

ΛΥΚΕΙΟ ΛΙΝΟΠΕΤΡΑΣΦΥΣΙΚΗ Β' ΛΥΚΕΙΟΥ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ**9.1 Συνεχές Ηλεκτρικό Ρεύμα.**

Στο προηγούμενο κεφάλαιο μελετήσαμε τις αλληλεπιδράσεις στατικών (ακίνητων) ηλεκτρικών φορτίων. Μελετήσαμε όμως και την αλληλεπίδραση ενός ηλεκτρικού πεδίου σε ένα φορτίο που θα βρεθεί στο πεδίο αυτό και το έργο που γίνεται πάνω στο φορτίο από το πεδίο.

Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσουμε τη συνεχή ροή (κίνηση) ηλεκτρικού φορτίου, δηλαδή το συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα.

Συνεχές Ηλεκτρικό ρεύμα είναι η συνεχής ροή ηλεκτρικών φορτίων σε ένα αγωγό. Για να εμφανιστεί ηλεκτρικό ρεύμα (συνεχές ή εναλλασσόμενο) χρειάζονται δύο προϋποθέσεις:

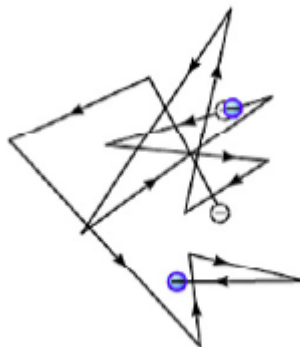
- Η ύπαρξη φορέων ηλεκτρικού φορτίου με ελευθερία κίνησης.
- Αίτιο για την κίνηση των φορέων, δηλαδή κάποιο ηλεκτρικό πεδίο.

Ρεύμα ελευθέρων ηλεκτρονίων

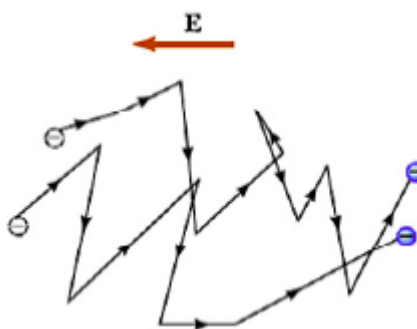
Στους μεταλλικούς αγωγούς (καλώδια) οι φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ελεύθερα αρνητικά φορτία (φορείς των οποίων είναι τα ηλεκτρόνια). Όταν εφαρμόζεται διαφορά δυναμικού στα άκρα ενός μεταλλικού αγωγού τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται με μια ταχύτητα ροής, όπως ονομάζεται, προς σημεία υψηλότερου δυναμικού, δηλαδή αντίθετα με τη φορά της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου.

Στο σχήμα 1 παρατηρούμε την τυχαία κίνηση ενός ελευθέρου ηλεκτρονίου σε ένα μεταλλικό αγωγό. Τα ηλεκτρόνια σε ένα αγωγό κινούνται τυχαία με μεγάλες ταχύτητες της τάξης του 10^6 m/s .

Στο σχήμα 2 παρατηρούμε την κίνηση δύο ελευθέρων ηλεκτρονίων όταν εφαρμοστεί ηλεκτρικό πεδίο κατά μήκος του αγωγού. Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται σε σημεία υψηλότερου δυναμικού, αντίθετα με τη φορά της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου. Η ταχύτητα που ολισθαίνουν τα ηλεκτρόνια κατά τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος είναι πολύ μικρή της τάξης του 10^{-4} m/s .



Σχήμα 1



Σχήμα 2

9.2 Ηλεκτρική πηγή.

Η ηλεκτρική πηγή είναι μια διάταξη η οποία δημιουργεί διαφορά δυναμικού σε ένα κύκλωμα, άρα και στα άκρα οποιουδήποτε αγωγού που είναι μέρος του κυκλώματος. Σε κάθε ηλεκτρική πηγή υπάρχουν δύο αντίθετα ηλεκτρισμένες περιοχές τις οποίες ονομάζουμε ηλεκτρικούς πόλους. Μεταξύ του θετικού και του αρνητικού πόλου κάθε ηλεκτρικής πηγής δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο.

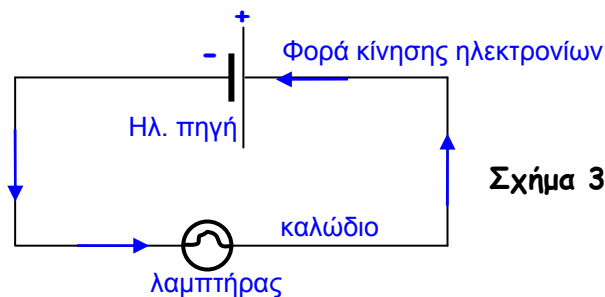
Η διαφορά δυναμικού στους πόλους μιας ηλεκτρικής πηγής (όπως μιας μπαταρίας), όταν δεν διαρρέεται από ρεύμα, ονομάζεται **Ηλεκτρεγερτική Δύναμη** (Η.Ε.Δ.) και συμβολίζεται με το γράμμα E .

Η Ηλεκτρεγερτική δύναμη μιας ηλεκτρικής πηγής ορίζεται ως η ενέργεια που προσφέρει σε ένα κύκλωμα ανά μονάδα ηλεκτρικού φορτίου που διέρχεται από αυτήν. Η διαφορά δυναμικού στους πόλους της ηλεκτρικής πηγής όταν διαρρέεται από ρεύμα ονομάζεται **πολική τάση** και συμβολίζεται με V_{π} . Όπως θα δούμε η πολική τάση είναι μικρότερη από την ηλεκτρεγερτική δύναμη λόγω της εσωτερικής ηλεκτρικής αντίστασης της πηγής.

Για να δημιουργήσουμε ηλεκτρικό πεδίο στο εσωτερικό ενός αγωγού (ή στα άκρα ενός λαμπτήρα) χρησιμοποιούμε μια ηλεκτρική πηγή (μπαταρία, γεννήτρια κτλ).

Όταν συνδέσουμε τους δύο πόλους μιας μπαταρίας με αγωγό (καλώδιο) στο εσωτερικό του αγωγού δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο και στα ελεύθερα ηλεκτρόνια ασκείται ηλεκτρική δύναμη. Η κίνηση των ελευθέρων ηλεκτρονίων προσανατολίζεται από την κατεύθυνση της δύναμης. Έτσι αυτά κινούνται στον αγωγό από τον αρνητικό προς το θετικό πόλο της μπαταρίας και στον αγωγό εμφανίζεται προσανατολισμένη κίνηση ηλεκτρονίων, δηλαδή το συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα.

Το σχήμα 3 δείχνει σχηματικά μια ηλεκτρική πηγή (μπαταρία), καλώδια και ένα λαμπτήρα που συνδέονται για να σχηματίσουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.



Στο κύκλωμα η μπαταρία μέσω του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργεί έλκει τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του κυκλώματος (των αγωγών) προς το θετικό πόλο και τα απωθεί από τον αρνητικό πόλο. Έτσι η φορά της κίνησης των ηλεκτρονίων σε ένα κύκλωμα είναι από τον αρνητικό προς το θετικό πόλο της μπαταρίας.

Ρεύμα Θετικών οπών

Κάποιοι κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού (μονωτές), όταν περιέχουν κάποιο μικρό ποσοστό προσμίξεων, αλλάζουν ηλεκτρικές ιδιότητες και μπορούν να συμπεριφέρονται υπό προϋποθέσεις ως καλοί αγωγοί. Τα υλικά αυτής της κατηγορίας ονομάζονται ημιαγωγοί και στους ημιαγωγούς αποδίδεται ρεύμα ίδιας φοράς με του εφαρμοζόμενου ηλεκτρικού πεδίου, που οφείλεται σε κίνηση φαινομένων θετικών φορτίων που ονομάζονται θετικές οπές. Στην πραγματικότητα το ρεύμα των θετικών οπών οφείλεται πάλι σε κίνηση ηλεκτρονίων, που είναι οι μόνοι, υπό προϋποθέσεις, κινούμενοι φορείς ηλεκτρικού φορτίου μέσα στους ημιαγωγούς. Η κίνηση των ηλεκτρονίων στους ημιαγωγούς όμως δεν είναι ελεύθερη, όπως στα μέταλλα που λειτουργούν ως νέφος που παρασύρεται από τις διαφορές του ηλεκτρικού δυναμικού. Στους ημιαγωγούς τα ηλεκτρόνια είναι δεσμευμένα και η κίνησή τους είναι, στην ουσία, μετατόπιση μεταξύ επιτρεπτών θέσεων μέσα στο υλικό. Όταν εφαρμόζουμε στον ημιαγωγό διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού (ηλεκτρική τάση), το κενό που αφήνεται από ένα ηλεκτρόνιο που αλλάζει θέση, μετατοπιζόμενο σε μια επιτρεπτή διπλανή, περιγράφεται ως θετική οπή, η οποία μάλιστα εμφανίζεται ακριβώς στα σημεία που έχουν παγιδευτεί οι προσμίξεις μέσα στο υλικό. Επειδή η επιτρεπτή θέση που καταλαμβάνει το ηλεκτρόνιο με τη μεταπήδηση είναι επίσης μια οπή, η οποία πλέον χάνεται, φαίνεται τελικά σα να έχουμε μετατόπιση της θετικής αυτής οπής στην προηγούμενη θέση του ηλεκτρονίου. Επειδή το ρεύμα αυτό δεν είναι αποτέλεσμα της ελεύθερης κίνησης των ηλεκτρονίων ως νέφος, παρά εξαρτάται άμεσα από τις ιδιότητες του υλικού του ημιαγωγού, προτιμούμε να μιλάμε για ρεύμα που οφείλεται σε θετικούς φορείς, τις θετικές οπές, που αντικατοπτρίζουν καλύτερα το μηχανισμό της κίνησης του ρεύματος στους ημιαγωγούς και θεωρούμε ως φορά

του ρεύματος σε αυτούς το ρεύμα της κίνησης των θετικών σπών, που έχει ανάστροφη φορά από αυτό της μετατόπισης των ηλεκτρονίων.

