρομαγνήτη τυλίγοντας δύο ή τρία μέτρα μονωμένο σύρμα γύρω από ένα μεγάλο καρφί.

Συνδέστε τα άκρα του σύρματος με τους πόλους μιας μπαταρίας. Πλησιάστε τη μύτη του καρφιού σε καρφίτσες. Μετρήστε πόσες καρφίτσες έλκει ο ηλεκτρομαγνήτης.

Αυξήστε τον αριθμό των σπειρών και επαναλάβετε το πείραμα. Μεταβλήθηκε ο αριθμός των καρφιτσών που μπορεί να συγκρατήσει ο ηλεκτρομαγνήτης; Τι συμπεραίνετε;

Ερωτήσεις -Ασκήσεις

1. Συμπληρώστε τις ακόλουθες προτάσεις:

Αν τυλίξουμε γύρω από ένα χαρτονένιο ή ξύλινο ένα σύρμα τότε έχουμε κατασκευάσει ένα πηνίο ή Όταν το σύρμα του πηνίου διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, τότε το πηνίο συμπεριφέρεται σαν ένας Δηλαδή στο ένα άκρο του εμφανίζεται πόλος και στο άλλο Γεγονός που μπορούμε να το διαπιστώσουμε με μια Αν αλλάξουμε τη φορά του ηλεκτρικού ρεύματος τότε η πολικότητα του πηνίου

2. Ποιές από τις ακόλουθες προτάσεις είναι σωστές και ποιές λάθος;

Η δύναμη που ασκεί ένας ηλεκτρομαγνήτης σε μια μαγνητική βελόνα:

- α) Είναι μεγαλύτερη όταν η βελόνα βρίσκεται στο εσωτερικό του.
- β) Μεγαλώνει όσο απομακρύνουμε τη βελόνα από αυτόν.

γ) Αυξάνεται όταν αυξήσουμε τον αριθμό των σπειρών του ηλεκτρομαγνήτη.

δ) Αυξάνεται πάρα πολύ αν τοποθετήσουμε στο εσωτερικό του μιά ράβδο από χαλκό.

ε) Αυξάνεται πάρα πολύ αν τοποθετήσουμε στο εσωτερικό του μιά ράβδο από σίδηρο.

3. Πώς εξηγείται η μεγάλη αύξηση της μαγνητικής δύναμης που ασκεί ένας ηλεκτρομαγνήτης, όταν στο εσωτερικό του τοποθετήσουμε σιδηρομαγνητικό υλικό;

4. Σχεδιάστε και εξηγήστε πώς λειτουργεί μιά διάταξη, με τη βοήθεια της οποίας να μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι το μαγνητικό πεδίο έχει ενέργεια.

5. Ποιά είναι η μορφή του μαγνητικού πεδίου της Γης; Ποιά είναι η προέλευσή του; Που βρίσκεται ο βόρειος γεωμαγνητικός πόλος και που ο νότιος;

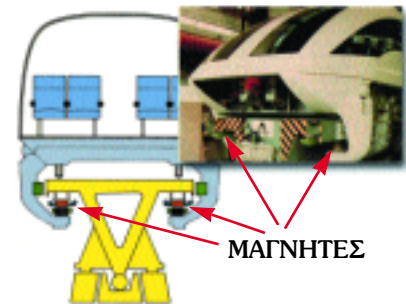
4.16 Εφαρμογές των ηλεκτρομαγνητικών

Ηλεκτρομαγνητικός γερανός

Επειδή ένας ηλεκτρομαγνήτης ασκεί δύναμη όσο σε αυτόν υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα, τον χρησιμοποιούμε σε γερανούς. Με αυτούς τους γερανούς ανυψώνουμε βαριά μεταλλικά αντικείμενα, τα οποία βεβαίως αποτελούνται από σιδηρομαγνητικά υλικά. Όταν ο ηλεκτρομαγνήτης λειτουργεί, έλκει τα μεταλλικά αντικείμενα. Μετά τη μεταφορά τους διακόπτουμε τη λειτουργία του ηλεκτρομαγνήτη και τα αντικείμενα απελευθερώνονται (Εικ. 4.68-70).



Εικόνα 4.68
Ηλεκτρομαγνητικός γερανός.



Εικόνα 4.69
Ηλεκτρομαγνητικό τρένο

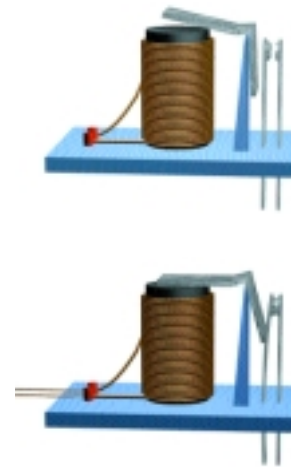
Ηλεκτρομαγνητικό τρένο

Χρησιμοποιούμε ηλεκτρομαγνήτες σε εναέρια τρέινα τα οποία αιωρούνται σε απόσταση περίπου 1cm επάνω από τις ράγες. Η λειτουργία τους στηρίζεται στην άπωση μεταξύ όμοιων μαγνητικών πόλων. Μπορούν να αναπτύξουν ταχύτητα πάνω από 300 χιλιόμετρα την ώρα!

