

Το φαινόμενο της επαγωγής και το εναλλασσόμενο ρεύμα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

10



Εικόνα 10.1

Πηνία που κατασκεύασε και με τα οποία πειραματίστηκε ο Φαραντέυ προκειμένου να ανακαλύψει τη σχέση μαγνητισμού και ηλεκτρισμού.



Εικόνα 10.2

Ιωσήφ Χενρι (Joseph Henry)
1797-1878

Αμερικανός φυσικός που ασχολήθηκε με φαινόμενα του ηλεκτρομαγνητισμού.

10.1 Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή

Το μαγνητικό πεδίο δημιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα

Με το πείραμα του Έρστεντ (1820) αναδείχθηκε για πρώτη φορά, η συσχέτιση μεταξύ ηλεκτρισμού και μαγνητισμού. Τα ηλεκτρικά και τα μαγνητικά φαινόμενα, που μέχρι την εποχή του Έρστεντ θεωρούνταν εντελώς άσχετα μεταξύ τους, αποδείχθηκε ότι έχουν στενή σχέση και αλληλεξάρτηση.

Έτσι, για να ερμηνεύσουμε το πείραμα του Έρστεντ, δεχθήκαμε ότι ένα ηλεκτρικό φαινόμενο, τα κινούμενα φορτία (ηλεκτρικό ρεύμα), είναι η αιτία δημιουργίας μαγνητικού πεδίου.

Την ανακάλυψη του Έρστεντ ακολούθησε η θεωρητική θεμελίωση του ηλεκτρομαγνητισμού από τον Αμπέρ και άλλους σπουδαίους φυσικούς του 19^{ου} αιώνα. Έτσι, γρήγορα πολλοί επιστήμονες οδηγήθηκαν στην αναζήτηση ενός «αντίστροφου» φαινομένου:

Μπορεί ένα μαγνητικό πεδίο να προκαλέσει ηλεκτρικό ρεύμα;

Ο Άγγλος φυσικός Φαραντέυ προβληματίστηκε πάνω στο θέμα για μια δεκαετία περίπου σχεδιάζοντας και πραγματοποιώντας εξαιρετικά ευφυή και πρωτοποριακά, για την εποχή του, πειράματα, τα οποία όμως δεν τον οδήγησαν αμέσως σε θετικά αποτελέσματα. Όμως το καλοκαίρι του 1831 κατασκεύασε ένα σιδερένιο δακτύλιο στον οποίο περιτύλιξε δυο πηνία από χάλκινο σύρμα (εικόνα 10.1). Το ένα πηνίο το συνέδεσε με πηγή ηλεκτρικού ρεύματος ενώ το άλλο με ένα γαλβανόμετρο. Παρατήρησε ότι όταν άνοιγε ή έκλεινε το διακόπτη στο πρώτο κύκλωμα, τότε ο δείκτης του γαλβανόμετρου μετακινούνταν στιγμιαία. Αυτή ήταν η ένδειξη που αναζητούσε.

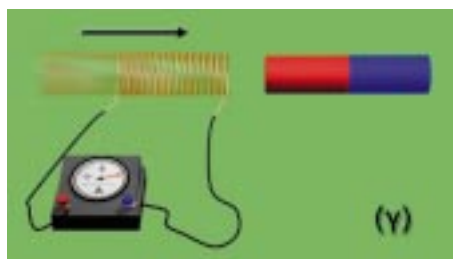
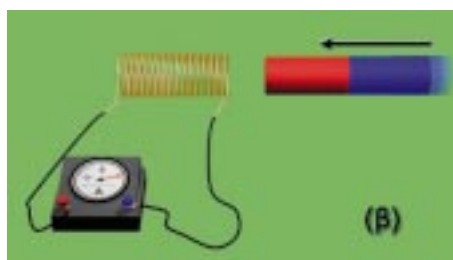
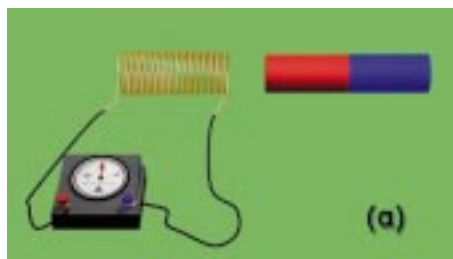
Την ίδια περίπου εποχή με τον Φαραντέυ και χωρίς να γνωρίζει τις προσπάθειες του, ο Αμερικανός φυσικός Χένρι ανακάλυψε το ίδιο φαινόμενο.

Οι ανακαλύψεις του Faraday, άνοιξαν το δρόμο όχι μό-



Πάρτε καλώδιο μήκους περίπου 10 μέτρων και σύνδεσε τα άκρα του με τους πόλους ενός βολτόμετρου, που μπορεί να μετράει τάσεις από 0 έως 100mV. Με τη βοήθεια ενός φίλου σου φτιάξε ένα πλαίσιο με τη μεγαλύτερη πλευρά προς την κατεύθυνση ανατολή -δύση. Αφήστε ταυτόχρονα το καλώδιο να πέσει στο έδαφος και παρατηρήστε την ένδειξη του βολτομέτρου.

Πως ερμηνεύεις την τάση που κατέγραψε το βολτόμετρο;



Εικόνα 10.3

Ο δείκτης του γαλβανόμετρου αποκλίνει μόνο όταν ο μαγνήτης κινείται σε σχέση με το πλαίσιο.

νο για την αλματώδη εξέλιξη της Φυσικής αλλά και για ένα πλήθος τεχνολογικών και βιομηχανικών εφαρμογών. Η κατασκευή των σύγχρονων γεννητριών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που μεταφέρεται της σε κάθε γωνιά του πλανήτη μας, στηρίζεται στις ανακαλύψεις και τους νόμους που διατύπωσε ο Faraday.

Μερικά από τα πειράματα του Faraday, μαζί με τα συμπεράσματα που προέκυψαν, θα περιγράψουμε στη συνέχεια.

Τα πειράματα του Faraday

Πώς θα μπορούσαμε να ακολουθήσουμε και εμείς τη σκέψη του Faraday για να απαντήσουμε στο ίδιο ερώτημα; Ποιά πειράματα θα μας κατευθύνουν στη διαμόρφωση των συμπερασμάτων μας;

Θέλουμε να ερευνήσουμε αν, και κάτω από ποιες συνθήκες, ένα μαγνητικό πεδίο μπορεί να προκαλέσει ηλεκτρικό ρεύμα σ' ένα κλειστό κύκλωμα. Για το σκοπό αυτό πρέπει να διαθέτουμε:

- Μια πηγή μαγνητικού πεδίου. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα φυσικό μαγνήτη, ή έναν ηλεκτρομαγνήτη.
- Ένα κλειστό κύκλωμα που διαθέτουμε, το οποίο να μπορεί να τοποθετηθεί μέσα στο μαγνητικό πεδίο. Όπως, ένα πηνίο ή ένα συρμάτινο πλαίσιο με πολλές σπείρες.
- Ένα ευαίσθητο όργανο όπως το γαλβανόμετρο, με το οποίο μπορούμε να ανιχνεύουμε ασθενή ηλεκτρικά ρεύματα και τη φορά τους.

Πραγματοποιούμε διαδοχικά τα πειράματα 1 και 2.

Πείραμα 1

Πλησιάζουμε γρήγορα το ραβδόμορφο μαγνήτη ή τον ηλεκτρομαγνήτη στο πηνίο. Με τη βοήθεια του γαλβανόμετρου παρατηρούμε ότι το πηνίο διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα (εικόνες 10.3β, 10.4).

Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα με την οποία κινείται ο μαγνήτης ως προς το πηνίο, τόσο ισχυρότερο είναι το παρατηρούμενο ρεύμα.

Όταν ο μαγνήτης είναι ακίνητος ως προς το πηνίο, το ηλεκτρικό ρεύμα μηδενίζεται.

Τα ίδια παρατηρούμε και όταν ο μαγνήτης είναι ακίνητος και πλησιάζουμε προς αυτόν, ή απομακρύνουμε, το πηνίο. (εικόνα 10.3γ)

Καθένα από τα φαινόμενα που συμβαίνουν κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, προκαλείται από ένα προηγούμενο

φαινόμενο (που είναι η αιτία του) και έχει ένα άμεσο αποτέλεσμα. Μπορούμε να παραστήσουμε αυτήν την αλληλουχία αιτίων και αποτελεσμάτων, ως μια ακολουθία φαινομένων, όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1

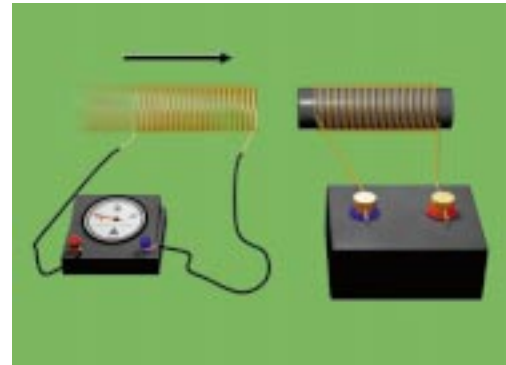
Ανάλυση του πειράματος 1

Κατά τη διεξαγωγή του πειράματος διαπιστώσαμε ότι το κλειστό κύκλωμα του πηνίου διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα όταν το πηνίο βρίσκεται μέσα στο **μαγνητικό πεδίο** του μαγνήτη (ή του ηλεκτρομαγνήτη) και **κινείται** σε σχέση με αυτόν (εικόνα 10.3 και 10.4). Η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος αντιστρέφεται όταν αντιστρέφουμε την κατεύθυνση της κίνησης ή του μαγνητικού πεδίου (εικόνα 10.5).

Γνωρίζουμε όμως, ότι η αιτία δημιουργίας ενός ηλεκτρικού ρεύματος είναι η ύπαρξη ηλεκτρικής τάσης.

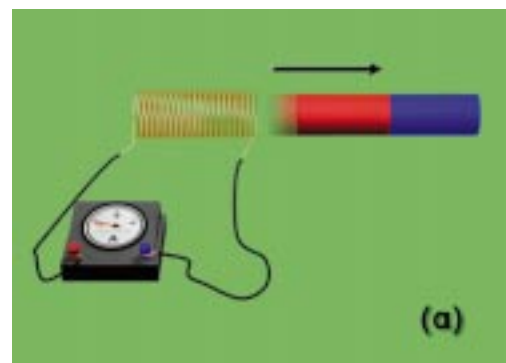
Για να ερμηνεύσουμε αυτό το φαινόμενο δεχόμαστε ότι: όταν το πηνίο βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη και κινείται ως προς αυτόν, τότε αναπτύσσεται (επάγεται) στο κύκλωμα μια ηλεκτρική τάση. Η τάση αυτή ονομάζεται **επαγωγική τάση**. Εφ' όσον το κύκλωμα είναι κλειστό, η επαγωγική τάση προκαλεί το ηλεκτρικό ρεύμα που ανιχνεύσαμε. Το ηλεκτρικό ρεύμα που προκαλείται από μια επαγωγική τάση, ονομάζεται, αντίστοιχα, **επαγωγικό ρεύμα**.

Κάθε φαινόμενο, στο οποίο αναπτύσσεται επαγωγική τάση, ονομάζεται **φαινόμενο ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής**.

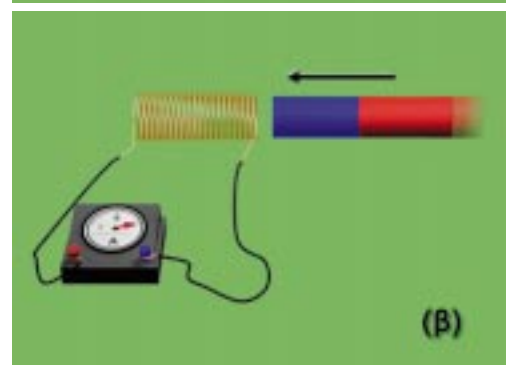


Εικόνα 10.4

Το φαινόμενο της επαγωγής προκαλείται και στη περίπτωση που ο μαγνήτης αντικατασταθεί με ηλεκτρομαγνήτη.



