

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ηλεκτρικό Ρεύμα

Μέρος 2^ο

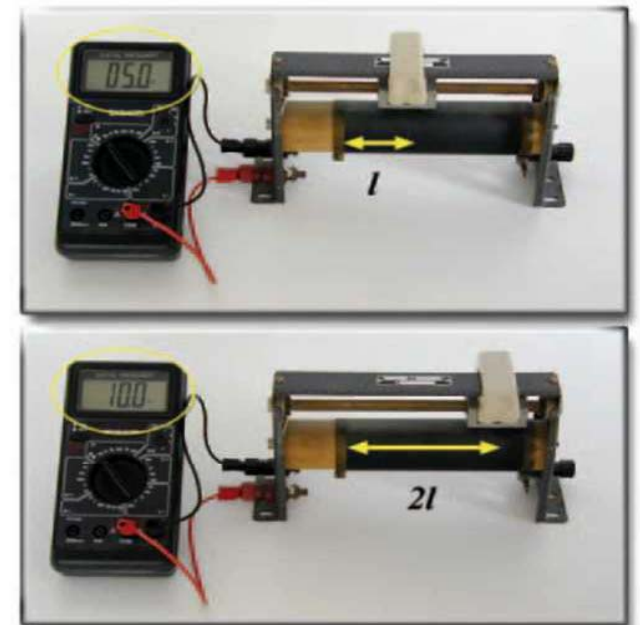
Βασίλης Γαργανουράκης
Φυσική Γ' Γυμνασίου

Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η αντίσταση ενός αγωγού

- Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η αντίσταση ενός αγωγού
 - Αρχικά διατυπώστε τις υποθέσεις σας
- Φαίνεται λογικό να υποθέσουμε ότι η αντίσταση ενός μεταλλικού σύρματος εξαρτάται από
 - **το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένο,**
 - **από τις διαστάσεις του, (μήκος και εμβαδόν διατομής)**
 - **καθώς και τη θερμοκρασία του.**
- Θα καταφύγουμε στο πείραμα προκειμένου να επιβεβαιώσουμε ή να διαψεύσουμε τις υποθέσεις μας

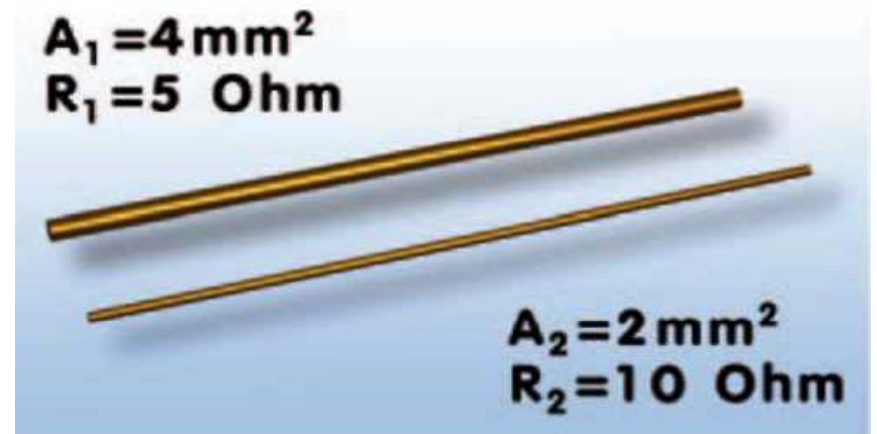
Εξάρτηση αντίστασης από το μήκος

- Χρησιμοποιούμε σύρματα από το ίδιο μέταλλο, με την ίδια διατομή αλλά με διαφορετικό μήκος.
 - Με το ωμόμετρο μετράμε την αντίστασή τους.
 - Διαπιστώνουμε ότι τα σύρματα με διπλάσιο ή τριπλάσιο μήκος έχουν διπλάσια ή τριπλάσια αντίσταση αντίστοιχα.
- Άρα η αντίσταση είναι **ανάλογη** του μήκους των συρμάτων.



Εξάρτηση αντίστασης από το εμβαδόν διατομής

- Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε αγωγούς που είναι κατασκευασμένοι
 - από το ίδιο υλικό και έχουν το ίδιο μήκος
 - αλλά με διπλάσιο εμβαδόν διατομής.
- Με το ωμόμετρο μετράμε την αντίστασή τους.
 - Διαπιστώνουμε ότι το σύρμα με διπλάσια διατομή έχει τη μισή αντίσταση
- Άρα η αντίσταση είναι **αντιστρόφως ανάλογη** του εμβαδού διατομής των συρμάτων.



Εξάρτηση αντίστασης από το είδος του υλικού

- Χρησιμοποιούμε δύο σύρματα
 - με το ίδιο μήκος και εμβαδόν διατομής
 - κατασκευασμένα το ένα από χαλκό και το άλλο από αλουμίνιο.
 - Διαπιστώνουμε ότι το χάλκινο σύρμα έχει μικρότερη αντίσταση από το αλουμινένιο.
- Συμπεραίνουμε ότι η αντίσταση **εξαρτάται** και από το είδος του υλικού.

Εξάρτηση αντίστασης από τη θερμοκρασία

- Χρησιμοποιούμε τη διάταξη της εικόνας.
 - Ο μεταλλικός αγωγός είναι βυθισμένος μέσα σε νερό του οποίου μπορούμε να μεταβάλλουμε τη θερμοκρασία.
 - Για κάθε τιμή της θερμοκρασίας μετράμε την αντίσταση του αγωγού με ένα ωμόμετρο.
- Διαπιστώνουμε ότι η αντίσταση των μεταλλικών αγωγών **αυξάνεται** (όχι ανάλογα) με τη θερμοκρασία.



Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η αντίσταση ενός αγωγού

- Τα αποτελέσματα των πειραμάτων μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η αντίσταση ενός μεταλλικού σύρματος:
 - είναι **ανάλογη** του μήκους του (l),
 - είναι **αντιστρόφως ανάλογη** του εμβαδού (A) της διατομής του,
 - **εξαρτάται** από το είδος του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένο το σύρμα και
 - **εξαρτάται** από τη θερμοκρασία του αγωγού.

