



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Φυσική III

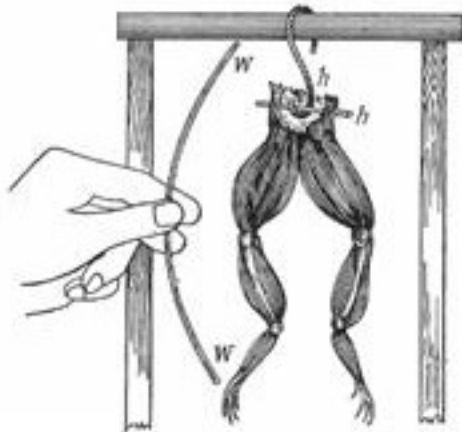
Ενότητα 4: Ηλεκτρικά Κυκλώματα

Γεώργιος Βούλγαρης
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Φυσικής

Ηλεκτρικό ρεύμα I

Ηλεκτρική στήλη

... OF THE GALVANIC CIRCUIT WAS PRODUCED



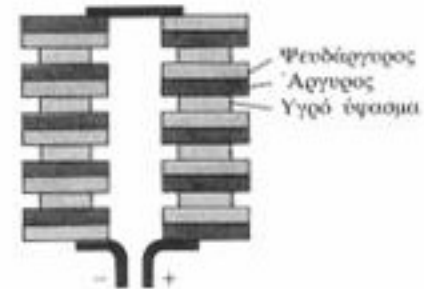
One of Galvani's experiments. The nerves of a frog's loins are connected to copper hook *h* suspended from iron rail *r*. If the muscles of the frog's legs are connected to rail *r* by means of iron wire *w*, the muscles will sharply contract

... is equal to zero, altho-

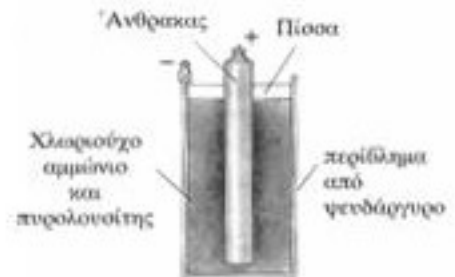


Solution of H_2SO_4

Galvanic (voltaic) cell: a circuit in which two different metals (copper and zinc) are in contact with an electrolyte (a solution of sulphuric acid)



Διάγραμμα της μεταφοράς που κατασκεύασε ο Volta. Το υφασμα που βρίσκεται ανάμεσα στις πλάκες έχει εμποτιστεί με διάλυμα άλατος. Οι δύο τελικές πλάκες έχουν διαφορά δυναμικού.



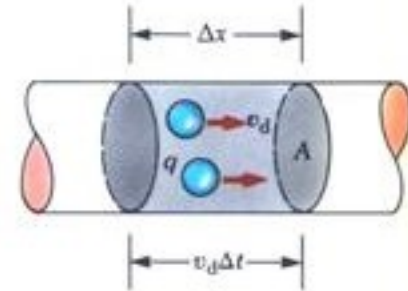
Τομή ξηρού στοιχείου.

