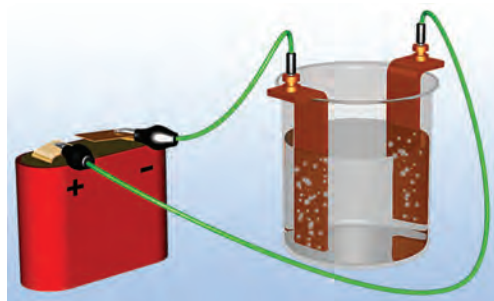


στην επιφάνεια των ηλεκτροδίων. Παρατηρούμε ότι φυσαλίδες αερίου εμφανίζονται στο αρνητικό ηλεκτρόδιο, ενώ το διάλυμα κοντά στο θετικό ηλεκτρόδιο θολώνει (εικόνα 3.18). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **ηλεκτρόλυση**. Κατά την ηλεκτρόλυση πάνω ή γύρω από τα ηλεκτρόδια πραγματοποιούνται χημικές αντιδράσεις κατά τις οποίες σχηματίζονται διάφορα στοιχεία ή χημικές ενώσεις στα οποία αποθηκεύεται χημική ενέργεια. Από πού προήλθε αυτή η ενέργεια; Αιτία της ηλεκτρόλυσης είναι η διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος από το ηλεκτρολυτικό διάλυμα. Κατά την ηλεκτρόλυση, για παράδειγμα στην επαναφόρτιση μιας μπαταρίας αυτοκινήτου, η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε χημική. Η αντίθετη μετατροπή συμβαίνει βέβαια όταν η μπαταρία λειτουργεί ως ηλεκτρική πηγή.



Εικόνα 3.18

Από το διάλυμα του χλωριούχου νατρίου διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα. Στα ηλεκτρόδια συμβαίνουν χημικές μεταβολές. Η ηλεκτρική ενέργεια μετασχηματίζεται σε χημική.

#### Φυσική και Χημεία και Τεχνολογία

#### Παραγωγή αλουμινίου με ηλεκτρόλυση

Η ηλεκτρόλυση χρησιμοποιείται για την εξαγωγή μετάλλων από μεταλλεύματα. Το αλουμίνιο είναι ένα γνωστό μέταλλο που παράγεται με ηλεκτρόλυση της αλουμίνας. Σήμερα το αλουμίνιο είναι ένα μέταλλο που χρησιμοποιείται ευρέως, όμως πριν από την έναρξη της παραγωγής του με ηλεκτρόλυση το 1886 ήταν πολύ πιο ακριβό από το χρυσάφι!

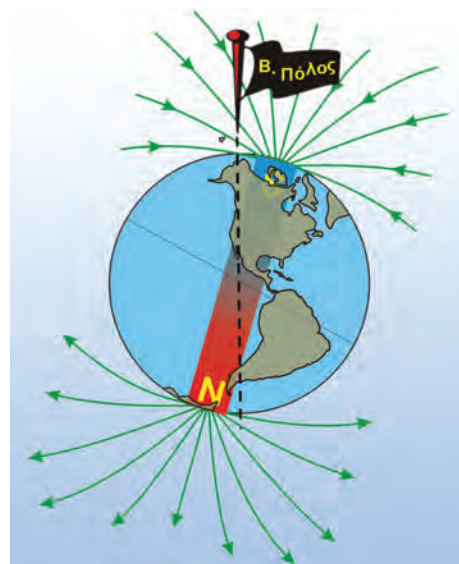
### 3.3 Μαγνητικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος