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Ειδική αντίσταση ρ

- Ο συντελεστής αναλογίας ρ ονομάζεται **ειδική αντίσταση** του υλικού και εξαρτάται από
 - το υλικό που είναι κατασκευασμένος ο αγωγός.
 - Τη θερμοκρασία του αγωγού
- Όταν η αντίσταση μετριέται σε Ω , το μήκος σε m και το εμβαδόν σε m^2 , τότε η ειδική αντίσταση μετριέται σε **$\Omega \cdot m$** .
- Όσο μικρότερη είναι η ειδική αντίσταση ενός υλικού, τόσο καλύτερος αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος είναι.

ΕΙΔΙΚΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ	
Υλικό	Ειδική αντίσταση $\Omega \cdot m$
Αγωγοί	
Άργυρος	$1,47 \times 10^{-8}$
Χαλκός	$1,72 \times 10^{-8}$
Αργίλιο	$2,63 \times 10^{-8}$
Χάλυβας	20×10^{-8}
Χρωμονικελίνη	100×10^{-8}
Ημιαγωγοί	
Άνθρακας	$3,5 \times 10^{-5}$
Πυρίτιο	2.300
Μονωτές	
Νερό	2×10^9
Ξύλο	$10^8 - 10^{11}$
Γυαλί	$10^{10} - 10^{14}$
PVC	10^{14}

Παράδειγμα

- Ένα σύρμα από χρωμονικελίνη έχει μήκος 47,1 m και διάμετρο 2 mm. Να υπολογίσεις την αντίσταση του σύρματος της αν $\rho_{\text{χρωμονικελίνης}} = 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$
- Ασκήσεις
 - 7, 8, 9 σελ 60
 - 6, 7 σελ 62

Ειδική αντίσταση ρ

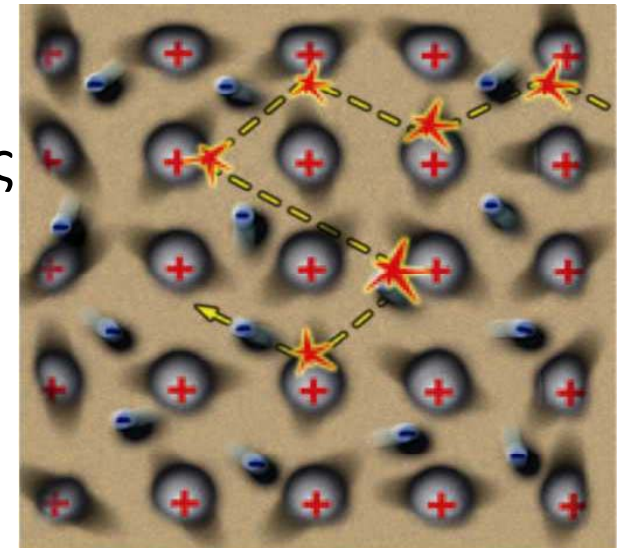
- Η ειδική αντίσταση αυξάνεται σύμφωνα με τη σχέση:

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

- ρ_0 είναι η ειδική αντίσταση σε $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- ρ_{θ} η ειδική αντίσταση σε κάποια θερμοκρασία θ .
- Ο παράγοντας α ονομάζεται **θερμικός συντελεστής ειδικής αντίστασης**.

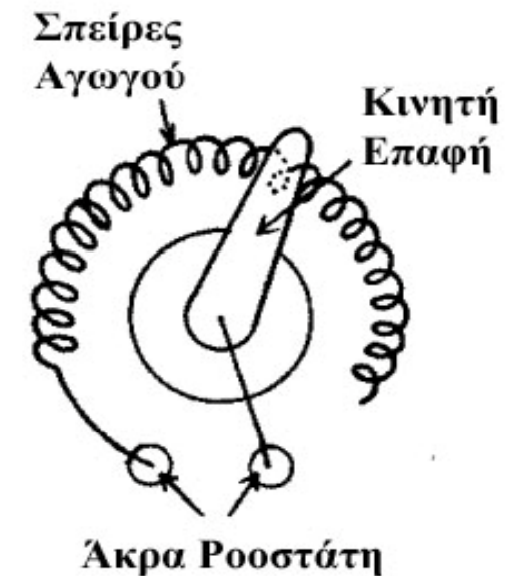
Ερμηνεία της εξάρτησης της αντίστασης από τη θερμοκρασία

- Η αντίσταση των μετάλλων οφείλεται στις αλληλεπιδράσεις των ελεύθερων ηλεκτρονίων με τα ιόντα που ταλαντώνονται γύρω από τις θέσεις ισορροπίας τους
 - Όταν αυξάνουμε τη θερμοκρασία του μετάλλου, οι κινήσεις των ιόντων του γίνονται εντονότερες (Κεφάλαιο Θερμότητας).
 - Όσο εντονότερες είναι οι ταλαντώσεις των ιόντων τόσο πιο συχνές είναι οι συγκρούσεις των ηλεκτρονίων με αυτά
 - Επομένως τόσο μεγαλύτερη η αντίσταση του αγωγού.



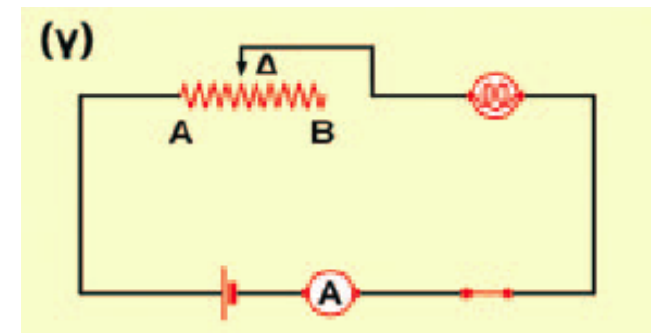
Μεταβλητός αντιστάτης

- Ο μεταβλητός αντιστάτης είναι ένας αντιστάτης του οποίου την τιμή μπορούμε να μεταβάλλουμε μετακινώντας ένα δρομέα ή περιστρέφοντας ένα κουμπί .
- Τον χρησιμοποιούμε σ' ένα κύκλωμα για να
 - ρυθμίζουμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει μια συσκευή (ροοστάτης).
 - την ηλεκτρική τάση που εφαρμόζεται στα άκρα μιας συσκευής (ποτενσιόμετρο).