Ηλεκτρομαγνητικός διακόπτης (ρελέ)

Στην εικόνα φαίνεται ένα μεταλλικό έλασμα που είναι συνδεδεμένο με διακόπτη. Το μεταλλικό έλασμα βρίσκεται μπροστά από τον πόλο ηλεκτρομαγνήτη. Όταν στον ηλεκτρομαγνήτη υπάρχει ρεύμα, ο ηλεκτρομαγνήτης έλκει το έλασμα και ο διακόπτης κλείνει. Όταν στον ηλεκτρομαγνήτη δεν υπάρχει ρεύμα το έλασμα επανέρχεται στην αρχική θέση του και ο διακόπτης ανοίγει. Αυτό το σύστημα το ονομάζουμε ηλεκτρομαγνητικό διακόπτη, ηλεκτρονόμο ή ρελέ.

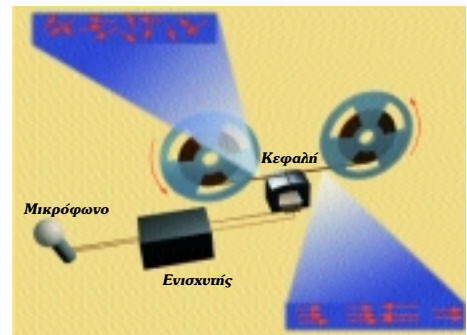
Τον ηλεκτρομαγνητικό διακόπτη τον χρησιμοποιούμε σε συσκευές τηλεφώνου, σε ανελκυστήρες και γενικά σε συσκευές αυτοματισμού.



Εικόνα 4.70
Ηλεκτρομαγνητικός διακόπτης.

Η "κεφαλή" εγγραφής ήχου και εικόνας

Στη "κεφαλή" των συσκευών καταγραφής ήχου και εικόνας (μαγνητόφωνο και βίντεο) υπάρχει ηλεκτρομαγνήτης. Το ηλεκτρικό ρεύμα που τον διαρρέει μεταβάλλεται ανάλογα με το ήχο ή τη εικόνα που πρόκειται να καταγραφούν. Η μεταβολή του ρεύματος προκαλεί αντίστοιχη μεταβολή του μαγνητικού πεδίου του ηλεκτρομαγνήτη. Κατά τη διάρκεια της εγγραφής μπροστά από τον ηλεκτρομαγνήτη περνά μια ταινία στην οποία μικροσκοπικοί μαγνήτες προσανατολίζονται ανάλογα με το μέγεθος του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου που υπάρχει εκείνη τη στιγμή.



Εικόνα 4.71
Εγγραφή ήχου και εικόνας σε μαγνητικούς δίσκους.

Με παρόμοιο τρόπο "αποθηκεύονται" πληροφορίες στους δίσκους ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή. Οι πληροφορίες κωδικοποιούνται με ηλεκτρονικό τρόπο σε σειρές που αντιστοιχούν στην ύπαρξη ή απουσία ρεύματος σε ένα ηλεκτρομαγνήτη. Κοντά στον ένα πόλο του περιστρέφεται ένας δίσκος, του οποίου οι επιφάνειες έχουν επιστρωθεί με μαγνητικό υλικό. Οι μικροσκοπικοί μαγνήτες από τους οποίους αποτελείται το μαγνητικό υλικό, προσανατολίζονται σύμφωνα με τις μεταβολές του μαγνητικού πεδίου του ηλεκτρομαγνήτη.

Ερωτήσεις -Ασκήσεις

1. Πώς λειτουργεί ο ηλεκτρομαγνητικός γερανός;
2. Πώς λειτουργεί το ηλεκτρομαγνητικό τραίνο;
3. Περιγράψτε, κάνοντας και ένα απλό σχήμα, τον ηλεκτρομαγνητικό διακόπτη (ηλεκτρονόμο). Γιατί στον ηλεκτρονόμο χρησιμοποιείται πυρήνας από μαλακό σίδηρο και όχι από χάλυβα;
4. Με ποιό τρόπο αποθηκεύονται πληροφορίες στους δίσκους των ηλεκτρονικών υπολογιστών, καταγράφεται ήχος στις μαγνητοταινίες και εικόνες στις βιντεοταινίες;

Περίληψη

Ο μαγνήτης ασκεί δύναμη μόνον σε αντικείμενα που περιέχουν σιδηρομαγνητικά υλικά. Κάθε μαγνήτης έχει πάντοτε δύο διαφορετικούς πόλους. Μεταξύ όμοιων πόλων αναπτύσσεται απωστική δύναμη, ενώ μεταξύ αντιθέτων ελκτική.