Ηλεκτρικό ρεύμα II

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

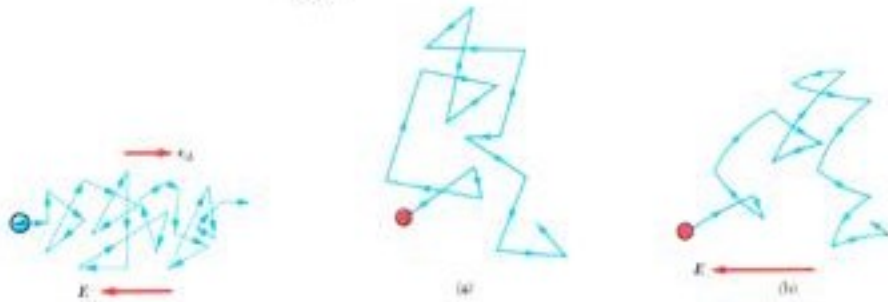
$$I = \frac{dQ}{dt}$$

$$\vec{v}_D = \mu \vec{E}$$



$$\Delta Q = nqA\Delta x = nqAv_D\Delta t$$

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

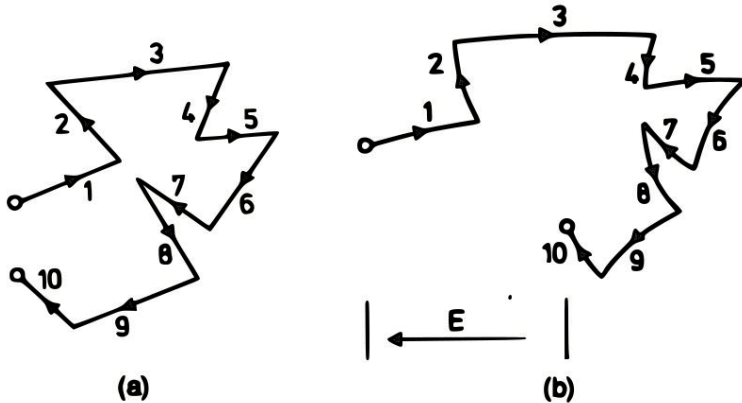


Φορά ρεύματος

- Συμβατική φορά ρεύματος, η φορά της κίνησης των θετικών φορτίων.
- Στους αγωγούς οι φορείς είναι τα ηλεκτρόνια που είναι αρνητικά.
- Η φορά των ηλεκτρονίων είναι αντίθετη με την συμβατική.
- Οι τύποι της συμβατικής φοράς διατηρούνται στο μεγαλύτερο μέρος της βιβλιογραφίας.



Κίνηση ηλεκτρονίων



- Θερμική κίνηση των ηλεκτρονίων. Η μέση μετατόπιση είναι μηδέν.
- Όταν εφαρμόζουμε ηλεκτρικό πεδίο E , τα ηλεκτρόνια αποκτούν συνιστώσα της κίνησης κατά τη φορά του $-E$.
- Το πεδίο επιταχύνει τα ηλεκτρόνια $a=F/m=eE/m$.

• Τα ηλ. συγκρούονται με τα άτομα του υλικού και αλλάζουν διεύθυνση.

• Μέση ελεύθερη διαδρομή, η απόσταση ανάμεσα σε δύο κρούσεις.



Κίνηση ηλεκτρονίων.

Η ταχύτητα μετατόπισης των ηλεκτρονίων, ονομάζεται **ταχύτητα ολίσθησης**.

$$\vec{v}_d = \mu \vec{E}$$

v_d Ταχύτητα ολίσθησης

μ Ευκινησία

j Πυκνότητα ρεύματος

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

$$j = \frac{I}{A} \quad I = nqAv_d \rightarrow j = nqv_d$$

ρ Πυκνότητα φορτίου

$$\rho = nq \rightarrow j = \rho v_d$$



Αντίσταση, νόμος του Ohm

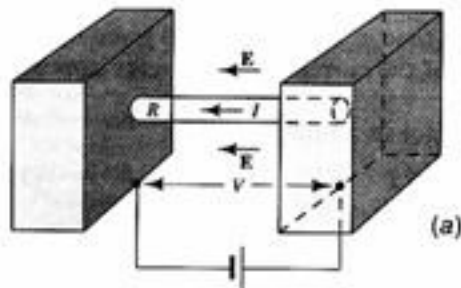
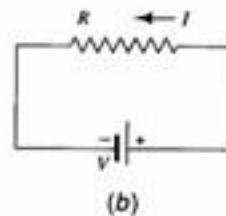
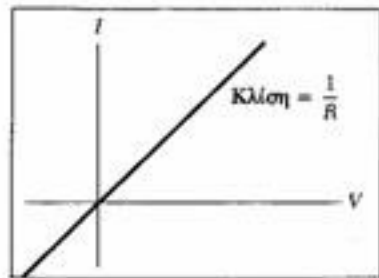
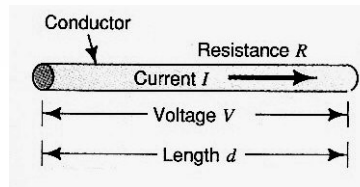