Ρεύμα ιόντων

Στο φαινόμενο της ηλεκτρόλυσης παρατηρούμε κίνηση και θετικών και αρνητικών ιόντων ταυτόχρονα μέσα στο νερό που εμβαπτίζεται η άνοδος και η κάθοδος και το ρεύμα εκεί οφείλεται στην κίνηση και των δύο τύπων φορτίων. Αυτό ισχύει υπό συνθήκες και σε αέρια, όταν αυτά βρίσκονται στην κατάσταση της ύλης που ονομάζεται πλάσμα, όπου το αέριο είναι ιονισμένο. Το ρεύμα ιόντων σε πλάσμα το παρατηρούμε στο φαινόμενο της αστραπής, σε σωλήνες φωτεινών επιγραφών κλπ.

9.3 Ένταση Ηλεκτρικού Ρεύματος.

Το φυσικό μέγεθος που μετρά το ηλεκτρικό ρεύμα είναι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, που ορίζεται ως η ποσότητα του ηλεκτρικού φορτίου που περνά από μια διατομή ενός αγωγού στη μονάδα του χρόνου, δηλαδή: $I = \frac{q}{\Delta t}$.

Δηλαδή η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ο ρυθμός διέλευσης του ηλεκτρικού φορτίου από μια διατομή ενός αγωγού. Πιο απλά, σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα περνάει από τη διατομή του αγωγού ηλεκτρικό φορτίο. Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος δείχνει πόσο φορτίο περνά στη μονάδα του χρόνου.

Αν N είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων που περνούν από μια διατομή ενός μεταλλικού αγωγού στη μονάδα του χρόνου, έχουμε τη σχέση $I = \frac{Ne}{\Delta t}$, όπου e είναι το φορτίο του ηλεκτρονίου.

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι μονόμετρο φυσικό μέγεθος, αλλά επιπλέον, στο συνεχές ρεύμα, έχει φορά από τα σημεία ψηλού δυναμικού στα σημεία χαμηλού δυναμικού. Μετριέται στο διεθνές σύστημα μονάδων σε Αμπέρ, A (Ampere (=Coulomb/second) και θεωρείται θεμελιώδης μονάδα.

Υπάρχουν άλλοι δύο τρόποι με τους οποίους μετράται το ηλεκτρικό ρεύμα, οι οποίοι έχουν σχέση με την κατανομή του στο χώρο. Το ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να διαρρέει έναν μονοδιάστατο αγωγό, μια επιφάνεια ή μια περιοχή του χώρου. Στην περίπτωση που ρέει έναν αγωγό χρησιμοποιείται κανονικά η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος για τη μέτρησή του, όπως ορίστηκε πιο πάνω. Στην περίπτωση της επιφάνειας το ηλεκτρικό ρεύμα τη διαρρέει κατά μέτωπο σαν άπειροι μονοδιάστατοι αγωγοί να έχουν συγκεντρωθεί ο ένας δίπλα στον άλλον και να έχουν σχηματίσει μια επιφάνεια. Τότε χρησιμοποιείται η επιφανειακή πυκνότητα ηλεκτρικού ρεύματος, ένα διανυσματικό μέγεθος με κατεύθυνση την κατεύθυνση του μετώπου σε κάθε σημείο της επιφάνειας και μετράται σε A/m . Αντίστοιχα στο χώρο χρησιμοποιείται η πυκνότητα ηλεκτρικού ρεύματος, και αυτή είναι διανυσματικό μέγεθος με κατεύθυνση την κατεύθυνση του ηλεκτρικού ρεύματος, μετράται σε A/m^2 .

Φορά του ηλεκτρικού ρεύματος και φορά της έντασης του ρεύματος

Η φορά του ρεύματος είναι αυτή των ηλεκτρικών φορτίων, δηλαδή η φορά των ηλεκτρονίων για μεταλλικούς αγωγούς η φορά των θετικών σπών στους ημιαγωγούς και η φορά των ιόντων στους ηλεκτρολύτες.

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος έχει θετική φορά από ένα σημείο σε ένα άλλο με μικρότερο δυναμικό, έχει δηλαδή τη φορά της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου. Έτσι η ένταση του ρεύματος έχει φορά (θετική) σε σημεία όπου το δυναμικό μειώνεται. Αν η ένταση του ρεύματος είναι αρνητική αυτό σημαίνει ότι το δυναμικό αυξάνεται κατά τη φορά αυτή. Όταν σημειώνουμε με βέλος σε ένα κύκλωμα τη φορά της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος, τότε η φορά αυτή δείχνει τη φορά της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που είναι η φορά μείωσης του δυναμικού.

Άρα, η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος είναι η φορά κίνησης των ηλεκτρικών φορτίων, η οποία δεν ταυτίζεται απαραίτητα με τη φορά της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος. Η φορά της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ταυτόσημη με τη φορά κίνησης των ηλεκτρικών φορτίων, όταν το ηλεκτρικό ρεύμα οφείλεται αποκλειστικά στην κίνηση θετικών φορτίων στον αγωγό. Παλιότερα πίστευαν ότι τα ελεύθερα κινούμενα φορτία στα μέταλλα ήταν θετικά, δηλαδή ότι οι δύο φορές, της έντασης και της κίνησης των φορτίων στους αγωγούς αυτούς, ταυτίζονταν.

Επομένως, υπάρχουν δύο κατευθύνσεις που χαρακτηρίζουν το ηλεκτρικό ρεύμα:

- Η φορά της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος, η οποία δείχνει τη φορά μείωσης του δυναμικού και ονομάζεται συμβατική φορά.
- Η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος, η οποία είναι η φορά κίνησης των φορτίων, για αυτό ονομάζεται και πραγματική φορά. Η πραγματική φορά εξαρτάται από το είδος των φορτίων του ηλεκτρικού ρεύματος, δηλαδή από το αν είναι θετικά ή αρνητικά και ορίζεται όταν κινούνται κυρίως μόνο είτε τα μεν είτε τα δε.

9.4 Είδη ηλεκτρικού ρεύματος

Ανάλογα με την εξάρτηση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος με το χρόνο διακρίνουμε το ηλεκτρικό ρεύμα σε διάφορα είδη. Υπάρχουν δύο κύρια είδη ηλεκτρικού ρεύματος:

Συνεχές ρεύμα

Συνεχές ρεύμα είναι το ηλεκτρικό ρεύμα που έχει μία συγκεκριμένη φορά.

Συνήθως το συνεχές ρεύμα έχει σταθερό μέτρο έντασης, με το οποίο λειτουργούν τα περισσότερα κυκλώματα και το οποίο παράγουν οι μπαταρίες. Αυτά τα κυκλώματα είναι μικρά ηλεκτρικά κυκλώματα ή ηλεκτρονικά κυκλώματα. Επειδή έχει σταθερή ένταση, υποχρεωτικά παράγεται από σταθερή τάση, δεδομένου ότι το κύκλωμα δεν αλλάζει σημαντικά με την πάροδο του χρόνου.

Εναλλασσόμενο ρεύμα

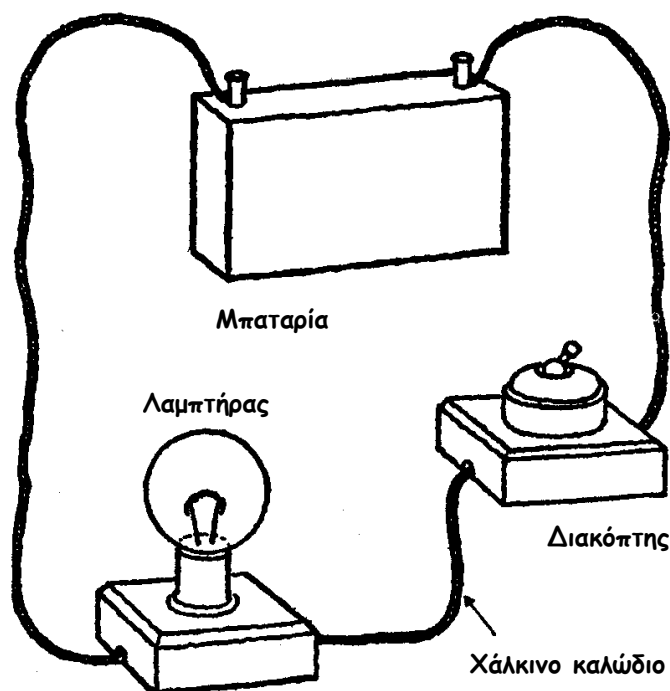
Εναλλασσόμενο ρεύμα είναι το ρεύμα στο οποίο εναλλάσσεται η φορά, δηλαδή η φορά αλλάζει περιοδικά με το χρόνο.

Συνήθως αυτή η μεταβολή είναι αρμονική συνάρτηση του χρόνου, οπότε έχει περίοδο και φάση, και με το οποίο λειτουργούν μεγάλα δίκτυα ηλεκτροδότησης. Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι μεταβλητή σε σχέση με το χρόνο. Το ηλεκτρικό ρεύμα χαρακτηρίζεται τότε από την ενεργό ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος. Η τάση μεταβάλλεται επίσης αρμονικά με το χρόνο, για αυτό περιγράφεται από την ενεργό τάση.

9.5 Ηλεκτρικό κύκλωμα

Κάθε διάταξη που αποτελείται από κλειστούς αγωγίμους «δρόμους», μέσω των οποίων μπορεί να διέλθει ηλεκτρικό ρεύμα ονομάζεται ηλεκτρικό κύκλωμα. Όταν τα ηλεκτρόνια ακολουθούν μια κλειστή διαδρομή λέμε ότι διαθέτουμε ένα κλειστό κύκλωμα ηλεκτρικού ρεύματος.

