

**ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ**

Το παρόν φυλλάδιο θα αυτοκαταστραφεί αν προσπαθήσεις να το διαβάσεις χωρίς να έχεις διαβάσει ούτε μια φορά το βιβλίο, σε 3...2...1.....

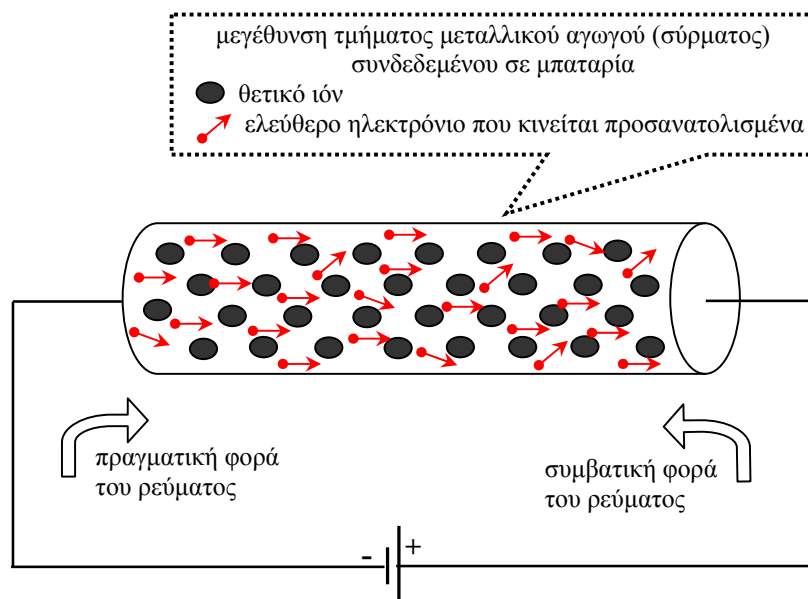


Ένα καλώδιο έχει από μέσα σύρμα, δηλαδή αγωγό και από έξω πλαστικό, δηλαδή μονωτή.

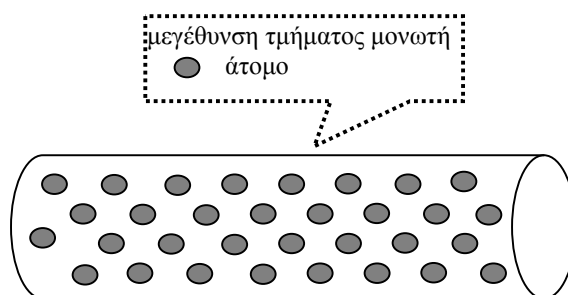
Σε ένα μεταλλικό αγωγό (σύρμα) υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια (ηλεκτρόνια που έχουν ξεφύγει από την έλξη του πυρήνα του ατόμου) τα οποία κινούνται άτακτα μέσα του.

Τα άτομα του μεταλλικού αγωγού, αφού τους έχει φύγει κάποιο ηλεκτρόνιο, έχουν μετατραπεί σε θετικά ιόντα, τα οποία ταλαντώνονται γύρω από τη θέση ισορροπίας τους.

Συνδέουμε τον μεταλλικό αγωγό με τους πόλους μιας πηγής - μπαταρίας (⇒ σχεδόν με την ταχύτητα του φωτός διαδίδεται ηλεκτρικό πεδίο μέσα στον αγωγό ⇒ ασκούνται ηλεκτρικές δυνάμεις στα ελεύθερα ηλεκτρόνια του) ⇒ **τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται προσανατολισμένα μέσα στον μεταλλικό αγωγό.**



Το υλικό του μονωτή αποτελείται από άτομα των οποίων τα ηλεκτρόνια είναι δεσμευμένα από τον πυρήνα (συγκρατούνται καλά στο άτομο με δυνάμεις Coulomb αν θυμάστε...), δεν έχει λοιπόν ελεύθερα ηλεκτρόνια. Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που υπάρχουν στον αγωγό δεν μπορούν να κινηθούν μέσα από τον μονωτή και να περάσουν στο χέρι μας όταν κρατάμε ένα καλώδιο που βρίσκεται στην πρίζα, για αυτό δεν έχουμε πεθάνει όλοι από ηλεκτροπληξία...



➤ **Ηλεκτρικό ρεύμα** μέσα σε ένα μεταλλικό αγωγό, ονομάζουμε την προσανατολισμένη κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων του.