FIGURE 5-4

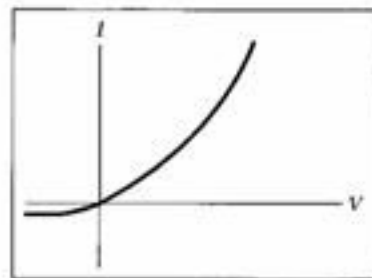


$$R = \frac{V}{I}, \quad V = RI$$

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



(a)



(b)

Ο νόμος του Ohm αναφέρεται σε υλικά με αντίσταση ανεξάρτητη από το ρεύμα ή την τάση, όπως είναι τα μέταλλα.

Μονάδες ρεύματος, αντίστασης

- Μονάδα ρεύματος στο SI είναι το Ampere A
- Ο ορισμός του γίνεται από τον νόμο Laplace που συνδέει τα Μηχανικά με τα Ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα.
- 1 A, είναι το ρεύμα που : όταν διαρρέει δύο αγωγούς μήκους 1 m σε απόσταση 1 m, η δύναμη ανάμεσα στους δύο αγωγούς είναι ίση με $2 \cdot 10^{-7}$ N
- Μονάδα αντίστασης το 1 Ohm, αντιστοιχεί σε πτώση τάσης 1 V όταν ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα 1 A.



Ειδική αντίσταση

$$R = S \frac{l}{A} \quad S \text{ ειδική αντίσταση μονάδες } \Omega\text{m}$$

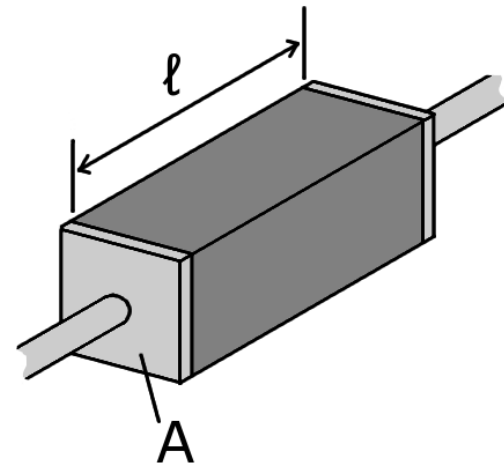
Εξάρτηση από τη θερμοκρασία

$$S = S_0 (1 + a(T - T_0))$$

Παράδειγμα Cu

$$S_0 = 17,7 \text{ n}\Omega\text{m} \quad (20 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$a = 0,0038 \text{ K}^{-1}$$



Αγωγιμότητα

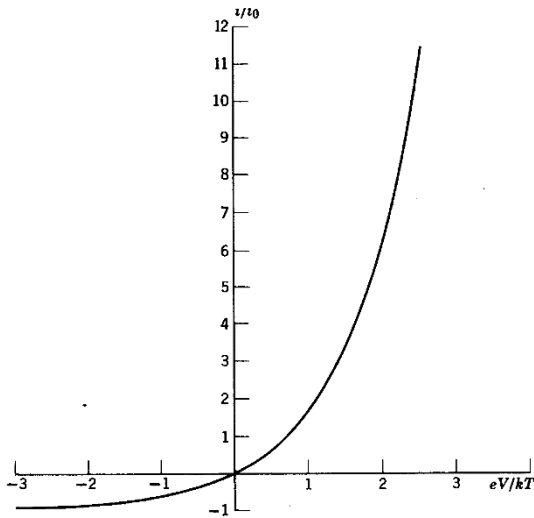
$$G = \frac{1}{R} \quad \text{Μονάδες } \Omega^{-1}$$

