

# Ο νόμος του Ohm

Δ. Γ. Παπαγεωργίου  
Τμήμα Μηχανικών Επιστήμης Υλικών  
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

dparageo@cc.uoi.gr  
<http://pc164.materials.uoi.gr/dparageo>

1

## Ο νόμος του Ohm

### Ηλεκτρικό ρεύμα

Προκύπτει από την κίνηση φορτισμένων σωματιδίων ως αποτέλεσμα της επίδρασης ενός εξωτερικά εφαρμοζόμενου ηλεκτρικού πεδίου.

### Ηλεκτρονιακή αγωγή

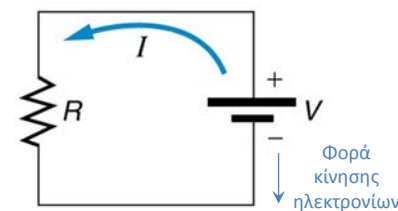
Το ηλεκτρικό ρεύμα προκύπτει λόγω της ροής ηλεκτρονίων.

### Ιοντική αγωγή

Στα ιοντικά υλικά, επιπλέον από την ηλεκτρονιακή αγωγή μπορεί να έχουμε κίνηση φορτισμένων ιόντων.

### Υπενθύμιση:

Η φορά του ρεύματος που σχεδιάζουμε είναι τέτοια που δείχνει την κίνηση θετικών φορτίων.



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

Νόμος του Ohm

Μονάδες στο διεθνές σύστημα (SI)

Τάση: Volt (V)

Ρεύμα: Ampere (A)

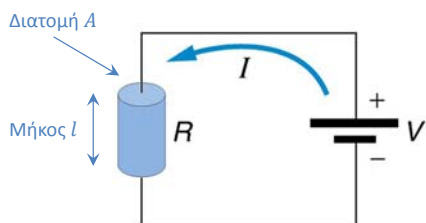
Αντίσταση: Ohm ( $\Omega$ ) = V/A

Ηλεκτρικές, Μαγνητικές και Οπτικές Ιδιότητες των Υλικών

2

Ο νόμος του Ohm

## Ειδική αντίσταση



Η τιμή της αντίστασης καθορίζεται από τη γεωμετρία του δείγματος και σε πολλά υλικά είναι **ανεξάρτητη του ρεύματος**:

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

$l$  μήκος δείγματος  
 $A$  διατομή δείγματος  
 $\rho$  ειδική αντίσταση

Η ειδική αντίσταση είναι χαρακτηριστική ιδιότητα του υλικού

Μονάδα ειδικής αντίστασης  
 $\Omega \text{ m}$

Ειδική αγωγιμότητα

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Μονάδα ειδικής αγωγιμότητας  
 $(\Omega \text{ m})^{-1}$  ή mho

Κατηγορίες υλικών ανάλογα με την ειδική αγωγιμότητα  $\sigma$

Αγωγοί:  $10^7 (\Omega \text{ m})^{-1}$

Μονωτές:  $10^{-10} \dots 10^{-20} (\Omega \text{ m})^{-1}$

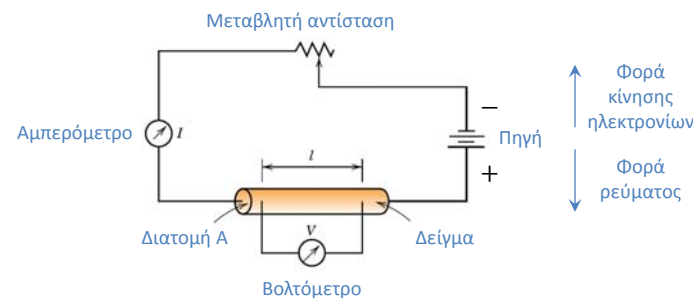
Ημιαγωγοί:  $10^{-6} \dots 10^4 (\Omega \text{ m})^{-1}$

Ηλεκτρικές, Μαγνητικές και Οπτικές Ιδιότητες των Υλικών

3

Ο νόμος του Ohm

## Τυπική διάταξη μέτρησης ειδικής αντίστασης δείγματος



Αντίσταση δείγματος

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

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

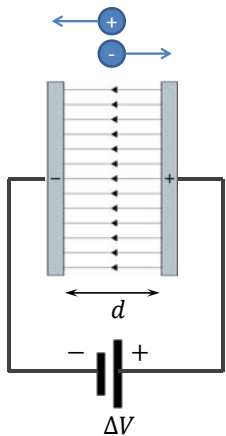
$$\frac{V}{I} = \rho \frac{l}{A} \Rightarrow \rho = \frac{VA}{Il}$$

Ηλεκτρικές, Μαγνητικές και Οπτικές Ιδιότητες των Υλικών

4

Ο νόμος του Ohm

## Υπενθύμιση εννοιών από τον ηλεκτρισμό



Το ηλεκτρικό πεδίο έχει φορά από τον θετικό προς τον αρνητικό πόλο της πηγής.

