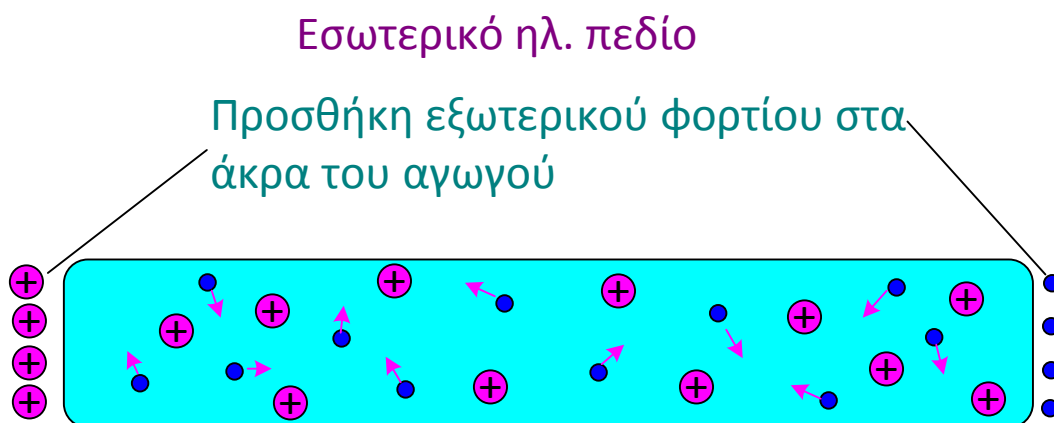
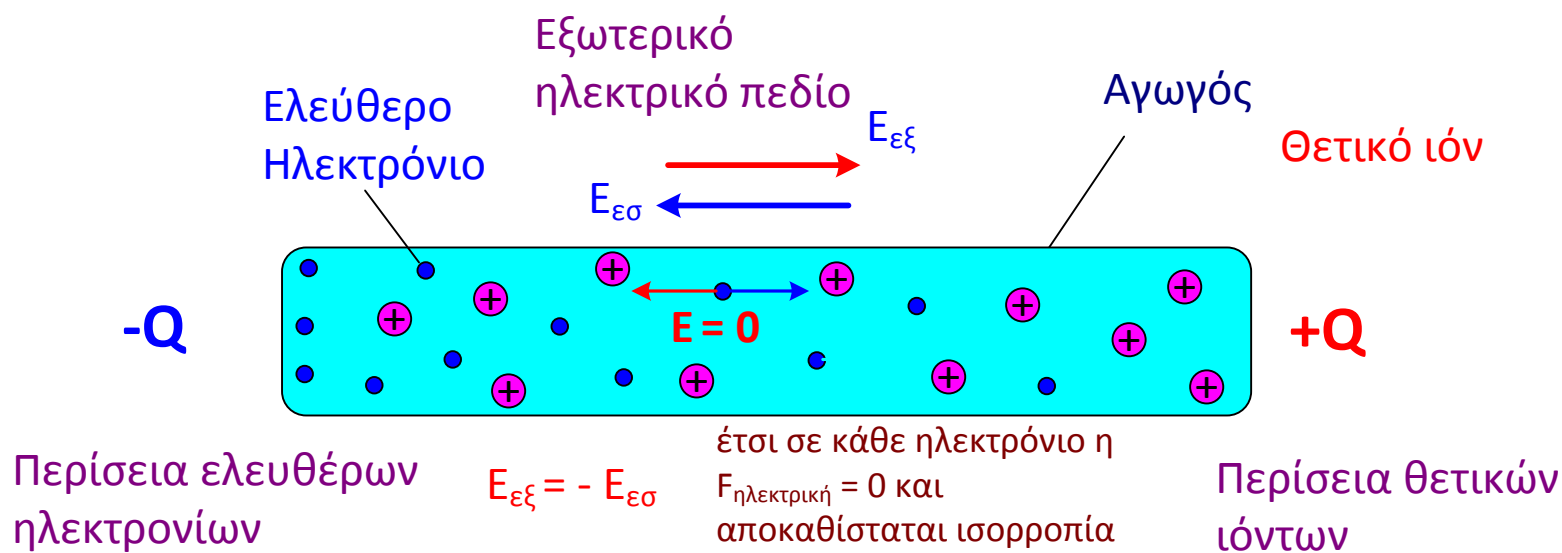
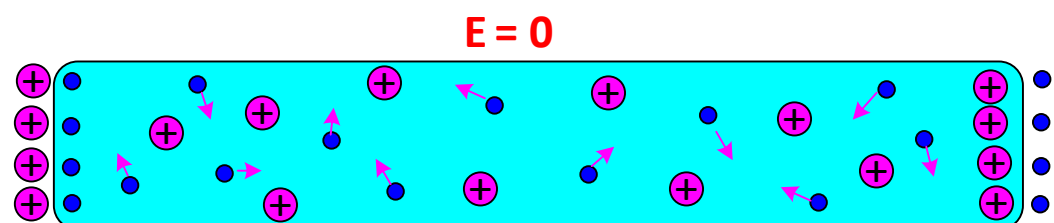
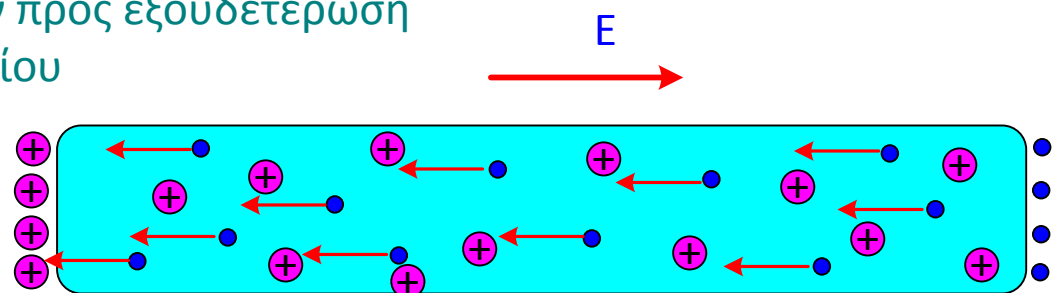