Ειδική αγωγιμότητα

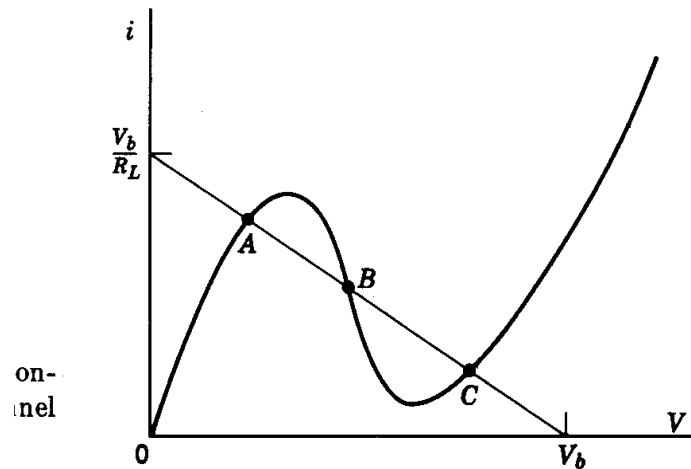
$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$



Καμπύλες I-V για Ημιαγωγούς



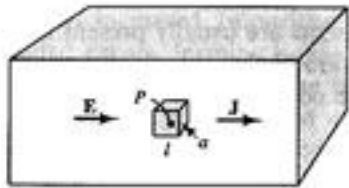
Καμπύλη I vs V για δίοδο.



Καμπύλη I vs V για δίοδο tunnel.



Μικροσκοπικός νόμος του Ohm



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

$$\vec{J} = \rho \vec{v}_D$$

$$\vec{J} = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta I}{\Delta S}$$

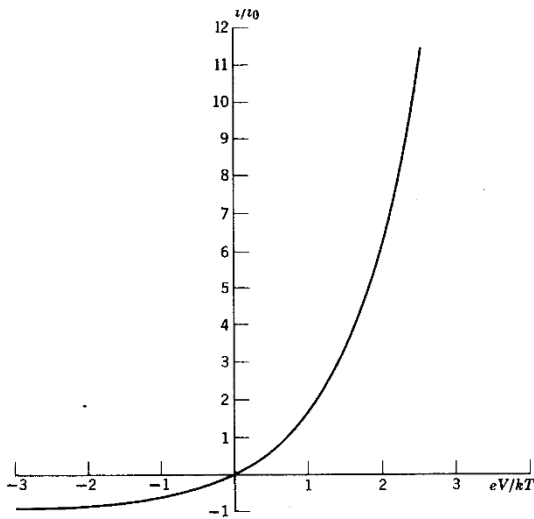
$$I = \frac{EI}{R}, \quad I = JA \Rightarrow J = \frac{I}{AR} E$$
$$\sigma = \frac{1}{S} = \frac{I}{AR}$$

Νόμος του Ohm σε ένα σημείο

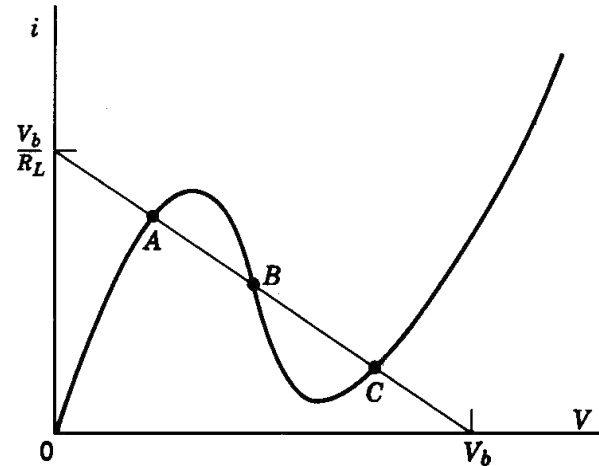
$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$