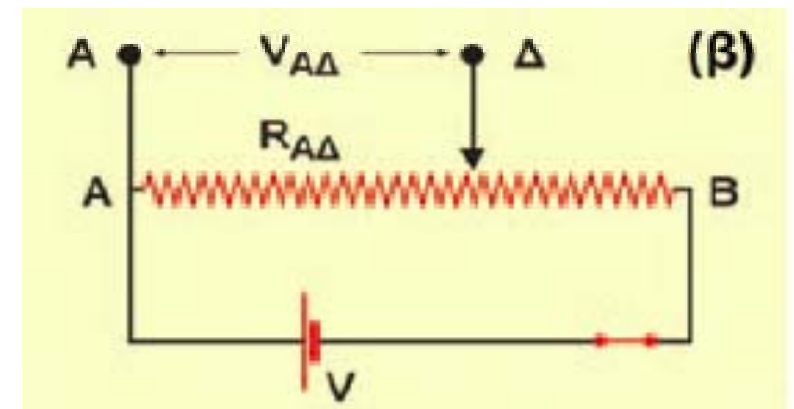
Ερμηνεία λειτουργίας Ροοστάτη

- Το ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται μόνο από το τμήμα ΑΔ του αγωγού του ροοστάτη.
 - Αν μετακινήσουμε το δρομέα Δ προς το άκρο Β η αντίσταση αυξάνεται (γιατί αυξάνεται το μήκος του αγωγού)
- Τότε σύμφωνα με το νόμο του Ωμ: $I = \frac{V}{R}$
- Εφόσον η τάση στα άκρα του ροοστάτη διατηρείται σταθερή, η αύξηση της αντίστασης R προκαλεί μείωση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα και επομένως και της φωτοβολίας του λαμπτήρα.



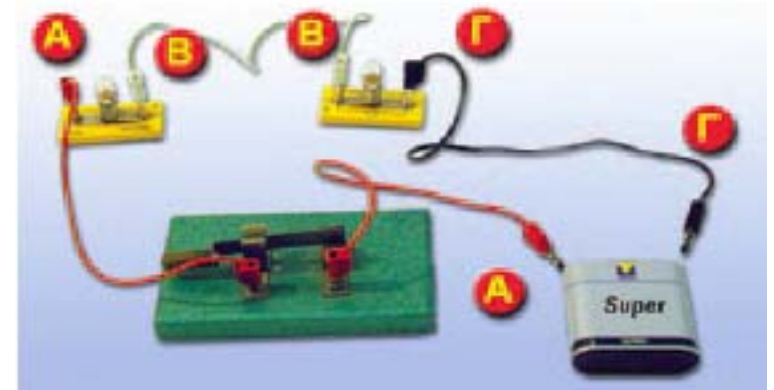
Ερμηνεία λειτουργίας ποτενσιομέτρου

- Μετακινώντας το δρομέα αυξάνουμε το μήκος και άρα την αντίσταση $R_{A\Delta}$.
- Σύμφωνα με το νόμο του Ωμ:
$$V_{A\Delta} = R_{A\Delta} \cdot I$$
- Αν συνδέσουμε μεταξύ των A και Δ μια συσκευή από την οποία διέρχεται ρεύμα μικρής έντασης, τότε αυτή η τάση εφαρμόζεται και στα άκρα της συσκευής.



Κύκλωμα σύνδεσης σε σειρά

- **Σύνδεση σε σειρά:** Συνδέουμε δύο λαμπτήρες με το ένα άκρο τους (Β), ενώ τα άλλα άκρα τους (Α και Γ) τα συνδέουμε με τους πόλους μιας ηλεκτρικής πηγής
- Αν μια συσκευή δεν λειτουργεί, το ρεύμα διακόπτεται σε ολόκληρο το κύκλωμα (κύκλωμα ανοιχτό)
 - Αν «καεί» ένα χριστουγεννιάτικο λαμπάκι (που συνδέονται σε σειρά), το ρεύμα διακόπτεται και δεν ανάβει κανένα.
 - Αυτό είναι και το κύριο μειονέκτημα ενός κυκλώματος σύνδεσης καταναλωτών σε σειρά.



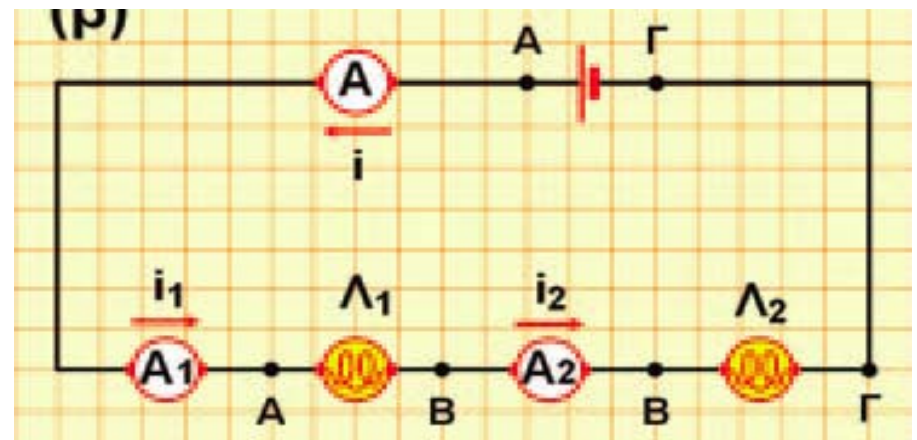
Ένταση Ρεύματος στη σύνδεσης σε σειρά

- Διαπιστώνουμε ότι σε ένα κύκλωμα σειράς η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ίδια σε όλα τα σημεία του ή συμβολικά:

$$I = I_1 = I_2$$

- Γιατί συμβαίνει αυτό;
- Αρχή Διατήρησης Ηλεκτρικού Φορτίου: **Τα ηλεκτρόνια δεν παράγονται, δεν καταστρέφονται ούτε και συσσωρεύονται σε κάποιο σημείο του κυκλώματος.**

- Σε ορισμένο χρόνο το ηλεκτρικό φορτίο που περνάει από κάθε διατομή των αγωγών του κυκλώματος, είναι ο ίδιος.