Πραγματική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα στον αγωγό, θα είναι η φορά των αρνητικών ηλεκτρονίων προς τον θετικό πόλο της πηγής ( - → + ). Συμβατική φορά θα είναι η ανάποδη ( + → - ).

**Ένταση (I)** του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει ένα αγωγό ορίζουμε, το φορτίο q των ελεύθερων ηλεκτρονίων που περνάει από μια κάθετη διατομή του αγωγού σε χρόνο t προς τον χρόνο αυτό.

$$\text{Μαθηματικός τύπος: } I = \frac{q}{t}$$

Μονάδα μέτρησης της έντασης είναι το 1 A (ένα Ampere). Τον ορισμό του Ampere θα τον δείτε στο Λύκειο. Ως προς το παρόν, αν λύσετε τον ορισμό της έντασης ως προς q, παρατηρείτε ότι  $1C = 1A \cdot 1s$ .

Όργανο μέτρησης της έντασης είναι το **αμπερόμετρο**, το οποίο συνδέεται **σε σειρά** στον αγωγό.

Καλό αμπερόμετρο, το σχεδόν μηδενικής αντίστασης, για να περνάει το ρεύμα όσο γίνεται πιο «ανεμπόδιστο».

➤ Η πηγή ( π.χ. μπαταρία) δεν παράγει φορτία, αλλά **δημιουργεί διαφορά δυναμικού (τάση) στα άκρα του αγωγού**. Έτσι δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο μέσα στον αγωγό, προκαλώντας ηλεκτρικές δυνάμεις στα ελεύθερα ηλεκτρόνια του τα οποία αναγκάζονται να κινηθούν προσανατολισμένα και όχι άτακτα όπως πριν συνδέσουμε την πηγή. (δες το πάνω σχήμα με την πηγή και από τα προηγούμενα φυλλάδια το ίδιο σχήμα χωρίς πηγή)

Η πηγή λοιπόν αυτό που κάνει είναι να δίνει την ενέργεια στα ελεύθερα ηλεκτρόνια που ήδη βρίσκονται μέσα στον αγωγό, για να μπορέσουν αυτά να κινηθούν προσανατολισμένα, προκαλώντας το ηλεκτρικό ρεύμα.

Η πηγή έχει τάση είτε συνδεθεί σε κάποιο κύκλωμα είτε όχι.

**Τάση** ( $V_{\text{πηγής}}$ ) ή διαφορά δυναμικού μιας ηλεκτρικής **πηγής**, ονομάζουμε το πηλίκο της ενέργειας που δίνει η πηγή σε ελεύθερα ηλεκτρόνια τα οποία έχουν συνολικό φορτίο  $q$ , προς το φορτίο αυτό.

$$\text{Μαθηματικός τύπος: } V_{\text{πηγής}} = \frac{E_{\text{ηλ.προσφ.}}}{q}$$

**Τάση** ( $V_{\text{καταν.}}$ ) ή διαφορά δυναμικού στα άκρα ενός «**καταναλωτή**», ονομάζουμε το πηλίκο της ενέργειας που δίνουν τα ελεύθερα ηλεκτρόνια συνολικού φορτίου  $q$  στον «καταναλωτή» όταν διέρχονται από αυτόν, προς το

$$\text{φορτίο } q. \text{ Μαθηματικός τύπος: } V_{\text{καταν.}} = \frac{E_{\text{ηλ.καταν.}}}{q}$$

**Μονάδα** μέτρησης της τάσης είναι το ένα Volt (1 V). Όπως φαίνεται από τον ορισμό,  $1V = \frac{1J}{1C}$

Όργανο μέτρησης της τάσης είναι το **βολτόμετρο**, το οποίο συνδέεται **παράλληλα** στην πηγή ή τον «καταναλωτή».

Καλό βολτόμετρο, το σχεδόν άπειρης αντίστασης, για να περνάει το ελάχιστο δυνατό ρεύμα από μέσα του.

- **Αντίσταση** μεταλλικού αγωγού είναι η «δυσκολία» που συναντούν τα ελεύθερα ηλεκτρόνια όταν κινούνται προσανατολισμένα μέσα του. Η αντίσταση αυτή προέρχεται από τις συγκρούσεις των ελευθερών ηλεκτρονίων, με τα θετικά ιόντα του μετάλλου.