Καμπύλες I-V για Ημιαγωγούς



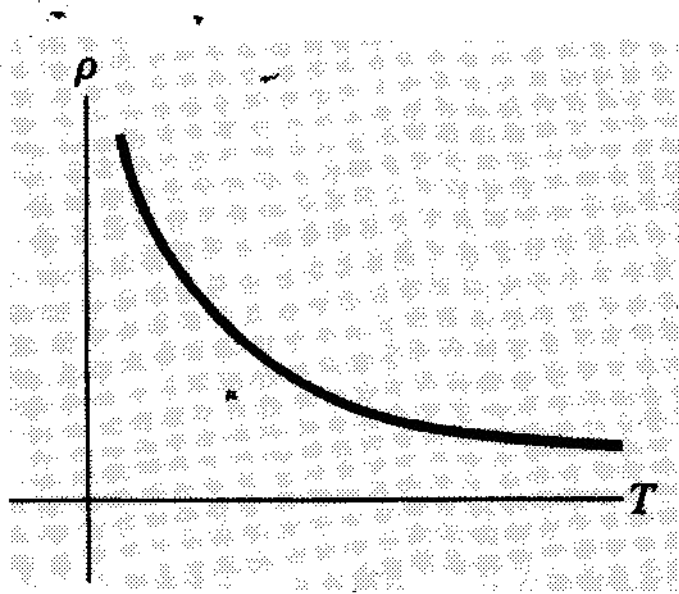
Καμπύλη I vs V για δίοδο.



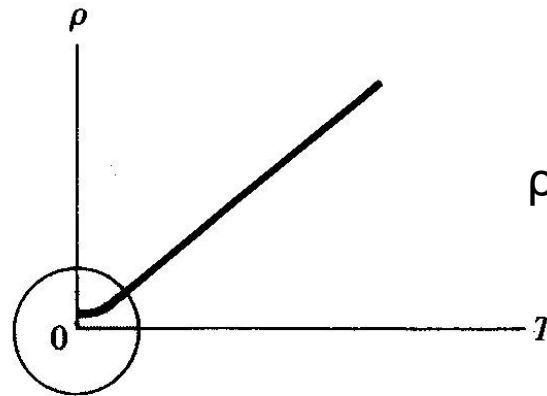
Καμπύλη I vs V για δίοδο tunnel.



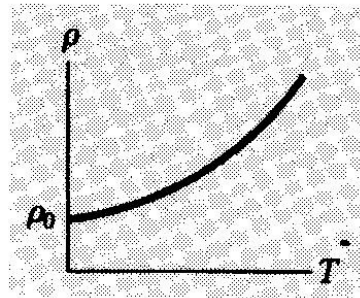
Εξάρτηση από Θερμοκρασία



Η ειδική αντίσταση καθαρού ημιαγωγού, λ.χ. πυριτίου ή γερμανίου, συναρτήσεται της θερμοκρασίας