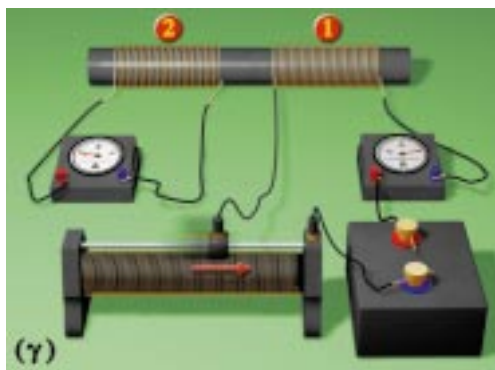
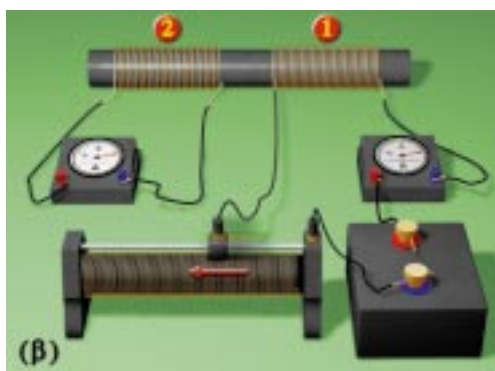
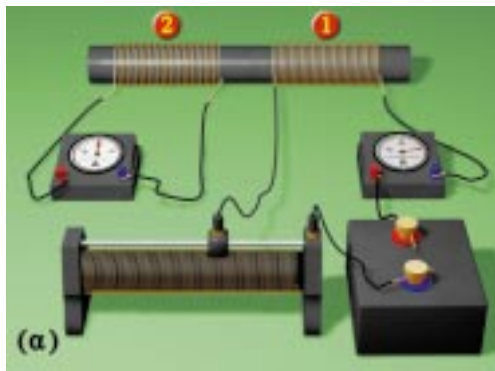
(α)



(β)

Εικόνα 10.5

Όταν το πλαίσιο απομακρύνεται, ως προς τον μαγνήτη ή όταν αντιστρέφεται η πολικότητα του μαγνήτη, ο δείκτης του γαλβανόμετρου αποκλίνει προς την αντίθετη κατεύθυνση.



Εικόνα 10.6

Ο δείκτης του γαλβανόμετρου αποκλίνει μόνο όταν μεταβάλλεται η ένταση του ρεύματος στο πηνίο 1.

Πείραμα 2

Τοποθετούμε δυο πηνία, το ένα απέναντι στο άλλο, γύρω από έναν κοινό πυρήνα από σίδηρο. Το πηνίο 1 διαρρέεται από το ηλεκτρικό ρεύμα, που προκαλεί η πηγή. Στο κύκλωμα του πηνίου 2 δεν υπάρχει ηλεκτρική πηγή (εικόνα 10.6α). Το δεύτερο πηνίο βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο, που δημιουργεί το πρώτο πηνίο.

Όταν η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα του πηνίου 1 είναι σταθερή, δεν ανιχνεύουμε επαγωγικό ρεύμα στο πηνίο 2 (10.6α).

Ανιχνεύουμε επαγωγικό ρεύμα στο πηνίο 2, κάθε φορά που μεταβάλλουμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το πηνίο 1 (εικόνα 10.6β).

Η φορά του επαγωγικού ρεύματος αντιστρέφεται όταν αντί να αυξάνουμε την ένταση του επαγωγικού ρεύματος στο πρώτο πηνίο, την μειώνουμε και αντιστρόφως (εικόνα 10.6γ).

Καθένα από τα φαινόμενα που συμβαίνουν κατά τη διεξαγωγή και αυτού του πειράματος, προκαλείται από ένα προηγούμενο φαινόμενο (που είναι η αιτία του) και έχει ένα άμεσο αποτέλεσμα. Η αλληλουχία αιτίων και αποτελεσμάτων, που αντιστοιχεί στο πείραμα 2, παριστάνεται στο διπλανό σχήμα.



Ανάλυση του πειράματος 2

Παραγωγή επαγωγικής τάσης και επαγωγικού ρεύματος

διαπιστώνουμε και στο κύκλωμα του δεύτερου πηνίου, του πειράματος 2. Στην περίπτωση όμως αυτή, η επαγωγική τάση δεν προκαλείται από την κίνηση μαγνήτη ή ηλεκτρομαγνήτη σε σχέση με το πηνίο, αλλά από τη μεταβολή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος στο γειτονικό πηνίο.

Γνωρίζουμε όμως, ότι κάθε φορά που αλλάζει η ένταση του ρεύματος στο πρώτο κύκλωμα, μεταβάλλεται και η ένταση του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί το πηνίο 1.

Μέσα στο πεδίο αυτό βρίσκεται και το πηνίο 2.

Επομένως μπορούμε να πούμε ότι η **άμεση αιτία της δημιουργίας επαγωγικής τάσης** στο πηνίο 2, είναι η **μεταβολή της έντασης του μαγνητικού πεδίου**, μέσα στο οποίο βρίσκεται.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των πειραμάτων μας, συμπεραίνουμε ότι μπορεί δημιουργηθεί επαγωγική τάση σε ένα πηνίο με δυο τρόπους:

1. Όταν το πηνίο βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο ενός μαγνήτη ή ηλεκτρομαγνήτη και κινείται ως προς αυτόν.
2. Όταν μεταβάλλεται η ένταση του μαγνητικού πεδίου, μέσα στο οποίο βρίσκεται.

Ποιο είναι το κοινό χαρακτηριστικό των παραπάνω πειραμάτων;

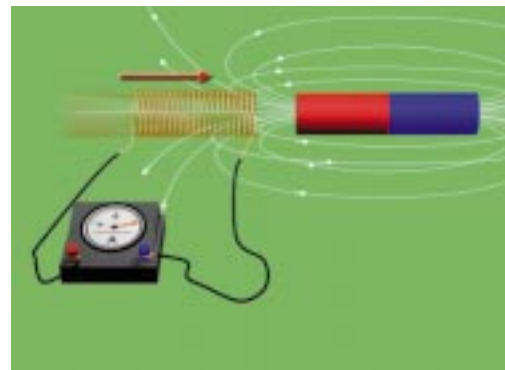
Ποια είναι η κοινή αιτία του φαινομένου της επαγωγής;

Και στα δυο πειράματα φαίνεται ότι η μεταβολή της έντασης του μαγνητικού πεδίου B είναι η κοινή αιτία του φαινομένου της επαγωγής (σχήμα I και σχήμα II). Όπως έχουμε ήδη δει το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου μπορεί να παρασταθεί από τη πυκνότητα των δυναμικών γραμμών. Έτσι μεταβολή στην ένταση του μαγνητικού πεδίου σημαίνει και μεταβολή στην πυκνότητα των δυναμικών γραμμών.

Πρώτος ο Faraday διαπίστωσε ότι: Σε κάθε περίπτωση δημιουργίας επαγωγικής τάσης σε ένα κλειστό κύκλωμα, μεταβάλλεται ο αριθμός των δυναμικών του μαγνητικού πεδίου που διέρχονται απ' αυτό.

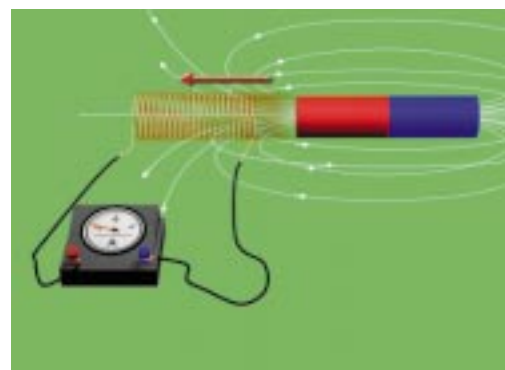
Έτσι, στο πρώτο πείραμα, όταν απομακρύνουμε ή πλησιάζουμε το μαγνήτη στο πηνίο, ο αριθμός των μαγνητικών δυναμικών γραμμών που διέρχονται απ' αυτό μεταβάλλεται και ανιχνεύουμε επαγωγική τάση (εικόνες 10.7 και 10.8). Όταν αντίθετα, ο μαγνήτης δεν κινείται ως προς το πηνίο, ο αριθμός των δυναμικών γραμμών που διέρχονται απ' αυτό παραμένει σταθερός και δεν ανιχνεύουμε επαγωγική τάση.

Στο δεύτερο πείραμα, όταν μεταβάλλουμε την ένταση του μαγνητικού πεδίου, μεταβάλλεται και η πυκνότητα των



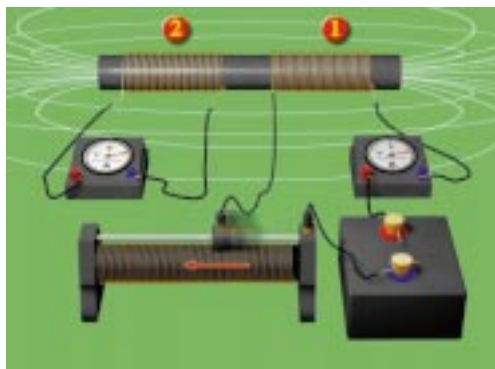
Εικόνα 10.7

Καθώς το πλαίσιο πλησιάζει προς το μαγνήτη, το πλήθος των δυναμικών γραμμών που διέρχεται απ' αυτό, αυξάνεται.



Εικόνα 10.8

Το πλαίσιο απομακρύνεται από τον μαγνήτη. Μειώνεται το πλήθος των δυναμικών γραμμών που διέρχεται από την επιφάνεια του.



Εικόνα 10.9

Μειώνεται η ένταση του ρεύματος στο 1.
Μειώνεται η ένταση του μαγνητικού πεδίου.
Μειώνεται το πλήθος των δυναμικών γραμμών.



Εικόνα 10.10

Σε κάθε σπείρα εμφανίζεται τάση από επαγωγή.
Όταν οι σπείρες είναι ίδιες η τάση αυτή είναι ίδια.



Εικόνα 10.11

μαγνητικών δυναμικών γραμμών (θυμήσου την παράγραφο 9.1). Επομένως μεταβάλλεται και το πλήθος των δυναμικών γραμμών που διέρχεται από το πηνίο 2 (εικόνα 10.9). Τότε ανιχνεύουμε επαγωγική τάση. Όταν αντίθετα, η ένταση του πεδίου παραμένει σταθερή, τότε και το πλήθος των δυναμικών γραμμών που διαπερνούν το πηνίο 2 διατηρείται αμετάβλητο, οπότε δεν ανιχνεύουμε επαγωγική τάση.

Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η επαγωγική τάση;

Έχουμε διαπιστώσει πειραματικά, ότι το επαγωγικό ρεύμα που προκαλεί η επαγωγική τάση, γίνεται τόσο ισχυρότερο:

- όσο ταχύτερα κινείται το πηνίο μέσα στο μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη, στο πείραμα 1 (Εικόνα 10.3, 10.4)
- όσο γρηγορότερα μεταβάλλουμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, στο πείραμα 2 (εικόνα 10.6).

Γνωρίζουμε όμως, από το νόμο του $\Omega\mu$, ότι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ανάλογη της ηλεκτρικής τάσης που το προκαλεί.

Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι η επαγωγική τάση αυξάνεται όταν αυξάνουμε την ταχύτητα κίνησης του πηνίου μέσα στο μαγνητικό πεδίο του μαγνήτη, ή το ρυθμό μεταβολής της έντασης του μαγνητικού πεδίου.

Και στις δύο περιπτώσεις είδαμε ότι μεταβάλλεται ο αριθμός των μαγνητικών δυναμικών γραμμών που διέρχονται από το πηνίο. Επομένως, το προηγούμενο συμπέρασμα μπορεί να διατυπωθεί και ως εξής: *Η επαγωγική τάση αυξάνεται όταν αυξάνει ο αριθμός των μαγνητικών δυναμικών γραμμών που διέρχονται από το πηνίο στη μονάδα του χρόνου.* (Αυτό το μέγεθος ονομάζεται μαγνητική ροή).