Όταν τα ηλεκτρόνια δεν μπορούν να ακολουθήσουν μια κλειστή διαδρομή έχουμε ένα ανοικτό κύκλωμα ηλεκτρικού ρεύματος. Ο αέρας που παρεμβάλλεται είναι μονωτής. Τα ηλεκτρόνια δεν μπορούν να κινηθούν μέσα σ' αυτόν, με συνέπεια και η κίνησή τους μέσα σε ένα ανοικτό κύκλωμα να σταματά. Για παράδειγμα στο σχήμα όταν ο διακόπτης είναι ανοικτός σταματά η ροή των ηλεκτρονίων στο κύκλωμα και ο λαμπτήρας δεν φωτοβολεί εφόσον δεν υπάρχει ρεύμα.



Στα (ηλεκτρικά) κυκλώματα διακρίνουμε τα εξής μέρη:

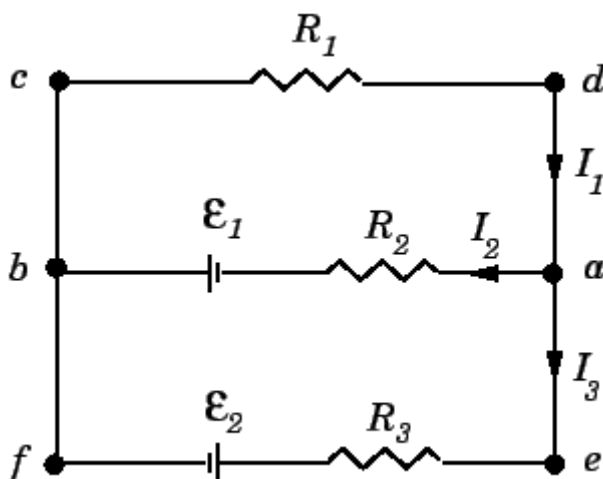
Κόμβος: Σημείο στο οποίο συντρέχουν περισσότεροι από δύο αγωγοί. Συνήθως επισημαίνονται με γράμματα ως σημεία αναφοράς για τη μελέτη του κυκλώματος.

- **Κλάδος:** Μέρος ενός κυκλώματος μεταξύ δύο διαδοχικών κόμβων.
- **Βρόχος:** Μέρος ενός κυκλώματος που απαρτίζεται από διαδοχικούς κλάδους σχηματίζοντας μία ακριβώς κλειστή διαδρομή.

Συνήθως σε κάθε κύκλωμα χρειάζεται να υπολογίζουμε σε κάθε συσκευή την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που τη διαρρέει, την τάση που εφαρμόζεται στα άκρα της, την ισχύ που μεταφέρεται στη συσκευή και άλλα. Για τον υπολογισμό όλων αυτών των πληροφοριών σε ένα κύκλωμα χρησιμοποιούμε συνήθως τους νόμους του $\Omega\mu$ και τους κανόνες του Κίρχοφ γνωρίζοντας την αντίσταση των συσκευών (και των αγωγών, αν δεν είναι αμελητέα) και την ηλεκτρεγερτική δύναμη της πηγής ή των πηγών.

Κάθε συσκευή έχει ακροδέκτες, δηλαδή σημεία με τα οποία συνδέεται στο κύκλωμα. Έστω ένα ήδη σχηματισμένο κύκλωμα. Αν θέλουμε να συνδέσουμε και μία άλλη συσκευή δύο ακροδεκτών στο κύκλωμα, τότε μπορούμε είτε να την παρεμβάλλουμε σε έναν κόμβο (σύνδεση σε σειρά) ή να τη συνδέσουμε εφαρμόζοντας τους ακροδέκτες σε δύο ξεχωριστούς κόμβους (σύνδεση παράλληλα). Αν δύο συσκευές είναι συνδεδεμένες σε σειρά, τότε σημαίνει ότι σχηματίζουν έναν κλάδο με δύο άκρα, ενώ αν είναι συνδεδεμένες παράλληλα σημαίνει ότι σχηματίζουν ένα βρόχο.

Στο κύκλωμα έχουμε δύο κόμβους, τα σημεία b και a . Έχουμε τους κλάδους bcd , ba και $aefb$. Έχουμε, τέλος, τους βρόχους $bcdab$ και $aefba$.



9.6 Ηλεκτρικά στοιχεία

Για την ανάλυση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων χρησιμοποιούμε την έννοια των κυκλωματικών στοιχείων. Αυτά αποτελούν στοιχεία των οποίων η συμπεριφορά επηρεάζεται απ' τα διάφορα μεγέθη του κυκλώματος, όπως η τάση και το ρεύμα (ένταση του ρεύματος), καθώς επίσης και η λειτουργία τους επηρεάζει το υπόλοιπο κύκλωμα. Με την χρήση λοιπόν αυτών των στοιχείων καταφέρνουμε να μοντελοποιήσουμε ένα κύκλωμα και στην συνέχεια να μελετήσουμε την λειτουργία του και την απόκρισή του.

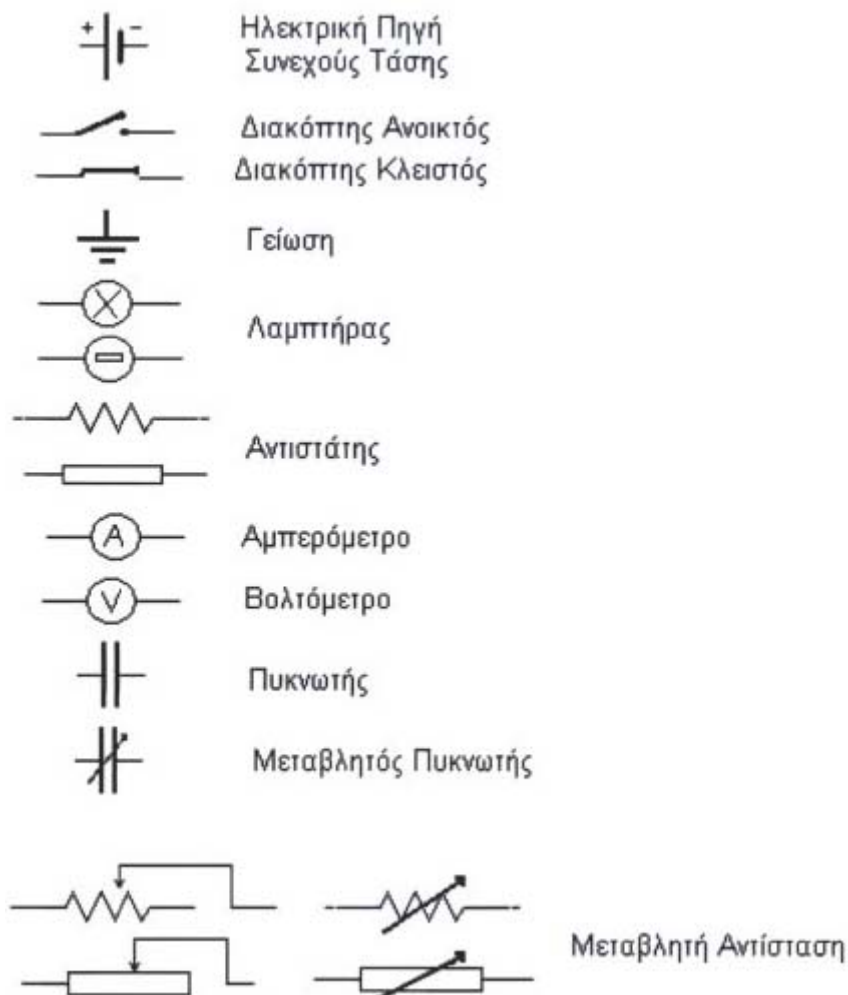
Υπάρχουν βασικά τριών ειδών ηλεκτρικά στοιχεία:

- Τα παραγωγικά ηλεκτρικά στοιχεία, δηλαδή οι πηγές. Στις πηγές οφείλεται η ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ), η οποία είναι η αιτία του ηλεκτρικού ρεύματος στο κύκλωμα, δηλαδή οι πηγές δημιουργούν ηλεκτρικό πεδίο, ώστε να ασκούνται δυνάμεις στα ελεύθερα ηλεκτρόνια του κυκλώματος, άρα και να δημιουργείται ηλεκτρικό ρεύμα.
- Οι αγωγοί. Οι αγωγοί συνδέουν την πηγή με τις συσκευές και μεταφέρουν το ηλεκτρικό ρεύμα, άρα και την ηλεκτρική ενέργεια εκεί που χρειάζεται.
- Τα καταναλωτικά ηλεκτρικά στοιχεία, δηλαδή οι συσκευές. Οι συσκευές καταναλώνουν την ηλεκτρική ενέργεια, για να εκτελέσουν μία λειτουργία, όπως ο φωτισμός.

Οι πηγές, άρα και τα κυκλώματα και οι συσκευές, είναι δύο ειδών συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος (DC) και εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος (AC). Η μπαταρία είναι φορητή πηγή συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος. Οι θερμικές συσκευές μπορούν να δουλέψουν με τον ίδιο τρόπο και στα δύο είδη ρεύματος. Οι αγωγοί επειδή λειτουργούν και αυτοί σαν θερμικές συσκευές δε διαχωρίζονται σε αυτές τις δύο κατηγορίες.

