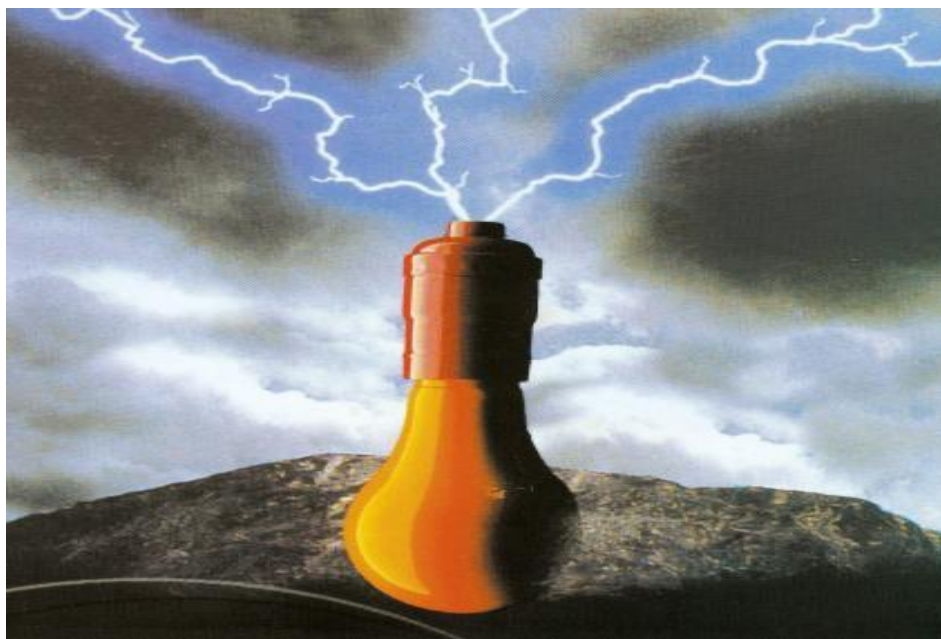


**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ
ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ**



ΦΥΣΙΚΗ

**ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ
Β΄ ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ**

Τόμος 2^{ος}

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ

ΦΥΣΙΚΗ

Β΄ ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ
2ος τόμος

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ
ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

**Η επανέκδοση του παρόντος βιβλίου
πραγματοποιήθηκε
από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών &
Εκδόσεων**

**«Διόφαντος» μέσω ψηφιακής μακέτας, η οποία
δημιουργήθηκε με χρηματοδότηση από το ΕΣΠΑ / ΕΠ
«Εκπαίδευση & Διά Βίου Μάθηση» / Πράξη «ΣΤΗΡΙΖΩ».
Οι αλλαγές που ενσωματώθηκαν στην παρούσα
επανέκδοση έγιναν με βάση τις διορθώσεις του
Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής.**

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

Το κεφάλαιο 1 προέρχεται από το βιβλίο «Φυσική Γενικής Παιδείας Β΄ Τάξης Γενικού Λυκείου», ΟΕΔΒ 2010.

ΟΜΑΔΑ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ

Αλεξάκης Νίκος, Msc φυσικός, καθηγητής 5ου Λυκείου Κορυδαλλού

Αμπατζής Σταύρος, Δρ φυσικός, καθηγητής Γενναδείου Σχολής

Γκουγκούσης Γιώργος, φυσικός, ιδιοκτήτης - διευθυντής φροντιστηρίου

Κουντούρης Βαγγέλης, φυσικός, καθηγητής 1ου Γυμνασίου Ιλίου

Μοσχοβίτης Νίκος, φυσικός, καθηγητής εκπ/ρίων Κωστέα - Γείτονα

Οβαδίας Σάββας, φυσικός, καθηγητής Λυκείου Ν. Αρτάκης

Πετρόχειλος Κλεομένης, φυσικός, καθηγητής Αμερικανικού Κολλεγίου

Σαμπράκος Μενέλαος, φυσικός, ιδιοκτήτης - διευθυντής φροντιστηρίου

Ψαλίδας Αργύρης, Δρ φυσικός, καθηγητής Κολλεγίου Αθηνών

ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ

Πετρόχειλος Κλεομένης, φυσικός, καθηγητής Αμερικανικού Κολλεγίου

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΕΝΘΕΤΑ

Καζαντζή Μαρία, φυσικός, καθηγήτρια β/θμιας εκπαίδευσης

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟΥ**

**Ραγιαδάκης Χρήστος, πρόεδρος στον τομέα Φυσικών
Επιστημών του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου
ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ**

Χριστοδούλου Ειρήνη, φιλόλογος

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΝΤΥΠΟΥ ΚΑΙ ΚΑΛΛΙΤΕΧΝΙΚΗ
ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ**

Παπαζαχαροπούλου Μαρία

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

**Γαβριηλίδου Δανάη
ΜΑΚΕΤΤΑ ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ:
«ΑΦΟΙ ΠΕΡΓΑΜΑΛΗ»**

**Το κεφάλαιο 2 προέρχεται από το βιβλίο «Φυσική
Γενικής Παιδείας Α΄ Τάξης Γενικού Λυκείου», ΟΕΔΒ
2010.**

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΤΗΣ ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ

**Παναγιώτης Β. Κόκκοτας, Καθηγητής της Διδακτικής
των Φυσικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αθηνών**

ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

**Ιωάννης Α. Βλάχος, Διδάκτορας, Σχολικός Σύμβουλος
του κλάδου ΠΕ4**

**Ιωάννης Γ. Γραμματικάκης, Επίκουρος Καθηγητής
Φυσικής στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**

**Βασίλης Α. Καραπαναγιώτης, Φυσικός, Καθηγητής
Πειραματικού Σχολείου Πανεπιστημίου Αθηνών**

**Περικλής Εμ. Περιστερόπουλος, Φυσικός, Υποψήφιος
Διδάκτορας, Καθηγητής στο 3ο Λύκειο Βύρωνα**

**Γιώργος Β. Τιμοθέου, Φυσικός, Λυκειάρχης στο 2ο
Λυκείου Αγ. Παρασκευής
ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΡΙΣΗΣ**

**Φλυτζάνης Νικόλαος (Πρόεδρος), Καθηγητής
Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Κρήτης
Καλοψικάκης Εμμανουήλ, Φυσικός, τ. Σχολικός
Σύμβουλος**

**Ξενάκης Χρήστος, Δρ. Φυσικός, Σχολικός Σύμβουλος
Φθιώτιδος**

**Πάλλας Δήμος, Φυσικός, Υποδιευθυντής 1ου Λυκείου
Λαμίας**

**Στεφανίδης Κωνσταντίνος, Δρ. Φυσικός, Σχολικός
Σύμβουλος Πειραιά**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους Καθηγητές της
Φυσικής που μας βοήθησαν στο έργο μας:

1. Την Σωτηρία Θεοδωρίδου για τη συμβολή της στις
Λύσεις των Ασκήσεων, στις Περιλήψεις, στο Ευρετήριο
και στο Γλωσσάρι.
2. Την Σοφία Ιωαννίδου για τη συμβολή της στη Λύση
των ασκήσεων Α΄ και Β΄ Λυκείου.
3. Τον Κώστα Ζαχαριάδη και την Ταραώ Μπουγά για τις
εύστοχες παρατηρήσεις τους στο βιβλίο της Γ΄ Λυκείου
Γενικής Παιδείας.
4. Την Γεωργία Αγγελοπούλου για τις Ασκήσεις που
πρότεινε να συμπεριληφθούν στα βιβλία.
5. Την Μαρία Σωτηράκου για τη συμβολή της στο
Ευρετήριο.

Οι συγγραφείς ευχαριστούν τον Ιωάννη Βαγιωνάκη,
Φυσικό, για τη συμβολή του στη συγγραφή ασκήσεων
και ερωτήσεων, για τις παρατηρήσεις και υποδείξεις
του, καθώς και για τη βοήθειά του στην επιμέλεια
έκδοσης.

Το κεφάλαιο 3,4 προέρχεται από το βιβλίο «Φυσική Γενικής Παιδείας Γ΄ Τάξης Γενικού Λυκείου», ΟΕΔΒ 2012

ΟΜΑΔΑ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ

Πέτρος Γεωργακάκος, φυσικός, καθηγητής 3ου Λυκείου Ηλιούπολης

Αθανάσιος Σκαλωμένος, φυσικός, καθηγητής 1ου Λυκείου Ζωγράφου

Νικόλαος Σφαρνάς, φυσικός, καθηγητής 56ου Λυκείου Αθηνών

Ιωάννης Χριστακόπουλος, φυσικός, καθηγητής του Ε.Π.Λ. Νέας Φιλαδέλφειας «Μίλτος Κουντουράς»

ΟΜΑΔΑ ΚΡΙΣΗΣ

Ευάγγελος Κούκλης, φυσικός, καθηγητής 6ου Λυκείου Ζωγράφου

Σπύρος Τζαμαρίας, φυσικός στοιχειωδών σωματιδίων. Κύριος ερευνητής Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δημόκριτος»

Χρήστος Χρονόπουλος, φυσικός, καθηγητής 4ου Λυκείου Αμαρουσίου

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟΥ

Χρήστος Δούκας, πάρεδρος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, τομέας Φυσικών Επιστημών

ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

Μαιρίτα Κλειδωνάρη, φιλόλογος, καθηγήτρια Λυκείου Αγίου Στεφάνου

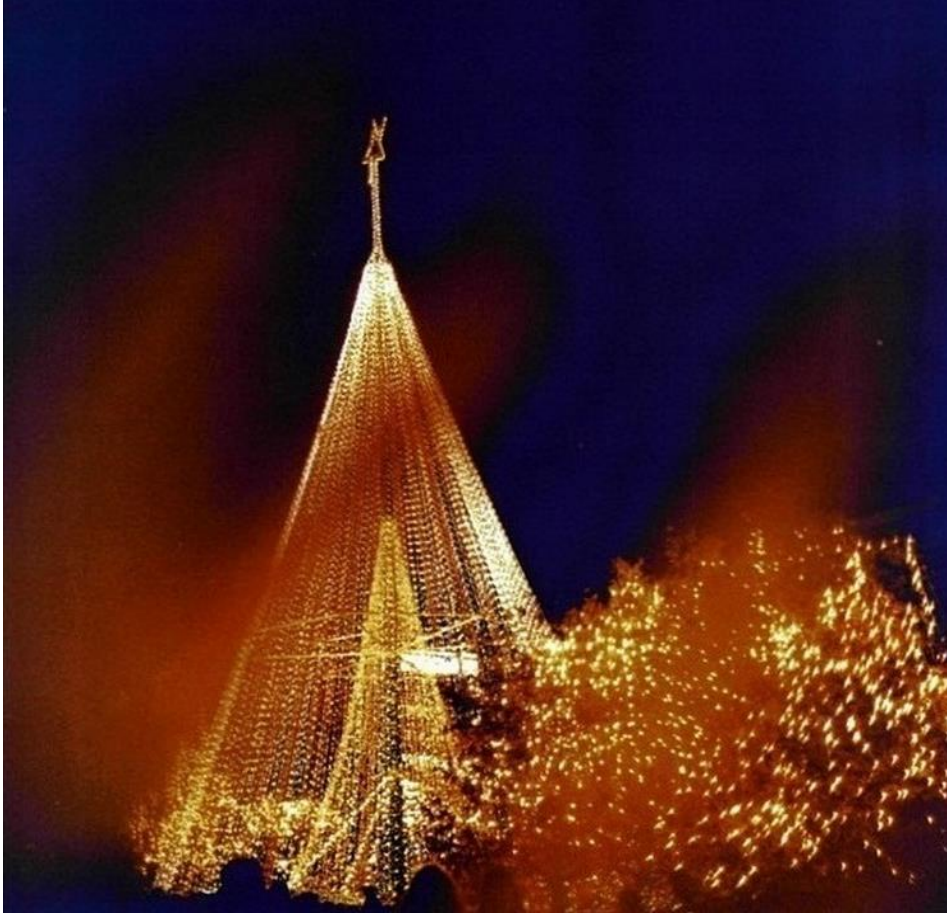
**ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ ΜΕ
ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΟΡΑΣΗ**

**Ομάδα Εργασίας Υπ. Παιδείας, Δια Βίου Μάθησης και
Θρησκευμάτων**

**ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ: Φλεμοτόμου Ιουστίνα, Μάρκου
Κωνσταντίνα (ΙΕΠ)
ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: Σπανάκη Άννα (ΙΕΠ)**

2 ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα



- 2.1 Ηλεκτρικές πηγές
- 2.2 Ηλεκτρικό ρεύμα
- 2.3 Κανόνες του Kirchhoff
- 2.4 Αντίσταση (ωμική) - Αντιστάτης
- 2.5 Συνδεσμολογία αντιστατών (αντιστάσεων)
- 2.6 Ρυθμιστική (μεταβλητή) αντίσταση
- 2.7 Ενέργεια και ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος
- 2.8 Ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) πηγής
- 2.9 Νόμος του Ohm για κλειστό κύκλωμα
- 2.10 Αποδέκτες
- 2.11 Δίοδος

Σε όλες τις οικιακές συσκευές, στους ραδιοφωνικούς και τηλεοπτικούς πομπούς και δέκτες, στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, στα βιομηχανικά συστήματα διανομής ενέργειας υπάρχουν ηλεκτρικά κυκλώματα. Στα κυκλώματα αυτά τα ηλεκτρικά φορτία κινούνται προσανατολισμένα. Η προσανατολισμένη αυτή κίνηση των φορτίων λέγεται ηλεκτρικό ρεύμα.

Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσουμε το συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα, το αίτιο και τα αποτελέσματά του, καθώς και τους νόμους που ισχύουν στα ηλεκτρικά κυκλώματα. Τέλος, θα αναφερθούμε σε χρήσιμες συμβουλές για την προστασία από τους κινδύνους του ηλεκτρικού ρεύματος.

2.1. Ηλεκτρικές πηγές

Στην καθημερινή ζωή χρησιμοποιούμε ηλεκτρικές στήλες (στοιχεία) για τη λειτουργία φορητών ραδιοφώνων, ρολογιών και φακών, χρησιμοποιούμε ηλεκτρικούς συσσωρευτές (μπαταρίες) για τη λειτουργία των ηλεκτρικών οργάνων του αυτοκινήτου, χρησιμοποιούμε φωτοστοιχεία για τη λειτουργία των μικρών αριθμομηχανών, χρησιμοποιούμε ηλεκτρικές γεννήτριες για το φωτισμό των εξοχικών σπιτιών. Όλες αυτές οι συσκευές είναι ηλεκτρικές πηγές.

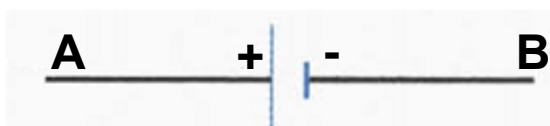
Ποιος είναι ο ρόλος της ηλεκτρικής πηγής στις παραπάνω λειτουργίες; Η ηλεκτρική πηγή δημιουργεί στα άκρα της διαφορά δυναμικού (τάση) και προσφέρει στο κύκλωμα την ενέργειά της.

Τα άκρα της πηγής ονομάζονται πόλοι της πηγής. Ο πόλος που βρίσκεται σε υψηλότερο δυναμικό λέγεται θετικός πόλος (+) και ο πόλος που βρίσκεται σε χαμηλότερο δυναμικό λέγεται αρνητικός πόλος (-).

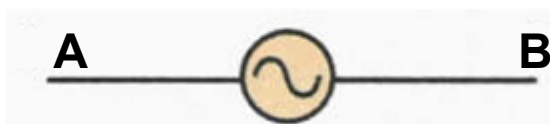
Έχουμε δύο είδη ηλεκτρικών πηγών:

α) πηγές συνεχούς τάσης, στις οποίες ο θετικός και ο αρνητικός πόλος είναι καθορισμένοι. Στην εικόνα 1 φαίνεται ο συμβολισμός μιας πηγής συνεχούς τάσης.

β) πηγές εναλλασσόμενης τάσης, στις οποίες ο θετικός και ο αρνητικός πόλος εναλλάσσονται. Στην εικόνα 2 φαίνεται ο συμβολισμός μιας πηγής εναλλασσόμενης τάσης.



Εικόνα 2.1-1. Συμβολισμός πηγής συνεχούς τάσης.

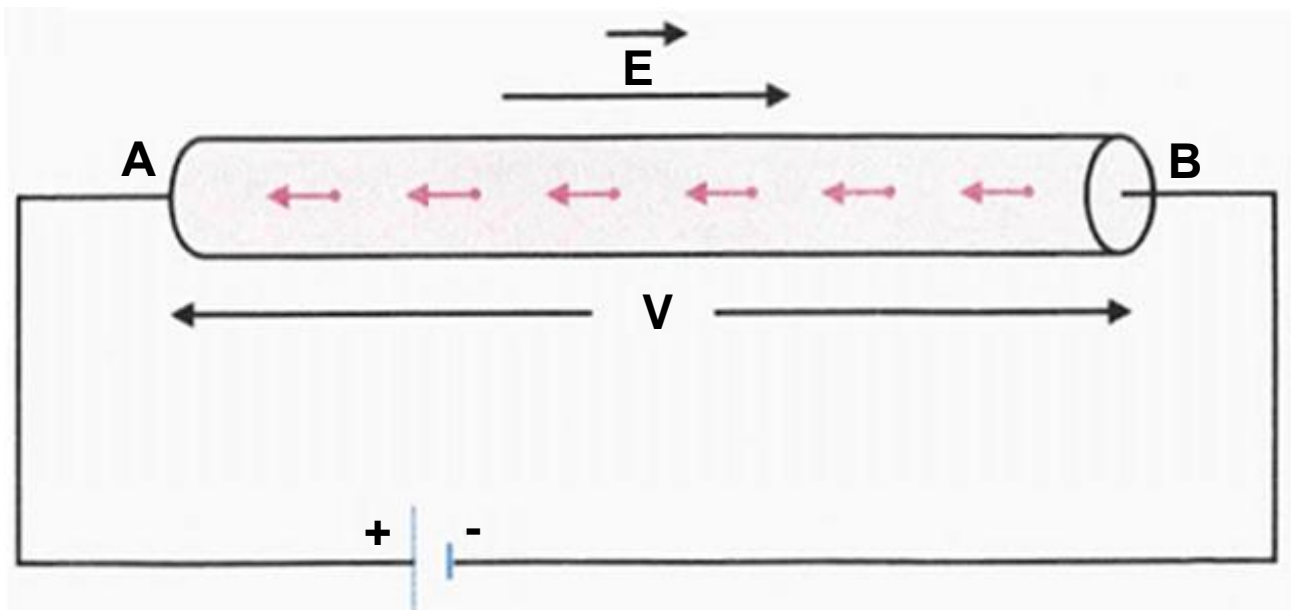


Εικόνα 2.1-2. Συμβολισμός πηγής εναλλασσόμενης τάσης.

2.2. Ηλεκτρικό ρεύμα

Το ηλεκτρικό ρεύμα στους μεταλλικούς αγωγούς

Τι συμβαίνει σ' ένα μεταλλικό αγωγό, αν συνδέσουμε τα άκρα του με μια πηγή συνεχούς τάσης; Τώρα, στα άκρα του υπάρχει διαφορά δυναμικού και στο εσωτερικό του ηλεκτρικό πεδίο. Το ηλεκτρικό πεδίο ασκεί δύναμη στα ελεύθερα ηλεκτρόνια. Με την επίδραση αυτής της δύναμης τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται προσανατολισμένα, με φορά από τον αρνητικό πόλο της πηγής (χαμηλότερο δυναμικό) προς το θετικό πόλο της πηγής (υψηλότερο δυναμικό), δηλαδή με φορά αντίθετη της φοράς της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου (εικ. 3).



Εικόνα 2.2-3. Ηλεκτρικό ρεύμα σε μεταλλικό αγωγό.

Η προσανατολισμένη αυτή κίνηση των ηλεκτρονίων στο μεταλλικό αγωγό ονομάζεται ηλεκτρικό ρεύμα.

Γενικά, ηλεκτρικό ρεύμα ονομάζεται η προσανατολισμένη κίνηση ηλεκτρικών φορτίων.

Η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος

Η φορά κίνησης των ηλεκτρονίων λέγεται **πραγματική φορά** του ηλεκτρικού ρεύματος. Ωστόσο, έχει επικρατήσει να θεωρούμε ως **φορά** του ηλεκτρικού ρεύματος την αντίθετη από τη φορά κίνησης των ηλεκτρονίων, που λέγεται **συμβατική φορά** του ηλεκτρικού ρεύματος (εικ. 4).



Εικόνα 2.2-4. Φορά του ηλεκτρικού ρεύματος

Η σύμβαση αυτή υπάρχει, γιατί οι μεγάλοι πειραματικοί φυσικοί του προηγούμενου αιώνα, που μελετούσαν τα ηλεκτρικά φαινόμενα, δε γνώριζαν τη σημερινή δομή του ατόμου και χρησιμοποιούσαν ως φορά του ηλεκτρικού ρεύματος τη φορά κίνησης του θετικού φορτίου, δηλαδή αυτή που εμείς σήμερα θεωρούμε ως συμβατική. Απλά εμείς διατηρήσαμε την παράδοση. Βέβαια, αυτό μας βολεύει γιατί οι περισσότεροι άνθρωποι ευκολότερα αντιλαμβάνονται ότι μια ροή συμβαίνει «απ' τα ψηλά στα χαμηλά», παρά αντίθετα. Έτσι, τα περισσότερα ηλεκτρικά κυκλώματα χρησιμοποιούν τον αρνητικό πόλο ως γείωση (δηλαδή ως σημείο αναφοράς, όπου το δυναμικό ισούται με

μηδέν, $V = 0$). Έτσι, ο θετικός πόλος έχει θετικό δυναμικό, δηλαδή «βρίσκεται πιο ψηλά» από τον αρνητικό.

Αναλυτική περιγραφή του ηλεκτρικού ρεύματος στους μεταλλικούς αγωγούς

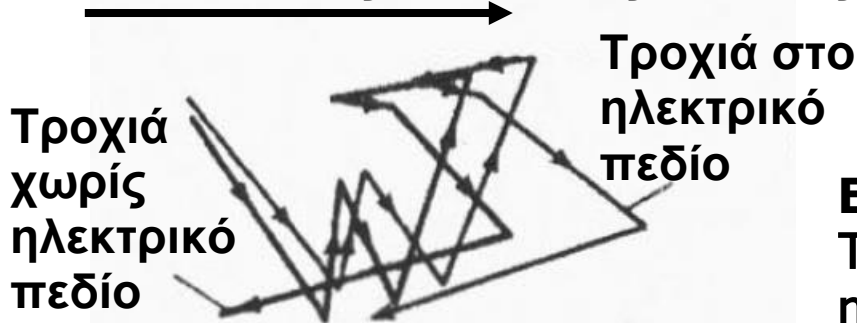
Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια δέχονται συνεχώς τη δύναμη από το ηλεκτρικό πεδίο. Αυτό όμως δε σημαίνει ότι επιταχύνονται συνεχώς, γιατί συγκρούονται με τα θετικά ιόντα του μεταλλικού αγωγού, οπότε χάνουν μέρος της κινητικής ενέργειας που είχαν τη στιγμή της σύγκρουσης. Μετά ξαναεπιταχύνονται μέχρι να ξανασυγκρουστούν με τα θετικά ιόντα. Η σύνθετη αυτή κίνηση μπορεί να θεωρηθεί πρακτικά ευθύγραμμη ομαλή, με σταθερή ταχύτητα της τάξης των mm/s, η οποία λέγεται ταχύτητα διολίσθησης και συμβολίζεται με u_d .

Η μείωση της κινητικής ενέργειας των ελεύθερων ηλεκτρονίων, λόγω των συγκρούσεων με τα θετικά ιόντα, έχει ως συνέπεια την αύξηση της ενέργειας ταλάντωσης (άρα και το πλάτος ταλάντωσης) των θετικών ιόντων, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του μεταλλικού αγωγού. Συνέπεια αυτού είναι να μεταφέρεται θερμότητα από τον αγωγό στο περιβάλλον. Το φαινόμενο αυτό λέγεται **φαινόμενο Joule**. Φυσικά, η ηλεκτρική πηγή πρέπει να προσφέρει συνεχώς ενέργεια για τη συντήρηση του φαινομένου.

Η κίνηση όμως των ηλεκτρονίων δεν είναι τόσο απλή. Πριν από τη σύνδεση με την πηγή, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνταν άτακτα χωρίς προτίμηση προς κάποια κατεύθυνση με ταχύτητα της τάξης των Km/s. Ωστόσο, αυτή η άτακτη κίνηση τους, δε θεωρείται ηλεκτρικό ρεύμα.

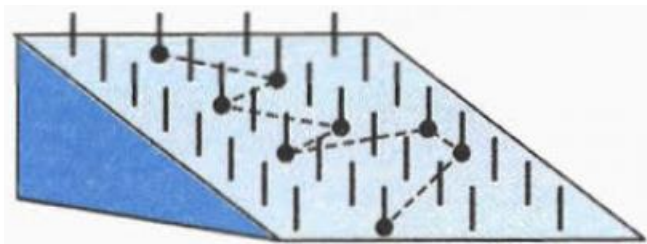
Μετά τη σύνδεση με την πηγή, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια δε χάνουν την προηγούμενη άτακτη κίνηση τους, αλλά στην ταχύτητά τους προστίθεται και η μικρή ταχύτητα διολίσθησής τους. Έτσι, όλο το ηλεκτρονικό αέριο μετακινείται με μικρή ταχύτητα προς ορισμένη κατεύθυνση. Αυτό είναι το ηλεκτρικό ρεύμα. Στην εικ. 5, φαίνεται η τροχιά της άτακτης κίνησης ενός ελευθέρου ηλεκτρονίου σ' ένα μεταλλικό αγωγό χωρίς την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου και η τροχιά του ίδιου ελευθέρου ηλεκτρονίου με την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου.

Κατεύθυνση της ηλεκτρικής δύναμης



Εικόνα 2.2-5.
Τροχιές ελεύθερου ηλεκτρονίου.

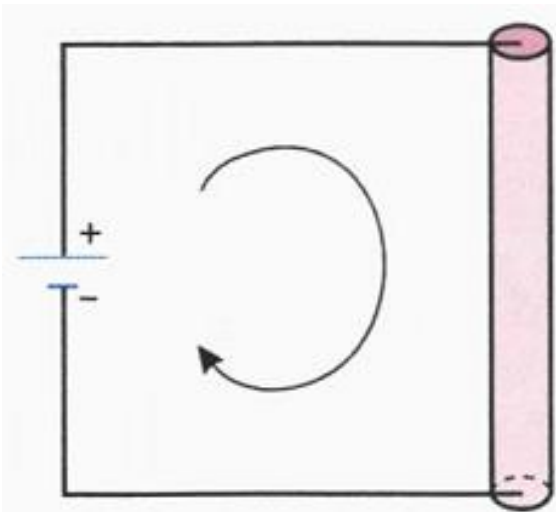
Ένα μηχανικό ανάλογο της κίνησης του ηλεκτρονίου είναι η κίνηση ενός σφαιριδίου, που κυλίζει σε κεκλιμένο επίπεδο μέσω μιας πυκνής διάταξης καρφιών (εικ. 6). Το σφαιρίδιο αντιστοιχεί σε ελεύθερο ηλεκτρόνιο, τα καρφιά αντιστοιχούν στα θετικά ιόντα και η συνιστώσα του βάρους του σφαιριδίου στη δύναμη από το ηλεκτρικό πεδίο.



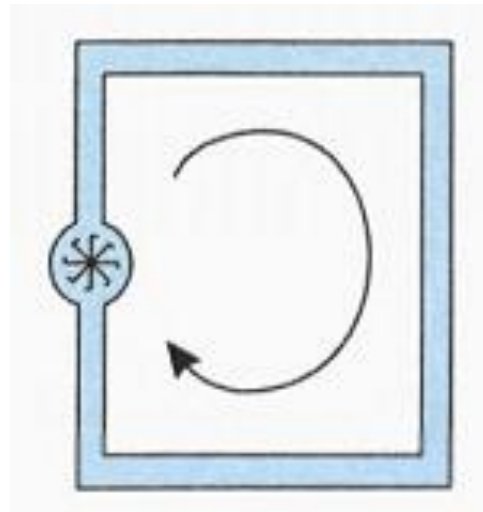
Εικόνα 2.2-6. Μηχανικό ανάλογο κίνησης ελευθέρου ηλεκτρονίου σε ρευματοφόρο αγωγό.

Μηχανικό ανάλογο και υδραυλικό ανάλογο της ηλεκτρικής πηγής και του ηλεκτρικού ρεύματος

Όπως είδαμε, η ηλεκτρική πηγή δεν παράγει ηλεκτρικά φορτία, αλλά δημιουργεί διαφορά δυναμικού, λόγω της οποίας γίνεται η ροή των ήδη υπαρχόντων ηλεκτρικών φορτίων. Φυσικά, είναι απαραίτητη η συνεχής προσφορά ενέργειας από την ηλεκτρική πηγή (εικ. 7).



Εικόνα 2.2-7.
Ηλεκτρική
πηγή - αγωγός

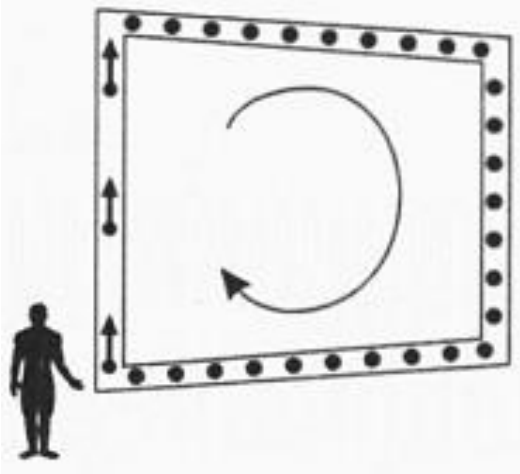


Εικόνα 2.2-8.
Υδραυλικό ανάλογο
ηλεκτρικής πηγής

Παρόμοιο είναι το φαινόμενο της εικόνας 8 (υδραυλικό ανάλογο), όπου η αντλία δεν παράγει νερό, αλλά δημιουργεί διαφορά πίεσης, λόγω της οποίας γίνεται η ροή του ήδη υπάρχοντος νερού. Φυσικά, είναι απαραίτητη η συνεχής προσφορά ενέργειας από την αντλία.

Αντίστοιχο είναι το φαινόμενο της εικ. 9 (μηχανικό ανάλογο), όπου ο άνθρωπος δεν παράγει σφαιρίδια, αλλά δημιουργεί διαφορά δυναμικού λόγω της οποίας γίνεται η ροή των ήδη υπαρχόντων σφαιριδίων.

Φυσικά, είναι απαραίτητη η συνεχής προσφορά ενέργειας από τον άνθρωπο.



Εικόνα 2.2-9.
Μηχανικό ανάλογο
ηλεκτρικής πηγής

Αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος

Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει τους αγωγούς, προκαλεί κάποια φαινόμενα, τα οποία ονομάζουμε **αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος** και είναι τα παρακάτω:

α) Θερμικά

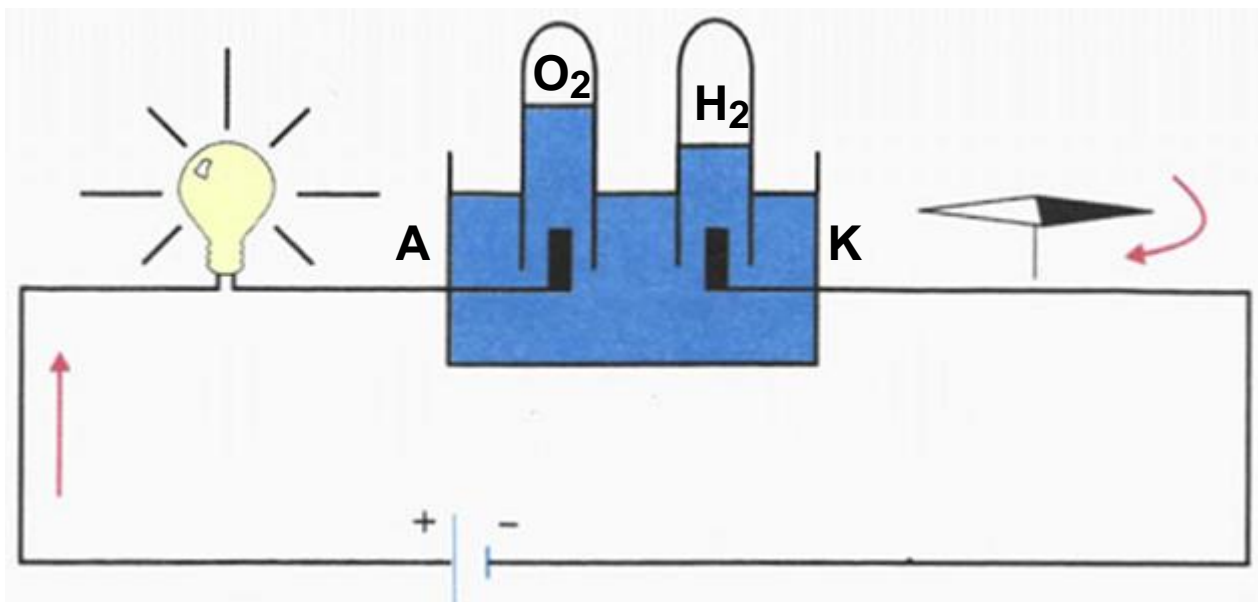
Παρατηρούνται κατά τη λειτουργία του θερμοσίφωνα, της ηλεκτρικής κουζίνας, του λαμπτήρα πυρακτώσεως κ.ά. Σ' αυτά τα φαινόμενα συμβαίνει αύξηση της θερμοκρασίας σε μεταλλικούς αγωγούς.

β) Χημικά

Παρατηρούνται κατά το άδειασμα μιας μπαταρίας, την ηλεκτρόλυση διαλύματος θειϊκού οξέος, την ηλεκτροπληξία κ.ά. Σ' αυτά συμβαίνουν χημικές αντιδράσεις.

γ) Μαγνητικά

Παρατηρούνται κατά τη λειτουργία κινητήρων π.χ. του πλυντηρίου, του ασανσέρ, του τρόλεϊ, κατά την εκτροπή μιας μαγνητικής βελόνας από τη θέση ισορροπίας της κ.ά. Σ' αυτά συμβαίνει αλληλεπίδραση ηλεκτρικών ρευμάτων και μαγνητών.



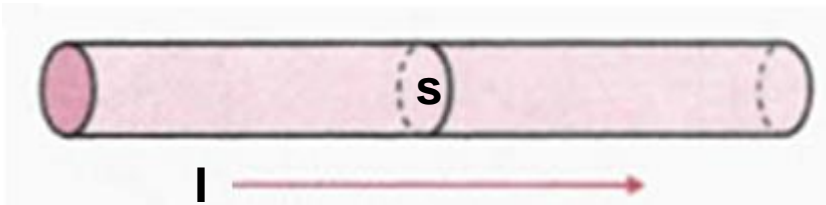
2.2-10. Αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος

Ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος

Ακούμε στις ειδήσεις ότι το Σάββατο από τις 8:00 π.μ. έως τις 11:00 π.μ., δηλαδή σε χρονική διάρκεια 3 ωρών, πέρασαν από τα διόδια της Ελευσίνας 2.100 αυτοκίνητα. Είναι φανερό ότι δε μας ενδιαφέρει μόνο το πλήθος των αυτοκινήτων που πέρασαν, αλλά και σε πόσο χρόνο πέρασαν, δηλαδή ο ρυθμός διέλευσης των αυτοκινήτων.

Έτσι και στους αγωγούς δε μας ενδιαφέρει μόνο η ποσότητα του ηλεκτρικού φορτίου που περνά από μια διατομή του αγωγού, αλλά και σε πόσο χρόνο περνά η δηλαδή ο ρυθμός διέλευσης του ηλεκτρικού φορτίου.

Θεωρούμε έναν αγωγό, ο οποίος διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα που έχει πάντα την ίδια φορά (συνεχές ρεύμα) και από μια διατομή του αγωγού περνά ίδια ποσότητα φορτίου σε ίσους χρόνους (χρονικά σταθερό ρεύμα) (εικ. 11).



Εικόνα 2.2-11. Αγωγός που διαρρέεται από συνεχές και χρονικά σταθερό ηλεκτρικό ρεύμα

Στην περίπτωση αυτή (του συνεχούς και χρονικά σταθερού ηλεκτρικού ρεύματος) ορίζουμε ως ένταση I του ηλεκτρικού ρεύματος, που διαρρέει έναν αγωγό, το μονόμετρο μέγεθος που έχει μέτρο ίσο με το πηλίκο του φορτίου q , που περνά από μια διατομή του αγωγού σε χρόνο t , προς το χρόνο t .

Δηλαδή:

$$I = \frac{q}{t} \quad (1)$$

Στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.) η ένταση του ρεύματος είναι θεμελιώδες μέγεθος με μονάδα το **1A (Ampère)**, που είναι θεμελιώδης μονάδα.

$$\text{Είναι: } 1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}} \quad \text{ή} \quad 1 \text{ Ampère} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ second}}$$

Από τη σχέση (1) ορίζεται η μονάδα φορτίου **1Coulomb (1C = 1A·1s)**. Δηλαδή 1C είναι το φορτίο, που περνά σε χρόνο 1s από μια διατομή ενός αγωγού, ο οποίος διαρρέεται από ρεύμα έντασης 1A.

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος εκφράζει το ρυθμό διέλευσης του ηλεκτρικού φορτίου από μια διατομή ενός αγωγού.

Παράδειγμα 1

Ένας αγωγός διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = 4\text{A}$. Να βρεθούν:

α) το φορτίο που περνά από μια διατομή του αγωγού σε χρόνο $t = 4\text{s}$.

β) ο αριθμός των ηλεκτρονίων που περνά από μια διατομή του αγωγού σε χρόνο $t = 4\text{s}$.

Δίνεται: $|q_e| = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$.

Λύση

α) Από τον ορισμό της έντασης I του ρεύματος έχουμε:

$$I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = It \Rightarrow q = 16\text{C}$$

β) Έστω N ο αριθμός των ηλεκτρονίων. Είναι:

$$q = N|q_e| \Rightarrow N = \frac{q}{|q_e|} \Rightarrow N = 10^{20} \text{ ηλεκτρόνια}$$

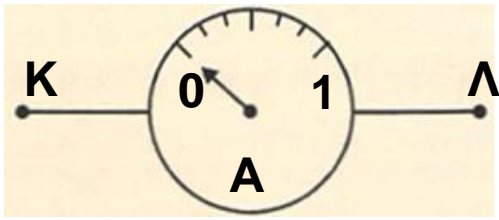
2.3. Κανόνες του Kirchhoff (Κίρχοφ)

Αμπερόμετρο

Αμπερόμετρο είναι το όργανο που χρησιμοποιούμε για να μετρήσουμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος (εικ. 12). Το αμπερόμετρο λειτουργεί με βάση τα θερμικά ή τα μαγνητικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος. Έχει δύο ακροδέκτες K και L , που αντιστοιχούν στα σημεία εισόδου και εξόδου του ηλεκτρικού ρεύματος (εικ. 13).



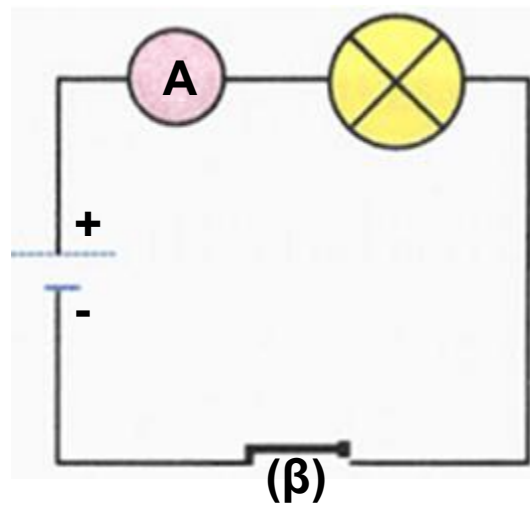
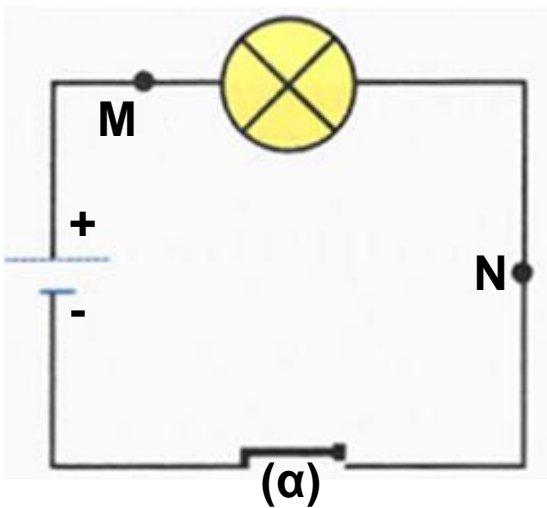
Εικόνα 2.3-12.
Αμπερόμετρο

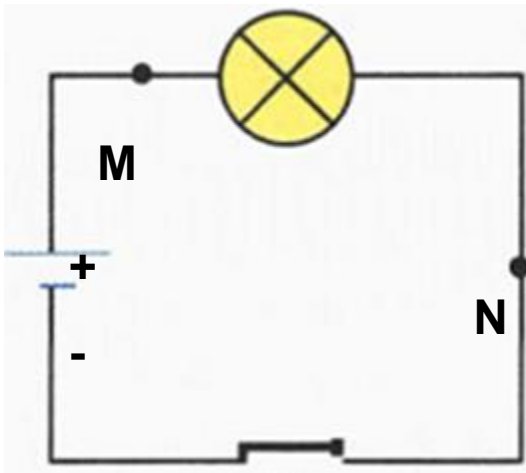


Εικόνα 2.3-13.
Αμπερόμετρο

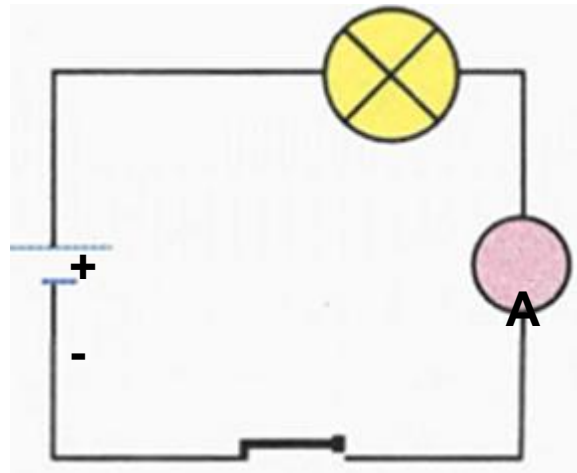
Για να μετρήσουμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος σ' ένα κύκλωμα (εικ. 14α), παρεμβάλλουμε το αμπερόμετρο στο σημείο ακριβώς που θέλουμε να τη μετρήσουμε. Δηλαδή, κόβουμε τον αγωγό του κυκλώματος στο σημείο M και στα δύο άκρα που δημιουργούνται, συνδέουμε τους δύο ακροδέκτες του αμπερομέτρου (εικ. 14β). Η σύνδεση αυτή του αμπερομέτρου λέγεται **σύνδεση σε σειρά**.

Αν το αμπερόμετρο θεωρηθεί ιδανικό (μηδενική εσωτερική αντίσταση), η σύνδεση του δεν επηρεάζει το κύκλωμα, οπότε το αμπερόμετρο δείχνει την ένταση του ρεύματος, που διέρρεε το κύκλωμα, πριν τη σύνδεση του.





(γ)



(δ)

Εικόνα 2.3-14. Σύνδεση αμπερομέτρου σε κύκλωμα.

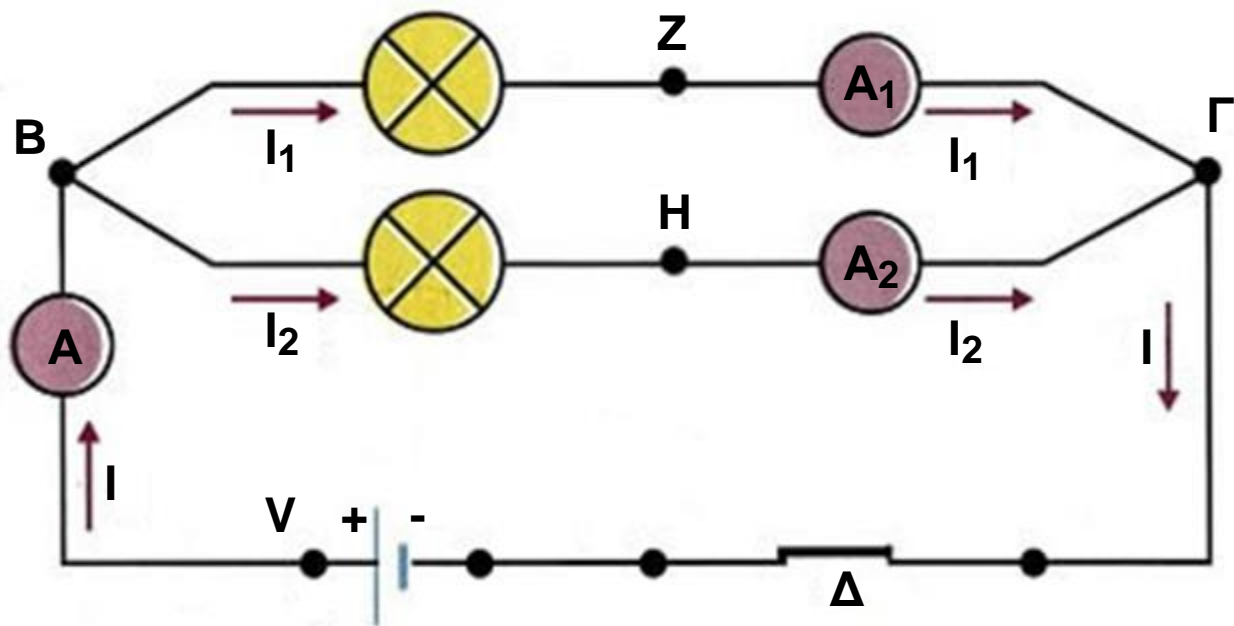
Αν στο κύκλωμα της εικ. 14α παρεμβάλλουμε το αμπερόμετρο στο σημείο N, τότε παίρνουμε το κύκλωμα της εικ. 14γ και παρατηρούμε ότι η ένδειξη του αμπερομέτρου είναι ίδια με την προηγούμενη. Αυτό σημαίνει ότι η στιγμιαία ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ίδια σε όλα τα σημεία ενός αγωγού. Αυτό είναι συνέπεια της αρχής διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου. Όσο φορτίο διέρχεται από κάποια διατομή του αγωγού ανά μονάδα χρόνου, τόσο φορτίο διέρχεται από οποιαδήποτε άλλη διατομή ενός αγωγού ανά μονάδα χρόνου. Επομένως, κατά μήκος ενός ρευματοφόρου αγωγού δεν υπάρχουν ούτε «πηγές», ούτε «καταβόθρες» ηλεκτρικών φορτίων.