Ηλεκτρικό πεδίο (ορισμός)

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Δυναμικό (μονοδιάστατο)

$$E = -\frac{dV}{dx}$$

Ηλεκτρικό πεδίο παράλληλων πλακών

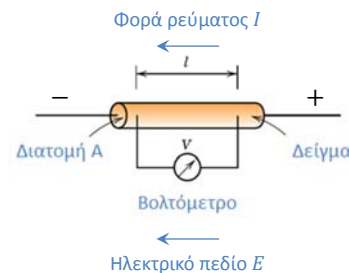
$$V(x) = Ax + B$$

$$E = \frac{\Delta V}{d}$$

Δυναμική ενέργεια εντός του πεδίου

$$U(x) = qV(x)$$

## Πυκνότητα ρεύματος



Το ηλεκτρικό πεδίο είναι:

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

Η πυκνότητα ρεύματος ορίζεται ως:

$$J = \frac{I}{A}$$

Μονάδα πυκνότητας ρεύματος (SI):

$$\frac{A}{m^2}$$

Ο νόμος του Ohm μπορεί να γραφεί και ως:

$$J = \sigma E$$

Νόμος του Ohm

## Παράδειγμα #1

Αποδείξτε ότι οι δύο μορφές του νόμου του Ohm:

$$R = V/I \quad \text{και} \quad J = \sigma E$$

είναι ισοδύναμες.

$$\left. \begin{aligned} R &= \frac{V}{I} \\ R &= \rho \frac{l}{A} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{V}{I} = \rho \frac{l}{A}$$

Αναδιατάσσουμε τη σχέση:

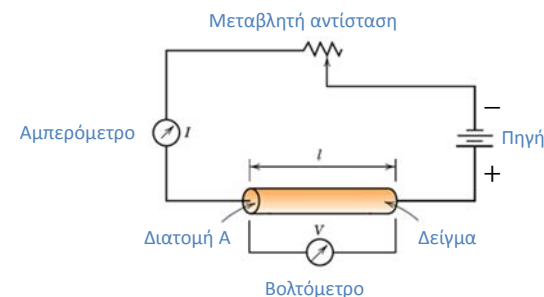
$$\frac{V}{l} = \rho \frac{I}{A} \Rightarrow E = \rho J$$

Αντικαθιστούμε  $\rho = 1/\sigma$

$$E = \frac{1}{\sigma} J \Rightarrow J = \sigma E$$

## Παράδειγμα #2

a. Υπολογίστε την ηλεκτρική ειδική αγωγιμότητα ενός κυλινδρικού δοκιμίου πυριτίου διαμέτρου 5.1 mm και μήκους 38 mm, το οποίο διαρρέεται από ρεύμα 100 mA στην αξονική του διεύθυνση. Η τάση στα άκρα των δύο ακροδεκτών στα άκρα του δοκιμίου μετρήθηκε να είναι 12.5 V.



Δεδομένα

$$V = 12.5 \text{ V}$$

$$I = 0.1 \text{ A}$$

$$l = 0.038 \text{ m}$$

$$d = 0.0051 \text{ m}$$

## Παράδειγμα #2

Αντίσταση δείγματος

$$\left. \begin{aligned} R &= \frac{V}{I} \\ R &= \rho \frac{l}{A} \end{aligned} \right\} \frac{V}{I} = \rho \frac{l}{A} \Rightarrow$$

$$\rho = \frac{VA}{Il} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sigma} = \frac{VA}{Il} \Rightarrow$$

$$\sigma = \frac{Il}{VA}$$

Θα υπολογίσουμε τη διατομή  $A$

$$A = \pi \left( \frac{d}{2} \right)^2 =$$

$$\pi \frac{(0.0051m)^2}{4} = 2.04 \times 10^{-5} m^2$$

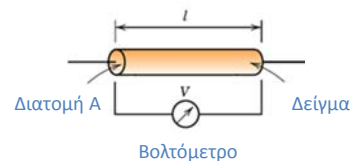
Αντικαθιστούμε στη σχέση για το  $\sigma$

$$\sigma = \frac{(0.1A)(0.038m)}{(12.5V)(2.04 \times 10^{-5} m^2)} =$$

$$14.9 (\Omega m)^{-1}$$

## Παράδειγμα #3

Σύρμα χαλκού μήκους 100m πρέπει να υφίσταται πτώση τάσης μικρότερη από 1.5 V όταν διαρρέεται από ρεύμα 2.5 A. Ποια είναι η ελάχιστη διάμετρος του σύρματος;



Δεδομένα:

$$l = 100 \text{ m}$$

$$V = 1.5 \text{ V}$$

$$I = 2.5 \text{ A}$$

Αντίσταση σύρματος

$$\left. \begin{aligned} R &= \frac{V}{I} \\ R &= \rho \frac{l}{A} \end{aligned} \right\} \frac{V}{I} = \rho \frac{l}{A} \Rightarrow$$

$$A = \frac{\rho l I}{V} \Rightarrow$$

$$\pi \left( \frac{d}{2} \right)^2 = \frac{\rho l I}{V} \Rightarrow$$

$$d = \sqrt{\frac{4\rho l I}{\pi V}}$$

Χρειαζόμαστε την ειδική αντίσταση του χαλκού

## Παράδειγμα #3

Μέταλλο	Ηλεκτρική ειδική αγωγιμότητα ( $\Omega m$ ) <sup>-1</sup>
Silver	$6.8 \times 10^7$
Copper	$6.0 \times 10^7$
Gold	$4.3 \times 10^7$
Aluminum	$3.8 \times 10^7$
Brass (70 Cu-30 Zn)	$1.6 \times 10^7$
Iron	$1.0 \times 10^7$
Platinum	$0.94 \times 10^7$
Plain carbon steel	$0.6 \times 10^7$
Stainless steel	$0.2 \times 10^7$

Επειδή  $\rho = 1/\sigma$

η διάμετρος γράφεται:

$$d = \sqrt{\frac{4\rho l I}{\pi V}} \Rightarrow$$

$$d = \sqrt{\frac{4l I}{\pi \sigma V}}$$

Αντικαθιστούμε:

$$d = \sqrt{\frac{4(100m)(2.5A)}{\pi(6 \times 10^7 (\Omega m)^{-1})(2.5V)}} =$$

$$1.88 \times 10^{-3} m =$$

$$1.88 \text{ mm}$$

Η διάμετρος του σύρματος πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1.88 mm