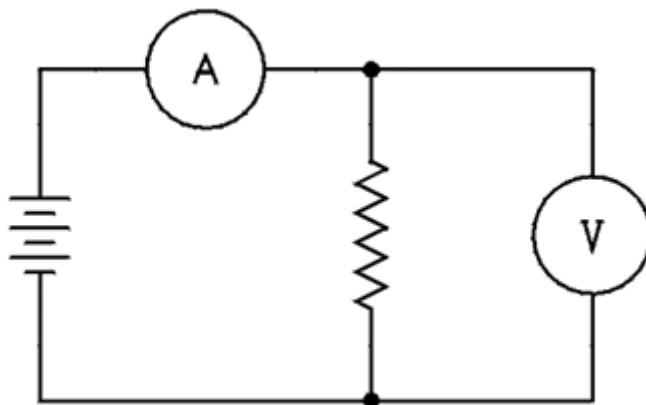
Στα στοιχεία για κυκλώματα συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος υπάρχει επισήμανση + και -, όπως και στην πηγή. Σε κάθε συσκευή το άκρο + συνδέεται με το άκρο + της πηγής ή με άκρο - μιας άλλης συσκευής, ενώ το άκρο - της συσκευής συνδέεται με το άκρο - της πηγής ή άκρο + μιας άλλης συσκευής.

Στη συνέχεια έχουμε τα σύμβολα των πιο συνηθισμένων ηλεκτρικών στοιχείων που χρησιμοποιούμε στα κυκλώματα.



9.7 Όργανα μέτρησης

Το βολτόμετρο είναι το όργανο για τη μέτρηση διαφοράς δυναμικού/τάσης. Το αμπερόμετρο είναι όργανο για τη μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος. Στο κύκλωμα φαίνεται ο τρόπος σύνδεσης των δύο οργάνων.



9.8 Ωμική Ηλεκτρική αντίσταση

Ωμική Ηλεκτρική αντίσταση είναι το μέγεθος με το οποίο προσμετρείται η δυσχέρεια στην έλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από ένα υλικό, όταν το υλικό αυτό δε φέρει ιδιάζον σχήμα, ώστε να μην αναπτύσσονται επιπλέον ηλεκτρικές ιδιότητες οφειλόμενες σε χωρητικά ή επαγωγικά φαινόμενα. Κατά την κίνηση των ηλεκτρονίων αγωγιμότητας σε ένα αγωγό, αυτά συγκρούονται με τα άτομα ή ιόντα του αγωγού, άρα υπάρχει μια δυσκολία στην κίνηση των ηλεκτρονίων. Η ηλεκτρική αντίσταση του αγωγού εκφράζει τη δυσκολία που συναντούν τα ηλεκτρόνια κατά την κίνησή τους μέσα στον αγωγό. Στους μεταλλικούς αγωγούς αυτή η αντίσταση αυξάνεται με τη θερμοκρασία, επειδή με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται το πλάτος ταλάντωσης των ατόμων ή ιόντων και έτσι αυξάνεται η συχνότητα σύγκρουσης των ηλεκτρονίων με τα άτομα ή ιόντα. Η ωμική αντίσταση, μετρούμενη σε ένα αγωγό που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο προκαλεί η εφαρμογή μιας διαφοράς ηλεκτρικού δυναμικού στα άκρα του, ορίζεται ως το πηλίκο της διαφοράς δυναμικού προς την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος:

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

όπου:

R: Η αντίσταση που εμφανίζει το ηλεκτρικό στοιχείο (σε ohms)

V: Η διαφορά δυναμικού/τάση που εφαρμόζεται στα άκρα του ηλεκτρικού στοιχείου (σε volts)

I: Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το ηλεκτρικό στοιχείο (σε amperes)

Η μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αντίστασης στο Διεθνές σύστημα μονάδων (SI) είναι το Ωμ (στα Αγγλικά **Ohm**), το οποίο συμβολίζεται ως (**Ω**) και πήρε την

ονομασία αυτή από τον Γερμανό φυσικό Γκέοργκ Ωμ (*Georg Ohm*) και ορίζεται ως $1\Omega = 1V/1A$.

Η αντίσταση είναι εξ ορισμού αντίθετη έννοια της αγωγιμότητας. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ορίζεται ως το αντίστροφο μέγεθος της αντίστασης. Υλικά που είναι μονωτές έχουν μεγάλη αντίσταση, ενώ υλικά που είναι αγωγοί έχουν μικρή αντίσταση. Η αντίσταση μπορεί να μην είναι σταθερή, αλλά να αλλάζει ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες, ή να εξαρτάται από το ηλεκτρικό ρεύμα.

9.9 Νόμος του Ohm.

Σε μεταλλικούς αγωγούς και για σταθερή θερμοκρασία το πηλίκο της έντασης του ρεύματος προς τη διαφορά δυναμικού στα άκρα του αγωγού είναι σταθερό. Με άλλα λόγια η ένταση του ρεύματος που διαρρέει ένα αγωγό είναι ανάλογη της διαφοράς δυναμικού στα άκρα του, όταν η θερμοκρασία είναι σταθερή.

Ωμική αντίσταση. Ένας αγωγός που ακολουθεί το νόμο του Ohm ονομάζεται ωμική αντίσταση.

9.10 Ηλεκτρική ενέργεια.

Η ηλεκτρική ενέργεια σε ένα κύκλωμα είναι η κινητική ενέργεια που μεταφέρουν τα ηλεκτρόνια αγωγιμότητας (αυτά που δημιουργούν το ηλεκτρικό ρεύμα). Αυτή η ενέργεια μετατρέπεται σε άλλες μορφές ενέργειας στο κύκλωμα όπως θερμική, φωτεινή και άλλες ανάλογα με την ηλεκτρική συσκευή που χρησιμοποιείται στο κύκλωμα.

9.11 Διαφορά δυναμικού / Τάση.

Η διαφορά δυναμικού V σε δύο σημεία ενός κυκλώματος ορίζεται ως η ηλεκτρική ενέργεια ανά μονάδα φορτίου που διαρρέει το κύκλωμα από το ένα σημείο στο άλλο.

9.12 Ηλεκτρική ισχύς πηγής.

Η ηλεκτρική ισχύς μιας πηγής ορίζεται ως ο ρυθμός της ηλεκτρικής ενέργειας που αποδίδει η πηγή.

$$\text{Είναι, } P = \frac{E_{\eta\lambda}}{\Delta t} = \frac{QE}{\Delta t} = IE.$$

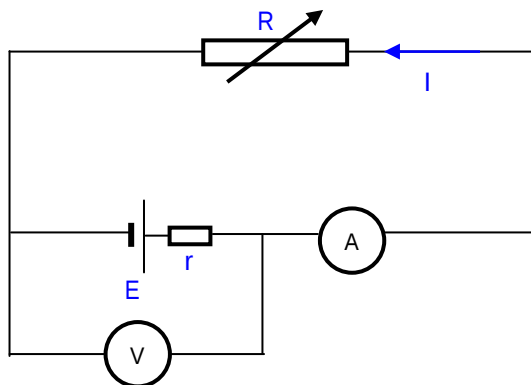
9.13 Ηλεκτρική ισχύς σε ένα αντιστάτη.

Η ηλεκτρική ισχύς που αποδίδει ένας αντιστάτης ή άλλο ηλεκτρικό στοιχείο που είναι καταναλωτής της ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε άλλες μορφές, ορίζεται ως ο ρυθμός της ηλεκτρικής ενέργειας που μετατρέπει σε άλλες μορφές.

$$\text{Είναι, } P = \frac{E_{\eta\lambda}}{\Delta t} = \frac{QV}{\Delta t} = IV. \text{ Λόγω της σχέσης } I = \frac{V}{R}, \text{ έχουμε επίσης, } P = \frac{V^2}{R} \text{ και } P = I^2 R.$$

9.14 Ηλεκτρεγερτική δύναμη πηγής - πολική τάση - εσωτερική αντίσταση πηγής.

Η διαφορά δυναμικού στα άκρα (πόλους) μιας πηγής όταν αυτή δε διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, ονομάζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη, (Η.Ε.Δ.), E , της πηγής. Όταν η πηγή διαρρέεται από ρεύμα, λόγω της εσωτερικής της αντίστασης, η διαφορά δυναμικού στα άκρα της είναι μικρότερη από την Η.Ε.Δ. Αυτή η διαφορά δυναμικού στα άκρα της πηγής όταν διαρρέεται από ρεύμα, ονομάζεται πολική τάση, V_{π} .



$$\text{Είναι, } I = \frac{E}{R + r} \Rightarrow IR + Ir = E \Rightarrow V_{\pi} = E - Ir$$

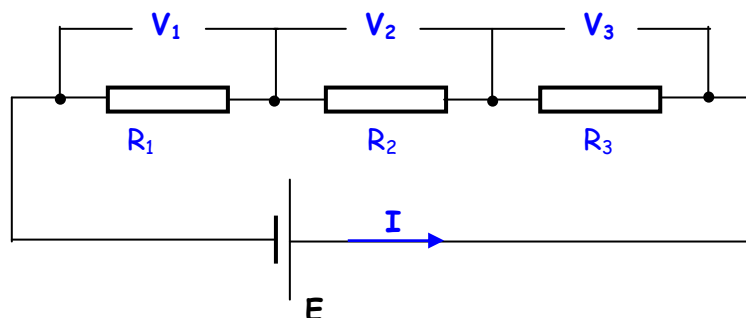
9.15 Συνδεσμολογία αντιστατών

Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι με τους οποίους μπορούμε να συνδέσουμε αντιστάσεις μεταξύ τους, με σύνδεση σε σειρά ή σύνδεση παράλληλα ή ακόμα συνδυασμό σε σειρά και παράλληλα.. Και στις δύο περιπτώσεις μπορούμε χρησιμοποιώντας τους νόμους του Kirchhoff και τον νόμο του Ohm να βρούμε τις σχέσεις που συνδέουν την τάση, το ρεύμα και την τιμή της αντίστασης του στοιχείου. Ένα πολύ σημαντικό αποτέλεσμα που προκύπτει από αυτήν την ανάλυση, είναι η αντικατάσταση δύο ή περισσότερων αντιστατών από ένα που θα έχει τα ίδια κυκλωματικά στοιχεία, δηλαδή ένταση ρεύματος και πτώση τάσης, με όλους μαζί. Αυτό πολλές φορές αποδεικνύεται ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο, καθώς μας βοηθάει να απλοποιήσουμε το κύκλωμα μας σε μεγάλο βαθμό, κάνοντας έτσι την ανάλυσή του ευκολότερη.