1ος Κανόνας του Kirchhoff (Κίρχοφ)

Ας αναφερθούμε στο κύκλωμα που φαίνεται στην εικ. 15. Κόμβος λέγεται το σημείο ενός κυκλώματος, στο οποίο συναντιούνται τουλάχιστον τρεις ρευματοφόροι αγωγοί. Τα σημεία Β και Γ είναι κόμβοι του κυκλώματος. Κλάδος λέγεται το τμήμα του κυκλώματος που βρίσκεται μεταξύ δύο κόμβων. Οι αγωγοί ΒΖΓ, ΒΗΓ και ΓΔΒ είναι κλάδοι του κυκλώματος.

Όλα τα στοιχεία ενός κλάδου διαρρέονται από την ίδια ένταση ηλεκτρικού ρεύματος.

Το αμπερόμετρο A δείχνει την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον κλάδο ΓΔΒ. Είναι $I = 20\text{mA}$. Το αμπερόμετρο A_1 δείχνει την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον κλάδο ΒΖΓ. Είναι $I_1 = 8\text{mA}$. Το αμπερόμετρο A_2 δείχνει την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον κλάδο ΒΗΓ.



Εικόνα 2.3-15. Πειραματική επαλήθευση 1ου κανόνα Kirchhoff.

Είναι $I_2 = 12\text{mA}$. Παρατηρούμε ότι:

$$I = I_1 + I_2 \quad (2)$$

Δηλαδή, το άθροισμα των εντάσεων των ρευμάτων, που «εισέρχονται» σ' ένα κόμβο, ισούται με το άθροισμα των εντάσεων των ρευμάτων, που «εξέρχονται» απ' αυτόν.

$$\Sigma(I_{\epsilon\iota\sigma}) = \Sigma(I_{\epsilon\iota\xi})$$

Η προηγούμενη πρόταση είναι η διατύπωση του **1ου κανόνα του Kirchhoff**, οποίος είναι συνέπεια της αρχής διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου. Όσο φορτίο «φτάνει» στον κόμβο ανά μονάδα χρόνου, τόσο φορτίο «φεύγει» απ' αυτόν ανά μονάδα χρόνου. Οι κόμβοι δεν είναι ούτε «πηγές», ούτε «καταβόθρες» φορτίων.

Αν αυθαίρετα θεωρήσουμε τις εντάσεις των ρευμάτων, που φτάνουν στον κόμβο ως θετικές και τις εντάσεις των ρευμάτων, που φεύγουν από τον κόμβο ως αρνητικές, η σχέση (2) γράφεται:

$$I - I_1 - I_2 = 0$$

οπότε ο 1ος κανόνας του Kirchhoff διατυπώνεται και ως εξής:

Σ' ένα κόμβο το αλγεβρικό άθροισμα των εντάσεων των ρευμάτων ισούται με μηδέν, δηλαδή:

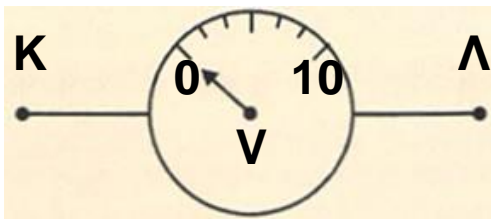
$$\sum I = 0$$

Βολτόμετρο

Βολτόμετρο είναι το όργανο που χρησιμοποιούμε για να μετρήσουμε τη διαφορά δυναμικού (τάση) μεταξύ δύο σημείων ενός κυκλώματος (εικ. 16).



Εικόνα 2.3-16.
Βολτόμετρο

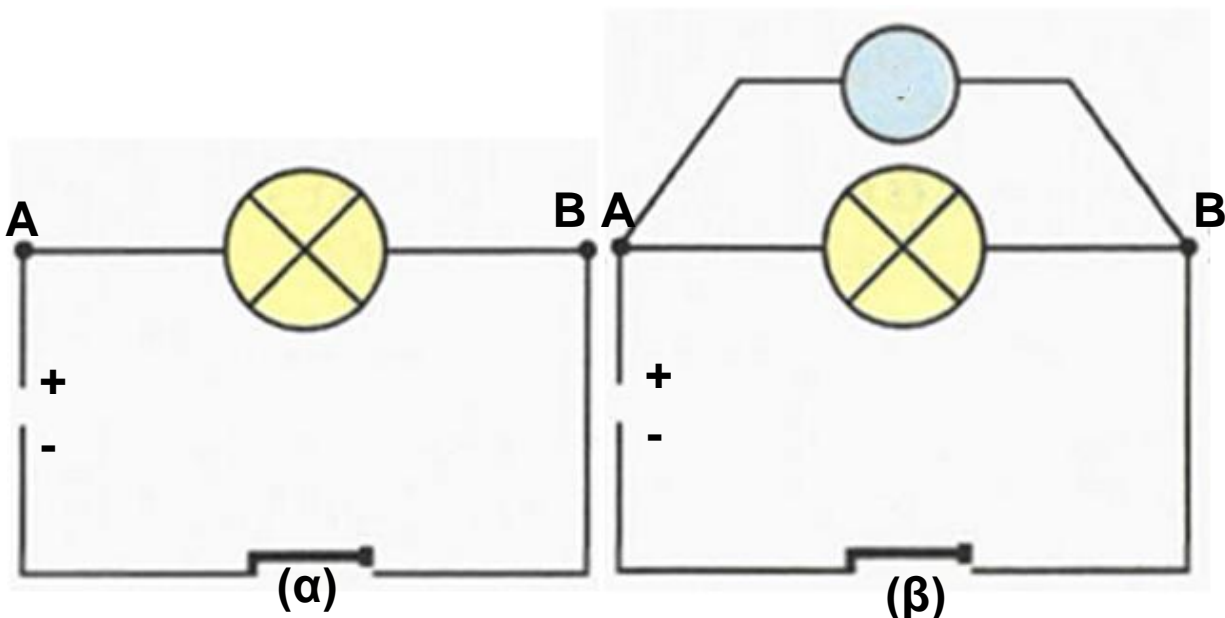


Εικόνα 2.3-17.
Βολτόμετρο

Το βολτόμετρο λειτουργεί με βάση τα θερμικά ή τα μαγνητικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος. Το βολτόμετρο (εικ. 17) έχει δύο ακροδέκτες Κ και Λ, που συνδέονται με τα σημεία του κυκλώματος, μεταξύ των οποίων θέλουμε να μετρήσουμε τη διαφορά δυναμικού (τάση).

Για να μετρήσουμε τη διαφορά δυναμικού (τάση) μεταξύ δύο σημείων Α και Β ενός κυκλώματος (εικ. 18α), συνδέουμε αγώγιμα τους ακροδέκτες του βολτομέτρου με τα σημεία αυτά (εικ. 18β).

Το βολτόμετρο συνδέεται χωρίς να διακοπεί το κύκλωμα. Η σύνδεση αυτή του βολτομέτρου λέγεται σύνδεση σε διακλάδωση ή παράλληλη σύνδεση.

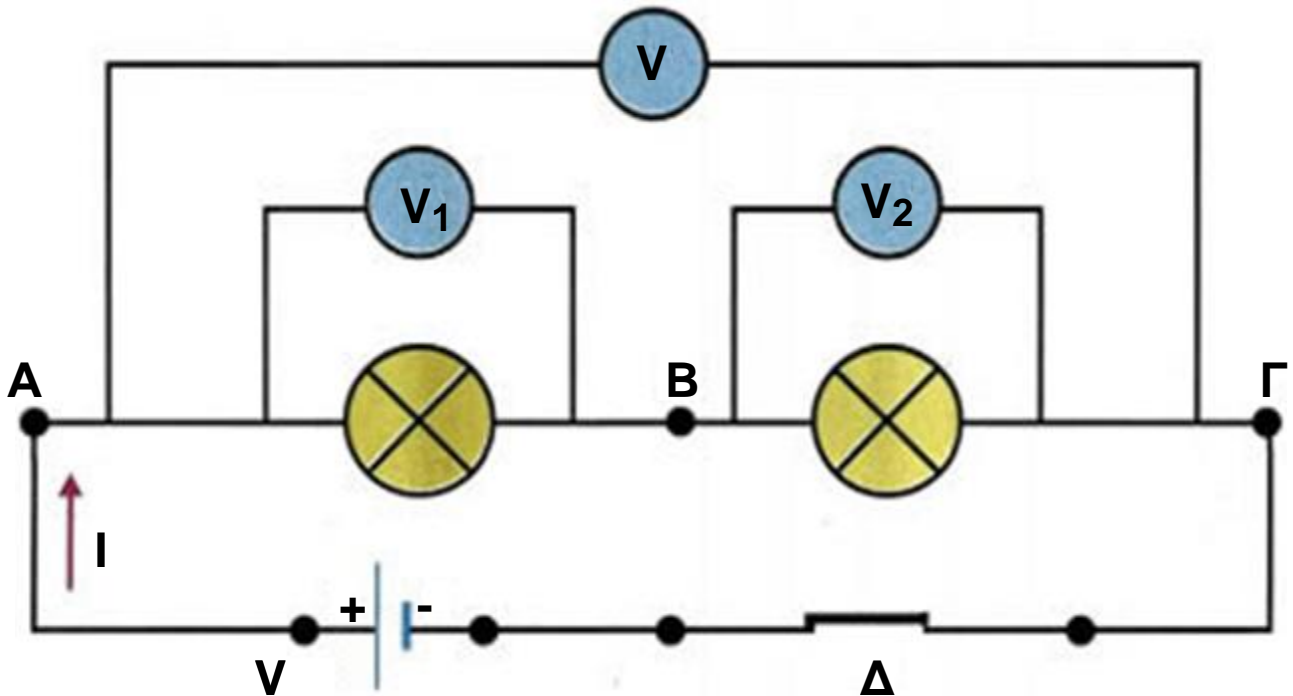


Εικόνα 2.3-18. Σύνδεση βολτομέτρου σε κύκλωμα

Αν το βολτόμετρο θεωρηθεί ιδανικό (άπειρη εσωτερική αντίσταση), η σύνδεσή του δεν επηρεάζει το

κύκλωμα, οπότε το βολτόμετρο δείχνει την τάση μεταξύ των σημείων A και B, πριν τη σύνδεσή του.

2ος Κανόνας του Kirchhoff (Κίρχοφ)



Εικόνα 2.3-19. Πειραματική επαλήθευση 2ου κανόνα Kirchhoff.

Ας αναφερθούμε στο κύκλωμα που φαίνεται στην εικ.19. Το βολτόμετρο V δείχνει την τάση $V_{AΓ}$, που είναι και η τάση στους πόλους της πηγής. Είναι $V_{AΓ} = 12V$. Το βολτόμετρο V_1 δείχνει την τάση V_{AB} . Είναι $V_{AB} = 9V$. Το βολτόμετρο V_2 δείχνει την τάση $V_{BΓ}$. Είναι $V_{BΓ} = 3V$. Παρατηρούμε ότι:

$$V_{AΓ} = V_{AB} + V_{BΓ} \Leftrightarrow$$

$$V_{AB} + V_{BΓ} - V_{AΓ} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad V_{AΓ} = -V_{ΓA}$$

$$V_{AB} + V_{BΓ} + V_{ΓA} = 0$$

Δηλαδή, κατά μήκος μιας κλειστής διαδρομής σ' ένα κύκλωμα το αλγεβρικό άθροισμα των διαφορών δυναμικού ισούται με μηδέν.

$$\Sigma(\Delta V) = 0$$

Η προηγούμενη πρόταση είναι η διατύπωση του 2ου κανόνα του Kirchhoff, ο οποίος είναι συνέπεια της αρχής διατήρησης της ενέργειας.

Κάθε κλειστή διαδρομή σ' ένα κύκλωμα λέγεται βρόχος.

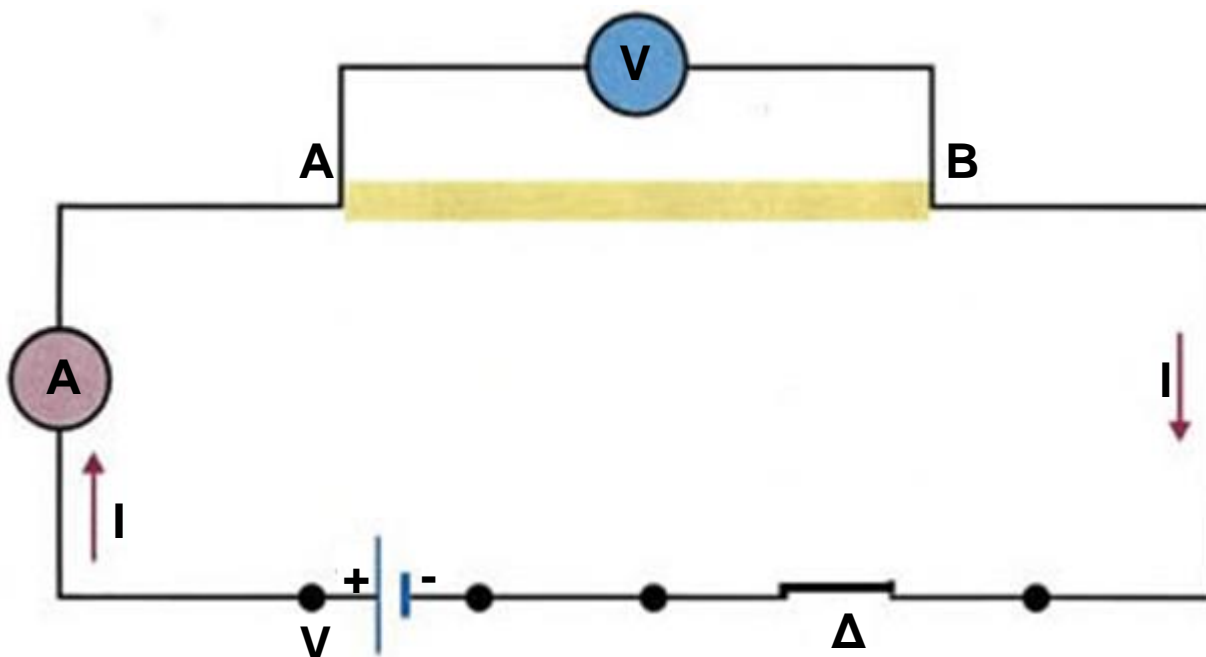
Δίπολο και χαρακτηριστική καμπύλη δίπολου

Ένα κύκλωμα μπορεί να περιέχει λαμπτήρες, αντιστάτες, πυκνωτές, πηνία, ηλεκτρικές πηγές και άλλα στοιχεία. Το κοινό τους χαρακτηριστικό είναι ότι καθένα έχει δύο άκρα, που λέγονται πόλοι. Γι' αυτό τα στοιχεία αυτά λέγονται δίπολα.

Η λειτουργία ενός διπόλου εξαρτάται από τις τιμές της τάσης που υπάρχει στα άκρα του. Αυτή καθορίζει τις τιμές της έντασης του ρεύματος που το διαρρέει. Γενικά, για κάθε δίπολο υπάρχει μια συνάρτηση $I = f(V)$. Η γραφική της παράσταση λέγεται χαρακτηριστική καμπύλη του διπόλου. Η γνώση της μας βοηθάει στη διάκριση των δίπολων μεταξύ τους και στην πρόβλεψη της λειτουργίας τους, όταν τα συνδέσουμε σε κάποιο κύκλωμα.

2.4. Αντίσταση - Αντιστάτης

Αντίσταση αγωγού

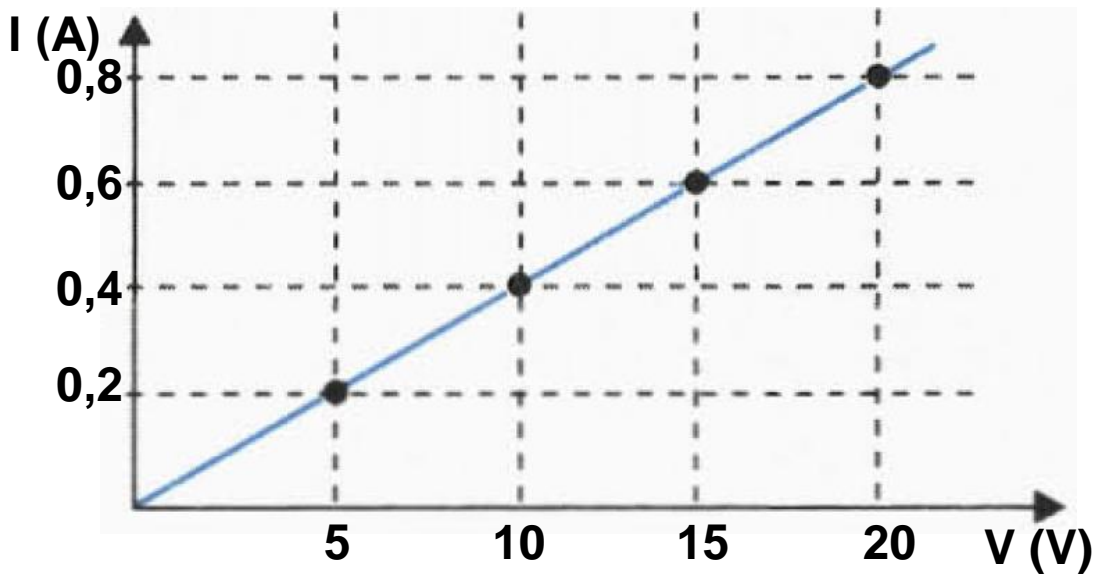


2.4-20. Ηλεκτρικό κύκλωμα με πηγή διακόπτη και μεταλλικό αγωγό.

Θεωρούμε το κύκλωμα της εικόνας 20. Με το βολτόμετρο μετράμε την τάση που εφαρμόζεται στα άκρα του μεταλλικού αγωγού AB και με το αμπερόμετρο μετράμε την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει. Τα όργανα θεωρούνται ιδανικά. Μεταβάλλοντας την τιμή της τάσης V , παρατηρούμε ότι μεταβάλλεται η τιμή της έντασης I . Φροντίζουμε οι τιμές να είναι τέτοιες, ώστε να μη μεταβάλλεται η θερμοκρασία του αγωγού. Έτσι, έχουμε τον παρακάτω πίνακα τιμών και την αντίστοιχη χαρακτηριστική καμπύλη του αγωγού (εικ. 21).

$V(V)$	$I(A)$	V/I
0	0	-
5	0,2	25
10	0,4	25
15	0,6	25

20	0,8	25
----	-----	----



2.4-21. Χαρακτηριστική καμπύλη μεταλλικού αγωγού.

Παρατηρούμε ότι το πηλίκο V/I έχει σταθερή τιμή για τον αγωγό και ίση με 25. Επαναλαμβάνουμε το πείραμα και με άλλους μεταλλικούς αγωγούς και καταλήγουμε πάντα στο ίδιο συμπέρασμα, ότι το πηλίκο V/I έχει σταθερή τιμή, χαρακτηριστική για τον κάθε αγωγό. Το πηλίκο αυτό το ονομάζουμε αντίσταση του αγωγού.

Αντίσταση R ενός αγωγού ονομάζουμε το μονόμετρο μέγεθος, που ισούται με το πηλίκο της τάσης V , που εφαρμόζεται στα άκρα του, προς την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει. Δηλαδή:

$$R = \frac{V}{I} \quad (3)$$

Στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.) μονάδα μέτρησης της αντίστασης είναι το 1Ω (Ohm).

$$\text{Είναι: } 1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}} \quad \text{ή} \quad (1 \text{ Ohm} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampère}})$$

1Ω (Ohm) είναι η αντίσταση ενός αγωγού, ο οποίος διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης 1A, όταν στα άκρα του εφαρμόζεται τάση 1V.

Τι εκφράζει η αντίσταση ενός αγωγού;

Η αντίσταση ενός αγωγού εκφράζει τη δυσκολία που συναντά το ηλεκτρικό ρεύμα, όταν διέρχεται μέσα απ' αυτόν.

Πού οφείλεται η αντίσταση των μεταλλικών αγωγών;

Η αντίσταση των μεταλλικών αγωγών οφείλεται στις «συγκρούσεις» των ελευθέρων ηλεκτρονίων με τα θετικά ιόντα.

Εδώ, πρέπει να τονίσουμε ότι με τον όρο **αντίσταση** ή **ωμική αντίσταση** εκφράζουμε τη δυσκολία που συναντά το ηλεκτρικό ρεύμα, όταν διέρχεται μέσα από τον μεταλλικό αγωγό. Ο ίδιος ο μεταλλικός αγωγός λέγεται **αντιστάτης**. Όμως, πολλές φορές, για χάρη συντομίας, χρησιμοποιούμε τον όρο **αντίσταση** ή **ωμική αντίσταση** και εννοούμε τον ίδιο το μεταλλικό αγωγό. Παραδείγματος χάρη, λέμε «στα άκρα μιας αντίστασης 5Ω» και εννοούμε «στα άκρα ενός αντιστάτη, που έχει αντίσταση 5Ω».

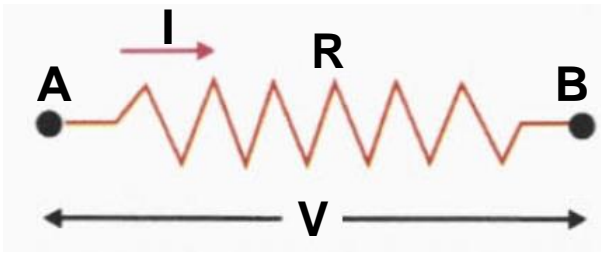
Νόμος του Ohm για αντιστάτη

Για τον αντιστάτη της εικόνας 20 διαπιστώσαμε πειραματικά ότι ισχύει:

$$R = \frac{V}{I} = \text{σταθερό}$$

Η σχέση αυτή γράφεται ως εξής:

$$I = \frac{V}{R} \text{ με } R = \text{σταθερό} \quad (4)$$

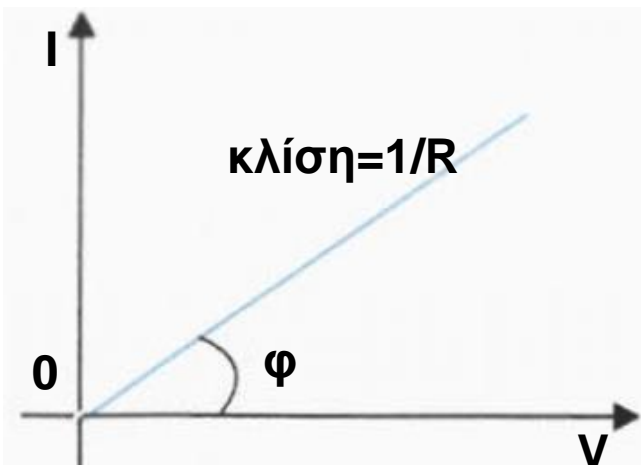


2.4-22. Αντιστάτης.

Η παραπάνω σχέση αποτελεί τη μαθηματική έκφραση του νόμου του Ohm για αντιστάτη (μεταλλικό αγωγό) ο οποίος διατυπώνεται ως εξής:

Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει έναν αντιστάτη (μεταλλικό αγωγό) σταθερής θερμοκρασίας είναι ανάλογη της τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα του.

Η χαρακτηριστική καμπύλη του αντιστάτη, δηλαδή η γραφική παράσταση της έντασης του ρεύματος ως συνάρτηση της τάσης, φαίνεται στην εικόνα 23.



Εικόνα 2.4-23. Χαρακτηριστική καμπύλη αντιστάτη.

Πρέπει να τονίσουμε ότι ο νόμος του Ohm δεν είναι γενικός νόμος για όλους τους αγωγούς. Στις λυχνίες αερίου, στις λυχνίες κενού, στα τρανζίστορ, στους ηλεκτρικούς κινητήρες και σε άλλα ηλεκτρονικά στοιχεία δεν ισχύει ο νόμος του Ohm.

Παράδειγμα 2

Η τάση στα άκρα ενός μεταλλικού αγωγού είναι $V = 100V$ και η αντίστασή του $R = 10\Omega$. Να βρεθεί η ένταση I του ρεύματος που τον διαρρέει.

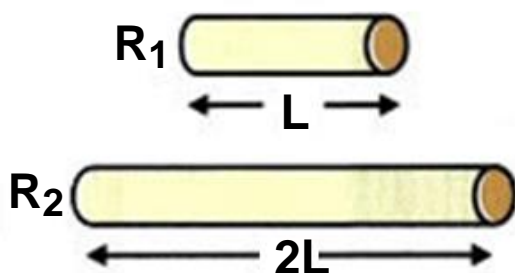
Λύση

Από το νόμο του Ohm έχουμε:

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I = \frac{100V}{10\Omega} \Rightarrow I = 10A$$

Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η αντίσταση ενός αντιστάτη

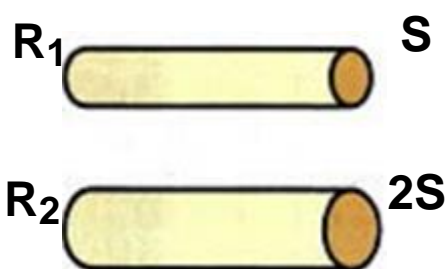
α) Στο κύκλωμα της εικόνας 20, στη θέση του μεταλλικού αγωγού AB συνδέουμε διαδοχικά δύο χάλκινους αγωγούς, ίδιου εμβαδού διατομής S , με μήκη ℓ και 2ℓ αντίστοιχα (εικ. 24). Μετράμε τις αντιστάσεις τους και διαπιστώνουμε ότι ο δεύτερος έχει διπλάσια αντίσταση από τον πρώτο. Άρα, η αντίσταση είναι **ανάλογη του μήκους ℓ του αγωγού**. Η διαπίστωση αυτή είναι αναμενόμενη, γιατί όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος του αγωγού, τόσο περισσότερες είναι οι συγκρούσεις των ελευθέρων ηλεκτρονίων με τα θετικά ιόντα, άρα τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση του αγωγού.



Εικόνα 2.4-24. Η αντίσταση είναι ανάλογη του μήκους του αγωγού.

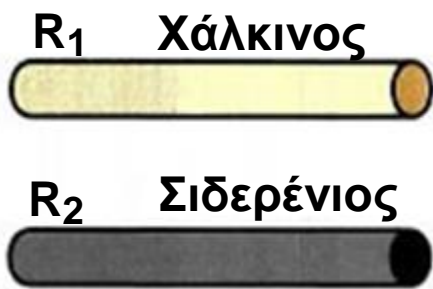
β) Στο κύκλωμα της εικόνας 20, στη θέση του μεταλλικού αγωγού AB συνδέουμε διαδοχικά δύο χάλκινους αγωγούς, ίδιου μήκους, με εμβαδά διατομής

S και $2S$ αντίστοιχα (εικ. 25). Μετράμε τις αντιστάσεις τους και διαπιστώνουμε ότι ο δεύτερος έχει τη μισή αντίσταση από τον πρώτο. Άρα, η αντίσταση είναι αντιστρόφως ανάλογη του εμβαδού S της διατομής του αγωγού. Η διαπίστωση αυτή είναι αναμενόμενη, γιατί όσο μεγαλύτερο είναι το εμβαδό διατομής του αγωγού, τόσο λιγότερες είναι οι συγκρούσεις των ελευθέρων ηλεκτρονίων με τα θετικά ιόντα, άρα τόσο μικρότερη είναι η αντίσταση του αγωγού.



Εικόνα 2.4-25. Η αντίσταση είναι αντιστρόφως ανάλογη του εμβαδού διατομής του αγωγού.

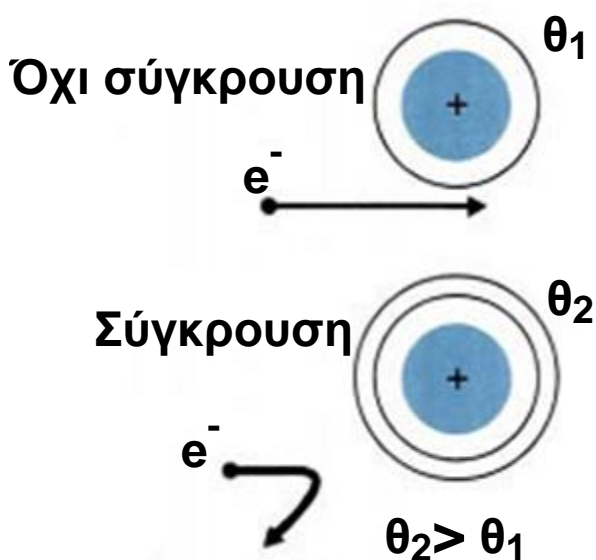
γ) Στο κύκλωμα της εικόνας 20 στη θέση του μεταλλικού αγωγού AB συνδέουμε διαδοχικά δύο αγωγούς ίδιου μήκους ℓ και ίδιου εμβαδού διατομής S , ένα χάλκινο και ένα σιδερένιο (εικ. 26). Μετράμε τις αντιστάσεις τους και διαπιστώνουμε ότι ο σιδερένιος έχει μεγαλύτερη αντίσταση από τον χάλκινο. Άρα, η αντίσταση εξαρτάται από το υλικό του αγωγού. Αυτό συμβαίνει γιατί το μεταλλικό πλέγμα του χάλκινου αγωγού είναι διαφορετικό από το μεταλλικό πλέγμα του σιδερένιου αγωγού, άρα και ο αριθμός των συγκρούσεων των ελευθέρων ηλεκτρονίων με τα θετικά ιόντα είναι διαφορετικός, άρα και η αντίσταση του αγωγού είναι διαφορετική.



Εικόνα 2.4-26. Η αντίσταση εξαρτάται από το υλικό του αγωγού.

δ) Στο κύκλωμα της εικόνας 20, θερμαίνουμε το μεταλλικό αγωγό AB, μετράμε την αντίσταση του και διαπιστώνουμε ότι αυτή αυξάνεται. Άρα, η αντίσταση εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αγωγού. Είναι λογικό, γιατί, όπως έχουμε πει, τα θετικά ιόντα δεν είναι ακίνητα, αλλά ταλαντώνονται γύρω από καθορισμένες θέσεις προς όλες τις κατευθύνσεις, με πλάτος που αυξάνεται με τη θερμοκρασία. Η αύξηση του πλάτους με τη θερμοκρασία αυξάνει τον αριθμό των συγκρούσεων των ελευθέρων ηλεκτρονίων με τα θετικά ιόντα, άρα και την αντίσταση του μεταλλικού αγωγού (εικ. 27).

Το μέγεθος που εκφράζει ποσοτικά την εξάρτηση της αντίστασης ενός αγωγού από το υλικό του αγωγού και τη θερμοκρασία συμβολίζεται με ρ και ονομάζεται ειδική αντίσταση του υλικού. Η μονάδα μέτρησής της στο S.I. είναι το $1\Omega \cdot m$.



Εικόνα 2.4-27. Η αντίσταση εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αγωγού. Συμβολισμός πηγής συνεχούς τάσης.

Συνεπώς, η αντίσταση R ενός αγωγού, που έχει τη μορφή κυλινδρικού σύρματος,

α) είναι ανάλογη του μήκους ℓ του αγωγού

β) είναι αντιστρόφως ανάλογη του εμβαδού S της διατομής του αγωγού

γ) εξαρτάται από το υλικό του αγωγού και τη θερμοκρασία του.

Η σχέση που συνδέει όλες τις παραπάνω πειραματικές διαπιστώσεις είναι:

$$R = \rho \frac{\ell}{S} \quad (27)$$

Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται οι τιμές των ειδικών αντιστάσεων διαφόρων υλικών σε $\Omega \cdot m$.

Ειδική αντίσταση (ρ) μερικών υλικών	
Υλικό	Ειδική αντίσταση (ρ) σε Ωm στους $20^\circ C$
Μέταλλα	
Άργυρος	$1,6 \cdot 10^{-8}$
Χαλκός	$1,7 \cdot 10^{-8}$
Σίδηρος	$9,5 \cdot 10^{-8}$
Υδράργυρος	$96 \cdot 10^{-8}$
Κράματα	
Κονσταντάνη (Cu, Ni)	$50 \cdot 10^{-8}$
Χρωμονικελίνη (Ni, Fe, Cr, Mn)	$100 \cdot 10^{-8}$
Μαγγανίνη (Cu, Mn, Ni)	$42 \cdot 10^{-8}$

Ημιαγωγοί	
Πυρίτιο	περίπου 1000
Γερμάνιο	περίπου 0,5
Διηλεκτρικά	
Γυαλί	10^{12} ως 10^{15}
Ξύλο	10^8 ως 10^{12}
Ανθρώπινο σώμα	
Πνεύμονας	20
Λίπος	25
Σκελετός	5

Με κριτήριο την τιμή της ειδικής αντίστασης τα υλικά κατατάσσονται σε αγωγούς, ημιαγωγούς και μονωτές.

Από τον πίνακα φαίνεται ότι τη μικρότερη ειδική αντίσταση την έχει ο άργυρος και ο χαλκός. Γι' αυτό, τα σύρματα που χρησιμοποιούμε συνήθως είναι χάλκινα, αφού ο άργυρος είναι ακριβός.

Η ειδική αντίσταση ως συνάρτηση της θερμοκρασίας δίνεται από τη σχέση:

$$\rho_{\theta} = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \theta) \quad (6)$$

όπου ρ_0 η ειδική αντίσταση σε θερμοκρασία 0°C , ρ_{θ} η ειδική αντίσταση σε $\theta^{\circ}\text{C}$ και α μια σταθερά που λέγεται **θερμικός συντελεστής ειδικής αντίστασης**. Η σταθερά αυτή εξαρτάται από το υλικό του αγωγού και μετριέται σε grad^{-1} .

Για τα καθαρά μέταλλα (π.χ. Fe, Al, Cu, Ag) είναι $\alpha > 0$, συνεπώς η ειδική αντίσταση αυξάνεται, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία.

Για το γραφίτη (C), τους ημιαγωγούς (Ge, Si) και τους ηλεκτρολύτες είναι $\alpha < 0$, συνεπώς, η ειδική αντίσταση μειώνεται, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία.

Για ορισμένα κράματα, όπως η κονσταντάνη (Cu, Ni), η μαγγανίνη (Cu, Mn, Ni) και η χρωμονικελίνη, (Ni, Fe, Cr, Mn) είναι $\alpha=0$, συνεπώς η ειδική αντίσταση είναι ανεξάρτητη της θερμοκρασίας.

Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται οι τιμές του θερμικού συντελεστή ειδικής αντίστασης διαφόρων υλικών.

Υλικό	Θερμικός συντελεστής α (grad^{-1})
άργυρος	$3,8 \cdot 10^{-3}$
χαλκός	$3,9 \cdot 10^{-3}$
σίδηρος	$5 \cdot 10^{-3}$
κράματα	0
γραφίτης	$-0,5 \cdot 10^{-3}$

Αν θεωρήσουμε αμελητέα τη μεταβολή των γεωμετρικών διαστάσεων ενός αγωγού λόγω της θερμικής διαστολής, τότε η μεταβολή της αντίστασης του αγωγού με τη θερμοκρασία οφείλεται αποκλειστικά στη μεταβολή της ειδικής του αντίστασης. Άρα, ισχύει:

$$\text{στους } 0^{\circ}\text{C: } R_0 = \rho_0 \frac{\ell}{S}$$

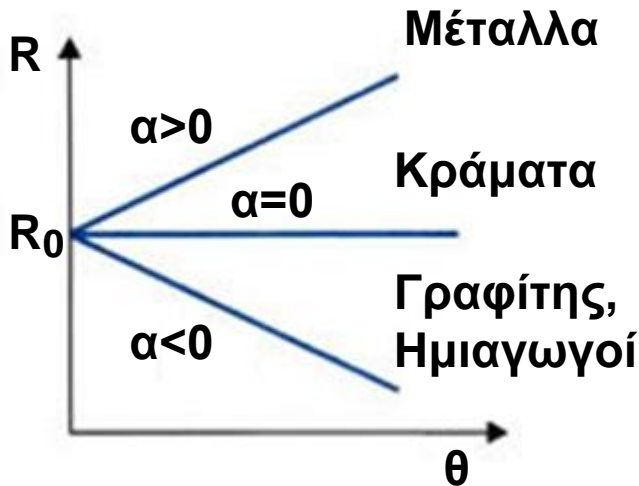
$$\text{στους } \theta^{\circ}\text{C: } R_{\theta} = \rho_{\theta} \frac{\ell}{S}$$

και επειδή $\rho_{\theta} = \rho_0(1 + \alpha\theta)$ έχουμε:

$$R_{\theta} = \rho_{\theta} \frac{\ell}{S} = \rho_0(1 + \alpha \cdot \theta) \frac{\ell}{S} \Rightarrow$$

$$R_{\theta} = P_0 (1 + \alpha \cdot \theta) \quad (6)$$

Έτσι, ανάλογα με την τιμή του θερμικού συντελεστή η αντίσταση αυξάνεται, μειώνεται ή παραμένει σταθερή με την αύξηση της θερμοκρασίας (εικ. 28).



Εικόνα 2.4-28.
Εξάρτηση της αντίστασης από τη θερμοκρασία.

Παράδειγμα 3

Ένας αγωγός έχει αντίσταση $R = 20\Omega$ σε θερμοκρασία $\theta = 20^{\circ}\text{C}$. Όταν ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα, η θερμοκρασία του σύρματος αυξάνεται σε $\theta' = 50^{\circ}\text{C}$. Να βρεθεί η ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει, αν η τάση στα άκρα του είναι $V = 222,2\text{V}$. Δίνεται ο θερμικός συντελεστής αντίστασης του αγωγού $\alpha = 4 \cdot 10^{-3} \text{ grad}^{-1}$.

Λύση

Έστω R_0 η αντίσταση του σύρματος στους 0°C και R' η αντίσταση του σύρματος στους 50°C . Άρα, ισχύουν οι σχέσεις:

$$R = R_0 (1 + \alpha\theta) \quad (1)$$

$$R' = R_0 (1 + \alpha\theta') \quad (2)$$

Διαιρούμε τις (1) και (2) κατά μέλη και έχουμε:

$$\frac{R'}{R} = \frac{1 + \alpha \cdot \theta'}{1 + \alpha \cdot \theta} \Rightarrow R' = \frac{R (1 + \alpha \cdot \theta')}{1 + \alpha \cdot \theta} \Rightarrow$$

$$R' = \frac{20\Omega (1 + 4 \cdot 10^{-3} \cdot 50)}{1 + 4 \cdot 10^{-3} \cdot 20} \Rightarrow R' = 22,22 \Omega$$

Άρα, η ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει είναι:

$$I = \frac{V}{R'} \Rightarrow I = 10A$$

Παράδειγμα 4

Ένα κυλινδρικό σύρμα έχει διάμετρο $\delta = 1\text{mm}$ και ειδική αντίσταση $\rho = 10^{-8}\Omega\text{m}$. Πόσο μήκος του σύρματος πρέπει να χρησιμοποιήσουμε για να έχουμε αντίσταση $R = 10\Omega$;

Λύση

Η αντίσταση R δίνεται από τη σχέση

$$R = \rho \frac{l}{S} \Rightarrow l = \frac{RS}{\rho}$$

Αλλά

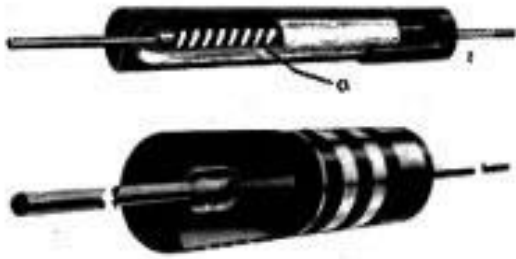
$$S = \pi r^2 = \pi \left(\frac{\delta}{2}\right)^2 \Rightarrow S = \frac{\pi \delta^2}{4} \Rightarrow S = 7,85 \cdot 10^{-7} \text{m}^2$$

Άρα:

$$l = \frac{10\Omega \cdot 7,85 \cdot 10^{-7} \text{m}^2}{10^{-8}\Omega\text{m}} \Rightarrow l = 785\text{m}$$

Τύποι αντιστατών (αντιστάσεων)

Στο εμπόριο κυκλοφορούν διάφοροι τύποι αντιστατών (αντιστάσεων). Ο πιο συνηθισμένος τύπος είναι οι αντιστάσεις άνθρακα, οι αντιστάσεις μεταλλικής επίστρωσης, οι αντιστάσεις επίστρωσης άνθρακα, οι αντιστάσεις μετάλλου - γυαλιού και οι αντιστάσεις σύρματος (εικ. 29).



Εικόνα 2.4-29. Αντιστάτης.

Χρωματικός κώδικας

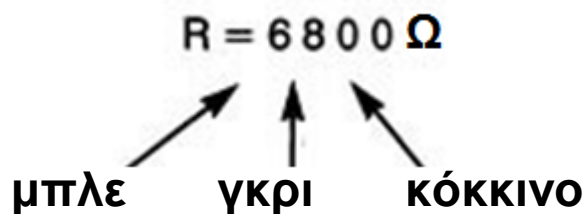
Οι τιμές των αντιστάσεων συνήθως προσδιορίζονται από κάποιο χρωματικό κώδικα. Πολλοί αντιστάτες έχουν έγχρωμες λωρίδες για τον προσδιορισμό της τιμής της αντίστασης και της ανοχής. (Η ανοχή εκφράζει τα όρια της απόκλισης της αντίστασης από την ονομαστική της τιμή). Οι έγχρωμες λωρίδες αντιστοιχούν σε αριθμούς. Στο διπλανό πίνακα αναγράφονται οι αριθμητικές τιμές κάθε χρώματος. Οι περισσότεροι αντιστάτες φέρουν τέσσερις λωρίδες. Οι δύο πρώτες αντιπροσωπεύουν αριθμητικές τιμές. Η τρίτη λέγεται πολλαπλασιαστής και τοποθετεί μετά το διψήφιο αριθμό, που προκύπτει από τις δύο πρώτες λωρίδες, τόσα μηδενικά, όσα αντιπροσωπεύει η τιμή της. Η τέταρτη εκφράζει την ανοχή. Ασημί χρώμα σημαίνει ανοχή $\pm 10\%$, χρυσαφί $\pm 5\%$, καφέ $\pm 1\%$.

Χρώμα	Αριθμός
Μαύρο	0
Καφέ	1
Κόκκινο	2
Πορτοκαλί	3
Κίτρινο	4
Πράσινο	5

Μπλε	6
Μωβ	7
Γκρι	8
Άσπρο	9

Παράδειγμα υπολογισμού αντίστασης

Έστω ότι έχουμε μία αντίσταση με τα χρώματα μπλε, γκρι, κόκκινο και χρυσαφί (εικ. 30). Το μπλε αντιστοιχεί στο 6, το γκρι στο 8 και το κόκκινο στο 2. Άρα, η τιμή της αντίστασης είναι:



Το χρυσαφί σημαίνει ότι έχουμε ανοχή $\pm 5\%$. Το 5% του 6800 είναι 340. Άρα, η τιμή της αντίστασης αυτής μπορεί να κυμαίνεται από $6800 - 340 = 6460\Omega$ έως $6800 + 340 = 7140\Omega$.



Εικόνα 2.4-30. Αντιστάτης.

2.5.Συνδεσμολογία αντιστατών (αντιστάσεων)

Πολλές φορές στα ηλεκτρονικά κυκλώματα πρέπει μεταξύ δύο σημείων A και B να παρεμβάλλουμε αντίσταση συγκεκριμένης τιμής, που δεν υπάρχει στο εμπόριο. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να χρησιμοποιήσουμε κάποιες από αυτές που υπάρχουν στο εμπόριο και να τις συνδέσουμε κατάλληλα. Επίσης,

πολλές φορές στα ηλεκτρονικά κυκλώματα πρέπει να αντικαταστήσουμε πολλές αντιστάσεις με μία, η οποία να προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα με τις άλλες.

Είναι λοιπόν αναγκαία η μελέτη της **συνδεσμολογίας των αντιστατών** (αντιστάσεων).

Οι αντιστάσεις μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους με διάφορους τρόπους. Έτσι δημιουργούνται τα λεγόμενα **συστήματα αντιστάσεων**.