Γενικά, για οποιοδήποτε δίπολο, ισχύει ο ορισμός της αντίστασης: Ηλεκτρική αντίσταση  $R$ , ονομάζεται το πηλίκο της ηλεκτρικής τάσης που εφαρμόζεται στους πόλους του  $V$ , προς την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος

$$I \text{ που το διαρρέει. Μαθηματικός τύπος: } R = \frac{V}{I}$$

**Μονάδα** μέτρησης της αντίστασης είναι το ένα Ohm (1  $\Omega$ ). Όπως φαίνεται από τον ορισμό,  $1\Omega = \frac{1V}{1A}$

Ειδικά, μόνο για αντιστάτες (για μεταλλικούς αγωγούς σταθερής θερμοκρασίας) ισχύει ο **νόμος του Ohm**:

Η **ένταση** του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει έναν αντιστάτη, είναι **ανάλογη** της **τάσης** που εφαρμόζεται

$$\text{στα άκρα του. Μαθηματικός τύπος: } I = \frac{1}{R} \cdot V \text{ ή } V = I \cdot R$$

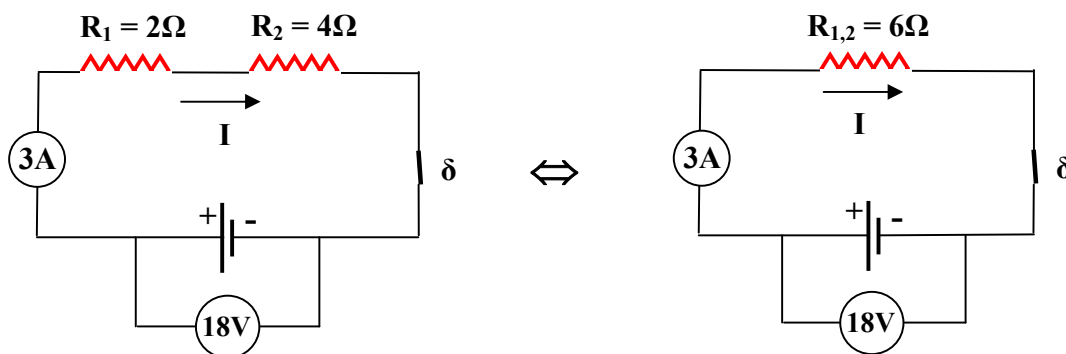
Δηλαδή ο τύπος του νόμου του Ohm είναι η επίλυση του ορισμού της αντίστασης τη μια ως προς  $I$  και την άλλη ως προς  $V$ . Το σημαντικό είναι να καταλάβετε ότι ειδικά για τους αντιστάτες, ο Ohm ανακάλυψε ότι η ένταση και η τάση είναι μεταξύ τους ανάλογα μεγέθη, οπότε η αντίσταση ενός συγκεκριμένου αντιστάτη είναι σταθερή. (διπλασιάζεις την τάση, διπλασιάζεται ταυτόχρονα και η ένταση, οπότε το πηλίκο μένει σταθερό – όπως στο εργαστήριο)

Η γραφική παράσταση της τάσης με την ένταση, είναι όπως όλες οι γραφικές παραστάσεις των ανάλογων μεγεθών (Βιβλίο σελ. 45, Εικόνα 2.28).

Σε αντίθεση με τον ορισμό της αντίστασης, ο νόμος του Ohm δεν ισχύει γενικά για οποιοδήποτε δίπολο, ισχύει μόνο για αντιστάτες. Δεν ισχύει για λαμπτήρες νέου, ηλεκτρικούς κινητήρες, λαμπτήρες πυρακτώσεως κ.λ.π.

- **Σύνδεση δύο αντιστάτων σε σειρά – ισοδύναμη αντίσταση**

Έχω δύο αντιστάτες με αντιστάσεις  $R_1$  και  $R_2$  οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι σε σειρά. Αν θελήσω να τους αντικαταστήσω με