Όλοι θα έχετε παρατηρήσει ότι οι μαγνήτες έλκουν σιδερένια αντικείμενα όπως καρφίτσες, συνδετήρες, ρινίσματα κ.ά. Λέμε ότι οι μαγνήτες ασκούν ελκτικές μαγνητικές δυνάμεις σε σιδηρομαγνητικά υλικά. Οι μαγνητικές δυνάμεις ανάμεσα σε δύο μαγνήτες μπορεί να είναι είτε ελκτικές είτε απωστικές. Αντίστοιχα με τις ηλεκτρικές και οι μαγνητικές δυνάμεις είναι δυνατόν να περιγραφούν με χρήση της έννοιας του μαγνητικού πεδίου. **Μαγνητικό πεδίο** ονομάζεται ο χώρος στον οποίο ασκούνται μαγνητικές δυνάμεις. Και η γη ασκεί μαγνητικές δυνάμεις, δηλαδή στον χώρο γύρω από τη γη υπάρχει μαγνητικό πεδίο. Αυτό το μαγνητικό πεδίο προσανατολίζει μια μαγνητική βελόνα τοποθετημένη σε κατακόρυφο άξονα στη διεύθυνση βορρά-νότου (εικόνα 3.19).

#### Ηλεκτρισμός και μαγνητισμός

Μέχρι το 1820 τα ηλεκτρικά φαινόμενα θεωρούνταν διαφορετικά από τα μαγνητικά. Τότε ο Δανός καθηγητής φυσικής Έρστεντ (εικόνα 3.20) 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 (εικόνα 3.26) ισχυρίστηκε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα είναι το αίτιο κάθε μαγνητικού φαινομένου. Ο Σκωτσέζος φυσικός Μάξγουελ ενσωμάτωσε αυτή την άποψη στη θεωρία του για τον ηλεκτρομαγνητισμό και ο Αϊνστάιν εμβάθυνε στην ερμηνεία της στο πλαίσιο της θεωρίας της σχετικότητας.



Εικόνα 3.19

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

## Φυσική και Ιστορία



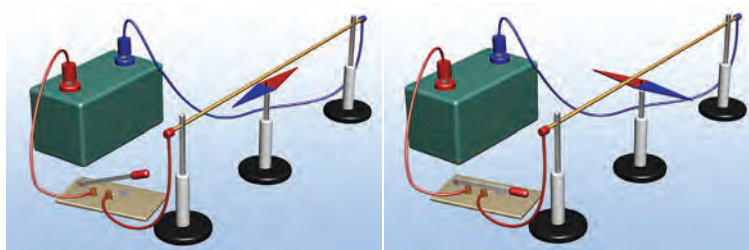
Εικόνα 3.20

**Χανς Κρίστιαν Έρστεντ (Ørsted, 1777-1851)**

Καθηγητής φυσικής στην Κοπεγχάγη που με το περίφημο πείραμά του άνοιξε τους ορίζοντες για τη μελέτη του ηλεκτρομαγνητισμού.

Εικόνα 3.21 ►

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



Ποιο γενικότερο συμπέρασμα προκύπτει από το πείραμα του Έρστεντ;

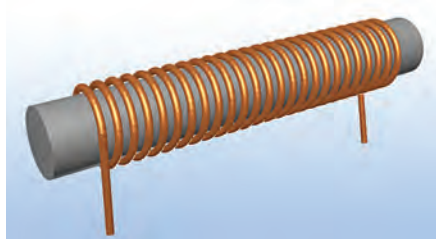
Το ηλεκτρικό ρεύμα, δηλαδή τα κινούμενα ηλεκτρικά φορτία, δημιουργούν το μαγνητικό πεδίο. Τελικά ένα φορτίο που κινείται δημιουργεί τόσο ηλεκτρικό όσο και μαγνητικό πεδίο. Δηλαδή δεν υπάρχουν μαγνητικά φορτία αλλά μόνο ηλεκτρικά τα οποία δημιουργούν τόσο το ηλεκτρικό όσο και το μαγνητικό πεδίο.