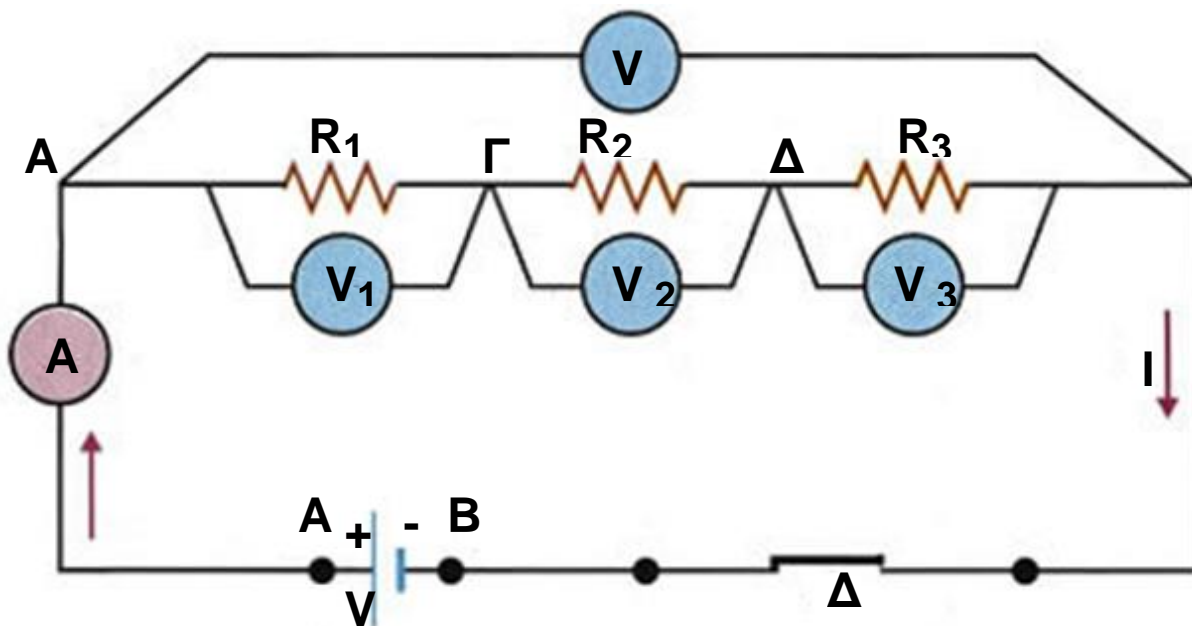
Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, που μπαίνει και βγαίνει από τα άκρα ενός τέτοιου συστήματος ονομάζεται **ολική ένταση $I_{ολ}$** . Η τάση που εφαρμόζεται στα άκρα του ονομάζεται **ολική τάση $V_{ολ}$** . Επίσης, ονομάζουμε **ισοδύναμη ή ολική αντίσταση $R_{ολ}$** ενός τέτοιου συστήματος, την αντίσταση, στα άκρα της οποίας, αν εφαρμόσουμε τάση $V_{ολ}$ θα διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I_{ολ}$. Δηλαδή:

$$R_{ολ} = \frac{V_{ολ}}{I_{ολ}} \quad (8)$$

Είναι φανερό ότι, αν αντικαταστήσουμε ένα σύστημα αντιστάσεων με την ολική αντίστασή του, προκύπτει συνδεσμολογία ηλεκτρικά ισοδύναμη με την αρχική.

Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τους δύο πιο απλούς, αλλά πιο βασικούς τρόπους σύνδεσης αντιστάσεων: **α) σε σειρά** και **β) παράλληλα**. Με το συνδυασμό τους προκύπτουν «μικτοί» τρόποι σύνδεσης.

Σύνδεση σε σειρά



Εικόνα 2.5-31. Σύνδεση αντιστάσεων σε σειρά.

Θεωρούμε το κύκλωμα της εικ. 31. Τα όργανα θεωρούνται ιδανικά. Οι αντιστάσεις R_1 , R_2 και R_3 είναι γνωστές ($R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 20\Omega$, $R_3 = 30\Omega$). Με το βολτόμετρο V μετράμε την τάση στα άκρα του συστήματος $V_{o\lambda}$ και με το αμπερόμετρο την ένταση του ρεύματος $I_{o\lambda}$. Είναι: $V_{o\lambda} = 12V$ και $I_{o\lambda} = 0,2A$.

Άρα:

$$R_{o\lambda} = \frac{V_{o\lambda}}{I_{o\lambda}} = \frac{12V}{0,2A} = 60\Omega$$

Η σχέση που συνδέει τις R_1 , R_2 και R_3 με το $R_{o\lambda}$ είναι:

$$R_{o\lambda} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (9)$$

Ακόμη, με τα βολτόμετρα V_1 , V_2 και V_3 μετράμε τις τάσεις στα άκρα των R_1 , R_2 και R_3 αντίστοιχα. Είναι $V_1 = 2V$, $V_2 = 4V$ και $V_3 = 6V$.

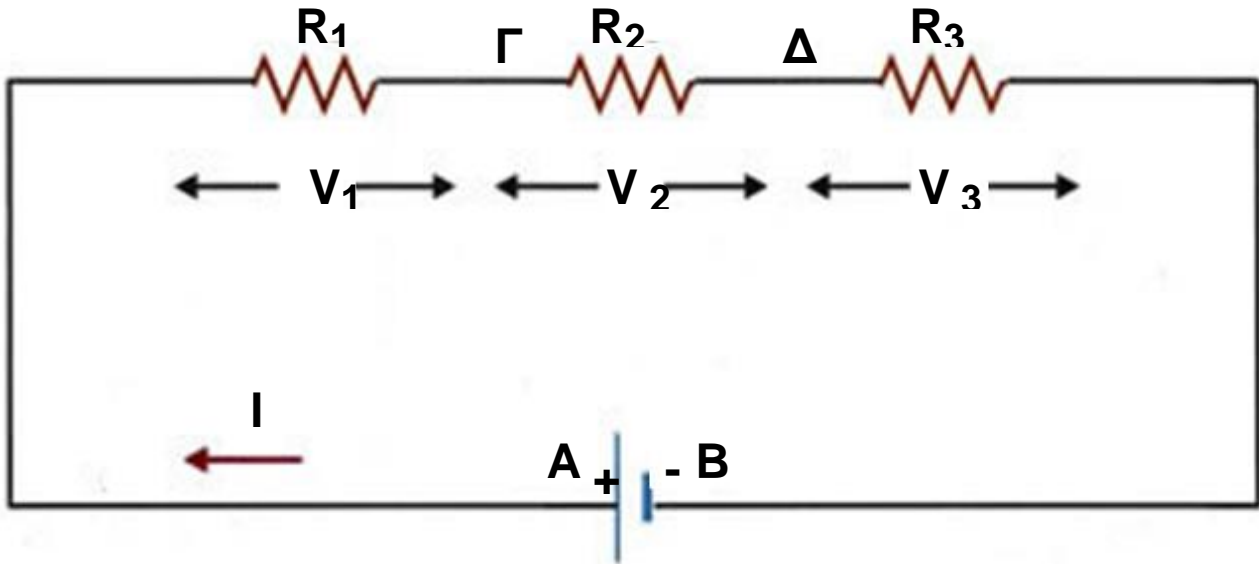
$$\text{Παρατηρούμε ότι: } V_{o\lambda} = V_1 + V_2 + V_3 \quad (10)$$

Χαρακτηριστικό της συνδεσμολογίας αυτής είναι ότι όλες οι αντιστάσεις διαρρέονται από την ίδια ένταση

ρεύματος I , που είναι ίση με την ολική ένταση $I_{ολ}$.
Δηλαδή:

$$I_1 = I_2 = I_3 = I = I_{ολ} \quad (11)$$

Τα παραπάνω συμπεράσματα αποδεικνύονται και θεωρητικά.



Εικόνα 2.5-32. Σύνδεση αντιστάσεων σε σειρά.

Στο κύκλωμα της εικόνας 32 η τάση της R_1 είναι: $V_1 = V_A - V_\Gamma$

της R_2 : $V_2 = V_\Gamma - V_\Delta$

και της R_3 : $V_3 = V_\Delta - V_B$.

Προσθέτουμε κατά μέλη και έχουμε:

$$V_1 + V_2 + V_3 = V_A - V_B$$

Όμως, $V_A - V_B = V_{ολ}$ είναι η τάση στα άκρα της συνδεσμολογίας.

Άρα:

$$V_{ολ} = V_1 + V_2 + V_3$$

Ισχύουν οι σχέσεις:

$$V_{ολ} = I \cdot R_{ολ}, \quad V_1 = I \cdot R_1, \quad V_2 = I \cdot R_2, \quad V_3 = I \cdot R_3$$

Έτσι έχουμε:

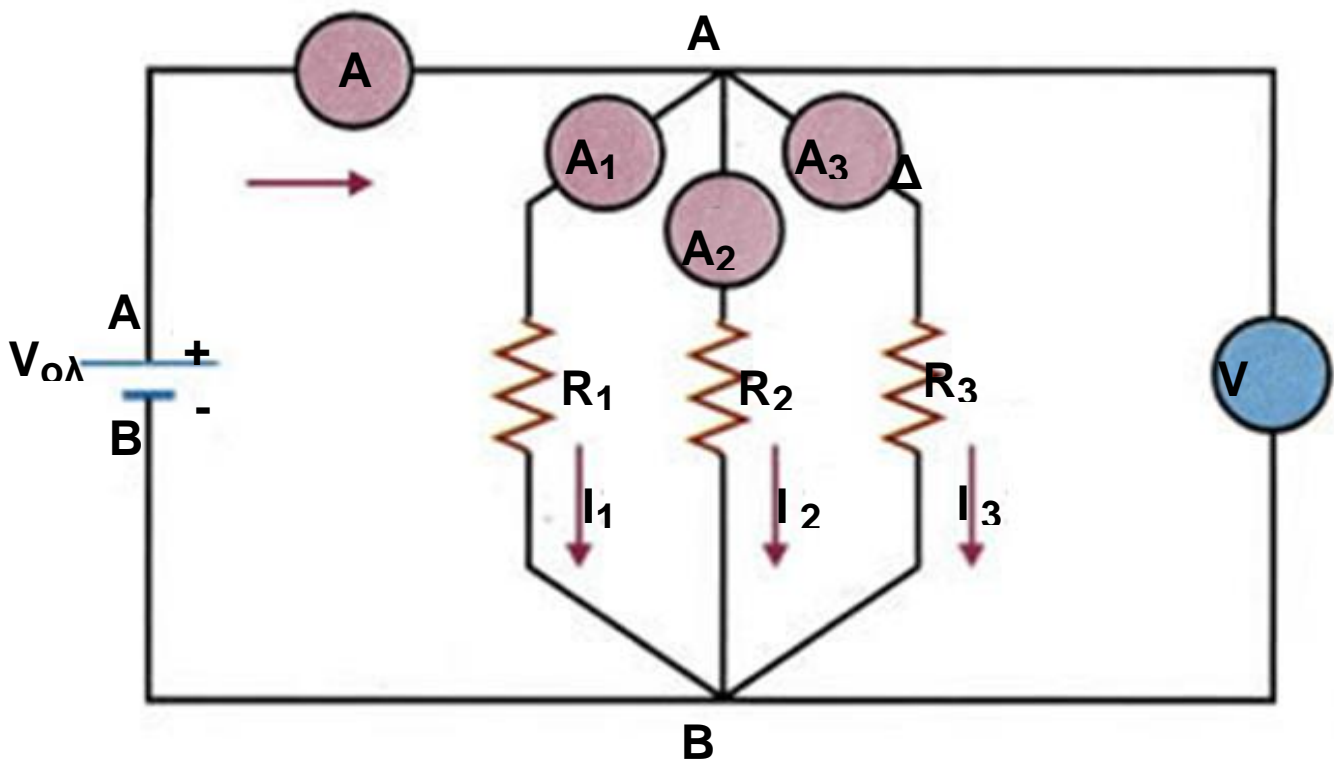
$$V_{o\lambda} = V_1 + V_2 + V_3 \Rightarrow I \cdot R_{o\lambda} = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 \Rightarrow$$

$$R_{o\lambda} = R_1 + R_2 + R_3$$

Η σύνδεση δυο αντιστάσεων σε σειρά ισοδυναμεί με αύξηση του μήκους ενός αγωγού, άρα η ολική αντίσταση είναι μεγαλύτερη και από τη μεγαλύτερη αντίσταση του συστήματος.

Το πρακτικό αποτέλεσμα είναι ότι με τη συνδεσμολογία αντιστάσεων σε σειρά επιτυγχάνουμε αντιστάσεις μεγαλύτερες από τις αντιστάσεις που διαθέτουμε.

Σύνδεση παράλληλα



Εικόνα 2.5-33. Σύνδεση αντιστάσεων παράλληλα.

Θεωρούμε το κύκλωμα της εικόνας 33. Οι αντιστάσεις R_1 , R_2 και R_3 είναι γνωστές ($R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 20\Omega$, $R_3 = 30\Omega$). Με το βολτόμετρο μετράμε την τάση στα άκρα του

συστήματος $V_{o\lambda}$ και με το αμπερόμετρο την ένταση του ρεύματος $I_{o\lambda}$. Είναι: $V_{o\lambda} = 6V$ και $I_{o\lambda} = 1,1A$.

Άρα:

$$R_{o\lambda} = \frac{V_{o\lambda}}{I_{o\lambda}} = \frac{6V}{1,1A} = \frac{60}{11} \Omega = 5,45\Omega$$

Η σχέση που συνδέει τις R_1 , R_2 και R_3 με το $R_{o\lambda}$ είναι:

$$\frac{1}{R_{o\lambda}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (12)$$

Ακόμη, με τα αμπερόμετρα A_1 , A_2 και A_3 μετράμε τις εντάσεις που διαρρέουν τις R_1 , R_2 και R_3 αντίστοιχα.

Είναι $I_1 = 0,6A$, $I_2 = 0,3A$ και $I_3 = 0,2A$.

Παρατηρούμε ότι:

$$I_{o\lambda} = I_1 + I_2 + I_3 \quad (13)$$

Χαρακτηριστικό της συνδεσμολογίας αυτής είναι ότι όλες οι αντιστάσεις έχουν την ίδια τάση V , που είναι ίση με την ολική τάση $V_{o\lambda}$. Δηλαδή:

$$V_1 = V_2 = V_3 = V = V_{o\lambda} \quad (13)$$

Τα παραπάνω συμπεράσματα αποδεικνύονται και θεωρητικά.

Στο κύκλωμα της εικόνας 33 είναι I_1 , I_2 και I_3 οι εντάσεις των ρευμάτων τις αντιστάσεις R_1 , R_2 και R_3 αντίστοιχα. Στον κόμβο A (και στον κόμβο B) ισχύει:

$$I_{o\lambda} = I_1 + I_2 + I_3 \quad (1\text{ος Κανόνας Kirchhoff})$$

Ισχύουν οι σχέσεις:

$$I_{o\lambda} = \frac{V_{o\lambda}}{R_{o\lambda}}, \quad I_1 = \frac{V_1}{R_1}, \quad I_2 = \frac{V_2}{R_2}, \quad I_3 = \frac{V_3}{R_3}$$

Έτσι έχουμε:

$$I_{o\lambda} = I_1 + I_2 + I_3 \Rightarrow \frac{V}{R_{o\lambda}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{R_{o\lambda}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \Rightarrow$$

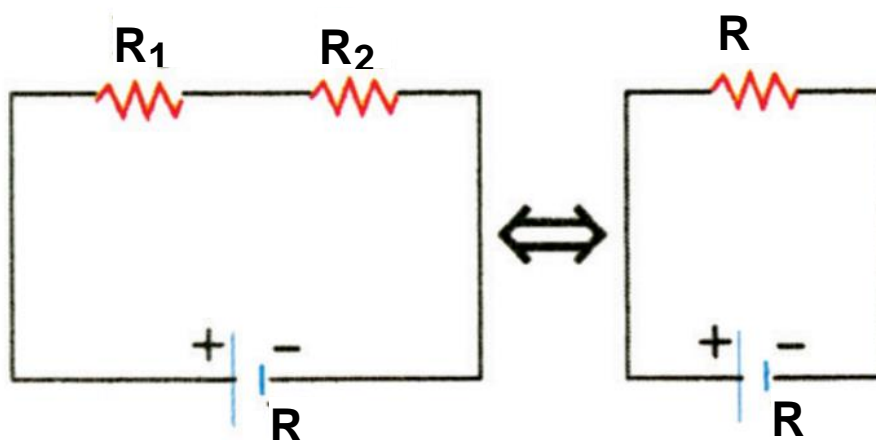
Η σύνδεση αντιστάσεων παράλληλα ισοδυναμεί με αύξηση της διατομής ενός αγωγού, άρα η ολική αντίσταση είναι μικρότερη και από τη μικρότερη αντίσταση του συστήματος.

Το πρακτικό αποτέλεσμα είναι ότι με τη συνδεσμολογία αντιστάσεων παράλληλα επιτυγχάνουμε αντιστάσεις μικρότερες από τις αντιστάσεις που διαθέτουμε.

Παράδειγμα 5

Δύο αντιστάσεις $R_1 = 4\Omega$ και $R_2 = 6\Omega$ συνδέονται σε σειρά και στα άκρα της συνδεσμολογίας εφαρμόζεται τάση $V = 100V$. Να βρεθούν:

- α) Η ισοδύναμη αντίσταση.
- β) Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει κάθε αντίσταση.
- γ) Η τάση στα άκρα κάθε αντίστασης.



Λύση

α) Η ισοδύναμη αντίσταση της συνδεσμολογίας είναι:

$$R = R_1 + R_2 \Rightarrow R = 10\Omega$$

β) Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τις αντιστάσεις και την πηγή τροφοδοσίας υπολογίζεται από το νόμο του Ohm:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} \Rightarrow I = 10A$$

Είναι: $I = I_1 = I_2 = 10A$

γ) Οι τάσεις στις αντιστάσεις R_1 και R_2 υπολογίζονται από το νόμο του Ohm:

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} \Rightarrow V_1 = I_1 R_1 \Rightarrow V_1 = 40V$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} \Rightarrow V_2 = I_2 R_2 \Rightarrow V_2 = 60V$$

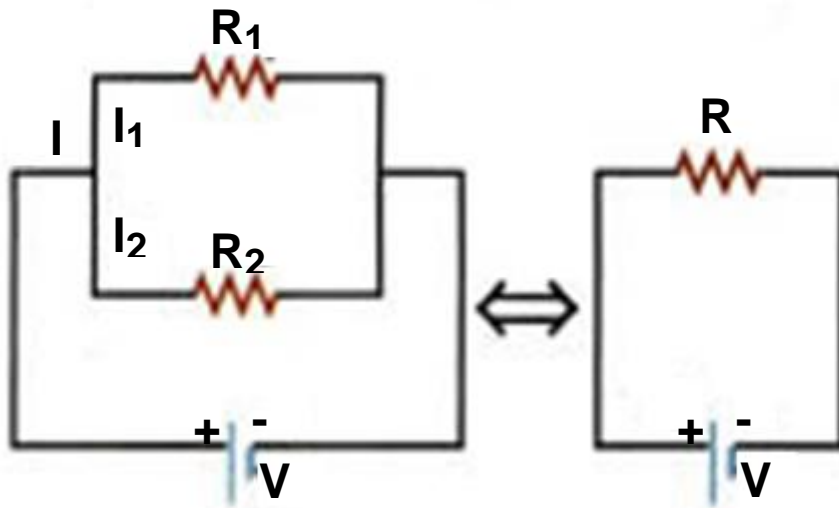
Παράδειγμα 6

Δύο αντιστάσεις $R_1 = 10\Omega$ και $R_2 = 15\Omega$ συνδέονται παράλληλα και στις άκρες του συστήματος εφαρμόζεται τάση $V = 90V$. Να βρεθούν:

α) Η ισοδύναμη αντίσταση.

β) Οι τάσεις στα άκρα των αντιστάσεων R_1 και R_2 .

γ) Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει κάθε αντίσταση και την πηγή τροφοδοσίας.



Λύση

α) Η ισοδύναμη αντίσταση της συνδεσμολογίας δίνεται:

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

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R = 6\Omega$$

β) Η τάση κάθε αντίστασης είναι ίση με $V = 90V$

$$V_1 = V_2 = V = 90V$$

γ) Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τις αντιστάσεις R_1 , R_2 και την πηγή τροφοδοσίας υπολογίζονται από το νόμο του Ohm:

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} \Rightarrow I_1 = \frac{90V}{10\Omega} = 9A$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} \Rightarrow I_2 = \frac{90V}{15\Omega} = 6A$$

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I = \frac{90}{6} = 15A$$

Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την πηγή μπορεί να υπολογιστεί και από τον 1ο κανόνα του Kirchhoff:

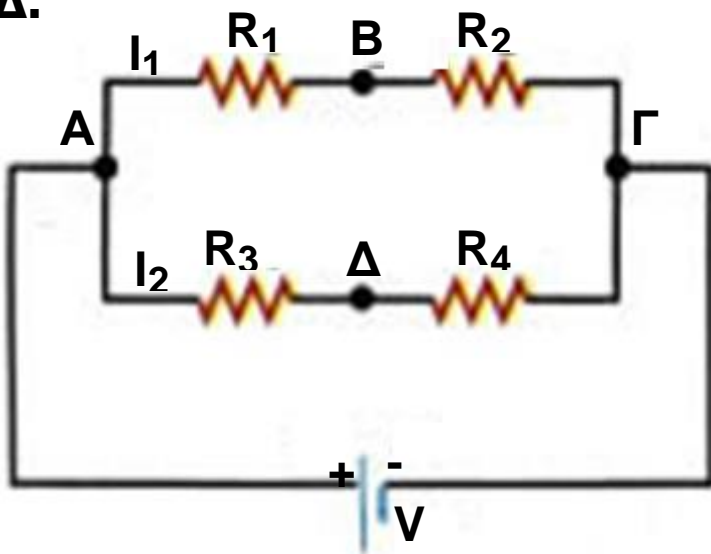
$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow I = 9A + 6A = 15A$$

Παράδειγμα 7

Δίνεται η συνδεσμολογία των αντιστάσεων του διπλανού σχήματος και ότι Να βρεθούν: $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 10\Omega$, $R_4 = 5\Omega$ και $V = 30V$.

α) η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τις R_1 , R_2 και τις R_3 , R_4 .

β) η διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων Β και Δ.



Λύση

α) Οι R_1 , R_2 συνδέονται σε σειρά και στα άκρα τους Α, Γ έχουμε διαφορά δυναμικού V . Άρα, η ένταση I_1 του ρεύματος που διαρρέει τις R_1 , R_2 είναι:

$$I_1 = \frac{V}{R_1 + R_2} \Rightarrow I_1 = \frac{30V}{(2+3)\Omega} \Rightarrow I_1 = 6A \quad (1)$$

Οι R_3, R_4 συνδέονται σε σειρά και στα άκρα τους Α, Γ έχουμε επίσης τάση V . Άρα η ένταση I_2 του ρεύματος που διαρρέει τις R_3, R_4 είναι:

$$I_2 = \frac{V}{R_3 + R_4} \Rightarrow I_2 = \frac{30V}{(10+5)\Omega} \Rightarrow I_2 = 2A \quad (2)$$

β) 1ος τρόπος

Αν «κινούμαστε» κατά μήκος μιας αντίστασης και κατά τη φορά του ρεύματος, το δυναμικό μειώνεται κατά IR , ενώ αν «κινούμαστε» αντίθετα με τη φορά του ρεύματος το δυναμικό αυξάνεται κατά IR .

Ξεκινάμε από το σημείο Β και «πηγαίνουμε» στο Δ μέσω του κόμβου Α. Από το Β στο Α, «πηγαίνουμε» αντίθετα με το ρεύμα, επομένως το δυναμικό αυξάνεται κατά I_1R_1 ενώ από το Α στο Δ, πηγαίνουμε ομόρροπα με το ρεύμα, οπότε το δυναμικό μειώνεται κατά I_2R_3 . Άρα:

$$V_B + I_1R_1 - I_2R_3 = V_\Delta \Rightarrow V_B - V_\Delta = I_2R_3 - I_1R_1 \stackrel{(1), (2)}{\Rightarrow}$$

$$V_B - V_\Delta = 20V - 12V = 8V$$

2ος τρόπος

Η τάση στα άκρα της R_1 είναι:

$$V_A - V_B = I_1R_1 \quad (3)$$

και η τάση στα άκρα της R_3 είναι:

$$V_A - V_\Delta = I_2R_3 \quad (4)$$

Αφαιρούμε τις (3) και (4) κατά μέλη, οπότε έχουμε:

$$V_A - V_B - (V_A - V_\Delta) = I_1R_1 - I_2R_3 \Rightarrow$$

$$V_A - V_B - V_A + V_\Delta = I_1R_1 - I_2R_3 \Rightarrow$$

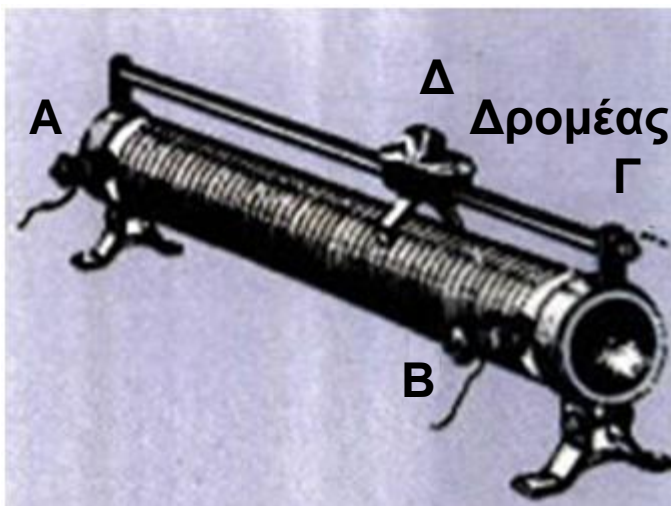
$$V_B - V_\Delta = I_2R_3 - I_1R_1 = 8V$$

2.6. Ρυθμιστική (μεταβλητή) αντίσταση

Όλοι έχουμε αυξομειώσει την ένταση του ήχου ενός ραδιοφώνου χρησιμοποιώντας το αντίστοιχο κουμπί. Το κουμπί αυτό ρυθμίζει τη λειτουργία μιας ρυθμιστικής αντίστασης.

Η ρυθμιστική αντίσταση είναι ένας τύπος ωμικής αντίστασης, που μπορεί να μεταβάλλεται μέσα σ' ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών.

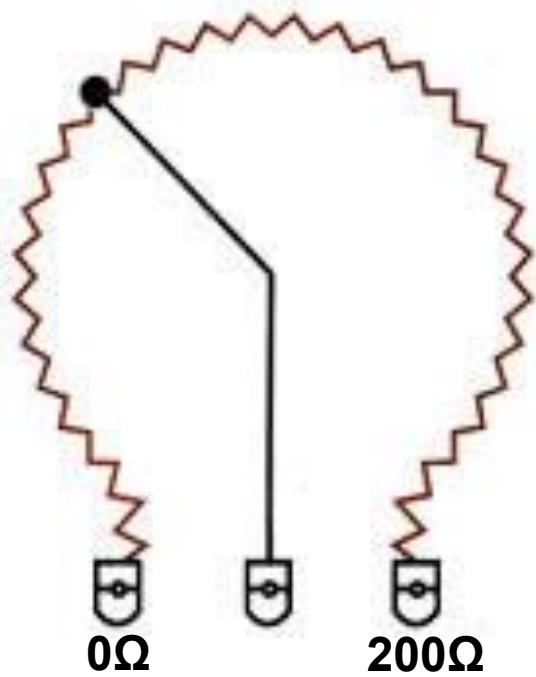
Η ρυθμιστική αντίσταση, που συνήθως χρησιμοποιούν στο σχολικό εργαστήριο, κατασκευάζεται από ισοπαχές ομογενές σύρμα τυλιγμένο ομοιόμορφα πάνω σε κύλινδρο από μονωτικό υλικό (εικ. 34).



Εικόνα 2.6-34. Ρυθμιστική (μεταβλητή) αντίσταση.

Επειδή η αντίσταση αυτού του σύρματος είναι ανάλογη του μήκους του, η αντίσταση που παρεμβάλλεται μεταξύ του δρομέα Δ και του ενός άκρου Α της συσκευής είναι ανάλογη με την απόσταση του δρομέα από το άκρο αυτό.

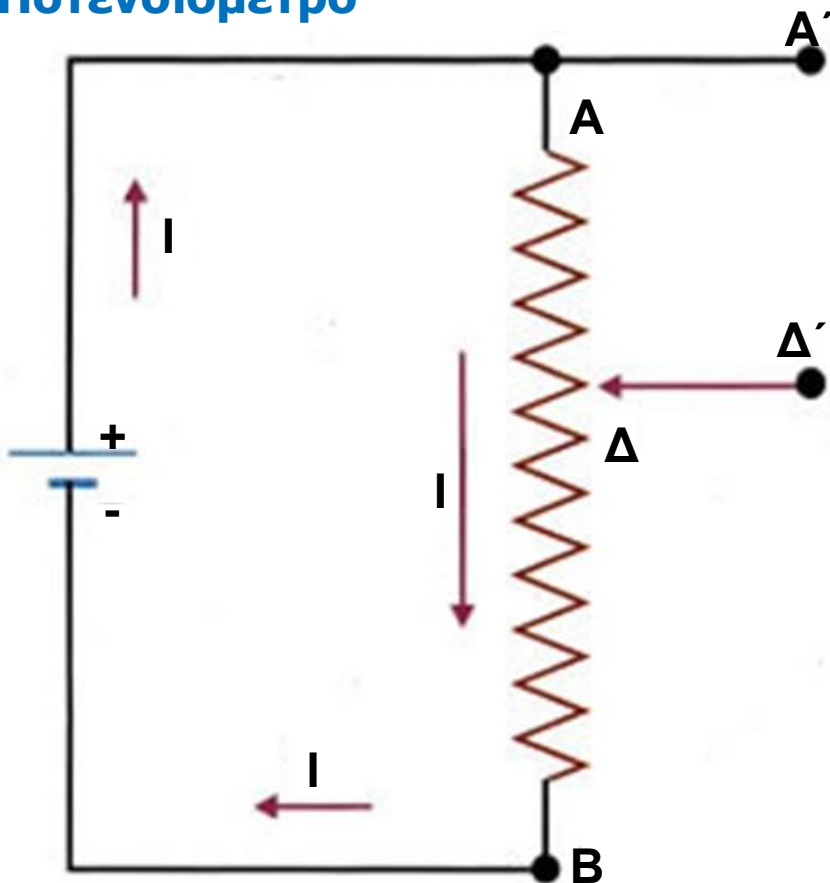
Όπως φαίνεται στην εικ. 35 η θέση του δρομέα μας δίνει τη δυνατότητα να πάρουμε οποιαδήποτε τιμή αντίστασης μεταξύ 0 και 200Ω.



Εικόνα 2.6-35.
Ρυθμιστική
(μεταβλητή)
αντίσταση.

Ανάλογα με τον τρόπο που παρεμβάλλεται στο κύκλωμα η ρυθμιστική αντίσταση, λειτουργεί είτε ως ρυθμιστής της τάσης και λέγεται **ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟ**, είτε ως ρυθμιστής της έντασης του ρεύματος και λέγεται **ροοστάτης**.

Ποτενσιόμετρο



Εικόνα 2.6-36. Ποτενσιόμετρο

Ο τρόπος σύνδεσης της ρυθμιστικής αντίστασης R_{AB} ως ποτενσιόμετρο φαίνεται στην εικόνα 36. Η κινητή επαφή Δ , που λέγεται δρομέας, μπορεί να μετακινείται από το A μέχρι το B .

Αν το κύκλωμα $AA'\Delta'\Delta$ είναι ανοικτό, δηλαδή το ρεύμα I δε διακλαδίζεται, τότε ισχύουν:

$$V_{A\Delta} = I \cdot R_{A\Delta} \quad \text{και} \quad V_{AB} = I \cdot R_{AB}$$

$$\text{Άρα:} \quad \frac{V_{A\Delta}}{V_{AB}} = \frac{R_{A\Delta}}{R_{AB}}$$

$$\text{και επειδή:} \quad \frac{R_{A\Delta}}{R_{AB}} = \frac{\rho \cdot A\Delta/s}{\rho \cdot AB/s} = \frac{A\Delta}{AB}$$

$$\text{έχουμε:} \quad \frac{V_{A\Delta}}{V_{AB}} = \frac{A\Delta}{AB} \Rightarrow V_{A\Delta} = V_{AB} \frac{A\Delta}{AB}$$

Αν θέσουμε το σταθερό μήκος $AB = \ell$ και το μεταβλητό

μήκος $A\Delta = x$, έχουμε:

$$V_{A\Delta} = V_{AB} \frac{x}{\ell} \quad (15)$$

Δηλαδή, μετακινώντας το δρομέα Δ από το A μέχρι το B μπορούμε να πάρουμε τιμές τάσης από 0 έως V_{AB} .

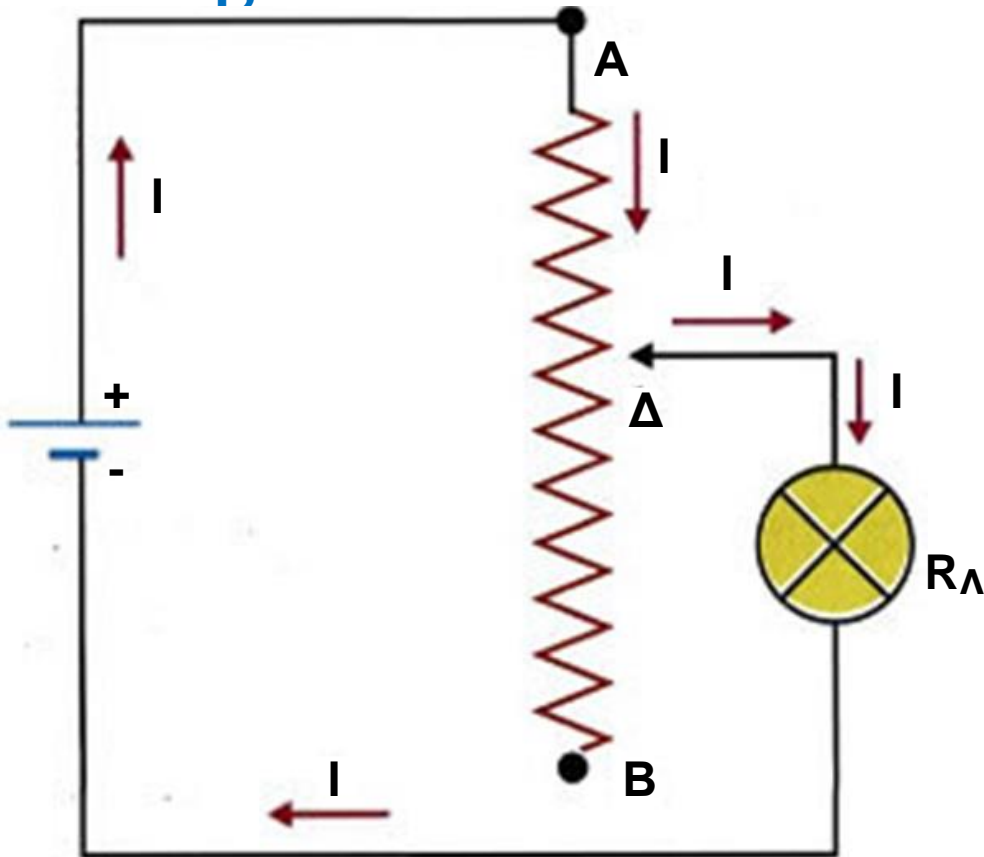
Ο τρόπος σύνδεσης της ρυθμιστικής αντίστασης R_{AB} ως ροοστάτη φαίνεται στην εικόνα 37. Η κινητή επαφή Δ , που λέγεται δρομέας μπορεί να μετακινείται από το A μέχρι το B .

Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι:

$$I = \frac{V}{R_{A\Delta} + R_{\Lambda}} \quad (16)$$

Μετακινώντας το δρομέα Δ από το Α μέχρι το Β, μεταβάλλουμε την αντίσταση $R_{\Delta\Delta}$ που παρεμβάλλεται στο κύκλωμα, άρα και την ένταση του ρεύματος που το διαρρέει.

Ροοστάτης



Εικόνα 2.6-37. Ροοστάτης.

2.7. Ενέργεια και ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος

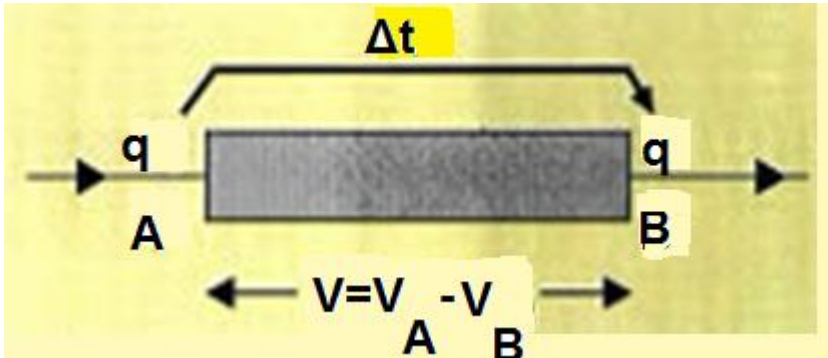
Ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος

Για τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών απαιτείται ενέργεια, η οποία προσφέρεται από την πηγή. Η ενέργεια αυτή λέγεται **ηλεκτρική ενέργεια** ή **ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος**.

Θεωρούμε ένα τμήμα κυκλώματος AB (εικ. 38), το οποίο περιλαμβάνει μια συσκευή, που μπορεί να είναι

αντιστάτης, ηλεκτρικός λαμπτήρας, ανεμιστήρας, ραδιόφωνο κ.ά.

Στα άκρα της συσκευής AB υπάρχει τάση $V = V_A - V_B$ και η συσκευή διαρρέεται από συνεχές ρεύμα σταθερής έντασης I .



Εικόνα 2.7-38. Συσκευή.

Έστω ότι σε χρόνο t μετακινείται ηλεκτρικό φορτίο q από το A στο B. Στην πραγματικότητα, όπως ξέρουμε, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται αντίθετα. Από τον ορισμό της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος έχουμε:

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

Αν V_A είναι το δυναμικό του άκρου A και V_B το δυναμικό του άκρου B, τότε το φορτίο q έχει στο άκρο A δυναμική ενέργεια $U_A = q \cdot V_A$ και στο άκρο B δυναμική ενέργεια $U_B = q \cdot V_B$. Επειδή είναι $V_A > V_B$ θα είναι και $U_A > U_B$, δηλαδή η δυναμική ενέργεια του φορτίου q ελαττώνεται καθώς περνά μέσα από τη συσκευή.

Από την αρχή διατήρησης της ενέργειας συμπεραίνουμε ότι η μείωση της δυναμικής ενέργειας του φορτίου q αποδίδεται στη συσκευή και μετατρέπεται σε άλλες μορφές ενέργειας, όπως κινητική (αν η συσκευή είναι κινητήρας), χημική (αν η

συσκευή είναι βολτόμετρο (συσκευή ηλεκτρόλυσης), θερμική (αν η συσκευή είναι αντιστάτης), κ.ά.

Η μείωση της δυναμικής ενέργειας του φορτίου q είναι ίση με την ηλεκτρική ενέργεια που προσφέρεται από την πηγή.

Άρα, η ενέργεια που αποδίδεται στη συσκευή σε χρόνο t , είναι:

$$W = U_A - U_B \Rightarrow W = qV_A - qV_B \Rightarrow$$

$$W = q(V_A - V_B) \Rightarrow W = q \cdot V \Rightarrow$$

$$W = V \cdot I \cdot t \quad (17)$$

Ο παραπάνω τύπος είναι γενικός και ισχύει για κάθε συσκευή(κινητήρας, βολτόμετρο, αντιστάτης κ.ά.).

Αν η συσκευή είναι αντιστάτης (ωμική αντίσταση), τότε ισχύει ο νόμος του Ohm ($I = V/R$) και μπορούμε να γράψουμε ισοδύναμα ότι:

$$W = V \cdot I \cdot t \begin{cases} \rightarrow W = I^2 \cdot R \cdot t & (18) \\ \rightarrow W = \frac{V^2}{R} t & (19) \end{cases}$$

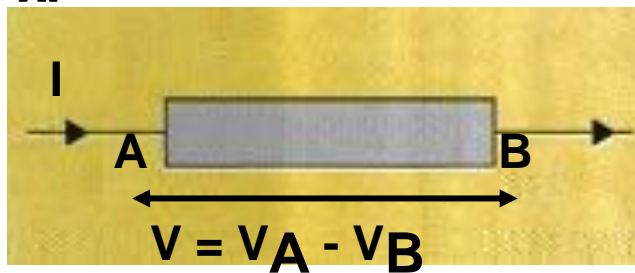
Στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.) η μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής ενέργειας είναι το 1J (Joule).

Ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος

Τις περισσότερες φορές για τη λειτουργία των συσκευών δε μας ενδιαφέρει μόνο η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που προσφέρεται, αλλά και σε

πόσο χρόνο γίνεται αυτό, δηλαδή ο ρυθμός προσφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας

Θεωρούμε την περίπτωση μιας συσκευής (εικ.39), στην οποία προσφέρεται ίδια ποσότητα ενέργειας σε ίσους χρόνους. Στην περίπτωση αυτή ορίζουμε ως ισχύ του ηλεκτρικού ρεύματος ή ηλεκτρική ισχύ το πηλίκο της ηλεκτρικής ενέργειας που προσφέρεται σε χρόνο t , προς το χρόνο t .



Εικόνα 2.7-39. Συσκευή.

Δηλαδή:

$$P = \frac{W}{t} \quad (20)$$

Στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.) η μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής ισχύος είναι το 1W (Watt).

Είναι:

$$1W = 1 \frac{J}{s} \quad \text{ή} \quad (1Watt = \frac{1Joule}{1second})$$

1W είναι η ηλεκτρική ισχύς, όταν η προσφερόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι 1J, σε χρόνο 1s.

Με βάση τον ορισμό της ηλεκτρικής ισχύος ($P = W/t$) και τους τύπους που δίνουν την ηλεκτρική ενέργεια, για κάθε συσκευή ισχύει:

$$P = V \cdot I \quad (21)$$

Αν η συσκευή είναι αντιστάτης (ωμική αντίσταση), τότε ισχύει ο νόμος του Ohm, οπότε έχουμε:

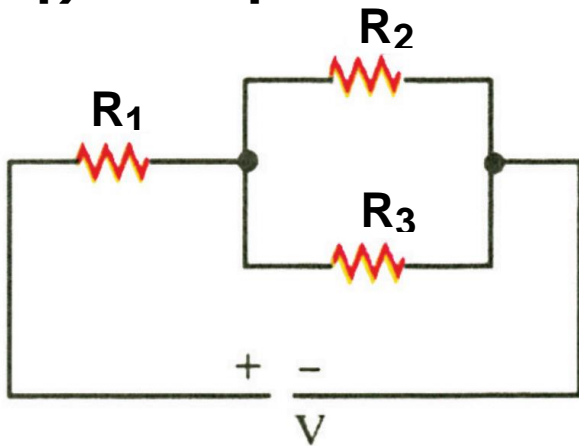
$$V = I \cdot R \quad (22)$$

$$P = V \cdot I \quad \begin{cases} P = I^2 \cdot R \\ P = \frac{V^2}{R} \end{cases} \quad (23)$$

Παράδειγμα 8

Η ισχύς στην αντίσταση R_2 είναι $P_2 = 300\text{W}$. Αν $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 3\Omega$ και $R_3 = 6\Omega$ να βρεθούν:

- Η ισχύς σε κάθε αντίσταση.
- Η ισχύς στο σύστημα.
- Η τάση V



Λύση

$$\alpha) \text{ Είναι: } P_2 = I_2^2 R_2 \Rightarrow I_2 = \sqrt{\frac{P_2}{R_2}} \Rightarrow I_2 = 10\text{A}$$

$$\text{Επίσης: } V_{2,3} = V_2 = I_2 R_2 = 30\text{V}$$

$$\text{Άρα: } I_3 = \frac{V_{2,3}}{R_3} = 5\text{A} \text{ και } I_1 = I_2 + I_3 = 15\text{A}$$

$$\text{Οπότε: } P_1 = I_1^2 R_1 = 675\text{W}, \quad P_3 = I_3^2 R_3 = 150\text{W}$$

β) Η ισχύς στο σύστημα είναι:

$$P_{\text{ολ}} = P_1 + P_2 + P_3 = 1.125\text{W}$$

$$(ή P_{ολ} = I^2 R_{ολ} = (15A)^2 \cdot 5\Omega = 1.125W)$$

γ) η τάση V είναι:

$$V = I_1 R_{ολ} = I_1 \left(R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \right) \Rightarrow$$

$$V = 75V$$

Κόστος λειτουργίας συσκευής

Από τον ορισμό της ισχύος μιας συσκευής έχουμε:

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow W = P \cdot t$$

Αν στον προηγούμενο τύπο εκφράσουμε την ισχύ P σε W (Watt) και το χρόνο t σε s (sec), τότε βρίσκουμε την ενέργεια W σε J (Joule).

Αν στον προηγούμενο τύπο εκφράσουμε την ισχύ P σε W (Watt) το χρόνο t σε h (ώρες), τότε βρίσκουμε την ενέργεια W σε Wh (βατώρες).