ΡΕΥΜΑΤΑ, ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ

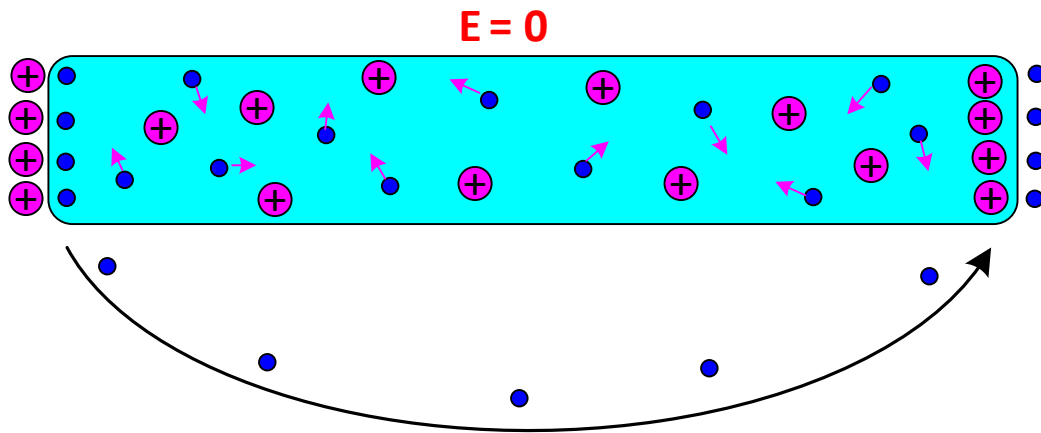
Ισορροπία σε αγωγό μόνον όταν στο εσωτερικό του αγωγού είναι $E=0$



