

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα φροντιστήρια «Νέο», έχοντας επιδείξει υψηλό αίσθημα ευθύνης όλα αυτά τα χρόνια στον τομέα της εκπαίδευσης, δημιούργησαν το συγκεκριμένο βοήθημα με σκοπό την εμπέδωση της θεωρίας, αλλά και την εξάσκηση των μαθητών μέσω ασκήσεων. Οι ασκήσεις παρουσιάζουν διαβαθμισμένη δυσκολία, έχοντας ως προτεραιότητα την κατάλληλη προετοιμασία μαθητών της Γ' Γυμνασίου για το μάθημα της Φυσικής.

Με εκτίμηση
Χρήστος Γεωργίου

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1 – Ηλεκτρική δύναμη και φορτίο.....	5 – 26
Κεφάλαιο 2 – Το ηλεκτρικό ρεύμα.....	27 – 54
Κεφάλαιο 3 – Ηλεκτρική ενέργεια.....	55 – 63
Κεφάλαιο 4 – Ταλαντώσεις.....	64 – 69
Κεφάλαιο 5 – Κύματα.....	70 – 80

Ηλεκτρική δύναμη και φορτίο

Γνωριμία με την ηλεκτρική δύναμη:

Από την αρχαιότητα ο Θαλής ο Μιλήσιος παρατήρησε ότι το κεχριμπάρι (ορυκτό ήλεκτρο) αποκτά την ιδιότητα να έλκει ελαφρά αντικείμενα. Μάλιστα λέμε ότι τα αντικείμενα που αποκτούν αυτή την ιδιότητα είναι **ηλεκτρισμένα**. Μπορείς να σκεφτείς ένα άλλο καθημερινό αντικείμενο που αν το τρίψουμε μπορεί να θεωρηθεί ηλεκτρισμένο;

Το ήλεκτρο λέμε ότι αλληλεπιδρά με τα αντικείμενα που έλκει, συνεπώς ασκούνται δυνάμεις.

Ορισμός

Ηλεκτρική δύναμη ονομάζεται η δύναμη που ασκείται μεταξύ ηλεκτρισμένων σωμάτων.

Για να διαπιστώσουμε αν ένα αντικείμενο είναι ηλεκτρισμένο, χρησιμοποιούμε το ηλεκτρικό εκκρεμές. Η δημιουργία ενός ηλεκτρικού εκκρεμούς είναι πολύ εύκολη – αρκεί να πάρουμε ένα μικρό μπαλάκι από φελιζόλ ή χαρτί και να το κρεμάσουμε από μία κλωστή (Δείτε την εικόνα). Αν το αντικείμενο που πλησιάζουμε στο εκκρεμές τραβάει το μπαλάκι, τότε αυτό το αντικείμενο είναι ηλεκτρισμένο. Σημειώστε ότι το μπαλάκι του εκκρεμούς έλκεται χωρίς να ακουμπά το αντικείμενο. Δηλαδή, η ηλεκτρική δύναμη που ασκείται από το αντικείμενο στο μπαλάκι λειτουργεί από απόσταση.



Συνεπώς: οι ηλεκτρικές δυνάμεις ασκούνται από απόσταση!

ΠΡΟΣΟΧΗ!

Οι ηλεκτρικές δυνάμεις **δεν είναι πάντοτε ελκτικές**. Για παράδειγμα αν τρίψουμε δύο γυάλινες ράβδους με μεταξωτό ύφασμα και τις πλησιάσουμε, θα παρατηρήσουμε ότι **απωθούνται**. Το ίδιο θα συμβεί αν τρίψουμε δύο πλαστικές ράβδους με μεταξωτό ύφασμα.

Ωστόσο αν τρίψουμε μία γυάλινη ράβδο με μεταξωτό ύφασμα και μια πλαστική ράβδο με μάλλινο ύφασμα και τις πλησιάσουμε, θα διαπιστώσουμε ότι έλκονται.

Συνεπώς: Οι ηλεκτρικές δυνάμεις είναι άλλοτε ελκτικές και άλλοτε απωστικές!

Πολλές φορές υπάρχει σύγχυση μεταξύ των μαγνητικών και των ηλεκτρικών δυνάμεων. Πλησιάζοντας έναν μαγνήτη στο μπαλάκι του εκκρεμούς θα παρατηρήσουμε ότι ο μαγνήτης δεν έλκει το μπαλάκι. Ο μαγνήτης έλκει μόνο σιδηρομαγνητικά υλικά, δηλαδή αντικείμενα που περιέχουν σίδηρο, κοβάλτιο ή νικέλιο.

Συνεπώς: Η ηλεκτρική δύναμη ασκείται σε διαφορετικά σώματα απ' ότι η μαγνητική

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή και με Λ κάθε λανθασμένη από τις επόμενες προτάσεις.
 - α. Η δύναμη μεταξύ ηλεκτρισμένων σωμάτων είναι πάντα ελκτική.
 - β. Η ηλεκτρική δύναμη εμφανίζεται όταν δύο ηλεκτρισμένα σώματα έρθουν σε επαφή.
 - γ. Η ηλεκτρική και η μαγνητική δύναμη ασκούνται σε διαφορετικά σώματα.
 - δ. Αν πλησιάσουμε δύο πλαστικές ράβδους αφού πρώτα τις τρίψουμε με μάλλινο ύφασμα τότε δεν αλληλεπιδρούν.
 - ε. Το ηλεκτρικό εκκρεμές έλκεται από το μαγνήτη.
2. Πλησιάζουμε κοντά δύο ηλεκτρισμένες ράβδους για τις οποίες ξέρουμε ότι είναι είτε από γυαλί είτε από πλαστικό. Διαπιστώνουμε ότι έλκονται. Αυτό σημαίνει ότι:
 - α. η μία ράβδος είναι από γυαλί και η άλλη από πλαστικό.
 - β. οι ράβδοι είναι από γυαλί.
 - γ. οι ράβδοι είναι από πλαστικό.
 - δ. δεν μπορούμε να γνωρίζουμε με βεβαιότητα το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένες οι δύο ράβδοι.
3. Τα σώματα Κ, Λ, Μ, Ν και Σ είναι ηλεκτρισμένα και κατασκευασμένα από πλαστικό ή από γυαλί.

Το Κ, που είναι κατασκευασμένο από πλαστικό απωθεί το Λ, το Λ έλκει το Σ, το Μ απωθεί το Σ και το Ν απωθεί το Μ. Τα σώματα Κ και Ν:

 - α. απωθούνται.
 - β. έλκονται.
 - γ. δεν μπορούμε να γνωρίζουμε.
 - δ. δεν αλληλεπιδρούν.
4. Πλησιάζουμε στο σφαιρίδιο ενός ηλεκτρικού εκκρεμούς ένα σώμα και παρατηρούμε ότι το σφαιρίδιο έλκεται. Αυτό σημαίνει ότι το σώμα είναι:
 - α) μαγνητισμένο,
 - β) ηλεκτρισμένο,
 - γ) μη ηλεκτρισμένο,
 - δ) κατασκευασμένο από σιδηρομαγνητικό υλικό.
5. Να συμπληρώσετε τα κενά με τις κατάλληλες λέξεις στις παρακάτω προτάσεις.
 - α. Σώματα που όταν τα τρίψουμε με ένα άλλο σώμα, αποκτούν την να έλκουν ελαφρά αντικείμενα λέμε ότι είναι
 - β. Η δύναμη που ασκείται μεταξύ ηλεκτρισμένων σωμάτων λέγεται
 - γ. Για να διαπιστώσουμε αν ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο χρησιμοποιούμε το
 - δ. Η ηλεκτρική δύναμη είναι από τη μαγνητική δύναμη.

Φυσικό μέγεθος: ηλεκτρικό φορτίο.

Σύμβολο: Q ή q

Μονάδα μέτρησης στο S.I.: 1 Coulomb (1C)

Το ηλεκτρικό φορτίο αντιπροσωπεύει μία ιδιότητα που έχει η ύλη. Γενικότερα όταν δύο σώματα έχουν ηλεκτρικό φορτίο, τότε αλληλεπιδρούν με ηλεκτρικές δυνάμεις και λέμε ότι είναι **ηλεκτρικά φορτισμένα**. Με άλλα λόγια οι γυάλινες και οι πλαστικές ράβδοι μετά την τριβή τους με ύφασμα αποκτούν ηλεκτρικό φορτίο, γίνονται δηλαδή ηλεκτρικά φορτισμένες και αλληλεπιδρούν με ηλεκτρικές δυνάμεις.

Ορισμός

Ηλεκτρικό φορτίο είναι το φυσικό μέγεθος που, αν αποκτηθεί από ένα σώμα, του δίνει τη δυνατότητα να αλληλεπιδρά μέσω ηλεκτρικών δυνάμεων με άλλα ηλεκτρικά φορτισμένα σώματα ή με πιο ελαφρά σώματα γενικά.

Στην προηγούμενη ενότητα, παρατηρήσαμε ότι δύο φορτισμένα σώματα μπορούν να έλκονται ή να απωθούνται. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν τουλάχιστον **δύο διαφορετικά είδη ηλεκτρικού φορτίου**.

Γενικά, όλα τα φορτισμένα σώματα μπορούν να ταξινομηθούν σε **δύο** κατηγορίες ανάλογα με το ηλεκτρικό τους φορτίο:

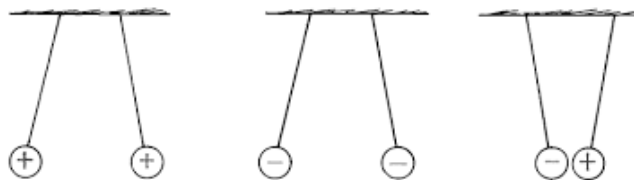
1. Σώματα που συμπεριφέρονται όπως η **γυάλινη** ράβδος που τρίψαμε σε μεταξωτό ύφασμα και **απωθούνται** από αυτήν. Αυτά τα σώματα τα αποκαλούμε **θετικά φορτισμένα** και λέμε ότι έχουν **θετικό φορτίο**.
2. Σώματα που συμπεριφέρονται όπως η **πλαστική** ράβδος που τρίψαμε σε μάλλινο ύφασμα και απωθούνται από αυτήν. Αυτά τα σώματα τα αποκαλούμε **αρνητικά φορτισμένα** και λέμε ότι έχουν **αρνητικό φορτίο**.

Αυτά τα συμπεράσματα διατυπώθηκαν για πρώτη φορά από τον Αμερικανό φυσικό Βενιαμίν Φραγκλίνιο.

Δύο σώματα που είναι και τα δύο φορτισμένα με θετικό φορτίο ή και τα δύο φορτισμένα με αρνητικό φορτίο λέμε ότι είναι ομώνυμα φορτισμένα.

Δύο σώματα που είναι φορτισμένα το ένα με θετικό και το άλλο με αρνητικό φορτίο λέγονται ετερώνυμα φορτισμένα.

Συνεπώς: Τα ετερώνυμα φορτισμένα σώματα έλκονται, ενώ τα ομώνυμα φορτισμένα απωθούνται.



Ορισμός

Η ηλεκτρική δύναμη που ασκεί (ή ασκείται σε) ένα φορτισμένο σώμα είναι ανάλογη του ηλεκτρικού του φορτίου.

Μέτρηση ηλεκτρικού φορτίου:

Όπως αναφέρθηκε, μονάδα του ηλεκτρικού φορτίου στο S.I. είναι το 1 C (Coulomb), προς τιμήν του Γάλλου φυσικού Κουλόμπ.

Επειδή το 1 C είναι πολύ μεγάλη μονάδα φορτίου, χρησιμοποιούμε και τις υποδιαιρέσεις του:

- $1 \text{ mC} = 10^{-3} \text{ C.}$
- $1 \text{ }\mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C.}$
- $1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C.}$
- $1 \text{ pC} = 10^{-12} \text{ C.}$

Συνολικό φορτίο συστήματος δύο ή περισσότερων σωμάτων:

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα σύνολο από πολλά σώματα που έχουν ηλεκτρικό φορτίο, μερικά από αυτά θετικά και άλλα αρνητικά. Το συνολικό φορτίο ($q_{ολ}$) αυτού του συστήματος υπολογίζεται προσθέτοντας τα φορτία όλων των σωμάτων, λαμβάνοντας υπόψη τα πρόσημά τους.

Σημείωση:

Στη φυσική, όταν προσθέτουμε μεγέθη με πρόσημα, το αποτέλεσμα ονομάζεται αλγεβρικό άθροισμα.

Παράδειγμα:

Έστω ότι έχουμε μία γυάλινη ράβδο με φορτίο $q_1 = +4 \text{ nC}$ και μία πλαστική ράβδο με φορτίο $q_2 = -3 \text{ nC}$. Το ολικό φορτίο του συστήματος θα είναι:

$$q_{ολ} = q_1 + q_2$$

$$q_{ολ} = (+4\text{nC}) + (-3\text{nC})$$

$$q_{ολ} = +1\text{nC}$$

Συμπέρασμα:

Το συνολικό φορτίο δύο ή περισσότερων φορτισμένων σωμάτων ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των φορτίων τους.

Παρατήρηση

Όταν το συνολικό φορτίο ενός σώματος ή ενός συστήματος σωμάτων είναι ίσο με μηδέν τότε το σώμα ή το σύστημα σωμάτων ονομάζεται **ηλεκτρικά ουδέτερο**.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Να συμπληρώσετε τα κενά με τις κατάλληλες λέξεις στις προτάσεις που ακολουθούν.
Α. Για να εξηγήσουμε την προέλευση και τις ιδιότητες των ηλεκτρικών δυνάμεων, χρησιμοποιούμε ένα φυσικό μέγεθος που ονομάζεται
Β. Δύο ηλεκτρισμένα σώματα με ηλεκτρικές δυνάμεις και λέμε ότι είναι
Γ. Το ηλεκτρικό φορτίο συμβολίζεται με ή
Δ. Ηλεκτρικό φορτίο είναι το μονόμετρο μέγεθος που αν αποκτηθεί από ένα σώμα, του δίνει τη δυνατότητα να μέσω ηλεκτρικών με άλλα ηλεκτρισμένα σώματα.
Ε. Υπάρχουν διαφορετικά είδη ηλεκτρικού φορτίου.
Στ. Τα ετερόνυμα ηλεκτρικά φορτισμένα σώματα ενώ, τα ομώνυμα φορτισμένα σώματα
Ζ. Η ηλεκτρική δύναμη που ασκεί ένα ηλεκτρικά φορτισμένο σώμα σε ένα άλλο ηλεκτρικά φορτισμένο σώμα είναι του ηλεκτρικού του φορτίου.
Η. Μονάδα μέτρησης του ηλεκτρικού φορτίου στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων είναι το 1
Θ. Ένα σώμα που είναι ηλεκτρικά ουδέτερο έχει συνολικό φορτίο ίσο με
2. Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή και με Λ κάθε λανθασμένη από τις επόμενες προτάσεις
α. Τα σώματα που εμφανίζουν ίδια συμπεριφορά με μια πλαστική ράβδο που την έχουμε τρίψει σε μάλλινο ύφασμα λέγονται θετικά ηλεκτρισμένα.
β. Το 1C αποτελεί μεγάλη μονάδα μέτρησης ηλεκτρικού φορτίου.
γ. Μεταξύ δύο ηλεκτρισμένων σωμάτων μικρότερη ηλεκτρική δύναμη ασκεί αυτό με το μεγαλύτερο ηλεκτρικό φορτίο.
δ. Όταν δύο ή περισσότερα ηλεκτρικά φορτισμένα σώματα έχουν συνολικό φορτίο ίσο με μηδέν, τότε κανένα από τα σώματα δεν έχει ηλεκτρικό φορτίο
3. Ένα φορτισμένο σώμα έχει φορτίο $q = +25\mu\text{C}$ τότε:

- α. απωθείται από φορτισμένη πλαστική ράβδο.
 - β. έλκεται από φορτισμένη γυάλινη ράβδο.
 - γ. δεν αλληλεπιδρά ούτε με τη φορτισμένη πλαστική ράβδο ούτε με τη φορτισμένη γυάλινη ράβδο.
 - δ. έχει μεγαλύτερο φορτίο από ένα άλλο σώμα φορτίου $+25\text{nC}$.
4. Ένα φορτισμένο σώμα έχει φορτίο $q = -3\text{nC}$ τότε:
- α. έλκεται από φορτισμένη πλαστική ράβδο.
 - β. απωθείται από φορτισμένη γυάλινη ράβδο.
 - γ. έχει ομώνυμο φορτίο με τη φορτισμένη γυάλινη ράβδο.
 - δ. έχει ομώνυμο φορτίο με τη φορτισμένη πλαστική ράβδο.
5. Όταν δύο αντικείμενα από το ίδιο υλικό, τα οποία τα τρίψαμε σε πλαστική σακούλα, απωθούνται, τότε συμπεραίνουμε ότι:
- α. απέκτησαν όμοια φορτία,
 - β. φορτίστηκε μόνο το ένα,
 - γ. απέκτησαν αντίθετα φορτία,
 - δ. δεν φορτίστηκαν καθόλου.
6. Ας υποθέσουμε ότι έχουμε τρία φορτισμένα σώματα Α, Β και Γ με φορτία $Q_1 = +15\mu\text{C}$, $Q_2 = +20\text{nC}$ και $Q_3 = +12\text{mC}$ αντίστοιχα. Ποιο από τα σώματα ασκεί μεγαλύτερη ηλεκτρική δύναμη σε ένα τέταρτο φορτισμένο σώμα Δ;
- α. το Α.
 - β. το Β.
 - γ. το Γ.
 - δ. και τα τρία ασκούν ίδια δύναμη αφού και τα τρία είναι ηλεκτρικά φορτισμένα.
7. Όταν δύο σώματα έχουν ηλεκτρικά φορτία $q_1 = +4\mu\text{C}$ και $q_2 = -4\mu\text{C}$, το συνολικό τους φορτίο είναι:
- α. $q_{\text{ολ}} = +8\mu\text{C}$
 - β. $q_{\text{ολ}} = -8\mu\text{C}$
 - γ. $q_{\text{ολ}} = 0$
8. Το συνολικό φορτίο δύο ηλεκτρισμένων σωμάτων είναι μηδέν. Αν το φορτίο του ενός σώματος είναι $Q_1 = -8\mu\text{C}$, τότε για το φορτίο του δεύτερου σώματος έχουμε:
- α. ότι έχει φορτίο $Q_2 = -8\mu\text{C}$.
 - β. ότι έχει φορτίο $Q_2 = +8\mu\text{C}$.
 - γ. ότι δεν έχει φορτίο.
 - δ. ότι έχει σίγουρα φορτίο μεγαλύτερο από $+8\mu\text{C}$.
9. Θεωρήστε πέντε φορτισμένα σώματα, τα Α, Β, Γ, Δ και Ε. Αν γνωρίζετε ότι το Α έλκει το Β, το Γ έλκει το Ε, το Β απωθεί το Ε, το Δ έλκει το Β και ότι το Δ είναι φορτισμένο θετικά, να βρείτε το είδος του φορτίου των υπόλοιπων σωμάτων.

10. Μια γυάλινη ράβδος Α την τρίβουμε με μεταξωτό ύφασμα, ενώ μια ράβδος Β από πλαστικό την τρίβουμε με μάλλινο ύφασμα. Άλλη ράβδος Γ είναι θετικά φορτισμένη. Αν πλησιάσουμε τις ράβδους μεταξύ τους, ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι σωστές;
- α. Η Γ έλκει τη Β και απωθεί την Α.
 - β. Η Γ έλκει την Α και απωθεί τη Β.
 - γ. Η Γ έλκει και την Α και τη Β.
 - δ. Η Α έλκει τη Β και απωθεί τη Γ.
11. Τα σώματα Κ, Λ, Μ και Ν είναι ηλεκτρικά φορτισμένα. Το σώμα Κ έλκεται από το Λ. Το σώμα Λ έλκεται από το Μ, ενώ τα σώματα Μ και Ν απωθούνται μεταξύ τους. Αν το σώμα Ν είναι θετικά φορτισμένο τότε:
- α. το Κ έλκει το Ν.
 - β. το Λ έλκει το Ν.
 - γ. το Κ έχει αρνητικό φορτίο.
 - δ. το Λ έχει θετικό φορτίο.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΛΥΣΗ

1. Ένα σύστημα φορτίων αποτελείται από τα ηλεκτρικά φορτία $q_1 = 5\mu\text{C}$ και $q_2 = -3\mu\text{C}$. Να υπολογίσεις το ολικό φορτίο του συστήματος.
2. Ένα σύστημα φορτίων αποτελείται από τα ηλεκτρικά φορτία $q_1 = +4\mu\text{C}$, $q_2 = -2\mu\text{C}$, $q_3 = -1\mu\text{C}$ και $q_4 = +3\mu\text{C}$. Να υπολογίσεις το ολικό φορτίο του συστήματος.
3. Να μετατρέψετε τα παρακάτω φορτία στο S.I.:
- α. $q_1 = +80\text{mC} \rightarrow$
 - β. $q_2 = -400\mu\text{C} \rightarrow$
 - γ. $q_3 = -1500\text{nC} \rightarrow$
 - δ. $q_4 = +1850\text{pC} \rightarrow$
4. Σε μία περιοχή περιέχονται τα ίσα μεταξύ τους θετικά φορτία $+q_1$ και $+q_2$ και το αρνητικό φορτίο $q_3 = -8\text{nC}$. Το σύστημα των φορτίων έχει ολικό φορτίο $q_{\text{ολ}} = +4\text{nC}$. Να υπολογίσεις την τιμή των φορτίων q_1 και q_2 .
5. Σε μία περιοχή περιέχονται τα φορτία $q_1 = +8\mu\text{C}$, $q_2 = -2\mu\text{C}$ και το φορτίο q_3 . Αν η περιοχή είναι ηλεκτρικά ουδέτερη, να υπολογίσετε το φορτίο q_3 .

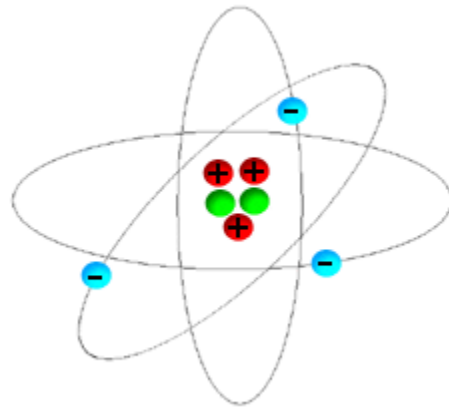
Το ηλεκτρικό φορτίο στο εσωτερικό του ατόμου

Τα υλικά αντικείμενα αποτελούνται από πολύ μικρά σωματίδια που ονομάζονται άτομα.

Δομή του ατόμου:

Κάθε άτομο έχει έναν πυρήνα με θετικό ηλεκτρικό φορτίο και ηλεκτρόνια που περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα με αρνητικό φορτίο.

- Όλα τα ηλεκτρόνια έχουν την ίδια μάζα και το ίδιο ηλεκτρικό φορτίο, κάνοντάς τα πανομοιότυπα μεταξύ τους.
- Ο πυρήνας είναι σύνθετος και αποτελείται από πρωτόνια και νετρόνια. Το πρωτόνιο και το νετρόνιο έχουν σχεδόν ίδιες μάζες, με το **πρωτόνιο να είναι θετικά φορτισμένο και τα νετρόνιο να είναι ουδέτερο**. Όλα τα πρωτόνια έχουν την ίδια μάζα και το ίδιο φορτίο, άρα είναι όμοια μεταξύ τους.
- Το φορτίο ενός πρωτονίου είναι ίσο με $+1,6 \cdot 10^{-19}$ C ενώ ενός ηλεκτρονίου είναι ίσο με $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C. Έτσι, το πρωτόνιο και το ηλεκτρόνιο έχουν αντίθετα φορτία. **Αυτά τα φορτία είναι τα μικρότερα που έχουν παρατηρηθεί στη φύση.**
- Σε κάθε άτομο, ο αριθμός των πρωτονίων στον πυρήνα είναι ίσος με τον αριθμό των ηλεκτρονίων που περιστρέφονται γύρω του, **καθιστώντας τα άτομα ηλεκτρικά ουδέτερα**.



Πώς τα σώματα αποκτούν ηλεκτρικό φορτίο:

Συχνά, ένα άτομο μπορεί να αποβάλλει ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια, με αποτέλεσμα να μην είναι πλέον ηλεκτρικά ουδέτερο και να **μετατρέπεται σε ιόν**. Δεδομένου ότι τα άτομα είναι ηλεκτρικά ουδέτερα, και τα σώματα που αποτελούνται από άτομα είναι επίσης ηλεκτρικά ουδέτερα.