1Wh είναι η ενέργεια που «καταναλώνει» μια συσκευή ισχύος

1W, όταν λειτουργήσει για χρόνο 1h.

$$\text{Είναι: } 1Wh = 1W \cdot 1h = 1W \cdot 3600s = 3600J.$$

Αν στον προηγούμενο τύπο εκφράσουμε την ισχύ P σε KW (Κιλοβάτ) και το χρόνο t σε h (ώρες), τότε βρίσκουμε την ενέργεια W σε KWh (κιλοβατώρες).

1KWh είναι η ενέργεια που «καταναλώνει» μια συσκευή ισχύος 1KW, όταν λειτουργήσει για χρόνο 1h.

$$\text{Είναι: } 1KWh = 1 KW \cdot 1h = 1000W \cdot 3600s = 3.600.000J.$$

Η Δ.Ε.Η. μετρά την ενέργεια που μας δίνει σε KWh, με κόστος περίπου 0,1€/KWh.

Άρα, μια ηλεκτρική κουζίνα ισχύος $P = 3000W$, που λειτουργεί για χρόνο $t = 2h$, «καταναλώνει» ενέργεια:

$$W = P \cdot t = 3KW \cdot 2h = 6KWh$$

με κόστος:

$$\Lambda = 6KW2h \cdot 0,1€/KWh = 0,6€.$$

Νόμος του Joule

Όπως έχουμε πει, σ' ένα μεταλλικό αγωγό η μείωση της κινητικής ενέργειας των ελεύθερων ηλεκτρονίων, λόγω των συγκρούσεων με τα θετικά ιόντα, έχει ως συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας του μεταλλικού αγωγού. Συνέπεια αυτού είναι να μεταφέρεται θερμότητα από τον αγωγό στο περιβάλλον. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **φαινόμενο Joule**.

Αν υποθέσουμε ότι η θερμοκρασία του μεταλλικού αγωγού παραμένει σταθερή, τότε η προσφερόμενη ηλεκτρική ενέργεια στο μεταλλικό αγωγό είναι ίση με τη θερμότητα που μεταφέρεται από τον αγωγό στο περιβάλλον.

Δηλαδή $W = Q$

Όμως: $W = I^2 R t$

Άρα: $Q = I^2 \cdot R \cdot t$ (21)

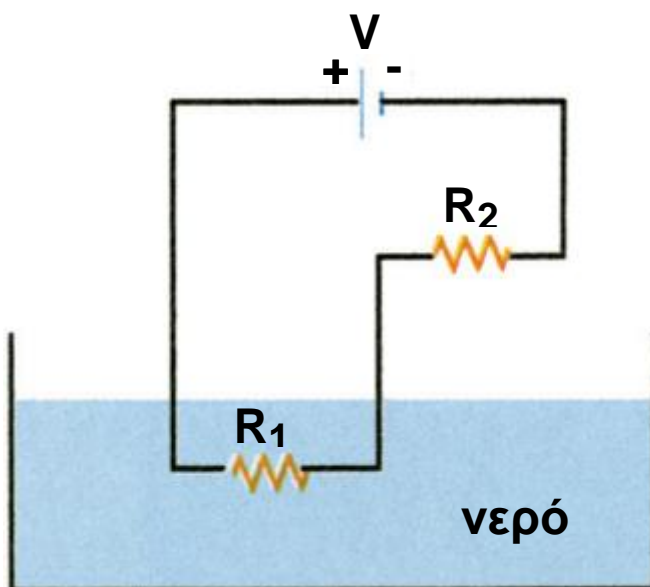
Ο Joule απέδειξε πειραματικά την τελευταία σχέση, που εκφράζει το **νόμο του Joule**, ο οποίος διατυπώνεται ως εξής:

Το ποσό θερμότητας Q που εκλύεται σ' ένα μεταλλικό αγωγό σταθερής θερμοκρασίας είναι ανάλογο του τετραγώνου της έντασης I του ρεύματος που τον διαρρέει, ανάλογο της αντίστασης του R και ανάλογο του χρόνου t διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος.

Αν χρησιμοποιήσουμε τη σχέση $Q = I^2 \cdot R \cdot t$ και εκφράσουμε τα μεγέθη I σε A, R σε Ω και t σε s, τότε βρίσκουμε τη θερμότητα Q σε J.

Αν χρησιμοποιήσουμε τη σχέση $Q = \alpha \cdot I^2 \cdot R \cdot t$ και εκφράσουμε τα μεγέθη I σε A, R σε Ω και t σε s, τότε βρίσκουμε τη θερμότητα Q σε cal. Ο συντελεστής α ονομάζεται ηλεκτρικό ισοδύναμο της θερμότητας και ισούται με $\alpha = 0,24 \text{ cal/J}$

Παράδειγμα 9



Η αντίσταση R_1 του σχήματος είναι βυθισμένη σε νερό μάζας $m = 0,5 \text{ Kg}$. Η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται σε χρόνο $t = 52 \text{ s}$ από $\theta_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ σε $\theta_2 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$. Να βρεθεί η τιμή της R_2 , αν $V = 2000 \text{ V}$ και $R_1 = 100 \Omega$.

Δίνεται η ειδική θερμότητα του νερού:

$$c = \frac{1 \text{ cal}}{\text{g} \cdot \text{grad}} = \frac{4200 \text{ J}}{\text{Kg} \cdot \text{grad}}$$

Λύση

Το ποσό της θερμότητας που εκλύεται από την R_1 και θερμαίνει το νερό είναι:

$$Q_1 = I^2 \cdot R_1 \cdot t$$

Από το θεμελιώδη νόμο της θερμιδομετρίας έχουμε:

$$Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

Άρα:

$$I^2 \cdot R_1 \cdot t = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow$$
$$I = \sqrt{\frac{m \cdot c \cdot \Delta\theta}{R_1 \cdot t}} \Rightarrow I = 5A$$

Η αντίσταση R_2 υπολογίζεται από τον νόμο του Ohm:

$$V = I (R_1 + R_2) \Rightarrow$$

$$R_2 = \frac{V - I R_1}{I} \Rightarrow R_2 = 300\Omega$$

Εφαρμογές φαινομένου Joule

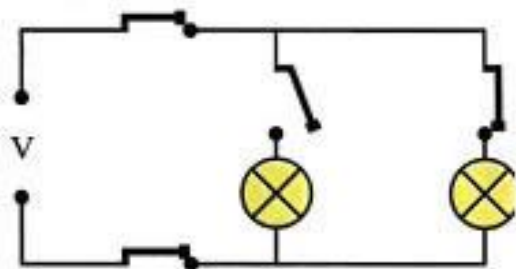
α) Ηλεκτρικός λαμπτήρας πυράκτωσης

Ο ηλεκτρικός λαμπτήρας πυρακτώσεως (εικ. 40) αποτελείται από ένα γυάλινο δοχείο, μέσα στο οποίο υπάρχει ένα λεπτό σύρμα από πολύ δύστηκτο μέταλλο (βολφράμιο, ταντάλιο, όσμιο), το οποίο έχει θερμοκρασία τήξης πάνω από 2700°C . Μέσα στο δοχείο δεν υπάρχει οξυγόνο για να μη γίνει οξείδωση του μετάλλου, υπάρχει όμως ένα αδρανές αέριο (αργό, κρυπτό, άζωτο), που εμποδίζει την εξάχνωσή του. Όταν το σύρμα φωτοβολεί, η θερμοκρασία του είναι πάνω από 2000°C . Όλοι οι λαμπτήρες μιας οικιακής εγκατάστασης συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα (εικ.

41) για να λειτουργούν με την ίδια τάση (π.χ. του δικτύου, 220V) και ανεξάρτητα από τους άλλους.



Εικόνα 2.7-40. Ηλεκτρικός λαμπτήρας πυράκτωση



Εικόνα 2.7-41.

Σύνδεση λαμπτήρων σε οικιακή εγκατάσταση.

Ενδείξεις κανονικής λειτουργίας συσκευής

Σε ηλεκτρικό λαμπτήρα πυρακτώσεως σημειώνονται οι ενδείξεις: **220V, 100W**.

Ποια είναι η σημασία των ενδείξεων αυτών;

Τι πληροφορίες μπορούμε να πάρουμε από αυτές;

Η ένδειξη 220V σημαίνει ότι, για να λειτουργεί κανονικά ο λαμπτήρας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του εργοστασίου κατασκευής, πρέπει στα άκρα του να εφαρμόζεται τάση $V_K = 220V$, που λέγεται **κανονική τάση λειτουργίας**.

Η ένδειξη 100W σημαίνει ότι, όταν ο λαμπτήρας λειτουργεί κανονικά, «καταναλώνει» ισχύ $P_K = 100W$, που λέγεται **κανονική ισχύς λειτουργίας**.

Από τις ενδείξεις αυτές μπορούμε να βρούμε:

1) την ένταση του ρεύματος, που διαρρέει το λαμπτήρα, όταν λειτουργεί κανονικά, ως εξής:

$$P_k = V_k I_k \Rightarrow I_k = \frac{P_k}{V_k} \Rightarrow I_k \approx 0,45A$$

2) την αντίσταση του λαμπτήρα, ως εξής

$$P_k = \frac{V_k^2}{R} \Rightarrow R = \frac{V_k^2}{P} \Rightarrow R = 484\Omega$$

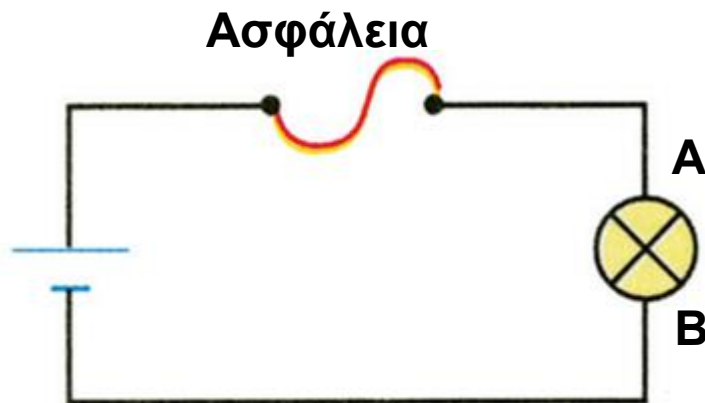
Σημείωση: Αν στα άκρα του λαμπτήρα εφαρμοστεί τάση μικρότερη από την V_k , ο λαμπτήρας υπολειτουργεί χωρίς να κινδυνεύει να καταστραφεί, ενώ, αν εφαρμοστεί τάση μεγαλύτερη από τη V_k , ο λαμπτήρας υπερλειτουργεί με κίνδυνο καταστροφής του.

β) Ηλεκτρικές συσκευές παραγωγής θερμότητας

Πολύ συνηθισμένες ηλεκτρικές συσκευές παραγωγής θερμότητας είναι οι ηλεκτρικές θερμάστρες, τα ηλεκτρικά σίδερα, οι ηλεκτρικές κουζίνες, οι ηλεκτρικοί βραστήρες, οι ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες κ.τ.λ. Στις συσκευές αυτές εκλύεται θερμότητα σε συρμάτινο αγωγό από χρωμονικελίνη (δύστηκτο κράμα Fe, Ni, Cr, Mn). Σε μερικές συσκευές η θερμότητα ακτινοβολείται απευθείας από το σύρμα (π.χ. στη θερμάστρα), ενώ σε άλλες συσκευές η θερμότητα συγκεντρώνεται πάνω σε μια μεταλλική πλάκα (π.χ. στην κουζίνα).

γ) Ασφάλειες

Για την προφύλαξη των κυκλωμάτων από υπέρμετρη αύξηση της έντασης του ρεύματος, που μπορεί να προκαλέσει βλάβες στο κύκλωμα ή ακόμα και πυρκαγιά χρησιμοποιούνται οι ασφάλειες, που παρεμβάλλονται στο κύκλωμα σε σειρά (εικ. 42).



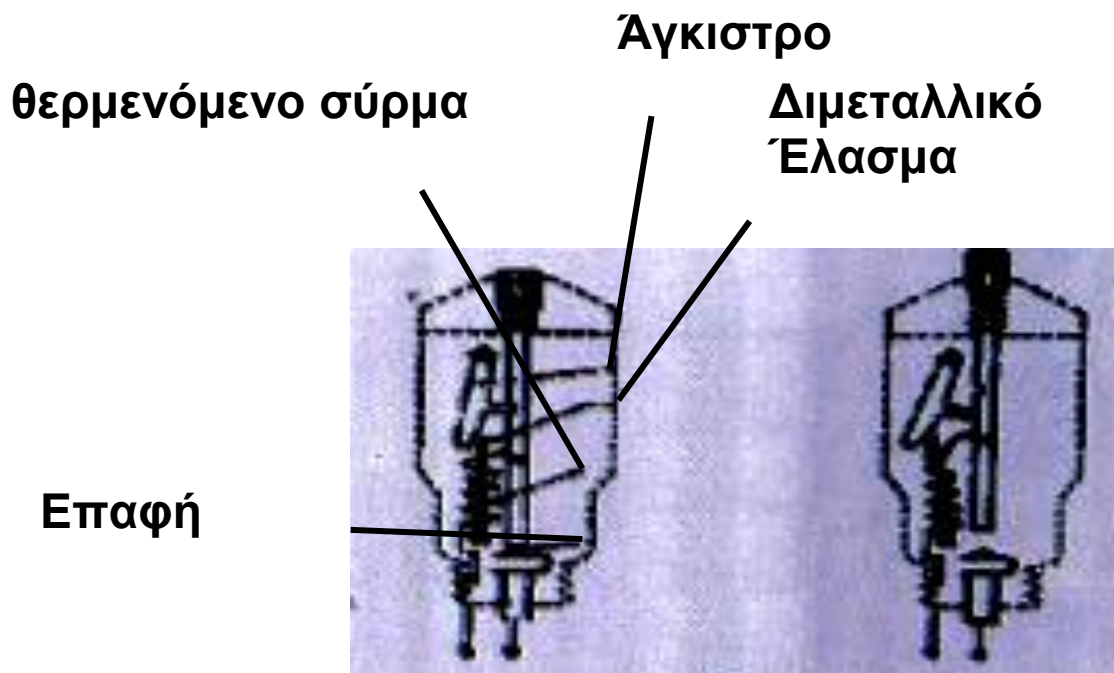
Εικόνα 2.7-42. Κύκλωμα με ασφάλεια.

Κάθε ασφάλεια χαρακτηρίζεται από μια τιμή έντασης ρεύματος, πάνω από την οποία προκαλείται διακοπή της λειτουργίας του κυκλώματος.

Ένας τύπος είναι η τηκόμενη ασφάλεια, που αποτελείται από ένα εύτηκτο μέταλλο. Μόλις η ένταση του ρεύματος γίνει μεγαλύτερη από μία καθορισμένη τιμή, αμέσως συμβαίνει τήξη του μετάλλου και διακοπή του ρεύματος.

Επίσης, χρησιμοποιείται και η αυτόματη ασφάλεια (εικ. 43), που ουσιαστικά είναι αυτόματος διακόπτης και αποτελείται κυρίως από ένα διμεταλλικό έλασμα. Μόλις η ένταση του ρεύματος γίνει μεγαλύτερη από μια

καθορισμένη τιμή, αμέσως το διμεταλλικό έλασμα λυγίζει και προκαλεί διακοπή του ρεύματος.



Εικόνα 2.7-43. Αυτόματη ασφάλεια.

Για την εκλογή της κατάλληλης ασφάλειας σ' ένα κύκλωμα λαμβάνουμε υπόψη την ένταση του ρεύματος I_k της κανονικής λειτουργίας των συσκευών που τροφοδοτούμε (π.χ. 14A), την οποία βρίσκουμε από τις ενδείξεις των συσκευών. Επειδή στο εμπόριο κυκλοφορούν ορισμένοι τύποι ασφαλειών (π.χ. 6A, 10A, 15A, 20A, 25A) επιλέγουμε την ασφάλεια, που αναγράφει την αμέσως μεγαλύτερη ένδειξη από αυτή που είχαμε υπολογίσει. Στο παράδειγμα μας επιλέγουμε την ασφάλεια των 15A.

δ) Βραχυκύκλωμα

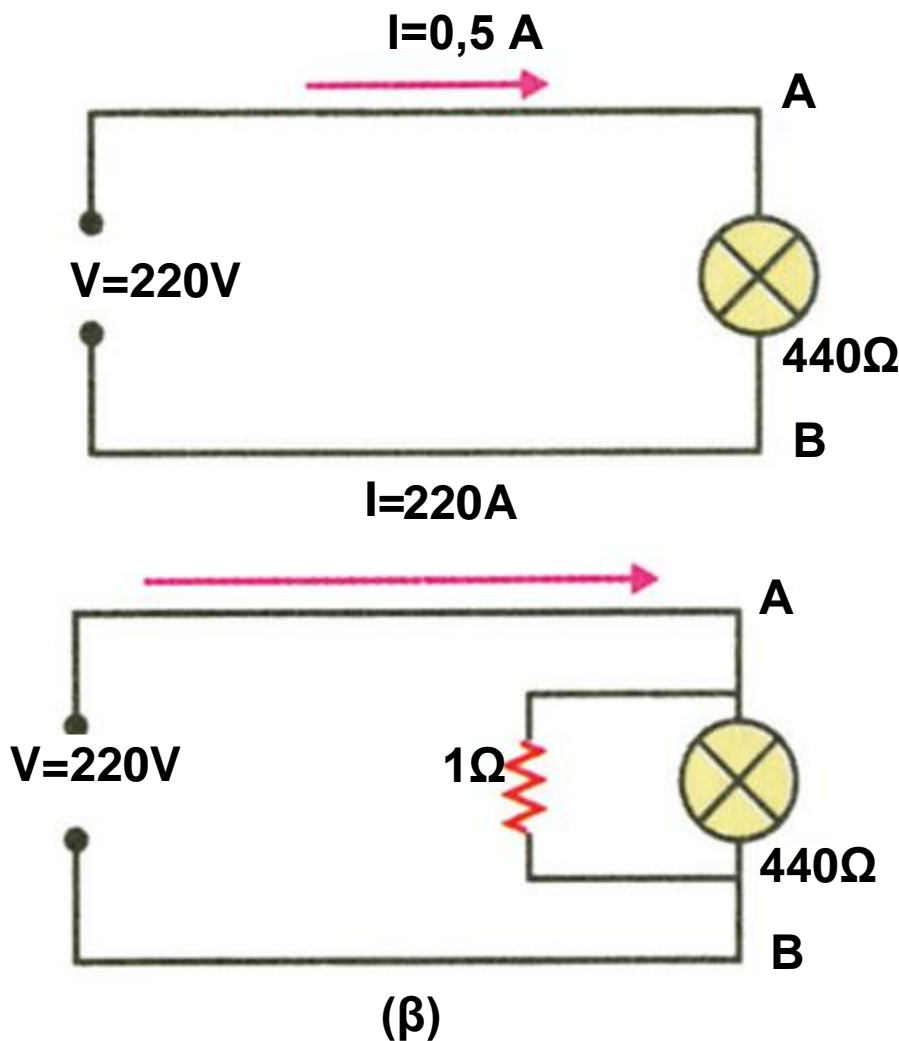
Βραχυκύκλωμα ονομάζεται η σύνδεση δύο σημείων ενός κυκλώματος με αγωγό αμελητέας αντίστασης.

Βραχυκύκλωμα μπορεί να προκληθεί μεταξύ των σημείων A και B, αν τα συνδέσουμε με έναν αγωγό

αμελητέας αντίστασης ή αν σ' αυτά φθαρεί η μόνωση και τυχαία έρθουν σε επαφή. Στο κύκλωμα της εικ. 44α είναι $R_{ολ} = 440\Omega$, άρα αυτό διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = 0,5A$. Στο κύκλωμα της εικ. 44β είναι

$$R_{ολ} = \frac{440 \cdot 1}{440 + 1} \Omega \approx 1\Omega$$

άρα αυτό διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = 220A$ και έτσι κινδυνεύει το τμήμα του κυκλώματος, που βρίσκεται μεταξύ της πηγής και του σημείου βραχυκυκλώσεως.



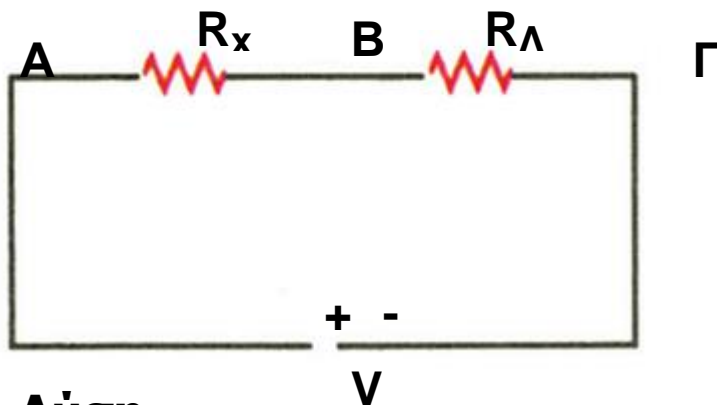
Εικόνα 2.7-44. Βραχυκύκλωμα.

Παράδειγμα 10

Ηλεκτρικός λαμπτήρας έχει χαρακτηριστικά κανονικής λειτουργίας $P_K = 100W$ και $V_K = 100V$.

α) Ποια είναι η αντίσταση του λαμπτήρα;

β) Θέλουμε να συνδέσουμε τον λαμπτήρα με τάση $V = 200V$. Τι αντίσταση πρέπει να συνδέσουμε σε σειρά με τον λαμπτήρα, ώστε να λειτουργεί κανονικά;



Λύση

α) Έχουμε:

$$P_K = \frac{V_K^2}{R_L} \Rightarrow R_L = \frac{V_K^2}{P_K} \Rightarrow R_L = 100\Omega \quad (1)$$

β) Επειδή $V > V_K$ η απευθείας σύνδεση του λαμπτήρα με την τάση V θα τον καταστρέψει. Γι' αυτό συνδέουμε μια αντίσταση R_x σε σειρά με το λαμπτήρα. Εφόσον ο λαμπτήρας λειτουργεί κανονικά, η τάση στα άκρα του $V_{B\Gamma}$ είναι ίση με V_K . Επομένως, η ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει είναι:

$$P_K = V_K I_K \Rightarrow I_K = \frac{P_K}{V_K} \Rightarrow I_K = 1A \quad (1)$$

Άρα, η ένταση I του ρεύματος στο κύκλωμα είναι:

$$I = I_k = 1A$$

Από το νόμο του Ohm έχουμε:

$$V = I R_{ολ} \Rightarrow V = I (R + R_x) \Rightarrow \frac{V}{I} = R + R_x \Rightarrow$$

$$R_x = \frac{V}{I} - R \Rightarrow R_x = 100\Omega$$

Παράδειγμα 11

Σε μια οικιακή εγκατάσταση η ασφάλεια είναι 30A. Στο σπίτι λειτουργούν μια ηλεκτρική κουζίνα ισχύος 2KW, ένα ψυγείο ισχύος 1KW, μία ηλεκτρική σόμπα ισχύος 2KW και 50 λαμπτήρες των 100W ο καθένας.

α) Αν λειτουργήσουν ταυτόχρονα όλες οι συσκευές, να εξετάσετε αν θα λιώσει η ασφάλεια, β) Αν ναι, πόσοι το πολύ λαμπτήρες μπορεί να είναι αναμμένοι, ώστε να λειτουργούν ταυτόχρονα όλες οι υπόλοιπες συσκευές.

Δίνεται ότι η τάση του δικτύου είναι $V = 220V$.

Λύση

α) Η ολική ισχύς του κυκλώματος είναι:

$$P_{ολ} = 2KW + 1KW + 2KW + 50 \cdot 0,1KW = 10KW$$

Άρα:

$$P_{ολ} = V \cdot I \Rightarrow I = \frac{P_{ολ}}{V} \Rightarrow I = 10.000W / 220V = 45,45A$$

Αφού $I > 30A$, η ασφάλεια λιώνει.

β) Πρέπει να είναι $P'_{ολ} = V \cdot I \Rightarrow P'_{ολ} = 220V \cdot 30A \Rightarrow$

$$P'_{ολ} = 6600W.$$

Έστω x ο αριθμός των ζητούμενων λαμπτήρων.

Έχουμε: $P_{ολ} = 2000W + 1000W + 2000W + x \cdot 100W \Rightarrow$

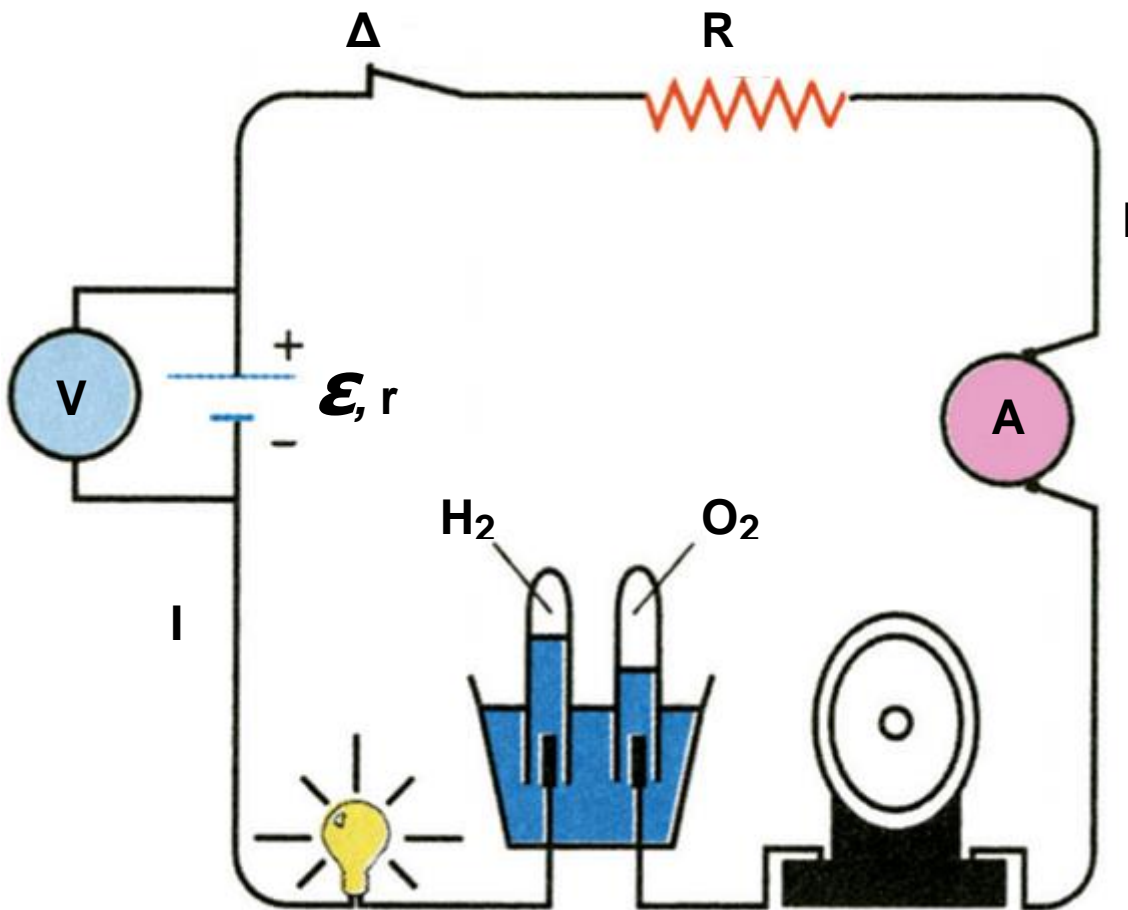
$$P_{ολ} = 5000 + x \cdot 100W.$$

Άρα: $5000 + x \cdot 100 = 6600 \Rightarrow x = 16$ λαμπτήρες.

2.8. Ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) πηγής

Το κύκλωμα της εικόνας 45 αποτελείται από μία πηγή, ένα διακόπτη, έναν αντιστάτη, ένα λαμπτήρα, ένα βολτόμετρο και ένα ανεμιστήρα. Όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός το κύκλωμα δε διαρρέεται από ρεύμα, ενώ όταν ο διακόπτης είναι κλειστός το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα και η πηγή προσφέρει ενέργεια στο κύκλωμα.

Όταν θετικό φορτίο q φτάνει στον αρνητικό πόλο, όπου έχει την ελάχιστη ηλεκτρική δυναμική ενέργεια, «αναγκάζεται» από την πηγή να μετακινηθεί μέσω αυτής προς το θετικό πόλο της, όπου έχει τη μέγιστη ηλεκτρική δυναμική ενέργεια.



Εικόνα 2.8-45. Ηλεκτρικό κύκλωμα.

Το φορτίο παίρνει την ενέργεια W από την πηγή, την αποδίδει στο κύκλωμα και επιστρέφει στον αρνητικό πόλο για να επαναληφθεί η διαδικασία.

Όπως γνωρίζουμε η ενέργεια W είναι ανάλογο του φορτίου q . Το πηλίκο της ενέργειας W προς το φορτίο q είναι ένα μέγεθος, που χαρακτηρίζει την πηγή και ονομάζεται **ηλεκτρεγερτική δύναμη της πηγής (ΗΕΔ)**.

$$\mathcal{E} = \frac{W}{q} \quad (22)$$

Η μονάδα της ΗΕΔ στο S.I. είναι το:

$$1 \frac{\text{J}}{\text{C}} = 1\text{V} \quad \text{ή} \quad \left(1 \frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}} = 1 \text{ Volt}\right)$$

Ηλεκτρεγερτική δύναμη \mathcal{E} μιας πηγής εκφράζει την ενέργεια ανά μονάδα ηλεκτρικού φορτίου που προσφέρει η πηγή στο κύκλωμα.

Ο όρος ηλεκτρεγερτική δύναμη δεν είναι ικανοποιητικός, γιατί η ΗΕΔ δεν είναι δύναμη, αλλά, όπως φαίνεται από τη προηγούμενη σχέση, έχει μονάδα μέτρησης ίδια με τη διαφορά δυναμικού.

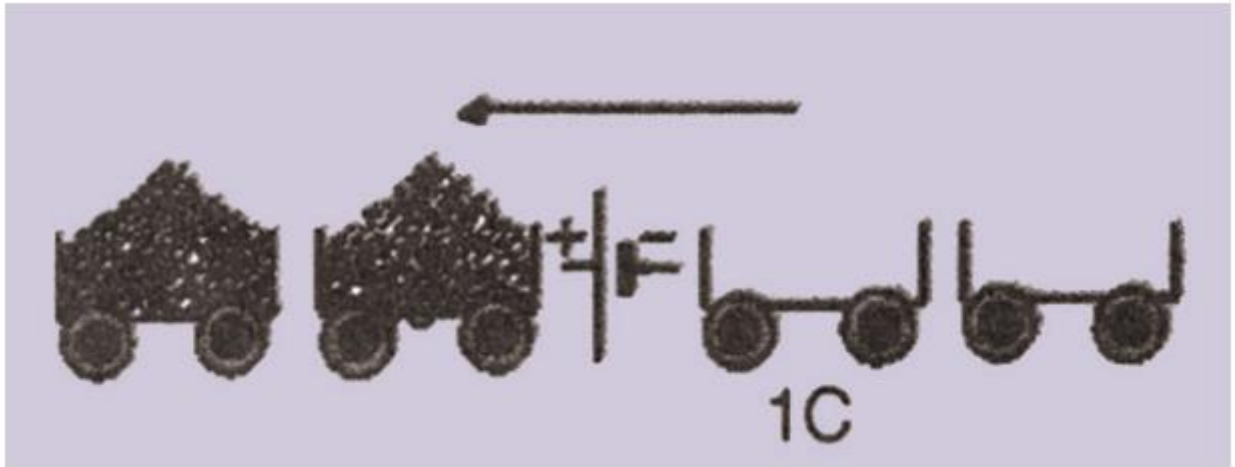
Αν διαιρέσουμε αριθμητή και παρονομαστή της σχέσης (22) με το χρόνο t , έχουμε:

$$\mathcal{E} = \frac{W}{q} \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{W/t}{q/t} \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{P}{I}$$

Έτσι, η ηλεκτρεγερτική δύναμη \mathcal{E} μιας πηγής δίνεται και από το πηλίκο της ισχύος P , που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα, προς την ένταση του ρεύματος I που διαρρέει το κύκλωμα. Δηλαδή:

$$\mathcal{E} = \frac{P}{I} \quad (23)$$

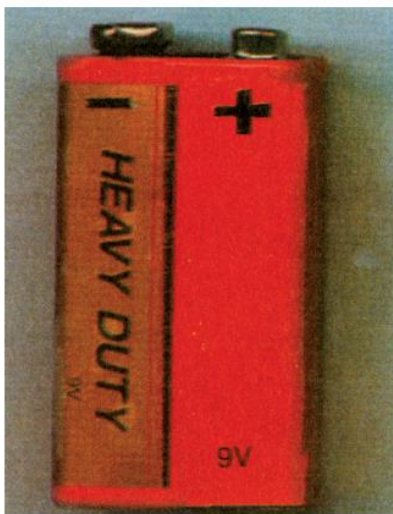
Η ηλεκτρική πηγή είναι ουσιαστικά ένας ενεργειακός μετατροπέας, δηλαδή μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια, μιας άλλης μορφής ενέργεια, που μπορεί να είναι χημική, μηχανική, θερμική, ακτινοβολίας. Στην εικ.46 κάθε βαγονάκι παριστάνει φορτίο 1C. Η ηλεκτρική πηγή δεν παράγει ηλεκτρικό φορτίο, αλλά αποδίδει σε κάθε 1C ορισμένη ποσότητα ενέργειας, που καθορίζεται από την ΗΕΔ της. Αν π.χ. η πηγή έχει ΗΕΔ 3V, τότε σε κάθε 1C αποδίδει ενέργεια 3J.



Εικόνα 3.1-46.

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη εκφράζει την ενέργεια ανά μονάδα ηλεκτρικού φορτίου που προσφέρει πηγή στο κύκλωμα..

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη μιας πηγής αναγράφεται στο περίβλημά της (εικ.47).



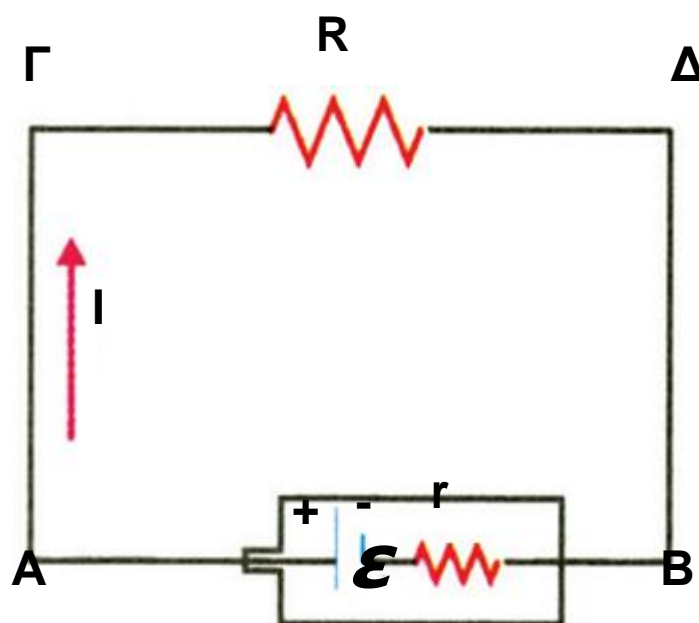
Εικόνα 2.8-47. Μπαταρία.

Εσωτερική αντίσταση πηγής

Όταν μια ηλεκτρική πηγή διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, διαπιστώνουμε ότι θερμαίνεται. Η θερμότητα που αναπτύσσεται μέσα στην πηγή, οφείλεται στην

αντίσταση, που αυτή παρεμβάλλει. Η αντίσταση αυτή αποτελεί χαρακτηριστικό μέγεθος της πηγής και ονομάζεται εσωτερική αντίσταση της πηγής και συμβολίζεται με r . Η εσωτερική αντίσταση της πηγής εκφράζει τη δυσκολία, που συναντά το ηλεκτρικό ρεύμα, όταν διέρχεται μέσα από την πηγή.

2.9. Νόμος του Ohm για κλειστό κύκλωμα



Εικόνα 2.9-48. Κλειστό κύκλωμα με πηγή και αντιστάτη.

Σε ένα κλειστό κύκλωμα (εικ. 48) υπάρχει γεννήτρια, που έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη \mathcal{E} και εσωτερική αντίσταση r . Το εξωτερικό κύκλωμα αποτελείται από μια αντίσταση R . Οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται για τη συνδεσμολογία έχουν ασήμαντη αντίσταση. Το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα έντασης I .

Σε χρονικό διάστημα t , η πηγή δίνει ενέργεια:

$$W = P \cdot t \Rightarrow W = \mathcal{E} \cdot I \cdot t$$

η οποία μετατρέπεται σε θερμότητα

στην αντίσταση R : $Q_R = I^2 \cdot R \cdot t$ και

στην αντίσταση r : $Q_r = I^2 \cdot r \cdot t$

Από την αρχή διατήρησης της ενέργειας έχουμε:

$$W = Q_R + Q_r \Rightarrow \mathcal{E} \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t + I^2 \cdot r \cdot t$$

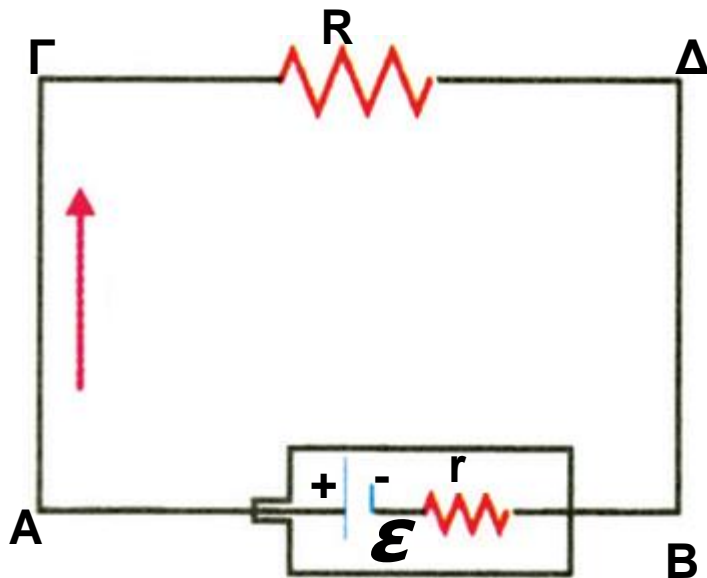
$$\mathcal{E} = I \cdot R + I \cdot r \Rightarrow \mathcal{E} = I (R + r) \Rightarrow \mathcal{E} = I R_{ολ}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{ολ}}$$

Η τελευταία σχέση αποτελεί τη μαθηματική έκφραση του νόμου του Ohm για κλειστό κύκλωμα, και διατυπώνεται ως εξής:

Σε κλειστό κύκλωμα, που αποτελείται από ηλεκτρική πηγή και ωμικές αντιστάσεις, η ένταση του ρεύματος I που διαρρέει το κύκλωμα είναι ίση με το πηλίκο της ΗΕΔ της πηγής \mathcal{E} προς την ολική αντίσταση $R_{ολ}$ του κυκλώματος.

Τάση στους πόλους πηγής (πολική τάση)



Εικόνα 2.9-49. Κλειστό κύκλωμα με πηγή και αντιστάτη.

Θεωρούμε το κύκλωμα της εικ. 49. Επειδή οι αγωγοί της συνδεσμολογίας ΑΓ και ΒΔ έχουν ασήμαντη αντίσταση, τα άκρα Γ και Δ της αντίστασης R έχουν το ίδιο δυναμικό με τους πόλους Α και Β της πηγής αντίστοιχα, δηλαδή

$$V_A = V_\Gamma \quad \text{και} \quad V_B = V_\Delta$$

$$\text{Άρα:} \quad V_A - V_B = V_\Gamma - V_\Delta$$

Η τάση στα άκρα της πηγής $V_A - V_B$ λέγεται **πολική τάση της πηγής** και συμβολίζεται με V_π .

$$\text{Επομένως:} \quad V_\pi = V_R$$

δηλαδή η τάση στους πόλους της πηγής είναι ίση με την τάση στα άκρα της αντίστασης R.

Είναι όμως: $V_R = I \cdot R$ (από το νόμο του Ohm για τμήμα αγωγού).

$$\text{Άρα:} \quad V_\pi = I \cdot R$$

Από την αρχή διατήρησης της ενέργειας έχουμε:

$$W = Q_R + Q_r \Rightarrow \mathbf{\epsilon \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t + I^2 \cdot r \cdot t}$$

$$\mathcal{E} = I \cdot R + I \cdot r \Rightarrow \mathcal{E} = V_{\pi} + I \cdot r \Rightarrow$$

$$\mathbf{V_{\pi} = \mathcal{E} - I \cdot r} \quad (25)$$

Παρατηρούμε ότι σ' αυτό το κλειστό κύκλωμα η τάση V_{π} στους πόλους της πηγής είναι ίση με την ηλεκτρεγερτική δύναμη \mathcal{E} της πηγής ελαττωμένη κατά τον παράγοντα $I r$, που λέγεται πτώση τάσης μέσα στην πηγή.

Αν το κύκλωμα είναι ανοιχτό, τότε η πηγή δε διαρρέεται από ρεύμα, δηλαδή είναι $I = 0$.

$$\text{Άρα: } \mathbf{V_{\pi} = \mathcal{E} - I \cdot r} \xrightarrow{I=0} \mathbf{V_{\pi} = \mathcal{E}}$$

Έτσι, μπορούμε να πούμε ότι:

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη \mathcal{E} της πηγής είναι ίση με την τάση V_{π} στους πόλους της πηγής, όταν η πηγή δε διαρρέεται από ρεύμα ($I = 0$).

Αν η πηγή είναι ιδανική, τότε έχει αμελητέα εσωτερική αντίσταση, δηλαδή είναι $r = 0$.

$$\text{Άρα: } \mathbf{V_{\pi} = \mathcal{E} - I \cdot r} \xrightarrow{r=0} \mathbf{V_{\pi} = \mathcal{E}}$$

Έτσι μπορούμε να πούμε ότι:

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη \mathcal{E} της πηγής είναι ίση με την τάση V_{π} στους πόλους της πηγής, όταν η πηγή είναι ιδανική ($r = 0$).

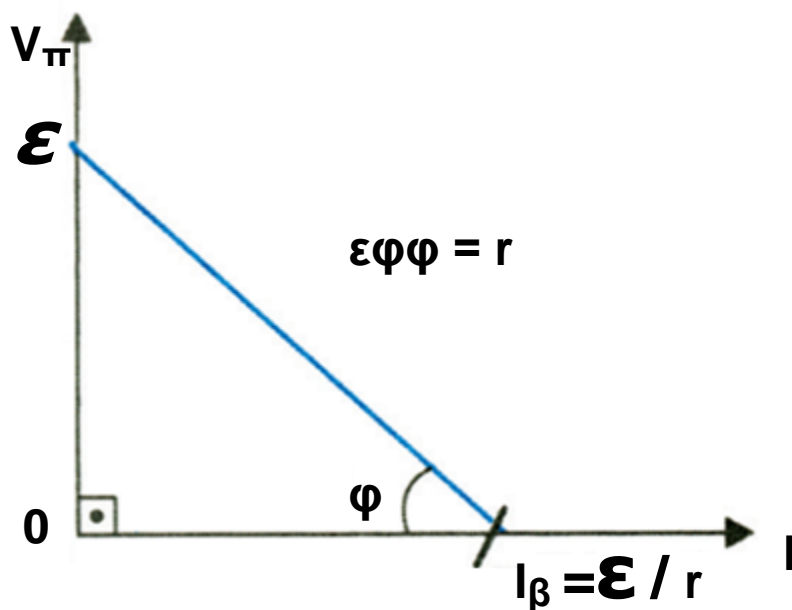
Αν συνδέσουμε τους πόλους της πηγής με αγωγό αμελητέας αντίστασης, δηλαδή $R = 0$, τότε λέμε ότι η πηγή είναι βραχυκυκλωμένη.

Από το νόμο του Ohm για κλειστό κύκλωμα έχουμε:

$$I = \frac{E}{R_{ολ}} \Rightarrow I = \frac{E}{R} + r \Rightarrow I_{\beta} = \frac{E}{r}$$

Το ρεύμα αυτό είναι το μέγιστο που μπορεί να διαρρέει την πηγή και λέγεται ρεύμα βραχυκύκλωσης.

Από τη σχέση $V_{\pi} = E - Ir$ κατασκευάζουμε τη χαρακτηριστική καμπύλη της πηγής, που φαίνεται στην εικ. 50.



Εικόνα 2.9-50. Χαρακτηριστική καμπύλη πηγής.

Παράδειγμα 12

Δύο αντιστάσεις $R_1 = 5\Omega$ και $R_2 = 3\Omega$ συνδέονται σε σειρά και τα άκρα του συστήματος συνδέονται με γεννήτρια ΗΕΔ $\mathcal{E} = 10V$ και εσωτερικής αντίστασης $r = 2\Omega$. Να βρεθούν:

α) η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα

β) η τάση στους πόλους της γεννήτριας και η τάση στα άκρα της R_1 και της R_2 .

γ) η ισχύς της πηγής και η ισχύς που αποδίδει η πηγή στο εξωτερικό κύκλωμα.