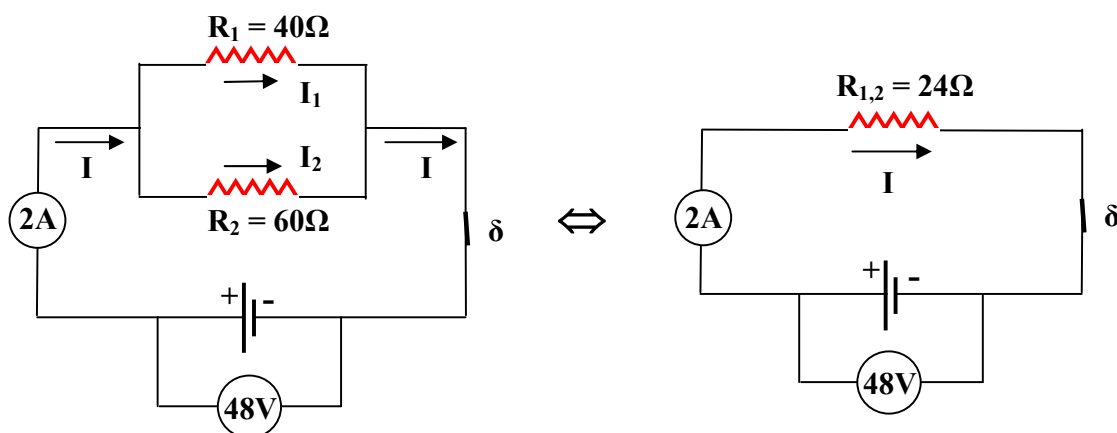


ένα αντιστάτη χωρίς να αλλάξει τίποτα στη λειτουργία του κυκλώματος, τότε αυτός θα πρέπει να έχει αντίσταση  $R_{1,2}$  ίση με το άθροισμά τους.

$$R_{1,2} = R_1 + R_2$$

➤ Σύνδεση δύο αντιστάτων παράλληλα – ισοδύναμη αντίσταση

Έχω δύο αντιστάτες με αντιστάσεις  $R_1$  και  $R_2$  οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι παράλληλα. Αν θελήσω να τους αντικαταστήσω με



ένα αντιστάτη χωρίς να αλλάξει τίποτα στη λειτουργία του κυκλώματος, τότε αυτός θα πρέπει να έχει αντίσταση  $R_{1,2}$  τέτοια ώστε:

$$\frac{1}{R_{1,2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

και επειδή στις ασκήσεις δεν τα βλέπω καλά τα

ομόνυμα κλάσματα, ας λύσουμε αυτή τη σχέση ως προς  $R_{1,2}$  :

$$\frac{1}{R_{1,2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R_{1,2}} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 \cdot R_2} \Rightarrow R_{1,2} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (\text{προσοχή...ισχύει μόνο για δύο αντιστάσεις})$$

(Σας συνιστώ ανεπιφύλακτα, να ξαναλύσετε τα παραδείγματα 2.1 και 2.2 στις σελίδες 56, 57 και 58 του βιβλίου.)

Ασκήσεις Με... λισσάρι

Πρώτη άσκηση

Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει ένα αγωγό είναι  $I = 2,4 \text{ mA}$ .

- 1) Να βρεθεί το φορτίο  $q$  που διέρχεται από μια κάθετη διατομή του αγωγού σε χρόνο  $t = 2 \text{ s}$ .
- 2) Να βρεθεί ο αριθμός των ηλεκτρονίων  $x$  που αντιστοιχεί σε αυτό το φορτίο, δεδομένου ότι το ένα ηλεκτρόνιο έχει φορτίο κατ' απόλυτη τιμή  $|q_e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Δεδομένα

$$I = 2,4 \text{ mA} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$t = 2 \text{ s}$$

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

Ζητούμενα

- 1)  $q = ?$
- 2)  $x = ?$

- 1) Λύνω (χιαστί) τον τύπο της έντασης ως προς αυτό που ζητάει, δηλαδή το  $q$

$$I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = I \cdot t \Rightarrow q = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 2 \text{ s} \Rightarrow q = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ C}$$

- 2) Σκέφτομαι απλά, για αυτό γράφω την απλή μέθοδο των τριών, προσέχοντας να βάλω το φορτίο κάτω από το φορτίο και τον αριθμό ηλεκτρονίων κάτω από τον αριθμό ηλεκτρονίων. Μετά λύνω χιαστί.

$$\begin{array}{r} 1 \\ x \end{array} \quad \begin{array}{r} 1,6 \cdot 10^{-19} \\ 4,8 \cdot 10^{-3} \end{array}$$

$$x \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 4,8 \cdot 10^{-3} \quad \text{και διαιρώ με το συντελεστή του αγνώστου}$$

$$x = \frac{4,8 \cdot 10^{-3}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow x = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{19} \Rightarrow x = 3 \cdot 10^{16} \text{ ηλεκτρόνια}$$

Τι καταλάβαμε από την άσκηση; Ότι από ένα σύρμα στο οποίο περνάει ρεύμα  $0,0024 \text{ A}$ , σε δύο δευτερόλεπτα περνάει φορτίο  $0,0048 \text{ C}$ , δηλαδή περνάνε 30 τετράκις εκατομμύρια ελεύθερα ηλεκτρόνια.