προκαλεί κίνηση (ρεύμα) ηλεκτρονίων προς εξουδετέρωση του εξ. φορτίου

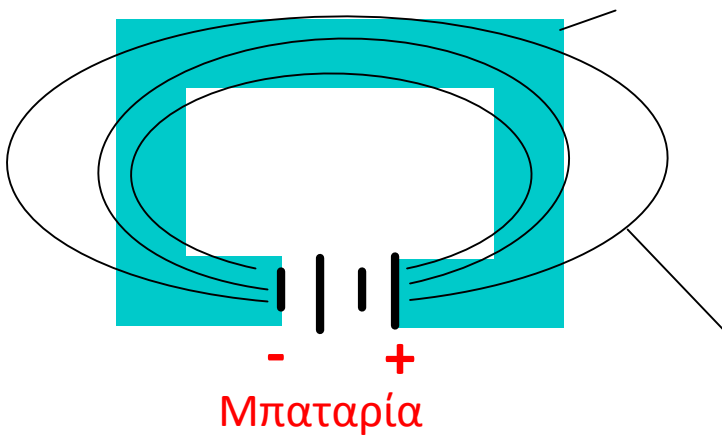
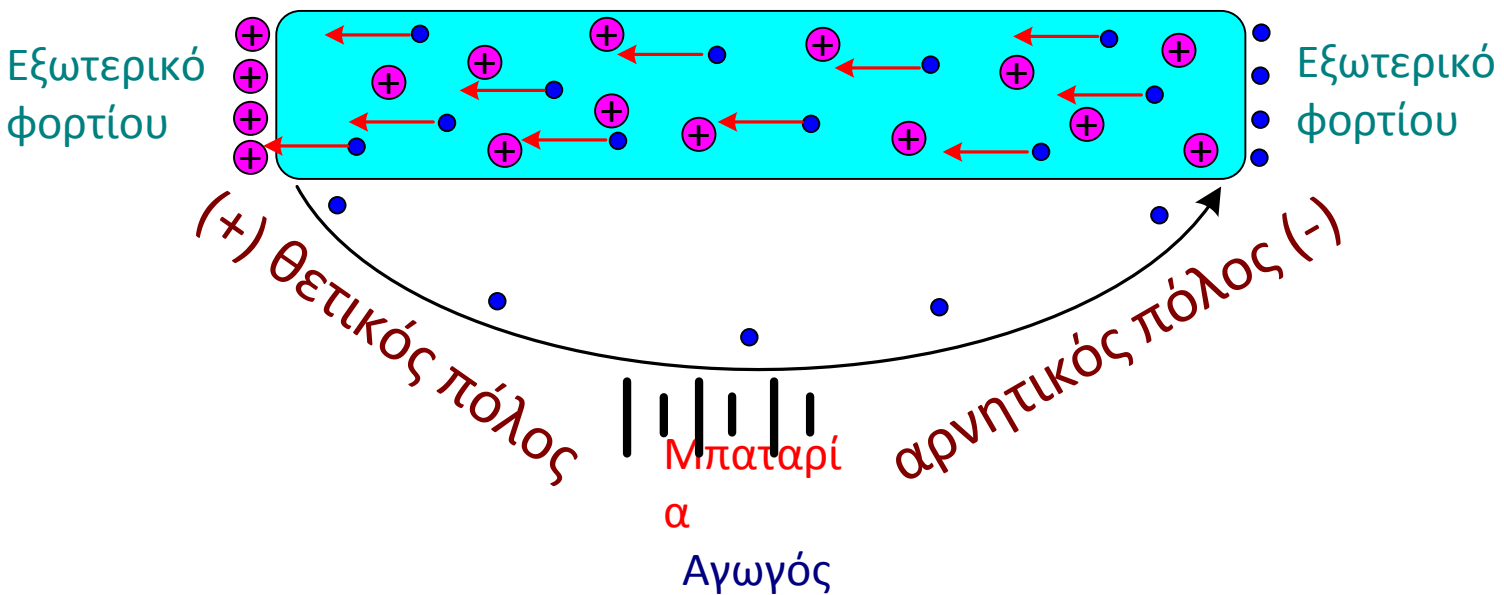


Εξουδετέρωση του εξ. φορτίου και ισορροπία



Με μία
Μπαταρία

Επιτυγχάνεται άντληση ηλεκτρονίων από το ένα άκρο και προώθησή τους στο άλλο άκρο μπορεί να συντηρεί το ηλεκτρικό πεδίο και τη κίνηση των φορτίων μέσα στον αγωγό.