Η επαγωγική τάση εμφανίζεται, κάτω από τις προϋποθέσεις που περιγράψαμε, είτε το πηνίο έχει πολλές είτε λίγες ή ακόμα κι αν έχει μία μόνον σπείρα. Δηλαδή σε κάθε σπείρα του πηνίου αναπτύσσεται επαγωγική τάση (εικόνα 10.10).

Από την άλλη μεριά, γνωρίζουμε ότι η ολική τάση στα άκρα αγωγών που είναι συνδεδεμένοι στη σειρά είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων που υπάρχουν στα άκρα της καθεμιάς. Επομένως, η ολική τάση που αναπτύσσεται στα άκρα του πηνίου ισούται με το άθροισμα των τάσεων που αναπτύσσονται σε κάθε σπείρα του (εικόνα 10.11).

Συμπεραίνουμε ότι όσο περισσότερες σπείρες έχει ένα πηνίο, τόσο μεγαλύτερη επαγωγική τάση αναπτύσσεται σ' αυτό.



Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή και ενέργεια

Με το φαινόμενο της επαγωγής δημιουργούμε επαγωγικό ρεύμα που διαρρέει τα αντίστοιχα κλειστά κυκλώματα. Γνωρίζουμε όμως ότι το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρει ενέργεια, που μετατρέπεται σε ενέργεια άλλης μορφής από τις ηλεκτρικές συσκευές που διαρρέει.

Έτσι, για παράδειγμα, η ενέργεια του επαγωγικού ρεύματος μετατρέπεται σε θερμική στις σπείρες των πηνίων, λόγω του φαινομένου Τζάουλ, ή σε μηχανική ενέργεια, κατά τη μετακίνηση του δείκτη του γαλβανόμετρου.

Ωστόσο στα κλειστά κυκλώματα, στα οποία προκαλέσαμε επαγωγικά ρεύματα, δεν περιλαμβάνεται καμιά ηλεκτρική πηγή. Από πού λοιπόν προέρχεται η ενέργεια του επαγωγικού ρεύματος;

Στο πείραμα 1, το πηνίο βρίσκεται σε σχετική κίνηση ως προς το μαγνήτη (εικόνα 10.3). Στο πηνίο αναπτύσσεται επαγωγικό ρεύμα. Το πηνίο θερμαίνεται λόγω του φαινομένου Τζάουλ.

Από πού προήλθε η θερμική ενέργεια του πηνίου;

Αρχικά φαίνεται από πουθενά, εφόσον στο κύκλωμα δεν υπάρχει πηγή. Δεν είναι όμως έτσι:

Το επαγωγικό ρεύμα που διαρρέει το πηνίο δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο, που όπως γνωρίζεις, μοιάζει με το πεδίο ενός ραβδόμορφου μαγνήτη. Παρουσιάζει δηλαδή ένα βόρειο και ένα νότιο πόλο.

Καθώς το πηνίο πλησιάζει, για παράδειγμα στο βόρειο πόλο του μαγνήτη, το επαγωγικό ρεύμα έχει τέτοια φορά, ώστε απέναντι από το βόρειο πόλο του μαγνήτη να εμφανίζεται ο βόρειος πόλος του πηνίου. Έτσι, στο πηνίο αναπτύσσεται απωστική δύναμη, που αντιτίθεται στην κίνησή του. Επομένως, αν στο πηνίο δεν ασκείται εξωτερική δύναμη, αυτό θα σταματήσει. Η κινητική του ενέργεια θα μετατραπεί αρχικά σε ηλεκτρική (δημιουργία επαγωγικού ρεύματος) και τελικά σε θερμική. Αν θέλουμε να διατηρήσουμε την ταχύτητα του πηνίου σταθερή, πρέπει να του ασκήσουμε δύναμη. Το έργο της δύναμης αυτής εκφράζει την ενέργεια που μεταφέρεται στο πηνίο, με τη μορφή κινητικής ενέργειας που μετατρέπεται σε ενέργεια ηλεκτρικού ρεύματος, και στη συνέχεια μετατρέπεται σε θερμική. (εικόνα 10.12)



Εικόνα 10.12

Το μαγνητικό πεδίο ασκεί δύναμη στο πλαίσιο και εμποδίζει την κίνηση του.
Η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική.



Εικόνα 10.13

Η ενέργεια του μαγνητικού πεδίου μεταφέρεται στο κύκλωμα 2 και μετατρέπεται σε ηλεκτρική

Στο δεύτερο πείραμα, δεν παρατηρείται κίνηση αγωγών μέσα σε μαγνητικά πεδία. Το επαγωγικό ρεύμα εμφανίζεται όταν μεταβάλλεται η ένταση του μαγνητικού πεδίου.

Από πού προέρχεται τώρα η ενέργεια του επαγωγικού ρεύματος;

Γνωρίζουμε ότι το μαγνητικό πεδίο ενός πηνίου έχει ενέργεια (Ηλεκτρομαγνητισμός, βιβλίο Φυσικής Β' Γυμνασίου). Όταν μεταβάλλουμε την ένταση του μαγνητικού πεδίου του πηνίου 1, η ενέργειά του μεταβάλλεται. Ένα μέρος της ενέργειας του μαγνητικού πεδίου μεταφέρεται στο κλειστό κύκλωμα του πηνίου 2, και μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια του επαγωγικού ρεύματος. (εικόνα 10.13)

Εκμεταλλευόμενοι το μηχανισμό αυτό, βλέπουμε ότι μπορούμε να μεταφέρουμε ηλεκτρική ενέργεια από ένα κύκλωμα σε ένα άλλο, όπως συμβαίνει κατά τη διεξαγωγή του δεύτερου πειράματος:

Η ηλεκτρική πηγή προσφέρει ηλεκτρική ενέργεια στο κύκλωμα 1, ένα μέρος της οποίας μετατρέπεται σε ενέργεια μαγνητικού πεδίου. Μεταβάλλοντας την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, προκαλούμε μεταβολή της έντασης του μαγνητικού πεδίου και επομένως, της ενέργειας του.

Ένα μέρος της ενέργειας του μαγνητικού πεδίου μεταφέρεται, μέσω του φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, στο κύκλωμα 2, και μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

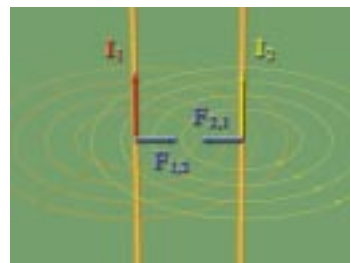


Ιστορικό σημείωμα για την ανακάλυψη της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής

Η ιστορία της ανακάλυψης του φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής είναι ενδιαφέρουσα επειδή το φαινόμενο διαπιστώθηκε από πολλούς επιστήμονες με διαφορετικές μορφές, χωρίς όμως να αναγνωρισθεί από αυτούς. Αλλά και όταν αναγνωρίστηκε η δημοσιοποίηση του καθυστέρησε.

Το 1821 ο Αμπέρ έδειξε πειραματικά ότι:

- ένα σωληνοειδές που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα συμπεριφέρεται σαν ευθύγραμμος μαγνήτης.
- δυο αγωγοί που διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα αλληλεπιδρούν με μαγνητικές δυνάμεις.



Μαγνητικές δυνάμεις μεταξύ παράλληλων ρευματοφόρων αγωγών.

Στηριζόμενος στις πειραματικές του διαπιστώσεις εξέφρασε την άποψη ότι τα μαγνητικά φαινόμενα οφείλονταν σε μικροσκοπικά ρεύματα που ασκούν δυνάμεις το ένα στο άλλο, χωρίς να έχει ξεκαθαρίσει τη φύση των μικροσκοπικών ρευμάτων.

Σε αντίθεση με την αυστηρή μαθηματική γλώσσα που χρησιμοποιούσε ο Αμπέρ, ένα άλλος μεγάλος επιστήμονας ο Φαραντέυ, στηριζόμενος κυρίως στην φυσική του διαίσθηση, εργάζονταν με μοντέλα για τα φυσικά συστήματα που εύκολα μπορούσε να αισθητοποιήσει. Για παράδειγμα για να ερμηνεύσει τις δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ δυο ρευματοφόρων αγωγών ο Αμπέρ χρησιμοποιούσε δυνάμεις ανάλογες με το νόμο της παγκόσμιας έλξης του Νεύτωνα. Αντίθετα ο Φαραντέυ χρησιμοποίησε την έννοια του μαγνητικού πεδίου και των δυναμικών γραμμών, τις οποίες αισθητοποιούσε με τα ρινίσματα του σιδήρου.

Ο Φαραντέυ σχεδιάζοντας μερικά έξυπνα πειράματα προσπάθησε να αποδείξει ότι οι απόψεις του Αμπέρ για την ερμηνεία του μαγνητισμού δεν ήταν ορθές. Έδειξε π.χ. ότι οι πόλοι ενός ρευματοφόρου σωληνοειδούς δεν είναι ακριβώς στην ίδια θέση με αυτούς ενός ευθύγραμμου μαγνήτη.



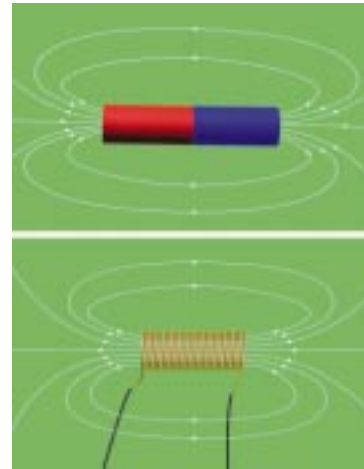
Ο Αμπέρ όταν πληροφορήθηκε τα πειράματα του Φαραντέυ τροποποίησε λίγο τη θεωρία του και κατάφερε να τα ερμηνεύσει, χρησιμοποιώντας τα μικροσκοπικά ρεύματα.

Το 1822 ο Αμπέρ σχεδίασε και πραγματοποίησε πειράματα με τα οποία προσπαθούσε να ανακαλύψει τη φύση των μικροσκοπικών

ρευμάτων. Αργότερα το 1824, ο συνεργάτης του Φρανσουά Αραγκόν, έκανε μια πολύ ενδιαφέρουσα ανακάλυψη. Όταν περιέστρεφε έναν αγωγίμο δίσκο μπροστά από έναν μαγνήτη, τότε στον μαγνήτη ασκούσαν δύναμη. Ο Αμπέρ απέδωσε την δύναμη αυτή σε μικροσκοπικά ρεύματα που αναπτύσσονταν στον αγωγίμο δίσκο. Παρόλα αυτά για πολλά χρόνια το φαινόμενο δεν είχε γίνει πλήρως κατανοητό και η ερμηνεία του αποτελούσε μια πρόκληση για τους φυσικούς της εποχής.

Ο Φαραντέυ γνωρίζοντας τις προσπάθειες του Αμπέρ για την παρατήρηση του φαινομένου δημιουργίας ηλεκτρικών ρευμάτων από μαγνήτες, το 1822 γράφει στο σημειωματάριο του ότι θα πραγματοποιήσει μια σειρά πειραμάτων με στόχο την «μετατροπή του μαγνητισμού σε ηλεκτρισμό». Πράγματι στη διάρκεια μιας δεκαετίας πραγματοποίησε σειρά ευφυών, πλην αποτυχημένων πειραμάτων. Σε κάποια από αυτά τα πειράματα θα μπορούσε να είχε παρατηρήσει το φαινόμενο, δεν διέθετε όμως, αρκετά ευαίσθητες πειραματικές διατάξεις.

Αξίζει εδώ να αναφερθεί η ατυχία του Φυσικού J. D. Colladon. Το 1825 πραγματοποιούσε ένα πείραμα, στο οποίο μετακινούσε έναν ισχυρό μαγνήτη στο εσωτερικό ενός πηνίου με πολλές σπείρες, με το οποίο είχε συνδέσει ένα γαλβανόμετρο.



Ο Faraday εργαζόμενος στο εργαστήριό του.