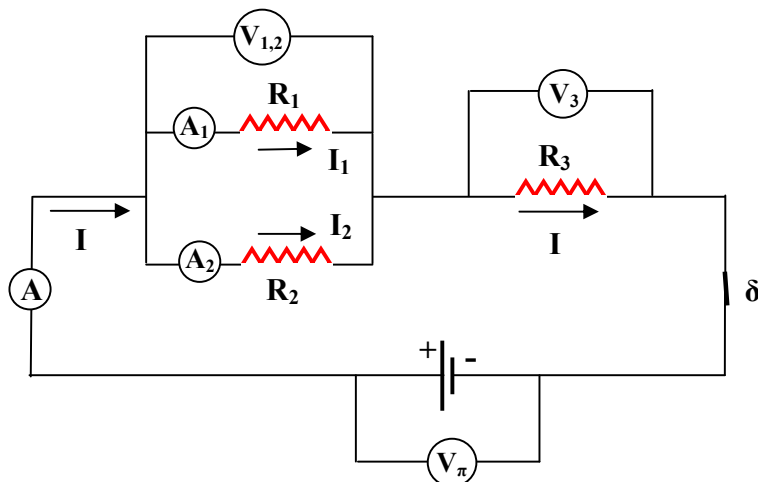
Αν ξανακάνετε την άσκηση για  $I = 1,6 \text{ A}$  και χρόνο  $t = 1 \text{ s}$ , θα καταλάβετε καλύτερα τον ορισμό της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος.

**Δεύτερη άσκηση**

Το κύκλωμα του σχήματος αποτελείται από μια μπαταρία τάσης  $V_{\pi}$ , δύο αντιστάτες  $R_1 = 30 \Omega$  και  $R_2 = 60 \Omega$  συνδεδεμένους παράλληλα, ένα αντιστάτη  $R_3 = 40 \Omega$  συνδεδεμένο σε σειρά με τους άλλους δύο, βολτόμετρα, αμπερόμετρα και ένα διακόπτη  $\delta$ .

Κλείνοντας το διακόπτη, από το κύκλωμα περνάει ρεύμα έντασης  $I = 300 \text{ mA}$ . Ζητούνται:

- 1) η  $R_{1,2}$  που είναι η ισοδύναμη αντίσταση των  $R_1$  και  $R_2$  και το ισοδύναμο κύκλωμα.
- 2) η  $R$  που είναι η ισοδύναμη αντίσταση των  $R_1$ ,  $R_2$  και  $R_3$  και το ισοδύναμο κύκλωμα.
- 3) η  $V_{\pi}$  που είναι η τάση που προκαλεί η πηγή στο κύκλωμα.
- 4) οι τάσεις στα άκρα κάθε αντιστάτη του κυκλώματος
- 5) οι εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν κάθε αντιστάτη του κυκλώματος.



Δεδομένα

- $R_1 = 30 \Omega$
- $R_2 = 60 \Omega$
- $R_3 = 40 \Omega$
- $I = 300 \text{ mA} = 0,3 \text{ A}$

Ζητούμενα

- 1)  $R_{1,2} = ?$ ; 2)  $R = ?$ ;
- 3)  $V_{\pi} = ?$ ;
- 4)  $V_3 = ?$ ;  $V_1 = V_2 = V_{1,2} = ?$ ;
- 5)  $I_1 = ?$ ;  $I_2 = ?$ ;

- 1)  $R_1$  και  $R_2$  παράλληλη σύνδεση

$$R_{1,2} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_{1,2} = \frac{30\Omega \cdot 60\Omega}{30\Omega + 60\Omega} \Rightarrow R_{1,2} = \frac{1800}{90}\Omega \Rightarrow R_{1,2} = 20\Omega$$