Πρακτικά όλες ηλεκτρικές δυν. γραμμές από τους πόλους της μπαταρίας διέρχονται μέσα από τον αγωγό και τείνουν να ακολουθήσουν το σχήμα του

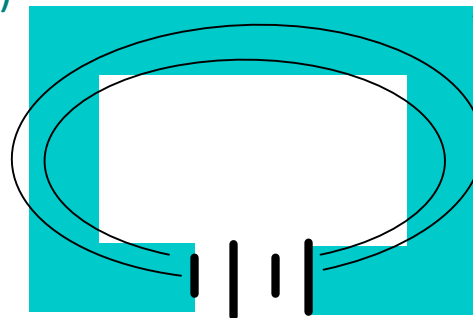
Ηλ. πεδίο
Αγωγού

Μήκος Αγωγού
(σταθερής διατομής)

Αγωγός

$$E = \Delta V / l$$

Διαφορά
δυναμικού της
μπαταρίας



Μπαταρία

Ηλεκτρικό
ρεύμα στον
αγωγό

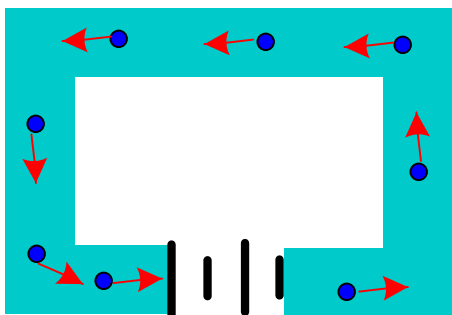
$$i = \frac{dq}{dt}$$

Ηλεκτρικό φορτίο
που διέρχεται από
σημείο του αγωγού
σε χρόνο dt

$$1 \text{ ampere} = 1A = 1 \text{ C/s}$$

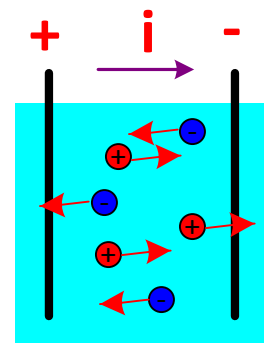
Το i είναι σταθερό κατά μήκος του
αγωγού (διαρροές=0)