Για να μην επηρεάζεται το γαλβανόμετρο από την παρουσία του μαγνήτη το τοποθέτησε σε διπλανό δωμάτιο. Μέχρι όμως να πάει στο διπλανό δωμάτιο για να ελέγξει την ένδειξη του γαλβανόμετρου, το φαινόμενο είχε ήδη ολοκληρωθεί και έτσι δεν μπόρεσε να το παρατηρήσει. Δεν είχε σκεφθεί ότι αυτό θα εκδηλώνονταν μόνο κατά τη διάρκεια της κίνησης.

Τον Αύγουστο του 1830 ο Joseph Henry, κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών διακοπών του πειραματίζονταν πάνω στο φαινόμενο, παρατήρησε τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος σ' ένα πηνίο όταν άνοιγε τον διακόπτη στο γειτονικό πηνίο. Δεν είχε όμως αρκετό χρόνο εκείνη την περίοδο ώστε να επαναλάβει με προσοχή το πείραμα και να το δημοσιεύσει.

Χωρίς να γνωρίζει την ανακάλυψη του Henry ο Faraday



Χειρόγραφο του Φαραντέυ με την περιγραφή των πειραμάτων της επαγωγής.

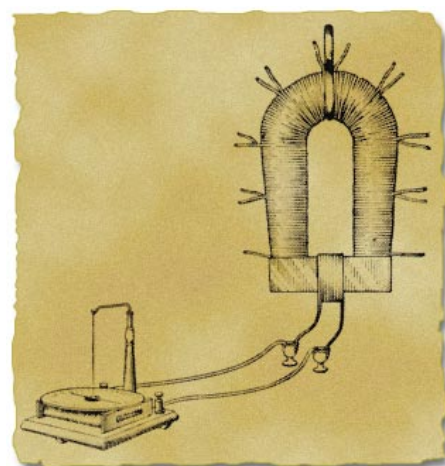
επανήλθε για πολλοστή φορά με μεγαλύτερη θέρμη και πίστη στα πειράματα για την ανακάλυψη της επαγωγής. Πραγματοποιώντας μια σειρά τριών απλών πειραμάτων, ανάλογων με αυτά που έχουν περιγραφεί στο κείμενο, κατάφερε όχι μόνο να λύσει το μυστήριο του δίσκου του Αραγκόν, αλλά και να κατασκευάσει και την πρώτη ηλεκτρογεννήτρια.

Ο Αμπέρ πολύ νωρίτερα βρέθηκε πολύ κοντά στην ανακάλυψη του φαινομένου, είχε όλα τα στοιχεία που χρειαζόνταν για την ανακάλυψη του, αλλά δεν την έκανε. Τον εμποδίζει η θεωρία με την οποία προσπαθούσε να ερμηνεύσει τα φαινόμενα.

Έτσι πριν ακόμη γνωρίσει με κάθε λεπτομέρεια την εργασία του Faraday, ο Αμπέρ δημοσίευσε τα πειράματα που είχε πραγματοποιήσει το 1822 και ομολόγησε ότι δεν είχε συνειδητοποιήσει το σημαντικό παράγοντα του χρόνου στο φαινόμενο.

Η παραγωγή του επαγωγικού ρεύματος καθώς και η κατανόηση της αρχής στην οποία αυτή βασίζεται, σήμερα μας φαίνεται αρκετά απλή. Για να καταλήξουμε όμως σ' αυτή απαιτήθηκε παράλληλη συστηματική και επίπονη προσπάθεια μιας δεκαετίας από πολλούς κορυφαίους επιστήμονες.

Η παραγωγή του επαγωγικού ρεύματος καθώς και η κατανόηση της αρχής στην



Σχεδιάγραμμα συσκευής που χρησιμοποιήθηκε από τον Henry στα πειράματα της επαγωγής.



Η πρώτη ηλεκτρογεννήτρια κατασκευάστηκε από τον Φαραντέυ.

10.2 Το εναλλασσόμενο ρεύμα

Γνωρίζεις ότι ορισμένες ηλεκτρικές συσκευές λειτουργούν με μπαταρίες ενώ άλλες συνδέονται με την πρίζα που υπάρχει στο σπίτι μας. Μερικές όμως λειτουργούν και με τους δυο τρόπους. Σε αυτές τις τελευταίες όταν συνδέονται με την πρίζα μεσολαβεί συνήθως μια συσκευή. Αυτή μετατρέπει το ρεύμα δικτύου (εναλλασσόμενο) σε ρεύμα όμοιο με αυτό της μπαταρίας (συνεχές).

Ποια είναι τα χαρακτηριστικά του εναλλασσόμενου ρεύματος; Σε τι διαφέρει από το συνεχές;

Είδαμε ότι μια μπαταρία προκαλεί κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων των αγωγών, προς μια κατεύθυνση. Έτσι, το ηλεκτρικό ρεύμα που προκαλεί σ' ένα κύκλωμα έχει σταθερή φορά (εικόνα 10.15). Το ρεύμα του οποίου η φορά δε μεταβάλλεται ονομάζεται συνεχές.

Στα πειράματα επαγωγής που αναλύσαμε στην προηγούμενη παράγραφο, είδαμε ότι η φορά του επαγωγικού ρεύματος εξαρτάται από την κατεύθυνση της σχετικής κίνησης του πηνίου ως προς το μαγνήτη.

Η διάταξη που φαίνεται στην εικόνα 10.16 περιλαμβάνει ένα πλαίσιο αγωγών, που μπορεί να κινείται μέσα στο μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί ο πεταλοειδής μαγνήτης. Συνδέουμε τα άκρα του αγωγού με γαλβανόμετρο. Παρατηρούμε ότι όταν το πλαίσιο ισορροπεί ο δείκτης του γαλβανόμετρου είναι στη θέση μηδέν. Απομακρύνουμε το πλαίσιο από τη θέση ισορροπίας και το αφήνουμε ελεύθερο. Το πλαίσιο ταλαντώνεται γύρω από τη θέση ισορροπίας του. Ο δείκτης του γαλβανόμετρου δεν αποκλίνει προς μια κατεύθυνση αλλά εκτελεί μια ταλάντωση γύρω από το μηδέν (εικόνα 10.16). Επομένως συμπεραίνουμε ότι η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται δεν είναι σταθερή, αλλά μεταβάλλεται με έναν περιοδικό τρόπο. Δηλαδή σ' αυτή την περίπτωση τα ελεύθερα ηλεκτρόνια των μεταλλικών αγωγών του κυκλώματος δεν κινούνται προς μια σταθερή κατεύθυνση, όπως συμβαίνει στα συνεχή ρεύματα. Κινούνται πρώτα προς μια κατεύθυνση και μετά προς την αντίθετη. Η κίνησή τους είναι περιοδική. Μοιάζει με μια ταλάντωση.

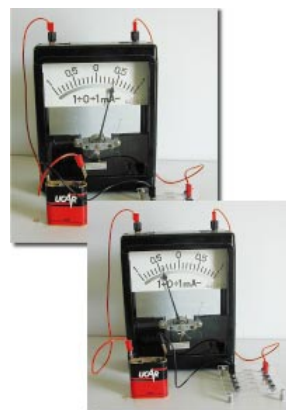
Γενικά, ένα ηλεκτρικό ρεύμα, του οποίου η ένταση και η φορά μεταβάλλονται περιοδικά με το χρόνο, ονομάζεται εναλλασσόμενο ρεύμα.

Το ηλεκτρικό ρεύμα που χρησιμοποιούμε στο σπίτι ή



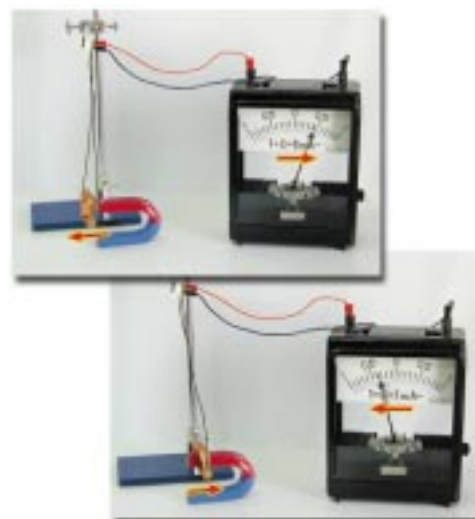
Εικόνα 10.14

Για να λειτουργήσουν κάποιες συσκευές με το ηλεκτρικό ρεύμα του δικτύου της ΔΕΗ πρέπει να μεσολαβήσει ο μετατροπέας του εναλλασσόμενου σε συνεχές.



Εικόνα 10.15

Το ρεύμα που προκαλεί η μπαταρία έχει φορά από τον θετικό προς τον αρνητικό πόλο της.



Εικόνα 10.16

Ο δείκτης του γαλβανόμετρου εκτελεί ταλάντωση γύρω από τη θέση ισορροπίας του. Η φορά του ρεύματος που διαρρέει το γαλβανόμετρο μεταβάλλεται περιοδικά.

στα εργοστάσια, για να λειτουργήσουν οι ηλεκτρικές συσκευές, είναι εναλλασσόμενο. Στο δίκτυο της ΔΕΗ το ηλεκτρικό ρεύμα έχει φορά που μεταβάλλεται περιοδικά με το χρόνο.

Γνωρίζουμε ότι κάθε ηλεκτρικό ρεύμα προκαλείται από μια ηλεκτρική τάση. Έτσι και ένα εναλλασσόμενο ρεύμα προκαλείται από μια ηλεκτρική τάση, που ονομάζεται **εναλλασσόμενη τάση**. Η εναλλασσόμενη τάση, όπως και το ρεύμα που προκαλεί, μεταβάλλεται περιοδικά με το χρόνο.

Όπως είδαμε, η δημιουργία της εναλλασσόμενης τάσης στηρίζεται στο φαινόμενο της επαγωγής. Οι ηλεκτρικές πηγές που στους πόλους τους δημιουργείται εναλλασσόμενη τάση, ονομάζονται *γεννήτριες εναλλασσόμενης τάσης ή εναλλακτήρες*.



Εναλλασσόμενο ρεύμα

Εκτρέπουμε το πλαίσιο που φαίνεται στη φωτογραφία από τη θέση της ισορροπίας του και το αφήνουμε ελεύθερο. Παρατηρούμε ότι αιωρείται γύρω από αυτή.

- Παρατήρησε την κίνηση του δείκτη του γαλβανομέτρου. Πώς εξηγείς την περιοδική κίνησή του γύρω από τη θέση ισορροπίας του;
- Πώς εξηγείς την περιοδική αλλαγή της φοράς του επαγωγικού ρεύματος;
- Παρατήρησε ότι η περίοδος της κίνησης του δείκτη του γαλβανομέτρου είναι ίση με την περίοδο της αιώρησης του πλαισίου. Πώς εξηγείς το φαινόμενο αυτό;



Εικόνα 10.17

Η συνεχής τάση είναι σταθερή.
Η κυματομορφή είναι μια γραμμή παράλληλη προς τον οριζόντιο άξονα.

Μελέτη της συνεχούς και της εναλλασσόμενης τάσης με τη βοήθεια του παλμογράφου

Ποια είναι τα χαρακτηριστικά μιας εναλλασσόμενης τάσης;

Για τη μελέτη των χαρακτηριστικών μιας εναλλασσόμενης τάσης αξιοποιούμε μια συσκευή που ονομάζεται **παλμογράφος**. Μια από τις χρήσεις του παλμογράφου είναι ακριβώς η πειραματική μελέτη του τρόπου μεταβολής μιας ηλεκτρικής τάσης σε συνάρτηση με το χρόνο.

Συνδέουμε τους πόλους μιας μπαταρίας με ένα παλμογράφο και ένα βολτόμετρο. Στην οθόνη του παλμογράφου εμφανίζεται μια ευθεία γραμμή. Συγκρίνοντας τις τιμές της τάσης που δείχνει το βολτόμετρο με το γράφημα στην οθόνη του παλμογράφου συμπεραίνουμε ότι η γραμμή αυτή

παριστάνει την τάση της μπαταρίας σε συνάρτηση με το χρόνο (εικόνα 10.17). Αυτή η γραμμή ονομάζεται **κυματομορφή** της τάσης της μπαταρίας.