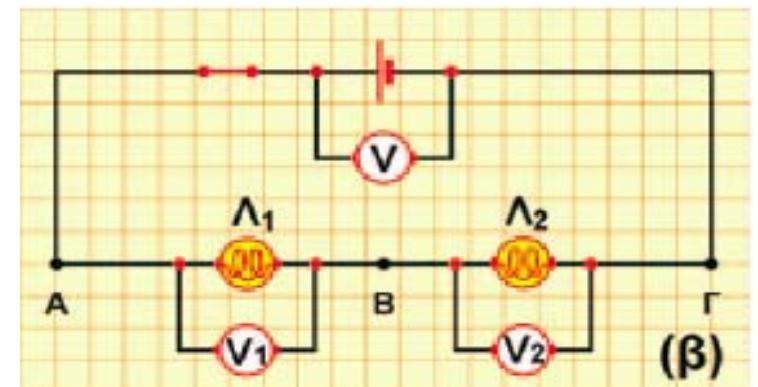


Τάση στη σύνδεσης σε σειρά

- Παρατηρούμε ότι η τάση V στα άκρα της πηγής ισούται με το άθροισμα των τάσεων V_1 και V_2 στα άκρα κάθε λάμπας

$$V = V_1 + V_2$$

- Γιατί συμβαίνει αυτό;
- Αρχής Διατήρησης Ενέργειας: **Η συνολική μεταβολή της ηλεκτρικής ενέργειας των ηλεκτρονίων (που εκφράζεται από την τάση) θα είναι ίση με το άθροισμα των μεταβολών κατά τη διέλευσή τους από το Γ προς το Β και από το Β προς το Α.**



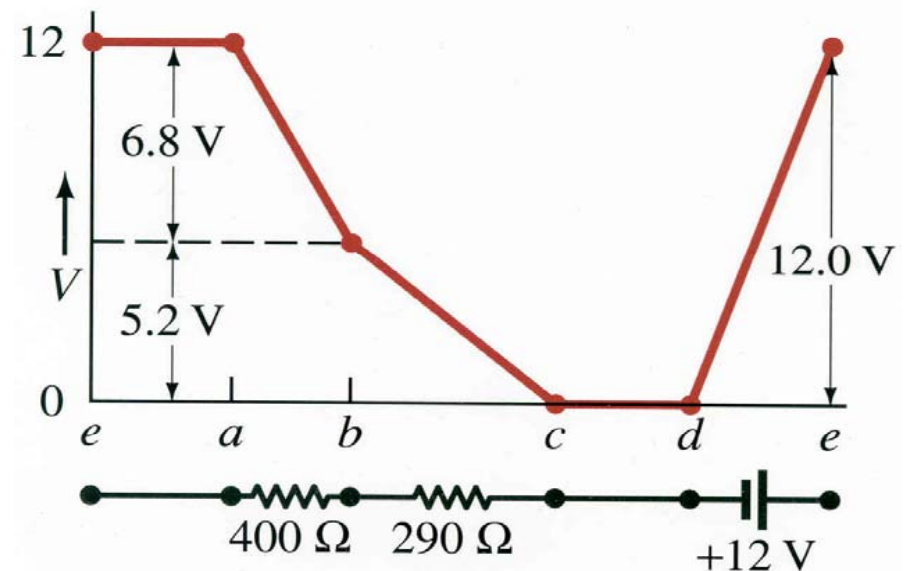
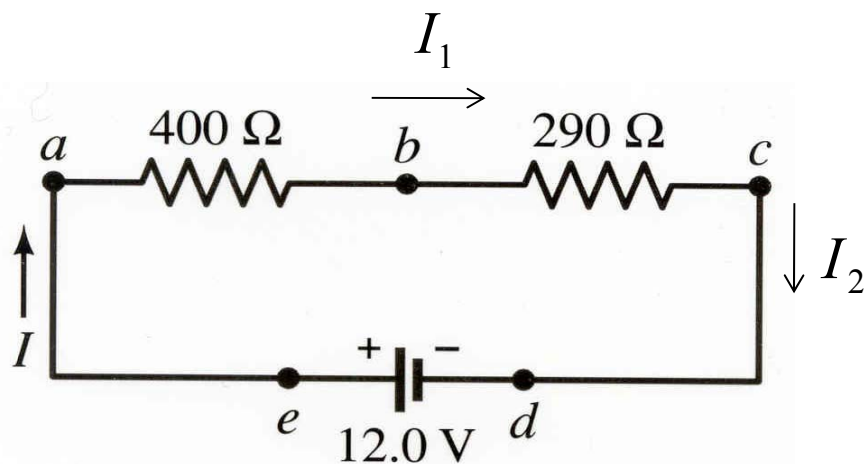
Μελέτη κυκλώματος σύνδεσης σε σειρά

- Το ρεύμα παντού είναι το ίδιο $I = I_1 = I_2$
 - Δεν χάνονται ηλεκτρόνια μέσα στο κύκλωμα
- Έστω ότι μετράμε $I = 17 \text{ mA}$

$$V_{ab} = I \cdot R_1 = 6.8 \text{ V}$$

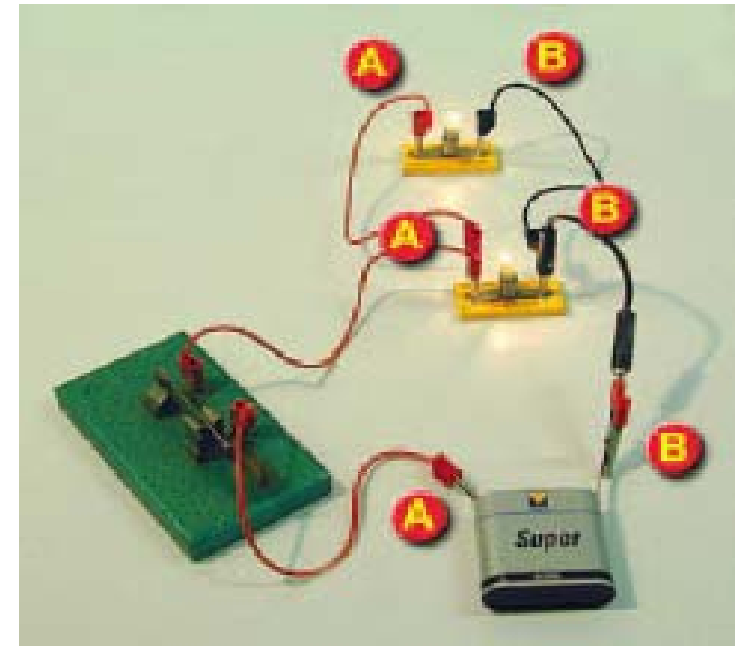
$$V_{bc} = I \cdot R_2 = 5.2 \text{ V}$$

$$V_{ab} + V_{bc} = V = 12 \text{ V}$$



Κύκλωμα Παράλληλης σύνδεσης

- Κάθε λαμπτήρας έχει το δικό του κλάδο από τον ένα πόλο της μπαταρίας στον άλλο.
 - Υπάρχουν δύο χωριστοί δρόμοι για το ρεύμα.
 - Το κύκλωμα είναι κλειστό ανεξάρτητα από το εάν λειτουργεί ο ένας ή και οι δύο λαμπτήρες.
- Στο σπίτι μας ένας λαμπτήρας μπορεί να φωτοβολεί ή όχι χωρίς να επηρεάζει τη λειτουργία των άλλων λαμπτήρων ή ηλεκτρικών συσκευών.