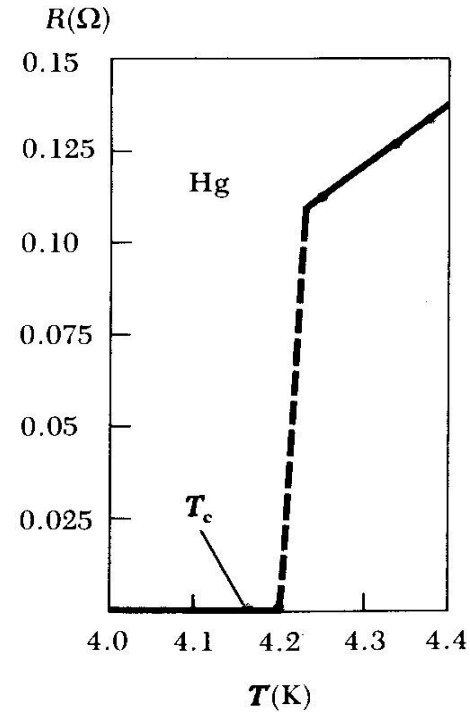
ρ ειδική αντίσταση



Γραφική παράσταση της ειδικής αντίστασης συναρτήσεται της θερμοκρασίας για κοινό μέταλλο, λ.χ. χαλκό. Για ένα μεγάλο φάσμα τιμών θερμοκρασιών η καμπύλη είναι ευθεία γραμμή και η ειδική αντίσταση ρ αυξάνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία. Καθώς η θερμοκρασία πλησιάζει το απόλυτο μηδέν (βλ. μεγέθυνση), η ειδική αντίσταση τείνει προς την πεπερασμένη τιμή ρ_0 .

Υπεραγωγιμότητα

- Παρατηρήθηκε από τον H. Kamerlingh-Onnes το 1911.
- Όταν η θερμοκρασία γίνει μικρότερη από την κρίσιμη, η αντίσταση μηδενίζεται.
- Για τον Hg, $T_c = 4,15 \text{ K}$
Και $S = 4 \cdot 10^{-25} \Omega \text{ m}$.



Η αντίσταση του υδραργύρου συναρτῆσει τῆς θερμοκρασίας. Για θερμοκρασίες υψηλότερες από την T_c η καμπύλη μοιάζει με την καμπύλη ενός κοινού μετάλλου. Όταν όμως η θερμοκρασία γίνει ίση ή μικρότερη προς την κρίσιμη θερμοκρασία, T_c (4.15 K για τον υδράργυρο), η αντίσταση μηδενίζεται.

Ιδιότητες υλικών

Αγωγοί	Μέταλλα Ελεύθερα ηλεκτρόνια
	Ηλεκτρολύτες Θετικά, αρνητικά ιόντα.
	Πλάσμα Αέριο ιονισμένο
Μονωτές	Διηλεκτρικά Αέρια, πετρώματα, κεραμικά
Ημιαγωγοί	Ge, Si η αγωγιμότητα εξαρτάται από τις προσμίξεις.