Σε αγωγούς έχουμε
κίνηση ηλεκτρονίων



Μπαταρία

Φορά ηλεκτρικού
ρεύματος



$$i = i_+ + i_-$$

Σε ηλεκτρολύτες
έχουμε κίνηση θετικών
& αρνητικών ιόντων

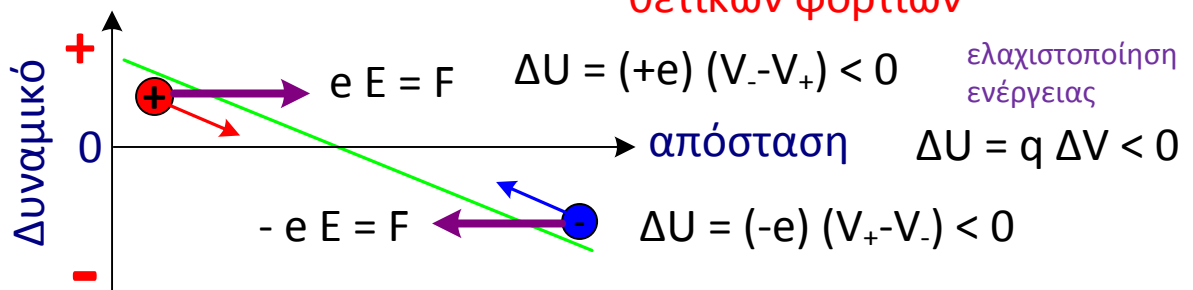
Φυσική κίνηση φορτίων



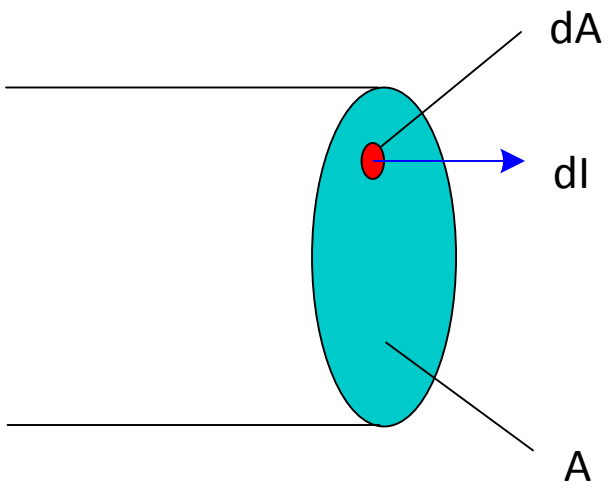
Κίνηση αρνητικών φορτίων



Ισοδύναμη κίνηση
θετικών φορτίων



Η φορά του
ηλεκτρικού
ρεύματος είναι
αυτής της
ισοδύναμης
κίνησης θετικών
φορτίων



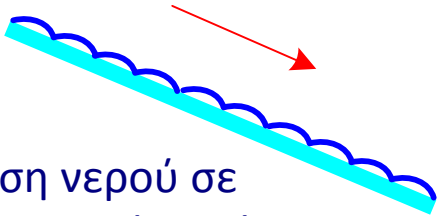
Πυκνότητα Ηλεκτρικού ρεύματος

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

Μέση Πυκνότητα

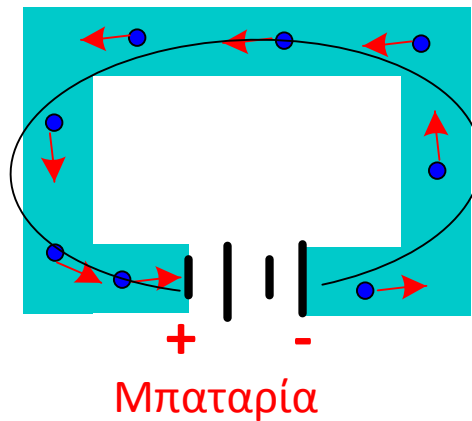
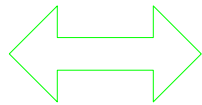
τοπική Πυκνότητα

Μέση ταχύτητα σταθερή λόγω τριβών

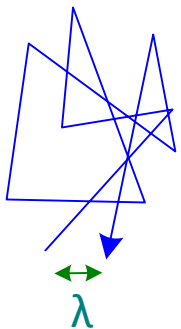
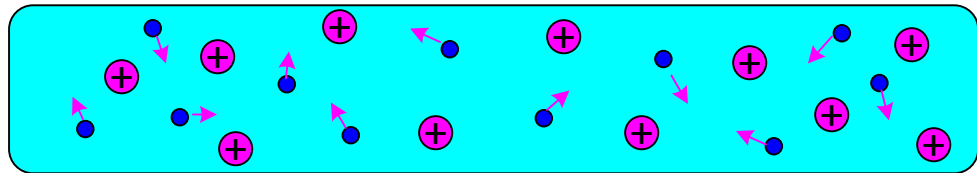