Ισοδύναμη αντίσταση. Δύο ή περισσότεροι αντιστάτες σε ένα κύκλωμα μπορούν να αντικατασταθούν από ένα αντιστάτη ο οποίος να αποδίδει την ίδια ηλεκτρική ισχύ που αποδίδουν όλοι οι αντιστάτες μαζί. Η ηλεκτρική αντίσταση του αντιστάτη αυτού ονομάζεται ισοδύναμη αντίσταση ή ολική αντίσταση, ($R_{ολ}$).

Συνδεσμολογία αντιστάτων σε σειρά

Στη σύνδεση σε σειρά συνδέουμε δύο ή περισσότερους αντιστάτες μεταξύ τους έτσι ώστε να έχουν κοινό μόνο ένα κόμβο. Με απλά λόγια, η σύνδεση σε σειρά προκύπτει όταν ενώνουμε το ένα άκρο ενός αντιστάτη με ένα άκρο ενός άλλου αντιστάτη, χωρίς βέβαια να ενώνουμε και τα άκρα που απομένουν μεταξύ τους. Με αυτόν τον τρόπο το ρεύμα που θα περνάει από τον ένα αντιστάτη θα περνάει και από το δεύτερο με την ίδια ένταση.



$$I = \text{κοινό}, V_1 + V_2 + V_3 + \dots = E.$$

Το αποτέλεσμα από την σύνδεση αντιστάτων σε σειρά είναι ότι η τιμή της ολικής αντίστασης (ισοδύναμης αντίστασης) $R_{ολ}$ ενός αντιστάτη που θα αντικαθιστά όλους τους άλλους αντιστάτες είναι ίση με το άθροισμα των συμβαλλομένων αντιστάσεων:

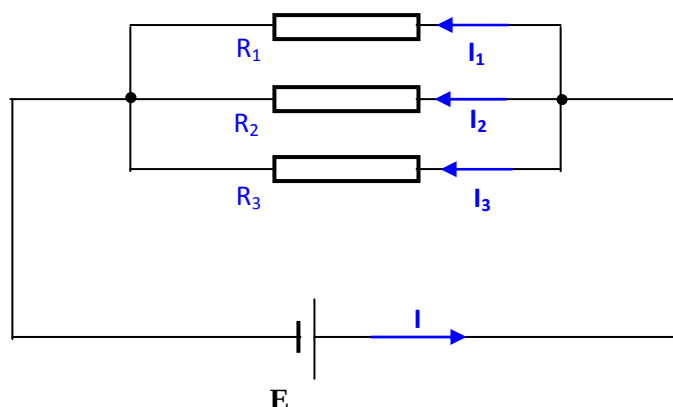
$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Η ένταση του ρεύματος σε κάθε αντιστάτη είναι το ίδιο, ενώ η τάση που αναπτύσσεται στον κάθε ένα εξαρτάται από την τιμή R της αντίστασης κάθε αντιστάτη, σύμφωνα με το νόμο του Ohm, $V = IR$.

Συνδεσμολογία αντιστατών παράλληλα

Δύο ή περισσότεροι αντιστάτες συνδέονται παράλληλα σε ένα κύκλωμα αν έχουν κοινά τα άκρα τους και άρα έχουν κοινή διαφορά δυναμικού.

Στην αντίθετη περίπτωση, όταν συνδέουμε αντιστάτες παράλληλα, η τιμή της ολικής αντίστασης $R_{ολ}$ είναι μικρότερη από την τιμή της μικρότερης εκ των συμβαλλομένων αντιστάσεων. Η τάση στα άκρα των αντιστατών παραμένει ίδια, ενώ το ρεύμα μοιράζεται στους κλάδους, σε ποσοστό αντιστρόφως ανάλογο της τιμής της αντιστάσεως του κάθε αντιστάτη.



$$V = \text{κοινό}, \quad I_1 + I_2 + I_3 = I.$$

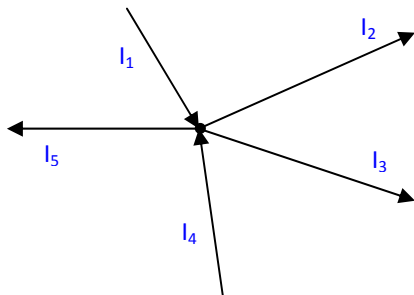
$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\text{Για δύο αντιστάτες που συνδέονται παράλληλα είναι: } R_{ολ} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

Το ρεύμα για κάθε αντιστάτη υπολογίζεται από τη σχέση $I = \frac{V}{R}$, όπου V είναι η κοινή διαφορά δυναμικού στα άκρα των αντιστατών.

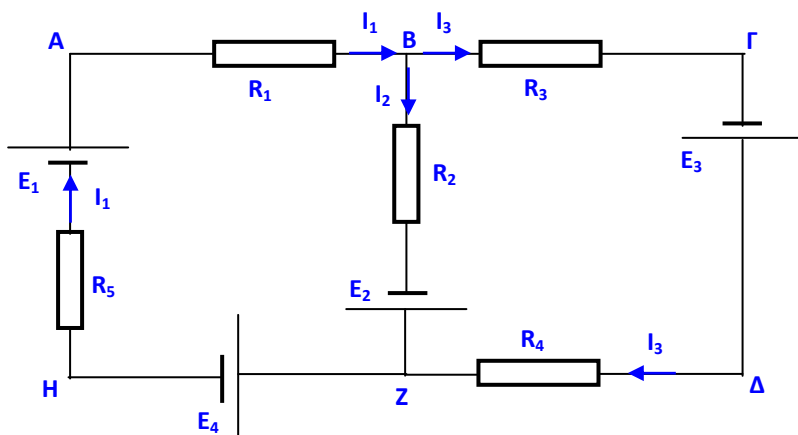
9.16 Κανόνες του Kirchhoff.

1^{ος} Κανόνας: Σε ένα κόμβο ενός κυκλώματος το άθροισμα των ρευμάτων που πλησιάζουν τον κόμβο είναι ίσο με το άθροισμα των ρευμάτων που απομακρύνονται από τον κόμβο. Ο πρώτος κανόνας είναι αποτέλεσμα της αρχής διατήρησης του φορτίου.



$$I_1 + I_4 = I_2 + I_3 + I_5$$

2^{ος} Κανόνας: Σε ένα βρόχο το άθροισμα των ηλεκτρεγερτικών δυνάμεων όλων των πηγών είναι ίσο με το άθροισμα των γινομένων των αντιστάσεων επί των ρευμάτων που διαρρέει την καθεμιά. Ο δεύτερος κανόνας είναι αποτέλεσμα της αρχής διατήρησης της ενέργειας.



Κόμβος Β: $I_1 = I_2 + I_3$

Βρόχος ΑΒΖΗΑ: $E_1 + E_2 - E_4 = I_1(R_1 + R_5) + I_2R_2$

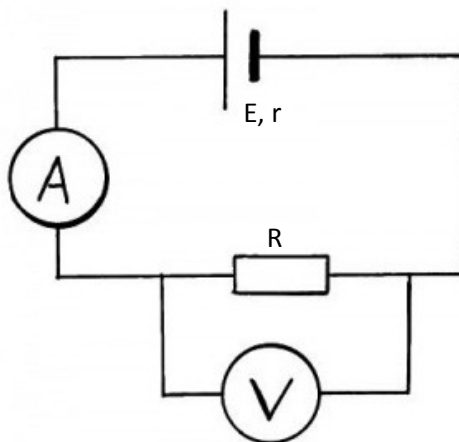
Βρόχος ΒΓΔΖΒ: $E_3 - E_2 = I_3(R_3 + R_4) - I_2R_2$

Η διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων του κυκλώματος, βρίσκεται από τη σχέση:

$$V_{AB} = \sum E - \sum IR, \text{ όπου } V_{AB} = V_B - V_A$$

Πρόβλημα 192

Η ένδειξη του βολτομέτρου στο κύκλωμα είναι 12 V και του αμπερομέτρου είναι 2 A. Η εσωτερική αντίσταση της πηγής είναι $1,5 \, \Omega$.

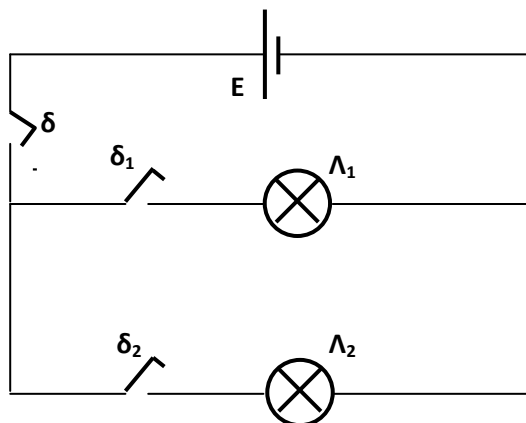


- (α) Να υπολογίσετε την ωμική αντίσταση του αντιστάτη, R.
(β) Να υπολογίσετε την ηλεκτρεγερτική δύναμη E της πηγής.

Πρόβλημα 193

Το κύκλωμα του σχήματος περιλαμβάνει δύο πανομοιότυπους λαμπτήρες, μια ηλεκτρική πηγή και τρεις διακόπτες. Η τάση λειτουργίας των λαμπτήρων είναι η ίδια με την πολική τάση της πηγής.

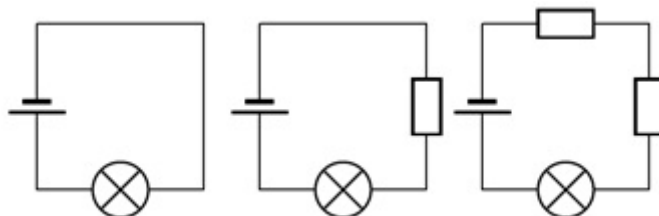
- (α) Να εξηγήσετε αν οι λαμπτήρες φωτοβολούν όταν οι διακόπτες δ1 και δ2 είναι κλειστοί και ο διακόπτης δ είναι ανοικτός.
(β) Θεωρήστε τώρα ότι όλοι οι διακόπτες είναι κλειστοί. Να εξηγήσετε πώς θα αλλάξει η ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα όταν ανοίξουμε το διακόπτη δ2.