Όταν σε έναν χώρο δρουν μαγνητικές δυνάμεις, λέμε ότι υπάρχει μαγνητικό πεδίο. Για τον προσδιορισμό της μαγνητικής δύναμης αρκεί να γνωρίζουμε τη μορφή των δυναμικών γραμμών του πεδίου.

Η Γη έχει μαγνητικό πεδίο. Το μαγνητικό πεδίο της Γης μοιάζει με αυτό ενός τεράστιου μαγνήτη, του οποίου ο βόρειος πόλος βρίσκεται κοντά στον γεωγραφικό νότο και ο νότιος πόλος κοντά στον γεωγραφικό βορρά.

Τα σιδηρομαγνητικά υλικά αποτελούνται από μικροσκοπικούς μαγνήτες. Όταν οι μικροσκοπικοί μαγνήτες προσανατολίζονται προς την ίδια κατεύθυνση, τότε ένα σιδηρομαγνητικό υλικό εμφανίζει μαγνητική συμπεριφορά. Ένα μαγνητισμένο υλικό μπορεί να απομαγνητιστεί με θέρμανση ή κρούση. Κατά τη μαγνήτιση και την απομαγνήτιση, μεταφέρεται ενέργεια προς το υλικό.

Για να διαπιστώσουμε αν ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο χρησιμοποιούμε το ηλεκτροσκόπιο.

Η ηλεκτρική δύναμη είναι είτε ελκτική είτε απωστική. Στη φύση υπάρχουν μόνο δύο καταστάσεις ηλεκτρισμού: η θετική και η αρνητική. Τα ηλεκτρισμένα σώματα που απωθούνται μεταξύ τους βρίσκονται στην ίδια κατάσταση ηλεκτρισμού. Δύο ηλεκτρισμένα σώματα που έλκονται, βρίσκονται σε διαφορετικές καταστάσεις ηλεκτρισμού.

Τα μόρια αποτελούνται από ακόμα μικρότερα σωματίδια που είναι θετικά ή αρνητικά ηλεκτρισμένα. Ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα αποτελείται από ίσο αριθμό θετικά και αρνητικά ηλεκτρισμένων στοιχειωδών σωματιδίων. Όσο περισσότερα ηλεκτρισμένα σωματίδια προστεθούν ή αφαιρεθούν από ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα τόσο περισσότερο φορτίο λέμε ότι αποκτά.

Το ηλεκτρικό φορτίο δεν καταστρέφεται, ούτε παράγεται από το μηδέν. Διατηρείται σταθερό και εμφανίζεται πάντοτε σαν πολλαπλάσιο μιας στοιχειώδους ποσότητας φορτίου.

Η ηλεκτρική δύναμη είναι ανάλογη του φορτίου του σωματιδίου πάνω στο οποίο ασκείται. Το μέγεθος της δύναμης που ασκείται μεταξύ δύο φορτισμένων σωματιδίων εξαρτάται και από την μεταξύ τους απόσταση.

Όταν σε ένα χώρο ενεργούν ηλεκτρικές δυνάμεις, τότε λέμε ότι υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο. Για να προσδιορίσουμε την ηλεκτρική δύναμη που ασκείται σε ένα φορτισμένο σωματίδιο, αρκεί να γνωρίζουμε τη μορφή των δυναμικών γραμμών του πεδίου μέσα στο οποίο βρίσκεται.

Η προσανατολισμένη, συλλογική κίνηση των ηλεκτρισμένων σωματιδίων ονομάζεται ηλεκτρικό ρεύμα. Τα υλικά διακρίνονται σε αγωγούς του ηλεκτρικού ρεύματος, σε μονωτές και σε ημιαγωγούς.

Τα ηλεκτρισμένα σωματίδια που κινούνται μέσα σε ένα κύκλωμα έχουν ενέργεια που την ονομάζουμε ηλεκτρική. Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε άλλες μορφές ενέργειας, όπως χημική, θερμική, φωτεινή, μηχανική κ.ά. και αντιστρόφως.

Τα μαγνητικά φαινόμενα συνδέονται πολύ στενά με τα ηλεκτρικά. Γύρω από ένα αγωγό που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα αναπτύσσεται ένα μαγνητικό πεδίο. Το μαγνητικό πεδίο έχει ενέργεια και μπορεί να προκαλέσει ηλεκτρικά φαινόμενα.

Ένα πηνίο που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα συμπεριφέρεται όπως ένας ραβδόμορφος μαγνήτης.

Το μαγνητικό πεδίο της Γης είναι αποτέλεσμα της ύπαρξης ηλεκτρικών ρευμάτων στο εσωτερικό της.

Εκμεταλλευόμαστε τις γνώσεις μας για τα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα στην κατασκευή πολλών χρήσιμων μηχανών, όπως είναι οι ηλεκτρομαγνητικοί γερανοί και τα τραίνα, οι αυτόματοι διακόπτες, οι μαγνητικοί δίσκοι αποθήκευσης πληροφορίας κλπ.