

ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΩΡΙΑΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 2 - ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ (Σ 35-63)

Ονομάζουμε ηλεκτρικό ρεύμα την προσανατολισμένη κίνηση των ηλεκτρονίων ή γενικότερα των φορτισμένων σωματιδίων.

Τα σώματα που είναι αγωγοί επιτρέπουν την προσανατολισμένη κίνηση ηλεκτρονίων δηλαδή επιτρέπουν να διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα (καλοί αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος)

Τα ηλεκτρόνια δεν κινούνται με την ίδια ευκολία σε όλους τους αγωγούς, για παράδειγμα, σ' ένα χάλκινο σύρμα κινούνται ευκολότερα απ' ό,τι σ' ένα σιδερένιο σύρμα ίδιων διαστάσεων. Λέμε ότι **ο χαλκός είναι καλύτερος αγωγός από τον σίδηρο.**

Τα σώματα που είναι μονωτές δεν επιτρέπουν να διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα (κακοί αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος).

Ηλεκτρική πηγή και ηλεκτρικό ρεύμα

Ηλεκτρικό ρεύμα μπορούμε εύκολα να προκαλέσουμε με τη βοήθεια μιας πηγής (π.χ. με μια μπαταρία).

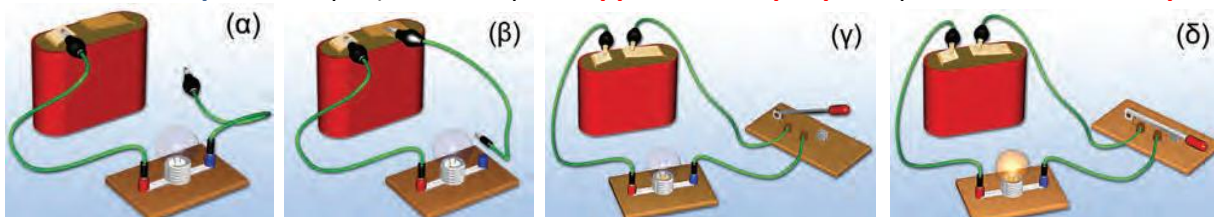
Σε κάθε **ηλεκτρική πηγή** υπάρχουν δύο αντίθετα ηλεκτρισμένες περιοχές τις οποίες ονομάζουμε **ηλεκτρικούς πόλους (θετικός και αρνητικός πόλος)** . Συνδέουμε κάθε πόλο μιας ηλεκτρικής πηγής , μέσω δύο καλωδίων, με τα άκρα μιας μικρής λαμπίτσας και βλέπουμε ότι αυτή φωτοβολεί . Αυτό συμβαίνει γιατί από τον αρνητικό πόλο της πηγής αρχίζει κίνηση ηλεκτρονίων προς τον θετικό πόλο , με αποτέλεσμα το λαμπάκι να διαρρέεται από ρεύμα και να ανάβει . Φαίνεται λοιπόν ότι μέσω του ηλεκτρικού ρεύματος μεταφέρεται ενέργεια από την πηγή στο λαμπάκι .

το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρει ενέργεια από μία πηγή σε μία συσκευή για να μπορεί να λειτουργεί



Η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος είναι από τον αρνητικό πόλο της πηγής προς το θετικό όλο και ονομάζεται πραγματική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος . Στην πράξη όμως θεωρούμε σαν φορά του ηλεκτρικού ρεύματος από τον θετικό στον αρνητικό πόλο και ονομάζεται συμβατική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος .

Όλη η συνδεσμολογία που κάνουμε με τη πηγή , τα καλώδια , το λαμπάκι (ή άλλη συσκευή) ακόμη και διακόπτες ονομάζεται κύκλωμα . Όταν ένα κύκλωμα **δεν διαρρέεται από ρεύμα** λέγεται **ανοικτό κύκλωμα** όταν όμως το κύκλωμα **διαρρέεται από ρεύμα** λέγεται **κλειστό κύκλωμα**



Στις παραπάνω περιπτώσεις α , β , γ το κύκλωμα παραμένει ανοικτό και το λαμπάκι δεν λειτουργεί . Στην περίπτωση δ όμως έχουμε κλείσει το διακόπτη και **έχουμε κλειστό κύκλωμα** με αποτέλεσμα να υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα και το λαμπάκι λειτουργεί φωτοβολώντας).

Αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος

Μπορούμε να κατατάξουμε τα φαινόμενα που προκαλεί το ηλεκτρικό ρεύμα στις ακόλουθες κατηγορίες.

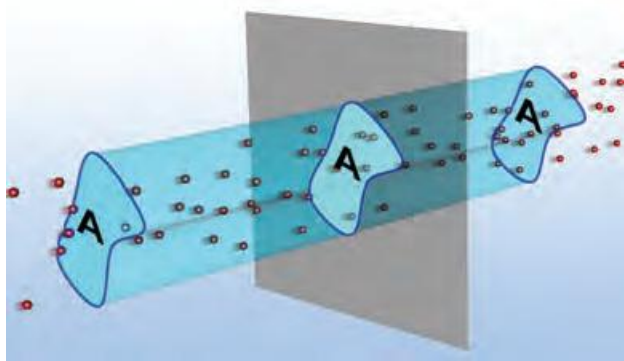
– **Θερμικά αποτελέσματα** : Το ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί τη θέρμανση των σωμάτων τα οποία διαρρέει. Συσκευές που λειτουργούν με βάση τα θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ο θερμοσίφωνας, η ηλεκτρική κουζίνα κ.λ.

– **Ηλεκτρομαγνητικά αποτελέσματα** : Οι αγωγοί τους οποίους διαρρέει ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργούν γύρω τους μαγνητικά πεδία. Έτσι μπορούν και αλληλεπιδρούν με σιδερένια υλικά, μαγνήτες ή και μεταξύ τους, ασκώντας μαγνητικές δυνάμεις. Στα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα στηρίζεται η λειτουργία των ηλεκτρομαγνητικών γερανών, η κατασκευή των ηλεκτροκινητήρων, τα ηλεκτρικά ψυγεία, η μίζα του αυτοκινήτου κ.λπ.

– **Χημικά αποτελέσματα** : το ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί χημικές μεταβολές. Εκμεταλλευόμαστε τα χημικά φαινόμενα που προκαλεί το ηλεκτρικό ρεύμα στην κατασκευή των ηλεκτρικών μπαταριών, στην παρασκευή χημικών στοιχείων κ.λ.

– **Φωτεινά αποτελέσματα** : το ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί την εκπομπή φωτός .

Ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος



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

Ορίζουμε την ένταση (**I**) του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει έναν αγωγό ως το φορτίο (**Q**) που διέρχεται από μια διατομή του αγωγού σε χρονικό διάστημα (**t**) προς το χρονικό διάστημα .

Μονάδα της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος

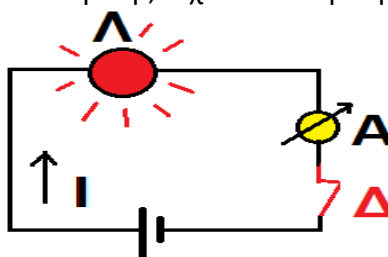
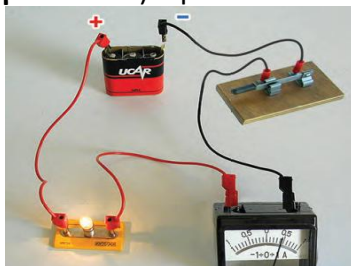
Στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων η ένταση έχει μονάδα μέτρησής το **1 Ampere (1 A) (Αμπέρ)**.

Η σχέση που συνδέει το 1 A με τη μονάδα του ηλεκτρικού φορτίου 1 C είναι:

$$1 \text{ Coulomb} = 1 \text{ Ampere} \cdot 1 \text{ second} \text{ ή } 1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$$

Ένα Coulomb είναι το φορτίο που διέρχεται κάθε δευτερόλεπτο από μια διατομή ενός αγωγού που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης 1 Ampere.

Κάποιες φορές χρησιμοποιούμε υποπολλαπλάσια του αμπέρ όπως το μιλιαμπέρ (**1 mA=10⁻³ A**) και το μικροαμπέρ (**1 μA=10⁻⁶ A**) ή πολλαπλάσια του αμπέρ, π.χ. το κιλοαμπέρ (**1 kA=10³ A**).



Για να μετρήσουμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα κύκλωμα χρησιμοποιούμε ένα όργανο που λέγεται αμπερόμετρο. Το αμπερόμετρο συνδέεται έτσι ώστε το προς μέτρηση ρεύμα να διέλθει μέσα από αυτό . Αυτός ο τρόπος σύνδεσης του οργάνου λέγεται **σύνδεση σε σειρά** .