- 2)  $R_{1,2}$  και  $R_3$  σύνδεση σε σειρά

$$R = R_{1,2} + R_3 \Rightarrow R = 20\Omega + 40\Omega \Rightarrow R = 60\Omega$$

- 3) λύνοντας τον τύπο από το νόμο του Ohm ως προς τάση, έχω για την πηγή

$$V_{\pi} = I \cdot R \Rightarrow V_{\pi} = 0,3 \text{ A} \cdot 60\Omega \Rightarrow V_{\pi} = 18 \text{ V}$$

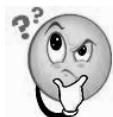
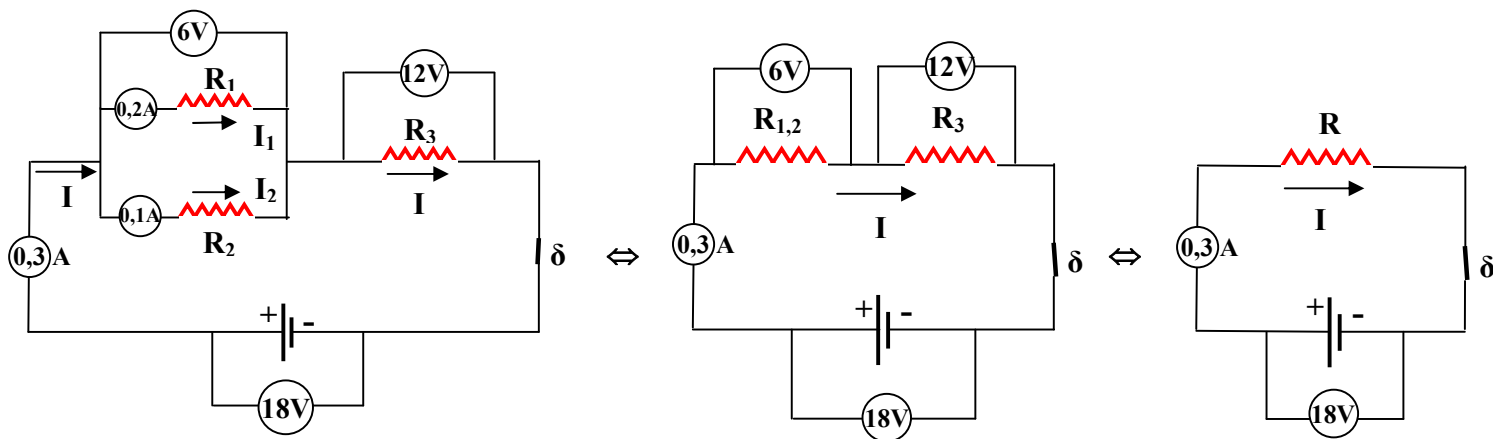
- 4) λύνοντας τον τύπο από το νόμο του Ohm ως προς τάση, έχω στα άκρα της  $R_3$

$$V_3 = I \cdot R_3 \Rightarrow V_3 = 0,3 \text{ A} \cdot 40\Omega \Rightarrow V_3 = 12 \text{ V}$$

και στα άκρα της  $R_{1,2}$ :  $V_{1,2} = I \cdot R_{1,2} \Rightarrow V_{1,2} = 0,3 \text{ A} \cdot 20\Omega \Rightarrow V_{1,2} = 6 \text{ V}$

- 5) λύνοντας τον τύπο από το νόμο του Ohm ως προς ένταση ρεύματος, έχω στα άκρα της  $R_1$ ,

$$I_1 = \frac{V_{1,2}}{R_1} \Rightarrow I_1 = \frac{6 \text{ V}}{30\Omega} \Rightarrow I_1 = 0,2 \text{ A} \quad \text{και στα άκρα της } R_2, \quad I_2 = \frac{V_{1,2}}{R_2} \Rightarrow I_2 = \frac{6 \text{ V}}{60\Omega} \Rightarrow I_2 = 0,1 \text{ A}$$



Δεν παρατηρώ ότι ισχύει η Α.Δ.Φ.  $I = I_1 + I_2$  (επαλήθευση  $0,3 \text{ A} = 0,2 \text{ A} + 0,1 \text{ A}$ ) και η Α.Δ.Ε  $V_{\pi} = V_{1,2} + V_3$  (επαλήθευση:  $18 \text{ V} = 6 \text{ V} + 12 \text{ V}$ ) γιατί είναι εκτός ύλης !?!