### Ο ηλεκτρομαγνήτης

Αν θέλουμε να αυξήσουμε τη μαγνητική δύναμη που ασκεί ένας ρευματοφόρος αγωγός, χρησιμοποιούμε πολλούς αγωγούς μαζί, για παράδειγμα κυκλικούς. Αυτό μπορούμε εύκολα να το επιτύχουμε τυλίγοντας σύρμα σ' έναν μονωμένο κύλινδρο (εικόνα 3.22). Κάθε παρόμοια διάταξη ονομάζεται **σωληνοειδές ή πηνίο**. Όταν από το σύρμα διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, μέσα και έξω από το πηνίο δημιουργείται ισχυρό μαγνητικό πεδίο. Αν τότε πλησιάσουμε ρινίσματα σιδήρου, παρατηρούμε ότι τα έλκει όπως ένας φυσικός μαγνήτης. Επιπλέον παρατηρούμε ότι, αν πλησιάσουμε μια μαγνητική βελόνα, το ένα άκρο του πηνίου έλκει τον βόρειο πόλο της βελόνας, ενώ το άλλο τον νότιο πόλο (εικόνα 3.23).

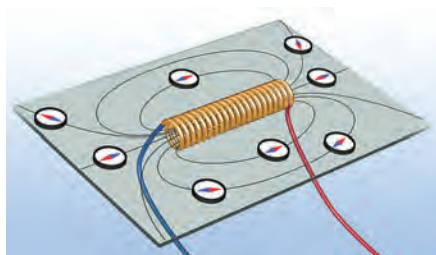
Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι: Κάθε πηνίο από το οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα συμπεριφέρεται ως μαγνήτης. Γι' αυτό ονομάζεται και **ηλεκτρομαγνήτης**.

Η μορφή των γραμμών του μαγνητικού πεδίου του ηλεκτρομα-



Εικόνα 3.22

Σωληνοειδές ή πηνίο.



Εικόνα 3.23

Το μαγνητικό πεδίο ενός πηνίου. Παρατήρησε ότι οι δυναμικές του γραμμές είναι κλειστές και περιβάλλουν τις σπείρες του πηνίου. Στο εσωτερικό του πηνίου το πεδίο είναι ομογενές.

γνήτη είναι παρόμοια με του ραβδόμορφου μαγνήτη. Πράγματι, σκορπίζοντας ρινίσματα σιδήρου γύρω από ένα πηνίο από το οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, διαπιστώνουμε ότι στον εξωτερικό του χώρο διατάσσονται όπως και στο πεδίο ενός ραβδόμορφου μαγνήτη (εικόνες 3.23 και 3.24).

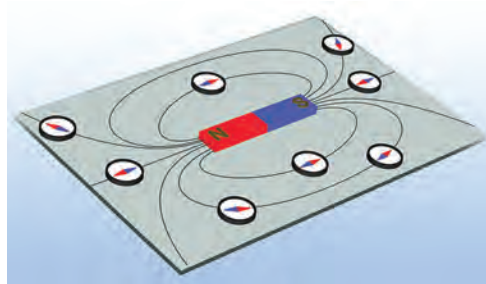
Στο εσωτερικό του πηνίου οι γραμμές του πεδίου είναι παράλληλες μεταξύ τους και πολύ πιο πυκνές απ' ό,τι στο εξωτερικό. Επομένως στο εσωτερικό ενός πηνίου ασκούνται μαγνητικές δυνάμεις πολύ πιο ισχυρές απ' ό,τι στο εξωτερικό του.

### Ενέργεια μαγνητικού πεδίου

Αν συνδέσουμε ένα πηνίο και έναν λαμπτήρα με τους πόλους μιας μπαταρίας, με τον τρόπο που δείχνει η εικόνα 3.25α, τότε αφενός μεν στο πηνίο δημιουργείται μαγνητικό πεδίο, αφετέρου δε ο λαμπτήρας φωτοβολεί. Όταν ανοίξουμε τον διακόπτη η μπαταρία αποσυνδέεται, ο λαμπτήρας σβήνει και το μαγνητικό πεδίο εξαφανίζεται. Ωστόσο αυτό δε συμβαίνει αμέσως: Παρατηρούμε ότι ο λαμπτήρας φωτοβολεί για λίγο και μετά την αποσύνδεση της μπαταρίας (εικόνα 3.25β). Όσο η μπαταρία είναι συνδεδεμένη στο κύκλωμα, χημική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