Πρόβλημα 194

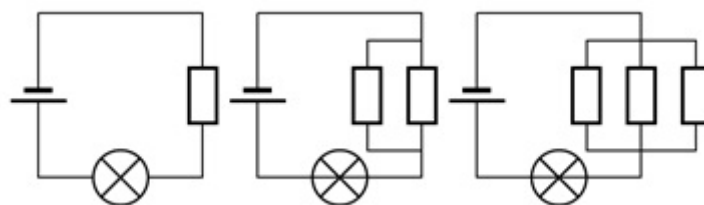
Να εξηγήσετε σε ποιο κύκλωμα ο λαμπτήρας διαρρέεται με το μεγαλύτερο ρεύμα και σε ποιο διαρρέεται με το μικρότερο ρεύμα.

Οι ηλεκτρικές πηγές σε όλα τα κυκλώματα είναι πανομοιότυπες.

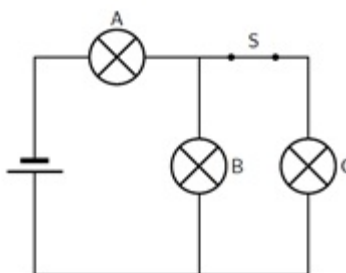
**Πρόβλημα 195**

Να εξηγήσετε σε ποιο κύκλωμα ο λαμπτήρας διαρρέεται με το μεγαλύτερο ρεύμα και σε ποιο διαρρέεται με το μικρότερο ρεύμα.

Οι ηλεκτρικές πηγές σε όλα τα κυκλώματα είναι πανομοιότυπες.

**Πρόβλημα 196**

Τρεις πανομοιότυποι λαμπτήρες συνδέονται με ηλεκτρική πηγή όπως δείχνει το κύκλωμα του σχήματος.



(α) Να συγκρίνετε τη φωτοβολία του λαμπτήρα Α σε σχέση με τη φωτοβολία των λαμπτήρων Β και C.

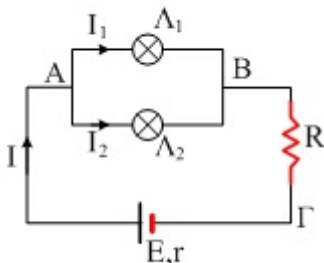
(β) Ανοίγουμε το διακόπτη S. Να συγκρίνετε τη φωτοβολία των λαμπτήρων, όταν ανοίξει ο διακόπτης.

(γ) Να συγκρίνετε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος στους λαμπτήρες Α και Β, πριν και μετά το άνοιγμα του διακόπτη.

Πρόβλημα 197

Οι λαμπτήρες του κυκλώματος έχουν στοιχεία κανονικής λειτουργίας (20V, 40W) και

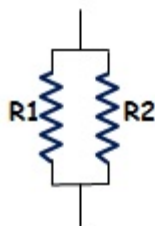
λειτουργούν κανονικά. Δίνονται ακόμη $R=4\Omega$ και η πηγή έχει ΗΕΔ, $E=40V$.



- (α) Να υπολογίσετε την εσωτερική αντίσταση της πηγής.
 (β) Τι ποσοστό της παρεχόμενης από τη πηγή ενέργειας, μεταφέρεται στον λαμπτήρα Λ_1 ;
 (γ) Ξεβιδώνουμε τον λαμπτήρα Λ_2 από τη βάση του. Τότε:
 (i) Η συνολική αντίσταση του κυκλώματος μειώνεται.
 (ii) Η τάση στα άκρα του λαμπτήρα Λ_1 παραμένει σταθερή και ίση με 20V.
 (iii) Ο λαμπτήρας Λ_1 κινδυνεύει να καεί.
 (iv) Η ισχύς της πηγής αυξάνεται.
 Χαρακτηρίστε ως ορθές ή λανθασμένες τις παραπάνω προτάσεις. Εξηγήστε.

Πρόβλημα 198

Διαθέτουμε μία πηγή Ηλεκτρεγερτικής δύναμης E και εσωτερικής αντίστασης $r = 2\Omega$, τη συνδεσμολογία των δύο αντιστάτων, R_1 και R_2 , του σχήματος με $R_1=R_2 = 12\Omega$, ιδανικό αμπερόμετρο, ιδανικό βολτόμετρο και ένα διακόπτη (δ).

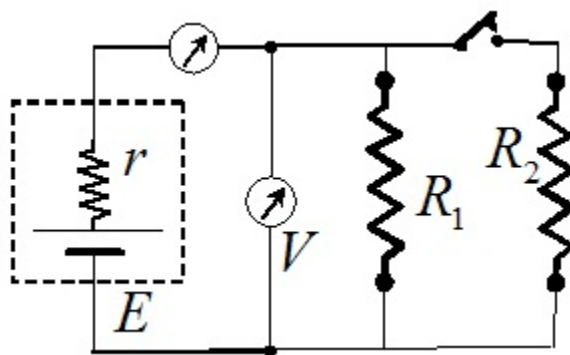


- (α) Να σχεδιάσετε ένα κύκλωμα όπου η συνδεσμολογία των δύο αντιστάτων, να συνδέεται σε σειρά με τρίτο αντιστάτη R_3 , με το αμπερόμετρο, με την πηγή και με το διακόπτη κλειστό, το δε βολτόμετρο να συνδεθεί στα άκρα της πηγής. Να σχεδιάσετε επίσης και τις εντάσεις των ρευμάτων στο κύκλωμα.
 (β) Όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός το βολτόμετρο μετράει τάση 60V, ενώ όταν ο διακόπτης είναι κλειστός, το βολτόμετρο μετράει τάση 52V. Να υπολογίσετε:
 (i) Την ΗΕΔ E της πηγής.
 (ii) Την ένδειξη του αμπερομέτρου όταν ο διακόπτης είναι κλειστός.

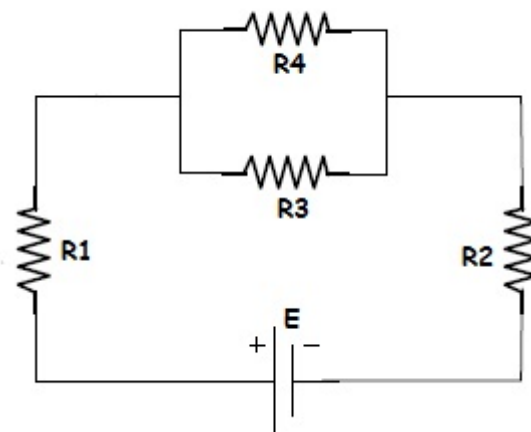
Πρόβλημα 199

Το βολτόμετρο που χρησιμοποιούμε στο κύκλωμα έχει αντίσταση πολύ μεγαλύτερη από τις αντιστάσεις R_1 και R_2 των αντιστατών που χρησιμοποιούμε και από την εσωτερική αντίσταση r της πηγής. Το αμπερόμετρο έχει αντίσταση 1Ω .

Με τον διακόπτη ανοικτό η ένδειξη του βολτομέτρου είναι 8 V και του αμπερομέτρου 2 A . Κλείνουμε τον διακόπτη και η ένδειξες γίνονται 6 V και 3 A . Να υπολογίσετε την ηλεκτρεγερτική δύναμη και την εσωτερική αντίσταση της πηγής καθώς και τις αντιστάσεις των αντιστατών.

**Πρόβλημα 200**

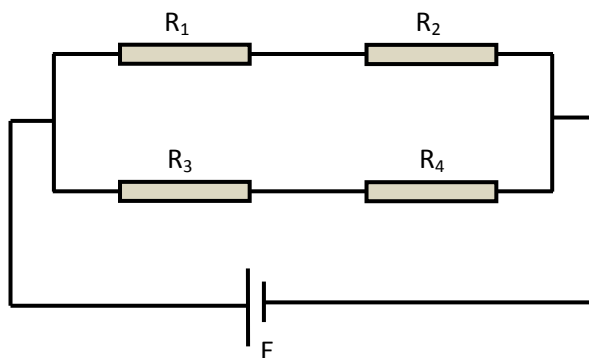
Στο κύκλωμα του σχήματος οι αντιστάτες είναι ωμικοί και έχουν αντίσταση $R_1 = 4 \Omega$, $R_2 = 6 \Omega$, $R_3 = 3 \Omega$, και $R_4 = 6 \Omega$. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη της μπαταρίας, με αμελητέα εσωτερική αντίσταση, είναι $E = 24 \text{ V}$.



- (α) Να υπολογίσετε την ισοδύναμη ωμική αντίσταση του κυκλώματος.
 (β) Να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος και την τάση σε κάθε αντιστάτη.

Πρόβλημα 201

Στο κύκλωμα του σχήματος οι αντιστάτες είναι ωμικοί και έχουν αντίσταση $R_1 = 6 \, \Omega$, $R_2 = 14 \, \Omega$, $R_3 = 40 \, \Omega$, και $R_4 = 20 \, \Omega$. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη της μπαταρίας, με αμελητέα εσωτερική αντίσταση, είναι $E = 30 \, \text{V}$.

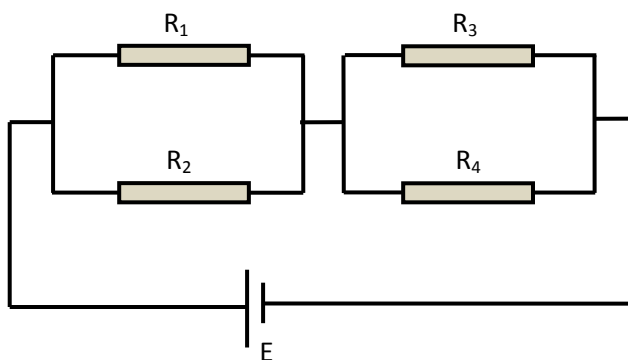


(α) Να υπολογίσετε την ισοδύναμη ωμική αντίσταση του κυκλώματος.