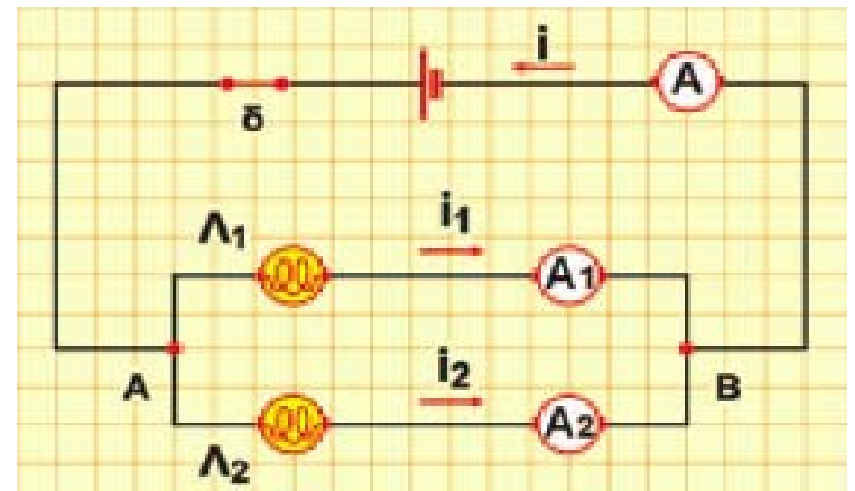


Μελέτη κυκλώματος παράλληλης σύνδεσης

- Συνδέουμε κατάλληλα βολτόμετρα και αμπερόμετρα και διαπιστώνουμε ότι:
 - Στα άκρα των λαμπτήρων η ίδια διαφορά δυναμικού είναι ίση με τη διαφορά δυναμικού της πηγής (V_{AB}).
 - Η ένταση (I) του ολικού ηλεκτρικού ρεύματος είναι ίση με το άθροισμα των εντάσεων (I_1 και I_2) των ρευμάτων που διαρρέουν τους δύο λαμπτήρες αντίστοιχα

$$V = V_1 = V_2$$

$$I = I_1 + I_2$$

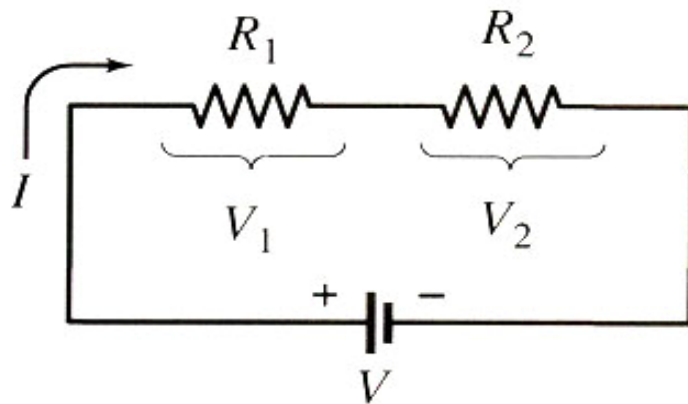


Συγκριτικά

- Σε Σειρά

$$I = I_1 = I_2$$

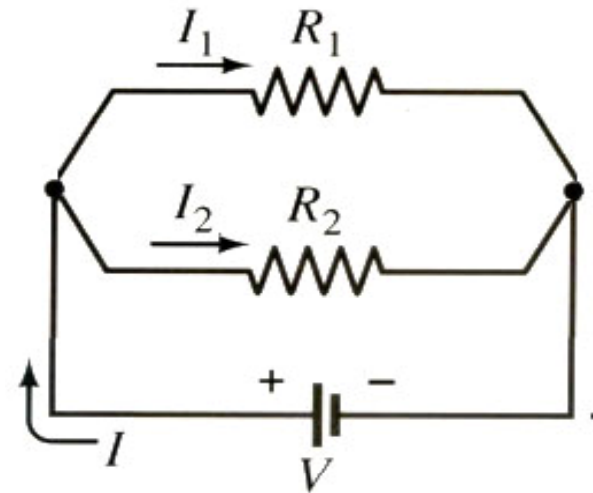
$$V = V_1 + V_2$$



- Παράλληλα

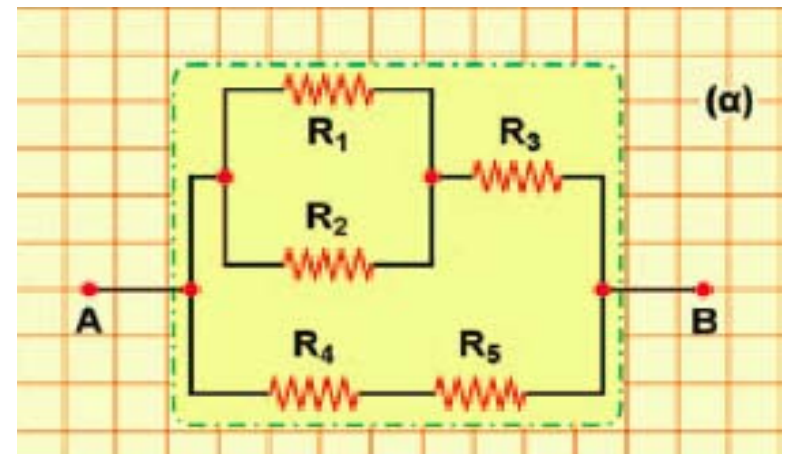
$$I = I_1 + I_2$$

$$V = V_1 = V_2$$



Συνδεσμολογία αντιστατών

- Έστω ότι θέλω να φτιάξω ένα ραδιόφωνο και σε ένα κύκλωμα χρειάζομαι μια αντίσταση $R=75 \Omega$. Στο εμπόριο όμως υπάρχουν αντιστάσεις μόνο $R=10 \Omega$, 20Ω , 50Ω , 100Ω
 - Πως θα φτιάξω την αντίσταση που χρειάζομαι;
- Μπορώ να συνδέσω κατάλληλα (σε σειρά και παράλληλα) τις παραπάνω αντιστάσεις ώστε η αντίσταση που θα προκύψει να είναι $R=75 \Omega$.
- Ονομάζουμε **σύστημα (συνδεσμολογία) αντιστατών** ένα σύνολο αντιστατών που τους έχουμε συνδέσει με οποιονδήποτε τρόπο.