Κίνηση νερού σε κατηφορικό κανάλι μέσα στο πεδίο βαρύτητας

Ισοδύναμα

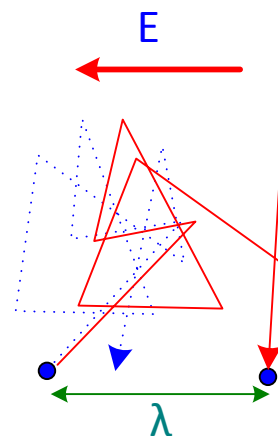


Αέριο ελευθ. ηλεκτρονίων συγκέντρωσης : $10^{22}/\text{cm}^3$



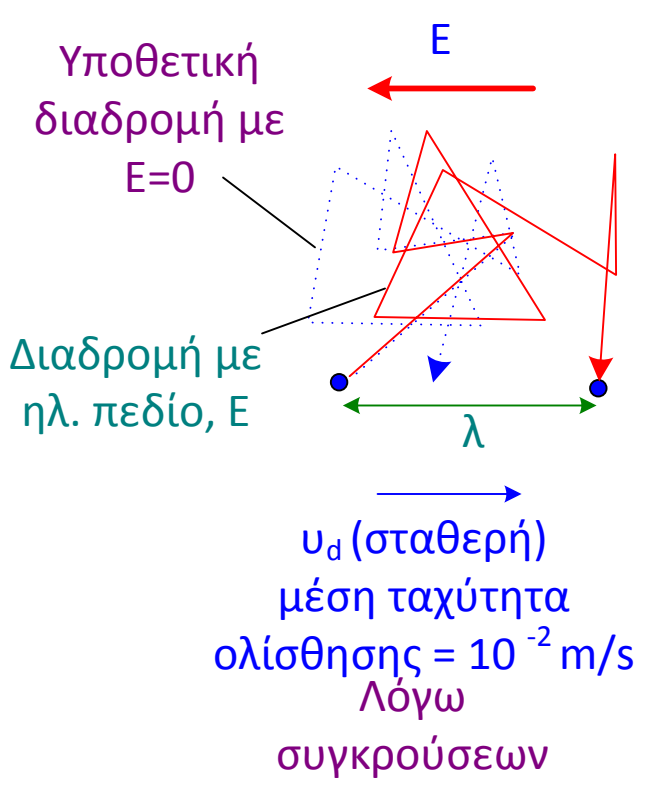
Μέση μετατόπιση $\lambda=0$

Θερμική κίνηση μορίων νερού ή ηλεκτρονίων στον αγωγό ή στο κανάλι



Μέση μετατόπιση $\lambda \neq 0$

Θερμική κίνηση μορίων νερού ή ηλεκτρονίων στον αγωγό μέσα σε ηλ. πεδίο ή στο κατηφορικό κανάλι σε βαρυτικό πεδίο



Συγκρούσεις ηλεκτρονίων = $10^{14}/s$
 Μετά από κάθε σύγκρουση χάνεται η κινητική ενέργεια

Στιγμαία ταχύτητα ηλεκτρονίων = $10^6 m/s$
 λόγω τυχαίας κίνησης



$$u_d \propto E$$

$$I \propto u_d \propto E$$

$$I \propto AE \quad E = \Delta V / l \quad I \propto \frac{A}{l} \Delta V \quad I \propto \frac{1}{\rho} \frac{A}{l} \Delta V$$