**Ηλεκτρική ενέργεια E<sub>ηλ.</sub>**

Η ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται από τη μετατροπή άλλων μορφών ενέργειας σε ηλεκτρική π.χ. η μπαταρία μετατρέπει τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική, το φωτοστοιχείο μετατρέπει την ενέργεια της ακτινοβολίας σε ηλεκτρική, η γεννήτρια μετατρέπει τη κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική...

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι η ενέργεια που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα σε μια συσκευή και μετατρέπεται με τη σειρά της σε άλλες μορφές ενέργειας π.χ. στην ηλεκτρική κουζίνα και στον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική, στον λαμπτήρα πυρακτώσεως η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική και φωτεινή...

Πόση είναι η ηλεκτρική ενέργεια που μετατρέπεται σε άλλες μορφές ενέργειας ανάλογα με τη συσκευή που θα χρησιμοποιήσουμε; (Απόδειξη του τύπου)

Από τον ορισμό της τάσης ξέρουμε ότι  $V = \frac{E_{\eta\lambda.}}{q}$ . Αν λύσουμε αυτό τον τύπο ως προς ενέργεια,  $E_{\eta\lambda.} = V \cdot q$

Από τον ορισμό της έντασης ξέρουμε ότι  $I = \frac{q}{t}$ . Αν λύσουμε αυτό τον τύπο ως προς φορτίο,  $q = I \cdot t$

Αν αντικαταστήσουμε το φορτίο στην ενέργεια,  $E_{\eta\lambda.} = V \cdot I \cdot t$

Μονάδα ενέργειας (και έργου) είναι το 1J (Joule).

Αν λοιπόν μια ηλεκτρική συσκευή έχει στα άκρα της τάση 1V και τη διαρρέει ρεύμα έντασης 1A, τότε σε χρόνο 1s το ρεύμα της μεταφέρει ενέργεια 1J.

**Ηλεκτρική ισχύς P<sub>ηλ.</sub>** (είναι ο ρυθμός μετατροπής της ενέργειας, το πόσο γρήγορα δηλαδή μετατρέπει μια συσκευή την ενέργεια της πηγής σε ενέργεια άλλης μορφής)

Η ισχύς ορίζεται σαν το πηλίκο της ενέργειας που μετατρέπει μια συσκευή προς το χρόνο που χρειάζεται.

Μαθηματικός τύπος,  $P = \frac{E}{t}$

για την ηλεκτρική ισχύ  $P_{\eta\lambda.} = \frac{E_{\eta\lambda.}}{t}$ , μπορούμε να αντικαταστήσουμε σε αυτό τον τύπο την ηλεκτρική ενέργεια,

$E_{\eta\lambda.} = V \cdot I \cdot t$  και με απαλοιφή του χρόνου να έχουμε τον τύπο της ηλεκτρικής ισχύος,  $P_{\eta\lambda.} = V \cdot I$

Μονάδα ισχύος είναι το 1W (Watt).

**Πως μας χρεώνει την ενέργεια η ΔΕΗ.**

Αν λύσουμε τον τύπο της ισχύος  $P_{\eta\lambda.} = \frac{E_{\eta\lambda.}}{t}$  ως προς ενέργεια, μπορούμε να εκφράσουμε την μονάδα ενέργειας

αντί για Joule, σε kW (κιλοβάτ = 1000 W) επί h (ώρες).

Η ΔΕΗ λοιπόν μας χρεώνει την ενέργεια, απλώς αντί για 1 J χρησιμοποιεί την μονάδα 1 kWh.

Ο λόγος γίνεται προφανής αν μετατρέψουμε την kWh σε J.

$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3600000 \text{ J}$

Για παράδειγμα αν δουλεύει μόνο το μεγάλο μάτι της ηλεκτρικής κουζίνας το οποίο έχει ισχύ 2000 W για μια ώρα, «καταναλώνει» 2 kWh. Αν το μετρούσαμε σε J, θα ήταν 7200000 J. Στο τετράμηνο, δεν θα χωρούσαν τα μηδενικά στο λογαριασμό.

Παρεμπιπτόντως, για αυτή την ωρίτσα λειτουργίας μιας μόνο ηλεκτρικής εστίας, δηλαδή για τις 2 kWh μας, θα πληρώναμε 20 λεπτά...