Ωστόσο:

- α. Όταν ένα άτομο **αποβάλλει ηλεκτρόνια**, το θετικό φορτίο των πρωτονίων στον πυρήνα υπερσχύει και το άτομο **φορτίζεται θετικά** (γίνεται θετικό ιόν-κατιόν).
- β. Όταν ένα άτομο **προσλαμβάνει ηλεκτρόνια**, το αρνητικό φορτίο των ηλεκτρονίων υπερσχύει και το άτομο **φορτίζεται αρνητικά** (γίνεται αρνητικό ιόν-ανιόν).

Γενικά:

Η φόρτιση των σωμάτων συμβαίνει μέσω της μεταφοράς ηλεκτρονίων. Το σώμα που χάνει ηλεκτρόνια γίνεται **θετικά φορτισμένο**, ενώ το σώμα που αποκτά ηλεκτρόνια γίνεται **αρνητικά φορτισμένο**.

Προσοχή!

Τα πρωτόνια δεν μπορούν να μετακινηθούν εύκολα για δύο λόγους:

- 1) Έχουν μεγάλη μάζα σε σχέση με τα ηλεκτρόνια.
- 2) Βρίσκονται παγιδευμένα στο εσωτερικό των πυρήνων των ατόμων.

Επειδή τα ηλεκτρόνια έλκονται από τον αντίθετα φορτισμένο πυρήνα, η απόσπαση ηλεκτρονίων από το άτομο απαιτεί προσφορά ενέργειας, ώστε να υπερνικηθεί αυτή η έλξη. Μπορούμε να προσφέρουμε την απαραίτητη ενέργεια μέσω ακτινοβολίας, τριβής κτλ.

Δύο σημαντικές ιδιότητες του ηλεκτρικού φορτίου:

α) Αρχή διατήρησης ηλεκτρικού φορτίου

Σε οποιαδήποτε διαδικασία είτε αυτή συμβαίνει στο μικρόκοσμο είτε αυτή συμβαίνει στο μακρόκοσμο, ο συνολικός αριθμός των ηλεκτρονίων δεν μεταβάλλεται με αποτέλεσμα το συνολικό φορτίο να **διατηρείται σταθερό**.

β) Κβάντωση του ηλεκτρικού φορτίου

Το ηλεκτρικό φορτίο οφείλεται σε **περίσσεια ή σε έλλειμα ηλεκτρονίων**. Το ηλεκτρόνιο **δεν μπορεί να διαιρεθεί** οπότε:

Το ηλεκτρικό φορτίο κάθε φορτισμένου σώματος είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου που είναι θετικά φορτισμένο. Το ηλεκτρικό φορτίο δηλαδή εμφανίζεται σε «πακέτα» τα οποία τα ονομάζουμε **κβάντα** και αυτή την ιδιότητα του ηλεκτρικού φορτίου την ονομάζουμε **κβάντωση**.

Συνεπώς σύμφωνα με την ιδιότητα της κβάντωσης μπορούμε να χρησιμοποιούμε την εξής σχέση:

$$q = N \cdot |q_e|$$

Όπου: q το φορτίο ενός σώματος, N ο αριθμός των ηλεκτρονίων, q_e το στοιχειώδες φορτίο του ενός ηλεκτρονίου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Να συμπληρώσετε τα κενά με τις κατάλληλες λέξεις στις προτάσεις που ακολουθούν.
 - A. Κάθε άτομο αποτελείται από έναν γύρω από τον οποίο περιφέρονται.....
 - B. Σε κάθε άτομο, ο αριθμός των πρωτονίων του πυρήνα είναι με τον αριθμό των που περιφέρονται γύρω από αυτόν. Επομένως το άτομο είναι ηλεκτρικά
 - Γ. Όταν ένα άτομο αποβάλλει ένα ή περισσότερα παύει να είναι

ηλεκτρικά

Δ. Η φόρτιση των σωμάτων γίνεται με ηλεκτρονίων. Το σώμα που ηλεκτρόνια φορτίζεται με θετικό φορτίο, ενώ το σώμα που τα αποβάλλει φορτίζεται με φορτίο.

Ε. Σε οποιαδήποτε διαδικασία φόρτισης είτε αυτή συμβαίνει στο μικροσκοπικό είτε στο μακροσκοπικό το ολικό των σωμάτων διατηρείται σταθερό.

Στ. Το ηλεκτρικό φορτίο εμφανίζεται σε τα οποία ονομάζονται και αυτή η ιδιότητα του λέγεται

2. Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή και με Λ κάθε λανθασμένη από τις επόμενες προτάσεις.
 - A. Ο αριθμός πρωτονίων και νετρονίων σε ένα ηλεκτρικά ουδέτερο άτομο είναι ίδιος.
 - B. Το ηλεκτρικό φορτίο είναι μονόμετρο φυσικό μέγεθος.
 - Γ. Το φορτίο του πυρήνα είναι αρνητικό.
 - Δ. Τα νετρόνια είναι ηλεκτρικά ουδέτερα και έχουν περίπου ίση μάζα με αυτή των πρωτονίων.
 - Ε. Τα ιόντα δημιουργούνται μόνο όταν ένα άτομο αποβάλλει ηλεκτρόνια.
3. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι η σωστή;
 - α. Τα υλικά σώματα αποτελούνται μόνο από νετρόνια.
 - β. Τα άτομα είναι ηλεκτρικά ουδέτερα.
 - γ. Τα ηλεκτρόνια θα τα συναντήσεις στους πυρήνες των ατόμων.
 - δ. Όταν ένα άτομο αποβάλλει ηλεκτρόνια, φορτίζεται αρνητικά.
4. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι η σωστή;
 - α. Άλλα ηλεκτρόνια έχουν μεγάλη μάζα και άλλα μικρή.
 - β. Τα πρωτόνια έχουν αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο.
 - γ. Η φόρτιση σωμάτων γίνεται με μετακίνηση πρωτονίων.
 - δ. Η φόρτιση των σωμάτων γίνεται με μετακίνηση ηλεκτρονίων.
5. Όταν μια γυάλινη ράβδο την τρίβουμε με μεταξωτό ύφασμα η φόρτιση της ράβδου επιτυγχάνεται:
 - α. με μεταφορά ηλεκτρονίων από το ύφασμα στη ράβδο,
 - β. με μεταφορά πρωτονίων από το ύφασμα στη ράβδο,
 - γ. με μεταφορά ηλεκτρονίων και πρωτονίων από τη ράβδο στο ύφασμα,
 - δ. με μεταφορά ηλεκτρονίων από τη ράβδο στο ύφασμα.
6. Μια ράβδος από πλαστικό είναι αρνητικά φορτισμένη. Αυτό σημαίνει ότι:
 - α) έχει μόνο ηλεκτρόνια και καθόλου πρωτόνια,
 - β) έχει περισσότερα ηλεκτρόνια από πρωτόνια,
 - γ) δεν έχει καθόλου πρωτόνια,
 - δ) έχει ίσο αριθμό πρωτονίων και ηλεκτρονίων.

7. Δύο μεταλλικές σφαίρες έχουν φορτία $+3 \mu\text{C}$ και $+2 \mu\text{C}$ αντίστοιχα. Τις φέρνουμε σε επαφή και τις απομακρύνουμε, προσέχοντας να παραμένουν ηλεκτρικά μονωμένες από το περιβάλλον τους. Μετά την επαφή τους οι σφαίρες έχουν φορτία:
- α. $+2 \mu\text{C}$ και $+2 \mu\text{C}$ αντίστοιχα,
 - β. $+1 \mu\text{C}$ και $+4 \mu\text{C}$ αντίστοιχα,
 - γ. $+5 \mu\text{C}$ και $+1 \mu\text{C}$ αντίστοιχα.
- Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΛΥΣΗ

1. Η γυάλινη ράβδος, μόλις την τρίψαμε σε μεταξωτό ύφασμα, απέκτησε ηλεκτρικό φορτίο $q = +1,6 \text{ nC}$.
- α. Η ράβδος απέβαλε κάποια ηλεκτρόνια ή προσέλαβε και άλλα από το ύφασμα;
 - β. Να υπολογίσεις το πλήθος N των ηλεκτρονίων που απέβαλε ή προσέλαβε η ράβδος. Το φορτίο κάθε ηλεκτρονίου είναι $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
2. Τρίβουμε μια γυάλινη ράβδο με μεταξωτό ύφασμα. Η γυάλινη ράβδος αποκτά φορτίο $q_1 = +64 \cdot 10^{-12} \mu\text{C}$.
- α) Πόσο φορτίο αποκτά το μεταξωτό ύφασμα;
 - β) Πόσα ηλεκτρόνια φύγαν από τη γυάλινη ράβδο και πόσα πήγαν στο ύφασμα;
- Δίνεται: $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Τρόποι ηλεκτρίσης και η μικροσκοπική ερμηνεία

Υπάρχουν τρεις τρόποι ηλεκτρίσης:

- 1) Με τριβή.
- 2) Με επαφή.
- 3) Με επαγωγή.

Ηλεκτρίση με τριβή

Όταν τρίβουμε μια γυάλινη ράβδο με μεταξωτό ύφασμα, η ράβδος αποκτά θετικό φορτίο, ενώ το ύφασμα αποκτά αρνητικό φορτίο.

Ερμηνεία του φαινομένου:

Τα ηλεκτρόνια που είναι πιο απομακρυσμένα από τον πυρήνα θα τα λέμε εξωτερικά ηλεκτρόνια. Αυτά συγκρατούνται από τον πυρήνα με μικρές ελκτικές δυνάμεις και μπορούν σχετικά εύκολα να αποσπαστούν από το άτομο. Όταν τρίβουμε τη ράβδο με το μεταξωτό ύφασμα, **τα εξωτερικά ηλεκτρόνια από τα άτομα του γυαλιού μετακινούνται προς το ύφασμα**. Έτσι, η γυάλινη ράβδος φορτίζεται θετικά, ενώ το ύφασμα φορτίζεται αρνητικά.

Τα εξωτερικά ηλεκτρόνια του μεταξωτού υφάσματος έλκονται με ισχυρότερες δυνάμεις από τους πυρήνες των ατόμων, με αποτέλεσμα να είναι αδύνατη η μετακίνηση των εξωτερικών ηλεκτρονίων από το ύφασμα προς τη ράβδο. Με άλλα λόγια τα εξωτερικά ηλεκτρόνια στους πυρήνες των ατόμων του μεταξωτού υφάσματος χρειάζονται περισσότερη ενέργεια για να αποσπαστούν.

Παρατήρηση

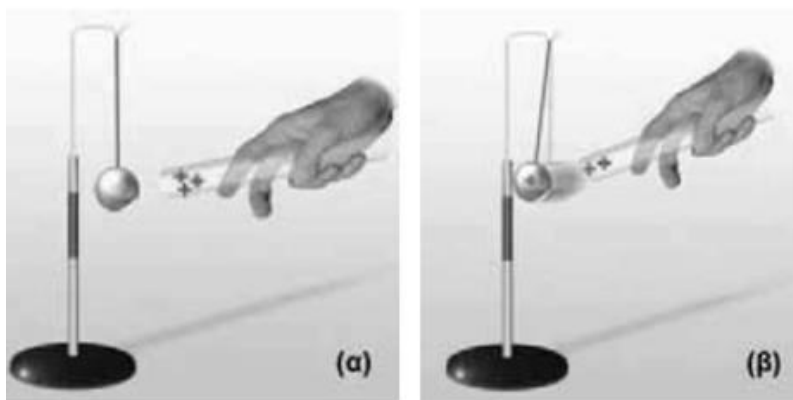
Η ενέργεια που απαιτείται **από τον άνθρωπο** που τρίβει τη ράβδο με το ύφασμα **μέσω του έργου της δύναμης της τριβής**.

Συμπέρασμα:

Κατά την ηλεκτρίση με τριβή, λόγω της ισχύος της αρχής διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου προκύπτει ότι τα δύο σώματα που τρίβονται αποκτούν ίσα κατά μέτρο αλλά αντίθετα φορτία.

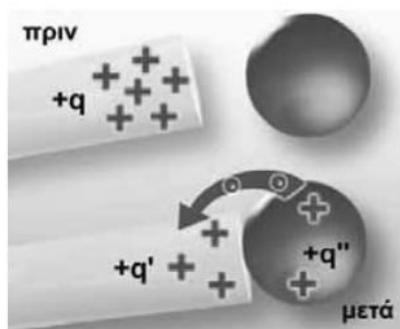
Ηλέκτριση με επαφή

Αν φέρουμε σε επαφή ένα ηλεκτρικά ουδέτερο σώμα με ένα άλλο φορτισμένο, το πρώτο αποκτά φορτίο ίδιου είδους με το φορτισμένο σώμα. Για παράδειγμα στην εικόνα φαίνεται μία αρχικά ηλεκτρικά ουδέτερη σφαίρα του ηλεκτρικού εκκρεμούς, η οποία έρχεται σε επαφή με μία θετικά φορτισμένη ράβδο.



Ερμηνεία του φαινομένου

Η θετικά φορτισμένη ράβδος έχει έλλειμμα ηλεκτρονίων. Όταν έρχεται σε επαφή με την ηλεκτρικά ουδέτερη σφαίρα, κάποια ηλεκτρόνια έλκονται από τη ράβδο και μετακινούνται προς αυτή. Έτσι πλέον η σφαίρα έχει και αυτή έλλειμμα ηλεκτρονίων, με αποτέλεσμα να φορτίζεται θετικά. Τελικά τα σώματα έχουν ίδιου είδους φορτίου και απωθούνται. Το φαινόμενο υποδεικνύεται καλύτερα στην παρακάτω εικόνα.



Αν τώρα είχαμε ένα ουδέτερο και ένα αρνητικά φορτισμένο σώμα, η διαδικασία θα γινόταν αντίστροφα, δηλαδή τα ηλεκτρόνια θα κινούνταν από το αρνητικά φορτισμένο σώμα με περίσσεια ηλεκτρονίων, προς το ουδέτερο. Έτσι και τα δύο σώματα θα είχαν τελικά αρνητικό φορτίο.

Συμπέρασμα:

Κατά την ηλεκτρίση με επαφή ισχύει η αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου: το άθροισμα των φορτίων που αποκτούν τα δύο σώματα είναι ίσο με το φορτίο που είχε αρχικά το ένα. Τα δύο φορτία αποκτούν ίδιου είδους φορτίο.

Αγωγοί και μονωτές:

Αγωγοί: ονομάζονται τα σώματα που επιτρέπουν το διασκορπισμό του ηλεκτρικού φορτίου σε όλη τους την έκταση.

Πχ. όταν φορτίζουμε ένα μεταλλικό σώμα σε κάποια περιοχή του, το ηλεκτρικό φορτίο διασκορπίζεται σε όλη του την έκταση.

Μονωτές: ονομάζονται τα σώματα στα οποία το φορτίο δε διασκορπίζεται αλλά παραμένει εντοπισμένο στην περιοχή του σώματος που φορτίσαμε

Πχ. όταν φορτίζουμε μία γυάλινη ή μία πλαστική ράβδο, το φορτίο παραμένει εντοπισμένο στην περιοχή που φορτίσαμε, ενώ οι υπόλοιπες περιοχές της ράβδου παραμένουν αφόρτιστες.

Εξήγηση της αγωγιμότητας των μετάλλων

Στα άτομα των μετάλλων τα εξωτερικά ηλεκτρόνια συγκρατούνται με ασθενείς δυνάμεις από τους πυρήνες οπότε διαφεύγουν και κινούνται ελεύθερα σε ολόκληρη την έκταση του μετάλλου. Για το λόγο αυτό λέγονται **ελεύθερα ηλεκτρόνια**. Τα άτομα των μετάλλων μετατρέπονται σε **θετικά ιόντα** μιας και εμφανίζουν έλλειμμα ηλεκτρονίων. Τα θετικά ιόντα έχουν μεγάλη μάζα και δεν μπορούν να κινηθούν ελεύθερα, κάνουν όμως μικρές κινήσεις γύρω από την θέση τους σχηματίζοντας μαζί με τα υπόλοιπα θετικά ιόντα το μεταλλικό πλέγμα του υλικού. Παραδείγματα: σίδηρος, χαλκός, αλουμίνιο, υδράργυρος, μόλυβδος κλπ.

Προσοχή!

Σε ένα αφόρτιστο μεταλλικό σώμα το ολικό αρνητικό φορτίο των ελεύθερων ηλεκτρονίων του είναι ίδιο με το ολικό θετικό φορτίο των θετικών ιόντων του. Έτσι ο μεταλλικός αγωγός είναι ηλεκτρικά ουδέτερος, αν και διαθέτει ένα μεγάλο πλήθος ελεύθερων ηλεκτρονίων.

Ερμηνεία της συμπεριφοράς των μονωτών

Στα άτομα των μονωτών τα εξωτερικά ηλεκτρόνια συγκρατούνται με ισχυρές δυνάμεις από τους πυρήνες. Έτσι δεν είναι ελεύθερα να κινηθούν σε όλη την έκταση του υλικού.

- Αν προσληφθούν ηλεκτρόνια, παραμένουν παγιδευμένα από τα άτομα στην περιοχή φόρτισης.
- Αν ο μονωτής αποβάλλει ηλεκτρόνια από κάποια περιοχή, το έλλειμμα που δημιουργείται παραμένει εντοπισμένο και πάλι σ' αυτή την περιοχή.

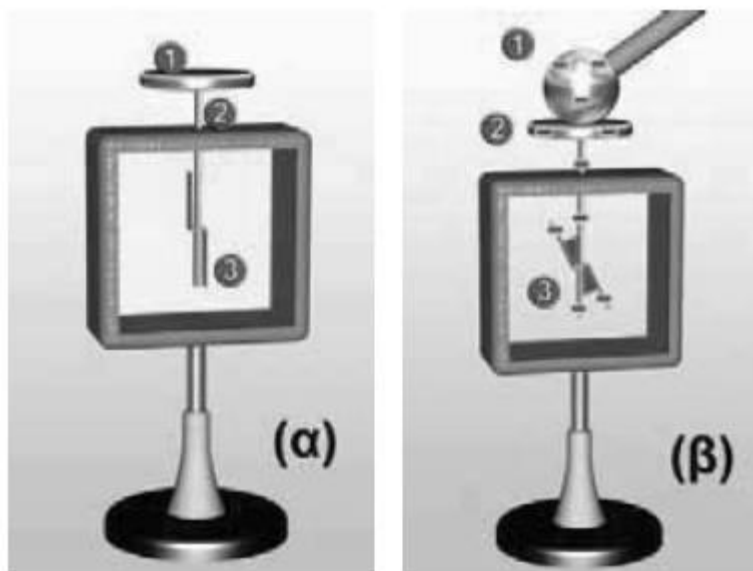
Παραδείγματα μονωτών: πλαστικό, καουτσούκ, γυαλί, εβονίτης, ξύλο, κερί κλπ.

- Το καθαρό νερό είναι μονωτής, ενώ το νερό της βρύσης είναι αγωγός καθώς περιέχει άλατα.
- Ο ξηρός αέρας είναι μονωτής ενώ ο υγρός αέρας είναι αγωγός.

Ανίχνευση του ηλεκτρικού φορτίου – Το ηλεκτροσκόπιο:

Για τη μελέτη της ηλεκτρίσης και την ανίχνευση του ηλεκτρικού φορτίου στο εργαστήριο χρησιμοποιούμε το ηλεκτροσκόπιο. Ένα παράδειγμα ηλεκτροσκοπίου που είδαμε είναι το ηλεκτρικό εκκρεμές. Άλλο ένα παράδειγμα που θα μελετήσουμε είναι το ηλεκτροσκόπιο με κινητά φύλλα. Τα χαρακτηριστικά μέρη του είναι:

- 1) Ο μεταλλικός δίσκος ή σφαίρα
- 2) Το μεταλλικό στέλεχος
- 3) Τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου. Είναι ένα ή δύο κινητά ελαφρά μεταλλικά ελάσματα που βρίσκονται σε χώρο που περιβάλλεται από γυαλί ή μονωτικό υλικό.



Αρχικά τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου είναι το ένα δίπλα στο άλλο. Όταν φέρουμε σε επαφή το ηλεκτροσκόπιο με ένα φορτισμένο σώμα τότε ο δίσκος αποκτά το ίδιο φορτίο με το σώμα. Το φορτίο του δίσκου διασκορπίζεται σε όλη την έκταση του καθώς και στο μεταλλικό στέλεχος. Έτσι τα δύο φύλλα αποκτούν ίδιο φορτίο και απωθούνται μεταξύ τους σχηματίζοντας γωνία με το κινητό στέλεχος. Το μέγεθος της γωνίας αυτής αποτελεί ένα μέτρο της ποσότητας του φορτίου που έχει μεταφερθεί στο ηλεκτροσκόπιο, άρα και του φορτίου του σώματος. Συνεπώς όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία, τόσο μεγαλύτερο είναι και το φορτίο.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

- Να συμπληρώσετε τα κενά με τις κατάλληλες λέξεις στις προτάσεις που ακολουθούν.
 - Κατά την ηλεκτρίση με τριβή, λόγω της αρχής του φορτίου προκύπτει ότι τα δύο σώματα που τρίβονται αποκτούν κατά μέτρο αλλά φορτία.
 - Κατά την ηλεκτρίση με επαφή το των φορτίων που αποκτούν τα δύο σώματα τελικά είναι με το φορτίο που είχε αρχικά το ένα.
 - Τα σώματα που επιτρέπουν το του ηλεκτρικού φορτίου σε όλη τους την έκταση ονομάζονται
 - Με το μπορούμε να μελετήσουμε ηλεκτρίση των σωμάτων και να ανιχνεύσουμε το ηλεκτρικό
 - Ο ξηρός αέρας είναι ενώ ο υγρός αέρας είναι
- Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή και με Λ κάθε λανθασμένη από τις επόμενες προτάσεις.
 - Το ηλεκτροσκόπιο μας βοηθά να διαπιστώσουμε το είδος του ηλεκτρικού φορτίου ενός ηλεκτρισμένου σώματος.

- β. Το ανθρώπινο σώμα είναι μονωτής.
 γ. Όσο μεγαλύτερη είναι η απόκλιση των μεταλλικών ελασμάτων ενός ηλεκτροσκοπίου τόσο μεγαλύτερο φορτίο έχει ένα φορτισμένο σώμα.
 δ. Το πλαστικό είναι αγωγός.
 ε. Το γυαλί είναι μονωτής.
 στ. Τα μεταλλικά σώματα ηλεκτρίζονται μόνο με τριβή.
3. Μια σφαίρα φορτίζεται με τριβή. Για ποια από τις επόμενες προτάσεις η σφαίρα είναι αγωγός και για ποια είναι μονωτής;
 α. Τα φορτία παραμένουν στην περιοχή που τρίφτηκε.
 β. Τα φορτία διαχέονται σε όλη την επιφάνεια της σφαίρας.
4. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι η σωστή;
 α. Αν φορτίσουμε ένα μεταλλικό σώμα σε κάποια περιοχή του, το ηλεκτρικό φορτίο παραμένει εντοπισμένο σε αυτή την περιοχή.
 β. Ο σίδηρος είναι ηλεκτρικός αγωγός, ενώ ο χαλκός είναι μονωτής.
 γ. Ο σίδηρος και ο χαλκός, ως μέταλλα, είναι ηλεκτρικοί αγωγοί.
 δ. Καμία από τις παραπάνω προτάσεις δεν είναι σωστή.
5. Τρίβουμε μια πλαστική ράβδο με μάλλινο ύφασμα. Τι από τα παρακάτω ισχύει μετά την τριβή των δύο σωμάτων;
 α. Η ράβδος φορτίζεται αρνητικά ενώ το ύφασμα μένει ηλεκτρικά ουδέτερο.
 β. Η ράβδος φορτίζεται θετικά ενώ το ύφασμα μένει ηλεκτρικά ουδέτερο.
 γ. Η ράβδος και το ύφασμα φορτίζονται αρνητικά.
 δ. Η ράβδος φορτίζεται αρνητικά ενώ το ύφασμα φορτίζεται θετικά.
6. Φέρνουμε σε επαφή μια φορτισμένη ράβδο φορτίου $q = + 24\text{nC}$ με μια ηλεκτρικά ουδέτερη μεταλλική σφαίρα. Μετά την επαφή:
 α. Η μεταλλική σφαίρα αποκτά φορτίο $q' = + 24\text{nC}$ ενώ η ράβδος γίνεται ηλεκτρικά ουδέτερη.
 β. Η μεταλλική σφαίρα αποκτά φορτίο $q' = - 24\text{nC}$ ενώ η ράβδος γίνεται ηλεκτρικά ουδέτερη.
 γ. Η μεταλλική σφαίρα αποκτά αρνητικό φορτίο ενώ η ράβδος συνεχίζει να έχει θετικό φορτίο.
 δ. Η μεταλλική σφαίρα αποκτά θετικό φορτίο.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΛΥΣΗ

1. Τρίβουμε μια γυάλινη ράβδο με ένα μεταξωτό ύφασμα οπότε παρατηρούμε ότι έχει φορτιστεί θετικά. Να εξηγήσετε τι έχει συμβεί και έχει φορτιστεί θετικά. Το ύφασμα φορτίστηκε ή όχι; Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας.
2. Έχουμε τρεις όμοιες μεταλλικές σφαίρες Α, Β και Γ. Η σφαίρα Α έχει αρχικά φορτίο $q_A = 20C$. Φέρνουμε σε επαφή τις σφαίρες Α και Β και στην συνέχεια τις απομακρύνουμε. Στη συνέχεια φέρνουμε σε επαφή τις σφαίρες Β και Γ και μετά τις απομακρύνουμε. Να υπολογίσετε τις τελικές τιμές του φορτίου για την κάθε σφαίρα.