Λύση

α) Η ένταση I του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{ολ}} \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{r + R_1 + R_2} \Rightarrow I = 1A$$

β) Η τάση στους πόλους της γεννήτριας είναι:

$$V_{\pi} = \mathcal{E} - I \cdot r \Rightarrow V_{\pi} = 10V - 1A \cdot 2\Omega \Rightarrow V_{\pi} = 8V$$

Η τάση στα άκρα της R_1 είναι:

$$V_1 = IR_1 \Rightarrow V_1 = 1A \cdot 5\Omega \Rightarrow V_1 = 5V$$

Η τάση στα άκρα της R_2 είναι:

$$V_2 = IR_2 \Rightarrow V_2 = 1A \cdot 3\Omega \Rightarrow V_2 = 3V$$

γ) Η ισχύς της πηγής είναι:

$$P_{πηγ} = \mathcal{E} I \Rightarrow P_{πηγ} = 10W$$

Η ισχύς που αποδίδει η πηγή στο εξωτερικό κύκλωμα είναι:

$$P_{εξ} = I^2 (R_1 + R_2) \Rightarrow P_{εξ} = 8W$$

$$(\text{ ή } P_{\varepsilon\xi} = P_{\text{πηγ}} - P_r = \varepsilon I - I^2 r \Rightarrow P_{\varepsilon\xi} = 8W)$$

2.10. Αποδέκτες

Αποδέκτες είναι οι συσκευές στις οποίες η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται κατά το μεγαλύτερο μέρος της σε ενέργεια άλλης μορφής διαφορετικής από θερμότητα.

Για παράδειγμα, ο ανεμιστήρας ως αποδέκτης μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική (το μεγαλύτερο μέρος) και σε θερμότητα (το μικρότερο μέρος).

Συντελεστής απόδοσης αποδέκτη ονομάζεται το πηλίκο της ωφέλιμης ισχύος (που δίνει ο αποδέκτης), προς τη δαπανώμενη ισχύ (που δίνουμε στον αποδέκτη). Δηλαδή:

$$\alpha = \frac{P_{\omega\varphi}}{P_{\delta\alpha\pi\tau}} \quad (26)$$

Απόδοση αποδέκτη ονομάζεται το:

$$\alpha\% = \alpha \cdot 100\% = \frac{P_{\omega\varphi}}{P_{\delta\alpha\pi\tau}} \cdot 100\% \quad (27)$$

Παράδειγμα 13

Η δαπανώμενη ηλεκτρική ισχύς σ' έναν ανεμιστήρα είναι $P_{\delta\alpha\pi\tau} = 200W$ και η ωφέλιμη μηχανική ισχύς είναι $P_{\omega\varphi} = 160W$. Να βρεθεί ο συντελεστής απόδοσης και η απόδοση του ανεμιστήρα.

Λύση

Ο συντελεστής απόδοσης είναι:

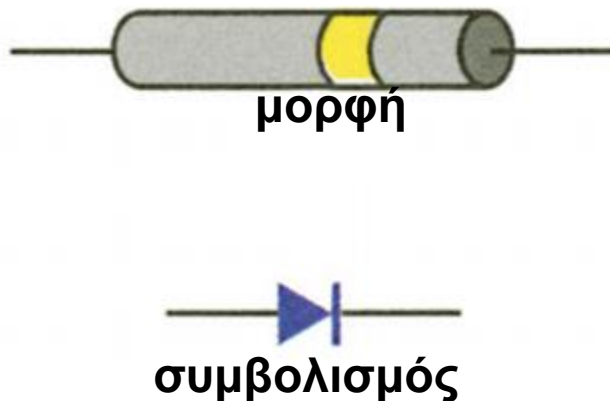
$$\alpha = \frac{P_{\omega\varphi}}{P_{\delta\alpha\pi\tau}} \Rightarrow \alpha = \frac{160}{200} \Rightarrow \alpha = 0,8$$

και η απόδοση είναι:

$$\alpha(\%) = 0,8 \cdot 100\% = 80\%$$

2.11. Δίοδος

Ένα βασικό εξάρτημα που χρησιμοποιείται στην τηλεόραση, στο ραδιόφωνο, στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και σε άλλα ηλεκτρονικά κυκλώματα είναι η **δίοδος**.



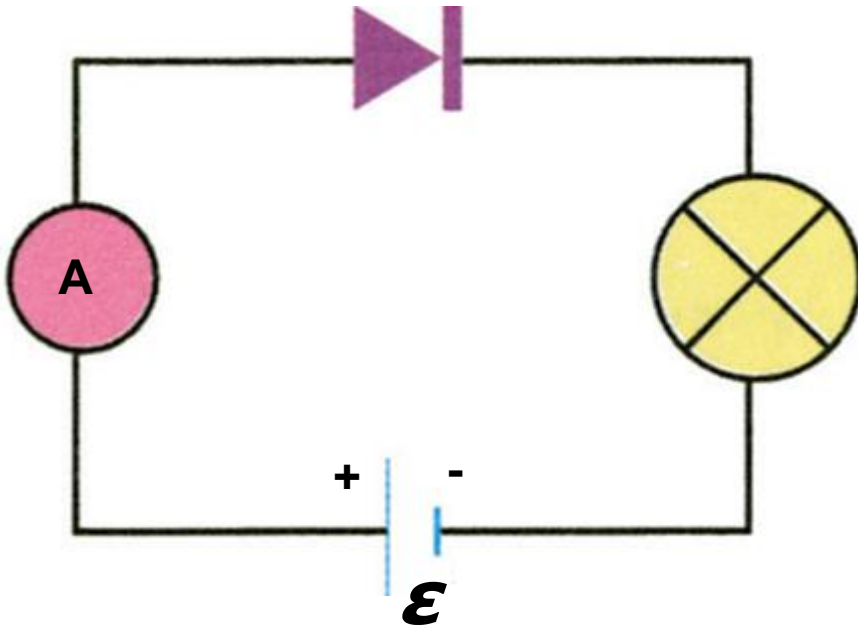
Εικόνα 2.11-51. Μορφή και συμβολισμός διόδου.

Στην εικ. 51 φαίνεται η μορφή της και ο συμβολισμός της. Αποτελείται από δύο διαφορετικούς ημιαγωγούς που βρίσκονται σε επαφή. Το χαρακτηριστικό της είναι ότι:

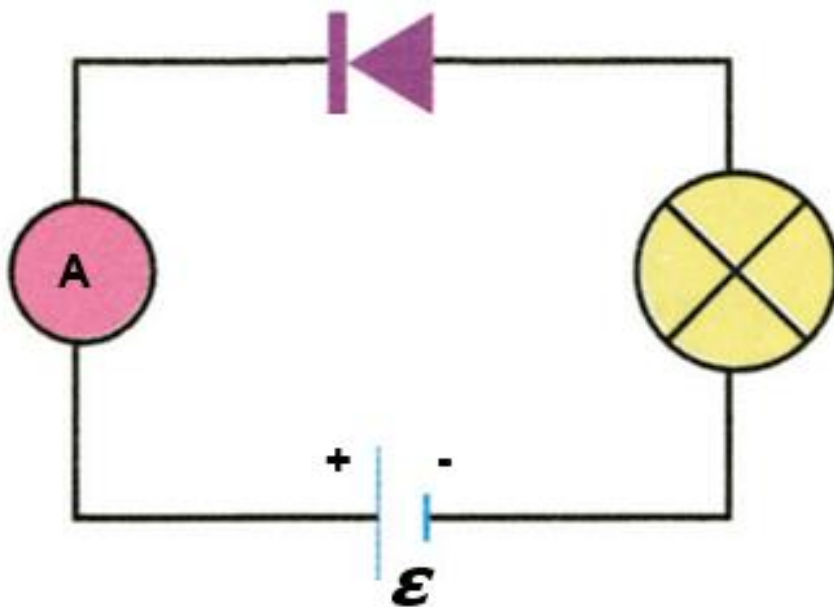
α) Η δίοδος είναι καλός αγωγός (άγει εύκολα), όταν η τάση στα άκρα της έχει συγκεκριμένη πολικότητα. Η τάση αυτή λέγεται **τάση ορθής φοράς** και λέμε ότι η δίοδος είναι **ορθά πολωμένη**. Στην εικόνα 52 η δίοδος είναι **ορθά πολωμένη** και άγει. Ο λαμπτήρας φωτοβολεί.

β) Η δίοδος είναι κακός αγωγός (δεν άγει σχεδόν καθόλου), όταν η τάση στα άκρα της έχει αντίθετη πολικότητα από την προηγούμενη. Η τάση αυτή λέγεται

ανάστροφη τάση και λέμε ότι η δίοδος είναι ανάστροφα πολωμένη. Στην εικόνα 53 η δίοδος είναι ανάστροφα πολωμένη και δεν άγει. Ο λαμπτήρας δε φωτοβολεί.



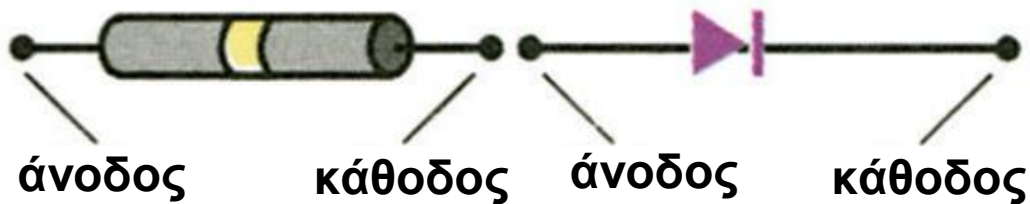
Εικόνα 2.11-52.
Δίοδος ορθά πολωμένη.



Εικόνα 2.11-53.
Δίοδος ανάστροφα πολωμένη.

Όταν η δίοδος είναι ορθά πολωμένη, το άκρο της διόδου που συνδέεται με το θετικό πόλο μιας πηγής λέγεται **άνοδος** και το άλλο άκρο λέγεται **κάθοδος** (εικ.

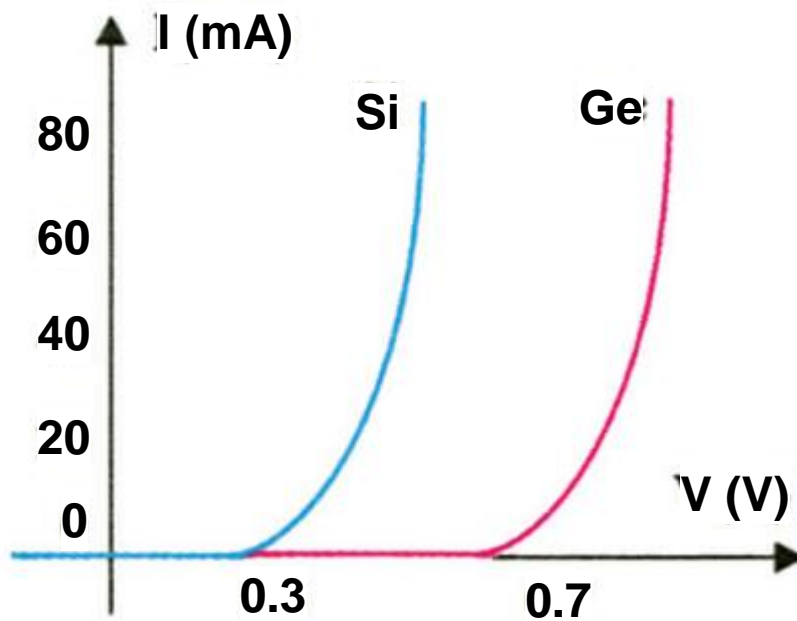
54). Στις διόδους με κυλινδρικό περίβλημα, μια ταινία διαφορετικού χρώματος από το χρώμα του περιβλήματος χρησιμοποιείται για να δείξει την κάθοδο.



Εικόνα 2.11-54. Άνοδος και κάθοδος διόδου

Οι διόδοι μπορούν να καταστραφούν εύκολα όταν διαρρέονται από μεγάλες εντάσεις ηλεκτρικού ρεύματος. Γι' αυτό τοποθετούνται στα κυκλώματα συνδεδεμένες με κατάλληλη αντίσταση σε σειρά.

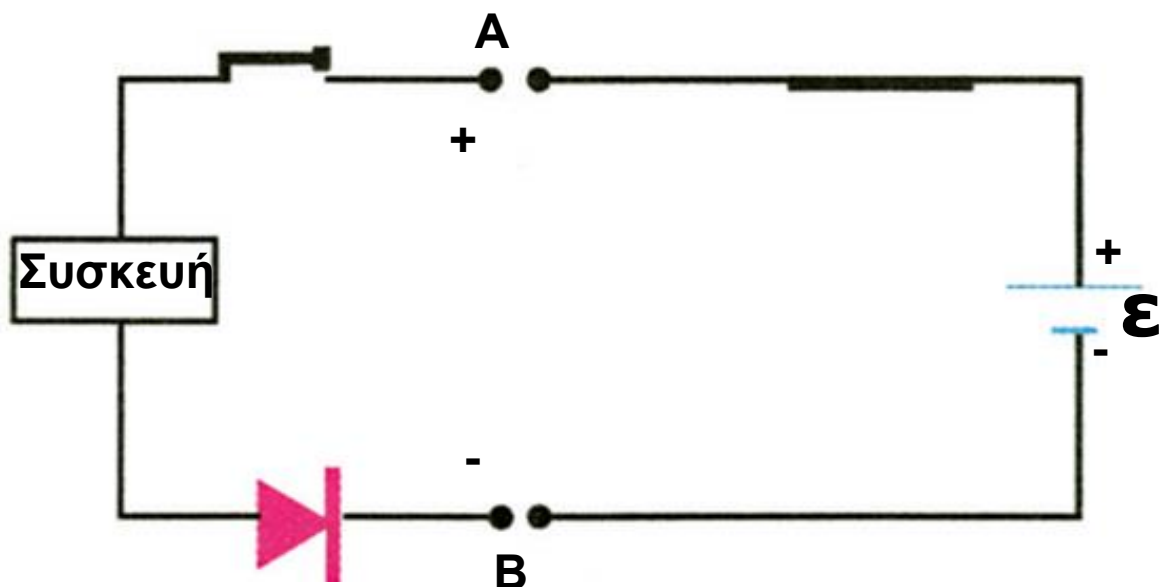
Οι χαρακτηριστικές καμπύλες μιας διόδου πυριτίου (Si) και μιας διόδου γερμανίου (Ge) φαίνονται στην εικ. 55. Από αυτές φαίνεται ότι, όταν η διάδος είναι ανάστροφα πολωμένη δε διαρρέεται από ρεύμα. Η διάδος Si άγει, όταν η εφαρμοζόμενη τάση είναι μεγαλύτερη από 0,3V και η διάδος Ge άγει, όταν η εφαρμοζόμενη τάση είναι μεγαλύτερη από 0,7V. Επίσης, φαίνεται ότι, όταν οι διόδοι Si και Ge άγουν, η πτώση τάσης στα άκρα τους παραμένει σταθερή και περίπου ίση με 0,3V και 0,7V αντίστοιχα.



Εικόνα 2.11-55. Χαρακτηριστικές καμπύλες διόδων Si και Ge.

Εφαρμογές της διόδου

α) Προστασία συσκευής από λανθασμένη σύνδεση

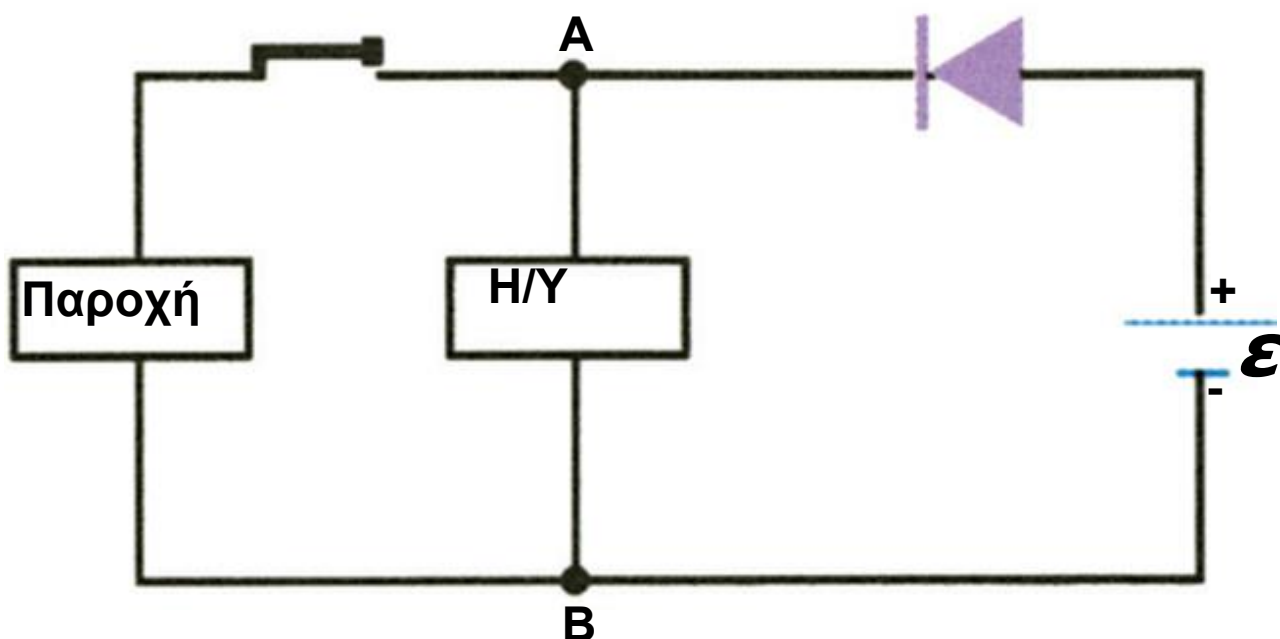


Εικόνα 2.11-56. Η διάδος προστατεύει τη συσκευή από λανθασμένη σύνδεση.

Η δίοδος χρησιμοποιείται για να προστατεύσει μια συσκευή από λανθασμένη σύνδεση της πηγής. Στο κύκλωμα της εικόνας 56 ο θετικός πόλος της πηγής πρέπει να συνδεθεί στο A και ο αρνητικός στο B. Αν κατά λάθος η πηγή συνδεθεί ανάποδα, τότε το κύκλωμα δε διαρρέεται από ρεύμα και δεν καταστρέφεται η συσκευή.

β) Προστασία συσκευής από «διακοπή ρεύματος»

Το κύκλωμα της εικόνας 57 χρησιμοποιείται για την προστασία ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή από τη διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος.



Εικόνα 2.11-57.

Η δίοδος προστατεύει τη συσκευή από «διακοπή ρεύματος».

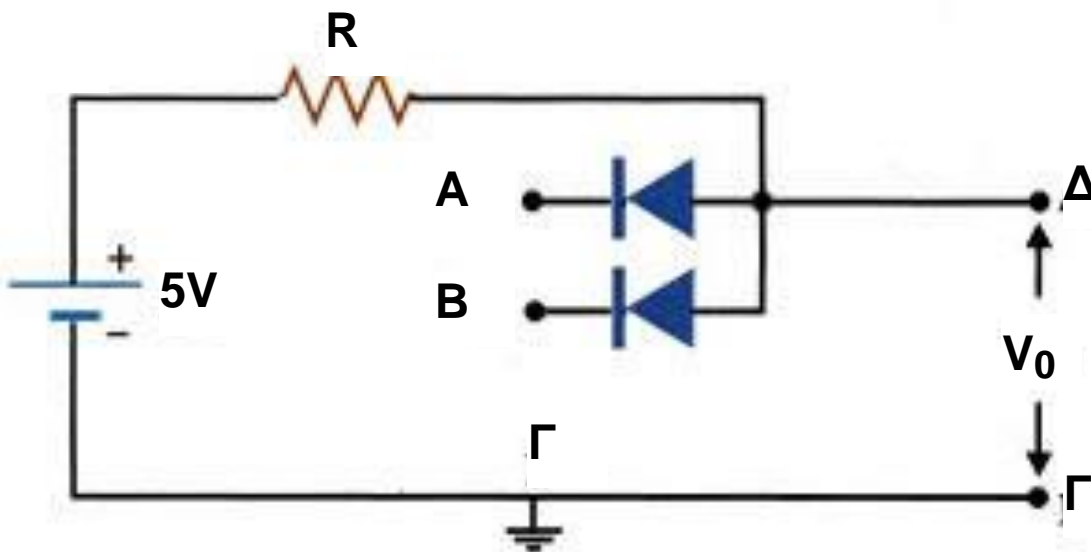
Όταν υπάρχει παροχή, λειτουργεί το αριστερό κύκλωμα κάνοντας εξοικονόμηση της μπαταρίας. Αν συμβεί διακοπή της παροχής, τότε λειτουργεί το δεξί κύκλωμα και η μπαταρία τροφοδοτεί τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

γ) Η πύλη AND

Η πύλη AND (εικ. 58) είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα με δύο εισόδους (ΑΓ και ΒΓ) και μια έξοδο (ΔΓ). Χρησιμοποιείται, όταν θέλουμε να υπάρχει τάση (π.χ. $V_0 = 5V$) στην έξοδο ΔΓ, εφόσον υπάρχει τάση (π.χ. μεγαλύτερη από $V_0 = 5V$) και στην είσοδο ΑΓ και στην είσοδο ΒΓ.

Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να κάνουμε τον έλεγχο άλλων κυκλωμάτων.

Λειτουργία της πύλης AND



Εικόνα 2.11-58. Πύλη AND.

ι) Στο κύκλωμα της εικόνας 58 η πηγή τροφοδοσίας είναι 5V. Αν οι τάσεις $V_{ΑΓ}$ και $V_{ΒΓ}$ είναι μεγαλύτερες ή ίσες από 5V, τότε οι δύο διαίοδοι δεν άγουν. Άρα, και τα δύο άκρα του αντιστάτη R έχουν το ίδιο δυναμικό, οπότε η τάση εξόδου είναι $V_{ΔΓ} = V_0 = 5V$.

ii) Αν η τάση $V_{\Delta\Gamma}$ είναι μεγαλύτερη ή ίση από 5V και η τάση $V_{B\Gamma} = 0$ (το B είναι αγώγιμα συνδεδεμένο με το Γ), τότε η δίοδος A δεν άγει, ενώ η δίοδος B άγει. Αν οι δίοδοι είναι από πυρίτιο (Si), η τάση στα άκρα της διόδου B είναι 0,7V, δηλαδή περίπου 0V. Έτσι, η τάση εξόδου είναι $V_{\Delta\Gamma} = V_0 = 0V$.

iii) Παρόμοια, αν η τάση $V_{B\Gamma}$ είναι μεγαλύτερη ή ίση από 5V και η τάση $V_{\Delta\Gamma} = 0$ (το A είναι αγώγιμα συνδεδεμένο με το Γ), η τάση εξόδου $V_{\Delta\Gamma}$ είναι $V_{\Delta\Gamma} = V_0 = 0V$.

iv) Παρόμοια, αν οι τάσεις $V_{\Delta\Gamma} = 0$ και $V_{B\Gamma} = 0$ (και το A και το B είναι αγώγιμα συνδεδεμένα με το Γ), η τάση εξόδου είναι $V_{\Delta\Gamma} = V_0 = 0V$.

Πίνακας αληθείας για την πράξη AND

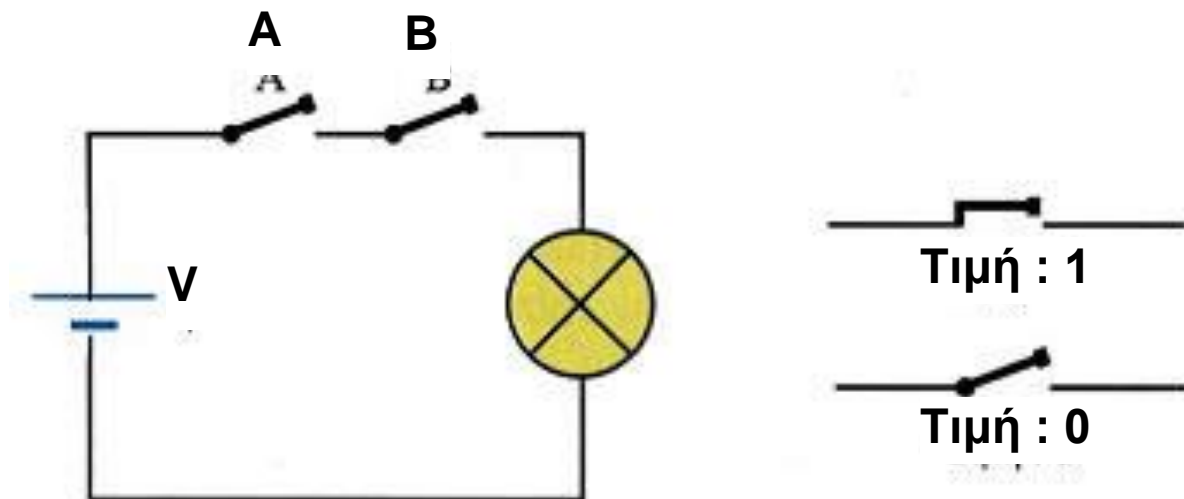
Αν αντιστοιχίσουμε τάση 0V στο 0 και τάση μεγαλύτερη ή ίση από 5V στο 1, κατασκευάζουμε τον παρακάτω πίνακα, που λέγεται πίνακας αληθείας για την πράξη AND.

A	B	Γ
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Από αυτόν φαίνεται ότι η τάση εξόδου είναι μεγαλύτερη ή ίση από 5V ($\Gamma = 1$), αν και η τάση $V_{\Delta\Gamma}$ και

η τάση $V_{B\Gamma}$ είναι μεγαλύτερες ή ίσες από $5V$ ($A = 1$ και $B = 1$).

Τον ίδιο πίνακα έχουμε και για το κύκλωμα της εικόνας 59, όπου, για να ανάψει η λάμπα ($\Gamma = 1$), πρέπει και ο διακόπτης A να είναι κλειστός ($A = 1$) και ο διακόπτης B να είναι κλειστός ($B = 1$).



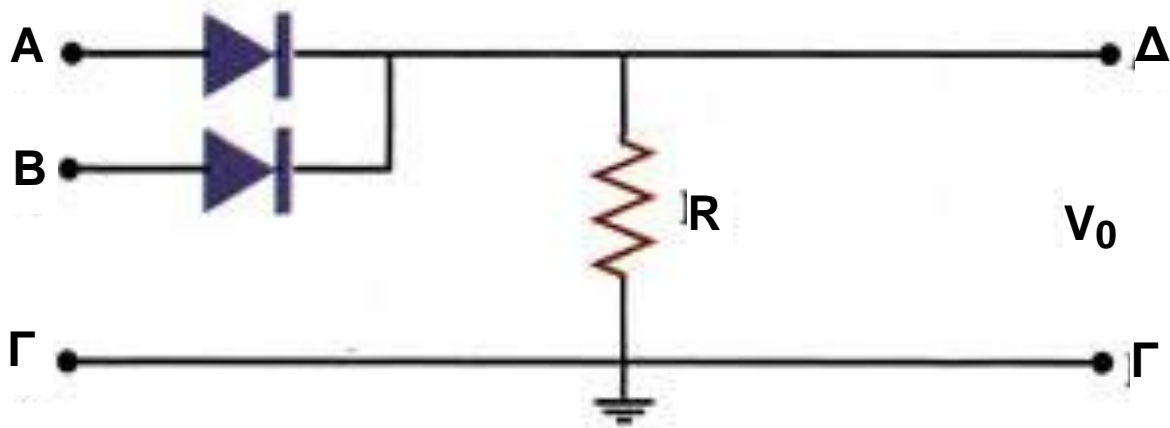
Εικόνα 2.11-59.

Ισοδύναμο κύκλωμα πράξης AND.

δ) Η πύλη OR

Η πύλη OR (εικ. 60) είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα με δύο εισόδους ($A\Gamma$ και $B\Gamma$) και μια έξοδο ($\Delta\Gamma$).

Χρησιμοποιείται, όταν θέλουμε να υπάρχει τάση στην έξοδο $\Delta\Gamma$, εφόσον υπάρχει τάση ή στην είσοδο $A\Gamma$ ή στην είσοδο $B\Gamma$. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να κάνουμε τον έλεγχο άλλων κυκλωμάτων.



Εικόνα 2.11-60. Πύλη OR.

Λειτουργία της πύλης OR

i) Στο κύκλωμα της εικόνας 60, αν οι τάσεις είναι $V_{\Delta\Gamma} = 0$ και $V_{B\Gamma} = 0$ (και το A και το B είναι αγώγιμα συνδεδεμένα με το Γ), τότε δεν υπάρχει ρεύμα. Άρα, η τάση εξόδου είναι $V_{\Delta\Gamma} = V_0 = 0 \text{ V}$.

ii) Αν η τάση $V_{\Delta\Gamma}$ είναι θετική (π.χ. 5 V) και η τάση $V_{B\Gamma} = 0$ η διόδος A άγει, ενώ η διόδος B δεν άγει. Αν οι διόδοι είναι από πυρίτιο (Si), η τάση στα άκρα της διόδου A είναι 0,7V. Άρα, η τάση εξόδου είναι $V_{\Delta\Gamma} = V_0 = 4,3\text{V}$. Θεωρώντας την τάση της διόδου A περίπου μηδέν, η τάση εξόδου είναι $V_{\Delta\Gamma} = V_0 = 5\text{V}$.

iii) Παρόμοια, αν η τάση $V_{\Delta\Gamma} = 0$ (το A είναι αγώγιμα συνδεδεμένο με το Γ) και η τάση $V_{B\Gamma}$ είναι θετική (π.χ. 5V), τότε $V_{\Delta\Gamma} = V_0 = 5\text{V}$.

iv) Παρόμοια, αν οι τάσεις $V_{\Delta\Gamma}$ και $V_{B\Gamma}$ είναι θετικές (π.χ. 5V), τότε $V_{\Delta\Gamma} = V_0 = 5\text{V}$.

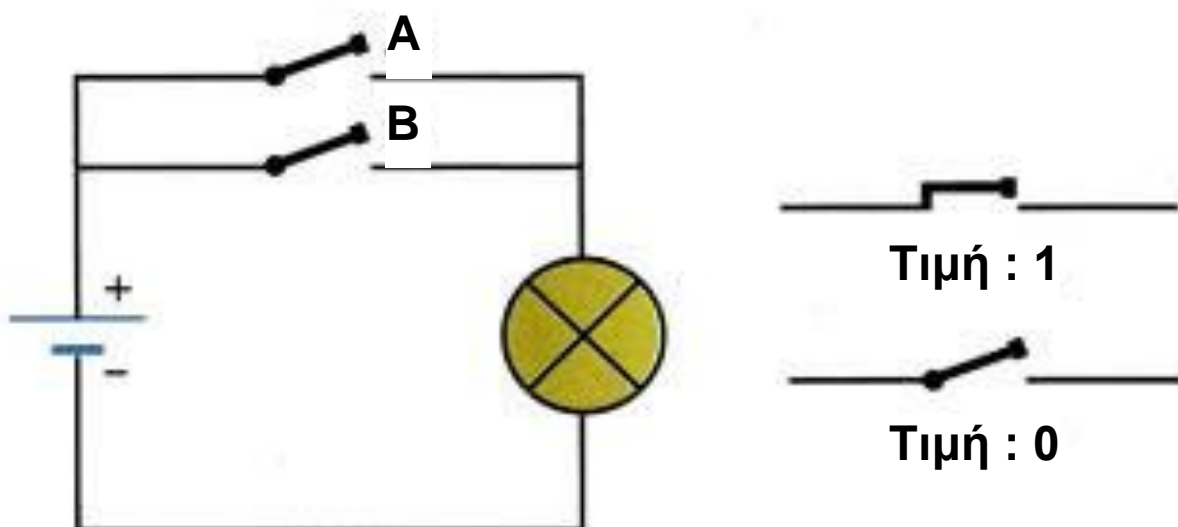
Πίνακας αληθείας για την πράξη OR

Αν αντιστοιχίσουμε τάση 0V στο 0 και την τάση 5V στο 1, κατασκευάζουμε τον παρακάτω πίνακα, που λέγεται πίνακας αληθείας για την πράξη OR.

A	B	Γ
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Από αυτόν φαίνεται ότι η τάση εξόδου είναι θετική ($\Gamma = 1$), αν τουλάχιστον μία από τις τάσεις $V_{A\Gamma}$ και $V_{B\Gamma}$ είναι θετική ($A = 1$ ή $B = 1$ ή $A = 1, B = 1$).

Τον ίδιο πίνακα έχουμε και για το κύκλωμα της εικόνας 61, όπου, για να ανάψει η λάμπα ($\Gamma = 1$) πρέπει τουλάχιστον ένας από τους διακόπτες A και B να είναι κλειστός ($A = 1$ ή $B = 1$ ή $A = 1, B = 1$).



Εικόνα 2.11-61. Ισοδύναμο κύκλωμα πράξης OR.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος

Η ένταση I του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει έναν αγωγό ισούται με το πηλίκο του φορτίου q , που περνά από μια διατομή του αγωγού σε χρόνο t , προς το χρόνο t .

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

Στο S.I. μετριέται σε A (Ampère).

Τάση ή διαφορά δυναμικού

Η αιτία του ηλεκτρικού ρεύματος.

Στο S.I. μετριέται σε V (Volt).

1ος κανόνας του Kirchhoff

Σ' ένα κόμβο το αλγεβρικό άθροισμα των εντάσεων των ρευμάτων ισούται με μηδέν.

$$\Sigma I = 0$$

2ος Κανόνας του Kirchhoff

Σ' ένα βρόχο το αλγεβρικό άθροισμα των διαφορών δυναμικού ισούται με μηδέν.

$$\Sigma(\Delta V) = 0$$

Αντίσταση αγωγού

Η αντίσταση R ενός αγωγού ισούται με το πηλίκο της τάσης V που εφαρμόζεται στα άκρα του προς την ένταση I του ρεύματος που τον διαρρέει.

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

Στο S.I. μετρείται σε Ω (Ohm).

Νόμος του Ohm για αντιστάτη

Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει έναν αντιστάτη (μεταλλικό αγωγό) σταθερής θερμοκρασίας είναι ανάλογη της τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα του.

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

Από τι εξαρτάται η αντίσταση αγωγού

Η αντίσταση R ενός αγωγού που έχει τη μορφή κυλινδρικού σύρματος είναι ανάλογη του μήκους του αγωγού, αντιστρόφως ανάλογη του εμβαδού διατομής του και εξαρτάται από το υλικό και τη θερμοκρασία του.

$$R_{\theta} = \rho_{\theta} \frac{\ell}{S}$$

$$\rho_{\theta} = \rho_0(1 + \alpha\theta)$$

Σύνδεση αντιστάσεων σε σειρά

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

$$V = V_1 + V_2 + \dots$$

$$R = R_1 + R_2 + \dots$$

Σύνδεση αντιστάσεων παράλληλα

$$V = V_1 = V_2 = \dots$$

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

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος

$$W = V \cdot I \cdot t$$

Γενικά: $W = V \cdot I \cdot t$

Σε αντιστάτη: $W = V \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t = \frac{V^2}{R} \cdot t$

Στο S.I. μετριέται σε J (Joule)

Ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος

Η ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος ισούται με το πηλίκο της ηλεκτρικής ενέργειας που προσφέρεται σε χρόνο t , προς το χρόνο t .

$$P = \frac{W}{t}$$

Στο S.I. μετριέται σε W (Watt)

Γενικά: $P = V \cdot I$

Σε αντιστάτη: $P = V \cdot I = I^2 \cdot R = V^2/R$

Νόμος του Joule

Το ποσό θερμότητας που εκλύεται σ' ένα μεταλλικό αγωγό σταθερής θερμοκρασίας είναι ανάλογο του τετραγώνου της έντασης του ρεύματος που τον διαρρέει, ανάλογο της αντίστασής του και ανάλογο του χρόνου διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος.

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

$Q = I^2 \cdot R \cdot t$ (σε Joule)

$Q = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t$ (σε cal)

Ηλεκτρεγερτική δύναμη πηγής (ΗΕΔ)

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη μιας πηγής είναι η ενέργεια ανά μονάδα ηλεκτρικού φορτίου που προσφέρει η πηγή στο κύκλωμα.

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη μιας πηγής ισούται με το πηλίκο της ισχύος που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα, προς την ένταση του ρεύματος που το διαρρέει.

$$\mathcal{E} = \frac{W}{q}$$

$$\mathcal{E} = \frac{P}{I}$$

Στο S.I. μετριέται σε V (Volt).

Νόμος του Ohm για κλειστό κύκλωμα

Σε κλειστό κύκλωμα, που αποτελείται από ηλεκτρική πηγή και ωμικές αντιστάσεις, η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι ίση με το πηλίκο της ΗΕΔ της πηγής προς την ολική αντίσταση του κυκλώματος.

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{ολ}}$$

Πολική τάση πηγής

Η τάση στους πόλους μιας πηγής είναι ίση με την ηλεκτρεγερτική δύναμη της πηγής μείον την πτώση τάσης μέσα στην πηγή.

$$V_{\pi} = \mathcal{E} - I \cdot r$$

Δίοδος

Ορθά πολωμένη: Καλός αγωγός.

Ανάστροφα πολωμένη: Κακός αγωγός

Πίνακας αληθείας της πράξης AND

A	B	Γ
0	0	0

0	1	0
1	0	0
1	1	1

$\Gamma = 1$ αν και $A = 1$ και $B = 1$

Πίνακας αληθείας της πράξης OR

A	B	Γ
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

$\Gamma = 1$ αν ή $A = 1$ ή $B = 1$ ή $A = 1, B = 1$

Στρατηγική επίλυσης προβλημάτων

A. Μεθοδολογία για ασκήσεις με συνδεσμολογία αντιστάσεων

Βρίσκουμε ομάδες αντιστάσεων (δύο ή περισσότερες) που συνδέονται μεταξύ τους, είτε σε σειρά, είτε παράλληλα. Βρίσκουμε την ισοδύναμη αντίσταση της ομάδας αυτών των αντιστάσεων και σχεδιάζουμε το νέο κύκλωμα. Προχωράμε μέχρι να καταλήξουμε σε μια αντίσταση, την $R_{ολ}$.

Αν δύο ή περισσότερες αντιστάσεις συνδέονται σε σειρά, πρέπει να βρούμε την ένταση του ρεύματος που τις διαρρέει, ενώ αν δύο ή περισσότερες αντιστάσεις συνδέονται παράλληλα, πρέπει να βρούμε την κοινή τους τάση.

B. Μεθοδολογία για επίλυση κυκλώματος με τους κανόνες Kirchhoff

1. Σε κάθε κλάδο του κυκλώματος σημειώνουμε αυθαίρετα μια φορά έντασης ρεύματος. Ο αριθμός των ρευμάτων ισούται με τον αριθμό των κλάδων, έστω λ .

2. Αν στο κύκλωμα υπάρχουν κ κόμβοι εφαρμόζουμε τον 1ο κανόνα Kirchhoff ($\kappa - 1$) φορές και τον 2ο κανόνα Kirchhoff $\lambda - (\kappa - 1) = \lambda - \kappa + 1$ φορές.

Αν κινούμενοι κατά τη φορά διαγραφής που διαλέξαμε, συναντάμε πρώτα τον αρνητικό πόλο της γεννήτριας, στην Η.Ε.Δ. της γεννήτριας θέτουμε πρόσημο θετικό, ενώ θέτουμε πρόσημο αρνητικό στην αντίθετη περίπτωση.

Αν κινούμενοι κατά τη φορά διαγραφής που διαλέξαμε, συναντάμε αντίσταση και κινούμαστε

ομόρροπα με το ρεύμα, στο γινόμενο IR θέτουμε πρόσημο αρνητικό, ενώ θέτουμε πρόσημο θετικό στην αντίθετη περίπτωση.

3. Λύνουμε το σύστημα των λ εξισώσεων που προκύπτει. Αν κατά τη λύση, κάποια τιμή έντασης ρεύματος προκύψει αρνητική, αυτό σημαίνει ότι η φορά, που σημειώσαμε αρχικά, είναι αντίθετη της πραγματικής.

Γ. Μεθοδολογία για εύρεση διαφοράς δυναμικού μεταξύ δύο σημείων

Για να βρούμε τη διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων A, B εφαρμόζουμε τη σχέση:

$$V_A + \Sigma(\Delta V) = V_B \quad (1)$$

Ξεκινάμε από το σημείο A και «πηγαίνουμε» στο σημείο B .

Προσοχή: Πριν εφαρμόσουμε τη σχέση (1) πρέπει να έχουμε επιλύσει το κύκλωμα και να έχουμε σημειώσει τις σωστές φορές των ρευμάτων.

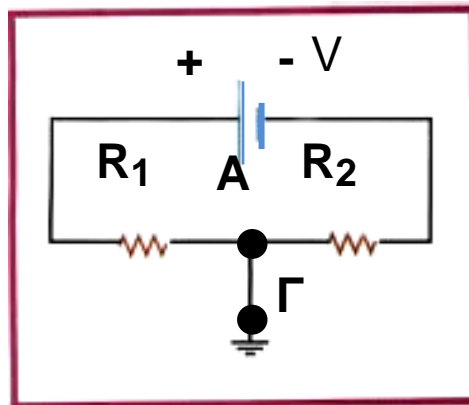
Δ. Μεθοδολογία για ασκήσεις με πυκνωτές σε κύκλωμα συνεχούς ρεύματος

Σε κύκλωμα συνεχούς ρεύματος, όταν ο πυκνωτής είναι φορτισμένος δε διαρρέεται από ρεύμα, επομένως λειτουργεί ως ανοικτός διακόπτης. Για να βρούμε το φορτίο του πυκνωτή:

1. Επιλύουμε το κύκλωμα, δηλαδή βρίσκουμε τις εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν κάθε αντίσταση.

2. Βρίσκουμε τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων, που ο πυκνωτής συνδέεται στο κύκλωμα.

3. Βρίσκουμε το φορτίο του πυκνωτή από τη σχέση $q = C \cdot V$.



Ε. Μεθοδολογία για ασκήσεις με γειώσεις

Η σύνδεση ενός σημείου ενός κυκλώματος με τη γη ονομάζεται γείωση.

α) Στο κύκλωμα έχουμε μια γείωση.

1. Το σημείο του κυκλώματος που γειώνεται (π.χ. το Α) αποκτά δυναμικό μηδέν.

2. Ο κλάδος της γείωσης π.χ. ο ΑΓ δε διαρρέεται από ρεύμα, αφού δεν αποτελεί τμήμα κλειστού κυκλώματος.

3. Η μία γείωση δε μεταβάλλει τις εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν το κύκλωμα, ούτε τις διαφορές δυναμικού (ο ΑΓ δε διαρρέεται από ρεύμα). Τα δυναμικά όμως των διαφόρων σημείων εξαρτώνται από το σημείο της γείωσης.

β) Στο κύκλωμα έχουμε δύο ή περισσότερες γειώσεις.

Οι γειώσεις κλείνουν κύκλωμα μέσω της γης, δεδομένου ότι η γη θεωρείται αγωγός με αμελητέα αντίσταση. Έτσι, αν έχουμε δύο ή περισσότερες γειώσεις, τις συνδέουμε με τον αγωγό και αφήνουμε μια γείωση. Οι δύο γειώσεις, γενικά, μεταβάλλουν το κύκλωμα και τις εντάσεις των ρευμάτων που το διαρρέουν.

ΣΤ. Μεθοδολογία για ασκήσεις με κινητήρες

1. Όταν ένας κινητήρας είναι συνδεδεμένος στο κύκλωμα και δε στρέφεται, τότε συμμετέχει στο κύκλωμα μόνο με την εσωτερική του αντίσταση r' . Ο νόμος του Ohm για κλειστό κύκλωμα ισχύει και γράφεται ως εξής:

$$\varepsilon = I \cdot R_{ολ} = I(R + r + r') \quad (1)$$

όπου I η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα, όταν ο κινητήρας δε στρέφεται.

2. Όταν ο κινητήρας στρέφεται, τότε αποδίδει μηχανική ισχύ $P_{μηχ}$. Αν $P_{ηλ}$ η ισχύς που προσφέρεται στον κινητήρα, $P_{μηχ}$ η μηχανική ισχύς που αποδίδει ο κινητήρας και $P_{θ}$ η θερμική ισχύς στον κινητήρα, ισχύει:

$$P_{ηλ} = P_{μηχ} + P_{θ} \Rightarrow VI = P_{μηχ} + I^2 r'$$

Ο συντελεστής απόδοσης του κινητήρα είναι:

$$(2) \quad \alpha = \frac{P_{ωφ}}{P_{δαπ}} = \frac{P_{μηχ}}{VI}$$

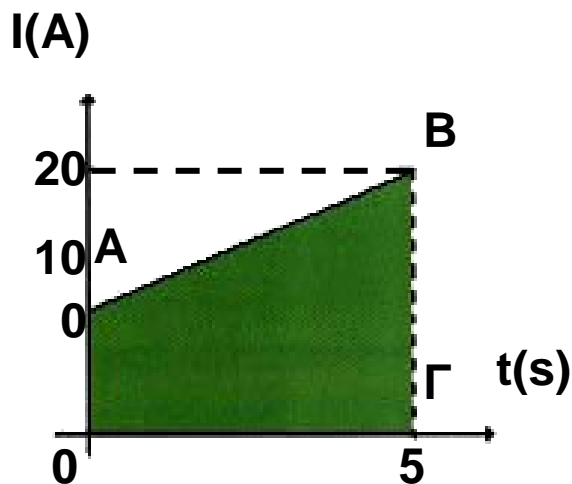
Λυμένα προβλήματα

Πρόβλημα 1

Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει έναν αγωγό δίνεται από τη σχέση $I = 10 + 2t$ (t σε s , I σε A).