Παρατηρούμε ότι η κυματομορφή της συνεχούς τάσης της μπαταρίας είναι ευθεία παράλληλη προς τον άξονα των χρόνων. Έχει την ίδια μορφή με τη γραφική παράσταση της τάσης ως συνάρτηση του χρόνου (εικόνα 10.18).

Παρατήρηση της κυματομορφής μιας εναλλασσόμενης τάσης στην οθόνη του παλμογράφου.

Συνδέουμε τον παλμογράφο με γεννήτρια εναλλασσόμενης τάσης. Παρατηρούμε ότι προκύπτει μια διαφορετική κυματομορφή (εικόνα 10.19).

Η εναλλασσόμενη τάση μεταβάλλεται περιοδικά με το χρόνο. Οι τιμές της επαναλαμβάνονται οι ίδιες σε συγκεκριμένα, σταθερά χρονικά διαστήματα.

Από την κυματομορφή της εικόνας 10.19, μπορούμε να βρούμε έναν ελάχιστο χρόνο T , τέτοιον ώστε το τμήμα του γραφήματος από τη χρονική στιγμή 0 έως τη χρονική στιγμή T , επαναλαμβάνεται πανομοιότυπο στα χρονικά διαστήματα από T έως $2T$, από $2T$ έως $3T$ κλπ. Ο χρόνος αυτός (T) ονομάζεται **περίοδος** της εναλλασσόμενης τάσης. Στο παράδειγμά μας είναι $T = 0,02s$ (εικόνα 10.20).

Το μέγεθος f , του οποίου η τιμή είναι ίση με το αντίστροφο της περιόδου, ονομάζεται **συχνότητα** της εναλλασσόμενης τάσης:

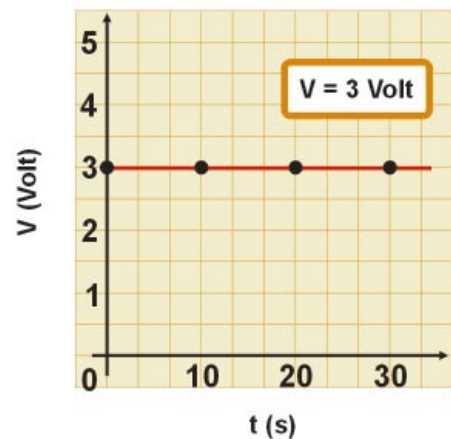
$$f = \frac{1}{T}$$

Η μονάδα συχνότητας στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων, όπως ήδη γνωρίζουμε, είναι το 1Hertz (1Hz).

Η συχνότητα μας δηλώνει πόσες φορές κάθε δευτερόλεπτο επαναλαμβάνεται το ίδιο τμήμα του γραφήματος της εναλλασσόμενης τάσης. Στο παράδειγμα, η συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσης είναι $f = 50Hz$.

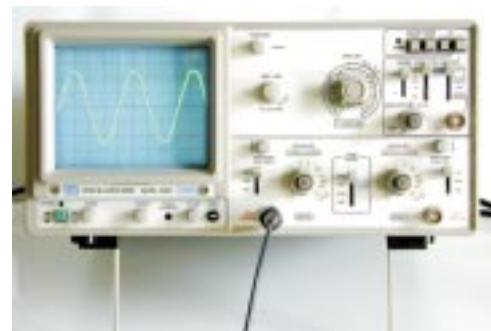
Η μέγιστη τιμή της εναλλασσόμενης τάσης ονομάζεται **πλάτος** (το συμβολίζουμε με V_0). Όλες οι τιμές της τάσης κυμαίνονται μεταξύ $-V_0$ και $+V_0$.

Το πλάτος της εναλλασσόμενης τάσης, που χρησιμοποιούμε για οικιακή κατανάλωση είναι ίσο με 310V. Μπορούμε να μεταβάλλουμε το πλάτος της εναλλασσόμενης τάσης με τη βοήθεια οργάνων, που ονομάζονται **μετασχηματιστές** (εικόνα 10.21).



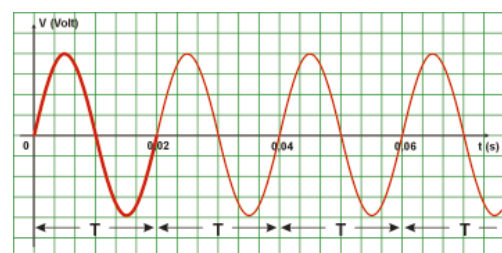
Εικόνα 10.18

Γραφική παράσταση μιας συνεχούς (σταθερής) τάσης σε συνάρτηση με το χρόνο.



Εικόνα 10.19

Η εναλλασσόμενη τάση μεταβάλλεται περιοδικά με το χρόνο.



Εικόνα 10.20

Στο παράδειγμα, το τμήμα του γραφήματος από 0 έως 0,02s, επαναλαμβάνεται ακριβώς το ίδιο κάθε 0,02s. Η περίοδος της τάσης είναι $T = 0,02s$ και η συχνότητα 50 Hz.

Ενεργός ένταση, ενεργός τάση και ισχύς του εναλλασσόμενου ρεύματος

Συνδέουμε ένα λαμπτήρα πυρακτώσεως με μια πηγή εναλλασσόμενης τάσης. Παρατηρούμε ότι όσο διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα θερμαίνεται. Η ηλεκτρική ενέργεια που μεταφέρει το εναλλασσόμενο ρεύμα μετατρέπεται σε θερμική. Το φαινόμενο αυτό και η ερμηνεία του είναι παρόμοια με το φαινόμενο Τζάουλ, που αναλύσαμε στο κεφάλαιο 8.

Άρα ένας αντιστάτης θερμαίνεται είτε διαρρέεται από εναλλασσόμενο, είτε από συνεχές ρεύμα. Επιπλέον, στη δεύτερη περίπτωση γνωρίζουμε ότι η θερμική ενέργεια, που συνήθως μεταφέρεται ως θερμότητα (Q) σε χρόνο t , υπολογίζεται από το νόμο του Τζάουλ:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

όπου R είναι η αντίσταση του αντιστάτη, που διαρρέεται από ρεύμα **σταθερής** έντασης I για χρονικό διάστημα t .

Πώς θα υπολογίσουμε το ποσό της θερμότητας που μεταφέρεται από τον αντιστάτη, όταν αυτός διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα;

Ο νόμος του Τζάουλ δεν έχει άμεση εφαρμογή γιατί η ένταση του εναλλασσόμενου ρεύματος μεταβάλλεται διαρκώς.

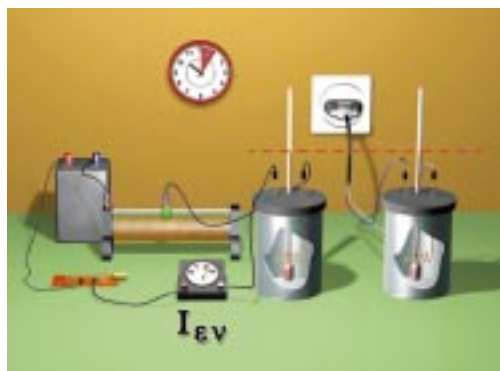
Η βασική μας ιδέα είναι να βρούμε ένα συνεχές ρεύμα που προκαλεί τα ίδια θερμικά αποτελέσματα με το εναλλασσόμενο. Τότε μπορούμε να υπολογίσουμε το ζητούμενο ποσό θερμότητας, εφαρμόζοντας το νόμο του Τζάουλ.

Προς αυτή την κατεύθυνση θερμαίνουμε ίσες μάζες νερού χρησιμοποιώντας αντιστάτες ίσης αντίστασης (R) και για τον ίδιο χρόνο. Ο ένας αντιστάτης τροφοδοτείται με εναλλασσόμενο ρεύμα. Ο άλλος με συνεχές, την ένταση του οποίου μπορούμε να ρυθμίζουμε με έναν ροοστάτη. Μεταβάλλουμε την ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα του συνεχούς ρεύματος έτσι ώστε να πετύχουμε την ίδια μεταβολή στη θερμοκρασία του νερού.

Η τιμή αυτή της έντασης του συνεχούς ρεύματος ονομάζεται **ενεργός ένταση** του εναλλασσόμενου ρεύματος (τη συμβολίζουμε: $I_{\text{εν}}$).

Ώστε, ενεργός ένταση του εναλλασσόμενου ρεύματος είναι η ένταση ενός συνεχούς, που παράγει το ίδιο ποσό θερμικής ενέργειας με το εναλλασσόμενο, σε ίδιους αντιστάτες και στο ίδιο χρονικό διάστημα.

Τώρα, για να υπολογίσουμε το παραγόμενο ποσό θερμότητας, μπορούμε να εφαρμόσουμε το νόμο του Τζάουλ:



Εικόνα 10.21

Οι δύο αντιστάτες είναι πανομοιότυποι. Τα δοχεία περιέχουν ίσες μάζες νερού. Αν η μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού στον ίδιο χρόνο είναι ίδια και στα δύο δοχεία, τότε η ένταση του συνεχούς ρεύματος είναι ίση με την ενεργό ένταση του εναλλασσόμενου.

$$Q = I_{\varepsilon\nu}^2 \cdot R \cdot t$$

όπου Q είναι το ποσό της θερμότητας που μεταφέρεται από αντιστάτη αντίστασης R σε χρόνο t , όταν διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα ενεργού έντασης $I_{\varepsilon\nu}$.

Στο κύκλωμα του συνεχούς ρεύματος, της εικόνας 10.22, ο αντιστάτης διαρρέεται από συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα που έχει ένταση ίση με την ενεργό ένταση του εναλλασσόμενου. Για να συμβεί αυτό, στα άκρα του αντιστάτη πρέπει να υπάρχει μια συνεχής σταθερή ηλεκτρική τάση. Την ονομάζουμε **ενεργό τάση** του εναλλασσόμενου ρεύματος και την συμβολίζουμε $U_{\varepsilon\nu}$.

Γενικά: *Ενεργός τάση εναλλασσόμενου ρεύματος, ονομάζεται η συνεχής τάση που πρέπει να εφαρμόσουμε στα άκρα ενός αντιστάτη για να διαρρέεται από συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα έντασης ίσης με την ενεργό ένταση του εναλλασσόμενου.*

Σύμφωνα με το νόμο του $\Omega\mu$, η ενεργός τάση, η ενεργός ένταση και η αντίσταση του αντιστάτη συνδέονται με τη σχέση:

$$U_{\varepsilon\nu} = I_{\varepsilon\nu} \cdot R \quad I_{\varepsilon\nu} = \frac{U_{\varepsilon\nu}}{R}$$

Η ενεργός τιμή της εναλλασσόμενης τάσης που παρέχεται από το δίκτυο της Δ.Ε.Η. για τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών οικιακής χρήσης είναι 220V.

Τα αμπερόμετρα και τα βολτόμετρα εναλλασσόμενου ρεύματος (A.C.), μετρούν τις τιμές της ενεργού έντασης και της ενεργού τάσης του εναλλασσόμενου ρεύματος αντίστοιχα. Αντίστοιχα με το συνεχές η ηλεκτρική ισχύς που μεταφέρεται από το εναλλασσόμενο ρεύμα σ' έναν αντιστάτη δίδεται από την εξίσωση:

$$P_{\eta\lambda} = U_{\varepsilon\nu} \cdot I_{\varepsilon\nu}$$

Αποτελέσματα του εναλλασσόμενου ρεύματος

Το εναλλασσόμενο ρεύμα προκαλεί, όπως και το συνεχές, θερμικά, ηλεκτρομαγνητικά και χημικά φαινόμενα. Οι διαφορές, που παρουσιάζονται, ως προς τα αποτελέσματα αυτά, μεταξύ του συνεχούς και του εναλλασσόμενου ρεύματος οφείλονται στη μεταβολή με το χρόνο, της έντασης του τελευταίου.