(β) Να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος και την τάση σε κάθε αντιστάτη.

Πρόβλημα 202

Στο κύκλωμα του σχήματος οι αντιστάτες είναι ωμικοί και έχουν αντίσταση $R_1 = 10 \, \Omega$, $R_2 = 40 \, \Omega$, $R_3 = 8 \, \Omega$, και $R_4 = 24 \, \Omega$. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη της μπαταρίας, με αμελητέα εσωτερική αντίσταση, είναι $E = 28 \, \text{V}$.

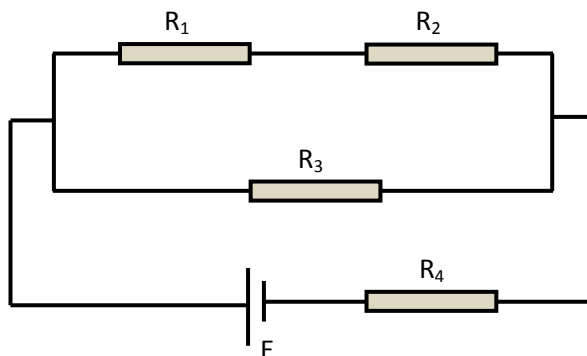


(α) Να υπολογίσετε την ισοδύναμη ωμική αντίσταση του κυκλώματος.

(β) Να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος και την τάση σε κάθε αντιστάτη.

Πρόβλημα 203

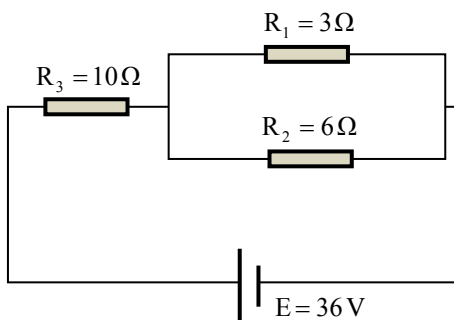
Στο κύκλωμα του σχήματος οι αντιστάτες είναι ωμικοί και έχουν αντίσταση $R_1 = 15 \, \Omega$, $R_2 = 10 \, \Omega$, $R_3 = 20 \, \Omega$, και $R_4 = 5 \, \Omega$. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη της μπαταρίας, με αμελητέα εσωτερική αντίσταση, είναι $E = 145 \, \text{V}$.



- (α) Να υπολογίσετε την ισοδύναμη ωμική αντίσταση του κυκλώματος.
(β) Να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος και την τάση σε κάθε αντιστάτη.

Πρόβλημα 204

Στο κύκλωμα του σχήματος οι αντιστάτες είναι ωμικοί και έχουν αντίσταση $R_1 = 3 \, \Omega$, $R_2 = 6 \, \Omega$, και $R_3 = 10 \, \Omega$. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη της μπαταρίας, με αμελητέα εσωτερική αντίσταση, είναι $E = 36 \, \text{V}$.

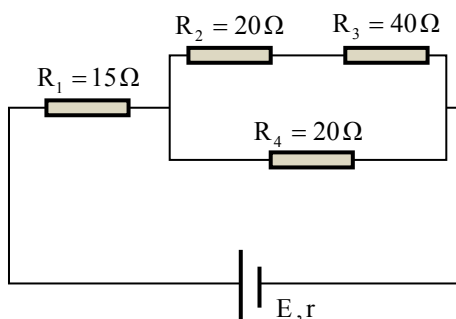


- (α) Να υπολογίσετε την ισοδύναμη ωμική αντίσταση του κυκλώματος.
(β) Να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος και την τάση σε κάθε αντιστάτη.

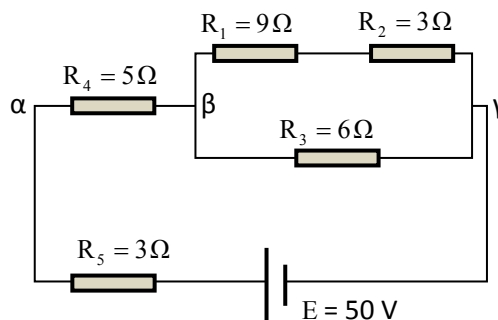
Πρόβλημα 205

Οι τέσσερις αντιστάτες του κυκλώματος τροφοδοτούνται από πηγή ΗΕΔ, $E = 64 \text{ V}$ και εσωτερικής αντίστασης r . Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα είναι $I = 2 \text{ A}$. Να υπολογίσετε:

- Την ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος.
- Την πολική τάση της πηγής.
- Την εσωτερική αντίσταση της πηγής.
- Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει κάθε μια από τους τέσσερις αντιστάτες του κυκλώματος καθώς και την τάση στα άκρα τους.
- Την ισχύ που καταναλώνεται στον αντιστάτη R_3 .
- Το ποσό της θερμότητας που εκλύεται από τον αντιστάτη R_1 σε χρόνο 2 min .

**Πρόβλημα 206**

Δίνεται το πιο κάτω κύκλωμα.



Ζητούνται:

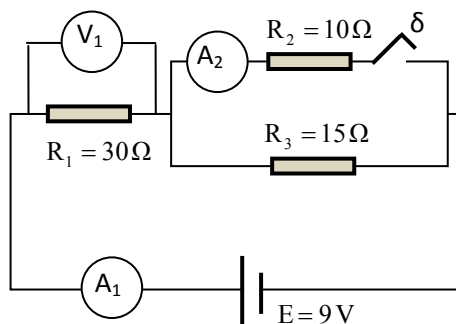
- Η ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος.
- Η διαφορά δυναμικού στα άκρα α, β και β, γ.

Πρόβλημα 207

(α) Ποιες θα είναι οι ενδείξεις των αμπερομέτρων και του βολτόμετρου, όταν ο διακόπτης δ στο πιο κάτω κύκλωμα, είναι ανοικτός; Εξηγήστε.

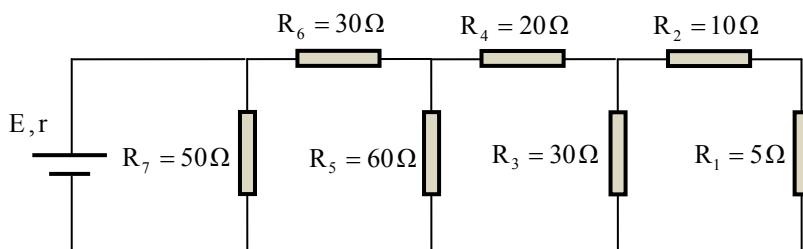
(β) Όταν ο διακόπτης δ κλείσει η ένδειξη του A_1 θα αυξηθεί, θα μειωθεί ή θα παραμείνει η ίδια; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

(γ) Να υπολογίσετε την ένδειξη του A_2 όταν ο διακόπτης δ είναι κλειστός.



Πρόβλημα 208

Οι επτά αντιστάτες του κυκλώματος τροφοδοτούνται από πηγή ΗΕΔ, $E = 120 \text{ V}$ και εσωτερικής αντίστασης $r = 5 \Omega$.



Να υπολογίσετε:

(α) Την ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος.

(β) Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει κάθε ένα από τους επτά αντιστάτες του κυκλώματος καθώς και την τάση στα άκρα τους.

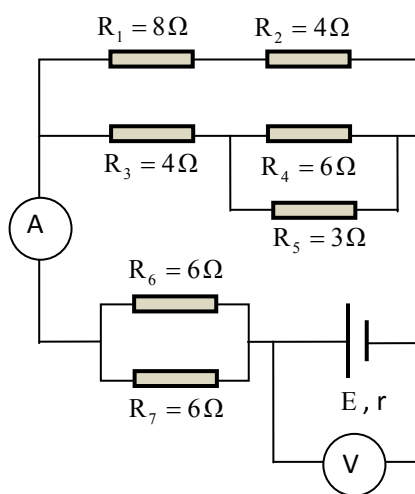
(γ) Την ισχύ της πηγής.

(δ) Την ισχύ που αποδίδει η πηγή στο κύκλωμα.

Πρόβλημα 209

Η ηλεκτρική πηγή στο κύκλωμα έχει εσωτερική αντίσταση $r = 1\Omega$. Η ένδειξη του αμπερομέτρου είναι $4,5\text{ A}$. Ζητούνται:

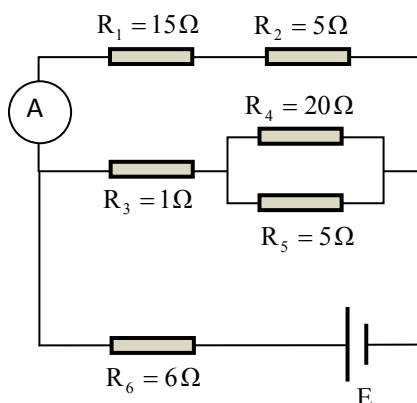
- Η ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος.
- Η ΗΕΔ της πηγής E .
- Η ένδειξη του βολτομέτρου.
- Η ισχύς της πηγής.
- Η ισχύς που προσφέρει η πηγή στο εξωτερικό κύκλωμα.
- Η διαφορά δυναμικού που επικρατεί στα άκρα της R_3 .
- Αν η αντίσταση R_3 αντικατασταθεί με λαμπτήρα με ενδείξεις $(6\text{V}, 9\text{W})$, να προσδιορίσετε τη νέα ένδειξη του αμπερομέτρου.