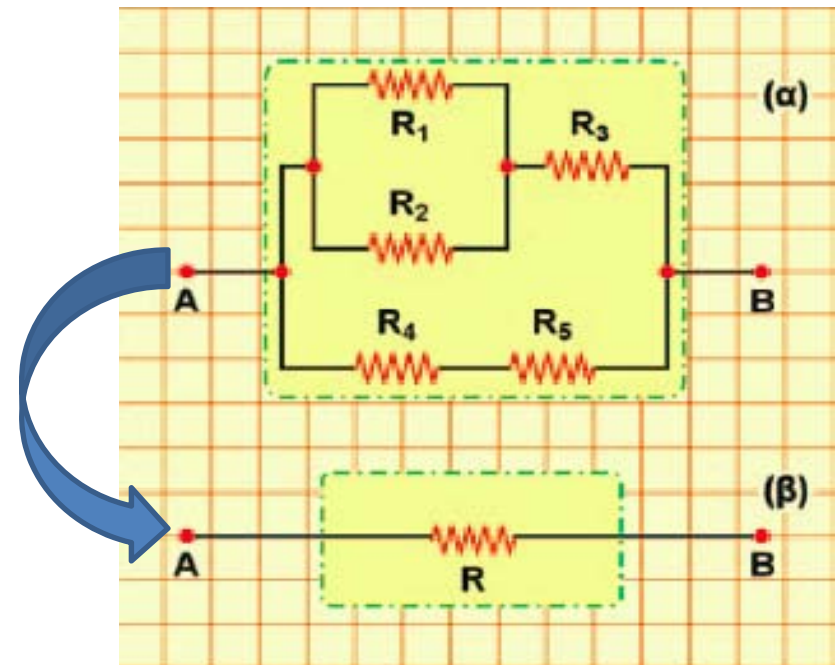


Ισοδύναμη Αντίσταση

- Για να δουλεύει σωστά το ραδιόφωνο πρέπει αν στα άκρα της συνδεσμολογίας εφαρμόσουμε την ίδια τάση V , να διέλθει απ' αυτή ηλεκτρικό ρεύμα ίδιας έντασης I με την $R=75 \Omega$.
 - Τότε η αντίσταση $R=75 \Omega$ ονομάζεται **ισοδύναμη αντίσταση του συστήματος (συνδεσμολογίας)**.

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

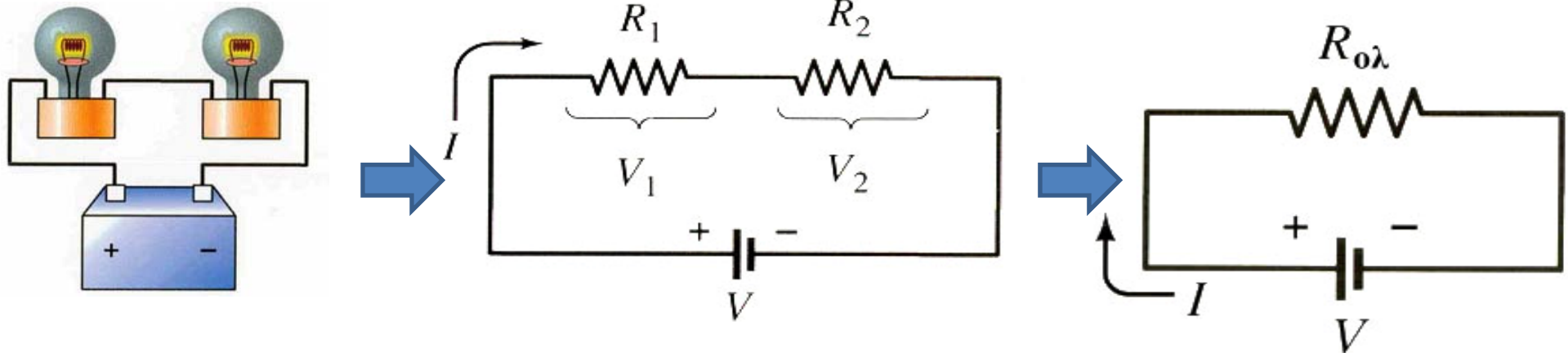
- Παρακάτω θα υπολογίσουμε γενικά την ισοδύναμη αντίσταση στην παράλληλη και στην κατά σειρά σύνδεση.



Ισοδύναμη Αντίσταση (σε Σειρά)

$$\left. \begin{array}{l} \text{Διατήρηση Φορτίου: } I = I_1 = I_2 \\ \text{Νόμος Ohm: } V_1 = I \cdot R_1; V_2 = I \cdot R_2 \\ \text{Διατήρηση Ενέργειας: } V = V_1 + V_2 \end{array} \right\} \Rightarrow IR_{ολ} = I \cdot R_1 + I \cdot R_2$$