Νόμος του Κουλόμπ

Σαρλ Κουλόμπ: Γάλλος φυσικός που μελέτησε την ηλεκτρική δύναμη. Κατέληξε μέσω πειραμάτων σε ορισμένα συμπεράσματα για την αλληλεπίδραση μεταξύ φορτισμένων σωμάτων.

Τι πρέπει να γνωρίζουμε:

Ηλεκτρική δύναμη και απόσταση:

Η ηλεκτρική δύναμη με την οποία αλληλεπιδρούν δύο μικρές φορτισμένες σφαίρες είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης μεταξύ των σφαιρών.

Ηλεκτρική δύναμη και φορτίο:

Η ηλεκτρική δύναμη με την οποία αλληλεπιδρούν δύο μικρές φορτισμένες σφαίρες είναι ανάλογη με το ηλεκτρικό φορτίο της κάθε μίας και επομένως με το γινόμενο τους όταν η απόσταση των σφαιρών παραμένει σταθερή.

Τα παραπάνω συμπεράσματα αποτελούν αν τα συνοψίσουμε τον **νόμο του Κουλόμπ**. Ωστόσο η δύναμη γνωρίζουμε ότι είναι διανυσματικό μέγεθος, συνεπώς θα πρέπει να την προσδιορίζουμε κατά μέτρο και κατεύθυνση.

Νόμος του Κουλόμπ:

Α) Μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης (δύναμη Κουλόμπ):

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

Μαθηματική διατύπωση:

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

Όπου K , η **ηλεκτρική σταθερά**. Η τιμή της εξαρτάται από:

- 1) το υλικό μέσα στο οποίο βρίσκονται τα φορτισμένα σώματα και
- 2) το σύστημα μονάδων που χρησιμοποιούμε.

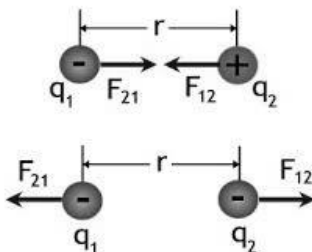
Στο Διεθνές σύστημα Μονάδων για το κενό και κατά προσέγγιση για τον αέρα η ηλεκτρική σταθερά έχει τιμή:

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

Β) Κατεύθυνση της δύναμης Κουλόμπ:

Διεύθυνση: βρίσκεται πάντοτε στην ευθεία που συνδέει τα δύο σημειακά φορτία.

Φορά: (i) από το ένα φορτίο προς το άλλο, όταν αυτά είναι ετερόνυμα (έλκονται) και (ii) προς το άπειρο όταν τα φορτία είναι ομώνυμα (απωθούνται).



Παρατήρηση: οι ηλεκτρικές δυνάμεις είναι δυνάμεις δράσεις – αντίδρασης, οπότε, σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα, έχουν αντίθετη φορά και ίσα μέτρα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

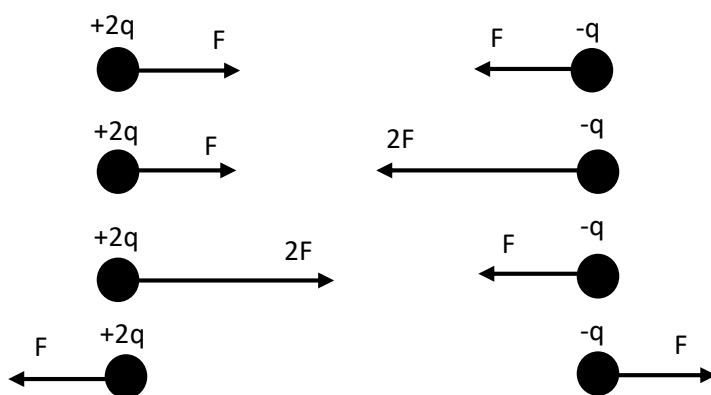
1. Να συμπληρώσετε τα κενά με τις κατάλληλες λέξεις στις προτάσεις που ακολουθούν.
 - A. Η ηλεκτρική δύναμη με την οποία αλληλεπιδρούν δύο σημειακά φορτία είναι του γινομένου των φορτίων.
 - B. Η ηλεκτρική δύναμη με την οποία αλληλεπιδρούν δύο σημειακά φορτία είναι ανάλογη του της απόστασης μεταξύ των φορτίων.

Γ. Η ηλεκτρική σταθερά K εξαρτάται από:

- α. Το μέσα στο οποίο βρίσκονται τα φορτισμένα σώματα και
- β. Το μονάδων που χρησιμοποιούμε.

Δ. Η διεύθυνση της ηλεκτρικής δύναμης συμπίπτει με την που ενώνει τα κέντρα των σημειακών φορτίων που αλληλεπιδρούν.

2. Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή και με Λ κάθε λανθασμένη από τις επόμενες προτάσεις.
- α. Ο νόμος του Κουλόμπ είναι γενικός και ισχύει και για δύο αφόρτιστα σώματα.
 - β. Το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης που αναπτύσσεται μεταξύ δύο σημειακών φορτίων εξαρτάται από το μέσο μέσα στο οποίο βρίσκονται τα φορτία.
 - γ. Αν μειώσουμε την απόσταση μεταξύ δύο φορτισμένων σωμάτων που αλληλεπιδρούν τότε η ηλεκτρική δύναμη αυξάνει.
 - δ. Η δύναμη Κουλόμπ που ασκείται μεταξύ φορτισμένων σωμάτων ικανοποιεί τον τρίτο Νόμο του Νεύτωνα.
3. Δύο σημειακά φορτία απέχουν μεταξύ τους απόσταση r και αλληλεπιδρούν με ηλεκτρική δύναμη μέτρου F . Αν διπλασιάσουμε την τιμή μόνο του ενός φορτίου τότε η ηλεκτρική δύναμη γίνεται:
- α. διπλάσια
 - β. υποτετραπλάσια
 - γ. υποδιπλάσια
 - δ. δεν μεταβάλλεται.
4. Σε ποιο από τα παρακάτω σχήματα είναι σωστά ζωγραφισμένες οι ηλεκτρικές δυνάμεις,;

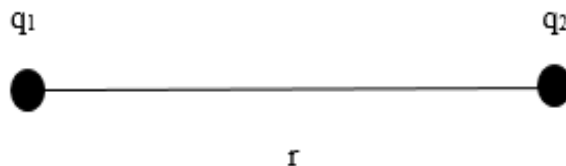


5. Τα σημειακά ηλεκτρικά φορτία q_1 , και q_2 απέχουν μεταξύ τους απόσταση r . Αν διπλασιάσουμε την απόσταση διατηρώντας σταθερά τα φορτία, οι ηλεκτρικές δυνάμεις που ανταλλάσσουν:
- α. Θα διπλασιαστούν και αυτές.
 - β. Θα τετραπλασιαστούν.
 - γ. Θα παραμείνουν ίδιες.
 - Δ. Θα υποτετραπλασιαστούν.
6. Δύο σημειακές φορτισμένες σφαίρες βρίσκονται σε απόσταση r . Αν διπλασιάσουμε το φορτίο της μίας, ενώ ταυτόχρονα μειώσουμε την μεταξύ τους απόσταση στο μισό τότε η ηλεκτρική δύναμη μεταξύ τους:
- α. διπλασιάζεται.
 - β. τετραπλασιάζεται.
 - γ. οκταπλασιάζεται.
 - δ. υποδιπλασιάζεται.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΛΥΣΗ

Για όλες τις ασκήσεις δίνεται: $K = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$

1. Δύο όμοια σημειακά ηλεκτρικά φορτία βρίσκονται ακίνητα σε σταθερή απόσταση μεταξύ τους. Τι θα συμβεί με τη μεταξύ τους δύναμη Κουλόμπ αν:
- α) το ένα φορτίο υποδιπλασιαστεί;
 - β) το ένα φορτίο υποδιπλασιαστεί και το άλλο διπλασιαστεί;
 - γ) το ένα φορτίο τριπλασιαστεί και το άλλο διπλασιαστεί;
2. Τα σημειακά ηλεκτρικά φορτία $q_1 = -16\mu C$ και $q_2 = -4\mu C$ του σχήματος απέχουν μεταξύ τους απόσταση $r = 2cm$.
- α) Να σχεδιάσετε τις ηλεκτρικές δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν και
 - β) Να υπολογίσετε τα μέτρα αυτών των δυνάμεων.



3. Δύο σημειακά ηλεκτρικά φορτία $q_1 = +2\mu\text{C}$ και $q_2 = -4\mu\text{C}$ βρίσκονται σε απόσταση r μεταξύ τους και έλκονται με ηλεκτρικές δυνάμεις μέτρου $F = 20\text{N}$ η καθεμία. Να υπολογίσετε την απόσταση r ανάμεσα φορτία.
4. Δύο ίδιες μεταλλικές σφαίρες είναι απομονωμένες και έχουν φορτία $Q_1 = +4\text{C}$ και $Q_2 = -2\text{C}$. Οι σφαίρες βρίσκονται σε απόσταση r και ασκούν η μια στην άλλη δύναμη μέτρου $F = 64\text{N}$. Φέρνουμε τις δύο σφαίρες σε επαφή και στη συνέχεια τις απομακρύνουμε σε διπλάσια με την αρχική απόσταση $r' = 2r$.
 - α) Να υπολογίσετε το φορτίο κάθε σφαίρας μετά την μεταξύ τους επαφή.
 - β) Να υπολογίσετε το μέτρο της νέας δύναμης που ασκείται μεταξύ των σφαιρών μετά την επαφή τους και την αλλαγή της μεταξύ τους απόστασης.
5. Δύο φορτία $Q_1 = 10\text{mC}$ και $Q_2 = 5\text{mC}$ βρίσκονται σε απόσταση $d = 0,1\text{m}$ μεταξύ τους. Να υπολογίσετε την δύναμη αλληλεπίδρασης.
6. Δύο μικρές σφαίρες Α και Β βρίσκονται στον αέρα, έχουν φορτία $q_A = -20\mu\text{C}$ με και $q_B = +40\mu\text{C}$ αντίστοιχα και απέχουν $r = 3\text{m}$ μεταξύ τους.
 - α) Πόση είναι η ελκτική δύναμη F μεταξύ των σφαιρών;
 - β) Πόσα ηλεκτρόνια πρέπει να πάρει η σφαίρα Β, ώστε η ελκτική δύναμη μεταξύ των σφαιρών να είναι πάλι F όταν τις φέρουμε σε απόσταση $r' = 1,5\text{m}$ μεταξύ τους;

Το ηλεκτρικό πεδίο

Παρατηρούμε ότι γύρω από ένα φορτισμένο σώμα (σε πεπερασμένη απόσταση) ασκούνται ηλεκτρικές δυνάμεις.. Αν φορτίσουμε λοιπόν ένα σώμα, ο χώρος γύρω του αποκτά την εξής ιδιότητα: «Σε κάθε φορτισμένο σώμα που τοποθετείται σε αυτόν ασκείται ηλεκτρική δύναμη». Λέμε ότι στο χώρο γύρω από το σώμα που φορτίσαμε υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο.

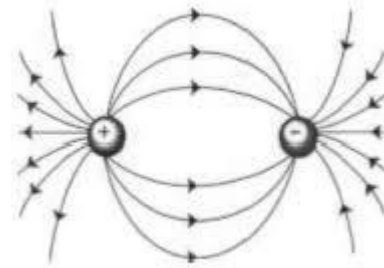
Ορισμός

Μια περιοχή του χώρου ονομάζεται ηλεκτρικό πεδίο, αν ασκούνται ηλεκτρικές δυνάμεις σε κάθε φορτισμένο σώμα που φέρνουμε μέσα σε αυτή.

Μπορούμε να λέμε λοιπόν ότι δύο φορτισμένα σώματα αλληλεπιδρούν, επειδή αλληλεπιδρούν τα πεδία τους.

Συνεπώς η ηλεκτρική δύναμη είναι μία διαδικασία δύο βημάτων:

- 1) Γύρω από κάθε φορτισμένο σώμα δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο
- 2) Τα φορτισμένα σώματα αλληλεπιδρούν μέσω των ηλεκτρικών πεδίων που δημιουργούν.



Ηλεκτρικό ρεύμα

Ορισμός

Ηλεκτρικό ρεύμα ονομάζεται η προσανατολισμένη κίνηση ηλεκτρονίων ή γενικότερα φορτισμένων σωματιδίων.

Αγωγοί, μονωτές, ημιαγωγοί και ηλεκτρικό ρεύμα

Αγωγοί: Τα υλικά στα οποία μπορεί να δημιουργηθεί προσανατολισμένη κίνηση των ηλεκτρονίων λόγω του μεγάλου πλήθους ελεύθερων ηλεκτρονίων που διαθέτουν.

Μονωτές: Υλικά στα οποία δεν μπορεί να υπάρξει προσανατολισμένη κίνηση ηλεκτρονίων, άρα και ηλεκτρικό ρεύμα. Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια είναι πολύ λιγότερα και συναντούν μεγάλη δυσκολία στην κίνησή τους.

Ημιαγωγοί: υλικά που κάτω από ορισμένες συνθήκες συμπεριφέρονται άλλοτε ως αγωγοί και άλλοτε ως μονωτές. Παραδείγματα ημιαγωγών είναι το γερμάνιο και το πυρίτιο.

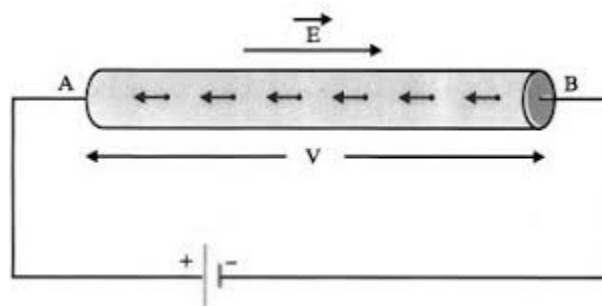
Σημείωση: Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια δεν κινούνται με την ίδια ευκολία μέσα σε όλους τους αγωγούς. Για παράδειγμα ο χαλκός είναι καλύτερος αγωγός από το σίδηρο.

Ηλεκτρική πηγή και ηλεκτρικό ρεύμα

Για να προκαλέσουμε ηλεκτρικό ρεύμα χρησιμοποιούμε μία ηλεκτρική πηγή. Εύκολα κατανοούμε την έννοια της ηλεκτρικής πηγής αν σκεφτούμε την λειτουργία μίας μπαταρίας.

Σε κάθε μπαταρία υπάρχουν δύο αντίθετα ηλεκτρισμένες περιοχές τις οποίες ονομάζουμε πόλους. Αν συνδέσουμε τους δύο πόλους μιας μπαταρίας με έναν μεταλλικό αγωγό (πχ. χάλκινο σύρμα), τότε στο εσωτερικό του σύρματος δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο, οπότε ασκείται ηλεκτρική δύναμη στα ελεύθερα ηλεκτρόνια. Η κίνησή τους έτσι από τυχαία, προσανατολίζεται από την κατεύθυνση της δύναμης.

Ως αποτέλεσμα τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται από τον αρνητικό προς τον θετικό πόλο και η προσανατολισμένη τους αυτή κίνηση δημιουργεί το ηλεκτρικό ρεύμα.



Συνεπώς η αιτία δημιουργίας του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα μεταλλικό αγωγό που συνδέεται με μία μπαταρία είναι το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται στο εσωτερικό του μεταλλικού αγωγού λόγω της μπαταρίας.

Προσοχή!

Η ηλεκτρική πηγή δεν δημιουργεί ελεύθερα ηλεκτρόνια. Θέτει τα ήδη ελεύθερα ηλεκτρόνια του αγωγού σε προσανατολισμένη κίνηση.

Ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος

Ορισμός

Ορίζουμε την ένταση I του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει έναν αγωγό ως το φορτίο q που διέρχεται από μία διατομή του αγωγού σε χρονικό διάστημα t προς το χρονικό διάστημα.

Μαθηματική διατύπωση:

$$I = \frac{q}{t}$$

Φυσικό μέγεθος: Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος

Σύμβολο: I

Εκφράζει τον ρυθμό διέλευσης ηλεκτρικού φορτίου από μία διατομή του αγωγού.

Μονάδα μέτρησης στο S.I.: 1A (1 Ampere).

Σύμφωνα με την μαθηματική διατύπωση $1A = \frac{1C}{1s}$

1C είναι το φορτίο που διέρχεται κάθε δευτερόλεπτο από μία διατομή ενός αγωγού που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης 1A.

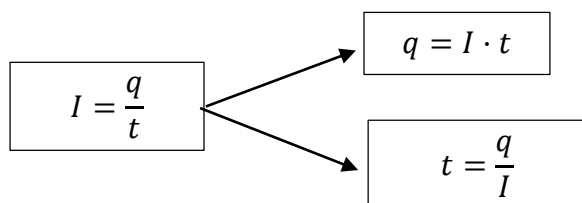
Υποπολλαπλάσια του Ampere:

$$1mA = 10^{-3} A$$

$$1\mu A = 10^{-6} A$$

$$1kA = 10^3 A$$

Για τις ασκήσεις:



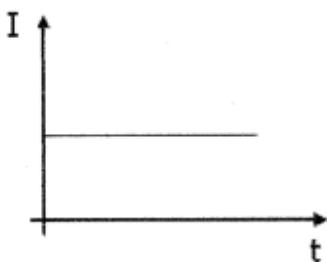
Δεν ξεχνάμε την σχέση που γνωρίζουμε για το ηλεκτρικό φορτίο βάση της ιδιότητας της κβάντωσης:

$$q = N \cdot |q_e| = N \cdot e$$

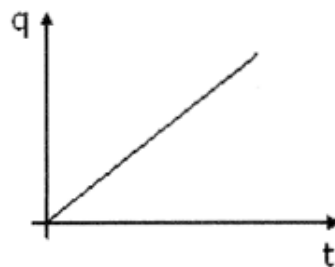
Όπου N , ο αριθμός των ηλεκτρονίων και e , το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Γραφικές παραστάσεις:

- Η γραφική παράσταση $I-t$ είναι μία ευθεία παράλληλη στον άξονα του χρόνου. Η ένταση παραμένει σταθερή.



- Η γραφική παράσταση $q-t$ είναι μία ευθεία που διέρχεται από την αρχή των αξόνων. Από τη σχέση $q = I \cdot t$ συμπεραίνουμε ότι η κλίση της ευθείας παριστάνει την ένταση. Το ηλεκτρικό φορτίο είναι ανάλογο του χρόνου.



Μέτρηση έντασης ηλεκτρικού ρεύματος:

Για την μέτρηση του ηλεκτρικού ρεύματος χρησιμοποιούμε το **αμπερόμετρο**. Το αμπερόμετρο το παρεμβάλλουμε στον αγωγό, ώστε να διέλθει μέσα από το ρεύμα. Αυτός ο τρόπος σύνδεσης, ονομάζεται **σύνδεση σε σειρά**.

Η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος:

Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που υπάρχουν μέσα σε έναν μεταλλικό αγωγό είναι αρνητικά φορτισμένα και έτσι κινούνται από τον αρνητικό προς τον θετικό πόλο. Ωστόσο για ιστορικούς λόγους έχει επικρατήσει η αντίληψη ότι στους αγωγούς κινούνται φανταστικά θετικά φορτισμένα σωματίδια, τα οποία κινούνται από τον θετικό προς τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας.

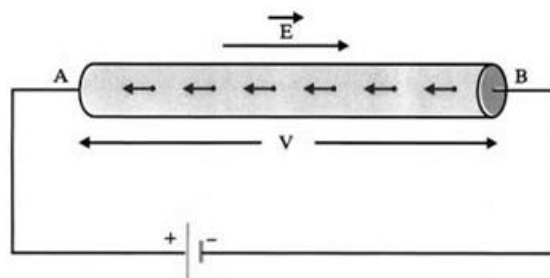
Πραγματική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος:

Η φορά κίνησης των ηλεκτρονίων μέσα σε ένα μεταλλικό αγωγό (από τον αρνητικό πόλο προς τον θετικό).

Συμβατική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος:

Η φορά κίνησης των φανταστικών θετικών φορτίων (από τον θετικό πόλο προς τον αρνητικό).

Στις ασκήσεις προτιμούμε την συμβατική φορά για ιστορικούς λόγους.



Τα αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος:

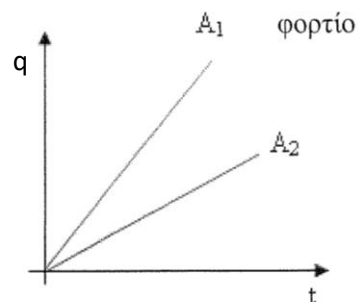
Μπορούμε να κατατάξουμε τα φαινόμενα που προκαλεί το ηλεκτρικό ρεύμα στις εξής κατηγορίες:

1. **Θερμικά φαινόμενα** Το ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί τη θέρμανση των σωμάτων όταν τα διαρρέει.
2. **Ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα** Οι αγωγοί που διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργούν γύρω τους μαγνητικά πεδία. Έτσι ασκούν μαγνητικές δυνάμεις, αλληλεπιδρώντας είτε μεταξύ τους είτε με σιδερένια υλικά, είτε με μαγνήτες.
3. **Χημικά φαινόμενα** Όταν ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται από χημικές ουσίες προκαλεί χημικές μεταβολές.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Να συμπληρώσετε με τις λέξεις που λείπουν τα κενά των παρακάτω προτάσεων:
Α. Η κίνηση των ηλεκτρονίων ή γενικότερα των φορτισμένων σωματιδίων ονομάζεται ηλεκτρικό ρεύμα.
Β. Ημιαγωγοί ονομάζονται τα υλικά που συμπεριφέρονται άλλοτε ως και άλλοτε ως
Γ. Η φορά κίνησης των ελεύθερων ηλεκτρονίων σε ένα μεταλλικό αγωγό λέγεται φορά του ηλεκτρικού ρεύματος.
Δ. Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος υπολογίζεται από τη σχέση $I = \dots\dots\dots$
Ε. Με το μπορούμε να μετρήσουμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος.
2. Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή και με Λ κάθε λανθασμένη από τις επόμενες προτάσεις.
α. Τα ηλεκτρόνια κινούνται με την ίδια ευκολία σε όλους τους αγωγούς.
β. Στους μονωτές το πλήθος των ελεύθερων ηλεκτρονίων είναι πάρα πολύ μικρό σε σχέση με τους αγωγούς.
γ. Στο εσωτερικό ενός σώματος που το έχουμε συνδέσει με μια μπαταρία δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο.
δ. Η μπαταρία είναι μια πηγή ηλεκτρονίων.
ε. Μονάδα της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος στο S. I. είναι το 1A.
στ. Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι μονόμετρο φυσικό μέγεθος.
3. Ο ρόλος της μπαταρίας στα ηλεκτρικά κυκλώματα είναι:
α. να παράγει ελεύθερα ηλεκτρόνια.
β. να θέτει σε κίνηση τα θετικά ιόντα του μεταλλικού αγωγού.
γ. να δημιουργεί ηλεκτρικό πεδίο και να θέτει σε κίνηση τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που παράγει.
δ. να δημιουργεί ηλεκτρικό πεδίο και να θέτει σε κίνηση τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που προϋπάρχουν μέσα στο μεταλλικό αγωγό.