α) Να γίνει η γραφική παράσταση $I = f(t)$.

β) Να βρείτε το φορτίο που περνά από μια διατομή του αγωγού σε χρόνο $5 s$.



Λύση

α) Η εξίσωση $I = f(t)$ είναι εξίσωση πρώτου βαθμού ως προς t . Επομένως, η γραφική της παράσταση είναι ευθεία.

Για $t = 0$ είναι $I = 10A$.

Για $t = 5s$ είναι $I = (10 + 2 \cdot 5)A = 20A$.

Η γραφική της παράσταση φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

β) Η ένταση I του ρεύματος δεν είναι σταθερή. Επομένως, δε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη

σχέση $q = I \cdot t$. Το φορτίο q που περνά από μια διατομή του αγωγού από $t = 0$ ως $t = 5\text{s}$ είναι ίσο αριθμητικά με το γραμμοσκιασμένο εμβαδό στη γρ. παράσταση $I = f(t)$.

$$\text{Άρα: } q = \frac{1}{2} (10+20)5 \rightarrow q = 75\text{C}$$

Πρόβλημα 2

Δύο αντιστάσεις $R_1 = 6\Omega$ και $R_2 = 3\Omega$ συνδέονται παράλληλα. Σε σειρά με το συνδυασμό των αντιστάσεων συνδέεται αντίσταση $R_3 = 10\Omega$ και παράλληλα με το σύστημα των τριών πρώτων αντιστάσεων συνδέεται αντίσταση $R_4 = 4\Omega$. Στα άκρα της συνδεσμολογίας εφαρμόζεται τάση $V = 36\text{V}$. Να βρεθούν:

α) Η ισοδύναμη αντίσταση της συνδεσμολογίας.

β) Η τάση στα άκρα κάθε αντίστασης, η ένταση του ρεύματος που διαρρέει κάθε αντίσταση και η ένταση που διαρρέει την πηγή τροφοδοσίας.

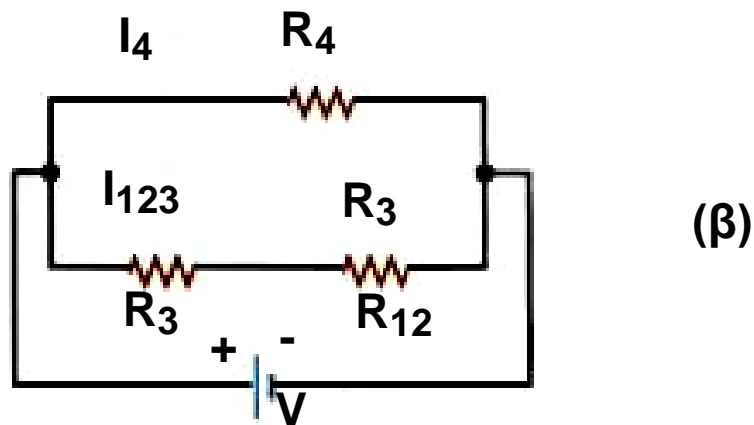
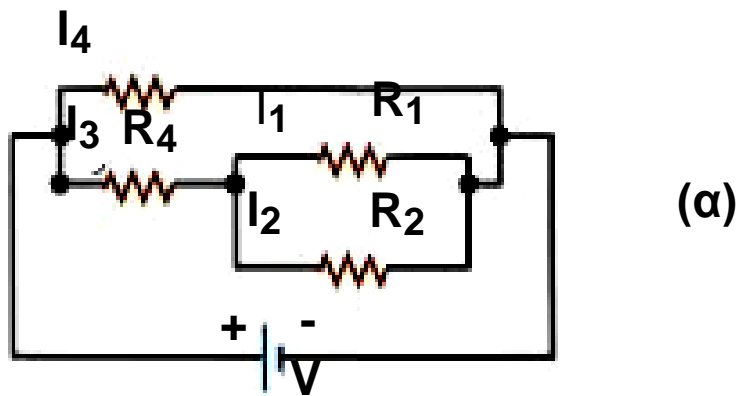
Λύση

α) Οι αντιστάσεις R_1 και R_2 συνδέονται παράλληλα (σχ. α). Η ισοδύναμη αντίσταση R_{12} δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow 2\Omega$$

Οι αντιστάσεις R_{12} και R_3 συνδέονται σε σειρά (σχ. β). Η ισοδύναμη αντίσταση R_{123} είναι:

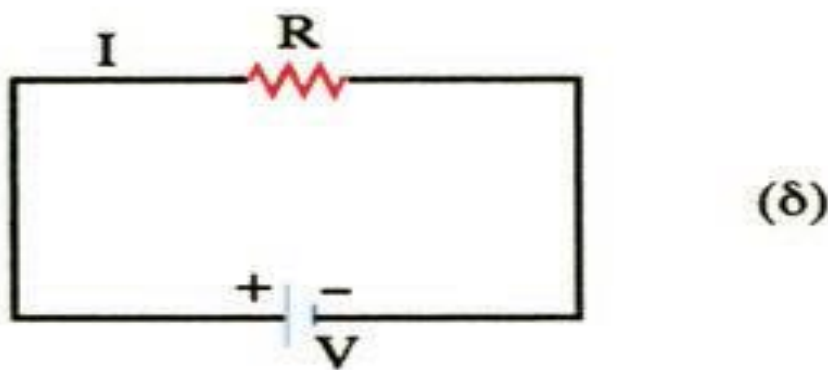
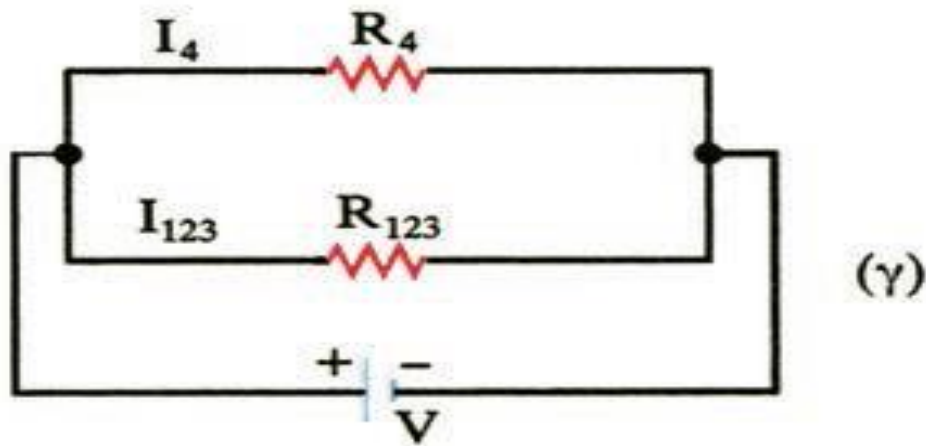
$$R_{123} = R_{12} + R_3 \Rightarrow R_{123} = 12\Omega$$



Οι αντιστάσεις R_{123} και R_4 συνδέονται παράλληλα (σχ. γ), οπότε η ισοδύναμη αντίσταση R δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{123}} + \frac{1}{R_4} \Rightarrow R = \frac{R_{123} R_4}{R_{123} + R_4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R = 3\Omega$$



β) Η ένταση I του ρεύματος που διαρρέει την πηγή τροφοδοσίας και την ισοδύναμη αντίσταση R υπολογίζεται με τη βοήθεια του νόμου του Ohm στο κύκλωμα (δ).

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I = \frac{36}{3} \text{ A} = 12 \text{ A}$$

Οι αντιστάσεις R_{123} και R_4 έχουν κοινή τάση, που είναι ίση με την τάση τροφοδοσίας V . Από το νόμο του Ohm υπολογίζουμε τις εντάσεις I_4 και I_{123} (σχ. γ):

$$I_4 = \frac{V_4}{R_4} = \frac{V}{R_4} \rightarrow I_4 = \frac{36}{4} \text{ A} = 9 \text{ A}$$

και

$$I_{123} = \frac{V_{123}}{R_{123}} = \frac{V}{R_{123}} \Rightarrow I_{123} = \frac{36}{12} \text{A} = 3 \text{A}$$

Οι αντιστάσεις R_3 και R_{12} συνδέονται σε σειρά, οπότε διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα, που είναι ίσο με το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση R_{123} (σχ. β).

Δηλαδή:

$$I_{123} = I_{12} = I_3 = 3 \text{A}$$

Εφαρμόζοντας το νόμο του Ohm για τις αντιστάσεις R_3 και R_{12} βρίσκουμε:

$$I_3 = \frac{V_3}{R_3} \Rightarrow V_3 = I_3 R_3 \Rightarrow \\ \Rightarrow V_3 = 3 \cdot 10 \text{V} \Rightarrow V_3 = 30 \text{V}$$

και

$$I_{12} = \frac{V_{12}}{R_{12}} \rightarrow V_{12} = I_{12} R_{12} \rightarrow \\ \rightarrow V_{12} = 3 \cdot 2 \text{V} \rightarrow V_{12} = 6 \text{V}$$

Οι αντιστάσεις R_1 και R_2 συνδέονται παράλληλα, οπότε έχουν κοινή τάση, που είναι ίση με την τάση V_{12} (σχ. α):

$$V_1 = V_2 = V_{12} = 6 \text{V}$$

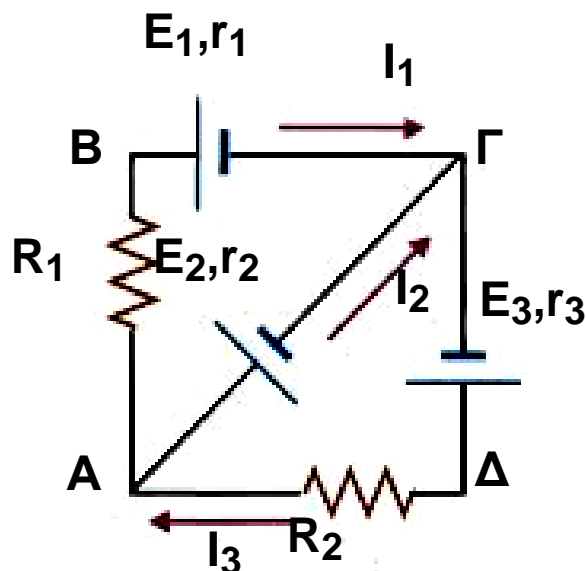
Εφαρμόζοντας το νόμο του Ohm για τις αντιστάσεις R_1 και R_2 βρίσκουμε:

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} \rightarrow I_1 = \frac{6}{6} \text{ A} \rightarrow I_1 = 1 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} \rightarrow I_2 = \frac{6}{3} \text{ A} \rightarrow I_2 = 2 \text{ A}$$

Πρόβλημα 3

Δίνεται το διπλανό κύκλωμα. Οι τιμές των ΗΕΔ και των εσωτερικών αντιστάσεων των πηγών είναι $\mathcal{E}_1 = 1\text{V}$, $\mathcal{E}_2 = 2\text{V}$, $\mathcal{E}_3 = 3\text{V}$ και $r_1 = 1\Omega$, $r_2 = 0,5\Omega$, $r_3 = 0,33\Omega$. Οι τιμές των αντιστάσεων R_1 , R_2 είναι $R_1 = 1\Omega$ και $R_2 = 0,33\Omega$. Να βρεθούν τα ρεύματα που διαρρέουν κάθε κλάδο του κυκλώματος και η διαφορά δυναμικού $V_{\text{ΑΓ}}$.



Λύση

α) Βρίσκουμε τους κόμβους και τους κλάδους στο κύκλωμα. Έχουμε τους κόμβους Α και Γ και τους κλάδους ΑΒΓ, ΑΓ και ΑΔΓ.

1) Σε κάθε κλάδο του κυκλώματος σημειώνουμε αυθαίρετα μια φορά έντασης ρεύματος.

2) Εφαρμόζουμε τον 1ο κανόνα του Kirchhoff για τον κόμβο Α. Έχουμε:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad (1)$$

3) Εφαρμόζουμε το 2ο κανόνα του Kirchhoff στους βρόχους ΑΒΓΑ και ΑΒΔΑ. Για το βρόχο ΓΒΑΓ:

$$\mathcal{E}_1 + I_1 r_1 + I_1 R_1 - \mathcal{E}_2 - I_2 r_2 = 0 \quad (2)$$

Για το βρόχο ΑΓΔΑ:

$$-\mathcal{E}_2 - I_2 r_2 + \mathcal{E}_3 - I_3 r_3 - I_3 R_2 = 0 \quad (3)$$

Λύνουμε το σύστημα των εξισώσεων (1), (2), (3) οπότε προκύπτουν οι τιμές:

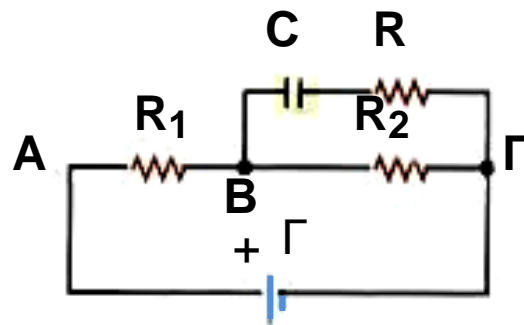
$$I_1 = \frac{5}{8} \text{A}, \quad I_2 = 0,5 \text{A}, \quad I_3 = \frac{8}{9} \text{A}$$

Οι τρεις εντάσεις είναι θετικές. Αυτό σημαίνει ότι οι φορείς που εκλέξαμε αυθαίρετα αρχικά είναι οι σωστές,

β) Η διαφορά δυναμικού $V_{ΑΓ}$ βρίσκεται ως εξής:

$$\begin{aligned} V_A - \mathcal{E}_2 - I_2 r_2 &= V_\Gamma \Rightarrow V_A - V_\Gamma = \mathcal{E}_2 + I_2 r_2 \Rightarrow \\ \Rightarrow V_A - V_\Gamma &= 2\text{V} + 0,5\text{A} \cdot 0,5\Omega \Rightarrow V_{ΑΓ} = 2,25\text{V} \end{aligned}$$

Στο κύκλωμα του διπλανού σχήματος δίνονται $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, $V = 10V$ και $C = 1\mu F$. Να βρεθεί το φορτίο του πυκνωτή.



Λύση

Σε κύκλωμα συνεχούς ρεύματος, ο πυκνωτής λειτουργεί ως διακόπτης. Επομένως, το ρεύμα I δε διακλαδίζεται στο σημείο B, διαρρέει τις R_1 και R_2 που συνδέονται σε σειρά, ενώ η R δε διαρρέεται από ρεύμα. Από το νόμο του Ohm έχουμε:

$$I = \frac{V}{R_{ολ}} \Rightarrow I = \frac{V}{R_1 + R_2} \Rightarrow I = 2A$$

Η τάση V_C στα άκρα του πυκνωτή είναι

$$V_C = V_{B\Gamma} = IR_2 \Rightarrow V_C = 6V$$

$$\text{Άρα } q = CV_C \Rightarrow q = 6\mu Cb.$$

Πρόβλημα 5

Γεννήτρια με ΗΕΔ $E = 100V$ και εσωτερική αντίσταση $r = 2\Omega$ συνδέεται μέσω αντίστασης $R = 5\Omega$ με κινητήρα εσωτερικής αντίστασης $r' = 3\Omega$. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα, όταν ο κινητήρας στρέφεται είναι $I = 5A$.

α) Να βρεθεί η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα, όταν ο κινητήρας δε στρέφεται.

β) Όταν ο κινητήρας στρέφεται, να βρεθούν:

- 1. η ισχύς που παρέχει η γεννήτρια**
- 2. η ισχύς που προσφέρεται στον κινητήρα**
- 3. η θερμική ισχύς στον κινητήρα και στο κύκλωμα**
- 4. η μηχανική ισχύς του κινητήρα**

γ) Να βρεθεί ο συντελεστής απόδοσης του κινητήρα.

Λύση

α) Όταν ο κινητήρας δε στρέφεται, συμμετέχει στο κύκλωμα ως ωμική αντίσταση. Από το νόμο του Ohm έχουμε:

$$E = I_1 R_{ολ} \Rightarrow E = I_1 (R + r + r') \Rightarrow I_1 = 10A \quad (1)$$

β) 1. Η ισχύς που παρέχει η γεννήτρια είναι:

$$P_{γεν} = EI = 500W$$

2. Η ισχύς που προσφέρεται στον κινητήρα είναι:

$$P_K = V \cdot I = [E - I(R + r)]I \Rightarrow P_K = 325W$$

3. Η θερμική ισχύς στον κινητήρα είναι:

$$P_{\theta,κιν} = I^2 r' = 75W$$

Η θερμική ισχύς στο κύκλωμα είναι:

$$P_{\theta,ολ} = I^2 R_{ολ} = I^2 (r + r' + R) = 250W$$

4. Η μηχανική ισχύς του κινητήρα βρίσκεται ως εξής:

$$P_{γεν} = P_{\theta,ολ} + P_{μηχ} \Rightarrow P_{μηχ} = 500W - 250W = 250W$$

$$(ή P_K = P_{μηχ} + P_{\theta,κ} \Rightarrow P_{μηχ} = P_K - P_{\theta,κ} = 325W - 75W =$$

250W)

γ) Ο συντελεστής απόδοσης του κινητήρα είναι:

$$\alpha = \frac{P_{\omega\phi}}{R_{\delta\alpha\pi\tau}} \quad \alpha = \frac{P_{\mu\eta\chi}}{P_{\kappa}}$$
$$\alpha = \frac{250\text{W}}{325\text{W}} = \frac{10}{13}$$

Ερωτήσεις - Δραστηριότητες

1. Σημειώστε με (X) τη σωστή απάντηση.

Ένα μηχανικό ανάλογο της ηλεκτρικής πηγής είναι:

α) ο άνθρωπος που δημιουργεί ροή σφαιριδίων σε σωλήνα

β) η αντλία

γ) η διαφορά πίεσης

δ) η ροή υγρού μέσα σε σωλήνα

2. Σημειώστε με (X) τη σωστή απάντηση. Αν ένα χάλκινο σύρμα διπλωθεί στα δυο, τότε η ειδική του αντίσταση:

α) παραμένει σταθερή

β) διπλασιάζεται

γ) υποδιπλασιάζεται

δ) υποτετραπλασιάζεται

3. Σημειώστε με (X) τη σωστή απάντηση. Ο νόμος του Ohm για αντιστάτη ισχύει όταν:

α) η τάση του είναι σταθερή

β) η θερμοκρασία του είναι σταθερή

γ) ο θερμικός συντελεστής αντίστασης είναι σταθερός

δ) η θερμοκρασία αυξάνεται

4. Σημειώστε με (X) τη σωστή απάντηση. Αν μειώσουμε την αντίσταση μιας ηλεκτρικής θερμάστρας, τότε η ισχύς της:

α) μειώνεται

β) αυξάνεται

γ) παραμένει σταθερή

δ) μηδενίζεται

5. Σημειώστε με (X) τη σωστή απάντηση.

Αν η τάση στα άκρα μιας αντίστασης διπλασιάζεται, τότε η θερμότητα που εκλύεται στον ίδιο χρόνο, μεταβάλλεται:

α) 100%

β) 200%

γ) 300%

δ) 400%

6. Να σημειώσετε (Σ) στις σωστές και (Λ) στις λανθασμένες προτάσεις.

α) Η πραγματική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος είναι η φορά κίνησης των ελευθέρων ηλεκτρονίων

β) Η ηλεκτρική πηγή παράγει ηλεκτρικά φορτία

γ) Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος δίνεται από τον τύπο $I = q.t$ και στο S.I. μετριέται σε A

δ) Η ταχύτητα διολίσθησης ισούται με την ταχύτητα του φωτός

7. Να σημειώστε (Σ) στις σωστές και (Λ) στις λανθασμένες προτάσεις.

α) Το βολτόμετρο έχει μεγαλύτερη αντίσταση από το αμπερόμετρο

β) Ο 1ος κανόνας του Kirchhoff είναι συνέπεια της αρχής διατήρησης της ενέργειας

γ) Το βολτόμετρο συνδέεται στο κύκλωμα παράλληλα, ενώ το αμπερόμετρο σε σειρά

δ) Ο 2ος Κανόνας του Kirchhoff είναι συνέπεια της αρχής διατήρησης του φορτίου

8. Να σημειώσετε (Σ) στις σωστές και (Λ) στις λανθασμένες προτάσεις.

α) Οι όροι «αντιστάτης» και «αντίσταση» ταυτίζονται

β) Η αντίσταση ενός αγωγού εξαρτάται από τη θερμοκρασία του

γ) Η ειδική αντίσταση εξαρτάται από τα γεωμετρικά στοιχεία του αγωγού

δ) Ένας αντιστάτης έχει αντίσταση 10Ω

9. Να κάνετε τις αντιστοιχίσεις μεταξύ των φυσικών μεγεθών και των μονάδων μέτρησης.

- | | | |
|-----------------|---|--------|
| 1) φορτίο q | • | • α) W |
| 2) ένταση I | • | • β) C |
| 3) τάση V | • | • γ) J |
| 4) ενέργεια W | • | • δ) A |
| 5) ισχύς P | • | • ε) V |

6) ΗΕΔ Ε •

10. Να σημειώσετε (Σ) στις σωστές και (Λ) στις λανθασμένες προτάσεις:

α) Η μεταβλητή αντίσταση μπορεί να λειτουργήσει και ως ποτενσιόμετρο και ως ροοστάτης

β) Το ποτενσιόμετρο είναι ρυθμιστής τάσης

γ) Ο ροοστάτης είναι ρυθμιστής ηλεκτρικού ρεύματος

δ) Στο ροοστάτη όλη η μεταβλητή αντίσταση διαρρέεται από ρεύμα

11. Ποια αντίσταση είναι μεγαλύτερη, της ηλεκτρικής κουζίνας ή του ηλεκτρικού λαμπτήρα φωτισμού; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

12. Ένας αντιστάτης διαρρέεται από ρεύμα. Να σημειώσετε (Σ) στις σωστές και (Λ) στις λανθασμένες προτάσεις.

α) $R = \frac{l}{V}$

β) $P = V \cdot I$

γ) $P = \frac{V \cdot I}{t}$

δ) $W = V \cdot I \cdot t$

13. Μια ηλεκτρική θερμάστρα διαρρέεται από ρεύμα. Να σημειώσετε (Σ) στις σωστές και (Λ) στις λανθασμένες προτάσεις.

α) το ποσό θερμότητας που εκλύει η θερμάστρα στο περιβάλλον ισούται με το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που απορροφά

β) το ποσό θερμότητας που εκλύει η θερμάστρα στο περιβάλλον είναι ανάλογο με την ένταση του ρεύματος που τη διαρρέει

γ) η ισχύς της θερμάστρας είναι ανάλογη της αντίστασης της

14. Μια ηλεκτρική κουζίνα αναγράφει τα στοιχεία “2KW, 220V». Ποια τιμή πρέπει να έχει η ασφάλειά της, αν στο εμπόριο υπάρχουν ασφάλειες 1,2,4,6,8,10,15,25,35A; Σημειώστε με X τη σωστή απάντηση.

α) 1A

β) 6A

γ) 10A

δ) 25A

15. Να κάνετε τις αντιστοιχίσεις μεταξύ των μεγεθών και των τύπων που αναφέρονται σ' έναν αντιστάτη:

- | | | |
|-------------|---|-------------------|
| 1) τάση | • | α) VI |
| 2) ένταση | • | β) $I^2R\Delta t$ |
| 3) ενέργεια | • | γ) V/I |
| 4) ισχύς | • | δ) V/R |
| | • | ε) $I \cdot R$. |

16. Οι λάμπες του σπιτιού μας συνδέονται σε σειρά ή παράλληλα; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

17. Δύο αντιστάσεις συνδέονται σε σειρά
Να σημειώσετε (Σ) στις σωστές και (Λ) στις
λανθασμένες προτάσεις.

α) $R_{ολ} = R_1 + R_2$

β) $V = V_1 \cdot V_2$

γ) $I = I_1 + I_2$

δ) $V = V_1 + V_2$

18. Δύο αντιστάσεις συνδέονται παράλληλα. Να
συμπληρώσετε (Σ) στις σωστές και (Λ) στις
λανθασμένες προτάσεις.

α) $R_{ολ} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

β) $V = V_1 \cdot V_2$

γ) $I = I_1 + I_2$

δ) $V = V_1 + V_2$

19. Έχουμε τέσσερις ίδιους αντιστάτες με αντιστάσεις
10Ω. Πώς πρέπει να τους συνδέσουμε, ώστε η ολική
αντίσταση της συνδεσμολογίας να είναι:

α) 40Ω

β) 2,5Ω

γ) 10Ω

δ) 25Ω

20. Σημειώστε με (X) τη σωστή απάντηση. Τα
χαρακτηριστικά μιας ηλεκτρικής πηγής είναι:

α) η ηλεκτρεγερτική δύναμη και η ισχύς

β) η ηλεκτρεγερτική δύναμη και η πολική τάση

γ) η πολική τάση και η εσωτερική αντίσταση

δ) η ηλεκτρεγερτική δύναμη και η εσωτερική αντίσταση

21. Σημειώστε με (X) τη σωστή απάντηση:
Ηλεκτρική πηγή με ΗΕΔ 10V συνδέεται με εξωτερική αντίσταση 8Ω, οπότε η πολική τάση της είναι 8V. Η εσωτερική της αντίσταση είναι:

α) 1Ω

β) 2Ω

γ) 3Ω

δ) 4Ω

22. Να σημειώσετε (Σ) στις σωστές και (Λ) στις λανθασμένες προτάσεις.

α) Όταν μια ηλεκτρική πηγή συνδέεται σε ηλεκτρικό κύκλωμα έχουμε παραγωγή ενέργειας από το μηδέν

β) Η τιμή της ΗΕΔ μιας ηλεκτρικής πηγής εξαρτάται από τα στοιχεία του κυκλώματος, που τροφοδοτεί

γ) Το γινόμενο $E \cdot I$ δίνει την ισχύ της πηγής

δ) Μέσα από την πηγή
διέρχονται ηλεκτρικά φορτία

23. Να σημειώσετε (Σ) στις σωστές και (Λ) στις λανθασμένες προτάσεις. Η πολική τάση μιας πηγής είναι ίση με την ΗΕΔ της πηγής, όταν:

α) Η πηγή δε διαρρέεται
από ρεύμα

β) Η εσωτερική αντίσταση
της πηγής είναι αμελητέα

γ) Οι πόλοι της πηγής είναι βραχυκυκλωμένοι

δ) Η πηγή συνδέεται με αμπερόμετρο

24. Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα:

	Ψυγείο	Σίδερο	Τηλεόραση
Τάση(V)	220	220	220
Ένταση (I)			1
Αντίσταση (Ω)		110	
Ισχύς(W)	110		

25. Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα:

	P(W)	P(KW)	t(h)	W (KWh)
Θερμο- σίφωνο	3000		1	
Κουζίνα	2000		1	
Λαμπτήρας	60		1	

Ψυγείο	100		1	
--------	-----	--	---	--

26. Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα:

R	Ω	$\frac{V}{I}$
	A	
		$\frac{W}{q}$
W		

27. Να σημειώσετε με (X) τη σωστή απάντηση. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει έναν αγωγό δίνεται από τη σχέση: $I = 1 + 2 \cdot t$ (S.I.). Το φορτίο που διέρχεται από μια διατομή του αγωγού σε χρόνο $\Delta t = 3s$ είναι:

α) 7C

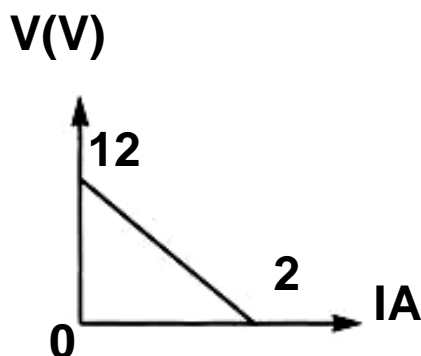
β) 21C

γ) 3C

δ) 12C

28. Διαθέτουμε τέσσερις αντιστάσεις $R_1 = 60\Omega$, $R_2 = 20\Omega$, $R_3 = 20\Omega$ και $R_4 = 35\Omega$. Να βρείτε πώς πρέπει να τις συνδέσουμε για να πετύχουμε ολική αντίσταση $R_{ολ} = 59\Omega$.

29. Η χαρακτηριστική καμπύλη μιας ηλεκτρικής πηγής συνεχούς ρεύματος $V = f(I)$ φαίνεται στη διπλανή εικόνα. Να βρείτε την ηλεκτρεγερτική δύναμη της πηγής και την εσωτερική της αντίσταση.



30. Συμπληρώστε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις.

Τα ελεύθερα ξέφυγαν από την έλξη του και κινούνται προς όλες τις κατευθύνσεις. Τα θετικά ιόντα γύρω από καθορισμένες θέσεις προς όλες τις κατευθύνσεις με πλάτος που με τη θερμοκρασία. Η των μετάλλων οφείλεται στα ελεύθερα ηλεκτρόνια.

31. Συμπληρώστε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις.

Η κίνηση των ελευθέρων ηλεκτρονίων στον αγωγό ονομάζεται ηλεκτρικό ρεύμα. Αιτία είναι η Η φορά κίνησης των ηλεκτρονίων λέγεται φορά του ηλεκτρικού ρεύματος.

32. Συμπληρώστε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις.

Η ένταση του ρεύματος ορίζεται από τον τύπο

..... .

Στο S.I. η ένταση του ρεύματος μετριέται σε

Η ένταση του ρεύματος εκφράζει το

διέλευσης του ηλεκτρικού φορτίου από μια κάθετη διατομή ενός αγωγού.

33. Συμπληρώστε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις.

Ο 1ος κανόνας του Kirchhoff διατυπώνεται ως εξής: Το αλγεβρικό άθροισμα των εντάσεων των ρευμάτων που σ' ένα κόμβο ισούται με το άθροισμα των εντάσεων των ρευμάτων που απ' αυτόν.

Είναι συνέπεια της αρχής διατήρησης του

Ο 2ος κανόνας του Kirchhoff διατυπώνεται ως εξής: Το άθροισμα των διαφορών δυναμικού κατά μήκος μιας διαδρομής σ' ένα κύκλωμα ισούται με

..... .

Είναι συνέπεια της αρχής διατήρησης της

34. Συμπληρώστε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις.

Η αντίσταση ενός αγωγού ορίζεται από τον τύπο

..... . Στο S.I. η μονάδα μέτρησης της αντίστασης είναι το

Η αντίσταση ενός αγωγού εκφράζει τη που συναντά το ηλεκτρικό ρεύμα όταν διέρχεται μέσα από αυτόν.

Ο ίδιος ο μεταλλικός αγωγός λέγεται

Η αντίσταση των μεταλλικών αγωγών οφείλεται στις των ελευθέρων ηλεκτρονίων με τα θετικά ιόντα.

35. Συμπληρώστε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις.

Όταν τρεις αντιστάσεις συνδέονται σε σειρά ισχύουν:

α) $I_{ολ} = \dots\dots\dots$

β) $V_{ολ} = \dots\dots\dots$

γ) $R_{ολ} = \dots\dots\dots$

δ) Η ολική αντίσταση είναι $\dots\dots\dots$ και από τη $\dots\dots\dots$

Όταν τρεις αντιστάσεις συνδέονται παράλληλα ισχύουν.

α) $I_{ολ} = \dots\dots\dots$

β) $V_{ολ} = \dots\dots\dots$

γ) $R_{ολ} = \dots\dots\dots$

δ) Η ολική αντίσταση είναι $\dots\dots\dots$ και από τη $\dots\dots\dots$

36. Συμπληρώστε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις.

Ανάλογα με τον τρόπο που παρεμβάλλεται στο κύκλωμα η ρυθμιστική (μεταβλητή) αντίσταση λειτουργεί είτε ως ρυθμιστής της τάσης και λέγεται $\dots\dots\dots$, είτε ως ρυθμιστής του ηλεκτρικού ρεύματος και λέγεται $\dots\dots\dots$.

37. Συμπληρώστε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις.

Η ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος ορίζεται από τον τύπο $\dots\dots\dots$.

Στο S.I. η μονάδα μέτρησης της ισχύος είναι το $\dots\dots\dots$. Για κάθε συσκευή ισχύει ο τύπος $\dots\dots\dots$. Αν η συσκευή είναι αντιστάτης (ωμική αντίσταση) τότε ισχύουν ακόμη και οι $\dots\dots\dots$ και $\dots\dots\dots$.

I Kw είναι η που «καταναλώνει» μια συσκευή ισχύος I Kw όταν λειτουργήσει

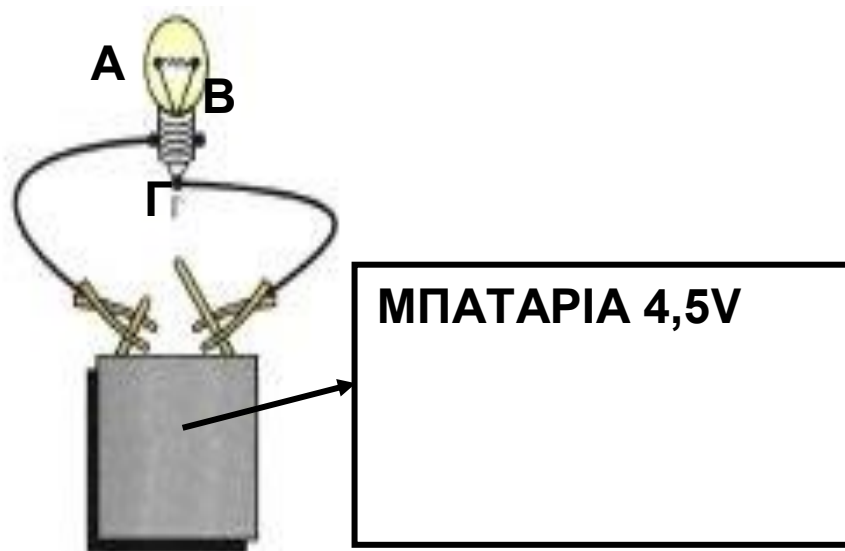
38. Συμπληρώστε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη ϵ μιας πηγής δίνεται από τον τύπο και από τον τύπο Εκφράζει την ανά μονάδα ηλεκτρική ενέργεια, που προσφέρει η πηγή στο ή την ανά μονάδα ηλεκτρική ισχύ, που προσφέρει η πηγή στο Η αντίσταση της πηγής εκφράζει τη που συναντά το ηλεκτρικό ρεύμα, όταν διέρχεται μέσα από την πηγή.

39. Συμπληρώστε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις. Όταν η δίοδος είναι καλός αγωγός, τότε λέμε ότι είναι πολωμένη. Όταν η δίοδος είναι κακός αγωγός, τότε λέμε ότι είναι πολωμένη. Η δίοδος αποτελείται από δύο διαφορετικούς που βρίσκονται σε στενή επαφή.

40. Μπορείτε να κατασκευάσετε ένα απλό κύκλωμα, χρησιμοποιώντας μία μπαταρία «πλακέ» 4,5V, ένα λαμπάκι κανονικής λειτουργίας 4,5V και καλώδια, που στα άκρα τους έχουν κροκοδειλάκια. Πάνω σε ένα κοντραπλακέ διαστάσεων 30cmx30cm περίπου, καρφώνετε τρία καρφάκια A, B και για να στερεώσετε το λαμπάκι, όπως φαίνεται στο κύκλωμα της διπλανής εικόνας.

Το ένα καλώδιο συνδέει το θετικό πόλο της πηγής με το καρφάκι A ή B και το άλλο συνδέει τον αρνητικό πόλο της πηγής με το καρφάκι Γ. Μπορείτε να ανοίγετε ή να κλείνετε το κύκλωμα βγάζοντας ένα κροκοδειλάκι από τον αντίστοιχο πόλο της μπαταρίας. Μπορείτε επίσης να παρεμβάλλετε ένα διακοπτάκι στο σημείο Δ του

καλωδίου και με αυτό να ανοίγετε ή να κλείνετε το κύκλωμα.



41. Με ένα βολτόμετρο, μετρήστε την τάση V_1 στα άκρα της μπαταρίας, που χρησιμοποιήσατε στην προηγούμενη δραστηριότητα, πριν τη συνδέσετε με το λαμπάκι και καταγράψτε την ένδειξη. Μετά μετρήστε την τάση V_2 στα άκρα της μπαταρίας, ενώ το κύκλωμα είναι κλειστό (το λαμπάκι, ανάβει) και σημειώστε την ένδειξη. Τι παρατηρείτε; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

42. Από το εργαστήριο πάρτε τρεις αντιστάσεις που έχουν διάφορες χρωματικές λωρίδες στην επιφάνειά τους. Με βάση το χρωματικό κώδικα υπολογίστε την αντίστασή τους. Με το πολύμετρο μετρήστε την αντίστασή τους. Τι παρατηρείτε;

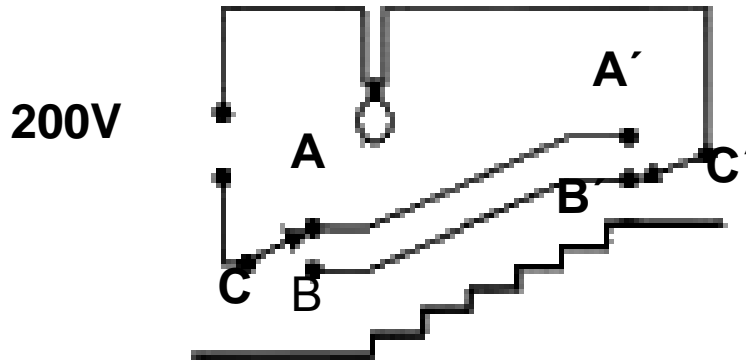
43. Τι τιμή έχουν οι αντιστάσεις που τα χρώματά τους είναι:

- α) καφέ, μαύρο, κόκκινο, ασημί
- β) πορτοκαλί, πορτοκαλί, πράσινο, ασημί
- γ) κίτρινο, μωβ, καφέ, ασημί

44. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η καλωδίωση ενός διαδρόμου.

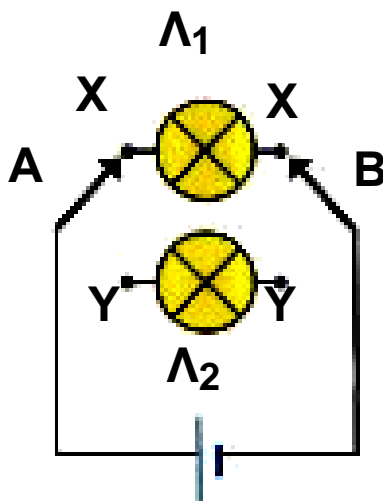
α) Να εξετάσετε αν η λάμπα ανάβει.

β) Σε ποιους συνδυασμούς θέσεων των διακοπών ανάβει η λάμπα;



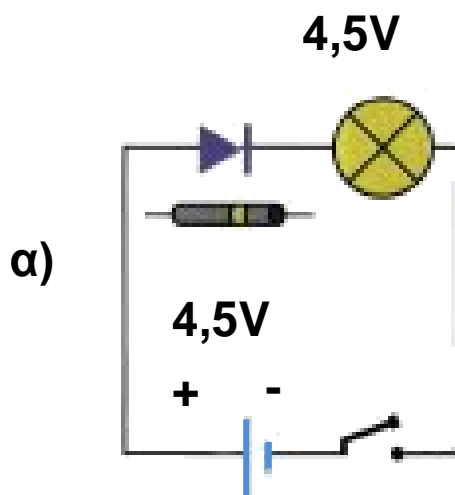
45. Χρησιμοποιώντας μία μπαταρία, δύο λαμπάκια και δύο διακόπτες δύο δρόμων κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα και συμπληρώστε τον αντίστοιχο πίνακα, θέτοντας 1, όταν το λαμπάκι φωτοβολεί και 0, όταν το λαμπάκι είναι σβηστό.

ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ		ΛΑΜΠΑΚΙΑ	
A	B	Λ1	Λ2
X	X		
X	Y		
Y	X		
Y	Y		



46. Χρησιμοποιώντας μία μπαταρία, ένα διακόπτη, μια δίοδο και ένα λαμπάκι κατασκευάστε το κύκλωμα (α). Τι παρατηρείτε;

Τι θα παρατηρήσετε αν αντιστρέψετε τη σύνδεση της διόδου;

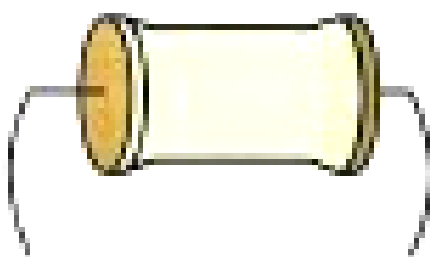


47. Το θερμίστορ (thermistor) είναι ένα ηλεκτρονικό στοιχείο, του οποίου η αντίσταση μεταβάλλεται έντονα με τη θερμοκρασία. Χρησιμοποιείτε στα ηλεκτρονικά κυκλώματα ως αισθητήρας αύξησης της θερμοκρασίας.

Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται τα αποτελέσματα ενός πειράματος μ' ένα θερμίστορ.

θ ($^{\circ}\text{C}$)	23	37	47	57	65	76	85	90	100
V (V)	5	5	5	5	5	5	5	5	5
I (mA)	15	24	31	37	45	56	67	73	87
R (Ω)									

Θερμίστορ

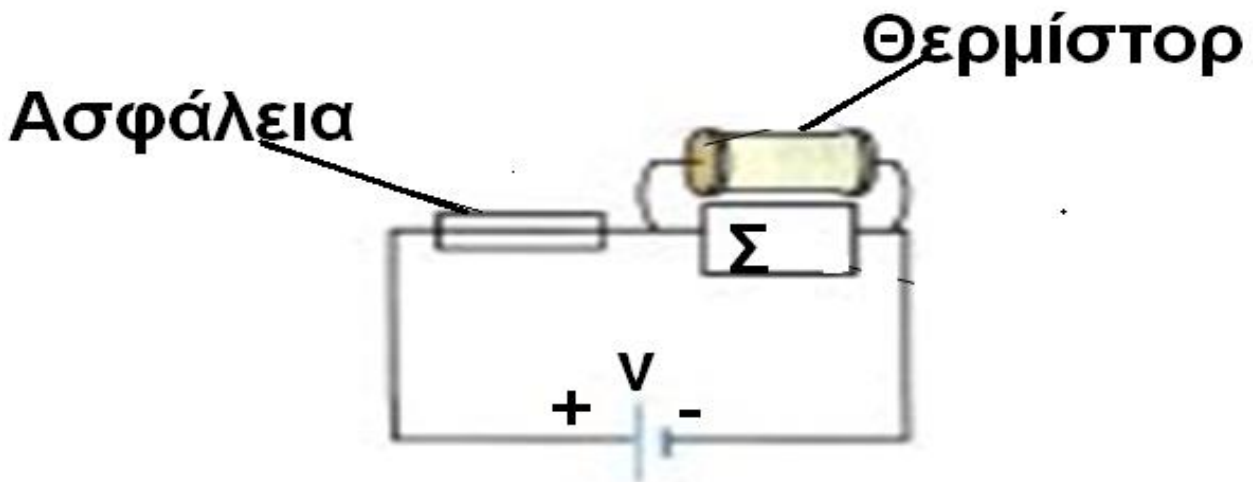


α) Υπολογίστε την αντίσταση για κάθε θερμοκρασία και σχεδιάστε τη χαρακτηριστική καμπύλη $I = f(V)$ για το θερμίστορ.

β) Πώς μεταβάλλεται η αντίσταση του θερμίστορ με τη θερμοκρασία;

γ) Κατασκευάστε το διπλανό κύκλωμα, το οποίο χρησιμεύει για την προστασία της συσκευής Σ από υπερθέρμανση. Να εξηγήσετε γιατί μία ασυνήθιστη

αύξηση της θερμοκρασίας θα κάψει την ασφάλεια και θα διακοπεί η κυκλοφορία του ρεύματος στο κύκλωμα.



48. Το φωτοστοιχείο (photocell) είναι ένα ηλεκτρονικό στοιχείο, του οποίου η αντίσταση μεταβάλλεται με την αύξηση της έντασης του φωτός. Χρησιμοποιείται στα ηλεκτρονικά κυκλώματα ως αισθητήρας αύξησής της. Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται τα αποτελέσματα ενός πειράματος με ένα φωτοστοιχείο.

Επίπεδο έντασης φωτός	1	2	3	4	5	6	7	8
V (V)	5	5	5	5	5	5	5	5
I (mA)	2	2,8	3,3	3,7	3,9	4,1	4,3	4,3
R (Ω)								

α) Υπολογίστε την αντίσταση για κάθε επίπεδο έντασης φωτός και σχεδιάστε τη χαρακτηριστική καμπύλη $I = f(V)$ για το φωτοστοιχείο.

β) Πώς μεταβάλλεται η αντίσταση του φωτοστοιχείου με το επίπεδο έντασης φωτός;

γ) Σχεδιάστε και υλοποιήστε ένα απλό κύκλωμα, στο οποίο θα χρησιμοποιήσετε το φωτοστοιχείο ως αισθητήρα φωτός.