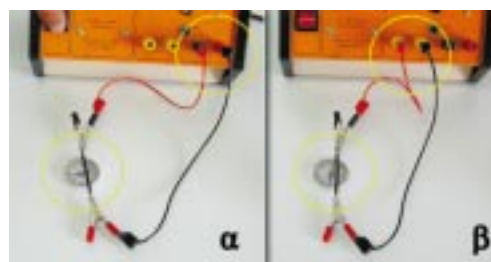
Θερμικά φαινόμενα

Το εναλλασσόμενο ρεύμα, όπως και το συνεχές, προκα-



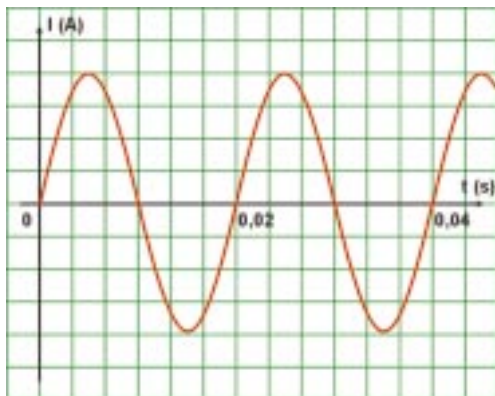
Εικόνα 10.22

Οι δύο αντιστάτες είναι πανομοιότυποι. Τα δοχεία περιέχουν ίσες μάζες νερού. Αν η μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού στον ίδιο χρόνο είναι ίδια και στα δύο δοχεία, τότε η συνεχής τάση που είναι ίση με την ενεργό τάση του εναλλασσόμενου ρεύματος.



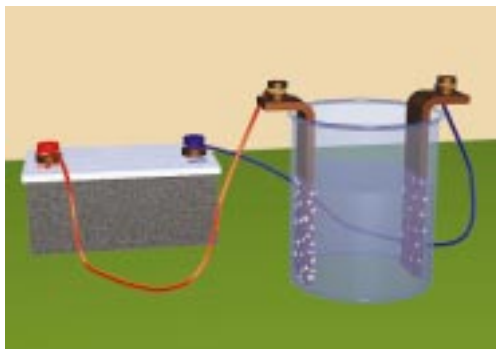
Εικόνα 10.23

- (α) Ο αγωγός διαρρέεται από συνεχές ρεύμα. Η μαγνητική βελόνα εκτρέπεται από τη θέση ισορροπίας της.
(β) Ο αγωγός διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα. Η μαγνητική βελόνα δεν εκτρέπεται από τη θέση της ισορροπίας της.



Εικόνα 10.24

Σε χρονικό διάστημα μιας περιόδου ($T = 0,02\text{s}$), στο εικονιζόμενο παράδειγμα) η φορά της έντασης αλλάζει δύο φορές. Επομένως σε ένα δευτερόλεπτο αλλάζει $2/T = 2/0,02 = 100$ φορές. Κάθε φορά που μεταβάλλεται η φορά της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος, μεταβάλλεται και η φορά της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί.



Εικόνα 10.25

- α) Όταν από διάλυμα οξέος διέρχεται συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα, τότε στο ένα ηλεκτρόδιο ελκύεται υδρογόνο και στο άλλο οξυγόνο.
- β) Όταν διέρχεται εναλλασσόμενο, δεν παρατηρείται παραγωγή αερίων.

λεί θέρμανση των αγωγών που διαρρέει. Η αύξηση της θερμικής ενέργειας των μεταλλικών αγωγών που διαρρέονται είτε από εναλλασσόμενο, είτε από συνεχές ρεύμα, συμβαίνει με τον ίδιο μηχανισμό, που περιγράψαμε στο κεφάλαιο 8. Τα θερμικά αποτελέσματα του εναλλασσόμενου και του συνεχούς ρεύματος είναι πανομοιότυπα.

Ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα

Αν πλησιάσουμε έναν αγωγό που διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα (για παράδειγμα, συχνότητας 50Hz) σε μια μαγνητική βελόνα που ισορροπεί, θα παρατηρήσουμε ότι δεν αποκλίνει από τη θέση της ισορροπίας της (εικόνα 10.23).

Πώς θα το εξηγήσουμε;

Το εναλλασσόμενο ρεύμα, όπως και το συνεχές, δημιουργεί γύρω από τον αγωγό που διαρρέει ένα μαγνητικό πεδίο. Γνωρίζουμε όμως, ότι η κατεύθυνση της έντασης του μαγνητικού πεδίου αντιστρέφεται όταν αντιστρέψουμε τη φορά του ηλεκτρικού ρεύματος. Αφού λοιπόν, η φορά της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος μεταβάλλεται διαρκώς, και η κατεύθυνση της έντασης του μαγνητικού πεδίου που προκαλεί μεταβάλλεται με τον ίδιο ρυθμό. Αν, για παράδειγμα, η συχνότητα του ρεύματος είναι 50Hz, η φορά του ρεύματος, άρα και του μαγνητικού πεδίου, αλλάζει 100 φορές κάθε δευτερόλεπτο (εικόνα 10.24).

Η βελόνα βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο του εναλλασσόμενου ρεύματος. Πάνω της ασκούνται μαγνητικές δυνάμεις. Η κατεύθυνση όμως, των μαγνητικών δυνάμεων αντιστρέφεται κάθε φορά που αντιστρέφεται η κατεύθυνση της έντασης του μαγνητικού πεδίου (δηλαδή, στο παράδειγμά μας, 50 φορές κάθε δευτερόλεπτο). Θα έπρεπε, λοιπόν, να βλέπαμε τη βελόνα να αποκλίνει δεξιά και αριστερά της θέσης ισορροπίας της 50 φορές σε κάθε δευτερόλεπτο. Αυτό όμως δεν μπορεί να συμβεί, λόγω της αδράνειας που έχει η βελόνα, ως υλικό σώμα. Η διάρκεια της δράσης της δύναμης προς καθεμιά από τις δύο κατευθύνσεις, είναι τόσο μικρή, που δεν προλαβαίνει να μετακινήσει τη βελόνα.

Χημικά φαινόμενα

Σε αραιό διάλυμα θειικού οξέος διαβιβάζουμε συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα, μέσω ηλεκτροδίων από λευκόχρυσο. Τότε, τα θετικά ιόντα του υδρογόνου και τα αρνητικά φορτισμένα ιόντα, που υπάρχουν στο διάλυμα, κατευθύνονται

προς τα αντίθετα φορτισμένα ηλεκτρόδια. Εκεί πραγματοποιούνται χημικές αντιδράσεις (εικόνα 10.25). Το συνολικό αυτό φαινόμενο ονομάζεται ηλεκτρόλυση.

Τι θα συμβεί αν από το ίδιο διάλυμα διαβιβάσουμε εναλλασσόμενο ρεύμα;

Στην περίπτωση αυτή η πολικότητα των ηλεκτροδίων του διαλύματος αντιστρέφεται διαρκώς. σε χρονικό διάστημα μιας περιόδου, τη μισή περίοδο το ηλεκτρόδιο Α είναι θετικό και το Β αρνητικό, ενώ την άλλη μισή συμβαίνει το αντίστροφο. Έτσι, τα θετικά και αρνητικά ιόντα του διαλύματος ταλαντώνονται στο διάλυμα με αποτέλεσμα να μη φθάσουν στα ηλεκτρόδια οπότε σ' αυτή την περίπτωση δεν παρατηρούμε ηλεκτρόλυση.

Όστε, όταν από το διάλυμα μας διέρχεται εναλλασσόμενο ρεύμα, τότε παρατηρούνται χημικές μεταβολές στα ηλεκτρόδια.

Μετασχηματιστές

Το φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής μεταξύ πηνίων αποτελεί τη βάση για τη λειτουργία των μετασχηματιστών. Ένας μετασχηματιστής είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για την αύξηση ή την ελάττωση μιας εναλλασσόμενης τάσης.

Ένας μετασχηματιστής έχει δύο πηνία ηλεκτρικά μονωμένα μεταξύ τους αλλά περιελιγμένα γύρω από κοινό σιδερένιο πυρήνα, το ένα πηνίο ονομάζεται πρωτεύον ενώ το άλλο δευτερεύον. Όταν στο πρωτεύον εφαρμοσθεί μια εναλλασσόμενη τάση, αυτό διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα και δημιουργείται ένα μαγνητικό πεδίο με μεταβαλλόμενη ένταση. Αυτό το μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο μεταφέρεται, μέσω του σιδερένιου πυρήνα, στο δευτερεύον οπότε αναπτύσσεται σ' αυτό μια τάση από επαγωγή (εικόνα 10.26).

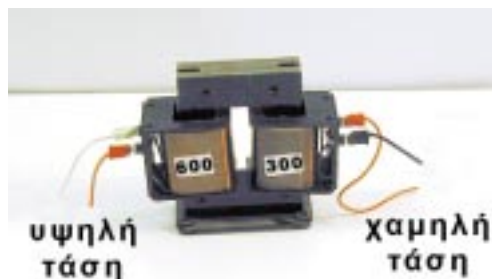
Από τι εξαρτάται η τιμή της τάσης στο δευτερεύον;

Είδαμε κατά τη μελέτη της επαγωγής ότι η επαγωγική τάση σ' ένα πηνίο εξαρτάται από τον αριθμό των σπειρών του πηνίου. Στην περίπτωση του μετασχηματιστή ο λόγος των τάσεων στα δύο πηνία ισούται με τον λόγο των σπειρών τους. Έτσι αν το δευτερεύον έχει περισσότερες σπείρες από το πρωτεύον ο μετασχηματιστής ανυψώνει την τάση ενώ αν έχει λιγότερες την υποβιβάζει (εικόνα 10.26, 10.27).



Μέτρησε την αντίσταση του σώματός σου

1. Πάρε ένα πολύμετρο και μετέτρεψε το σε ωμόμετρο.
2. Κράτησε με τα δάκτυλα σου τις άκρες των καλωδίων σύνδεσης του.
3. Πόση είναι η αντίσταση σου;
4. Βρέξε τα δάκτυλα σου και μέτρησε ξανά την αντίσταση σου.
5. Υπολόγισε το ρεύμα που θα διαρρέει το σώμα σου και στις δύο περιπτώσεις αν συνδεθείς με τάση 220 Volt.
6. Μπορείς τώρα να δικαιολογήσεις για το ρεύμα είναι επικίνδυνο για μας όταν είμαστε βρεγμένοι;



Εικόνα 10.26

Αν το δευτερεύον έχει περισσότερες σπείρες ο μετασχηματιστής ανυψώνει την τάση. Αν έχει λιγότερες την υποβιβάζει.



Εικόνα 10.27

Κάποιες συσκευές λειτουργούν με ενεργό τιμή εναλλασσόμενης τάσης διαφορετική από αυτή του δικτύου της Δ.Ε.Η. Με τη βοήθεια των μετασχηματιστών μπορούμε να αυξήσουμε ή να μειώσουμε την ενεργό τιμή της εναλλασσόμενης τάσης στην κατάλληλη τιμή.



Ηλεκτρομαγνητικά κύματα

Ξεκινώντας από το πείραμα του Έρστεντ, γνωρίσαμε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα, δηλαδή τα κινούμενα φορτία δημιουργούν γύρω τους μαγνητικό πεδίο. Μεταβάλλοντας το ρεύμα, μεταβάλλεται το μαγνητικό πεδίο. Ο Φαρανταΐ ανακάλυψε ότι το μεταβαλλόμενο πεδίο επάγει ηλεκτρικό ρεύμα σ' ένα πηνίο. Επιπλέον το ηλεκτρικό πεδίο, που παράγει το ηλεκτρικό ρεύμα, υπάρχει ακόμα και χωρίς πηνίο. Άρα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο παραγει ένα μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό πεδίο.