4. Με τη βοήθεια του αμπερόμετρου μετράμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα μεταλλικό αγωγό και την βρίσκουμε 6A. Αυτό σημαίνει:
- α. ότι κάθε χρονική στιγμή από μια διατομή του αγωγού περνάει φορτίο 6C.
 - β. ότι σε χρόνο 6s από μια διατομή του αγωγού περνάει φορτίο 1C.
 - γ. ότι σε χρόνο 1s από μια διατομή του αγωγού περνάει φορτίο 6C.
 - δ. ότι σε χρόνο 1s από μια διατομή του αγωγού περνάνε 6 ηλεκτρόνια.
5. Οι τιμές της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τρεις αγωγούς είναι $I_1 = 2500\mu\text{A}$, $I_2 = 0,0024\text{A}$ και $I_3 = 3500\text{mA}$. Ποιος αγωγός διαρρέεται από ρεύμα μικρότερης έντασης?
- α. Ο I_1 .
 - β. Ο I_2 .
 - γ. Ο I_3 .
 - δ. και οι τρεις διαρρέονται από ρεύμα ίδιας έντασης.
6. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή;
- α. Μονάδα έντασης ηλεκτρικού ρεύματος στο S.I. είναι το 1 mA.
 - β. Στις εφαρμογές, το ηλεκτρικό ρεύμα το μετράμε με το αμπερόμετρο.
 - γ. Όσο ισχυρότερο είναι το ρεύμα, σε τόσο περισσότερο χρόνο συγκεκριμένο ηλεκτρικό φορτίο διέρχεται από μία διατομή.
 - δ. Καμία από τις παραπάνω προτάσεις δεν είναι σωστή
7. Στο διάγραμμα που σας δίνεται απεικονίζεται το ηλεκτρικό φορτίο q που περνάει από μια διατομή δύο μεταλλικών αγωγών A_1 και A_2 σε συνάρτηση με το χρόνο. Ποιος αγωγός διαρρέεται από ρεύμα μεγαλύτερης έντασης και γιατί?



8. Ένας αγωγός διαρρέεται από ρεύμα έντασης I και σε χρόνο t από μια διατομή του περνάει φορτίο ίσο με q . Πόση είναι η ένταση του ρεύματος που διαρρέει έναν δεύτερο αγωγό στον οποίο από μια διατομή του στο μισό χρόνο περνάει διπλάσιο φορτίο;
- α. η μισή της έντασης του πρώτου αγωγού.
 - β. η διπλάσια της έντασης του πρώτου αγωγού.
 - γ. η τετραπλάσια της έντασης του πρώτου αγωγού.
- Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΛΥΣΗ

1. Από μια διατομή ενός αγωγού περνάει ηλεκτρικό φορτίο $q = 120\text{C}$ σε χρόνο $t = 2\text{min}$. Να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος.
2. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει ένα μεταλλικό σύρμα είναι $I = 30\text{A}$. Σε πόσο χρόνο θα περάσει από μια διατομή του μεταλλικού σύρματος φορτίο ίσο με $q = 90\text{C}$.
3. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει έναν αγωγό είναι $I = 4\text{mA}$. Πόσο ηλεκτρικό φορτίο θα περάσει από μια διατομή του αγωγού σε χρόνο 2min .
4. Από μια διατομή ενός αγωγού σε χρόνο $t = 8\text{s}$ διέρχονται $20 \cdot 10^{19}$ ηλεκτρόνια. Πόση είναι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος αν γνωρίζετε ότι το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο είναι ίσο με $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$.
5. Ένας αγωγός διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = 2,4\text{A}$.
 - α) πόσο ηλεκτρικό φορτίο περνά από μια διατομή του αγωγού σε χρόνο 4s .
 - β) Πόσα ελεύθερα ηλεκτρόνια διέρχονται από μια διατομή του αγωγού σε χρόνο $t = 10\text{s}$. Δίνεται ότι το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο είναι ίσο με $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$.
6. Στην οθόνη μιας τηλεόρασης φτάνουν $N = 5 \cdot 10^{19}$ ηλεκτρόνια κάθε $1,6$ δευτερόλεπτα. Να υπολογίσεις την ένταση I του ηλεκτρικού ρεύματος που δημιουργεί αυτή η προσανατολισμένη κίνηση ηλεκτρονίων. Δίνεται ότι το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο είναι ίσο με $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$.

Ηλεκτρικό κύκλωμα

Ορισμός

Ηλεκτρικό κύκλωμα ονομάζεται κάθε διάταξη που αποτελείται από κλειστούς αγωγίμους "δρόμους", μέσω των οποίων μπορεί να διέλθει ηλεκτρικό ρεύμα.

Ένα απλό παράδειγμα ηλεκτρικού κυκλώματος αποτελείται από μία μπαταρία, ένα λαμπάκι και δύο καλώδια που συνδέουν την πηγή με το λαμπάκι όπως φαίνεται στην διπλανή εικόνα.

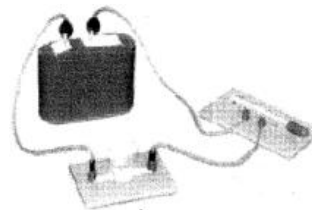
Προσθέτοντας έναν διακόπτη μπορούμε εύκολα να «κλείσουμε» ή να «ανοίξουμε» το κύκλωμα.



Τι σημαίνει όμως κλειστό και τί ανοιχτό κύκλωμα;

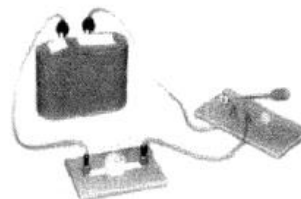
Κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα:

Όταν η **διαδρομή των ηλεκτρονίων** σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα είναι **κλειστή**, δηλαδή δεν διακόπτεται πουθενά, θα λέμε ότι έχουμε **κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα**. Τότε ο **διακόπτης θα είναι κλειστός** και από το κύκλωμα **διέρχεται ρεύμα**, συνεπώς το λαμπάκι ανάβει.



Ανοιχτό ηλεκτρικό κύκλωμα:

Όταν σ' ένα ηλεκτρικό κύκλωμα η **διαδρομή των ηλεκτρονίων κάπου διακόπτεται**, σταματάει η κίνησή τους και το **κύκλωμα ονομάζεται ανοιχτό**. Τότε ο **διακόπτης παραμένει ανοικτός** και από το κύκλωμα **δεν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα**, με αποτέλεσμα να μην ανάβει το λαμπάκι.



Ηλεκτρική πηγή και ενέργεια:

Ορισμός

Η ενέργεια που προσφέρουν οι ηλεκτρικές πηγές για να μπορέσουν να λειτουργήσουν οι ηλεκτρικές συσκευές ονομάζεται **ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος** ή **ηλεκτρική ενέργεια**.

Όπως γνωρίζουμε η πηγή δημιουργεί στο κύκλωμα ηλεκτρικό πεδίο, το οποίο ασκεί δύναμη στα ελεύθερα ηλεκτρόνια του κυκλώματος, θέτοντάς τα σε προσανατολισμένη κίνηση. Εφόσον η δύναμη αυτή μετατοπίζει τα ηλεκτρόνια, παράγει έργο το οποίο εκφράζει την ενέργεια που μεταφέρεται από την πηγή στα ηλεκτρόνια. Η ενέργεια αυτή ονομάζεται ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος.

Ηλεκτρική πηγή: Κάθε συσκευή στην οποία μία μορφή ενέργειας μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

Παραδείγματα:

- 1) Ηλεκτρικά στοιχεία και συσσωρευτές: χημική ενέργεια $\rightarrow$ ηλεκτρική ενέργεια (μπαταρίες).
- 2) Ηλεκτρογεννήτριες: μηχανική ενέργεια $\rightarrow$ ηλεκτρική ενέργεια (δυναμό).
- 3) Φωτοστοιχεία και θερμοστοιχεία: ακτινοβολία $\rightarrow$ ηλεκτρική ενέργεια (θερμοστοιχεία).

Διαφορά δυναμικού (ηλεκτρική τάση) στα άκρα (πόλους) μίας πηγής:

Ορισμός

Ηλεκτρική τάση ή διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο πόλων μιας πηγής $V_{πηγής}$ ονομάζεται το μονόμετρο φυσικό μέγεθος που ισούται με το πηλίκο της ενέργειας $E_{ηλεκτρική}$ που προσφέρεται από την πηγή σε ηλεκτρικό συνολικό φορτίο q προς το φορτίο q .

Μαθηματική διατύπωση:

$$V_{πηγής} = \frac{E_{ηλεκτρική}}{q}$$

Μονάδα μέτρησης στο S.I. είναι το 1V (1Volt): $1V = \frac{1J}{1C}$

Η τάση της πηγής δίνει την ενέργεια ανά μονάδα φορτίου που προσφέρει η πηγή. Ηλεκτρική πηγή τάσης 1V προσφέρει ενέργεια ίση με 1J σε ηλεκτρόνια συνολικού φορτίου 1C όταν διέρχονται από αυτή.

Για τις ασκήσεις:

$$V_{πηγής} = \frac{E_{ηλεκτρική}}{q}$$

$$E_{ηλεκτρική} = V_{πηγής} \cdot q$$

$$q = \frac{E_{ηλεκτρική}}{V_{πηγής}}$$

Διαφορά δυναμικού (ηλεκτρική τάση) στα άκρα καταναλωτή:

Ορισμός

Ονομάζουμε ηλεκτρική τάση ή διαφορά δυναμικού V μεταξύ των δύο άκρων ενός καταναλωτή το πηλίκο της ενέργειας που μεταφέρουν στον καταναλωτή ηλεκτρόνια συνολικού φορτίου q όταν διέρχονται από αυτόν προς το φορτίο q .

Μαθηματική διατύπωση:

$$V = \frac{E_{\text{ηλεκτρική}}}{q}$$

Μονάδα μέτρησης στο S.I. είναι το 1V (1Volt): $1V = \frac{1J}{1C}$

Προσοχή!

Όταν στα άκρα ενός καταναλωτή έχουμε διαφορά δυναμικού ίση με 5V, σημαίνει ότι στον καταναλωτή μεταφέρεται ηλεκτρική ενέργεια από την πηγή ίση με 5J από ηλεκτρονικό συνολικό φορτίο ίσο με 1C.

Πολλαπλάσια του 1V:

- $1 \text{ MV} = 10^6 \text{ V}$
- $1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}$

Υποπολλαπλάσια του 1V:

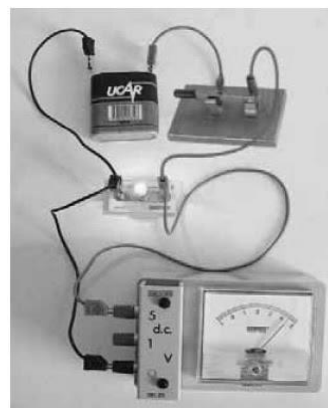
- $1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V}$
- $1 \text{ }\mu\text{V} = 10^{-6} \text{ V}$

Πως μετράμε τη διαφορά δυναμικού στα άκρα μιας πηγής

Για τη μέτρηση της διαφοράς δυναμικού μεταξύ των πόλων μιας πηγής χρησιμοποιούμε το **βολτόμετρο**. Πιο συγκεκριμένα συνδέουμε τα άκρα του βολτόμετρου με τους δύο πόλους της πηγής. Θα πρέπει να γίνει κατανοητό ότι η ηλεκτρική τάση (διαφορά δυναμικού) στα άκρα μιας πηγής είναι χαρακτηριστικό της πηγής και υπάρχει ανεξάρτητα από το αν η πηγή είναι συνδεδεμένη με κάποιο κύκλωμα ή όχι.

Πως μετράμε τη διαφορά δυναμικού στα άκρα ενός καταναλωτή

Για τη μέτρηση της διαφοράς δυναμικού στα άκρα ενός καταναλωτή π.χ. ενός λαμπτήρα χρησιμοποιούμε επίσης το βολτόμετρο. Ο τρόπος σύνδεσης παρουσιάζεται στην διπλανή εικόνα. Ο συγκεκριμένος τρόπος σύνδεσης ονομάζεται παράλληλη σύνδεση. Πιο συγκεκριμένα έχουμε συνδέσει τα άκρα του βολτόμετρου με τα δύο άκρα του καταναλωτή συσκευής. Όταν το κύκλωμα είναι ανοικτό, τότε η διαφορά δυναμικού στα άκρα του καταναλωτή είναι 0V! (δεν προσφέρεται ενέργεια στον καταναλωτή).

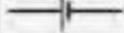


Ταχύτητα των ηλεκτρονίων στο ηλεκτρικό κύκλωμα:

Αν πατήσεις τον διακόπτη ενός δωματίου θα παρατηρήσεις πως η λάμπα ανάβει ακαριαία. Αυτό μας οδηγεί στη θεωρία ότι η ταχύτητα των ελεύθερων ηλεκτρονίων σε έναν αγωγό είναι τεράστια. Ωστόσο αυτό διαφέρει από την πραγματικότητα καθώς η ταχύτητα των ελεύθερων ηλεκτρονίων στον αγωγό είναι της τάξης των mm/s (μικρότερη από την ταχύτητα ενός σαλιγκαριού.). Αυτό που πραγματικά συμβαίνει είναι ότι την στιγμή που πατάμε τον διακόπτη δημιουργείται ακαριαία ένα ηλεκτρικό πεδίο από την πηγή, το οποίο προκαλεί την ταυτόχρονη προσανατολισμένη κίνηση όλων των ελεύθερων ηλεκτρονίων. Η ταχύτητα με την οποία διαδίδεται το ηλεκτρικό πεδίο αγγίζει την ταχύτητα του φωτός!

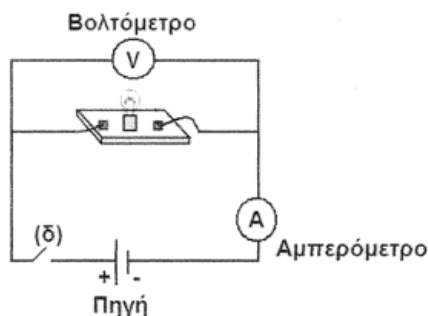
Σχηματική αναπαράσταση ηλεκτρικού κυκλώματος

Για να σχηματίσουμε ένα κύκλωμα στο χαρτί, θα πρέπει αρχικά να απομνημονεύσουμε τα σύμβολα των βασικών στοιχείων ενός κυκλώματος που δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

	Αγωγός χωρίς αντίσταση		Δεν υπάρχει σύνδεση
	Αντιστάτης		Υπάρχει σύνδεση
	Διακόπτης		Λαμπτήρας
	Ροοστάτης		Βολτόμετρο
	Πηγή		Αμπερόμετρο
	Γείωση		Ασφάλεια

Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να σχεδιάσουμε ένα κύκλωμα το οποίο αποτελείται από μια πηγή, ένα λαμπτήρα (καταναλωτής), ένα αμπερόμετρο, ένα βολτόμετρο και ένα διακόπτη. Τα βήματα για τη σχεδίαση του ηλεκτρικού κυκλώματος είναι τα εξής:

- 1) Ξεκινάμε από την πηγή του ηλεκτρικού κυκλώματος.
- 2) Στη συνέχεια τοποθετούμε σε σειρά το διακόπτη (δ).
- 3) Σε σειρά με το διακόπτη τοποθετούμε το λαμπτήρα.
- 4) το βολτόμετρο το συνδέουμε παράλληλα με το λαμπτήρα
- 5) το αμπερόμετρο το συνδέουμε σε σειρά με την πηγή του κυκλώματος
- 6) η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα σχεδιάζεται από το θετικό προς τον αρνητικό πόλο της πηγής (συμβατική φορά ρεύματος).

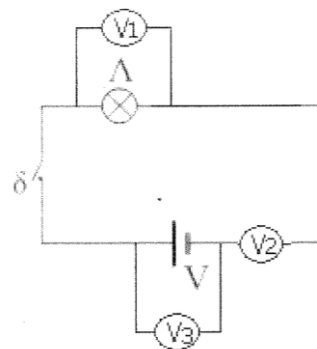


ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Τα άκρα ενός λαμπτήρα συνδέονται με σύρματα στους πόλους μιας μπαταρίας. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες;
 - α. Στο σύρμα και στον λαμπτήρα κινούνται ελεύθερα ηλεκτρόνια με κατεύθυνση από τον αρνητικό προς τον θετικό πόλο της μπαταρίας.
 - β. Μέσα στην μπαταρία τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται με κατεύθυνση από τον αρνητικό πόλο της προς τον θετικό.
 - γ. Η συμβατική φορά του ρεύματος στον λαμπτήρα είναι από τον θετικό πόλο της πηγής προς τον αρνητικό.
 - δ. Στην μπαταρία χημική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική.
2. Όταν θέλετε να ανάψετε το φως στο δωμάτιό σας, τότε:
 - α. ανοίγετε τον αντίστοιχο διακόπτη,
 - β. κλείνετε τον αντίστοιχο διακόπτη,
 - γ. ανοίγετε το αντίστοιχο κύκλωμα,
 - δ. κλείνετε το αντίστοιχο κύκλωμα και ανοίγετε τον αντίστοιχο διακόπτη.
3. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι η σωστή;
 - α. Για να είναι μία διάταξη ηλεκτρικό κύκλωμα, πρέπει απαραίτητα να έχει σχήμα κύκλου.
 - β. Από ένα ανοιχτό ηλεκτρικό κύκλωμα δε διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα.
 - γ. Η ηλεκτρική πηγή θέτει σε κίνηση τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, επειδή δημιουργεί μαγνητικό πεδίο.
 - δ. Καμία από τις παραπάνω προτάσεις δεν είναι σωστή.
4. Να συμπληρώσετε με τις κατάλληλες λέξεις τα κενά των παρακάτω προτάσεων.
 - A. Όταν ένα κύκλωμα είναι κλειστό διαρρέεται από ρεύμα.
 - B. Οι μπαταρίες μετατρέπουν τη ενέργεια σε ηλεκτρική.
 - Δ. Κάθε συσκευή που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε ενέργεια κάποιας άλλης μορφής ονομάζεται ηλεκτρικής ενέργειας.
 - E. Το όργανο μέτρησης της ηλεκτρικής τάσης είναι το
5. Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή και με Λ κάθε λανθασμένη από τις επόμενες προτάσεις.
 - α. Ένα ανοικτό ηλεκτρικό κύκλωμα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.
 - β. Η ηλεκτρικές πηγές παράγουν ενέργεια.
 - γ. Η διαφορά δυναμικού στα άκρα μιας συσκευής εκφράζει την ενέργεια που μεταφέρεται από την πηγή στην συσκευή.
 - δ. Η διαφορά δυναμικού στα άκρα μιας πηγής εκφράζει την ενέργεια που μεταφέρεται από την πηγή στα ελεύθερα ηλεκτρόνια του κυκλώματος.
 - ε. Η ταχύτητα κίνησης των ελεύθερων ηλεκτρονίων είναι ίση με την ταχύτητα του φωτός.

6. Διαθέτουμε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα με τρεις λάμπες συνδεδεμένες σε σειρά. Αν καεί μία λάμπα τι θα συμβεί στις υπόλοιπες;
- οι υπόλοιπες λάμπες θα συνεχίσουν να είναι αναμμένες.
 - Μόνο μία λάμπα θα συνεχίσει να είναι αναμμένη.
 - καμία από τις λάμπες δεν θα συνεχίσει να είναι αναμμένη.

7. Παρατηρήστε προσεκτικά το κύκλωμα του σχήματος. Ποιο από τα βολτόμετρα V1, V2 ή V3 είναι συνδεδεμένο με λάθος τρόπο;
- το V1.
 - το V2.
 - το V3.
 - κανένα.



8. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;
- Το ηλεκτρικό πεδίο που προκαλεί την προσανατολισμένη κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων σ' έναν αγωγό διαδίδεται με την ταχύτητα του φωτός.
 - Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια ενός ρευματοφόρου αγωγού κινούνται με την ταχύτητα του φωτός.
 - Οι ηλεκτρικές πηγές παράγουν θετικά ιόντα.
 - Η πηγή δεν προσφέρει ηλεκτρόνια στο κύκλωμα, απλώς θέτει σε προσανατολισμένη κίνηση τα ελεύθερα ηλεκτρόνια των αγωγών και των συσκευών.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΛΥΣΗ

- Η ηλεκτρική τάση στα άκρα μιας πηγής είναι ίση με 35V. Αν η πηγή μεταφέρει ηλεκτρική ενέργεια ίση με 7J σε ελεύθερα ηλεκτρόνια συνολικού φορτίου q να υπολογίσετε:
 - το συνολικό φορτίο q.
 - τον αριθμό των ηλεκτρονίων που αποτελούν το φορτίο q.
 Δίνεται ότι το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο είναι ίσο με $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
- Το μέγιστο ποσό ενέργειας που μπορεί να προσφέρει η μπαταρία ενός αυτοκινήτου είναι 360 kJ, ενώ μπορεί να μεταφέρει ηλεκτρικό φορτίο $q = 30 \text{ kC}$. Να υπολογίσεις την ηλεκτρική τάση ανάμεσα στους δύο πόλους της μπαταρίας.
- Η συνολική ενέργεια που μεταφέρεται από συνολικό ηλεκτρικό φορτίο $q = 0,8 \text{ C}$ σε μια συσκευή είναι ίση με 3,2J. Να βρείτε:

- α. τη διαφορά δυναμικού στα άκρα της συσκευής.
- β. την ηλεκτρική ενέργεια που μεταφέρεται στη συσκευή από ελεύθερα ηλεκτρόνια συνολικού φορτίου $q = 3C$.

4. Διαθέτουμε ένα κύκλωμα το οποίο περιέχει μία μπαταρία, ένα βολτόμετρο, ένα αμπερόμετρο και έναν λαμπτήρα. Ο λαμπτήρας του κυκλώματος φωτοβολεί. Η ένδειξη του βολτόμετρου είναι 20V και του αμπερόμετρου 4,8A.
 - α) Τι σημαίνουν οι ενδείξεις του αμπερόμετρου και του βολτόμετρου;
 - β) Πόσο ηλεκτρικό φορτίο διέρχεται από μία διατομή του σύρματος του λαμπτήρα ανά δευτερόλεπτο;
5. Μπαταρία τάσης 12V συνδέεται στα άκρα μιας συσκευής. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι ίση με $I = 6A$. Να υπολογίσετε την ενέργεια που μεταφέρεται από την μπαταρία στα ελεύθερα ηλεκτρόνια που διέρχονται από μια διατομή του αγωγού σε χρόνο 1min.
6. Μια συσκευή είναι συνδεδεμένη με μπαταρία τάσης 12V. Αν κάθε 3s στη συσκευή μεταφέρεται ενέργεια ίση με 72J, να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.
7. Σε μια μπαταρία το 80% της χημικής της ενέργειας μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Όταν η μπαταρία τροφοδοτεί έναν λαμπτήρα, διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = 2A$ και η διαφορά δυναμικού στους πόλους της είναι $V_{πηγής} = 12V$. Για χρονικό διάστημα $t = 200s$ να βρείτε:
 - α) το φορτίο που περνά από την μπαταρία,
 - β) την ηλεκτρική ενέργεια που δίνει η μπαταρία στο κύκλωμα,
 - γ) τη χημική ενέργεια που «ξοδεύει» η μπαταρία

Ηλεκτρικά δίπολα

Όλες οι ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούμε έχουν δύο άκρα (πόλους) με τα οποία συνδέονται στο ηλεκτρικό κύκλωμα. Επίσης μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια που τους διαρρέει σε ενέργεια άλλης μορφής.

Ηλεκτρικό δίπολο ονομάζεται κάθε συσκευή που:

A) έχει δύο άκρα (πόλους) με τα οποία συνδέεται στο κύκλωμα

B) μετατρέπει την ενέργεια του ρεύματος που τη διαρρέει σε ενέργεια άλλης μορφής

Παραδείγματα: λαμπτήρες, ηλεκτρικές συσκευές κ.α.

Σημείωση: Η μπαταρία είναι και αυτή ένα δίπολο που μετατρέπει την χημική ενέργεια σε ηλεκτρική.

Αντίσταση διπόλου

Αν εφαρμόσουμε ηλεκτρική τάση V στα άκρα ενός διπόλου, τότε από αυτό θα διέλθει ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I . Μεταβάλλοντας την τάση θα παρατηρήσουμε ότι μεταβάλλεται και η τιμή της έντασης με τρόπο που εξαρτάται από το δίπολο. Συνεπώς η μεταβολή είναι χαρακτηριστική για κάθε ηλεκτρικό δίπολο.

Για να μπορέσουμε να εκτιμήσουμε την ένταση I που διέρχεται από ένα δίπολο όταν εφαρμόζουμε στους πόλους του ηλεκτρική τάση ορισμένης τιμής V , ορίζουμε ένα φυσικό μέγεθος που ονομάζεται **ηλεκτρική αντίσταση** του διπόλου και συμβολίζεται με το γράμμα **R**.

Ορισμός

Ηλεκτρική αντίσταση ενός ηλεκτρικού διπόλου R , ονομάζεται το πηλίκο της ηλεκτρικής τάσης V που εφαρμόζεται στα άκρα του προς την ένταση I του ηλεκτρικού ρεύματος που το διαρρέει.