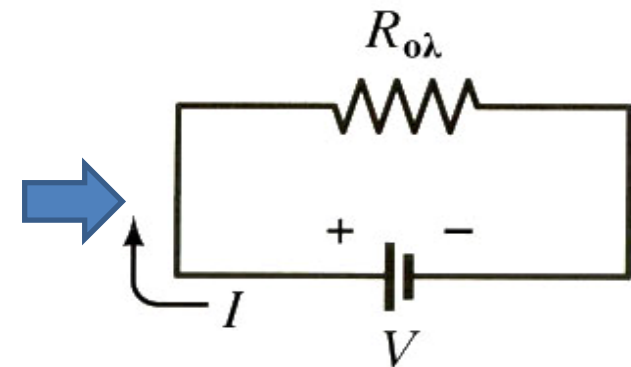
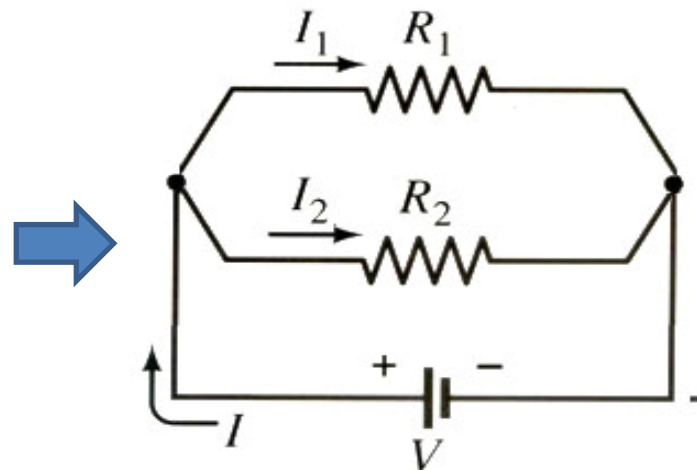
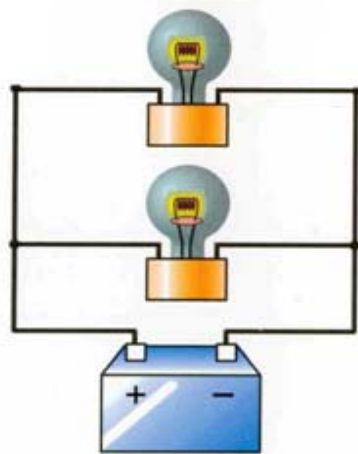
$$\Rightarrow \boxed{R_{ολ} = R_1 + R_2}$$



Ισοδύναμη Αντίσταση (Παράλληλη)

$$\left. \begin{array}{l} \text{Διατήρηση Φορτίου: } I = I_1 + I_2 \\ \text{Νόμος Ohm: } I_1 = \frac{V}{R_1}; I_2 = \frac{V}{R_2} \\ \text{Διατήρηση Ενέργειας: } V = V_1 = V_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{V}{R_{ολ}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2}$$

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



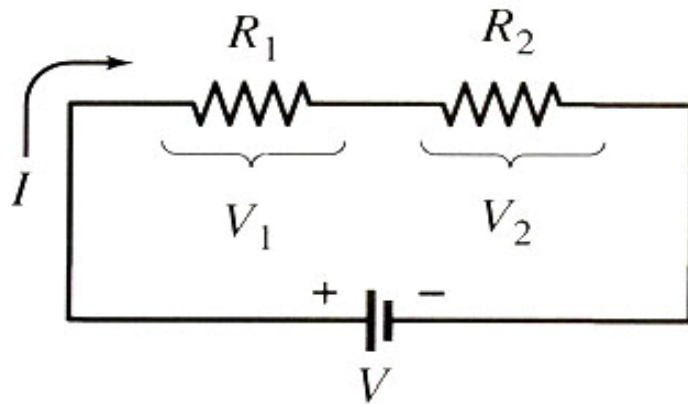
Συγκριτικά

- Σε Σειρά

$$I = I_1 = I_2$$

$$V = V_1 + V_2$$

$$R_{ολ} = R_1 + R_2$$



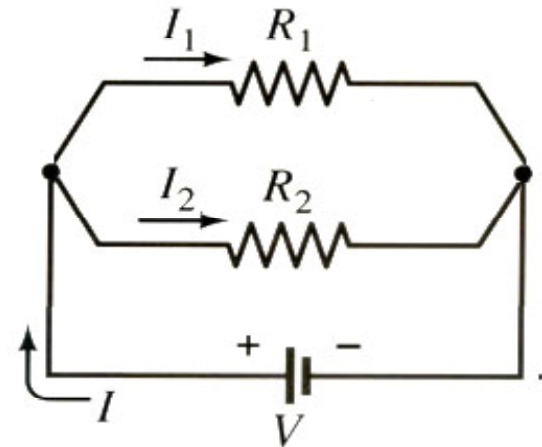
- Παράδειγμα 2.1 σελ 56

- Παράλληλα

$$I = I_1 + I_2$$

$$V = V_1 = V_2$$

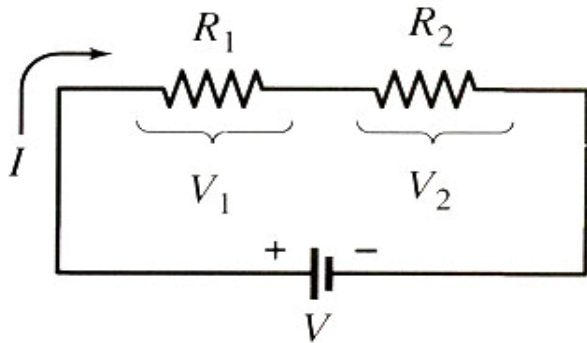
$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$



- Παράδειγμα 2.2 σελ 57

Εφαρμογή

- Αν $R_1 = R_2 = 3\Omega$ και $V = 12V$ υπολογίσετε τα $R_{ολ}, V_1, V_2$ στο παρακάτω κύκλωμα



$$R_{ολ} = R_1 + R_2 = 3\Omega + 3\Omega \Rightarrow \boxed{R_{ολ} = 6\Omega}$$

$$\boxed{I = \frac{V}{R_{ολ}} = \frac{6V}{3\Omega} = 2A}$$

$$\boxed{V_1 = I \cdot R_1 = 2A \cdot 3\Omega = 6V}$$

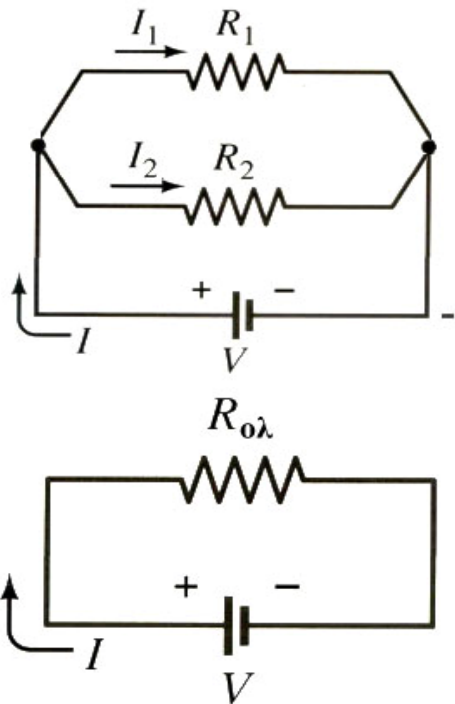
$$\boxed{V_2 = I \cdot R_2 = 2A \cdot 3\Omega = 6V}$$

$$V = V_1 + V_2 = 12V$$

- Η ολική αντίσταση είναι **μεγαλύτερη** και από τη μεγαλύτερη αντίσταση.