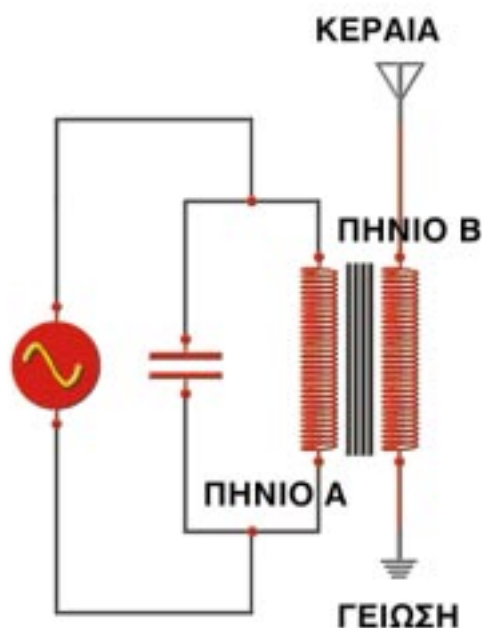
Το 1860 ο Μάξγουελ υποστήριξε ότι ισχύει και το αντίθετο ένα μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό πεδίο παράγει ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο. Ο Μάξγουελ ισχυρίσθηκε ότι η ύπαρξη των φορτίων δεν είναι αναγκαία. τα μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία μπορούν να υπάρξουν στον ελεύθερο χ'ωρο συνοδεύοντας το ένα το άλλο. Ακόμη πρόβλεψε ότι είτε επιταχυνόμενα φορτία είτε μεταβαλλόμενα μαγνητικά πεδία παράγουν ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που διαδίδονται στον χώρο. Ο συνδυασμός ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου, που διαδίδονται μαζί στο χώρο ονομάζεται **ηλεκτρομαγνητικό κύμα**.

Στην διάταξη που εικονίζονται στο διπλανό σχήμα εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση στα άκρα μιας κεραίας. Η τάση αυτή εξαναγκάζει τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του σύρματος της κεραίας να κάνουν ταλάντωση. Οπότε γύρω από την κεραία παράγεται ένα μαγνητικό πεδίο. Επειδή η κίνησης των ηλεκτρονίων είναι περιοδική η ένταση του μαγνητικού πεδίου μεταβάλλεται περιοδικά με το χρόνο. Τότε όμως παράγεται και ένα μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό πεδίο δηλαδή προκύπτει τελικά ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα.

Ας υποθέσουμε ότι η κεραία βρίσκεται στην Αθήνα και ένας κατάλληλα εξοπλισμένος δορυφόρος, που περιφέρεται σε ύψος 30.000 km πάνω από την πόλη, έχει τη δυνατότητα να ανιχνεύσει το ηλεκτρομαγνητικό κύμα που παράγει η κεραία.

Από τη στιγμή που θέτουμε σε λειτουργία το κύκλωμα της κεραίας, μετά από πόσο χρόνο ο δορυφόρος θα ανιχνεύσει το ηλεκτρομαγνητικό κύμα; Την ίδια στιγμή ή με κάποια καθυστέρηση; Με άλλα λόγια, το ηλεκτρομαγνητικό κύμα, διαδίδεται στο χώρο ακαριαία ή με κάποια συγκεκριμένη ταχύτητα;

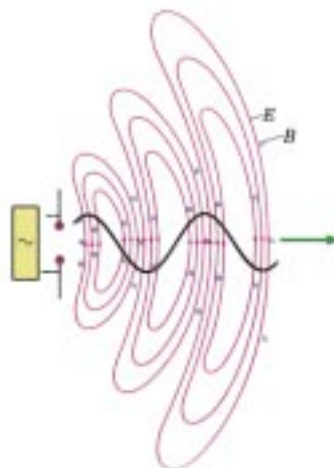
Ο Μάξγουελ υπολόγισε την ταχύτητα διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο κενό και την βρήκε ίση με 300.000 km/s, δηλαδή ίση με την ταχύτητα του φωτός όπως είχε μετρηθεί από τον Γάλλο Φιζώ το 1849. Με αυτό τον τρόπο ο Μάξγουελ όχι μόνο ενοποίησε τον ηλεκτρισμό και τον μαγνητισμό αλλά και η οπτική, η μελέτη του φωτός, μετατράπηκε σε κλάδο του ηλεκτρομαγνητισμού. Ο



Χάινριχ Χέρτζ (Hertz) (1857-1894) ένας Γερμανός φυσικός, το 1887 παρήγαγε τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά κύματα και επιβεβαίωσε πειραματικά ότι η ταχύτητα τους ισούται με την ταχύτητα του φωτός.

Δηλαδή η κεραία μας εκπέμπει ενέργεια, που μεταφέρεται στο χώρο μέσω του ηλεκτρομαγνητικού κύματος με την ταχύτητα του φωτός ότι το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο διαδίδονται στο χώρο με την ταχύτητα του φωτός. Έτσι το ηλεκτρομαγνητικό κύμα που παράγει η κεραία μας, θα ανιχνευτεί από το δορυφόρο 0,1 δευτερόλεπτα μετά από την εκπομπή του. Για να φτάσει όμως στο Ήλιο, που απέχει 150.000.000 km από τη Γη, θα χρειαστεί 500 ολόκληρα δευτερόλεπτα, δηλαδή πάνω από 8 λεπτά!

Ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα έχει ορισμένη συχνότητα ίση με τη συχνότητα κίνησης των φορτίων της πηγής του. Τα ραδιοκύματα, τα μικροκύματα, οι υπέρυθρες και οι υπεριώδεις ακτίνες, το ορατό φως, οι ακτίνες Χ και οι ακτίνες γ αποτελούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαφορετικές συχνότητας ή μήκους κύματος.



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΠΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

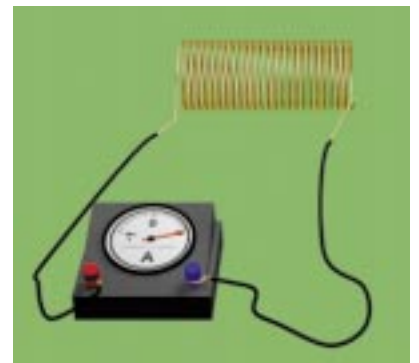
• **Συμπλήρωσε τα κενά στις προτάσεις που ακολουθούν.**

1. Συνδέουμε τα άκρα ενός πηνίου με ένα γαλβανόμετρο. Πλησιάζουμε γρήγορα προς το πηνίο έναν ραβδόμορφο μαγνήτη. Παρατηρούμε ότι ο δείκτης του γαλβανομέτρου από τη θέση της του. Συμπεραίνουμε ότι στο πηνίο αναπτύχθηκε, η οποία προκάλεσε το, που ανιχνεύσαμε με το γαλβανόμετρο. Αν απομακρύνουμε το μαγνήτη από το πηνίο, η πολικότητα της και η φορά του,
2. Η ένταση και η φορά ενός εναλλασσόμενου ρεύματος μεταβάλλονται με το χρόνο. Εναλλασσόμενο ρεύμα προκαλείται από μια Η ηλεκτρική τάση που υπάρχει στους πόλους μιας μπαταρίας, αντίθετα με την είναι Δεν σε συνάρτηση με το χρόνο.
3. Η εικόνα της μεταβολής μιας ηλεκτρικής τάσης σε συνάρτηση με το χρόνο, που σχηματίζουμε στην οθόνη του ονομάζεται κυματομορφή. Η κυματομορφή της ηλεκτρικής τάσης των πόλων μιας μπαταρίας είναι μια Η κυματομορφή μιας εναλλασσόμενης τάσης είναι μια καμπύλη γραμμή που επαναλαμβάνεται

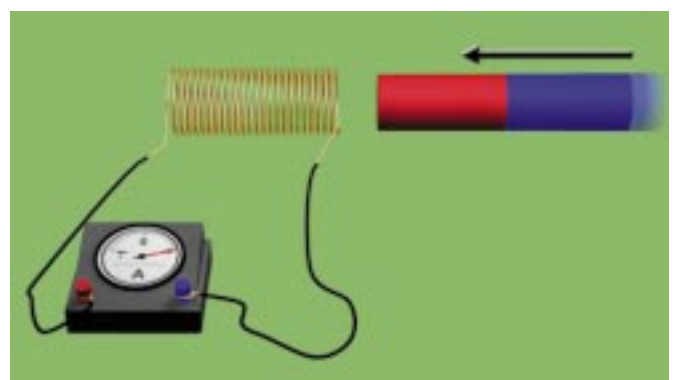
4. Αν T είναι η μιας εναλλασσόμενης τάσης, τότε η τιμή της τάσης μια τυχαία χρονική στιγμή t , είναι ίδια με την τιμή της τις χρονικές στιγμές $t+T$, $t+2T$, $t+3T$ κλπ. Το πλάτος της εναλλασσόμενης τάσης είναι η τιμή της. Αν τη χρονική στιγμή $t=0$ η τιμή της τάσης είναι ίση με το πλάτος της, θα ξαναγίνει μέγιστη μετά από χρόνο
5. Με τη βοήθεια της έννοιας της ενεργού έντασης μπορούμε να υπολογίσουμε τη θερμότητα που παράγεται σε αντιστάτη, όταν διαρρέεται από Ενεργός ένταση είναι η ένταση ενός ρεύματος, που προκαλεί τα ίδια αποτελέσματα με το, όταν διαρρέουν ίδιους αντιστάτες.
6. Όταν από διάλυμα αλατόνερου διέρχεται συνεχές ρεύμα, στο ηλεκτρόδιο εκλύεται οξυγόνο και στο υδρογόνο. Όταν όμως διέρχεται εναλλασσόμενο ρεύμα, τότε δεν συμβαίνουν στα ηλεκτρόδια
7. Όταν μεταλλικό σύρμα διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα, γύρω του δημιουργείται πεδίο, του οποίου η διαρκώς

• **Διάλεξε την ή τις σωστές από τις απαντήσεις που προτείνονται. Τεκμηρίωσε τις επιλογές σου.**

9. Συνδέουμε τα άκρα ενός πηνίου με τα άκρα ενός γαλβανόμετρου. Ο δείκτης του γαλβανόμετρου εκτρέπεται από τη θέση της ισορροπίας του. Η εκτροπή μπορεί να οφείλεται στις ακόλουθες αιτίες:
 - α) Κοντά στο πηνίο υπάρχει ισχυρός μαγνήτης, ακίνητος ως προς το πηνίο.
 - β) Ένας μαθητής μετακίνησε έναν μαγνήτη που ήταν κοντά στο πηνίο, μακριά απ' αυτό.
 - γ) Ο καθηγητής μετακίνησε έναν ραβδόμορφο μαγνήτη και τον τοποθέτησε μέσα στο πηνίο.
 - δ) Μέσα στο πηνίο υπάρχει πυρήνας από σίδηρο.
 - ε) Μέσα στο πηνίο υπάρχει ένας ραβδόμορφος μαγνήτης.
 - στ) Δίπλα στο πηνίο υπάρχει ένα άλλο πηνίο που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα σταθερής έντασης.
 - ζ) Δίπλα στο πηνίο υπάρχει ένα άλλο πηνίο που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα σταθερής έντασης. Ένας μαθητής διέκοψε τη ροή του ρεύματος ανοίγοντας ένα διακόπτη.

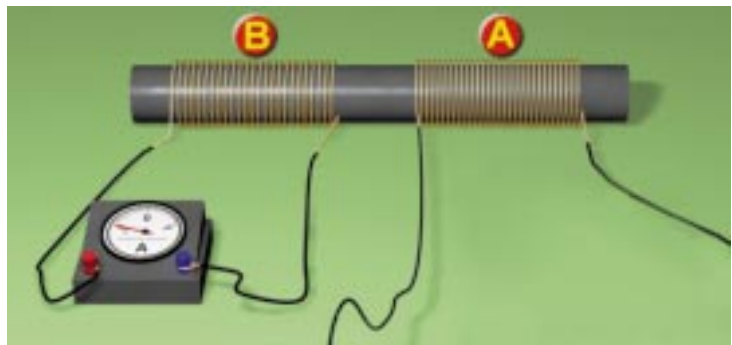





10. Συνδέουμε τα άκρα πηνίου με γαλβανόμετρο. Προσανατολίζουμε ραβδόμορφο μαγνήτη πάνω στον άξονα του πηνίου με το βόρειο πόλο του προς αυτό. Πλησιάζουμε το μαγνήτη προς το πηνίο και στη συνέχεια τον απομακρύνουμε απ' αυτό.
 - α) Ο δείκτης του γαλβανόμετρου αποκλίνει πάντοτε προς την ίδια πλευρά, είτε απομακρύνουμε είτε πλησιάζουμε το μαγνήτη στο πηνίο.