49. Εργαστηριακή δραστηριότητα - Ηλεκτρική ασφάλεια

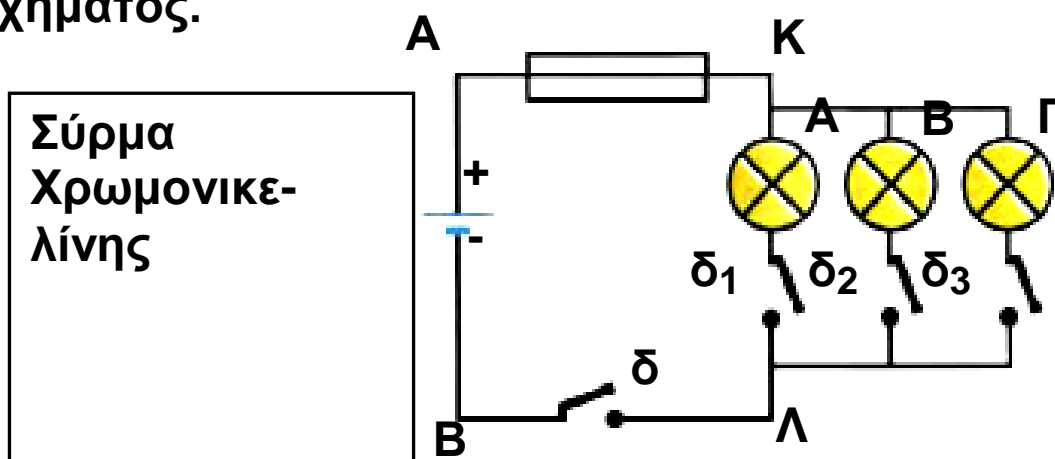
A. Απαιτούμενα όργανα και υλικά:

1. Ένα τροφοδοτικό συνεχούς ρεύματος και μεταβλητής τάσης.
2. Τέσσερις διακόπτες.
3. Σύρμα από χρωμονικελίνη διαμέτρου $d = 0,15\text{mm}$.
4. Δύο λαμπτήρες Β και Γ με χαρακτηριστικά λειτουργίας 42V/60W.
5. Καλώδια σύνδεσης.
6. Ηλεκτρική ασφάλεια.

B. Εκτέλεση πειράματος

B₁.

1. Κατασκευάζουμε το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος.



2. Κλείνουμε τους διακόπτες δ και δ_1 και ρυθμίζουμε την τάση της πηγής, ώστε ο λαμπτήρας A των 40W να λειτουργεί κανονικά.

3. Κλείνοντας τους διακόπτες δ_2 και δ_3 , συνδέουμε παράλληλα στο λαμπτήρα A τούς άλλους δύο λαμπτήρες B και Γ των 60W, οπότε έχουμε υπερφόρτιση του κυκλώματος.

Παρατηρούμε ότι

4. Αποκαθιστούμε το κύκλωμα συνδέοντας νέο σύρμα χρωμονικελίνης, με τους διακόπτες δ_2 και δ_3 ανοικτούς και τους δ και δ_1 κλειστούς. Συνδέουμε τα σημεία K και Λ του κυκλώματος με ένα καλώδιο, που είναι αγωγός αμελητέας αντίστασης, οπότε έχουμε βραχυκύκλωμα.

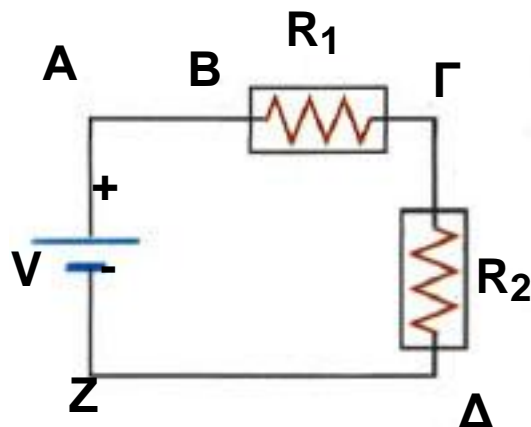
Παρατηρούμε ότι

5. Αποκαθιστούμε το κύκλωμα, συνδέοντας στη θέση του σύρματος χρωμονικελίνης μία ασφάλεια των 2A. Συνδέουμε τα σημεία K και Λ του κυκλώματος με ένα καλώδιο, που είναι αγωγός αμελητέας αντίστασης, οπότε έχουμε βραχυκύκλωμα.

Παρατηρούμε ότι

Γ. Εργασίες

1. Γιατί χρησιμοποιούνται οι ασφάλειες;
2. Τι σημαίνει η ένδειξη 20A πάνω σε μία ασφάλεια;
3. Πώς συνδέονται οι ασφάλειες στην οικιακή εγκατάσταση και γιατί;
4. Γιατί δεν πρέπει να επισκευάζονται οι τηκόμενες ασφάλειες;
5. Στο κύκλωμα του σχήματος είναι $V = 120V$, $R_1 = 10\Omega$ και $R_2 = 40\Omega$.



α) Να βρείτε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα και την τάση στα άκρα κάθε αντίστασης.

β) Αν παράλληλα στην R_2 , συνδέσουμε αντίσταση $R = 120\Omega$, να βρείτε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα και την τάση στα άκρα κάθε αντίστασης.

γ) Αν παράλληλα στην R_2 , συνδέσουμε αντίσταση $R' = 40\Omega$, να βρείτε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα και την τάση στα άκρα κάθε αντίστασης.

δ) Αν παράλληλα στην R συνδέσουμε αγωγό αμελητέας αντίστασης $R = 0$ (βραχυκύκλωμα), να βρείτε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα και την τάση στα άκρα κάθε αντίστασης.

ε) Αν μεταξύ των σημείων A και B υπάρχει ασφάλεια $10A$, σε ποια από τις προηγούμενες περιπτώσεις η ασφάλεια «καίγεται»;

50. Εργαστηριακή δραστηριότητα - Νόμος Joule

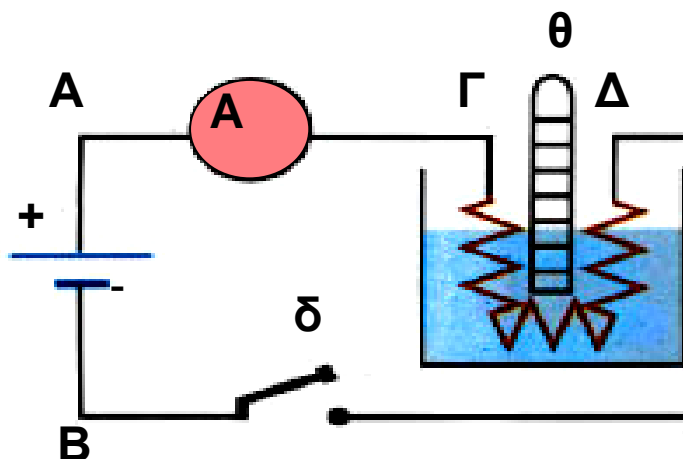
A. Απαιτούμενα όργανα και υλικά:

1. Ένα τροφοδοτικό συνεχούς ρεύματος και μεταβλητής τάσης.
2. Ένας διακόπτης.
3. Ένα αμπερόμετρο κλίμακας 2,5A.
4. Δύο σύρματα χρωμονικελίνης με μήκη 30cm και 60cm σε σχήμα ελατηρίου.
5. Ένα ογκομετρικό ποτήρι 150ml
6. 150ml αποσταγμένο νερό.
7. Ένα χρονόμετρο.
8. Καλώδια σύνδεσης.
9. Αναδευτήρας.

B. Εκτέλεση πειράματος

B₁.

1. Κατασκευάζουμε το κύκλωμα του διπλανού σχήματος συνδέοντας στους πόλους A και B του τροφοδοτικού το σύρμα των 30cm, το αμπερόμετρο και το διακόπτη σε σειρά.



2. Συμπληρώνουμε 150ml αποσταγμένο νερό στο ποτήρι και τοποθετούμε το σύρμα, το θερμόμετρο και τον αναδευτήρα μέσα στο ποτήρι, προσέχοντας να μην αγγίζουν οι σπείρες του σύρματος μεταξύ τους.

3. Κλείνουμε το διακόπτη και ρυθμίζουμε την τάση της πηγής, έτσι ώστε να περνά ρεύμα έντασης 1A από το κύκλωμα. Ανοίγουμε το διακόπτη.

4. Ανακατεύουμε με προσοχή το νερό με τον αναδευτήρα και σημειώνουμε τη θερμοκρασία του.

Είναι: $\theta_1 = \dots\dots\dots$

5. Κλείνουμε το διακόπτη και πατάμε το χρονόμετρο.

6. Μετά από χρόνο $\Delta t = 4\text{min} = 240\text{s}$ ανοίγουμε το διακόπτη, ανακατεύουμε το νερό και σημειώνουμε τη νέα θερμοκρασία του.

Είναι: $\theta_2 = \dots\dots\dots$

7. Κλείνουμε το διακόπτη και ξαναπατάμε το χρονόμετρο.

8. Μετά από χρόνο $\Delta t = 4\text{min} = 240\text{s}$ ανοίγουμε το διακόπτη, ανακατεύουμε το νερό και σημειώνουμε τη νέα θερμοκρασία του.

Είναι: $\theta_3 = \dots\dots\dots$

Η μεταβολή της θερμοκρασίας είναι: $\Delta\theta = \theta_3 - \theta_1 = \dots\dots\dots$

B₂.

1. Επαναλαμβάνουμε από την αρχή το πείραμα, με την ίδια ποσότητα νερού (150ml), το ίδιο σύρμα (χρωμονικελίνη), τον ίδιο χρόνο (240s), αλλά με ρεύμα έντασης 2A.

Είναι: $\theta_1 = \dots\dots\dots$

και: $\theta_2 = \dots\dots\dots$

Η μεταβολή της θερμοκρασίας είναι: $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 =$

.....

B₃.

1. Επαναλαμβάνουμε από την αρχή το πείραμα, με την ίδια ποσότητα νερού (150 ml), τον ίδιο χρόνο (240s), την ίδια ένταση ρεύματος (1A), αλλά με το σύρμα των 60cm.

Είναι: $\theta_1 =$

και: $\theta_2 =$

Η μεταβολή της θερμοκρασίας είναι: $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 =$

.....

Γ. Υπολογισμοί

Από το θεμελιώδη νόμο της θερμιδομετρίας $Q = mc\Delta\theta$, όπου m η μάζα του νερού, $\Delta\theta$ η μεταβολή της θερμοκρασίας και Q η θερμότητα σε cal, να υπολογίσετε τα ποσά θερμότητας Q_1 , και Q_2 που εκλύθηκαν από το σύρμα και προσφέρθηκαν στο νερό. Να συμπληρώσετε τους παρακάτω πίνακες.

Δt	$\Delta\theta$	Q
240s		
480s		

Παρατηρούμε ότι

I	$\Delta\theta$	Q
-----	----------------	-----

1A		
2A		

Παρατηρούμε ότι

ℓ	R	$\Delta\theta$	Q
30cm	R		
60cm	2R		

Παρατηρούμε ότι

Δ. Εργασίες

1. Πόσο τοις εκατό (%) μεταβάλλεται το ποσό θερμότητας που εκλύεται από έναν αντιστάτη, όταν η τάση στα άκρα του διπλασιαστεί;

2. Που οφείλεται το φαινόμενο Joule, δηλαδή η έκλυση θερμότητας σε μια ωμική αντίσταση που διαρρέεται από ρεύμα;

3. Ποια συσκευή έχει μεγαλύτερη αντίσταση, η ηλεκτρική κουζίνα ή η λάμπα φωτισμού του δωματίου μας;

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

4. Θέλουμε να θερμάνουμε μια ποσότητα νερού από θερμοκρασία θ_1 σε θερμοκρασία θ_2 ($\theta_2 > \theta_1$). Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιούμε αντιστάτη αντίστασης R_1 και στη δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιούμε αντιστάτη αντίστασης R_2 , με $R_1 > R_2$. Η τάση του δικτύου είναι σταθερή.

α) Σε ποια περίπτωση έχουμε μεγαλύτερο κόστος;

β) Σε ποια περίπτωση η θέρμανση θα διαρκέσει περισσότερο;

5. Γιατί οι αγωγοί που τροφοδοτούν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα παραμένουν ψυχρότεροι από τις ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης που συνδέονται στο κύκλωμα, αν και οι αγωγοί αυτοί διαρρέονται από ίσης έντασης ηλεκτρικό ρεύμα;

6. Να κάνετε τη γραφική παράσταση της θερμότητας που εκλύεται σ' έναν αντιστάτη, ως συνάρτηση:

α) της έντασης του ρεύματος που τον διαρρέει,

β) της αντίστασής του,

γ) του χρόνου λειτουργίας.

7. Σε ποιούς παράγοντες οφείλονται τα σφάλματα κατά τη διεξαγωγή του πειράματος;

Προβλήματα

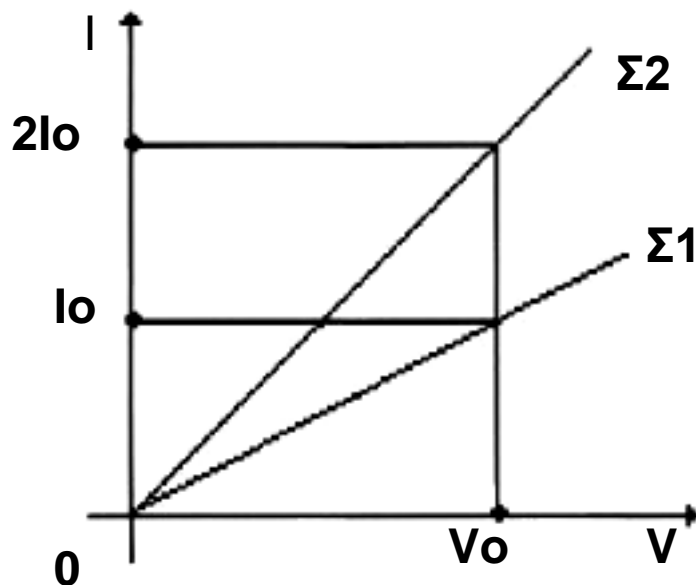
1. Ένας πυκνωτής χωρητικότητας $C = 20\mu\text{F}$ συνδέεται με πηγή τάσης $V = 24\text{V}$. Αποσυνδέουμε την πηγή και συνδέουμε τους οπλισμούς με σύρμα, οπότε ο πυκνωτής εκφορτίζεται σε χρόνο $\Delta t = 0,02\text{s}$. Να βρείτε τον αριθμό των ηλεκτρονίων, που περνάνε από μια διατομή του αγωγού και τη μέση ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος. Δίνεται: $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$.

2. Να βρείτε την ένταση του ρεύματος, λόγω της κίνησης του ηλεκτρονίου του ατόμου του υδρογόνου, αν η συχνότητα περιστροφής του είναι $\nu = 5,8 \cdot 10^{15}\text{Hz}$. Δίνεται: $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$.

3. Να βρείτε τη μέση ταχύτητα (ταχύτητα διολίσθησης), με την οποία κινούνται τα ελεύθερα ηλεκτρόνια μέσα σ' ένα μεταλλικό αγωγό, σε συνάρτηση με τα εξής μεγέθη: α) I : ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό, β) n : ο αριθμός των ελευθέρων ηλεκτρονίων ανά μονάδα όγκου του αγωγού, γ) S : εμβαδό διατομής του αγωγού, δ) q_e : φορτίο του ηλεκτρονίου.

Αριθμητική εφαρμογή: $I = 16\text{A}$, $n = 8 \cdot 10^{23}\text{ηλ/cm}^3$, $S = 1\text{mm}^2$, $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$.

4. Στο παρακάτω διάγραμμα έχει παρασταθεί γραφικά η ένταση του ρεύματος I σε συνάρτηση με τη διαφορά δυναμικού V για δύο χάλκινα σύρματα Σ_1 και Σ_2 , που έχουν το ίδιο μήκος. Αν το εμβαδό διατομής του Σ_1 είναι $S_1 = 0,2\text{mm}^2$, να βρείτε το εμβαδό διατομής του Σ_2 .



5. Να κάνετε τη γραφική παράσταση της αντίστασης ενός αγωγού σε συνάρτηση με:

- α) το μήκος του,
- β) το εμβαδό διατομής τους,
- γ) την τάση στα άκρα του,
- δ) την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει.

6. Ένα σύρμα από λευκόχρυσο έχει μήκος $\ell = 10\text{m}$ και μάζα $m = 3,6\text{g}$. Να βρείτε την αντίσταση του σύρματος, αν η πυκνότητα του λευκόχρυσου είναι $d = 21\text{g/cm}^3$ και η ειδική του αντίσταση $\rho = 9 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

7. Ένα σύρμα από σίδηρο έχει αντίσταση $R = 40\Omega$ και μήκος $\ell = 2\text{m}$. Λιώνουμε το σύρμα και φτιάχνουμε ένα άλλο, που θέλουμε να έχει αντίσταση $R' = 160\Omega$. Να βρείτε το μήκος του ℓ'

8. Σε ποια θερμοκρασία θ η τιμή της ειδικής αντίστασης του χαλκού γίνεται διπλάσια από την τιμή,

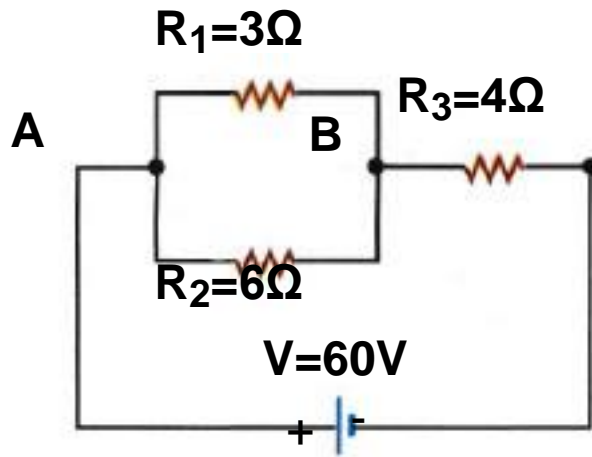
που έχει σε $0\text{ }^{\circ}\text{C}$; Ισχύει το ίδιο για όλους τους χάλκινους αγωγούς, ανεξάρτητα από τη μορφή και το μέγεθος τους; Ισχύει το ίδιο για αγωγούς, που είναι από διαφορετικό υλικό; Δίνεται ο θερμικός συντελεστής αντίστασης $\alpha_{Cu} = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ grad}^{-1}$.

9. Στα άκρα ενός σύρματος εφαρμόζουμε σταθερή συνεχή τάση και διαπιστώνουμε ότι σε θερμοκρασία $\theta_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ η ένταση του ρεύματος, που διαρρέει το σύρμα είναι $I_1 = 2\text{A}$, ενώ σε θερμοκρασία $\theta_2 = 2520\text{ }^{\circ}\text{C}$ η ένταση του ρεύματος είναι $I_2 = 1\text{A}$. Να βρεθεί ο θερμικός συντελεστής αντίστασης του υλικού του σύρματος.

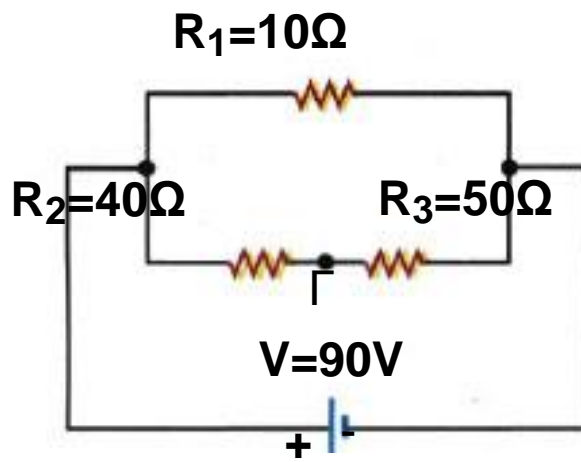
10. Δύο αντιστάσεις συνδέονται σε σειρά και στις άκρες του συστήματος συνδέεται πηγή τάσης $V = 100\text{V}$. Αν είναι $R_1 = 5\Omega$ και $R_2 = 15\Omega$. Να βρείτε την ολική αντίσταση του συστήματος την ένταση του ρεύματος, που διαρρέει το κύκλωμα και την τάση στα άκρα κάθε αντίστασης.

11. Δύο αντιστάσεις συνδέονται παράλληλα και στις άκρες του συστήματος εφαρμόζεται τάση $V = 120\text{V}$. Αν είναι $R_1 = 30\Omega$ και $R_2 = 60\Omega$. Να βρείτε την ολική αντίσταση του συστήματος και την ένταση του ρεύματος, που διαρρέει το κύκλωμα και κάθε αντίσταση.

12. Στα παρακάτω κυκλώματα να βρείτε:
α) την ολική αντίσταση του συστήματος,
β) την τάση στα άκρα κάθε αντίστασης,
γ) την ένταση του ρεύματος, που διαρρέει κάθε αντίσταση.



(α)



(β)

13. Στο παρακάτω κύκλωμα δίνονται:

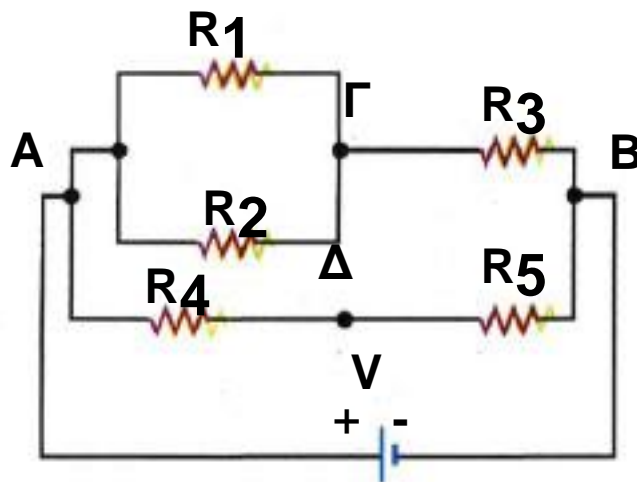
$R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 8\Omega$, $R_4 = 7\Omega$, $R_5 = 3\Omega$, $V = 60V$.

Να βρείτε:

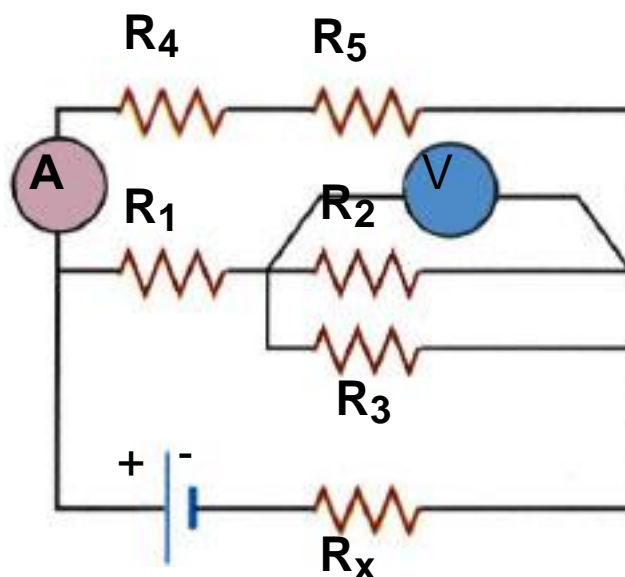
α) την ολική αντίσταση του συστήματος,

β) την τάση στα άκρα κάθε αντίστασης,

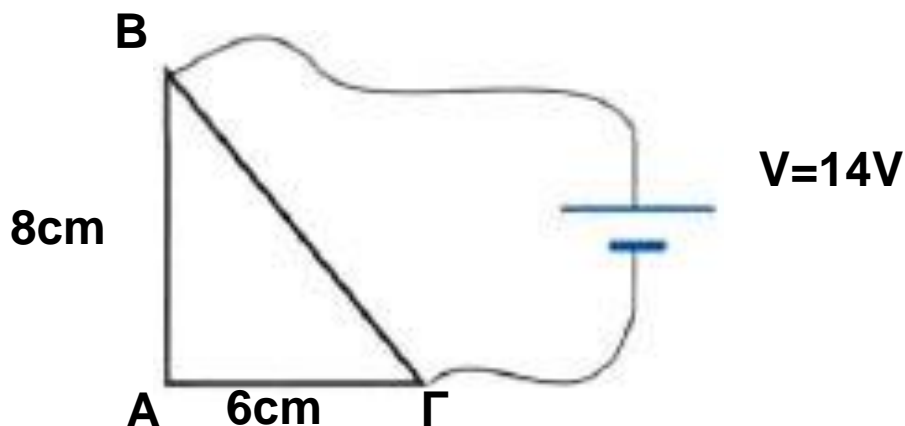
γ) την ένταση του ρεύματος, που διαρρέει κάθε αντίσταση.



14. Στο παρακάτω κύκλωμα η ένδειξη του βολτομέτρου είναι $4V$, η τάση της πηγής είναι $V = 10V$ και οι αντιστάσεις $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 4\Omega$, $R_3 = 4\Omega$, $R_4 = 5\Omega$ και $R_5 = 11\Omega$. Να βρείτε την ένδειξη του αμπερομέτρου και την αντίσταση R_x . Το βολτόμετρο έχει άπειρη αντίσταση, ενώ το αμπερόμετρο έχει μηδενική αντίσταση, δηλαδή θεωρούνται ιδανικά όργανα.



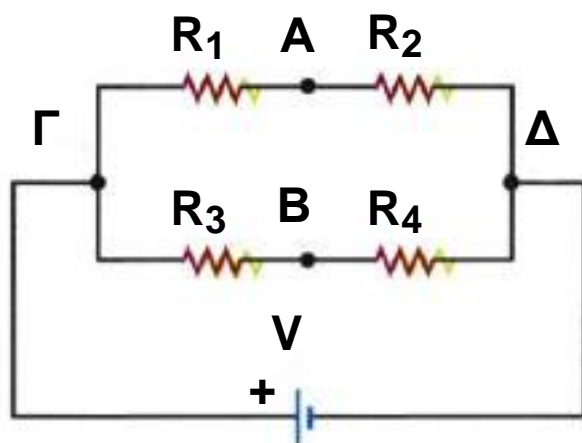
15. Στο παρακάτω κύκλωμα η αντίσταση ανά μονάδα μήκους του σύρματος του τριγώνου είναι $R^* = 5\Omega/\text{cm}$. Να βρείτε την ένταση του ρεύματος, που διαρρέει κάθε πλευρά του τριγώνου.



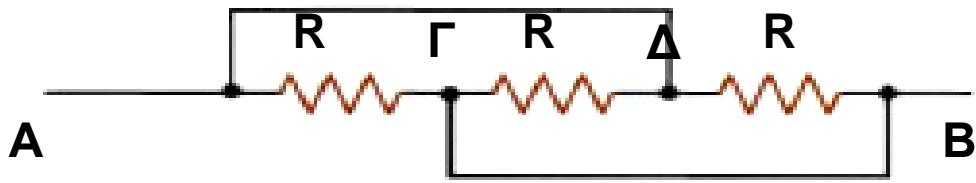
16. Στο παρακάτω κύκλωμα δίνονται $V = 30\text{V}$, $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 1\Omega$, $R_3 = 5\Omega$ και $R_4 = 10\Omega$.

α) Να βρείτε την τάση V_{AB} .

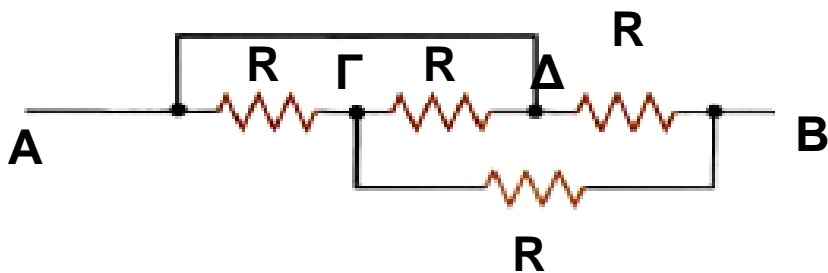
β) Να βρείτε την αντίσταση R που πρέπει να συνδέσουμε παράλληλα με την R_4 , ώστε $V_{AB} = 0$.



17. Να βρείτε την ολική αντίσταση μεταξύ των A και B στις παρακάτω συνδεσμολογίες, αν $R = 30\Omega$.



(α)

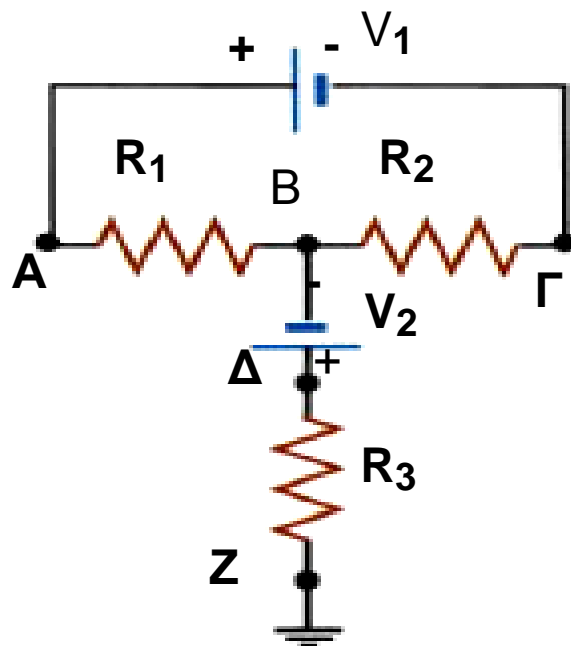


(β)

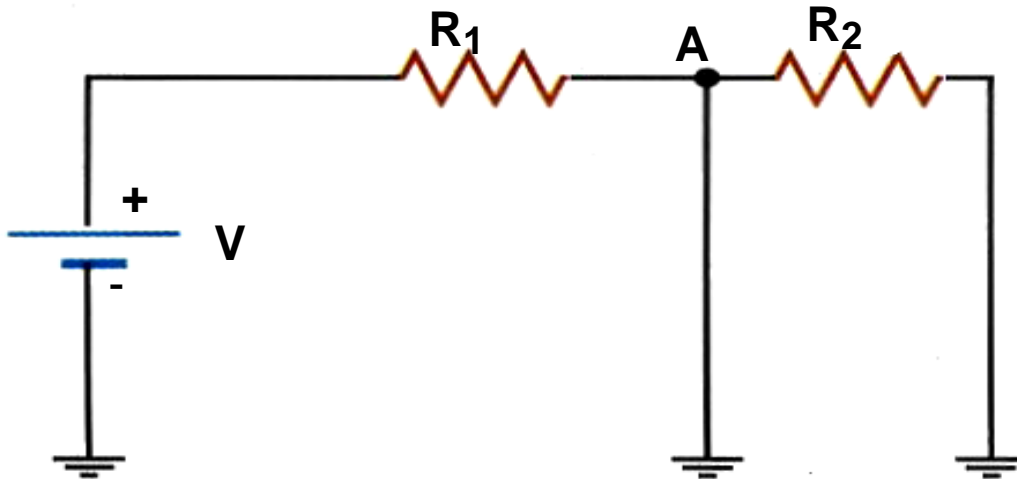
18. Στο παρακάτω κύκλωμα δίνονται:

$$R_1 = R_2 = R_3 = 10\Omega, V_1 = 20V, V_2 = 10V.$$

Να βρείτε τα δυναμικά των σημείων A, B, Γ και Δ.



19. Στο παρακάτω κύκλωμα δίνονται: $V = 10V$, $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 20\Omega$. Να βρείτε την ένταση του ρεύματος, που διαρρέει τη R_1 . Αν μεταξύ του σημείου A και της γης αντικαταστήσουμε το καλώδιο με αντιστάτη αντίστασης $R_3 = 20\Omega$, να βρείτε τις εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν τους κλάδους του κυκλώματος.



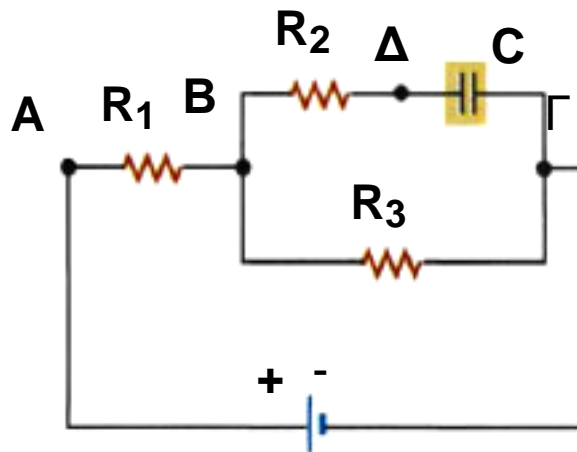
20. Θεωρούμε έναν ισοπαχύ και ομογενή κυκλικό αγωγό κέντρου K και τέσσερα σημεία του A, B, Γ, Δ τέτοια ώστε, $\overline{AB} = \overline{B\Gamma} = \overline{\Gamma\Delta} = \overline{\Delta A} = 90^\circ$. Τα σημεία A και B συνδέονται με τάση $V_{AB} = 60V$.

α) Να βρείτε τη διαφορά δυναμικού $V_{A\Gamma}$.

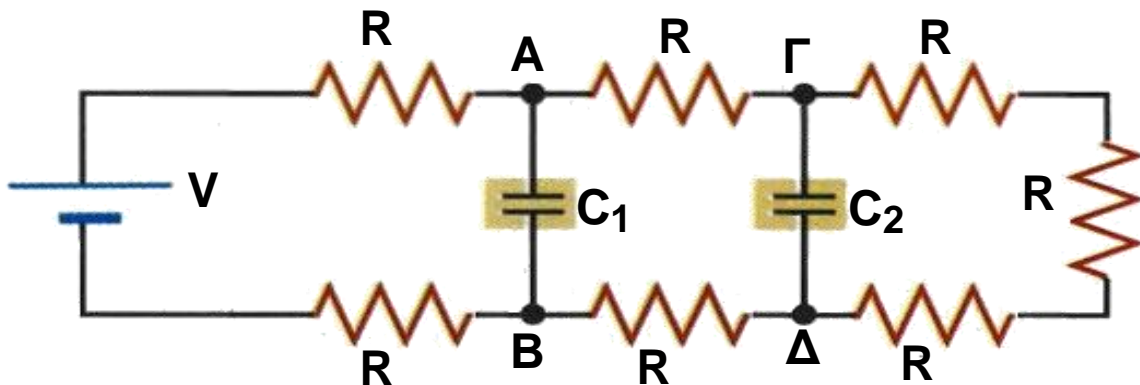
β) Αν γειώσουμε το Δ, να βρείτε το δυναμικό του σημείου Γ.

21. Δίνονται τέσσερις αντιστάτες με αντιστάσεις $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 4\Omega$, $R_3 = 6\Omega$, $R_4 = 8\Omega$. Πώς πρέπει αν τους συνδέσουμε για να έχουμε $R_{ολ} = 5\Omega$; Αν τότε τροφοδοτήσουμε τη διάταξη με πηγή, ο αντιστάτης R_3 διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I_3 = 2A$. Να βρείτε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη R_4 .

22. Στο παρακάτω κύκλωμα, αν $C = 20\mu F$, $V = 100V$ και $R_1 = 40\Omega$, $R_3 = 10\Omega$, να βρείτε το φορτίο του πυκνωτή.



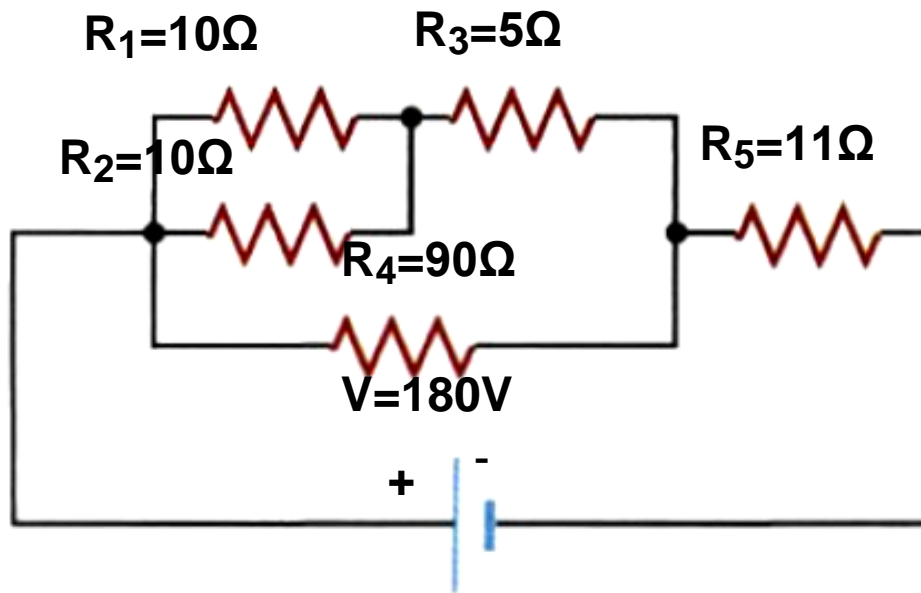
23. Στο παρακάτω κύκλωμα, να βρείτε το λόγο C_1/C_2 για να έχουν οι πυκνωτές ίσα φορτία.



24. Δύο ίσες αντιστάσεις συνδέονται: α) σε σειρά και β) παράλληλα. Στα άκρα του συστήματος και στις δύο περιπτώσεις εφαρμόζεται η ίδια τάση V . Σε ποια περίπτωση η ισχύς είναι μεγαλύτερη;

25. Δύο αντιστάσεις R_1 και R_2 ($R_1 > R_2$) συνδέονται α) σε σειρά και β) παράλληλα. Στα άκρα του συστήματος και στις δύο περιπτώσεις εφαρμόζεται η ίδια τάση V . Σε ποια από τις δύο αντιστάσεις η ισχύς είναι μεγαλύτερη, σε κάθε περίπτωση;

26. Στο παρακάτω κύκλωμα, να βρείτε σε J τη θερμότητα που εκλύεται σε κάθε αντίσταση σε χρόνο $t = 1 \text{ min}$.



27. Ένας θερμοσίφωνα έχει όγκο 20ℓ και είναι γεμάτος με νερό θερμοκρασίας $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Η αντίσταση του θερμοσίφωνα είναι 10Ω και αυτός συνδέεται με δίκτυο τάσης 220V . Αν το 20% της παραγόμενης θερμότητας εκλύεται στο περιβάλλον, να βρείτε σε πόσο χρόνο η θερμοκρασία του νερού θα ανέβει στους $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ και πόσο θα στοιχίσει αυτό. Δίνονται:

Πυκνότητα νερού: $d_{\text{νερ}} = 1\text{g/cm}^3$, Ειδική θερμότητα νερού: $c_{\text{νερ}} = 1\text{cal/g}\cdot\text{grad}$, Κόστος: $0,1\text{€}/\text{KWh}$.

28. Σε μια ηλεκτρική οικιακή εγκατάσταση λειτουργούν ταυτόχρονα: α) Ηλεκτρική κουζίνα ισχύος $1,5\text{KW}$, β) θερμοσίφωνα ισχύος 2KW , γ) ηλεκτρικό ψυγείο ισχύος 1KW , δ) 5 λαμπτήρες ισχύος 100W καθένας. Να βρείτε πόσα A πρέπει να είναι η γενική ασφάλεια του πίνακα εγκατάστασης και πόσο θα στοιχίσει η λειτουργία τους για 10h .

Δίνεται ότι η τάση λειτουργίας των συσκευών είναι ίση με την τάση του δικτύου, δηλ. 220V και ότι το 1KWh κοστίζει $0,1\text{€}$.

29. Λαμπτήρας αντίστασης $R_1 = 40\Omega$ συνδέεται σε σειρά με αντίσταση $R_2 = 20\Omega$ και στα άκρα του συστήματος εφαρμόζεται τάση $V = 120V$.

α) Πόση είναι η ισχύς του λαμπτήρα;

β) Αν παράλληλα με το λαμπτήρα συνδεθεί αντίσταση $R_3 = 40\Omega$, πόση είναι η επί τοις εκατό (%) μεταβολή της ισχύος του;

30. Τέσσερις αντιστάτες με αντιστάσεις $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 4\Omega$, $R_3 = 6\Omega$, $R_4 = 8\Omega$ συνδέονται έτσι ώστε, η ολική αντίσταση να είναι $R_{ολ} = 11\Omega$. Αν τροφοδοτήσουμε τη διάταξη με πηγή, η ισχύς του αντιστάτη R_3 είναι $P_3 = 24W$. Να βρείτε την ισχύ του αντιστάτη R_4 .

31. Για τη μεταφορά ηλεκτρική ισχύος $720KW$ σε απόσταση $50Km$ το ποσοστό απώλειας ισχύος στη γραμμή μεταφοράς είναι 10% . Να βρεθούν οι τάσεις στην είσοδο και την έξοδο της γραμμής, αν η διατομή των χάλκινων αγωγών είναι $10mm^2$ και η ειδική αντίσταση του χαλκού $1,8 \cdot 10^{-8}\Omega \cdot m$.

32. Μία ηλεκτρική θερμάστρα αναγράφει τα στοιχεία « $2000W-200V$ ». Να βρείτε την αντίστασή της και το ρεύμα κανονικής λειτουργίας της. Πόση θα είναι η ισχύς της, αν συνδεθεί σε δίκτυο τάσης $160V$ και ποια ένταση ρεύματος τη διαρρέει τότε;

33. Μια ηλεκτρική θερμάστρα αναγράφει τα στοιχεία « $1000W-100V$ ». Να βρείτε την αντίσταση που πρέπει να συνδέσουμε σε σειρά με τη θερμάστρα για να λειτουργήσει σε δίκτυο τάσης $220V$.

34. Μια ηλεκτρική θερμάστρα αναγράφει τα στοιχεία «100W-200V». Η θερμάστρα συνδέεται σε σειρά με λαμπτήρα, που αναγράφει τα στοιχεία «24W-12V». Το σύστημα τροφοδοτείται από δίκτυο τάσης 200V. Να εξετάσετε αν ο λαμπτήρας λειτουργεί κανονικά.

35. Δυο αντιστάτες με αντιστάσεις $R_1 = R_2 = 40\Omega$ συνδέονται σε σειρά. Στα άκρα του συστήματος εφαρμόζουμε τάση $V = 120V$. Παράλληλα στον αντιστάτη R_2 συνδέουμε μια θερμική συσκευή με χαρακτηριστικά κανονικής λειτουργίας $V_K = 60V$ και $P_K = 90W$.

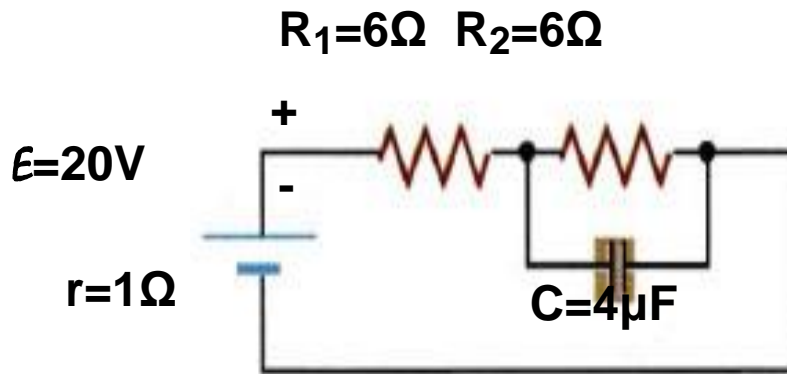
α) Να αποδείξετε ότι η συσκευή δε λειτουργεί κανονικά.

β) Να βρείτε την αντίσταση R_3 ενός άλλου αντιστάτη που πρέπει να αντικαταστήσει τον αντιστάτη R_1 , ώστε η συσκευή να λειτουργεί κανονικά.

36. Όταν το εξωτερικό κύκλωμα έχει αντίσταση $R_1 = 1\Omega$, μια γεννήτρια δίνει ρεύμα έντασης $I_1 = 5A$, ενώ, όταν το εξωτερικό κύκλωμα έχει αντίσταση $R_2 = 4\Omega$, η γεννήτρια δίνει ρεύμα έντασης $I_2 = 2A$. Πόση είναι η ηλεκτρεγερτική δύναμη ε και η εσωτερική αντίσταση r της γεννήτριας;

37. Όταν οι πόλοι μιας γεννήτριας συνδέονται με εξωτερική αντίσταση $R_1 = 8\Omega$, η τάση στους πόλους της γεννήτριας είναι $V_1 = 24V$, ενώ όταν οι πόλοι της γεννήτριας συνδέονται με εξωτερική αντίσταση $R_2 = 13\Omega$, η τάση στους πόλους της γεννήτριας είναι $V_2 = 26V$. Πόση είναι η ηλεκτρεγερτική δύναμη ε και η εσωτερική αντίσταση r της γεννήτριας;

38. Στο παραπάνω κύκλωμα να βρείτε το φορτίο του πυκνωτή.

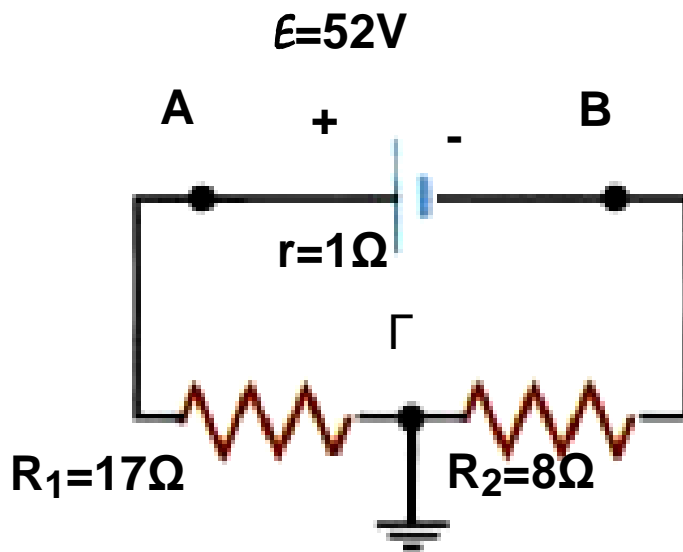


39. Δίνεται πηγή με $E = 12V$ και $r = 1\Omega$. Η πηγή τροφοδοτεί δύο αντιστάσεις $R_1 = 2\Omega$ και $R_2 = 3\Omega$ συνδεδεμένες σε σειρά. Να βρείτε:

- α) την ένταση του ρεύματος, που διαρρέει το κύκλωμα,
- β) την πολική τάση της πηγής,
- γ) την ισχύ, που παρέχει η πηγή σε όλο το κύκλωμα,
- δ) την ισχύ στην εσωτερική αντίσταση της πηγής,
- ε) την ισχύ που παρέχει η πηγή στο εξωτερικό κύκλωμα,
- στ) την ισχύ σε κάθε μια από τις αντιστάσεις.