Μαθηματική διατύπωση:

$$R = \frac{V}{I}$$

Μονάδα μέτρησης στο S.I. είναι το 1 Ω (Ωμ): $1 \Omega = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampere}}$

Όταν σε ένα ηλεκτρικό δίπολο εφαρμόζουμε στα άκρα του ηλεκτρική τάση ίση με 1V και μετρήσουμε την ένταση του ρεύματος που το διαρρέει ίση με 1A τότε η ηλεκτρική του αντίσταση θα είναι 1Ω.

Πολλαπλάσια του 1 Ω:

➤ **1kΩ = 10³ Ω**

➤ **1 MΩ = 10⁶ Ω**

Την αντίσταση την μετράμε στην πράξη με όργανα που λέγονται ωμόμετρα. Συνήθως η αντίσταση ενός διπόλου μεταβάλλεται με την εφαρμοζόμενη τάση. Αυτό όμως δεν συμβαίνει σε μία κατηγορία διπόλων που ονομάζονται **αντιστάτες**.

Αντιστάτες: Ονομάζονται τα ηλεκτρικά δίπολα που έχουν σταθερή αντίσταση, δηλαδή ανεξάρτητη της τάσης V που εφαρμόζεται στα άκρα τους, και επιπλέον μετατρέπουν εξ ολοκλήρου την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμική.

Νόμος του $\Omega\mu$

Ο Γερμανός φυσικός $\Omega\mu$ μεταβάλλοντας την τάση που εφάρμοζε στα άκρα ενός μεταλλικού σύρματος (αντιστάτη) κατέγραψε τις αντίστοιχες μεταβολές της έντασης που τον διέρρεε. Με βάση τα πειραματικά του δεδομένα έφτασε στη διατύπωση ενός νόμου που είναι γνωστός ως **νόμος του $\Omega\mu$** .

Νόμος του $\Omega\mu$

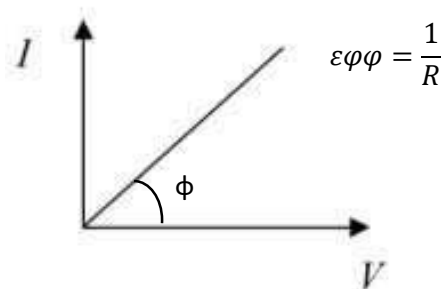
Η ένταση I του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει ένα μεταλλικό αγωγό είναι ανάλογη με τη διαφορά δυναμικού V που εφαρμόζεται στα άκρα του.

Μαθηματική διατύπωση του νόμου του $\Omega\mu$:

$$I = \frac{1}{R} \cdot V$$

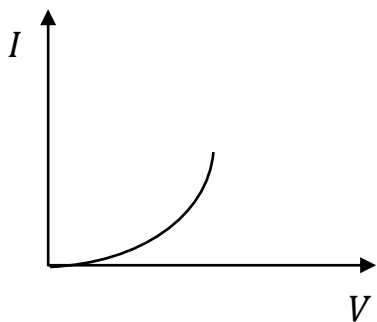
Όπου R , η αντίσταση του αγωγού η οποία παραμένει **σταθερή**.

Γραφική παράσταση I - V μεταλλικού αγωγού που υπακούει τον νόμο του $\Omega\mu$:



Αν η γραφική παράσταση ενός διπόλου μεταξύ των μεγεθών I - V δεν απεικονίζει μία ευθεία που διέρχεται από την αρχή των αξόνων, τότε το δίπολο **δεν** υπακούει τον νόμο του $\Omega\mu$.

Παράδειγμα:



Συμπεράσματα:

- 1) Ο νόμος του Ωμ δεν ισχύει για όλα τα δίπολα. Αν για παράδειγμα αντί για μεταλλικό αγωγό χρησιμοποιήσουμε έναν λαμπτήρα ή ένα τρανζίστορ η ένταση δεν θα μεταβάλλεται ανάλογα με την τάση που εφαρμόζεται στα άκρα τους.
- 2) Ένας μεταλλικός αγωγός υπακούει τον νόμο του Ωμ αν η θερμοκρασία του παραμένει σταθερή.
- 3) Κάθε ηλεκτρικό δίπολο που ικανοποιεί τον νόμο του Ωμ χαρακτηρίζεται ως αντιστάτης.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Να συμπληρώσετε τα κενά των παρακάτω προτάσεων με τις κατάλληλες λέξεις.
 - A. Ηλεκτρικά δίπολα λέγονται οι ηλεκτρικές συσκευές που αποτελούνται από δύο
 - B. Η ενός αγωγού υπολογίζεται από τη σχέση: $R = \frac{\rho \cdot l}{S}$. Μονάδα μέτρησης της αντίστασης ενός αγωγού στο S. I. είναι το 1 το οποίο ισούται με 1
 - Δ. Τα ηλεκτρικά δίπολα που έχουν σταθερή αντίσταση, ανεξάρτητα από την τάση που εφαρμόζεται στα άκρα τους λέγονται
 - E. Η αντίσταση ενός μεταλλικού αγωγού οφείλεται στις των ελεύθερων ηλεκτρονίων του με τα του μετάλλου.
2. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι η σωστή;
 - α. Οι μπαταρίες δεν είναι δίπολα.
 - β. Οι μπαταρίες είναι δίπολα, αλλά δεν είναι οι λαμπτήρες.
 - γ. Ο τρόπος που μεταβάλλεται η ένταση του ρεύματος ενός διπόλου, όταν μεταβάλλουμε την τάση μεταξύ των πόλων του, εξαρτάται από το δίπολο.
 - δ. Καμία από τις παραπάνω προτάσεις δεν είναι σωστή.

3. Να αντιστοιχίσεις κάθε μέγεθος της στήλης 1 με την κατάλληλη από τις μονάδες της στήλης

1. Ηλεκτρικό φορτίο	α. 1V
2. Αντίσταση	β. 1A
3. Ηλεκτρική τάση	γ. 1C
4. Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος	δ. 1Ω
	ε. 1J

4. Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή και με Λ κάθε λανθασμένη από τις επόμενες προτάσεις.
- A. Ο νόμος του Ωμ είναι γενικός και ισχύει για όλα τα ηλεκτρικά δίπολα.
- B. Οι αντιστάτες μετατρέπουν εξολοκλήρου την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμική.
- Γ. Αν αυξήσουμε την τάση που εφαρμόζουμε στα άκρα ενός μεταλλικού αγωγού τότε η ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει αυξάνεται.
- Δ. Όταν δύο αγωγοί διαρρέονται από ρεύμα ίδιας έντασης τότε έχουν ίδια αντίσταση.

5. Σύμφωνα με το νόμο του Ωμ:
- α. η τάση στα άκρα ενός μεταλλικού αγωγού είναι ανάλογη με την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει.
- β. η τάση στα άκρα ενός μεταλλικού αγωγού είναι αντιστρόφως ανάλογη με την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει.
- γ. η ένταση του ρεύματος που διαρρέει ένα μεταλλικό αγωγό είναι ανάλογη με την τάση που εφαρμόζεται στα άκρα του.
- δ. το πηλίκο της τάσης στα άκρα ενός μεταλλικού αγωγού προς την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει είναι σταθερό.

6. Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή και με Λ κάθε λανθασμένη πρόταση.
- α. Όταν τριπλασιάζεται η τάση που εφαρμόζεται στα άκρα ενός μεταλλικού αγωγού τότε τριπλασιάζεται και η αντίστασή του.
- β. Όταν διπλασιάζεται η ένταση του ρεύματος που διαρρέει ένα μεταλλικό αγωγό τότε διπλασιάζεται και η αντίστασή του.
- γ. Όταν υποδιπλασιάζεται η τάση που εφαρμόζεται στα άκρα ενός μεταλλικού αγωγού τότε υποδιπλασιάζεται η ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει.
- δ. Ένας μεταλλικός αγωγός δεν εμφανίζει αντίσταση όταν δεν διαρρέεται από ρεύμα.

7. Τι σημαίνει η έκφραση «η αντίσταση ενός μεταλλικού αγωγού είναι 10Ω»;
- α. ότι ο μεταλλικός αγωγός διαρρέεται από ρεύμα έντασης 10A.
- β. ότι στα άκρα του μεταλλικού αγωγού εφαρμόζεται τάση 10V.

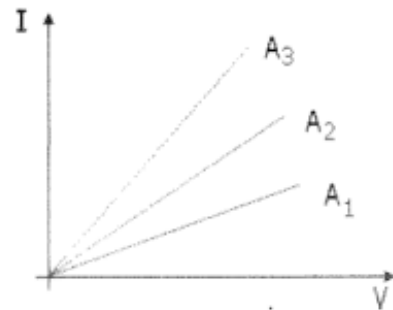
γ. ότι αν στα άκρα του μεταλλικού αγωγού εφαρμόσουμε τάση 10V τότε θα διαρρέεται από ρεύμα έντασης 1A.

δ. ότι αν στα άκρα του μεταλλικού αγωγού εφαρμόσουμε τάση 1V τότε θα διαρρέεται από ρεύμα έντασης 10A.

8. Στα άκρα ενός μεταλλικού αγωγού εφαρμόζουμε τάση 120V οπότε η ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει είναι ίση με 5A. Αν στα άκρα του ίδιου αγωγού εφαρμόσουμε τάση 24V τότε η ένταση του ρεύματος που θα τον διαρρέει είναι ίση με:

α. 1A.
β. 4A.
γ. 6A.
δ. 20A.

9. Στο διάγραμμα που σας δίνεται φαίνεται η μεταβολή της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τρεις διαφορετικούς αγωγούς A_1 , A_2 και A_3 συναρτήσει της τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα τους. Ποιος από τους τρεις αγωγούς έχει μεγαλύτερη αντίσταση;



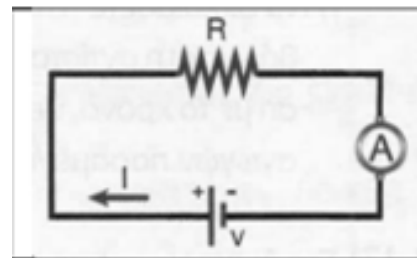
10. Ποιες από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες;

α) Αντιστάτης και αντίσταση είναι το ίδιο πράγμα.
β) Οι όροι «αντιστάτης» και «αντίσταση» είναι διαφορετικοί. Αντιστάτης είναι ο αγωγός, ενώ αντίσταση είναι το μέγεθος που εκφράζει τη δυσκολία την οποία συναντά το ρεύμα όταν περνά από τον αγωγό.
γ) Αντιστάτης λέγεται κάθε αγωγός που υπακούει στον νόμο του Ohm.

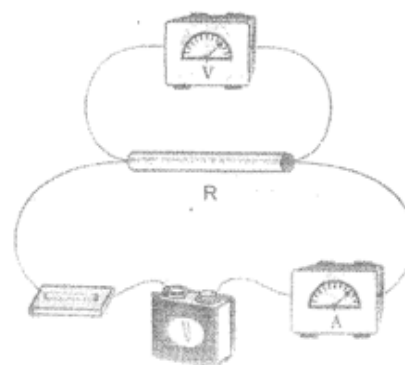
ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΛΥΣΗ

1. Μια μπαταρία 6V συνδέεται στα άκρα μιας συσκευής με αντίσταση $R = 3\Omega$. Να υπολογίσετε την ένταση I του ρεύματος που διαρρέει την συσκευή.
2. Η αντίσταση ενός αγωγού είναι 50Ω . Να υπολογίσετε:
α. την τάση που εφαρμόζεται στα άκρα του αν διαρρέεται από ρεύμα έντασης 40mA.
β. την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό αν στα άκρα του εφαρμόζεται τάση 1200V.
3. Το ηλεκτρικό φορτίο που περνάει από μια διατομή ενός αγωγού σε χρόνο $t = 1\text{min}$ είναι $q=15\text{C}$. Αν η τάση στα άκρα του αγωγού είναι ίση με $V = 9\text{V}$ να υπολογίσετε την αντίσταση του αγωγού.

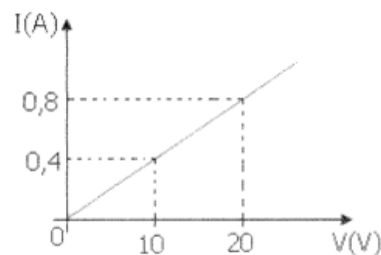
4. Για το κύκλωμα του σχήματος είναι $V = 12V$ και η ένδειξη του αμπερομέτρου είναι $I = 200mA$.
- α. Να σχεδιάσετε τη φορά κίνησης των ελεύθερων ηλεκτρονίων και τη συμβατική φορά του ρεύματος στο κύκλωμα.
- β. Ποια είναι η τιμή της αντίστασης R ;



5. Ένα κομμάτι αγωγού εμφανίζει αντίσταση $R = 20\Omega$. Συνδέουμε τα άκρα του αγωγού μέσω ενός διακόπτη με μια μπαταρία και ένα αμπερόμετρο, όπως φαίνεται στο σχήμα. Στα άκρα του αγωγού συνδέουμε ένα βολτόμετρο. Κλείνοντας τον διακόπτη η ένδειξη του βολτόμετρου είναι $V = 10V$.



- α. να κάνετε στα τετράδιά σας μια αναπαράσταση του ηλεκτρικού κυκλώματος αντικαθιστώντας τις εικόνες με τα αντίστοιχα σύμβολα από την θεωρία.
- β. να υπολογίσετε την ένδειξη του αμπερομέτρου.
- γ. να υπολογίσετε την ένταση I του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό και την ένταση του ρεύματος που διαρρέει την πηγή του κυκλώματος.
6. Από μία διατομή ενός ρευματοφόρου μεταλλικού αγωγού στο χρονικό διάστημα των $t = 2s$ διέρχονται $N = 2 \cdot 10^{19}$ ηλεκτρόνια. Το φορτίο του ενός ηλεκτρονίου έχει τιμή $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$. Αν η τάση στα άκρα του αγωγού είναι $V = 8V$, να υπολογίσεις την αντίστασή του.
7. Παρατηρήστε προσεκτικά το διάγραμμα που σας δίνεται. Να υπολογίσετε:
- α. την αντίσταση του αγωγού.
- β. το φορτίο που περνάει από μια διατομή του αγωγού σε χρόνο $t = 1min$ όταν η τάση στα άκρα του είναι $V = 20V$.
- γ. τον αριθμό των ελεύθερων ηλεκτρονίων που διέρχονται από μια διατομή του αγωγού σε χρόνο $t = 4min$ όταν η τάση στα άκρα του είναι $V = 15V$.



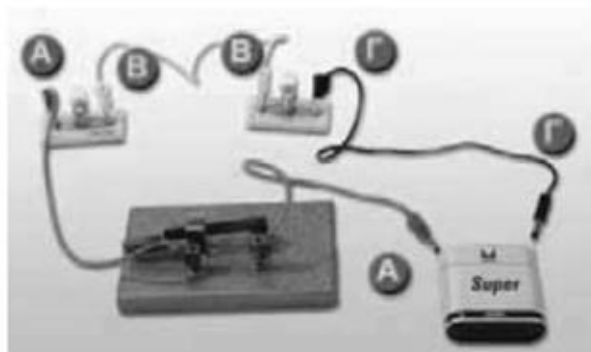
8. Στα άκρα δύο αγωγών εφαρμόζουμε την ίδια τάση οπότε η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον καθέναν από αυτούς είναι $I_1 = 0,5A$ και $I_2 = 1A$ αντίστοιχα. Αν η αντίσταση του δεύτερου αγωγού είναι ίση με $R_2 = 5\Omega$ να βρείτε την αντίσταση του πρώτου αγωγού.

9. Στις άκρες δύο αγωγών εφαρμόζουμε την ίδια τάση V . Η αντίσταση του πρώτου αγωγού είναι $R_1 = 50\Omega$. Ποια είναι η αντίσταση του δεύτερου αγωγού αν η ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει είναι διπλάσια της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον πρώτο αγωγό;
10. Μπαταρία τάσης $V = 12V$ συνδέεται μέσω αμπερόμετρου με αντιστάτη αντίστασης $R = 30\Omega$.
- α. Να κάνετε τη σχηματική αναπαράσταση του κυκλώματος και να σημειώσετε τη συμβατική φορά του ρεύματος στο κύκλωμα.
- β. Πόση είναι η ένδειξη του αμπερόμετρου σε A και σε mA;
- γ. Αν το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο είναι $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$, να βρείτε πόσα ηλεκτρόνια περνούν από μια διατομή του αντιστάτη σε 10s.

Εφαρμογές αρχών διατήρησης στην μελέτη απλών κυκλωμάτων

Κύκλωμα σύνδεσης σε σειρά:

Συνδέουμε τους καταναλωτές (λαμπάκια) με καλώδια μεταξύ τους, έτσι ώστε το ένα άκρο του κάθε ένα να συνδέεται με το άκρο του επόμενου (τους καθιστούμε διαδοχικούς). Το πρώτο άκρο του πρώτου σε σειρά καταναλωτή συνδέεται με τον έναν πόλο της πηγής, ενώ το δεύτερο άκρο του τελευταίου σε σειρά καταναλωτή συνδέεται με τον άλλο πόλο της πηγής.



Χαρακτηριστικά της σύνδεσης σε σειρά:

A) Η ένταση του ρεύματος είναι ίδια σε όλα τα σημεία του κυκλώματος και έτσι ισχύει:

$$I = I_1 = I_2 = \dots$$

Όπου I είναι η ολική ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα της σύνδεσης σε σειρά και I_1, I_2, I_3 οι εντάσεις ρεύματος του κάθε καταναλωτή.

Η ιδιότητα αυτή των κυκλωμάτων **σε σειρά** είναι συνέπεια της **αρχής διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου**.

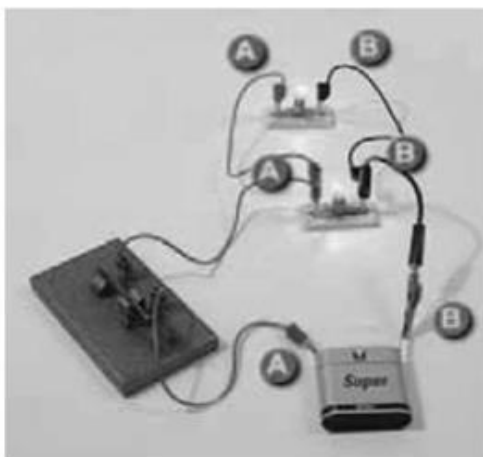
B) Η ολική τάση στα άκρα ενός κυκλώματος καταναλωτών σε σειρά ισούται με το άθροισμα των τάσεων στα άκρα του κάθε καταναλωτή. Αν για παράδειγμα Α, Β τα άκρα του πρώτου καταναλωτή και Β, Γ τα άκρα του δεύτερου καταναλωτή τότε θα έχουμε:

$$V_{AG} = V_{AB} + V_{BG}$$

Η παραπάνω ιδιότητα των κυκλωμάτων σύνδεσης σε σειρά είναι συνέπεια της **αρχής διατήρησης της ενέργειας**.

Κύκλωμα σε παράλληλη σύνδεση:

Για να συνδέσουμε παράλληλα τις διάφορες συσκευές θα πρέπει τα άκρα τους να συνδεθούν όλα μαζί σε ένα κοινό σημείο. Έτσι ο αριστερός ακροδέκτης (Α) όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, είναι κοινός για τους δύο καταναλωτές και για την μπαταρία, ενώ το ίδιο συμβαίνει και με τον δεξιό ακροδέκτη (Β).



Συνεπώς στην παράλληλη συνδεσμολογία οι καταναλωτές είναι τοποθετημένοι ο ένας «κάτω» από τον άλλον.

Χαρακτηριστικά της παράλληλης σύνδεσης:

A) Στα άκρα παράλληλα συνδεδεμένων καταναλωτών εφαρμόζεται η **ίδια διαφορά δυναμικού**, που είναι **ίση με τη διαφορά δυναμικού της πηγής**.

Δηλαδή:

$$V_{AB} = V_1 = V_2$$

Όπου: V_{AB} η τάση της πηγής,

V_1 και V_2 τάση στα άκρα του κάθε λαμπτήρα.

Συνεπώς στην παράλληλη σύνδεση κάθε καταναλωτής είναι συνδεδεμένος με την πηγή **ανεξάρτητα** από τους άλλους.

B) Η ένταση I που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα της παράλληλης σύνδεσης είναι ίση με το άθροισμα των εντάσεων I_1 και I_2 των ρευμάτων που διαρρέουν τον καθένα από τους καταναλωτές ξεχωριστά.

Δηλαδή:

$$I = I_1 + I_2$$

Η παραπάνω ιδιότητα της παράλληλης σύνδεσης είναι συνέπεια της **αρχής διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου**.

Παρατήρηση:

Ένα σοβαρό πλεονέκτημα της παράλληλης σύνδεσης είναι ότι ένα τέτοιο κύκλωμα λειτουργεί ακόμα και αν τεθεί εκτός λειτουργίας ή καταστραφεί κάποια συσκευή – καταναλωτής. Οι υπόλοιποι καταναλωτές θα λειτουργούν κανονικά, εφόσον ο καθένας συνδέεται ανεξάρτητα από τους άλλους με την πηγή. Γι' αυτόν τον λόγο στις εγκαταστάσεις σπιτιών χρησιμοποιείται η παράλληλη σύνδεση.

Σύνδεση αντιστατών

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε δύο αντιστάτες με αντιστάσεις R_1 και R_2 αντίστοιχα. Οι αντιστάτες αυτοί συνδέονται μόνο με δύο διαφορετικούς τρόπους μεταξύ τους:

- Σε σειρά
- Παράλληλα.

Αν ο αριθμός των διαθέσιμων αντιστατών είναι μεγαλύτερος τότε οι συνδυασμοί της μεταξύ τους σύνδεσης αυξάνονται.

Ονομάζουμε **σύστημα (συνδεσμολογία) αντιστατών** ένα σύνολο αντιστατών που τους έχουμε συνδέσει με οποιονδήποτε τρόπο. Ένα απλό σύστημα αντιστατών εμφανίζει πάντοτε δύο άκρα (Α και Β) στα οποία μπορούμε να εφαρμόσουμε ηλεκτρική τάση.

Ισοδύναμη αντίσταση R: η αντίσταση R που, αν εφαρμόσουμε στα άκρα της την ίδια τάση V με την αρχική συνδεσμολογία, θα διαρρέεται από ρεύμα ίδιας έντασης I.
Σύμφωνα με τον νόμο του Ωμ, η ισοδύναμη αντίσταση μιας συνδεσμολογίας ικανοποιεί την σχέση:

$$R = \frac{V}{I}$$

Όπου: V η διαφορά δυναμικού (τάση) που εφαρμόζουμε στα άκρα της συνδεσμολογίας και I η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που τη διαρρέει.

Σημείωση: μπορούμε να εφαρμόσουμε χωριστά τον νόμο του Ωμ για κάθε μεμονωμένο αντιστάτη.