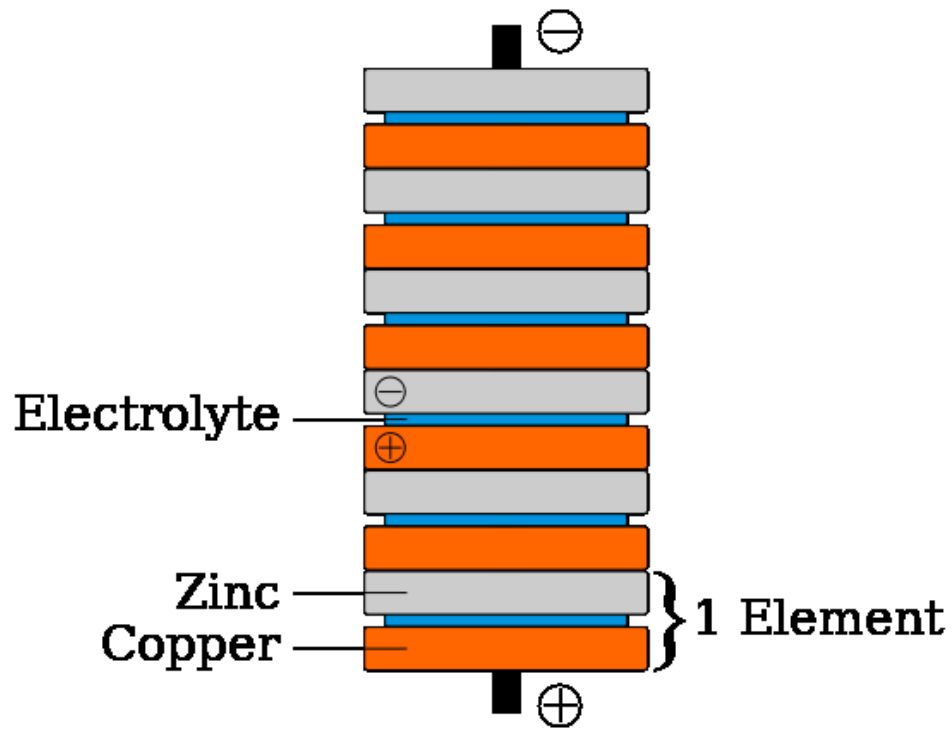


Ειδικές αγωγιμότητες και θερμοί συντελεστές ειδικής αντίστασης διαφόρων υλικών

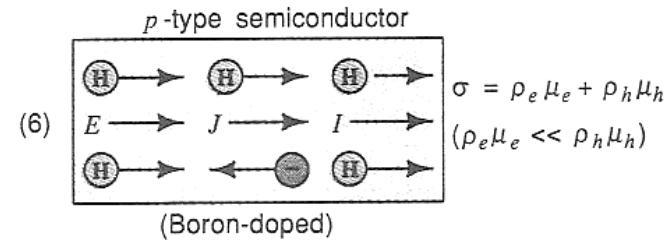
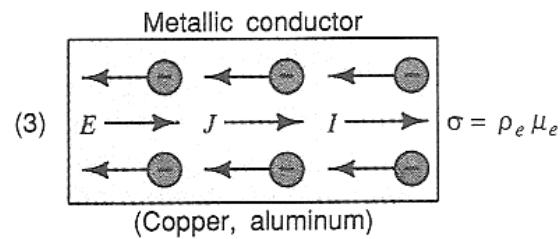
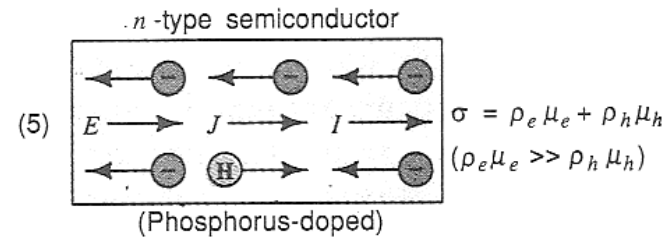
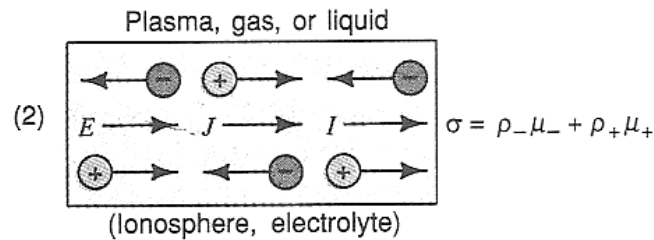
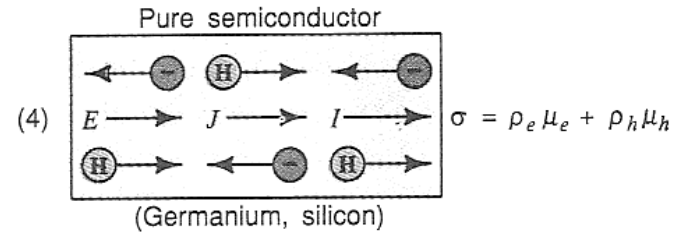
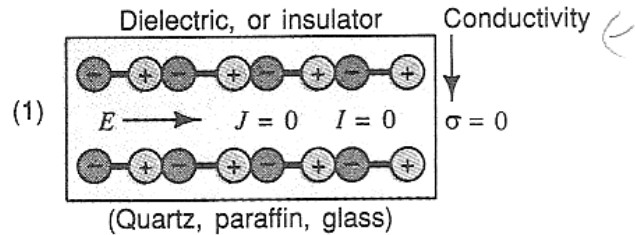
Υλικό	Ειδική αντίσταση ^a ($\Omega \cdot m$)	Θερμικός συντελεστής α [(C°) ⁻¹]
Άργυρος	1.59×10^{-8}	3.8×10^{-3}
Χαλκός	1.7×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Χρυσός	2.44×10^{-8}	3.4×10^{-3}
Αλουμίνιο	2.82×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Βολφράμιο	5.6×10^{-8}	4.5×10^{-3}
Σίδηρος	10×10^{-8}	5.0×10^{-3}
Πλατίνα	11×10^{-8}	3.92×10^{-3}
Μόλυβδος	22×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Χρωμιοκελίνης ^b	150×10^{-8}	0.4×10^{-3}
Χαλκός	3.5×10^{-5}	-0.5×10^{-3}
Γερμάνιο	0.46	-48×10^{-3}
Πυρίτιο	640	-75×10^{-3}
Ύαλος	$10^{10} - 10^{14}$	
Εβονίτης	$\approx 10^{13}$	
Θείο	10^{15}	
Χαλαζίας	75×10^{16}	