Η διαφορά δυναμικού στο ηλεκτρικό κύκλωμα

Οι ηλεκτρικές συσκευές όπως φακοί, ραδιόφωνα , θερμοσίφωνο , κουζίνα κ.λπ. για να λειτουργήσουν χρειάζεται να συνδεθούν με μια πηγή . Το βασικό χαρακτηριστικό μιας μπαταρίας, αλλά και κάθε ηλεκτρικής πηγής είναι η τάση. Όταν αγοράζουμε μια μπαταρία ζητάμε να έχει **τάση** 1,5 V (1,5 Volt) ή 9 V (9 Volt) κ.λ. ανάλογα με τη συσκευή που θέλουμε να τροφοδοτήσουμε . Όλοι γνωρίζουμε π.χ. ότι η τάση στον ρευματοδότη (πρίζα) του σπιτιού μας είναι 220 V (220 Volt) .

Τάση ή διαφορά δυναμικού στους πόλους πηγής

Ονομάζουμε ηλεκτρική τάση ή διαφορά δυναμικού (V) μεταξύ των δύο πόλων μιας ηλεκτρικής πηγής το **πηλίκο της ενέργειας (E) που προσφέρεται από την πηγή σε ηλεκτρόνια συνολικού φορτίου (q) που διέρχονται από αυτήν, προς το φορτίο q**

$$V = \frac{E}{q}$$

Η **μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής τάσης** (διαφοράς δυναμικού) στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) ονομάζεται **Volt (1 V)** και ορίζεται ως:

$$1 \text{ Volt} = \frac{1 \text{ joule}}{1 \text{ coulomb}} \quad \text{ή} \quad 1 \text{ V} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}}$$

1 Volt είναι η τάση στα άκρα μιας πηγής που προσφέρει ενέργεια ίση με 1 Joule όταν διακινεί φορτίο 1 Coulomb .

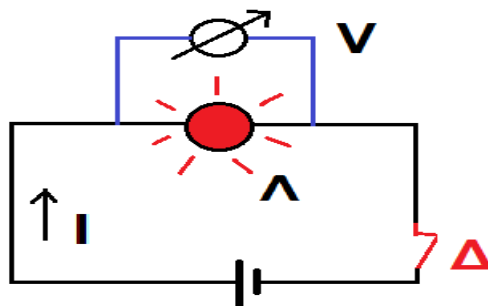
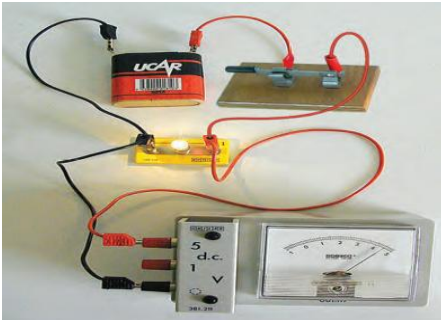
Τάση ή διαφορά δυναμικού στα άκρα καταναλωτή

Καταναλωτής , στον ηλεκτρισμό , είναι μια οποιαδήποτε συσκευή που για να λειτουργήσει χρειάζεται ηλεκτρική ενέργεια π.χ. η κουζίνα , η τηλεόραση , ο υπολογιστής , το κινητό μας κ.λ. Όλοι οι καταναλωτές (ηλεκτρικές συσκευές) για να λειτουργούν πρέπει να διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα ώστε να μεταφέρεται ενέργεια από τη πηγή προς αυτούς . Για να γίνει αυτό εφαρμόζεται τάση ή διαφορά δυναμικού στα άκρα του κάθε καταναλωτή από τη πηγή .

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

Η **τάση** στα άκρα ενός **καταναλωτή** ορίζεται με βάση την **ενέργεια που καταναλώνει ο καταναλωτής**, ενώ η **τάση** στα άκρα μιας **πηγής** ορίζεται με βάση την **ενέργεια που προσφέρει η πηγή** .

Τη τάση ή διαφορά δυναμικού μεταξύ των άκρων ενός στοιχείου του κυκλώματος, π.χ. μπαταρίας, λαμπτήρα, κινητήρα κ.λπ., τη μετράμε με τη βοήθεια ενός **βολτόμετρου**. Τα άκρα του βολτόμετρου συνδέονται με τα άκρα του στοιχείου στα οποία θέλουμε να μετρήσουμε τη διαφορά δυναμικού. Λέμε ότι το **βολτόμετρο συνδέεται παράλληλα** με το στοιχείο .