Πρόβλημα 210

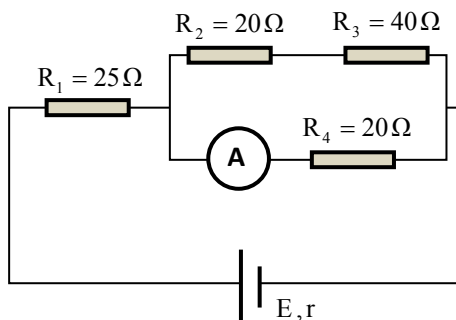
Η ηλεκτρική πηγή στο κύκλωμα έχει αμελητέα εσωτερική αντίσταση. Η ένδειξη του αμπερομέτρου είναι 2 A. Ζητούνται:

- α) Η ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος.
β) Η ΗΕΔ της πηγής Ε.

**Πρόβλημα 211**

Η εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας στο κύκλωμα είναι $r = 5 \Omega$. Η ένδειξη του αμπερομέτρου είναι 3 A.

- (α) Να υπολογίσετε την ισοδύναμη αντίσταση στο κύκλωμα (των τεσσάρων ωμικών αντιστάτων).
(β) Να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τους υπόλοιπους αντιστάτες στο κύκλωμα.
(γ) Να υπολογίσετε την ηλεκτρεγερτική δύναμη Ε της μπαταρίας.
(δ) Να υπολογίσετε την ηλεκτρική ισχύ της μπαταρίας και την ισχύ που αποδίδεται στο κύκλωμα (στους τέσσερις αντιστάτες).



Πρόβλημα 212

Στο κύκλωμα του σχήματος οι τρεις λαμπτήρες είναι πανομοιότυποι, με ωμική αντίσταση R ο καθένας. Η πηγή έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη E και αμελητέα εσωτερική αντίσταση.

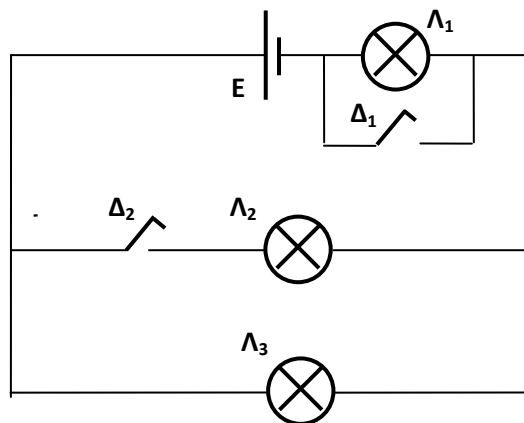
Ζητούνται:

α) Να συγκριθεί η φωτοβολία τους, όταν ο διακόπτης Δ_1 είναι ανοικτός και ο Δ_3 είναι

κλειστός.

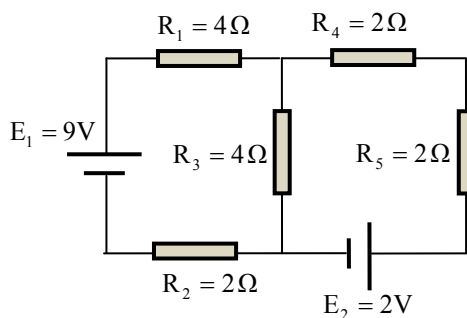
β) Τι συμβαίνει στη φωτοβολία των Λ_1 και Λ_2 , αν ανοίξει και ο διακόπτης Δ_3 ;

γ) Με το διακόπτη Δ_3 κλειστό, ποια επίπτωση θα έχει στη φωτοβολία του κάθε λαμπτήρα το κλείσιμο του Δ_1 ;



Πρόβλημα 213

Στο κύκλωμα του σχήματος θεωρήστε ότι οι εσωτερικές αντιστάσεις των πηγών είναι αμελητέες.



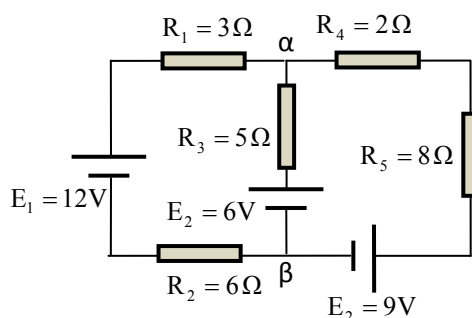
- (α) Να υπολογίσετε το ρεύμα που διαρρέει τον κάθε αντιστάτη.
 (β) Να υπολογίσετε την ισχύ που καταναλώνει η αντίσταση R_3 .
 (γ) Να υπολογίσετε τη συνολική ισχύ που καταναλώνεται στο κύκλωμα.
 (δ) Να εξηγήσετε ποια είναι η φορά κίνησης των ηλεκτρονίων στην αντίσταση R_3 ;

Πρόβλημα 214

Στο κύκλωμα του σχήματος θεωρήστε ότι οι εσωτερικές αντιστάσεις των πηγών είναι αμελητέες.

Να υπολογίσετε:

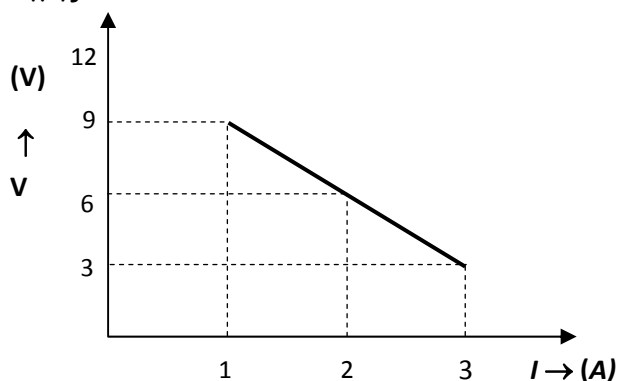
- (α) Τις εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν τον κάθε αντιστάτη.
 (β) Τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων α και β.
 (γ) Την ισχύ που καταναλώνει ο αντιστάτης R_4 .
 (δ) Τον αριθμό των ηλεκτρονίων που περνούν από μια διατομή του αντιστάτη σε χρόνο 6 min.



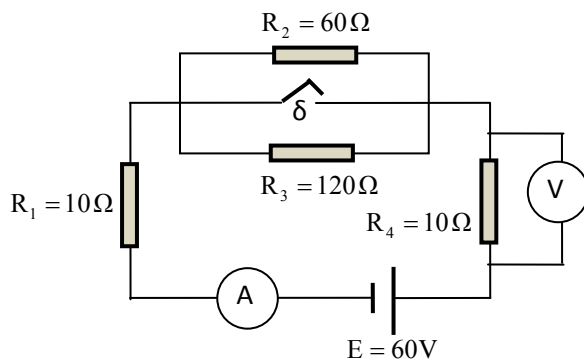
Πρόβλημα 215

Σε ένα πείραμα για τον υπολογισμό της ΗΕΔ ηλεκτρεγερτικής δύναμης (E) και της εσωτερικής αντίστασης (r) μιας ηλεκτρικής πηγής, ομάδα μαθητών πήρε μετρήσεις και σχεδίασε τη γραφική παράσταση της πολικής τάσης σε συνάρτηση με την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το σχετικό κύκλωμα.

- Να σχεδιάσετε την κατάλληλη πειραματική διάταξη.
- Να εξηγήσετε τη διαδικασία για τη λήψη των μετρήσεων.
- Από τη γραφική παράσταση να υπολογίσετε την Η.Ε.Δ. (E) και την εσωτερική αντίσταση (r) της πηγής.

**Πρόβλημα 216**

Η εσωτερική αντίσταση της πηγής στο κύκλωμα είναι αμελητέα.



A: Όταν ο διακόπτης δ είναι κλειστός να υπολογίσετε:

- Τις ενδείξεις των οργάνων A και V .
- Το ποσό θερμότητας που ελευθερώνεται στη R_1 σε χρόνο 2 min.

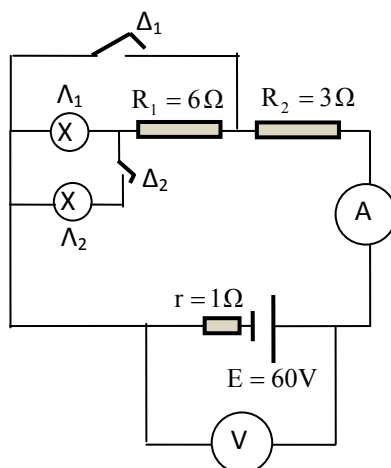
B: Όταν ο διακόπτης δ είναι ανοικτός:

- να υπολογίσετε τις ενδείξεις των οργάνων A και V .

β) Αν ο αντιστάτης R_3 μεταφερθεί και συνδεθεί σε σειρά με την R_2 (πάλι ο διακόπτης είναι ανοικτός), να συγκρίνετε την ένδειξη του οργάνου A σε σχέση με την τιμή που βρήκατε στο ερώτημα Β (α).

Πρόβλημα 217

Το πιο κάτω κύκλωμα τροφοδοτείται από πηγή με ηλεκτρεγερτική δύναμη $E = 60\text{ V}$, και εσωτερική αντίσταση $r = 1\Omega$. Οι δύο λάμπες Λ_1 και Λ_2 είναι πανομοιότυπες, συμπεριφέρονται ως ωμικοί αντιστάτες και έχουν ωμική αντίσταση 10Ω η κάθε μια.



(α) Με τους δύο διακόπτες Δ_1 και Δ_2 ανοικτούς, να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον κάθε αντιστάτη.

(β) Με τους δύο διακόπτες Δ_1 και Δ_2 κλειστούς να υπολογίσετε την ένδειξη του βολτομέτρου.

(γ) Με το διακόπτη Δ_1 ανοικτό και το διακόπτη Δ_2 κλειστό:

i) Να υπολογίσετε την ένδειξη του αμπερομέτρου.

ii) Πώς θα μεταβληθεί η φωτοβολία της λάμπας Λ_1 σε σχέση με τη φωτοβολία που είχε στη συνδεσμολογία του ερωτήματος (β) και γιατί;

iii) Να υπολογίσετε τη θερμότητα που εκλύεται στην αντίσταση R_3 , σε χρόνο 2 min .