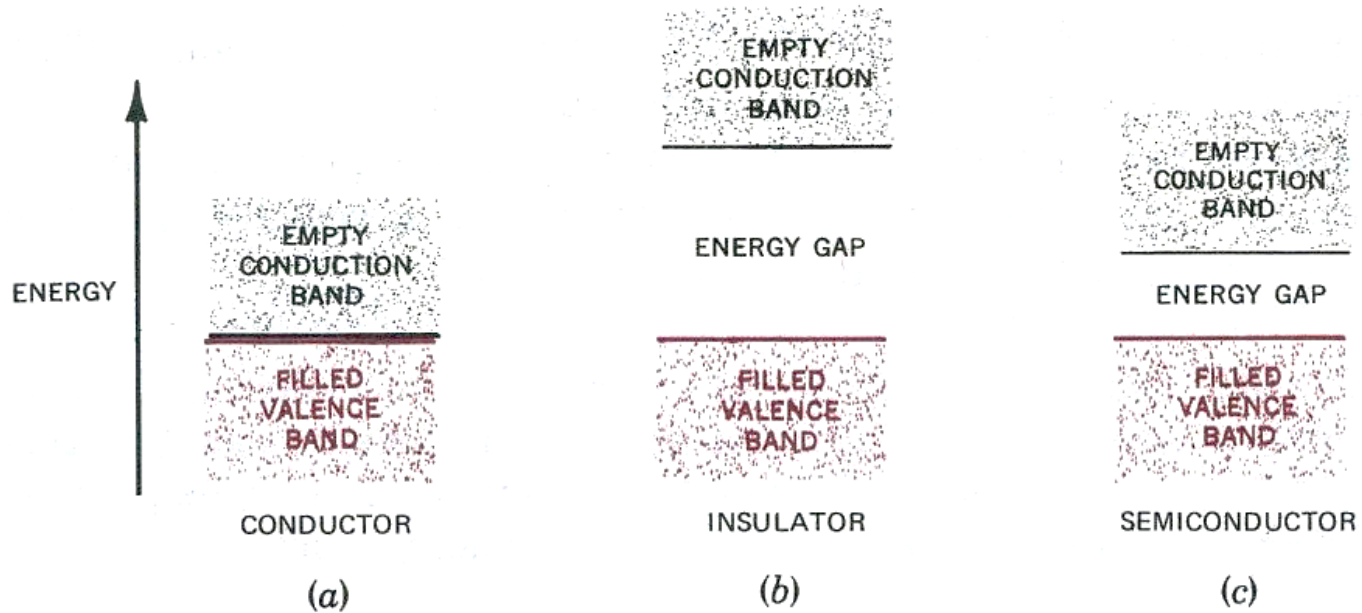
Γαλβανική στήλη



Αγωγιμότητα υλικών



Ενεργειακές ζώνες υλικών



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Γεώργιος Βούλγαρης, 2015. Γεώργιος Βούλγαρης, Ξάνθος Μαϊντάς. «Φυσική III. Ηλεκτρικά Κυκλώματα». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/PHYS14/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