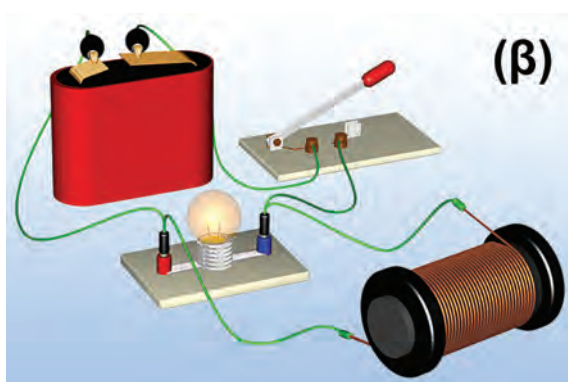
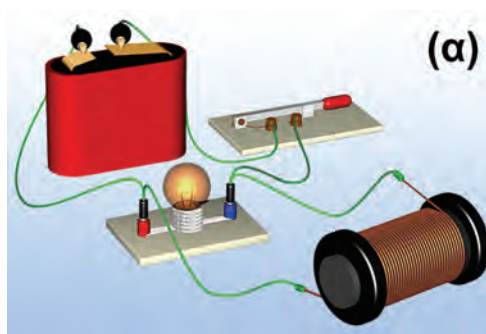
Ποια είναι η προέλευση της ηλεκτρικής ενέργειας που προκάλεσε τη σύντομη φωτοβολία του λαμπτήρα μετά την αποσύνδεση της μπαταρίας;

Για να ερμηνεύσουμε το φαινόμενο αυτό πρέπει να δεχτούμε ότι **στο μαγνητικό πεδίο αποθηκεύεται ενέργεια που προήλθε από την ηλεκτρική ενέργεια** (εικόνα 3.25α). Μετά την αποσύνδεση της μπαταρίας η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου του πηνίου μετατράπηκε σε ηλεκτρική και προκάλεσε τη σύντομη φωτοβολία του λαμπτήρα (εικόνα 3.25β).



Εικόνα 3.24

Το μαγνητικό πεδίο ενός ευθύγραμμου μαγνήτη.



Εικόνα 3.25

- ▲ (α) Ο διακόπτης είναι κλειστός.
- ◀ (β) Μόλις ανοίξουμε τον διακόπτη: η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου μετατρέπεται σε ηλεκτρική και προκαλεί τη σύντομη φωτοβολία του λαμπτήρα.



## Φυσική και Ιστορία



Εικόνα 3.26

Αντρέ Μαρί Αμπέρ (1775-1836)

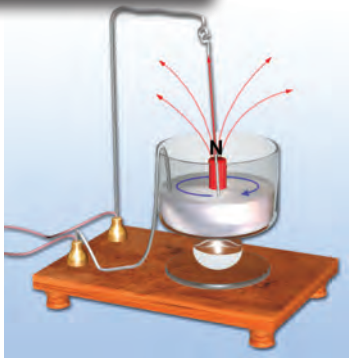
Γάλλος φυσικός και μαθηματικός. Με έναυσμα την προσπάθειά του να ερμηνεύσει το πείραμα του Έρστεντ, έθεσε τα θεωρητικά θεμέλια του ηλεκτρομαγνητισμού. Γι' αυτό και αποκαλείται και «Νεύτωνας του ηλεκτρομαγνητισμού». Για να ελέγξει τη θεωρία του, έκανε ο ίδιος μια σειρά από πρωτότυπα πειράματα, εισάγοντας μεθόδους που ακόμα και σήμερα χρησιμοποιούνται στη σύγχρονη πειραματική Φυσική.



Εικόνα 3.27

Το σύρμα εκτρέπεται από την αρχική θέση ισορροπίας όταν από αυτό διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα. Το μαγνητικό πεδίο ασκεί δύναμη στο σύρμα.