Ηλεκτρικά δίπολα – αντιστάτες – νόμος του Ohm

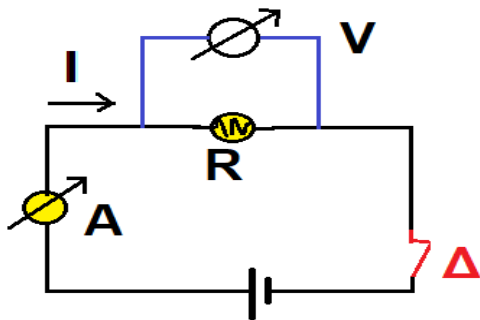
Όλες οι ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούμε (μπαταρίες, λαμπτήρες, οικιακές ηλεκτρικές συσκευές κ.λπ.) διαθέτουν **δύο άκρα (πόλους)** με τα οποία συνδέονται στο ηλεκτρικό κύκλωμα. Οι ίδιες οι συσκευές ονομάζονται **ηλεκτρικά δίπολα**.

Όταν στα άκρα ενός ηλεκτρικού δίπολου εφαρμόσουμε μια ηλεκτρική τάση V , τότε από το δίπολο θα διέλθει ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I . Τα ηλεκτρόνια του ηλεκτρικού ρεύματος στην προσπάθειά τους να περάσουν μέσα από ένα ηλεκτρικό δίπολο συναντούν ένα είδος δυσκολίας κυρίως από τις συγκρούσεις με ακίνητα άτομα – ιόντα που συναντούν κατά τη διέλευσή τους από το δίπολο. Η δυσκολία αυτή εκφράζεται από ένα μέγεθος που λέγεται **αντίσταση διπόλου (R)**.

Αν αλλάξουμε την τιμή της τάσης V , στα άκρα του διπόλου, θα μεταβληθεί και η ένταση I του ρεύματος με συγκεκριμένο τρόπο που καθορίζεται από το πόσο μικρή ή μεγάλη είναι η αντίσταση του διπόλου.

Αντίσταση του διπόλου

Ηλεκτρική αντίσταση ενός ηλεκτρικού διπόλου ονομάζεται το πηλίκο της ηλεκτρικής τάσης (V) που εφαρμόζεται στους πόλους του διπόλου προς την ένταση (I) του ηλεκτρικού ρεύματος που το διαρρέει:



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

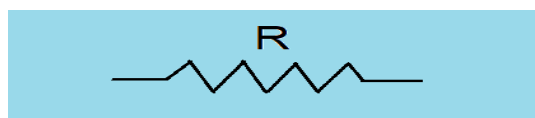
Η μονάδα αντίστασης στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων είναι το Ω (1 Ohm). Η αντίσταση είναι παράγωγο μέγεθος και η μονάδα της εκφράζεται με τη βοήθεια της σχέσης

$$1 \text{ Ohm} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampere}} \quad \text{ή} \quad 1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

1 Ω είναι η αντίσταση ηλεκτρικού διπόλου στο οποίο εφαρμόζοντας τάση 1V στα άκρα του, διαρρέεται από ρεύμα έντασης 1A. Χρησιμοποιούνται πολλαπλάσια του Ω : το κιλο- $\omega\mu$ ($1\text{K}\Omega=10^3 \Omega$) και το μεγα- $\omega\mu$ ($1\text{M}\Omega=10^6 \Omega$).

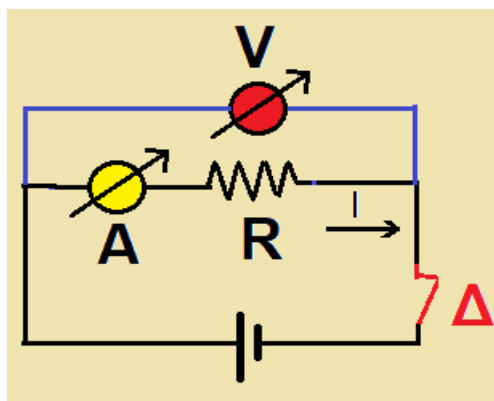
Γενικά η αντίσταση ενός ηλεκτρικού διπόλου μεταβάλλεται με την εφαρμοζόμενη τάση. Υπάρχει ωστόσο μια κατηγορία διπόλων που ονομάζονται αντιστάτες, για τους οποίους η αντίσταση R είναι σταθερή (σε συγκεκριμένη θερμοκρασία), δηλαδή ανεξάρτητη της τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα τους και της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που τους διαρρέει. Πρακτικά αντιστάτες είναι όλοι οι μεταλλικοί αγωγοί.

Σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα ο συμβολισμός ενός αντιστάτη είναι αυτός που φαίνεται παρακάτω :

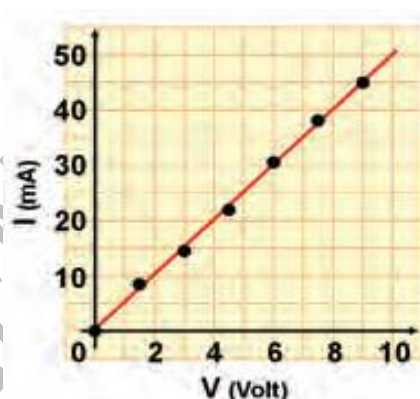


Νόμος του Ωμ

Το απλούστερο ίσως δίπολο που μπορούμε να μελετήσουμε είναι ένας αντιστάτης δηλαδή ένας μεταλλικός αγωγός (μεταλλικό σύρμα) . Όταν στα άκρα (πόλους) του αντιστάτη εφαρμόζουμε ηλεκτρική τάση, τότε από το σύρμα διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα. Χρησιμοποιώντας την παρακάτω πειραματική διάταξη **μεταβάλλοντας τη τάση της πηγής** (επομένως και την τάση στα άκρα του αντιστάτη) **μπορούμε να μετρήσουμε την αντίστοιχη μεταβολή στην ένταση του ρεύματος** . Στο πίνακα φαίνονται οι μετρήσεις τάσης στα άκρα του αντιστάτη , του ρεύματος που τον διαρρέει καθώς και το πηλίκο V/I που είναι σταθερό και ίσο με : 200Ω . Η γραφική παράσταση των δεδομένων , που είναι ευθεία διερχόμενη από την αρχή των αξόνων , μας δείχνει ότι η ένταση του ρεύματος είναι ανάλογη της τάσης στα άκρα του αντιστάτη .



V	I	R=V/I
(Volt)	(mA)	(Ω)
0	0	200
1,5	7,5	200
3	15	200
4,5	22,5	200
6,5	30	200
7,5	37,5	200
9	45	200



Η γενίκευση πειραματικών δεδομένων παρόμοιων με τα προηγούμενα οδήγησε τον Γερμανό φυσικό Ωμ (Ohm) στη **διατύπωση ενός νόμου που είναι γνωστός ως νόμος του Ωμ** :

Η ένταση (I) του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει έναν μεταλλικό αγωγό (έναν αντιστάτη) είναι ανάλογη της διαφοράς δυναμικού (V) που εφαρμόζεται στα άκρα του.

Η μαθηματική έκφραση του νόμου του Ωμ εκφράζεται από τις παρακάτω σχέσεις :

$$I = \frac{1}{R} \cdot V \quad \text{ή} \quad V = I \cdot R$$

Στη συνέχεια με τον όρο αντιστάτη χαρακτηρίζουμε κάθε δίπολο που ικανοποιεί τον νόμο του Ωμ (προφανώς οποιονδήποτε μεταλλικό αγωγό) .

Μία πολύ σημαντική ιδιότητα που έχουν οι αντιστάτες είναι ότι : μετατρέπουν εξ ολοκλήρου την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμική . Αυτός είναι και ο λόγος που σχεδόν όλες οι θερμαντικές ηλεκτρικές συσκευές (κουζίνα , θερμοσίφωνο , ηλεκτρική σόμπα κ.λ.) αποτελούνται στο μεγαλύτερο τμήμα τους από μεταλλικούς αγωγούς δηλαδή από αντιστάτες .

Ένας αντιστάτης παρουσιάζει συγκεκριμένη αντίσταση R σε συγκεκριμένη θερμοκρασία

Αν αλλάξει η θερμοκρασία αλλάζει ελαφρώς και η αντίσταση του αντιστάτη . Συνήθως με αύξηση της θερμοκρασίας υπάρχει και αύξηση στην αντίσταση R του αντιστάτη .