Σύνδεση δύο αντιστάτων σε σειρά

Όταν δύο αντιστάσεις συνδέονται σε σειρά, όπως δείχνει η διπλανή εικόνα, το ρεύμα I που τις διαρρέει είναι το ίδιο. Χρησιμοποιώντας τρία βολτόμετρα, μπορούμε να επιβεβαιώσουμε ότι η συνολική τάση V_{AB} στα άκρα A και B είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων στα άκρα της κάθε αντίστασης:

$$V_{AB} = V_{AG} + V_{GB}$$

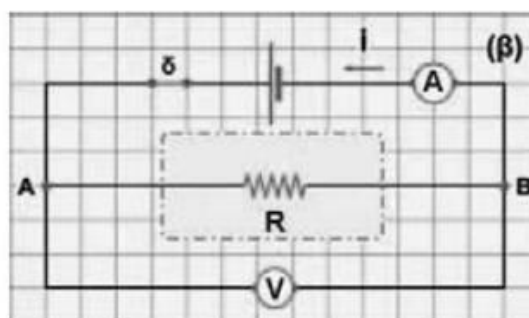
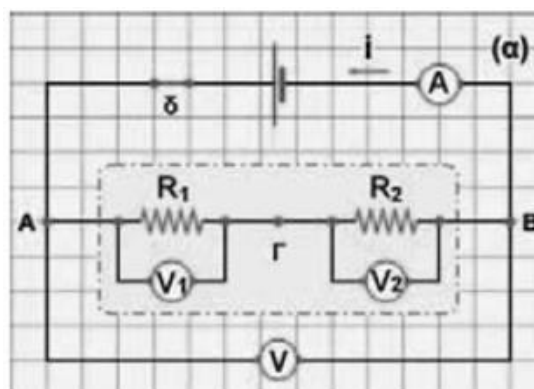
Χρησιμοποιώντας τον νόμο του Ωμ για τους δύο αντιστάτες προκύπτουν οι σχέσεις:

$$V_{AG} = I \cdot R_1$$

$$V_{GB} = I \cdot R_2$$

Η ισοδύναμη αντίσταση της συνδεσμολογίας συμβολίζεται με R και εφαρμόζοντας τον νόμο του Ωμ για ακόμα μία φορά έχουμε:

$$V_{AB} = I \cdot R$$



Συνδυάζοντας όλες τις προηγούμενες σχέσεις τελικά προκύπτει:

$$V_{AB} = V_{AG} + V_{GB} \Leftrightarrow I \cdot R = I \cdot R_1 + I \cdot R_2$$

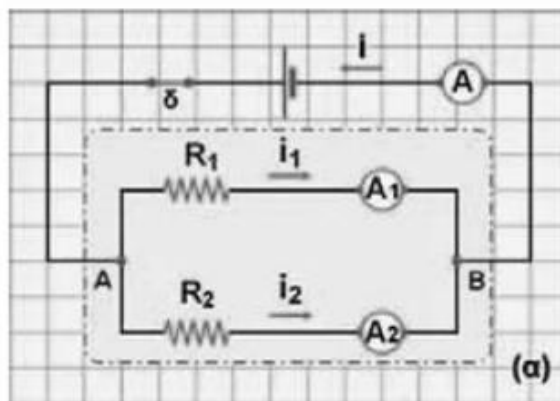
$$R = R_1 + R_2$$

Η τελευταία σχέση δηλώνει ότι **η ισοδύναμη αντίσταση δύο ή περισσότερων αντιστατών που συνδέονται σε σειρά είναι ίση με το άθροισμα των αντιστάσεών τους**. Μεγαλύτερος αριθμός αντιστατών σημαίνει και μεγαλύτερη ισοδύναμη αντίσταση.

Παράλληλη σύνδεση δύο αντιστατών

Αν συνδέσουμε τώρα τους αντιστάτες παράλληλα, θα παρατηρήσουμε πως η διαφορά δυναμικού που εφαρμόζεται στα άκρα τους είναι ίση με αυτή του συστήματος (V_{AB}). Με την βοήθεια των αμπερομέτρων προσδιορίζουμε την ένταση του ρεύματος που διέρχεται από την πηγή και τους δύο αντιστάτες. Διαπιστώνουμε ότι:

$$I = I_1 + I_2$$

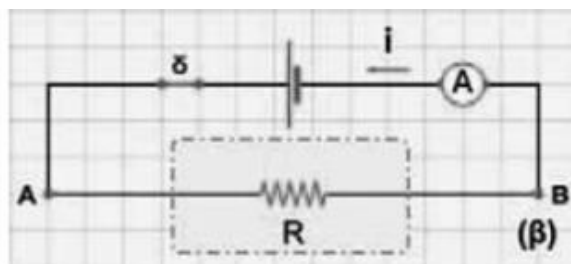


Εφαρμόζουμε τον νόμο του Ωμ για κάθε αντιστάτη χωριστά:

$$I_1 = \frac{V_{AB}}{R_1} \text{ και } I_2 = \frac{V_{AB}}{R_2}$$

Για την ισοδύναμη αντίσταση R ισχύει:

$$I = \frac{V_{AB}}{R}$$



Συνδυάζοντας όλες τις προηγούμενες σχέσεις τελικά ισχύει:

$$I = I_1 + I_2 \Leftrightarrow \frac{V_{AB}}{R} = \frac{V_{AB}}{R_1} + \frac{V_{AB}}{R_2}$$

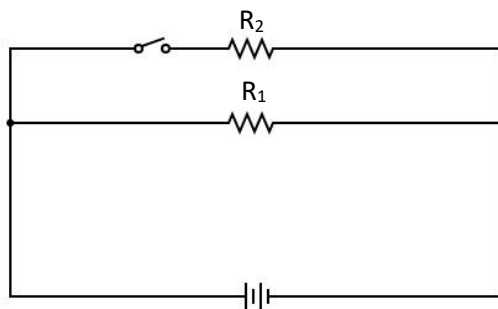
$$\boxed{\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

Η τελευταία σχέση μας δίνει την τιμή της ισοδύναμης αντίστασης R όταν δύο αντιστάτες είναι παράλληλοι μεταξύ τους. **Προσοχή!** Η ισοδύναμη αντίσταση θα είναι μικρότερη και από την R_1 και από την R_2 . Μάλιστα όσο αυξάνει ο αριθμός των αντιστατών τόσο μικρότερη γίνεται η ισοδύναμη αντίσταση.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Να συμπληρώσετε τα κενά των προτάσεων με τις κατάλληλες λέξεις.
Α. Όταν δύο ή περισσότεροι αντιστάτες συνδέονται σε σειρά τότε η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τους αντιστάτες είναι με την ένταση του ρεύματος που διαρρέει την πηγή του κυκλώματος.
Β. Όταν δύο ή περισσότεροι αντιστάτες συνδέονται παράλληλα τότε η διαφορά δυναμικού στα άκρα των αντιστατών είναι με την διαφορά δυναμικού στα άκρα της πηγής του κυκλώματος.
Γ. Ισοδύναμη αντίσταση μιας συνδεσμολογίας αντιστατών λέγεται η R που, αν εφαρμόσουμε στα άκρα της την τάση V με αυτή της συνδεσμολογίας, θα διαρρέεται από ρεύμα ίδιας με αυτήν.
Δ. Δύο αντιστάτες R_1 και R_2 συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά. Η σχέση υπολογισμού της ισοδύναμης αντίστασης είναι
Ε. Δύο αντιστάτες R_1 και R_2 συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα. Η σχέση υπολογισμού της ισοδύναμης αντίστασης είναι
2. Δύο αντιστάτες R_1 και R_2 συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα. Αν I είναι η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την πηγή και I_1, I_2 οι εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν τους αντιστάτες τότε ισχύει η σχέση: $I = I_1 + I_2$. Η σχέση αυτή είναι συνέπεια:
α. της αρχής διατήρησης της ενέργειας.
β. της αρχής διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου.
γ. της κβάντωσης του ηλεκτρικού φορτίου.
δ. του νόμου του $\Omega\mu$.
3. Δύο αντιστάτες R_1 και R_2 συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά. Αν V είναι η διαφορά δυναμικού στα άκρα της πηγής και V_1, V_2 οι διαφορές δυναμικού στα άκρα των αντιστατών τότε ισχύει η σχέση: $V = V_1 + V_2$. Η σχέση αυτή είναι συνέπεια:
α. της αρχής διατήρησης της ενέργειας.
β. της αρχής διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου.
γ. της κβάντωσης του ηλεκτρικού φορτίου.
δ. του νόμου του $\Omega\mu$.
4. Τρεις αντιστάτες έχουν αντιστάσεις $R, 2R$ και $3R$ αντίστοιχα. Αν συνδεθούν μεταξύ τους σε σειρά τότε η ισοδύναμη αντίσταση είναι ίση με:
α. R .
β. $2R$.
γ. $3R$.
δ. $6R$.

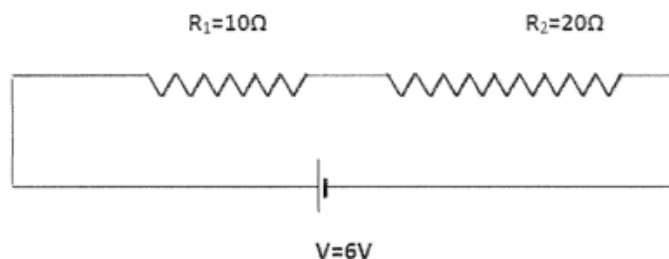
5. Δύο αντιστάτες έχουν αντιστάσεις R και $4R$ αντίστοιχα. Αν συνδεθούν μεταξύ τους παράλληλα τότε η ισοδύναμη αντίσταση είναι ίση με:
- R .
 - $0,25R$.
 - $0,8R$.
 - $0,4R$.
6. Οι αντιστάτες του διπλανού κυκλώματος είναι όμοιοι. Αν κλείσουμε τον διακόπτη δ , ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;
- Η ένταση I του ρεύματος θα παραμείνει σταθερή.
 - Η τάση στα άκρα του αντιστάτη αντίστασης R_1 θα διπλασιαστεί.
 - Οι δύο αντιστάτες θα έχουν ίδια τάση στα άκρα τους.
 - Οι δύο αντιστάτες θα διαρρέονται από ίδιο ρεύμα.



ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΛΥΣΗ

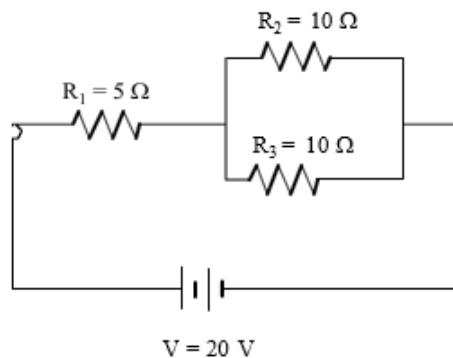
- Δύο αντιστάτες με αντιστάσεις $R_1 = 3\Omega$ και $R_2 = 5\Omega$ συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά. Αν η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι $I = 5A$ να υπολογίσετε:
 - την ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος.
 - την τάση V της πηγής που έχουμε συνδέσει στο κύκλωμα.
 - την τάση στα άκρα του αντιστάτη R_1 .
- Δύο αντιστάτες με αντιστάσεις R_1 , και $R_2 = 7\Omega$ συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά. Στα άκρα τους εφαρμόζουμε τάση $V = 80V$. Αν η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι $I = 8A$ να υπολογίσετε:
 - την αντίσταση R_1 .
 - την τάση στα άκρα του αντιστάτη R_1 .
- Δύο αντιστάτες με αντιστάσεις $R_1 = 40\Omega$ και $R_2 = 80\Omega$ συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα. Αν η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη R_1 είναι $I_1 = 2A$, αφού σχεδιάσετε το κύκλωμα να υπολογίσετε:
 - την τάση της πηγής που έχουμε συνδέσει στο κύκλωμα.
 - την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αντίσταση R_2 .

4. Δίνεται η παρακάτω συνδεσμολογία αντιστάτων:

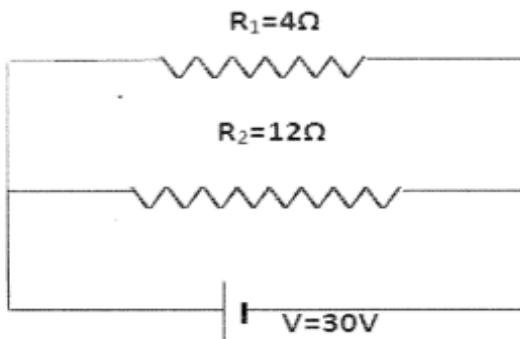


Στο κύκλωμα αυτό οι αντιστάτες είναι συνδεδεμένοι
Η ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος είναι $R_{ολ} = \dots\dots\dots$
Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την ηλεκτρική πηγή είναι $I_{ολ} = \dots\dots\dots$
Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη με αντίσταση R_1 είναι $I_1 = \dots\dots\dots$ και η τάση στα άκρα του $V_1 = \dots\dots\dots$
Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη με αντίσταση R_2 είναι $I_2 = \dots\dots\dots$ και η τάση στα άκρα του $V_2 = \dots\dots\dots$

5. Δύο αντιστάτες με αντίσταση $R_1 = 10\Omega$ και $R_2 = 5\Omega$ συνδέονται σε σειρά με πηγή τάσης $V = 30V$. Να σχεδιάσετε το κύκλωμα και να υπολογίσετε το ρεύμα που διαρρέει τους αντιστάτες και τη διαφορά δυναμικού στα άκρα κάθε αντιστάτη.
6. Να υπολογίσετε στο παρακάτω κύκλωμα:
- α. την ολική αντίσταση,
 - β. το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει κάθε αντίσταση και
 - γ. τη διαφορά δυναμικού στα άκρα κάθε αντίστασης.



7. Δίνεται η παρακάτω συνδεσμολογία αντιστατών:



Στο κύκλωμα αυτό οι αντιστάτες είναι συνδεδεμένοι

Βρίσκουμε την ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος:

.....

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει την ηλεκτρική πηγή είναι $I_{ολ} = \dots\dots\dots$

Η τάση στα άκρα του αντιστάτη με αντίσταση R_1 είναι $V_1 = \dots\dots\dots$

και η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που τον διαρρέει $I_1 = \dots\dots\dots$

Η τάση στα άκρα του αντιστάτη με αντίσταση R_2 είναι $V_2 = \dots\dots\dots$

και η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που τον διαρρέει $I_2 = \dots\dots\dots$

Ηλεκτρική ενέργεια:

Είναι η ενέργεια που επηρέασε περισσότερο από όλες τον σύγχρον πολιτισμό. Τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

- Η εύκολη μεταφορά της σε μεγάλες αποστάσεις.
- Η μετατροπή της σε άλλες μορφές ενέργειας.

Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιείται με το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα.

Στις ηλεκτρικές συσκευές (καταναλωτές) η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε άλλες μορφές ενέργειας, όπως θερμική, μηχανική, χημική, ενέργεια μαγνητικού πεδίου.

Ανάλογα με τη μορφή ενέργειας στην οποία μετατρέπεται η ηλεκτρική, τα αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος διακρίνονται σε θερμικά, μηχανικά, χημικά, μαγνητικά κ.α.

Θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος

Κάθε συσκευή από την οποία διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα θερμαίνεται.

Φαινόμενο Τζάουλ:

Όταν από έναν αντιστάτη διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, η θερμοκρασία του αυξάνεται. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται «φαινόμενο Τζάουλ», καθώς πρώτος το μελέτησε ο Άγγλος φυσικός Τζάουλ (Joule).

Η αύξηση της θερμοκρασίας του αντιστάτη οφείλεται στην αύξηση της εσωτερικής του ενέργειας.

Όταν η θερμοκρασία του αντιστάτη γίνεται μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος του, μεταφέρεται ενέργεια (θερμότητα) από τον αντιστάτη προς το περιβάλλον. Αν όλη η επιπλέον ενέργεια μεταφέρεται στο περιβάλλον, τότε η θερμοκρασία του αντιστάτη διατηρείται σταθερή.

Σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας η ηλεκτρική ενέργεια που μεταφέρεται από το ηλεκτρικό ρεύμα στον αντιστάτη, μετατρέπεται σε αυτόν σε θερμική ενέργεια.

Εφαρμογές του φαινομένου Τζάουλ

Το φαινόμενο Τζάουλ έχει πολλές εφαρμογές στην καθημερινή μας ζωή. Για παράδειγμα αναφέρουμε:

- Τους λαμπτήρες πυρακτώσεως στους οποίους η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική και φωτεινή. Αποτελούνται από ένα νήμα κατασκευασμένο από δύστηκτο μέταλλο (αντοχή σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 2000°C) και ένα γυάλινο περίβλημα (με αέριο αδρανές) έτσι ώστε να μην έρχεται σε επαφή το μεταλλικό νήμα με τον ατμοσφαιρικό αέρα και οξειδώνεται. Ρυθμίζοντας κατάλληλα την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το νήμα ο λαμπτήρας φωτοβολεί.
- Την ηλεκτρική κουζίνα στην οποία η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική στους αντιστάτες που βρίσκονται στις πλάκες της κουζίνας.
- Τις τηκόμενες ασφάλειες τις οποίες χρησιμοποιούμε για να προστατεύουμε τις ηλεκτρικές μας συσκευές από βραχυκυκλώματα.

Σημειώσεις:

- 1) Η σύνδεση μιας ασφάλειας γίνεται πάντα σε σειρά με την συσκευή που θέλουμε να προστατέψουμε
 - 2) Σε κάθε ασφάλεια αναγράφεται η μέγιστη τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος που μπορεί να τη διαρρέει χωρίς να λιώσει το μεταλλικό νήμα.
1. Να συμπληρώσετε τα κενά των προτάσεων με τις κατάλληλες λέξεις.
 Α. Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται με το
 που διαρρέει ένα κλειστό κύκλωμα.
 Β. Η που μεταφέρεται από έναν αντιστάτη στο περιβάλλον του προσφέρεται από την ενέργεια.
 Γ. Για να αποφύγουμε το βραχυκύκλωμα των ηλεκτρικών μας συσκευών χρησιμοποιούμε τις ασφάλειες.
 2. Οι ασφάλειες που χρησιμοποιούμε:
 α. Βοηθούν να αποφύγουμε βραχυκύκλωμα των συσκευών μας.
 β. Συνδέονται πάντα παράλληλα με τη συσκευή που θέλουμε να προστατεύσουμε.
 γ. τοποθετούνται στο εσωτερικό των συσκευών.
 δ. βοηθούν να αποφύγουμε τις συνέπειες ενός βραχυκυκλώματος.

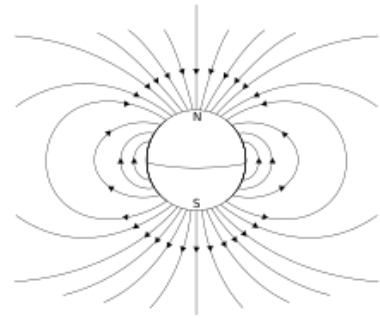
Μαγνητικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος

Ανάλογα με το ηλεκτρικό πεδίο που περιγράφει τις ηλεκτρικές δυνάμεις, υπάρχει και το **μαγνητικό πεδίο** που περιγράφει τις **μαγνητικές δυνάμεις**.

Μαγνητικό πεδίο: Ο χώρος στον οποίο ασκούνται οι μαγνητικές δυνάμεις.

Το μαγνητικό πεδίο της Γης

Το μαγνητικό πεδίο της Γης μοιάζει με αυτό ενός τεράστιου ευθύγραμμου μαγνήτη του οποίου ο νότιος πόλος (S) βρίσκεται κοντά στον βόρειο γεωγραφικό πόλο της Γης.



Το πείραμα του Έστρεντ

Στο πείραμά του ο Δανός καθηγητής Φυσικής Έστρεντ απέδειξε πως το ηλεκτρικό ρεύμα (κινούμενα φορτία) δημιουργεί μαγνητικό πεδίο. Πιο συγκεκριμένα τοποθέτησε μια μαγνητική βελόνα κοντά σ' ένα ευθύγραμμο σύρμα από το οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, και παρατήρησε ότι η βελόνα αποκλίνει. Όταν διακοπεί το ηλεκτρικό ρεύμα που διέρχεται από το σύρμα, η βελόνα επανέρχεται στην αρχική της θέση.

Συμπέρασμα:

Όταν από έναν αγωγό διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, αυτός ασκεί μαγνητική δύναμη. Δηλαδή δημιουργεί γύρω του ένα μαγνητικό πεδίο.

Γενικότερα το ηλεκτρικό ρεύμα, δηλαδή τα κινούμενα ηλεκτρικά φορτία, δημιουργούν το μαγνητικό πεδίο. Συνεπώς **ένα κινούμενο ηλεκτρικό φορτίο δημιουργεί τόσο ηλεκτρικό όσο και μαγνητικό πεδίο**, με αποτέλεσμα να οδηγούμαστε στο συμπέρασμα πως **δεν υπάρχουν μαγνητικά φορτία** παρά μόνο ηλεκτρικά.

Ο ηλεκτρομαγνήτης

Αν τυλίξουμε σύρμα γύρω από έναν μονωμένο κύλινδρο, δημιουργούμε μία διάταξη που ονομάζεται **σωληνοειδής ή πηνίο**.

- Όταν από το σύρμα του πηνίου διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, δημιουργείται μαγνητικό πεδίο μέσα και έξω από αυτό.
- Κάθε πηνίο από το οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα συμπεριφέρεται ως μαγνήτης και ονομάζεται ηλεκτρομαγνήτης.
- Οι μαγνητικές δυνάμεις στο εσωτερικό του πηνίου είναι πολύ πιο ισχυρές απ' ότι στο εξωτερικό του.

Σημειώσεις:

A) Στο μαγνητικό πεδίο αποθηκεύεται ενέργεια που προέρχεται από την ηλεκτρική.

B) Όταν ένας αγωγός βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο και τον διαρρέει ηλεκτρικό ρεύμα, τότε το μαγνητικό πεδίο ασκεί δύναμη στον αγωγό.

Ενέργεια και ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος

Ηλεκτρική ενέργεια

Το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρει σε μία συσκευή ηλεκτρική ενέργεια:

$$E_{\eta\lambda} = V \cdot I \cdot t$$

Όπου V η τάση στα άκρα μίας συσκευής, I η ένταση του ρεύματος που τη διαρρέει και t ο χρόνος λειτουργίας της συσκευής.

Απόδειξη:

Ξέρουμε ότι:

$$V = \frac{E_{\eta\lambda}}{q} \quad (1)$$

Συνεπώς λύνοντας ως προς την $E_{\eta\lambda}$ έχουμε:

$$E_{\eta\lambda} = V \cdot q \quad (2)$$

Επιπλέον για το φορτίο q γνωρίζουμε ότι:

$$I = \frac{q}{t} \Leftrightarrow q = I \cdot t \quad (3)$$

Συνεπώς η (2) μέσω της (3) γίνεται:

$$E_{\eta\lambda} = V \cdot I \cdot t$$

Η παραπάνω σχέση ισχύει για κάθε είδος ηλεκτρικής συσκευής που καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια

Μονάδα μέτρησης της ενέργειας στο S.I. είναι το 1 Joule (1 J)

Όταν στα άκρα μιας συσκευής εφαρμόζεται τάση 1V και διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης 1A, τότε κάθε 1s το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρει στη συσκευή ενέργεια ίση με 1J.

Ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος

Για τη λειτουργία μιας συσκευής δεν είναι αρκετό να ξέρουμε μόνο πόση είναι η ηλεκτρική ενέργεια που μετατρέπεται αλλά και το χρόνο στον οποίο πραγματοποιείται η μετατροπή. Έτσι μας ενδιαφέρει και ο **ρυθμός** με τον οποίο η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε ενέργεια κάποιας άλλης μορφής από μία συσκευή.

Ορισμός

Ισχύς $P_{\eta\lambda}$ του ηλεκτρικού ρεύματος ονομάζεται το πηλίκο της ηλεκτρικής ενέργειας $E_{\eta\lambda}$ που μεταφέρεται σε χρόνο t στην ηλεκτρική συσκευή προς το χρόνο αυτό.

Μαθηματική διατύπωση:

$$P_{\eta\lambda} = \frac{E_{\eta\lambda}}{t}$$

Απόδειξη:

Χρησιμοποιώντας την παραπάνω σχέση και την σχέση που γνωρίζουμε για την ηλεκτρική ενέργεια έχουμε:

$$\left. \begin{array}{l} P_{\eta\lambda} = \frac{E_{\eta\lambda}}{t} \\ E_{\eta\lambda} = V \cdot I \cdot t \end{array} \right\} P_{\eta\lambda} = V \cdot I$$

Συμπεώς:

Η ηλεκτρική ισχύς $P_{\eta\lambda}$ που «καταναλώνει»/μετασχηματίζει μια οποιαδήποτε ηλεκτρική συσκευή είναι ίση με το γινόμενο της διαφοράς δυναμικού (τάσης) V που υπάρχει στα άκρα της επί την ένταση I του ρεύματος που την διαρρέει.

Σύμβολο: $P_{\eta\lambda}$

Μονάδα μέτρησης στο S.I.: 1 W (Watt).

Αν στα άκρα μιας ηλεκτρικής συσκευής εφαρμόσουμε διαφορά δυναμικού 1 V και η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που τη διαρρέει είναι 1 A, τότε η ηλεκτρική ισχύς που μετατρέπεται είναι 1 W.

Πολλαπλάσια του 1W:

- $1\text{kW} = 1.000\text{W} = 10^3 \text{ W}$
- $1\text{MW} = 1.000.000\text{W} = 10^6 \text{ W}$

Η κιλοβατώρα:

Οι εταιρίες παροχής ηλεκτρικού ρεύματος μετρούν την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνουν οι συσκευές με μία μονάδα μέτρησης αρκετά μεγαλύτερη από το 1J. Η μονάδα αυτή ονομάζεται κιλοβατώρα και συμβολίζεται: 1kWh.

Γνωρίζουμε ότι:

$$P_{\eta\lambda} = \frac{E_{\eta\lambda}}{t} \Rightarrow E_{\eta\lambda} = P_{\eta\lambda} \cdot t$$

Συνεπώς:

$$1kWh = 1kW \cdot 1h$$

Η 1kWh προκύπτει αντικαθιστώντας όπου $P_{\eta\lambda} = 1kW$ (ή 1000W) και $t = 1h$ (ή 3.600s).