## Φυσική και Ιστορία



Εικόνα 3.28

Κινητήρας του Φαραντέι

Από τον αγωγό διέρχεται ρεύμα. Το κύκλωμα κλείνει με τη βοήθεια του υδραργύρου (Hg) που είναι τοποθετημένος στο ποτήρι. Στο κέντρο τοποθετείται κατάλληλα ένας ευθύγραμμος μαγνήτης. Ο μαγνήτης ασκεί δύναμη στον αγωγό. Ο αγωγός περιστρέφεται γύρω από τον πόλο του μαγνήτη.

## Το μαγνητικό πεδίο ασκεί δυνάμεις στους ρευματοφόρους αγωγούς

Γνωρίζουμε ότι κάθε μαγνήτης δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο. Δύο μαγνήτες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με δυνάμεις που ασκούνται σ' αυτούς μέσω των μαγνητικών τους πεδίων. Είδαμε επίσης, σύμφωνα με το πείραμα του Έρστεντ, ότι ένας αγωγός από τον οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο. Συμπεριφέρεται δηλαδή όπως ένας μόνιμος μαγνήτης.

Ο Αντρέ Αμπέρ (εικόνα 3.26) διατύπωσε πρώτος την πρόβλεψη ότι, αν τοποθετήσουμε έναν ρευματοφόρο αγωγό μέσα σε μαγνητικό πεδίο, θα του ασκηθεί μαγνητική δύναμη. Για να επιβεβαιώσουμε ή να διαψεύσουμε την υπόθεση του Αμπέρ, θα καταφύγουμε πάλι στο πείραμα.

Ένα ευθύγραμμο σύρμα τοποθετείται ανάμεσα στους πόλους ενός μαγνήτη (εικόνα 3.27). Συνδέουμε τα άκρα του σύρματος με τους πόλους ηλεκτρικής πηγής και κλείνουμε τον διακόπτη. Παρατηρούμε ότι το σύρμα εκτρέπεται από την αρχική θέση του. Συμπεραίνουμε ότι στο σύρμα ασκείται δύναμη από το μαγνητικό πεδίο.

Έτσι λοιπόν επιβεβαιώνουμε την αρχική μας πρόβλεψη: **Όταν ένας αγωγός βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο και τον διαρρέει ηλεκτρικό ρεύμα, τότε το μαγνητικό πεδίο ασκεί δύναμη στον αγωγό.**

## 3.4 Ηλεκτρική και μηχανική ενέργεια

Πολλές φορές θα έχεις παίξει με ηλεκτρικά αυτοκινητάκια. Κλείνεις τον διακόπτη και το αυτοκινητάκι αρχίζει να κινείται. Το καλοκαίρι, όταν ζεσταίνεσαι, κλείνεις τον διακόπτη και τα περύγια του ανεμιστήρα αρχίζουν να περιστρέφονται. Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις όταν κλείνεις τον διακόπτη κλείνει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα στο εσωτερικό της συσκευής, οπότε απ' αυτή διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα. Το ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί την κίνηση του αυτοκινήτου ή των περυγίων του ανεμιστήρα. Σ' αυτή την περίπτωση λέμε ότι η ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος μετασχηματίζεται σε κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου ή των περυγίων.

Οι συσκευές που **μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε κινητική** ονομάζονται **ηλεκτρικοί κινητήρες** (εικόνα 3.28).

### Ο ηλεκτρικός κινητήρας

Αν συνδέσουμε μια μπαταρία με έναν κινητήρα, το κινούμενο μέρος του κινητήρα περιστρέφεται. Ο πρώτος ηλεκτρικός κινητήρας επινοήθηκε και κατασκευάστηκε από τον Άγγλο φυσικό Μ. Φαραντέι το 1821. Όπως είδαμε, το μαγνητικό πεδίο ασκεί δύναμη σ' έναν ρευματοφόρο αγωγό. Ο Φαραντέι, αξιοποιώντας αυτό το γεγονός, κατάφερε να προκαλέσει την περιστροφή ενός ρευματοφόρου σύρματος μέσα σε μαγνητικό πεδίο (εικόνα 3.28). Το πείραμα εντυπωσίασε τόσο τον ίδιο όσο και τους συγχρόνους του.