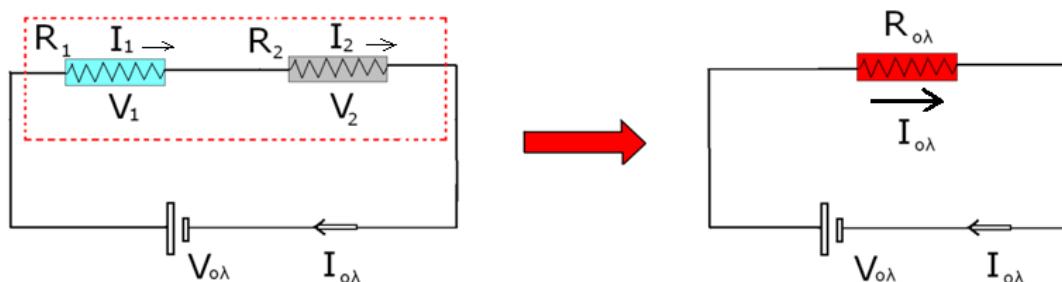
Άλλοι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται γενικά η αντίσταση ενός αγωγού είναι : η θερμοκρασία , το μήκος , το εμβαδόν της διατομής και το είδος του υλικού .

Σύνδεση αντιστατών

Σε ένα κύκλωμα συνήθως υπάρχουν περισσότεροι από ένας αντιστάτες συνδεδεμένοι με διάφορους τρόπους. Αν διαθέτουμε **δύο αντιστάτες R_1 και R_2** , τότε **μπορούμε να τους συνδέσουμε** μόνο με δύο διαφορετικούς μεταξύ τους τρόπους: **σε σειρά ή παράλληλα**. Η κάθε συνδεσμολογία αντιστοιχεί σε κάποιο ολικό αντιστάτη $R_{ολ}$ η αντίσταση του οποίου υπολογίζεται με συγκεκριμένο τύπο.

Επίσης σε κάθε συνδεσμολογία ισχύουν συγκεκριμένες σχέσεις για τα ρεύματα I_1 , I_2 και για τις τάσεις V_1 , V_2 των αντιστατών σε σχέση με το ρεύμα $I_{ολ}$ και την τάση $V_{ολ}$ του ολικού αντιστάτη $R_{ολ}$.

Σύνδεση αντιστατών σε σειρά

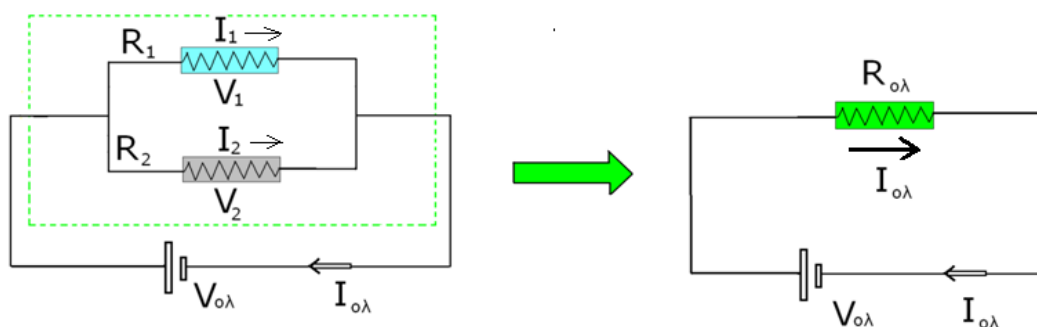


Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον ολικό αντιστάτη είναι ίση με την ένταση του ρεύματος που διαρρέει κάθε αντιστάτη. $I_{ολ} = I_1 = I_2 = \dots$

Η τάση στα άκρα του ολικού αντιστάτη ισούται με το άθροισμα των τάσεων στα άκρα του κάθε αντιστάτη. $V_{ολ} = V_1 + V_2 + \dots$

Η ολική αντίσταση που παρουσιάζει ο ολικός αντιστάτης ισούται με το άθροισμα των αντιστάσεων του κάθε αντιστάτη. $R_{ολ} = R_1 + R_2 + \dots$

Σύνδεση αντιστατών παράλληλα



Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον ολικό αντιστάτη ισούται με το άθροισμα των ρευμάτων που διαρρέουν κάθε αντιστάτη. $I_{ολ} = I_1 + I_2 + \dots$

Η τάση στα άκρα του ολικού αντιστάτη ισούται με την τάση στα άκρα του κάθε αντιστάτη. $V_{ολ} = V_1 = V_2 = \dots$

Η αντίστροφη τιμή της αντίστασης του ολικού αντιστάτη ισούται με το άθροισμα των αντιστρόφων τιμών αντιστάσεων των αντιστατών. $\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$

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