Μία κιλοβατώρα είναι η ενέργεια που καταναλώνει μια συσκευή ισχύος 1kW όταν λειτουργεί για μια ώρα.

Τι σημαίνουν οι ενδείξεις που αναγράφονται στις ηλεκτρικές συσκευές:

Στις ηλεκτρικές συσκευές αναγράφεται η τάση για την κανονική λειτουργία της και η ισχύς που καταναλώνει όταν λειτουργεί κανονικά. Για παράδειγμα ένδειξη 220V σημαίνει ότι για να λειτουργεί κανονικά η συσκευή θα πρέπει στα άκρα της να εφαρμόσουμε τάση ίση με 220V και ένδειξη 140W σημαίνει ότι όταν η συσκευή λειτουργεί κανονικά καταναλώνει ενέργεια ίση με 140W.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή και με Λ κάθε λανθασμένη από τις επόμενες προτάσεις.
 - α. Όταν μια συσκευή διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα τότε μεταφέρεται σε αυτή ηλεκτρική ενέργεια.
 - β. Η ηλεκτρική ισχύς που μετασχηματίζει μια συσκευή είναι ανεξάρτητη από την τάση που εφαρμόζεται στα άκρα της.
 - γ. Η ηλεκτρική ισχύς προσδιορίζει την ποσότητα ενέργειας που καταναλώνει μια συσκευή κάθε δευτερόλεπτο.
 - δ. Μια συσκευή μεγάλης ισχύος καταναλώνει περισσότερη ενέργεια από μια συσκευή μικρότερης ισχύος.
 - ε. Αν μια συσκευή λειτουργεί για 1s και διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης 1A τότε έχει καταναλώσει ενέργεια ίση με 1J.

2. Η ηλεκτρική ενέργεια που μεταφέρεται από το ηλεκτρικό ρεύμα σε μια συσκευή εξαρτάται:
 - α. από την τάση στα άκρα της συσκευής.
 - β. από την ένταση του ρεύματος που την διαρρέει.
 - γ. από το συνολικό χρόνο λειτουργίας της συσκευής.
 - δ. από όλα τα προηγούμενα.

3. Δύο ηλεκτρικές κουζίνες K_1 και K_2 διαρρέονται από ρεύματα ίδιας έντασης όταν στα άκρα τους εφαρμόζονται τάσεις V_1 και V_2 αντίστοιχα με $V_1 < V_2$. Σε ποια από τις δύο κουζίνες μεταφέρεται μεγαλύτερη ηλεκτρική ενέργεια σε χρόνο t ;
 - α. στην K_1 .
 - β. στην K_2 .
 - γ. και στις δύο μεταφέρεται το ίδιο ποσό ενέργειας.
 - δ. δεν μπορούμε να γνωρίζουμε.

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

4. Η ισχύς μιας συσκευής που λειτουργεί για χρόνο t είναι ίση με P . Αν η συσκευή λειτουργήσει για διπλάσιο χρόνο τότε η ισχύς της θα είναι ίση με:
 - α. P .
 - β. $2P$.
 - γ. $4P$.
 - δ. $P/2$.

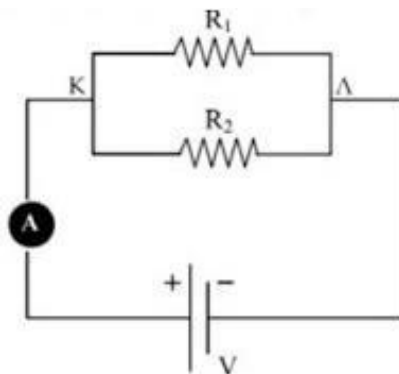
5. Ποιο φυσικό μέγεθος μετρά ο μετρητής της ΔΕΗ;
 - α. Την ηλεκτρική ισχύ.
 - β. Το ηλεκτρικό φορτίο.
 - γ. Την ηλεκτρική τάση.
 - δ. Την ηλεκτρική ενέργεια.

6. Αντιστάτης με αντίσταση R καταναλώνει ισχύ P όταν η τάση στα άκρα του είναι V . Αν η τάση στα άκρα του αντιστάτη διπλασιαστεί, η ισχύς που καταναλώνει ο αντιστάτης γίνεται:
 - α. $P/2$
 - β. $2P$
 - γ. $P/4$
 - δ. $4P$

7. Να συμπληρώσετε τα κενά των παρακάτω προτάσεων.
 - α. $7\text{kW} = \dots\dots\dots \text{W}$
 - β. $720.000\text{J} = \dots\dots\dots \text{kWh}$.
 - γ. $12\text{J} = \dots\dots\dots \text{V}\cdot\text{A}\cdot\text{s}$
 - δ. $36 \text{ Wh} = \dots\dots\dots \text{J}$.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΛΥΣΗ

- Ένας αντιστάτης αντίστασης $R = 4\Omega$ είναι συνδεδεμένος με πηγή τάσης V και διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = 2A$. Να βρείτε:
 - την τάση της πηγής.
 - την ηλεκτρική ενέργεια που προσφέρει η πηγή σε χρόνο $30s$.
 - την ισχύ που αναπτύσσεται στον αντιστάτη.
- Δύο αντιστάτες με αντιστάσεις $R_1 = 3\Omega$ και $R_2 = 6\Omega$ συνδέονται παράλληλα και στα άκρα της συνδεσμολογίας εφαρμόζεται τάση ίση με $V = 10V$. Να βρείτε:
 - την ενέργεια που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα σε χρόνο $1min$.
 - την ενέργεια που προσφέρεται σε κάθε αντιστάτη στον ίδιο χρόνο.
 - την ισχύ που καταναλώνει κάθε αντιστάτης.
- Μια ηλεκτρική σόμπα καταναλώνει ενέργεια $6kWh$ σε χρόνο $t=30min$. Να υπολογίσετε:
 - την ηλεκτρική ισχύς της σόμπας.
 - την ενέργεια που καταναλώνει αν λειτουργήσει για $15s$.
- Διαθέτουμε μία μπαταρία, ένα αμπερόμετρο δύο αντιστάτες $R_1 = 30\Omega$ και $R_2 = 60\Omega$ και πραγματοποιούμε το παρακάτω κύκλωμα:



Η ένδειξη του αμπερομέτρου A είναι $I = 6A$.

- Να υπολογίσετε την ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος.
- Να υπολογίσετε τις εντάσεις I_1 και I_2 .
- Πόση ενέργεια προσφέρει η πηγή στο κύκλωμα κάθε λεπτό και πόση είναι η ισχύς κάθε αντιστάτη;

- Για το κύκλωμα του σχήματος η ηλεκτρική συσκευή φέρει τις ενδείξεις « $110V - 275W$ ». Αν τα άκρα A και B του κυκλώματος συνδεθούν με πηγή τάσης $V=220V$ να βρείτε την τιμή της αντίστασης R ώστε η συσκευή να λειτουργεί κανονικά.



6. Μια συσκευή έχει ένδειξη $P=100W$ και λειτουργεί για χρόνο $300min$. Αν η $1kWh$ κοστίζει $0,12€$ πόσο είναι το κόστος της παραπάνω συσκευής για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα;

Ταλαντώσεις

Περιοδικές κινήσεις: Οι κινήσεις που επαναλαμβάνονται σε ίσα χρονικά διαστήματα. Για παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε την κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο ή την κίνηση της κούνιας.

Υπάρχουν δύο κατηγορίες περιοδικών κινήσεων:

- 1) Η τροχιά του κινούμενου σώματος είναι κλειστή, όπως για παράδειγμα στην κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο.
- 2) Η κίνηση διεξάγεται μεταξύ δύο ακραίων θέσεων, όπως για παράδειγμα στην κίνηση μιας κούνιας.

Ταλάντωση: Όταν μια περιοδική κίνηση εξελίσσεται μεταξύ δύο ακραίων θέσεων της τροχιάς του σώματος τότε λέγεται ταλάντωση.

Άλλος ορισμός της ταλάντωσης: Ταλάντωση ονομάζεται η κίνηση στην οποία το κινητό κινείται προς κάποια κατεύθυνση και επιστρέφει στην αρχική του θέση διαγράφοντας αντίστροφα την ίδια τροχιά.

Δύναμη και ταλάντωση

Η συνισταμένη δύναμη που δέχεται ένα σώμα το οποίο εκτελεί ταλάντωση θα πρέπει:

- ✓ Να μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης.
- ✓ Να μηδενίζεται κάθε φορά που το σώμα διέρχεται από το κέντρο της ταλάντωσης δηλαδή την θέση που αντιστοιχεί στο μέσο της τροχιάς του σώματος. Η θέση αυτή λέγεται και θέση ισορροπίας της ταλάντωσης.
- ✓ Όταν το σώμα βρίσκεται σε οποιαδήποτε άλλη θέση της τροχιάς του να τείνει να το επαναφέρει στην θέση ισορροπίας του.

Μεγέθη που χαρακτηρίζουν μια ταλάντωση

A. Περίοδος (T)

Ο χρόνος για να πραγματοποιήσει το σώμα μια πλήρη ταλάντωση λέγεται περίοδος μίας ταλάντωσης.

Σύμβολο: T

Μονάδα μέτρησης στο S.I.: 1s (δευτερόλεπτο)

B. Συχνότητα (f)

Το πηλίκο του αριθμού των πλήρων ταλαντώσεων N που πραγματοποιεί ένα σώμα σε χρονικό διάστημα Δt προς το χρονικό διάστημα Δt λέγεται συχνότητα.

Σύμβολο: f

Μαθηματική διατύπωση:

$$f = \frac{N}{\Delta t}$$

Μονάδα μέτρησης στο S.I.: 1Hz (χερτζ)

Σχέση συχνότητας – περιόδου:

Αν θεωρήσουμε ότι το σώμα εκτελεί μία πλήρη ταλάντωση τότε $N = 1$ ενώ ο χρόνος για να πραγματοποιηθεί αυτή η ταλάντωση είναι ο χρόνος της μιας περιόδου δηλαδή $\Delta t = T$. Έτσι προκύπτει μια νέα σχέση που συνδέει τη συχνότητα με την περίοδο:

$$f = \frac{N}{\Delta t} \Rightarrow f = \frac{1}{T}$$

Συμπέρασμα:

Η συχνότητα ισούται με το αντίστροφο της περιόδου. Δηλαδή $1\text{Hz} = 1/\text{s}$.

1Hz είναι η συχνότητα ενός ταλαντωτή όταν εκτελεί μία πλήρη ταλάντωση σε χρονικό διάστημα ενός δευτερολέπτου.

Γ. Πλάτος (x_0 ή A)

Η μέγιστη απόσταση από τη θέση ισορροπίας του στην οποία μπορεί να βρεθεί ένα σώμα που εκτελεί ταλάντωση λέγεται πλάτος της ταλάντωσης. Μονάδα μέτρησης του πλάτους στο S. I. είναι το 1m.

Σύμβολο: x_0 ή A

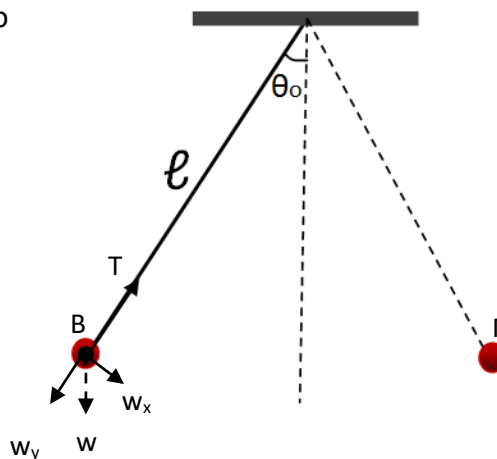
Μονάδα μέτρησης στο S. I.: 1m (μέτρο)

Το από εκκρεμές:

Το απλό εκκρεμές αποτελείται από ένα μικρό σφαιρίδιο κρεμασμένο στο ένα άκρο αβαρούς νήματος. Το άλλο άκρο του νήματος είναι στερεωμένο σε ένα σταθερό σημείο. Όταν το σφαιρίδιο ισορροπεί, το νήμα είναι κατακόρυφο. Αν το σώμα απομακρυνθεί από τη θέση ισορροπίας και έρθει, για παράδειγμα, στη θέση B, αφήνοντάς το ελεύθερο θα εκτελέσει ταλάντωση ανάμεσα στις ακραίες θέσεις B και Γ.

Οι δυνάμεις που ασκούνται στο σφαιρίδιο και καθορίζουν την κίνηση είναι:

- 1) Το βάρος του w και
- 2) Η τάση του νήματος T .



Μεγέθη ταλάντωσης του εκκρεμούς: περίοδος, συχνότητα και πλάτος.

A. Η περίοδος της ταλάντωσης του εκκρεμούς αποδεικνύεται πειραματικά ότι:

- είναι ανεξάρτητη από τη μάζα του σώματος,
- είναι ανεξάρτητη από το πλάτος ταλάντωσης όταν η γωνία απόκλισης είναι μικρότερη από 10 μοίρες,
- αυξάνεται όταν αυξάνεται το μήκος του νήματος και
- εξαρτάται από τον τόπο στον οποίο βρίσκεται το εκκρεμές.

Για την περίοδο του εκκρεμούς ισχύει το εξής (ύλη μεγαλύτερης τάξης):

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

B. Το πλάτος της ταλάντωσης του εκκρεμούς καθορίζεται από τη μέγιστη τιμή της γωνίας απόκλισης θ .

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή και με Λ κάθε λανθασμένη από τις επόμενες προτάσεις.
 - α. Η κίνηση ενός σώματος που εκτελεί σε ίσα χρονικά διαστήματα ονομάζεται περιοδική.
 - β. Ένα σώμα που εκτελεί ταλάντωση δεν εκτελεί περιοδική κίνηση.
 - γ. Αν ένα σώμα εκτελεί ταλάντωση, τότε στη θέση ισορροπίας η συνισταμένη των δυνάμεων που του ασκούνται μηδενίζεται.
 - δ. Περίοδος της ταλάντωσης ονομάζεται ο χρόνος που χρειάζεται το σώμα για να καλύψει την απόσταση μεταξύ των ακραίων θέσεων.
 - ε. Στο σφαιρίδιο του απλού εκκρεμούς η δύναμη που καθορίζει την κίνηση είναι το βάρος του.
 - στ. Η περίοδος της ταλάντωσης του απλού εκκρεμούς εξαρτάται από το πλάτος της ταλάντωσης όταν η γωνία απόκλισης είναι μεγαλύτερη από 10 μοίρες.
2. Ένα σώμα εκτελεί ταλάντωση με περίοδο T . Αν θεωρήσουμε ότι η περίοδος της ταλάντωσης διπλασιάζεται $T'=2T$, τότε η νέα συχνότητα f' :
 - α. υποδιπλασιάζεται.
 - β. διπλασιάζεται.
 - γ. παραμένει η ίδια.
 - δ. τετραπλασιάζεται.

3. Για ένα σώμα που εκτελεί ταλάντωση μας λένε ότι έχει συχνότητα 3Hz. Αυτό σημαίνει ότι:
- α. σε χρόνο 3s το σώμα εκτελεί μια πλήρη ταλάντωση.
 - β. σε χρόνο 1s το σώμα εκτελεί τρεις πλήρεις ταλαντώσεις.
 - γ. η περίοδος της ταλάντωσης είναι 3s.
 - δ. κάθε 3s το σώμα διέρχεται από τη θέση ισορροπίας του.
4. Η περίοδος του ωροδείκτη ενός ρολογιού είναι ίση με:
- α. 1s.
 - β. 1 ώρα.
 - γ. 12 ώρες.
 - δ. 24 ώρες.
5. Ένας ταλαντωτής συχνότητας f_1 σε χρονικό διάστημα 4s εκτελεί 4 πλήρεις ταλαντώσεις, ενώ ένας άλλος ταλαντωτής συχνότητας f_2 σε χρονικό διάστημα 2s εκτελεί 2 πλήρεις ταλαντώσεις. Ποια από τις παρακάτω σχέσεις είναι η σωστή;
- α. $f_1 > f_2$.
 - β. $f_1 = f_2$.
 - γ. $f_1 < f_2$.
- Να αιτιολογήσεις την επιλογή σου.
6. Τι ονομάζεται πλάτος μιας ταλάντωσης; Ποια είναι η μονάδα πλάτους ταλάντωσης στο S.I.;
7. Το φλας ενός αυτοκινήτου αναβοσβήνει με συχνότητα 0,5Hz. Σε χρόνο 1min το φλας θα έχει αναβοσβήσει:
- α. 2 φορές.
 - β. 5 φορές.
 - γ. 30 φορές.
 - δ. 120 φορές.
8. Ένα απλό εκκρεμές εκτελεί ταλάντωση με περίοδο T στον Πειραιά. Αν αντικαταστήσουμε το σφαιρίδιο του εκκρεμούς με ένα άλλο τετραπλάσιας μάζας τη θα συμβεί με την περίοδο;
- α. Θα διπλασιαστεί.
 - β. Θα μείνει η ίδια.
 - γ. Θα υποδιπλασιαστεί.
 - δ. Θα τετραπλασιαστεί

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΛΥΣΗ

1. Σώμα εκτελεί ταλάντωση με συχνότητα $0,2\text{Hz}$. Να υπολογίσετε:
 - α. την περίοδο της ταλάντωσης.
 - β. τον αριθμό N των πλήρων ταλαντώσεων που εκτελεί το σώμα σε χρόνο $\Delta t = 2\text{min}$.
2. Ένας ταλαντωτής ταλαντώνεται με συχνότητα $f = 20\text{Hz}$
 - α. Πόσες πλήρεις ταλαντώσεις πραγματοποιεί σε χρονικό διάστημα $\Delta t = 0,5\text{min}$
 - β. Ποια είναι η περίοδος αυτής της ταλάντωσης;
3. Ένας ταλαντωτής έχει περίοδο ταλάντωσης $T = 0,2\text{s}$. Σε πόσο χρονικό διάστημα θα εκτελέσει $N = 100$ πλήρεις ταλαντώσεις;
4. Ένας ταλαντωτής εκτελεί $N = 800$ ταλαντώσεις στο χρονικό διάστημα Δt που ένα αυτοκίνητο διανύει την απόσταση $s = 400\text{m}$. Το αυτοκίνητο κινείται ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα $u = 20\text{m/s}$. Να υπολογίσεις:
 - α. Τη συχνότητα f με την οποία ταλαντώνεται ο ταλαντωτής.
 - β. Την περίοδο T της ταλάντωσής του.
5. Ένα αγοράκι κάνει κούνια και εμείς το παρατηρούμε. Αν σε χρόνο 1min πραγματοποιεί 15 πλήρεις αιωρήσεις να βρείτε:
 - α. τη συχνότητα της ταλάντωσης της κούνιας.
 - β. την περίοδο της ταλάντωσης.
6. Πως μεταβάλλεται η περίοδος ενός απλού εκκρεμούς όταν:
 - α. ελαττωθεί το μήκος του νήματος του εκκρεμούς.
 - β. αν αυξηθεί το πλάτος ταλάντωσής του.
 - γ. ελαττωθεί η μάζα του
 - δ. το εκκρεμές μεταφερθεί από τους πόλους στον Ισημερινό

Ενέργεια και ταλάντωση

Για να εκτελέσει ένα σώμα ταλάντωση είναι αναγκαίο να του ασκηθεί μια δύναμη η οποία θα το εκτρέψει από τη θέση ισορροπίας του. Η δύναμη αυτή μέσω του έργου της προσδίδει στο σώμα ενέργεια η οποία αποθηκεύεται σε αυτό με τη μορφή δυναμικής ενέργειας.

Συνεπώς:

Η ενέργεια με την οποία πραγματοποιείται μια ταλάντωση προέρχεται από το έργο της δύναμης που ασκήθηκε στο σώμα για να το απομακρύνουμε από τη θέση ισορροπίας του.

Στην δίπλα εικόνα μπορούμε να παρατηρήσουμε τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια μίας ταλάντωσης.

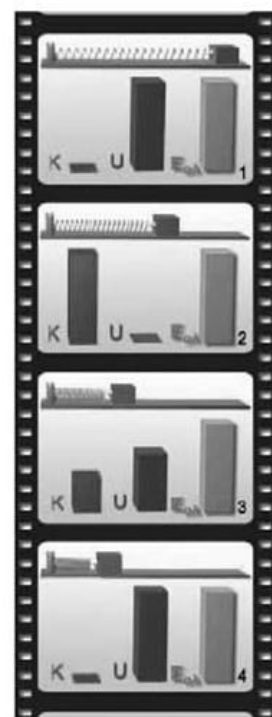
Στη θέση μέγιστης απομάκρυνσης (πλάτος) το σώμα έχει μέγιστη δυναμική ενέργεια αλλά μηδέν κινητική ενέργεια (1). Καθώς το σώμα κινείται προς τη θέση ισορροπίας η δυναμική του ενέργεια μικραίνει ενώ η κινητική του ενέργεια αυξάνει.

Όταν το σώμα φτάσει στη θέση ισορροπίας τότε η δυναμική ενέργεια μηδενίζεται ενώ η κινητική του ενέργεια γίνεται μέγιστη (2).

Καθώς το σώμα κινείται ξανά προς τη θέση μέγιστης απομάκρυνσης έχουμε μετατροπή της κινητικής ενέργειας σε δυναμική.

Στη θέση μέγιστης απομάκρυνσης η δυναμική ενέργεια μεγιστοποιείται ενώ η κινητική ενέργεια μηδενίζεται (4).

Αυτή η διαδοχική μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε κινητική και αντίστροφα συμβαίνει διαρκώς κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης του σώματος.



Συμπεράσματα:

- Κατά τη διάρκεια μιας ταλάντωσης έχουμε περιοδική μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε κινητική και αντίστροφα.
- Στην ιδανική περίπτωση όπου η ταλάντωση πραγματοποιείται χωρίς τριβές, η μηχανική ενέργεια της ταλάντωσης παραμένει σταθερή.

Μηχανικά κύματα – Κύμα και ενέργεια

Αν αφήσουμε μια πέτρα να πέσει στην επιφάνεια νερού που αρχικά ηρεμεί θα παρατηρήσουμε ότι δημιουργείται μια διαταραχή η οποία διαδίδεται με τη μορφή κύκλων. Το κέντρο των κύκλων είναι το σημείο στο οποίο ρίξαμε την πέτρα και έτσι δημιουργούνται μικροί κυματισμοί. Αντίστοιχα όταν φυσάει άνεμος τότε η σημαία στο μπαλκόνι μας κυματίζει. Στην περίπτωση αυτή ο άνεμος δημιουργεί μια διαταραχή η οποία μεταδίδεται από το ένα άκρο της σημαίας στο άλλο. Τέλος όταν γίνεται ένας σεισμός δημιουργούνται σεισμικά κύματα τα οποία διαδίδονται γύρω από το σημείο που ξεκίνησε ο σεισμός προς όλες τις κατευθύνσεις. Το κοινό χαρακτηριστικό και στα τρία παραδείγματα είναι η διάδοση ενέργειας μέσω μιας διαταραχής.

Κύμα: ονομάζεται η διάδοση ενέργειας μέσω μιας διαταραχής στον χώρο.

Γενικότερα:

Κύματα μπορούν να δημιουργηθούν όταν ένα σύστημα, για παράδειγμα ένα σχοινί, ο αέρας, η επιφάνεια της θάλασσας, ο φλοιός της Γης κτλ., διαταράσσεται από την κατάσταση ισορροπίας του και η ενέργεια ταξιδεύει από μία περιοχή του συστήματος σε άλλη. Συνεπώς τα κύματα αποτελούν έναν διαφορετικό τρόπο διάδοσης της ενέργειας.

Τα κύματα που διαδίδονται στο νερό, στον φλοιό της γης, σε μία χορδή, στον αέρα ή ακόμα και σε ένα σχοινί μεταφέρουν **μηχανική ενέργεια**. Γι' αυτό ονομάζονται και **μηχανικά κύματα**.

Σημείωση

Για να δημιουργηθεί και να διαδοθεί οποιοδήποτε μηχανικό κύμα είναι απαραίτητο να υπάρχει κάποιο υλικό μέσα στο οποίο διαδίδεται η μηχανική ενέργεια. Το υλικό αυτό ονομάζεται μέσο διάδοσης. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι τα μηχανικά κύματα δεν διαδίδονται στο κενό (πχ. διάστημα).

Χαρακτηριστικά των μηχανικών κυμάτων:

- Διαδίδονται μέσα στα υλικά μέσα.
- Μεταφέρουν μηχανική ενέργεια.