Εφαρμογή

- Αν $R_1 = R_2 = 3\Omega$ και $V = 12V$ υπολογίσετε τα $R_{ολ}, I, I_1, I_2$ στο παρακάτω κύκλωμα



$$R_{ολ} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3\Omega \cdot 3\Omega}{3\Omega + 3\Omega} = \frac{9\Omega^2}{6\Omega} = 1,5\Omega$$

$I = \frac{V}{R_{ολ}} = \frac{12V}{1,5\Omega} = 8A$	$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{12V}{3\Omega} = 4A$
---	--

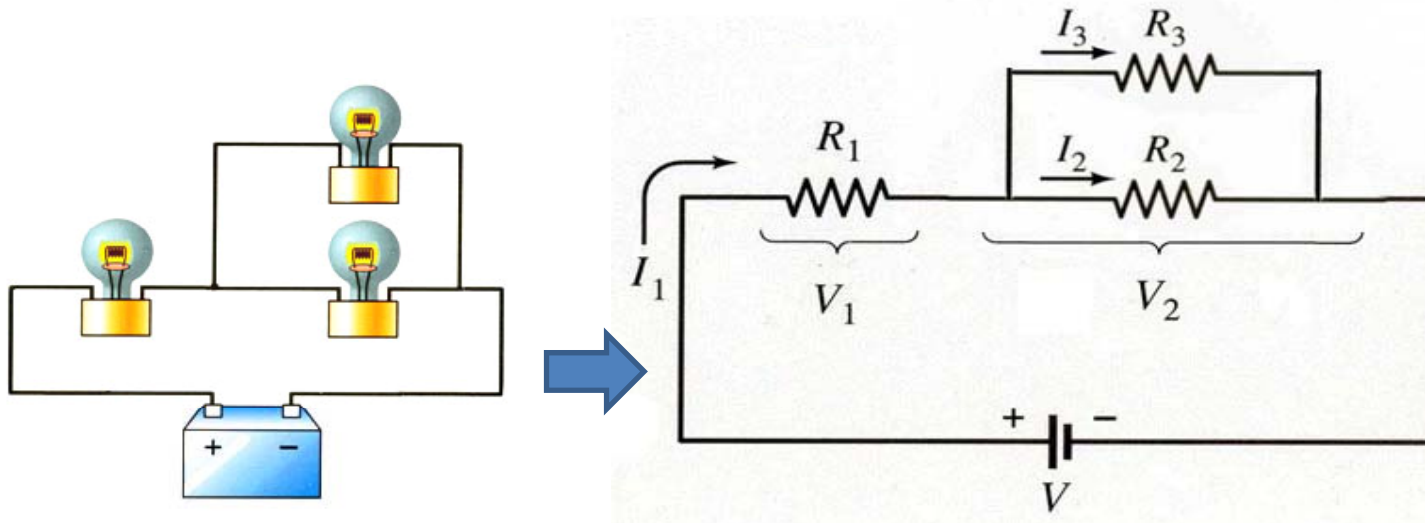
$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{12V}{3\Omega} = 4A$	$I = I_1 + I_2$
--	-----------------

- Η ολική αντίσταση είναι **μικρότερη** και από την μικρότερη αντίσταση.

Ισοδύναμη Αντίσταση (Συνδιασμός)

- Εφαρμογή: Αν $R_1=R_2=R_3=3\Omega$ και $V=12V$ βρείτε τα V_1, V_2, I_1, I_2, I_3 .
- Βρίσκω την ισοδύναμη αντίσταση $R_{ολ}$

$$R_{ολ} = R_1 + R_{2,3} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = 3\Omega + \frac{3\Omega \cdot 3\Omega}{3\Omega + 3\Omega} = 4,5\Omega$$



Ισοδύναμη Αντίσταση (Συνδιασμός)

2. Υπολογίζω το I_1

$$I_1 = \frac{V}{R_{ολ}} = \frac{12V}{4,5\Omega} = 2,6A$$

3. Υπολογίζω τα V_1, V_2

$$V_1 = I_1 \cdot R_1 = 2,6A \cdot 3\Omega = 7,8V$$

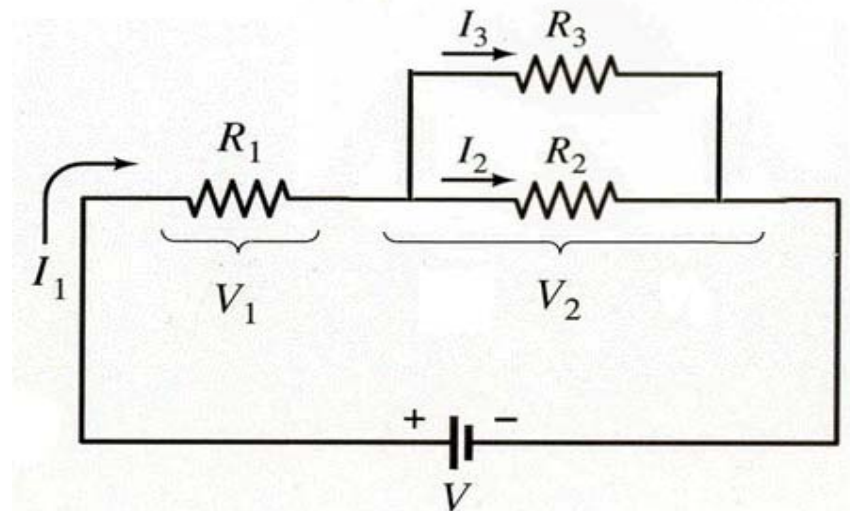
$$V = V_1 + V_2 \Rightarrow V_2 = V - V_1 = 12V - 7,8V = 4,2V$$

4. Υπολογίζω τα I_2, I_3

$$V_2 = I_2 \cdot R_2 = I_3 \cdot R_3 \Rightarrow$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{4,2V}{3\Omega} = 1,3A$$

$$I_3 = \frac{V_2}{R_3} = \frac{4,2V}{3\Omega} = 1,3A$$



Εφαρμογή

- Μπορείτε τώρα να βρείτε κάποιους συνδυασμούς των αντιστάσεων $R=10\ \Omega$, $20\ \Omega$, $50\ \Omega$, $100\ \Omega$ ώστε η ισοδύναμη αντίσταση να είναι $R_{ολ} = 75\ \Omega$;