- β) Η απόκλιση του δείκτη είναι μεγαλύτερη όταν πλησιάζουμε παρά όταν απομακρύνουμε το μαγνήτη στο πηνίο.
- γ) Η απόκλιση του δείκτη είναι τόσο μεγαλύτερη όσο ταχύτερα κινείται ο μαγνήτης σε σχέση με το πηνίο.
- δ) Ένα μέρος της κινητικής ενέργειας του μαγνήτη μετατρέπεται σε ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος, που διαρρέει το πηνίο και το γαλβανόμετρο.
- ε) Αν αντιστρέψουμε τον προσανατολισμό του μαγνήτη και τον μετακινήσουμε πάλι προς το πηνίο, θα παρατηρήσουμε ότι ο δείκτης εκτρέπεται πάλι προς την ίδια κατεύθυνση.
- στ) Ο δείκτης εκτρέπεται προς την ίδια κατεύθυνση, είτε πλησιάζουμε το μαγνήτη προς το πηνίο είτε το πηνίο προς το μαγνήτη.

11. Δύο πηνία Α και Β έχουν κοινό πυρήνα από σίδηρο και βρίσκονται κοντά το ένα στο άλλο. Τα άκρα του πηνιού Β συνδέονται με γαλβανόμετρο. Σε ποιες από τις ακόλουθες Περιπτώσεις θα παρατηρήσουμε απόκλιση του δείκτη του γαλβανομέτρου από τη θέση της ισορροπίας του;




- α) Το πηνίο Α διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης, που προκαλεί μια μπαταρία.
- β) Το πηνίο Α διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης, που προκαλεί μια μπαταρία. Διακόπτουμε ή αποκαθιστούμε τη ροή του ρεύματος με έναν διακόπτη.
- γ) Τα άκρα του πηνιού Α συνδέονται με αντιστάτη και διακόπτη στη σειρά. Ανοίγουμε ή κλείνουμε το διακόπτη.
- δ) Το πηνίο Α διαρρέεται από εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα.
12. Συνδέουμε τους πόλους πηγής εναλλασσόμενης τάσης με τα άκρα ενός αντιστάτη, οπότε το κύκλωμα διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα. Ποια από τα ακόλουθα μεγέθη μεταβάλλονται σε συνάρτηση με το χρόνο;
- α) Το πλάτος της εναλλασσόμενης τάσης.
- β) Το πλάτος της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος.
- γ) Η τιμή της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος
- δ) Η τιμή της εναλλασσόμενης τάσης.
- ε)  Η ενεργός τιμή του εναλλασσόμενου ρεύματος.
- στ)  Η ενεργός τιμή της εναλλασσόμενης τάσης.
- ζ) Η περίοδος του εναλλασσόμενου ρεύματος.
- η) Η συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος.
- θ)  Το ποσό της θερμότητας που παράγεται στον αντιστάτη.

13. Συνδέουμε τους πόλους πηγής εναλλασσόμενης τάσης στη σειρά με αμπερόμετρο (AC) και αντιστάτη. Ο αντιστάτης είναι βυθισμένος σε νερό. Η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται 2C σε 1min. Η ένδειξη του αμπερομέτρου είναι 2A.
- α) Ο αντιστάτης διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα σταθερής έντασης ίσης με 2A.

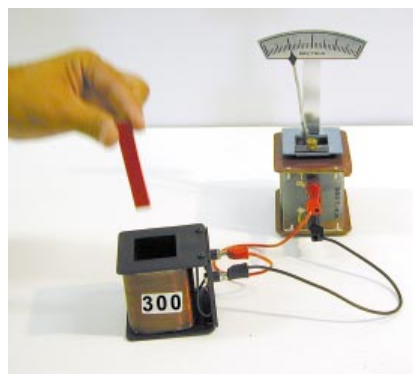
- β) Ο αντιστάτης διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα ενεργού έντασης 2A.
 γ) Το πλάτος της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη είναι 2A.
 δ)  Αν ρυθμίσουμε την τάση της πηγής ώστε η ένδειξη του αμπερομέτρου να γίνει 1A, τότε η θερμοκρασία του νερού μεταβάλλεται 1°C σε 1min.
 ε)  Αν ο αντιστάτης συνδεθεί με μπαταρία και διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης 2A, η θερμοκρασία του νερού μεταβάλλεται 4°C σε 2min.

• **Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις στις ερωτήσεις που ακολουθούν.**

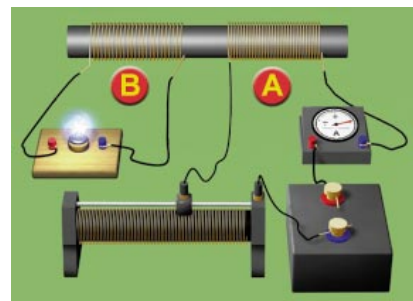
14. Διαθέτεις ένα πηνίο με δύο άκρα, ένα καλώδιο και έναν ραβδόμορφο μαγνήτη. Περιγράψε τις ενέργειες που πρέπει να κάνεις, ώστε το πηνίο να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.


15.  Κρατάμε ένα πηνίο 300ων σπειρών με τον άξονά του κατακόρυφο. Τα άκρα του είναι συνδεδεμένα με γαλβανόμετρο. Σε ύψος περίπου 20cm πάνω από το πηνίο αφήνουμε να πέσει ελεύθερα ραβδόμορφος μαγνήτης. Έτσι ώστε να διέλθει μέσα από το πηνίο, με το βόρειο πόλο του προς τα κάτω.

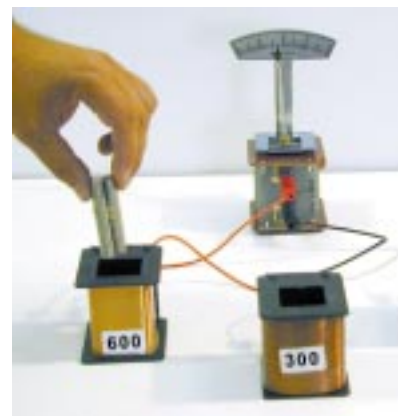
- α) Πώς μετακινείται ο δείκτης του γαλβανόμετρου κατά την κίνηση του μαγνήτη;
 β) Τι αλλάζει στην κίνηση του δείκτη αν επαναλάβεις το ίδιο πείραμα αφήνοντας το μαγνήτη από μεγαλύτερο ύψος;
 γ) Τι αλλάζει στην κίνηση του δείκτη αν επαναλάβεις το ίδιο πείραμα αφήνοντας το μαγνήτη από το ίδιο ύψος αλλά με το νότιο πόλο του προς τα κάτω;
 δ) Πώς προκύπτει η ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα;




16. Δύο πηνία έχουν κοινό σιδερένιο πυρήνα. Το πρώτο πηνίο συνδέεται σε σειρά με μπαταρία, ροοστάτη και διακόπτη. Τα άκρα του δεύτερου συνδέονται με λαμπάκι. Ποιες ενέργειες πρέπει να κάνεις στο κύκλωμα του πρώτου πηνίου, ώστε να έχεις ελπίδες να ανάψει το λαμπάκι; Ποιες από τις ενέργειες αυτές είναι περισσότερο αποτελεσματικές; Εξήγησε.




17.  Συνδέουμε στη σειρά ένα πηνίο 300ων σπειρών και ένα 600ων (όπως στη διπλανή εικόνα). Τα άκρα τους συνδέονται με γαλβανόμετρο. Από ορισμένο ύψος αφήνουμε έναν ραβδόμορφο μαγνήτη να πέσει μέσα στο πηνίο των 300ων σπειρών, με το βόρειο πόλο του προς τα κάτω. Επαναλαμβάνουμε το ίδιο, αφήνοντας τον ίδιο μαγνήτη να πέσει από το ίδιο ύψος μέσα στο πηνίο των 600ων σπειρών. Σε ποια περίπτωση η απόκλιση του δείκτη του γαλβανόμετρου θα είναι μεγαλύτερη; Εξήγησε.



18.  Αντιστάτης διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα. Με ποιο μικροσκοπικό μηχανισμό μετατρέπεται σ' αυτόν, η ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος σε θερμική;

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Το πλάτος μιας εναλλασσόμενης τάσης είναι 6V και η περίοδός της 0,4s. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ s, η τιμή της τάσης είναι ίση με το πλάτος της. Πόση θα είναι η τιμή της εναλλασσόμενης τάσης τις χρονικές στιγμές 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 και 0,8s; Πόση είναι η συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσης;
2. Πηγή εναλλασσόμενης τάσης, αντιστάτης και αμπερόμετρο (AC) συνδέονται σε σειρά. Στα άκρα του αντιστάτη συνδέουμε βολτόμετρο (AC). Η ένδειξη του αμπερόμετρου είναι 2A. και του βολτόμετρου 16V.
 - α) Σχεδίασε το κύκλωμα.
 - β) Πόση είναι η ενεργός ένταση του εναλλασσόμενου ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη;
 - γ) Πόση είναι η ενεργός τιμή της εναλλασσόμενης τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα του;
 - δ) Πόση είναι η αντίσταση του αντιστάτη;
 - ε) Πόση ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται από τον αντιστάτη σε θερμική σε 10 λεπτά;
3.  Πηγή εναλλασσόμενης τάσης, αντιστάτης και αμπερόμετρο (AC) συνδέονται σε σειρά. Στα άκρα του αντιστάτη συνδέουμε βολτόμετρο (AC). Ο αντιστάτης έχει αντίσταση 10Ω. Η ένδειξη του αμπερόμετρου είναι 2A.
 - α) Σχεδίασε το κύκλωμα.
 - β) Πόση είναι η ενεργός ένταση του εναλλασσόμενου ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη;
 - γ) Ποια είναι η ένδειξη του βολτόμετρου και πόση ή ενεργός τιμή της εναλλασσόμενης τάσης;
 - δ) Ποιο είναι το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που μετατρέπεται, στον αντιστάτη, σε θερμική σε χρονικό διάστημα ενός λεπτού;
 - ε) Πόση πρέπει να είναι η πολική τάση μιας μπαταρίας που πρέπει να εφαρμόσουμε στα άκρα του αντιστάτη, ώστε σε ένα λεπτό να έχει μετατραπεί απ' αυτόν, το ίδιο (με την ερώτηση d) ποσό ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμική;

Περίληψη κεφαλαίου 10: Το φαινόμενο της επαγωγής και το εναλλασσόμενο ρεύμα

- Με τα πειράματά του, ο Φαραντέυ έδειξε ότι όταν αγωγός κινείται σε σχέση με ένα μαγνητικό πεδίο, τότε στα άκρα του αναπτύσσεται (επάγεται) ηλεκτρική τάση. Έδειξε επίσης ότι, αν ένα πηνίο βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο, η ένταση του οποίου μεταβάλλεται με το χρόνο, τότε πάλι στο πηνίο αναπτύσσεται ηλεκτρική (επαγωγική) τάση.
- Το μέγεθος της επαγωγικής τάσης αυξάνεται όταν αυξάνεται η ταχύτητα του αγωγού ή ο ρυθμός με τον οποίο μεταβάλλεται η ένταση του μαγνητικού πεδίου.
- Η ένταση και η φορά του εναλλασσόμενου ρεύματος μεταβάλλονται περιοδικά με το χρόνο.

Β Α Σ Ι Κ Ο Ι Ο Ρ Ο Ι

Επαγωγική τάση - Επαγωγικό ρεύμα

Μεταβολή της έντασης του μαγνητικού πεδίου

Μεταβολή του αριθμού των μαγνητικών

δυναμικών γραμμών που διέρχονται

από κλειστό κύκλωμα

Μετασχηματιστής

Εναλλασσόμενο ρεύμα

Εναλλασσόμενη τάση

Περίοδος, συχνότητα, πλάτος, ενεργός ένταση

και ενεργός τάση του εναλλασσόμενου ρεύματος