Είδη κυμάτων:

Τα κύματα ταξινομούνται σε δύο βασικές κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο κίνησης των μορίων του μέσου διάδοσης.

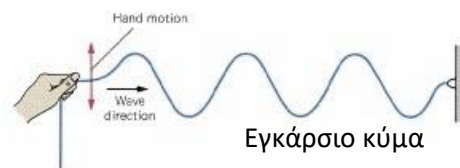
Αρχικά θα πρέπει να σημειώσουμε τον τρόπο με τον οποίο διαδίδεται η ενέργεια στο υλικό μέσο. Παίρνοντας μία χορδή κιθάρας μπορούμε να παρατηρήσουμε πως μόλις παίξουμε μία νότα, η χορδή ταλαντώνεται και έτσι ταξιδεύει η διαταραχή.

Εμβαθύνοντας: με το μηχανικό κύμα διαδίδεται η ενέργεια μέσα στο μέσο διάδοσης μέσω διαδοχικών ταλαντώσεων των σωματιδίων του μέσου.

A. Εγκάρσια κύματα

Αν τα σωματίδια του μέσου διάδοσης ταλαντώνονται κάθετα στην διεύθυνση διάδοσης του κύματος, τότε το κύμα λέγεται εγκάρσιο.

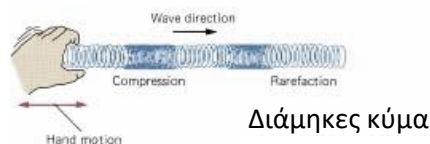
Τα εγκάρσια κύματα διαδίδονται μόνο στα στερεά.



B. Διαμήκη κύματα

Αν τα σωματίδια του μέσου διάδοσης ταλαντώνονται κατά την διεύθυνση διάδοσης του κύματος, τότε το κύμα λέγεται διαμήκες.

Τα διαμήκη κύματα διαδίδονται στα στερεά, τα υγρά και τα αέρια.



Επιφανειακό κύμα

Τα κύματα που δημιουργούνται στο βάθος μιας λίμνης ή της θάλασσας είναι διαμήκη. Τα κύματα όμως που δημιουργούνται στην επιφάνειά τους είναι ένα μίγμα εγκάρσιων και διαμηκών κυμάτων με αποτέλεσμα να αποτελούν μια ειδική κατηγορία τα επιφανειακά κύματα τα οποία έχουν τη μορφή ομόκεντρων κύκλων με κέντρο το σημείο που αποτελεί την αρχή της διαταραχής.

Κύμα και ενέργεια:

Το κύμα μεταφέρει ενέργεια σε κάθε σωματίδιο του υλικού μέσου στο οποίο διαδίδεται χωρίς να μεταφέρει ύλη. Μία πηγή που ταλαντώνεται μπορεί να παράγει κύμα. Η ενέργεια που μεταφέρει το κύμα προσφέρεται από την πηγή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Να συμπληρώσετε τα κενά με τις κατάλληλες λέξεις ώστε το περιεχόμενό τους να είναι επιστημονικά ορθό.
 - A. Κύμα λέγεται η διάδοση μιας στο χώρο με σταθερή
 - B. Τα κύματα μεταφέρουν μηχανική ενέργεια.
 - Γ. Στα κύματα τα σωματίδια του μέσου ταλαντώνονται παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος.
 - Δ. Στα κύματα τα σωματίδια του μέσου ταλαντώνονται κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος.
 - Ε. Τα εγκάρσια κύματα διαδίδονται μόνο στα σώματα.

2. Κατά την διάδοσή τους τα κύματα μεταφέρουν:
 - α. ενέργεια.
 - β. ύλη.
 - γ. άλλοτε ενέργεια και άλλοτε ύλη.
 - δ. ενέργεια και ύλη.

3. Τα επιφανειακά κύματα είναι:
 - α. εγκάρσια κύματα.
 - β. διαμήκη κύματα.
 - γ. μείγμα εγκάρσιων και διαμηκών κυμάτων.
 - δ. άλλοτε εγκάρσια και άλλοτε διαμήκη.

4. Να χαρακτηρίσεις καθεμία από τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστή (Σ) ή ως λανθασμένη (Λ).
 - α. Τα κύματα που διαδίδονται στην επιφάνεια της θάλασσας είναι μόνο εγκάρσια.
 - β. Στην επιφάνεια της θάλασσας διαδίδονται μόνο διαμήκη κύματα.
 - γ. Στο βάθος της θάλασσας δημιουργούνται διαμήκη κύματα.
 - δ. Τα κύματα που διαδίδονται στην επιφάνεια της θάλασσας ή μιας λίμνης λέγονται επιφανειακά κύματα.

5. Να συμπληρώσετε τα κενά με τις κατάλληλες λέξεις ώστε το περιεχόμενό τους να είναι επιστημονικά ορθό.
 - Α. Κύματα μπορούν να δημιουργηθούν όταν ένα όπως για παράδειγμα ο αέρας, διαταράσσεται από την κατάσταση του και η ταξιδεύει από μια περιοχή του συστήματος σε μια άλλη.
 - Β. Τα κύματα στις χορδές της κιθάρας είναι κύματα.
 - Γ. Τα ηχητικά κύματα είναι κύματα.
 - Δ. Τα κύματα της θάλασσας δημιουργούνται συνήθως εξαιτίας των
 - Ε. Μια που ταλαντώνεται μπορεί να παράγει

Χαρακτηριστικά μεγέθη του κύματος

Τα φυσικά μεγέθη που χρησιμοποιούμε για να περιγράψουμε ένα κύμα είναι:

- Η συχνότητα f .
- Η περίοδος T .

Περίοδος T και συχνότητα f ενός κύματος είναι η περίοδος και η συχνότητα με την οποία ταλαντώνονται τα σωματίδια του υλικού μέσου στο οποίο διαδίδεται το κύμα.

Μονάδα περιόδου στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων είναι το 1s και μονάδα συχνότητας το 1Hz (χερτζ).

Το μήκος κύματος (λ)

Μήκος κύματος λ ενός κύματος ορίζεται ως η απόσταση στην οποία διαδίδεται το κύμα σε χρόνο μίας περιόδου.

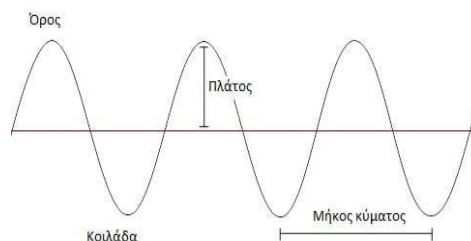
Αλλιώς: Μήκος κύματος λ είναι η μικρότερη απόσταση μεταξύ δύο σημείων με την ίδια απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας και την ίδια κατεύθυνση κίνησης.

Σύμβολο: λ

Μονάδα μέτρησης στο S.I.: 1m (μέτρο).

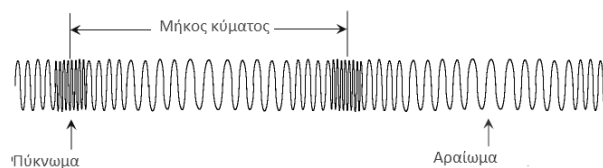
Εγκάρσιο κύμα – μήκος κύματος

Σε ένα εγκάρσιο κύμα δημιουργούνται όρη και κοιλάδες οπότε το μήκος κύματος είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών ορών ή κοιλάδων.



Διάμηκες κύμα – μήκος κύματος

Σε ένα διάμηκες κύμα δημιουργούνται πυκνώματα και αραιώματα οπότε το μήκος κύματος είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πυκνωμάτων ή αραιωμάτων.



Πλάτος του κύματος

Πλάτος του κύματος λέγεται το πλάτος ταλάντωσης των σωματιδίων του μέσου στο οποίο διαδίδεται το κύμα. Όσο πιο μεγάλο είναι το πλάτος ενός κύματος τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια που μεταφέρεται.

Ταχύτητα διάδοσης του κύματος (v)

Η ταχύτητα v του κύματος ισούται με το πηλίκο της απόστασης Δx που διανύει η διαταραχή σε χρονικό διάστημα Δt προς αυτό το χρονικό διάστημα

Μαθηματική διατύπωση:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Σύμβολο: v

Σύμβολο: 1m/s

Η ταχύτητα του κύματος:

- Δεν εξαρτάται από το πλάτος του κύματος.
- Εξαρτάται από τις ιδιότητες του μέσου διάδοσης.

Ωστόσο, στο ίδιο μέσο διάδοσης τα εγκάρσια κύματα διαδίδονται με μικρότερη ταχύτητα απ' ότι τα διαμήκη.

Προσοχή!

Όταν ένα κύμα αλλάζει μέσο διάδοσης, μπορεί να αλλάξει τη ταχύτητα το πλάτος ή το μήκος κύματος, αλλά ποτέ η συχνότητα (και η περίοδος).

Θεμελιώδης νόμος της κυματικής

Σύμφωνα με τον ορισμό, στο χρονικό διάστημα της περιόδου T η απόσταση στην οποία διαδίδεται η διαταραχή είναι ίση με ένα μήκος κύματος λ . Δηλαδή, αν $\Delta t = T$, τότε $\Delta x = \lambda$

Αντικαθιστώντας στον τύπο της ταχύτητας έχουμε:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Όμως γνωρίζουμε ότι: $f = \frac{1}{T}$

Άρα:

$$v = \lambda \cdot f$$

Συμπέρασμα:

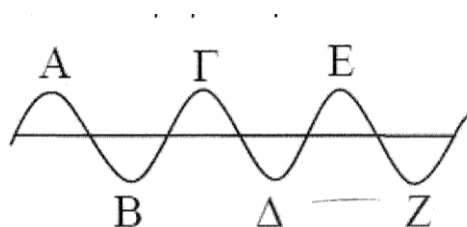
Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος σ' ένα μέσο ισούται με το γινόμενο της συχνότητας επί το μήκος κύματος.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Να συμπληρώσετε τα κενά με τις κατάλληλες λέξεις ώστε το περιεχόμενό τους να είναι επιστημονικά ορθό.
Α. Σε ένα εγκάρσιο κύμα δημιουργούνται και κοιλάδες.
Β. Όσο μεγαλύτερο είναι το τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια που μεταφέρεται από το κύμα
Γ. Το μήκος κύματος είναι ίσο με την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών ή
Δ. Η ταχύτητα διάδοσης ενός κύματος είναι από το πλάτος του κύματος
Ε. Η ταχύτητα διάδοσης ενός κύματος από τις ιδιότητες του μέσου διάδοσης.
Στ. Στο ίδιο μέσο διάδοσης τα κύματα διαδίδονται με μικρότερη ταχύτητα από τα κύματα.
2. Η ενέργεια που μεταφέρει ένα κύμα καθορίζεται από:
α. την περίοδο του κύματος.
β. τη συχνότητα του κύματος.
γ. το μήκος κύματος.
δ. το πλάτος του κύματος.
3. Ένα εγκάρσιο και ένα διάμηκες κύμα διαδίδονται ταυτόχρονα σε στερεό ελαστικό μέσο με την ίδια συχνότητα. Για το μήκος κύματος των δύο κυμάτων ισχύει:
α. είναι μεγαλύτερο για το διάμηκες κύμα.
β. είναι μεγαλύτερο για το εγκάρσιο κύμα.
γ. είναι ίδια και για τα δύο κύματα.
δ. για το εγκάρσιο κύμα είναι διπλάσιο του διάμηκες.
4. Να διατυπώσετε τον θεμελιώδη νόμο της κυματικής.
5. Ένα κύμα μεταβαίνει από ένα ελαστικό μέσο σε άλλο. Αν κατά τη μετάβαση αυτή ελαττώνεται η ταχύτητα του κύματος, ποια μεταβολή γίνεται στη συχνότητά του f και ποια στο μήκος κύματός του λ ;
α. Η f μικραίνει, το ίδιο και το λ .
β. Η f μένει η ίδια, αλλά το λ μικραίνει.
γ. Η f μικραίνει και το λ μένει το ίδιο.
δ. Η f μένει η ίδια, αλλά το λ μεγαλώνει.
Να σημειώσετε τη σωστή απάντηση και να την αιτιολογήσετε.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΛΥΣΗ

1. Σε μια λεκάνη γεμάτη με νερό ρίχνουμε σταγόνες νερού. Αν ρίχνουμε 90 σταγόνες κάθε λεπτό και η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών ορών είναι ίση με 8cm να υπολογίσετε:
α. τη συχνότητα του κύματος που σχηματίζεται.
β. την περίοδο του κύματος. γ. την ταχύτητα διάδοσης του κύματος.
2. Η συχνότητα ενός κύματος είναι $f = 10^5 \text{ Hz}$ και το μήκος κύματος είναι $\lambda = 0,5 \text{ cm}$. Να υπολογίσετε την απόσταση που διανύει το κύμα σε χρόνο $t = 1 \text{ min}$.
3. Η συχνότητα ενός κύματος είναι $f = 10 \text{ MHz}$ και το μήκος κύματος είναι $\lambda = 4 \text{ cm}$. Να υπολογίσετε την περίοδο και την ταχύτητα διάδοσης του κύματος.
4. Τα εγκάρσια κύματα μιας σεισμικής δόνησης έκαναν να φτάσουν $\Delta t_1 = 60 \text{ s}$ ως έναν σειсмоγράφο που βρίσκεται σε απόσταση $d = 300 \text{ km}$ από την εστία του σεισμού. Τα διαμήκη κύματα είχαν φτάσει 20s νωρίτερα από τα εγκάρσια. Να υπολογίσετε τις ταχύτητες των δύο κυμάτων.
5. Δύο σημαδούρες Σ_1 και Σ_2 απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 100 \text{ m}$. Κάποιο απόγευμα ο άνεμος δημιούργησε έναν σταθερό κυματισμό οπότε σχηματίστηκαν $N = 51$ κορυφές μεταξύ των σημαδούρων. Να υπολογίσετε το μήκος κύματος λ του κυματισμού.
6. Στο σκοινί του σχήματος διαδίδεται ένα εγκάρσιο κύμα.



- Αν $AE = 90 \text{ cm}$ και η συχνότητα της ταλάντωσης είναι 4 Hz να υπολογίσετε:
- α. την περίοδο του κύματος
 - β. την ταχύτητα διάδοσης του κύματος

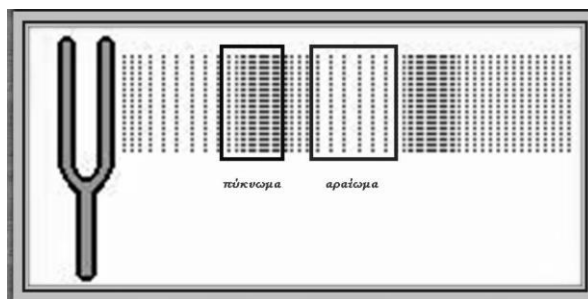
Ήχος

Τα περισσότερα μηχανικά κύματα γίνονται αντιληπτά με την όραση. Υπάρχουν όμως και ορισμένα μηχανικά κύματα τα οποία δεν μπορούμε να τα δούμε.

Οι ήχοι χρησιμοποιούνται από τα έμβια όντα για την επικοινωνία μεταξύ τους, αλλά και για την απόκτηση πληροφοριών σχετικά με το περιβάλλον τους, τα κύματα αυτά ονομάζονται ηχητικά.

Διάδοση ηχητικών κυμάτων

Ας θεωρήσουμε το διαπασών του διπλανού σχήματος. Αν θέσουμε σε ταλάντωση το διαπασών τα μόρια του αέρα αναγκάζονται να εκτελέσουν ταλάντωση με αποτέλεσμα στον αέρα να δημιουργούνται περιοδικές μεταβολές της πίεσης δημιουργούνται δηλαδή πυκνώματα και αραιώματα. Έτσι δημιουργούμε ένα ηχητικό κύμα. Τα κύματα που δημιουργούνται με αυτό τον



τρόπο είναι διαμήκη. Η μεταφορά ενέργειας μπορεί να παρατηρηθεί αν τοποθετήσουμε ένα αναμμένο κερί σε κάποια απόσταση από το διαπασών παρατηρώντας την φλόγα να ταλαντεύεται δεξιά και αριστερά. Η μεταφορά ενέργειας πραγματοποιείται μέσω των συγκρούσεων των μορίων του αέρα μεταξύ τους.

Ηχητικά κύματα: είναι τα διαμήκη μηχανικά κύματα που παράγονται από τις δονήσεις των σωμάτων.

Τα ηχητικά κύματα διαδίδονται και στα στερεά και στα υγρά και στα αέρια. Δε διαδίδονται όμως στο κενό, γιατί δεν υπάρχουν μόρια ώστε να αλληλεπιδράσουν και να μεταφερθεί έτσι η μηχανική ενέργεια του ηχητικού κύματος.

Η ταχύτητα διάδοσης των ηχητικών κυμάτων είναι μεγαλύτερη στα στερεά απ' ό,τι στα υγρά και στα υγρά είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι στα αέρια. Ακόμη όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του μέσου στο οποίο διαδίδονται, αυξάνεται και η ταχύτητα του κύματος.

Μήκος κύματος: είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πυκνομάτων ή αραιωμάτων.

Υπόηχος: Ηχητικά κύματα με συχνότητα μικρότερη των 20 Hz.

Υπέρηχος: Ηχητικά κύματα με συχνότητα μεγαλύτερη των 20.000 Hz.

Σημείωση

Το ανθρώπινο αυτί μπορεί να ακούσει συχνότητες ηχητικών κυμάτων μεγαλύτερες από 20 Hz και μικρότερες από 20.000 Hz.

Κυματικά φαινόμενα του ήχου:

Είναι δυνατόν ένα ηχητικό κύμα να ανακλαστεί από διάφορα αντικείμενα, όπως για παράδειγμα έναν τοίχο. Το φαινόμενο της ανάκλασης ενός ηχητικού κύματος ονομάζεται ηχώ.

Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου

Τα χαρακτηριστικά που συνδέονται με τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε τον ήχο ονομάζονται υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου. Αυτά είναι:

- ο ύψος
- η ακουστότητα
- η χροιά.

Ύψος του ήχου

Το χαρακτηριστικό αυτό μας επιτρέπει να διακρίνουμε αν ένας ήχος είναι υψηλός (οξύς) ή χαμηλός (βαρύς). Το ύψος ενός ήχου εξαρτάται από τη συχνότητα του ήχου. Μεγάλη συχνότητα σημαίνει ήχο υψηλό ενώ μικρή συχνότητα σημαίνει ήχο χαμηλό.

Ακουστότητα του ήχου

Το χαρακτηριστικό αυτό μας επιτρέπει να διακρίνουμε τους ήχους σε ισχυρούς ή ασθενείς. Η ακουστικότητα καθορίζεται κυρίως από την ένταση του ηχητικού κύματος, εξαρτάται ωστόσο και από τη συχνότητα.

Η ένταση του ήχου εξαρτάται από την ποσότητα ενέργειας που μεταφέρει ένα ηχητικό κύμα στο αυτί μας κάθε δευτερόλεπτο.

Η ένταση εξαρτάται:

- A. από το πλάτος του κύματος – όσο μεγαλύτερο το πλάτος τόσο μεγαλύτερη η ένταση.
- B. από τη συχνότητα του ήχου – το ανθρώπινο αυτί είναι ευαίσθητο στις μεσαίες συχνότητες (περίπου 1000Hz) απ' ότι στις χαμηλές ή τις υψηλές.

Κλίμακα μέτρησης της στάθμης της έντασης του ήχου

Για τη μέτρηση της στάθμης της έντασης του ήχου χρησιμοποιούμε την κλίμακα Ντεσιμπέλ (dB).

- Τα 0dB αντιστοιχούν σε ήχο που μόλις ακούγεται.
- Τα 120dB αντιστοιχούν σε ήχο που προκαλεί πόνο στα αυτιά μας.

Χροιά του ήχου

Με βάση αυτό το χαρακτηριστικό μπορούμε να διακρίνουμε δύο ήχους που παράγονται από διαφορετικές πηγές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η διάκριση δύο ανθρώπινων φωνών!

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Να συμπληρώσετε τα κενά με τις κατάλληλες λέξεις ώστε το περιεχόμενό τους να είναι επιστημονικά ορθό.
Α. Οι ήχοι που έχουν συχνότητα μεγαλύτερη από 20.000Hz λέγονται.....
Β. Τα ηχητικά κύματα δε διαδίδονται στο.....
Γ. Τα ηχητικά κύματα διαδίδονται στον αέρα πιο από ότι στο νερό.
Δ. Ένας ήχος με συχνότητα $f = 0,5 \text{ Hz}$ λέγεται
2. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι η σωστή;
α. Τα ηχητικά κύματα διαδίδονται στο κενό.
β. Τα ηχητικά κύματα δε διαδίδονται στα στερεά.
γ. Η ταχύτητα των ηχητικών κυμάτων στον αέρα είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι στα υγρά.
δ. Τα ηχητικά κύματα διαδίδονται και στα στερεά και στα υγρά και στα αέρια.
3. Ηχητικό κύμα διαδίδεται ταυτόχρονα στο νερό, σε σιδερένια πλάκα και στον αέρα. Η απόσταση που διανύει στον ίδιο χρόνο είναι:
α. μεγαλύτερη στο νερό.
β. μεγαλύτερη στη σιδερένια πλάκα.
γ. μεγαλύτερη στον αέρα.
δ. είναι ίδια και για τις τρεις περιπτώσεις.
4. Ένα ηχητικό κύμα διαδίδεται αρχικά στον αέρα και στη συνέχεια μέσα στο νερό. Ποιο από μεγέθη που ακολουθούν θα παραμείνει σταθερό;
Α. η συχνότητα.
Β. η περίοδος.
Γ. το μήκος κύματος.
Δ. όλα τα χαρακτηριστικά μεγέθη του κύματος παραμένουν σταθερά.
5. Σε ένα αστέρι που βρίσκεται κοντά στη Γη πραγματοποιείται μια έκρηξη. Ο ήχος της έκρηξης:
α. θα γίνει αντιληπτός στη Γη.
β. δεν θα γίνει αντιληπτός στη Γη.
γ. εξαρτάται αν θα γίνει αντιληπτός από την απόσταση αστεριού – Γης.
δ. θα γίνει αντιληπτός αν η ατμόσφαιρα της Γης δεν καλύπτεται από σύννεφα.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΛΥΣΗ

1. Η συχνότητα ενός ήχου που διαδίδεται στον αέρα είναι $f = 340\text{Hz}$. Αν η ταχύτητα διάδοσης του ήχου αυτού είναι ίση με $u = 340\text{m/s}$ να υπολογίσετε:
 - α. το μήκος κύματος λ .
 - β. το χρόνο που απαιτείται ώστε ο ήχος να διανύσει απόσταση $d = 6,46\text{km}$.
2. Ένα ελικόπτερο βρίσκεται ακίνητο πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Ένα ηχητικό κύμα εκπέμπεται από το ελικόπτερο και επιστρέφει σε αυτό ύστερα από χρόνο $t = 20\text{s}$. Αν η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα είναι $u_a = 340\text{m/s}$, στο νερό $u_v = 1500\text{m/s}$ και το βάθος της θάλασσας σε εκείνο το σημείο είναι $d = 9.000\text{m}$ να υπολογίσετε το ύψος στο οποίο βρίσκεται ακίνητο το ελικόπτερο.
3. Ένα υποβρύχιο προσπαθεί να υπολογίσει την απόστασή του από τον βυθό. Για τον σκοπό αυτό εκπέμπει ένα ηχητικό σήμα συχνότητας $f = 300\text{Hz}$ και μήκους κύματος $\lambda = 5\text{m}$. Τα κύματα ανακλάστηκαν στο βυθό και επέστρεψαν στον ανιχνευτή ύστερα από χρονικό διάστημα $0,2\text{s}$. Να υπολογίσετε:
 - α. την ταχύτητα των κυμάτων αυτών.
 - β. την απόσταση του βυθού από το υποβρύχιο.
4. Ένα παιδί βρίσκεται σε απόσταση s από έναν μεγάλο βράχο. Κάποια στιγμή το παιδί έβγαλε μία κραυγή. Η ηχώ από τον βράχο ακούστηκε $0,3\text{ s}$ από τη στιγμή που το παιδί φώναξε. Γνωρίζοντας ότι η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι $u = 340\text{m/s}$ να υπολογίσετε πόσο απέχει το παιδί από τον βράχο.
5. Οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται ήχους συχνότητας από 20Hz έως 20.000Hz . Αν η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα είναι $u = 340\text{m/s}$ να υπολογίσετε το ελάχιστο και το μέγιστο μήκος κύματος που μπορεί να έχει ένας ήχος ώστε να είναι αντιληπτός από τους ανθρώπους.