40. Σε ένα κύκλωμα συνδέονται κατά σειρά πηγή ηλεκτρικού ρεύματος, διακόπτης, αμπερόμετρο και ωμική αντίσταση R . Στους πόλους της πηγής συνδέεται βολτόμετρο. Όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός, η ένδειξη του βολτομέτρου είναι $24V$. Όταν ο διακόπτης είναι κλειστός, η ένδειξη του βολτομέτρου είναι $20V$ και του αμπερομέτρου $2A$. Να βρεθεί η ΗΕΔ και η εσωτερική αντίσταση της πηγής. Τα όργανα να θεωρηθούν ιδανικά.

41. Στο παραπάνω κύκλωμα να βρεθούν τα δυναμικά των πόλων της πηγής.



42. Με σύρμα αντίστασης 16Ω σχηματίζουμε κλειστή περιφέρεια. Δύο σημεία του σύρματος, που απέχουν ένα τέταρτο της περιφέρειας, συνδέονται με ηλεκτρική πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης $4V$ και εσωτερικής αντίστασης 1Ω . Να βρείτε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει κάθε κλάδο του κυκλώματος.

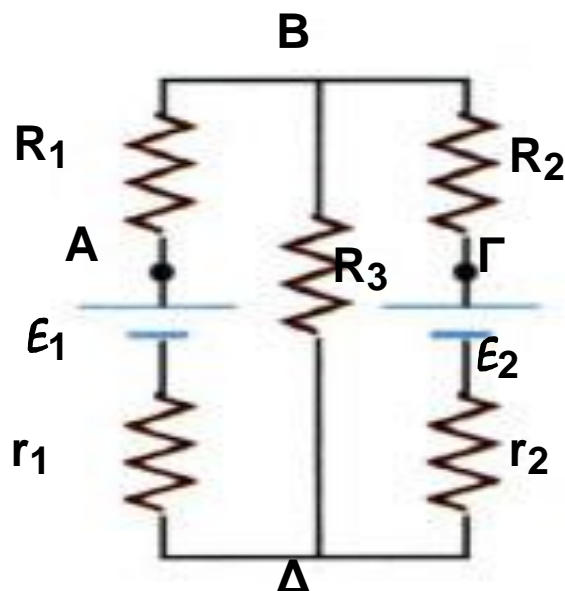
43. Μια γεννήτρια έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη $\varepsilon = 12V$ και εσωτερική αντίσταση $r = 1\Omega$. Το εξωτερικό κύκλωμα αποτελείται από μια αντίσταση $R = 3\Omega$ και έναν ανεμιστήρα. Όταν ο ανεμιστήρας δε στρέφεται, το ρεύμα έχει ένταση $I_1 = 4A$, ενώ όταν ο ανεμιστήρας στρέφεται, το ρεύμα έχει ένταση $I_2 = 2A$. Να βρεθεί: α) η εσωτερική αντίσταση r' του ανεμιστήρα β) η θερμική ισχύς σε όλο το κύκλωμα, όταν ο ανεμιστήρας στρέφεται, γ) η μηχανική ισχύς του ανεμιστήρα, δ) η απόδοση του ανεμιστήρα.

44. Μια γεννήτρια έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη $\varepsilon = 12V$ και εσωτερική αντίσταση $r = 1\Omega$. Οι πόλοι

της γεννήτριας συνδέονται με ανεμιστήρα. Όταν ο ανεμιστήρας δε στρέφεται, η τάση στους πόλους της γεννήτριας είναι $V_1 = 8V$.

Όταν ο ανεμιστήρας στρέφεται η τάση στους πόλους της γεννήτριας είναι $V_2 = 10V$. Να βρεθεί: α) η εσωτερική αντίσταση r' του ανεμιστήρα, β) η θερμική ισχύς σε όλο το κύκλωμα, όταν ο ανεμιστήρας στρέφεται, γ) η μηχανική ισχύς του ανεμιστήρα, δ) η απόδοση του κυκλώματος.

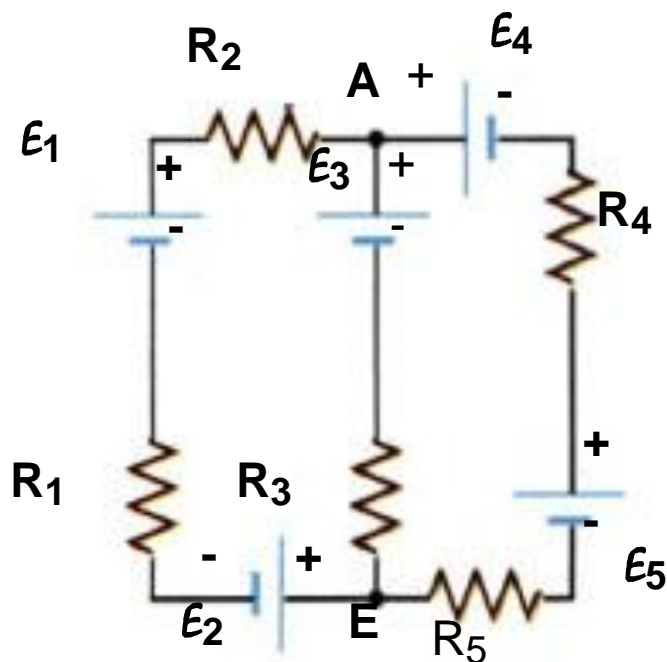
45. Στο κύκλωμα της παρακάτω εικόνας δίνεται ότι: , $E_1 = 9V$, $E_2 = 2V$, $r_1 = r_2 = 2\Omega$, $R_1 = R_3 = 4\Omega$, $R_2 = 2\Omega$. Να βρεθούν οι εντάσεις των ρευμάτων, που διαρρέουν τους κλάδους του κυκλώματος και η διαφορά δυναμικού $V_{\Delta\Gamma}$.



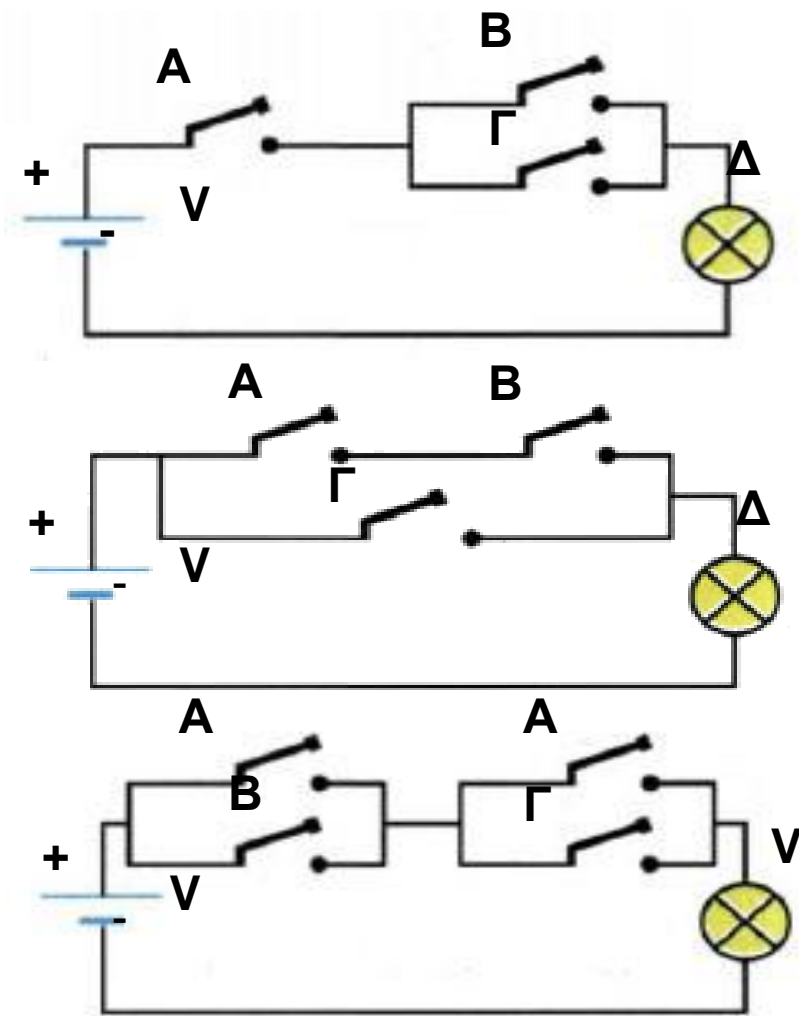
46. Στο κύκλωμα της παρακάτω εικόνας δίνεται ότι:

$E_1 = 2V$, $E_2 = 3V$, $E_3 = 6V$, $E_4 = 6V$, $E_5 = 11V$, $R_1 = 4\Omega$,
 $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 3\Omega$, $R_4 = 1\Omega$, $R_5 = 4\Omega$.

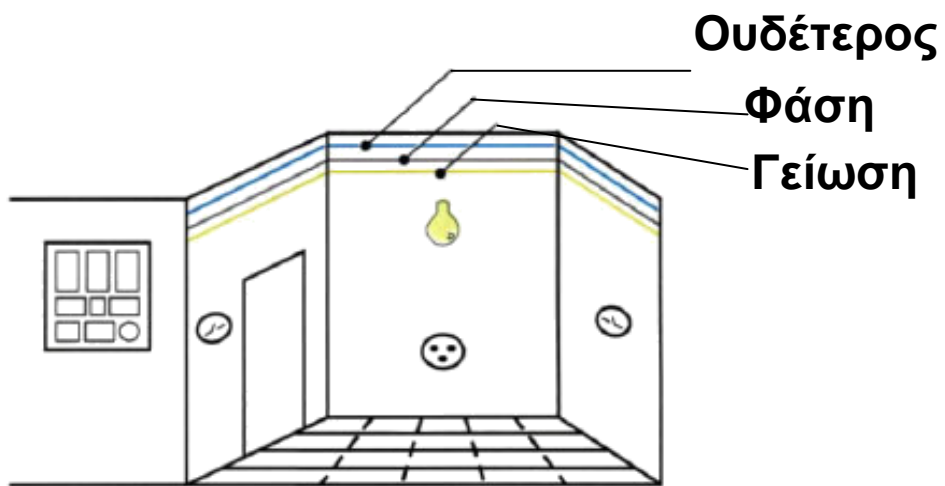
Να υπολογιστούν οι τιμές των ρευμάτων που διαρρέουν το κύκλωμα και η διαφορά δυναμικού V_{AB} .



47. Να κατασκευάσετε τον πίνακα αληθείας των παρακάτω κυκλωμάτων.



48. Συμπλήρωσε το κύκλωμα του παρακάτω σχεδιασμένου δωματίου χρησιμοποιώντας κατάλληλα χρώματα.



Ένθετο

Α. Ηλεκτρική εγκατάσταση σπιτιού ηλεκτρικές συσκευές

Μια μέρα με διακοπή ρεύματος στο σπίτι σου, καταλαβαίνεις πόσο πολύ εξαρτάται η ποιότητα ζωής σου από την ηλεκτρική ενέργεια. Στις επόμενες σελίδες θα περιγράψουμε την ηλεκτρική εγκατάσταση του σπιτιού μας και τις ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούμε σ' αυτό, όχι για να αντικαταστήσεις τον ηλεκτρολόγο, αλλά για να προστατεύσεις τη ζωή σου και την περιουσία σου από κινδύνους, μιας και δε γνωρίζεις τους κανόνες που ισχύουν στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.

Οι ηλεκτρικές συσκευές χαρακτηρίζονται από:

- την τάση λειτουργίας,
- την ισχύ λειτουργίας.

Πολύ λίγες ηλεκτρικές συσκευές του σπιτιού μας λειτουργούν με χαμηλή τάση, όπως τα κουδούνια, τα θυροτηλέφωνα, τα φώτα του κήπου. Χαμηλή τάση θεωρείται η τάση που είναι μικρότερη ή ίση των 42V. Μέχρι 42V θεωρείται ακίνδυνη η τάση. Οι περισσότερες συσκευές χρησιμοποιούν τάση 220V και είναι όλες αυτόνομες, δηλαδή ανεξάρτητες από τη χρήση άλλων συσκευών.

Η σύνδεση που εξασφαλίζει σταθερή τάση και αυτονομία είναι η παράλληλη. Επομένως, τα φώτα, το

μαγειρείο, ο θερμοσίφωνα και οι μικροσυσκευές, συνδέονται όλα παράλληλα.

Επειδή η τάση που χρησιμοποιούμε είναι εναλλασσόμενη 220V και συχνότητας 50Hz, πρέπει, προτού συνδέσουμε μια συσκευή, να έχουμε βεβαιωθεί ότι είναι κατάλληλη για αυτό το δίκτυο.

Η ισχύς μιας συσκευής καθορίζει την προσφερόμενη σ' αυτήν ενέργεια στη μονάδα του χρόνου. Αυτό δε σημαίνει ότι μια συσκευή μεγαλύτερης ισχύος έχει καλύτερη απόδοση. Η απόδοση εξαρτάται κατά ένα μέρος από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της συσκευής. Η ισχύς, όμως, καθορίζει το ρεύμα που τη διαρρέει, όταν λειτουργεί και το κόστος ανά ώρα λειτουργίας.

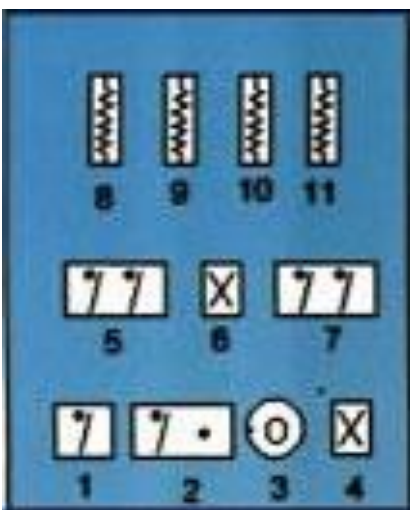
Όπως είπαμε στο σπίτι μας φτάνει εναλλασσόμενη τάση 220V, συχνότητας 50Hz. Η διανομή γίνεται από την ηλεκτρική εταιρεία με εναέρια ή υπόγεια δίκτυα, μέχρι το μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας (ή γνώμονα). Εκεί, ο ένας αγωγός συνδέεται με τη γη και θα τον ονομάζουμε «ουδέτερο», ενώ τον άλλον αγωγό τον ονομάζουμε «φάση». Σε πολλά σπίτια, όπου χρειάζεται μεγαλύτερη ενέργεια, αντί για μια φάση (μονοφασική παροχή) συνδέονται τρεις φάσεις (τριφασική παροχή). Επειδή, όμως, ελάχιστες οικιακές συσκευές έχουν τριφασική σύνδεση, αλλά και όσες έχουν λειτουργούν σαν τρεις μονοφασικές συσκευές, δε θα επεκταθούμε σε περιγραφή τριφασικών συνδέσεων.

Στο σπίτι μας επομένως φθάνουν τουλάχιστον 3 αγωγοί (εικ. 1)



Εικόνα 1

Η φάση και ο ουδέτερος είναι ενεργοί αγωγοί, ενώ η γείωση είναι αγωγός προστασίας. Οι αγωγοί από το γνώμονα φτάνουν στο γενικό πίνακα του σπιτιού μας (εικ. 2) ο οποίος πρέπει να περιέχει (με σειρά λειτουργίας) το γενικό διακόπτη (1), τον αυτόματο διακόπτη διαφυγής (2), τη γενική ασφάλεια (3), την ενδεικτική λάμπα (4). Από τη γενική ασφάλεια το ρεύμα διακλαδίζεται σε διάφορα κυκλώματα: 1) στον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα (διακόπτης 5, ενδεικτική λάμπα 6, ασφάλεια 9), 2) στο ηλεκτρικό μαγειρείο (διακόπτης 7, ασφάλεια 10), στα κυκλώματα φωτισμού (ασφάλειες 8 και 11).



Εικόνα 2

Ο πίνακας που περιγράφεται είναι ένας τυπικός πίνακας ενός μέσου ελληνικού σπιτιού. Σε μεγαλύτερα σπίτια οι πίνακες είναι πιθανότατα τριφασικοί (με τρεις γενικές ασφάλειες) και περισσότερα κυκλώματα.

Δείτε το γενικό πίνακα του σπιτιού σας και προσδιορίστε τη λειτουργία κάθε εξαρτήματος του.

Ο Γενικός Διακόπτης ελέγχει τη λειτουργία όλης της ηλεκτρικής εγκατάστασης του σπιτιού.

Τον διακόπτουμε:

- όταν υπάρχει κίνδυνος ηλεκτροπληξίας,
- όταν υπάρχει πυρκαγιά,
- όταν αλλάζουμε λάμπα,
- όταν ο ηλεκτρολόγος επισκευάζει ή τροποποιεί την εγκατάσταση.

Οι Ασφάλειες επιτρέπουν να περάσει μέχρι μια αυστηρά καθορισμένη τιμή έντασης από τους διάφορους αγωγούς. Κάθε αγωγός έχει ορισμένη διατομή. Εάν η ένταση που τον διαρρέει ξεπεράσει ορισμένη τιμή, εμφανίζεται έντονο το φαινόμενο Joule με αποτέλεσμα να υπερθερμανθεί ο αγωγός, να λιώσει η μόνωσή του, να γίνει βραχυκύκλωμα και πιθανά πυρκαγιά.

Η γενική ασφάλεια (εικ. 3) είναι τηκτή, γιατί έχει φυσίγγι που περιέχει ένα λεπτό νήμα και έναν δείκτη. Όταν η ένταση του ρεύματος υπερβεί ορισμένη τιμή (που γράφεται πάνω στην ασφάλεια) τότε το νήμα λιώνει και το κύκλωμα διακόπτεται. Ο δείκτης κρατιέται στη θέση του, όσο το νήμα δεν έχει κοπεί. Σε περίπτωση που καεί η ασφάλεια, πρέπει να διακόψεις το ρεύμα με το γενικό διακόπτη και να αντικαταστήσεις το φυσίγγι με άλλο ίδιας έντασης. Πριν ξανασυνδέσεις το ρεύμα, μείωσε την κατανάλωση σου προτιμώντας τις

ηλεκτροβόρες συσκευές (μαγειρείο - θερμοσίφωνα). Ο δείκτης κάθε φυσιγγίου έχει χαρακτηριστικό χρώμα ανάλογα με την ένταση.



Εικόνα 3

Δεν πρέπει ποτέ να επισκευάζουμε το φυσιγγί.

Οι επί μέρους ασφάλειες παλαιότερα ήταν και αυτές τηκτές, σήμερα όμως είναι αυτόματες (εικ. 4). Σε περίπτωση που πέσει μια αυτόματη ασφάλεια, σκέψου πριν αποκαταστήσεις το κύκλωμα.

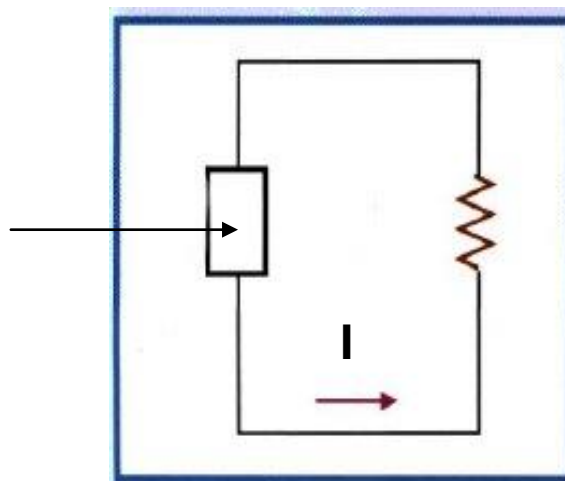
Αν υπήρξε βλάβη ή βραχυκύκλωμα, τότε αποσύνδεσε πρώτα τη χαλασμένη συσκευή.

Αν υπήρξε υπέρ ένταση (πολλές ή μεγάλες καταναλώσεις), τότε αποσύνδεσε μέχρι η ένταση να φθάσει σε επιθυμητά όρια.



Εικόνα 4

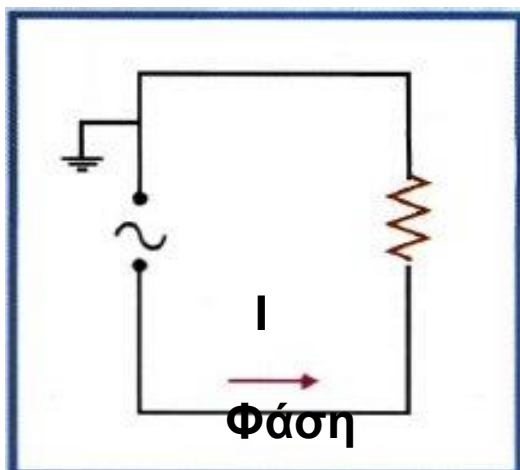
Πηγή



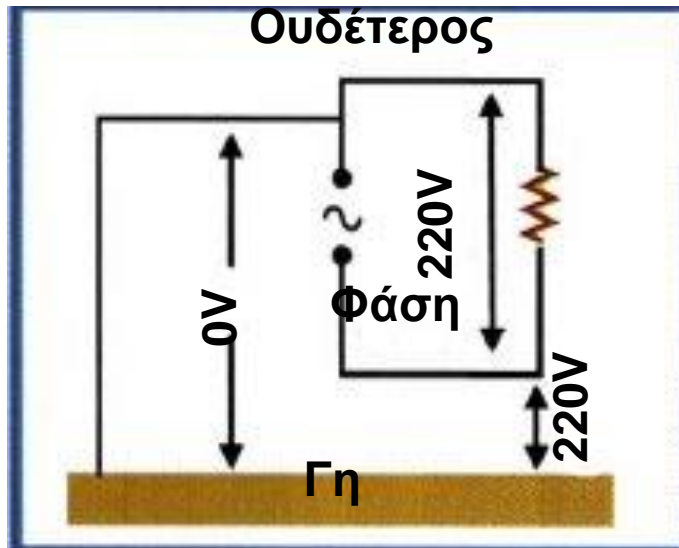
Εικόνα 5

Ο αυτόματος διακόπτης διαφυγής έχει ως στόχο την προστασία μας από διαρροή. Όπως είναι γνωστό ένα κύκλωμα αποτελείται από δύο αγωγούς, έναν προσαγωγής και έναν απαγωγής του ρεύματος (εικ. 5). Εάν ακουμπήσουμε ένα οποιοδήποτε σημείο του κυκλώματος, δε θα έχουμε συνέπειες, διότι δε θα κλείνουμε κύκλωμα. Δεν ισχύει όμως το ίδιο στο δίκτυο της πόλης μας. Έχουμε δει ότι, οι αγωγοί είναι αφενός η φάση και αφετέρου ο ουδέτερος, που είναι ενωμένος με την γη (εικ. 6). Έτσι, η τάση μεταξύ φάσης και ουδέτερου είναι 220V, μεταξύ φάσης και γης 220V και μεταξύ ουδέτερου και γης σχεδόν δεν υπάρχει τάση (εικ. 7).

Ουδέτερος

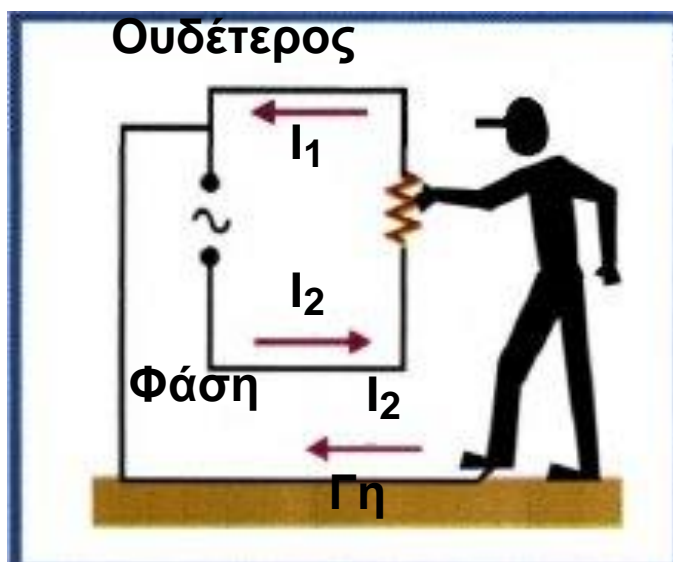


Εικόνα 6



Εικόνα 7

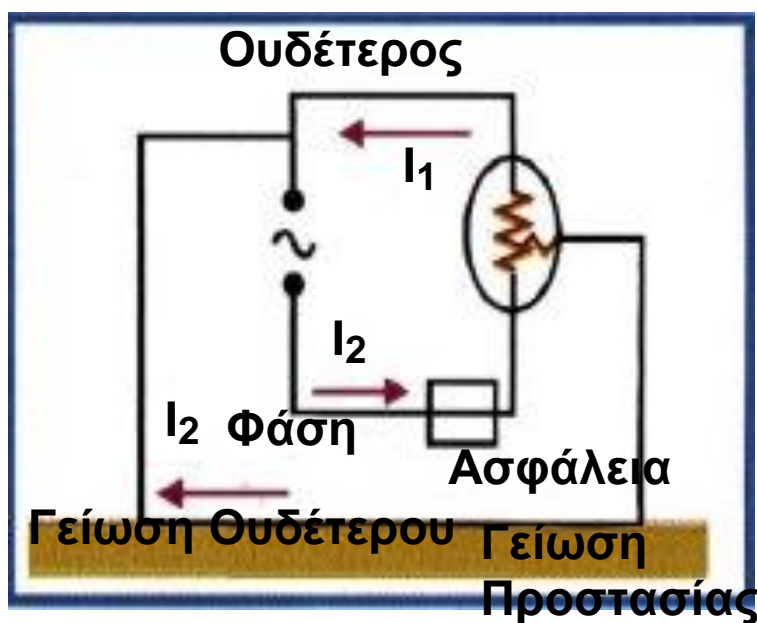
Έτσι, αν έρθει σε αγώγιμη επαφή κάποιος μ' ένα κύκλωμα του ρεύματος πόλεως, μπορεί να δεχθεί τάση από 0 έως 220V, οπότε ένα δευτερεύον ρεύμα I_2 θα περάσει από το σώμα του, με κίνδυνο την ηλεκτροπληξία. Το ρεύμα αυτό το λέμε ρεύμα διαφυγής (εικ. 8).



Εικόνα 8

Προσοχή: Η λειτουργία κάθε αυτόματου διακόπτη διαφυγής πρέπει να ελέγχεται κάθε μήνα. Για τον έλεγχο, πιέζουμε το κουμπί ΤΕΣΤ που έχει, οπότε πρέπει να διακόπτεται το κύκλωμα. Ο έλεγχος πρέπει να γίνεται πάντοτε, αφού έχουμε διακόψει τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών.

Η γείωση μάς προστατεύει από τη διαφυγή ρεύματος με διαφορετικό τρόπο. Το κύκλωμα (εικ. 9) κλείνει μέσω της γης, ένα αξιόλογο ρεύμα περνά από την ασφάλεια, που λιώνει και διακόπτει το κύκλωμα. Γείωση χρειάζονται όλες οι συσκευές που έχουν μεταλλικό περίβλημα.



Εικόνα 9

Προσοχή!! Ο ουδέτερος, ενώ είναι συνδεδεμένος με τη γη, είναι επικίνδυνο να χρησιμοποιηθεί ως γείωση.

Στις διπλανές εικόνες 10α, 10β, 10γ, φαίνονται οι τρόποι σύνδεσης διαφόρων συσκευών της οικιακής μας εγκατάστασης.

Ο ηλεκτρισμός χωρίς κινδύνους

Τι απαγορεύεται να κάνετε:

1) Μην αφαιρείτε ή καταστρέφετε τις πινακίδες των ηλεκτρικών συσκευών με τα στοιχεία λειτουργίας και το όνομα του κατασκευαστή.

2) Μην χρησιμοποιείτε τις συνηθισμένες ηλεκτρικές συσκευές στο δωμάτιο του λουτρού. Υπάρχει μεγάλος κίνδυνος ηλεκτροπληξίας.

3) Μην συνδέετε πολλές ηλεκτρικές συσκευές στην ίδια πρίζα. Οι αγωγοί υπερθερμαίνονται και υπάρχει φόβος πυρκαγιάς.

4) Μην ξεχνάτε το σίδερο στην πρίζα. Υπάρχει φόβος να κάψετε τα ρούχα και να προκαλέσετε πυρκαγιές.

5) Μην αποσυνδέετε το φισ από την πρίζα, τραβώντας το κορδόνι. Θα φθαρεί και θα προκύψει μεγάλος κίνδυνος ηλεκτροπληξίας.

6) Μην χρησιμοποιείτε συσκευές με φθαρμένα καλώδια. Η μόνωση των καλωδίων καταστρέφεται με την πάροδο του χρόνου και τα καλώδια απαιτούν αντικατάσταση.

7) Μην πιάνετε διακόπτες, πρίζες και γενικά ηλεκτρικές συσκευές με βρεγμένα χέρια. Υπάρχει μεγάλος κίνδυνος ηλεκτροπληξίας.

8) Μην περνάτε ηλεκτρικά καλώδια από το άνοιγμα θυρών, παραθύρων ή στο δάπεδο, ή κάτω από χαλιά. Θα φθαρούν εύκολα.

9) Μην επεμβαίνετε στο εσωτερικό των ηλεκτρικών συσκευών ακόμα και όταν δεν είναι συνδεδεμένες στο ρεύμα, γιατί μπορεί να προκαλέσετε βλάβη, που θα καταστήσει επικίνδυνη τη χρήση της συσκευής.

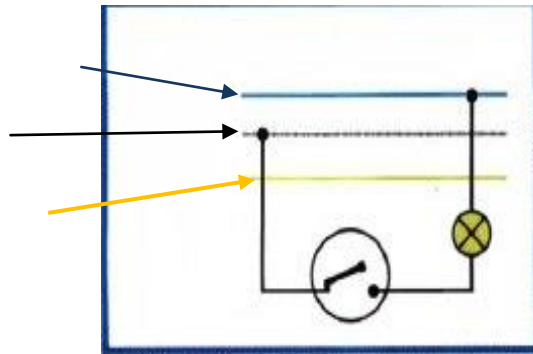
10) Μην περνάτε ηλεκτρικά καλώδια πάνω ή δίπλα από θερμάστρες, καλοριφέρ ή σωλήνες θερμού νερού. Η μόνωσή τους δεν αντέχει συνήθως σε μεγάλες θερμοκρασίες.

Σύνδεση απλού λαμπτήρα

Ουδέτερος

Φάση

Γείωση



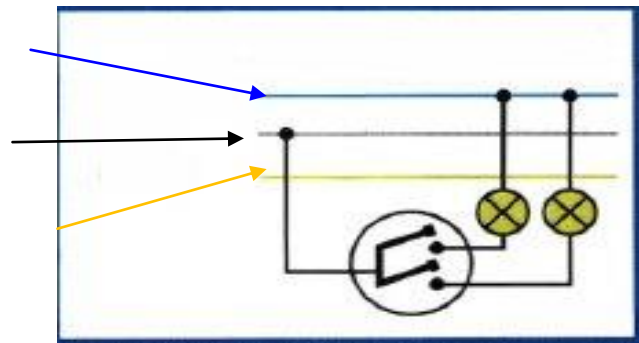
10α. Σύνδεση απλού λαμπτήρα.

Σύνδεση απλού λαμπτήρα

Ουδέτερος

Φάση

Γείωση



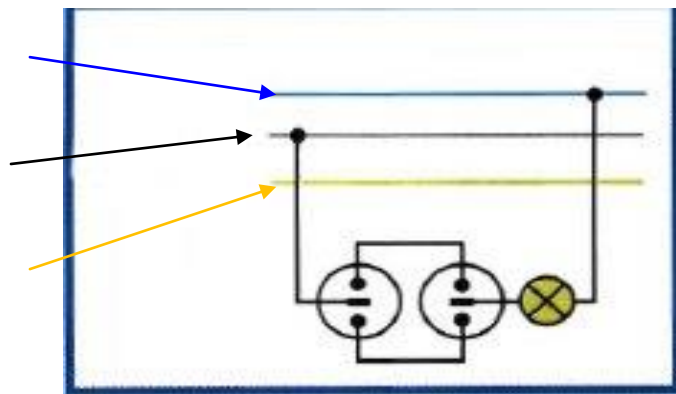
Εικ. 10β. Σύνδεση δύο λαμπτήρων με διακόπτη κομιτατέρ.

Σύνδεση απλού λαμπτήρα

Ουδέτερος

Φάση

Γείωση



Εικ. 10γ. Σύνδεση λαμπτήρα με δύο διακόπτες αλέρετούρ.

11) Μην πιάνετε ποτέ τις βιδωτές λάμπες από τον κάλυκα, όταν πρόκειται να τις βιδώσετε ή να τις ξεβιδώσετε. Κινδυνεύετε από ηλεκτροπληξία.

12) Μην αφαιρείτε τα καλύμματα και τους προφυλακτήρες του ραδιοφώνου και των άλλων ηλεκτρικών συσκευών σας, προτού τις αποσυνδέσετε από την πρίζα, γιατί τα στοιχεία τους έχουν τάση.

13) Μην χρησιμοποιείτε πρόχειρες μπαλαντέζες. Αγοράστε μία μπαλαντέζα ασφαλή, με μονωμένη λαβή, η οποία έχει το λαμπτήρα και την υποδοχή του προφυλαγμένα.

14) Μην αφήνετε τα παιδιά να σκαρφαλώνουν σε στύλους ηλεκτρικών δικτύων ή να πετάνε χαρταετούς κοντά στις γραμμές. Ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας είναι σοβαρός.

15) Αν κυνηγάτε, μη χτυπάτε πουλιά που κάθονται σε καλώδια ή μονωτήρες.

Τι επιβάλλεται να κάνετε;

1) Ζητάτε μόνο από αδειούχο εγκαταστάτη ηλεκτρολόγο να επιθεωρήσει την ηλεκτρική εγκατάσταση, όταν αλλάζετε σπίτι ή γραφείο. Ο ίδιος πρέπει να επιθεωρεί και να επισκευάζει κάθε συσκευή που παρουσιάζει ανωμαλία.

2) Διαβάζετε προσεκτικά τις οδηγίες χρήσης των ηλεκτρικών συσκευών που αγοράζετε.

3) Αγοράζετε σκεύη και μηχανήματα εγκεκριμένα από την αρμόδια υπηρεσία Κρατικού Ελέγχου του Υπουργείου Βιομηχανίας, τα οποία έχουν γραμμένο επάνω τον αριθμό έγκρισης, ή το σήμα έγκρισης από αναγνωρισμένους οργανισμούς. Τα μη εγκεκριμένα μπορεί να είναι ελαττωματικά και επικίνδυνα.

4) Βγάζετε τις ηλεκτρικές συσκευές από την πρίζα, πριν από το καθάρισμα, το ξεσκόνισμα ή τη μετατόπισή τους.

5) Εάν έχετε μικρά παιδιά στο σπίτι, υπάρχει πάντα κίνδυνος να βάλουν μεταλλικά αντικείμενα στους πόλους των πριζών. Χρησιμοποιείτε ή τα ειδικά πλαστικά βύσματα που σφραγίζουν τις ελεύθερες πρίζες ή ειδικές πρίζες ασφαλείας.

6) Διακόπτετε το ρεύμα από το γενικό διακόπτη, πριν αντικαταστήσετε μία λάμπα ή μία ασφάλεια.

7) Φωνάζετε αμέσως έναν αδειούχο εγκαταστάτη ηλεκτρολόγο για την αποκατάσταση οποιασδήποτε ανωμαλίας ή βλάβης. Στο μεταξύ διακόπτετε το ρεύμα από τον κεντρικό ή τον τοπικό διακόπτη.

8) Αν δείτε ηλεκτροφόρο σύρμα κάτω στο δρόμο, μη το πλησιάσετε. Κινδυνεύετε. Ειδοποιήστε αμέσως το πλησιέστερο γραφείο της ΔΕΗ ή το Αστυνομικό Τμήμα.

9) Εάν οδηγείτε όχημα υψηλό, γερανό, εκσκαφέα κ.τ.λ., πρέπει να προσέχετε ιδιαίτερα όταν πλησιάζετε τις ηλεκτροφόρες γραμμές. Πολλές φορές και η απλή προσέγγιση μπορεί να προκαλέσει ηλεκτρικό ατύχημα με τραγικές συνέπειες.

Αν συμβεί ηλεκτροπληξία, τότε...

1) Διακόψτε αμέσως την παροχή του ηλεκτρικού ρεύματος από το γενικό διακόπτη.

2) Σε περίπτωση που η ηλεκτροπληξία έχει γίνει σε υπαίθριο χώρο, από βλάβη του δικτύου, αφού απομακρύνετε με ένα στεγνό ξύλο το ηλεκτροφόρο καλώδιο από το θύμα, φροντίστε να ειδοποιηθεί το γρηγορότερο η ΔΕΗ.

3) Αποφύγετε κάθε μεταφορά ή μεγάλη μετακίνηση του θύματος χωρίς πρώτες βοήθειες.

4) Αρχίστε αμέσως εφαρμογή τεχνητής αναπνοής. Αν το θύμα έχει χάσει τις αισθήσεις του, μην προσπαθείτε να του δώσετε να πιει τίποτα.

5) Φροντίστε ώστε κάποιος άλλος να ειδοποιήσει αμέσως τον πλησιέστερο γιατρό ή το Σταθμό Πρώτων Βοηθειών.

B. Οι ημιαγωγοί στη ζωή μας

Στις αρχές του 1940 ο Μάρβιν Κέλυ, που ήταν δ/ντής έρευνας στα εργαστήρια της Bell, και ο Ράσελ Ολ, που ήταν μέλος του προσωπικού της εταιρείας, έκαναν μία πολύ σημαντική επίδειξη-παρουσίαση. Αυτή αφορούσε το πυρίτιο, έναν ημιαγωγό που τότε μόλις γνώριζαν.

Ο Ολ έδειξε τη συσκευή που ήταν ένα μικρό ορθογώνιο με δύο μεταλλικές επαφές. Χρησιμοποιούσε ένα φλας για να φωτίζει μια μικρή επιφάνεια στο κέντρο. Τότε έπαιρνε στις μεταλλικές επαφές μια φωτοηλεκτρική τάση 0,5V. Βλέπανε το πείραμα και δεν το πιστεύανε. Κι αυτό γιατί η ηλεκτρεγερτική δύναμη που έπαιρνε στις μεταλλικές επαφές ήταν δέκα φορές μεγαλύτερη από αυτή που περιμένανε αφού το πυρίτιο ήταν μαύρο και αδιαπέραστο από το φως. Άρχισαν να πιστεύουν το γεγονός, μόνον αφού έκαναν το πείραμα στο δικό τους εργαστήριο μ' ένα κομμάτι πυριτίου. Αυτό το κομμάτι ήταν η πρώτη επαφή p-n.

Τον Ιανουάριο του 1946, τα εργαστήρια Bell δείχνουν ενδιαφέρον για τη χρήση ημιαγωγών σε κυκλώματα και την κατασκευή στερεάς κατάστασης.

Η έρευνα λοιπόν που θα οδηγούσε στην κατανόηση των ημιαγωγών άρχιζε πάλι. Η ερευνητική ομάδα είχε επικεφαλής τους Γουίλιαμ Σόκλεϋ και Στάνλεϋ Μόργκαν που ήταν θεωρητικοί φυσικοί. Από την πρώτη στιγμή κοινή συνείδηση ήταν ότι βρίσκονται ακόμη μακριά από την πλήρη κατανόηση του φαινομένου. Ένας από τους λόγους ήταν το γεγονός ότι το οξειδίο του χαλκού και άλλοι ημιαγωγοί ήταν πολύ σύνθετα υλικά. Το πυρίτιο και το γερμάνιο ήταν τα πιο απλά. Μετά από πολύ δουλειά στις 23 Δεκεμβρίου 1947 δυο χρυσές επαφές πάχους λιγότερο από ένα χιλιοστό της ίντσας η κάθε μια κατασκευάστηκαν στο ίδιο κομμάτι γερμανίου. Το πρώτο τρανζίστορ ήταν πλέον γεγονός.

Το τρανζίστορ ανακαλύφτηκε μόνον όταν βασικές γνώσεις είχαν αναπτυχθεί σε τέτοιο βαθμό, ώστε ο ανθρώπινος νους να μπορεί να κατανοήσει και να συνθέσει τα φαινόμενα που είχαν παρατηρηθεί. Στην περίπτωση μιας συσκευής με τόσο σημαντικές επιπτώσεις στην τεχνολογία, αξίζει να σημειώσουμε ότι η ανακάλυψή της έγινε από εργασία αφιερωμένη στην κατανόηση των βασικών αρχών των φυσικών φαινομένων, πιο πολύ, παρά σε μια πειραματική μέθοδο παραγωγής χρήσιμων συσκευών.

Πολλές συσκευές που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή περιέχουν ημιαγωγούς και τρανζίστορ και ολοκληρωμένα κυκλώματα. Τέτοιες είναι: τηλεοράσεις και ραδιόφωνα, θερμοστάτες που ελέγχουν τη θέρμανση και την ψύξη, συστήματα συναγερμού, βίντεο, φούρνοι μικροκυμάτων, ιατρικά μηχανήματα, συστήματα πλοήγησης αεροπλάνων, ηλεκτρονικές γραφομηχανές, τηλέφωνα κ.ά.

Ημιαγωγούς περιέχουν και οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές (Η/Υ) που τόσο πολύ χρήσιμοι είναι πλέον στη ζωή μας. Οι Η/Υ είναι εργαλεία. Στα εργαλεία οι

άνθρωποι δίνουν οδηγίες για να κάνουν κάτι. Έτσι, στα λογιστικά γραφεία και στις εταιρείες χρησιμοποιούνται οι Η/Υ για την ταχύτερη επεξεργασία δεδομένων. Η ταχύτητα με την οποία κάνουν οι Η/Υ αριθμητικούς υπολογισμούς οδήγησε στη χρησιμοποίησή τους στη στατιστική και στα εφαρμοσμένα μαθηματικά.

Επίσης, χρησιμοποιούνται σε χημικά εργαστήρια για να αξιολογούν τις επιθυμητές ιδιότητες μιας νέας υποθετικής χημικής ένωσης και να καθορίζει μεθόδους παρασκευής της. Οι Η/Υ χρησιμοποιούνται στη μηχανική για να υπολογίσουν τάσεις υλικών, κραδασμούς, τριβές κ.λπ. Μπορούν να κάνουν υπολογισμούς για τη συμπεριφορά σωμάτων μέσα σε υγρά ή αέρια. Ακόμη, χρησιμοποιούνται και στην κατασκευή ρομπότ. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται ευρύτατα από την επιστήμη της Ιατρικής στον τομέα διάγνωσης των ασθενειών.

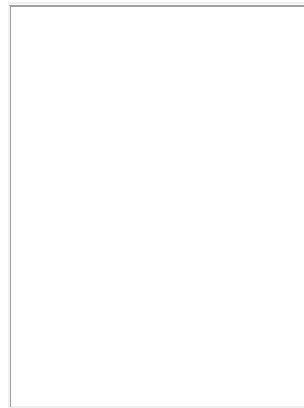
Επίσης, χρησιμοποιούνται στην κοινωνιολογία και στη γλωσσολογία. Ακόμη ένας Η/Υ μπορεί να υπολογίσει τις αποστάσεις, τις ταχύτητες των αστεριών, καθώς και να προβλέψει ουράνια φαινόμενα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

2. ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ- Συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα

2.1. Ηλεκτρικές πηγές	7
2.2. Ηλεκτρικό ρεύμα	8
2.3. Κανόνες του Kirchhoff	16
2.4. Αντίσταση (ωμική) –Αντιστάτης	23
2.5. Συνδεσμολογία αντιστατών (αντιστάσεων)	37
2.6. Ρυθμιστική (μεταβλητή) αντίσταση	48
2.7. Ενέργεια και ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος	51
2.8. Ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) πηγής	67
2.9. Νόμος του Ohm για κλειστό κύκλωμα	71
2.10. Αποδέκτες	77
2.11. Δίοδος	78
Ερωτήσεις – Δραστηριότητες.....	107
Ασκήσεις – Προβλήματα	133
Ένθετο.....	151

Με απόφαση της Ελληνικής Κυβέρνησης τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου και του Λυκείου τυπώνονται από τον Οργανισμό Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν βιβλιόσημο προς απόδειξη της γνησιότητάς τους. Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δε φέρει βιβλιόσημο θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του Νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946, 108, Α').



Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

ΕΚΔΟΣΗ Α 2011-ΑΝΤΙΤΥΠΑ 145000-ΑΡ ΣΥΜΒΑΣΗΣ 6/14-7-11

ΕΚΤΥΠΩΣΗ Ι.ΞΥΝΟΣ-Ι.Κ Β.ΕΥΣΤΡΑΤΟΓΛΟΥ ΟΕ-ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ ΠΙΠΠΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ.