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

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

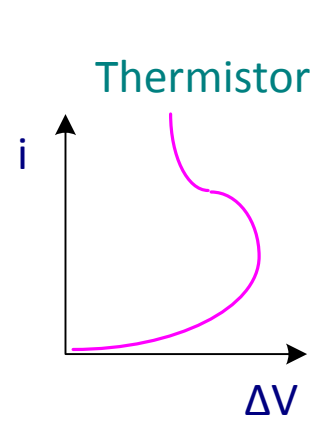
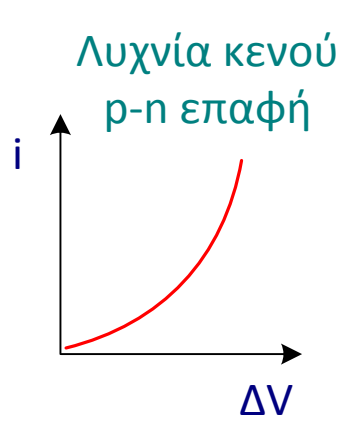
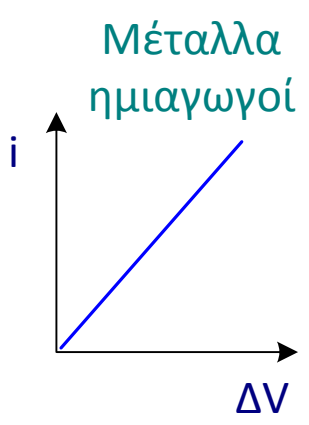
Νόμος του Ohm

$$\frac{1}{R}$$

Ειδική αντίσταση

Το ρεύμα είναι ανάλογο της διαφοράς δυναμικού στα άκρα του αγωγού

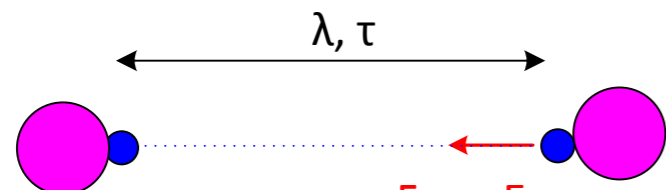
Συντελεστής αναλογίας
Αντίσταση



Ισχύει και για μη μεταλλικά υλικά πολύ μικρή συγκέντρωση ηλεκτρονίων

Είναι ηλεκ. ιδότητα των υλικών και όχι γενικός νόμος της φύσης όπως ο νόμος του Gauss

Σε χρόνο τ ανάμεσα σε δύο συγκρούσεις διανύει μέση ελεύθερη διαδρομή $\lambda = u_d \tau$



Σύγκρουση μηδενίζεται η κινητική ενέργεια

Αποκτά μέση ταχύτητα u_d

Επιτάχυνση από το ηλεκ. πεδίο E

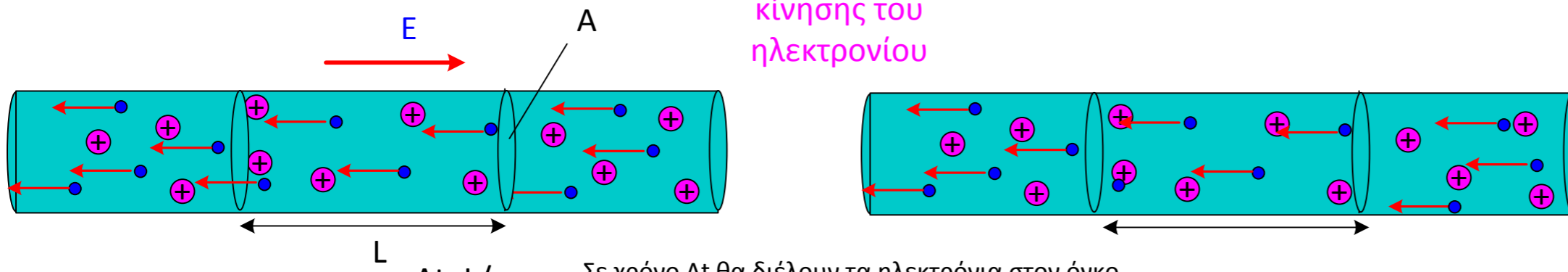
Μέσος ρυθμός ελάττωσης ορμής από συγκρούσεις

Μέσος ρυθμός αύξησης ορμής

$$\left(\frac{\Delta p}{\Delta t} \right)_{\text{loss}} = \frac{m_e u_d}{\tau} = \left(\frac{\Delta p}{\Delta t} \right)_{\text{gain}} = -e E = F$$

$$u_d = e E \tau / m_e$$

(-) το E είναι αντίθετο της κίνησης του ηλεκτρονίου



$\Delta t = L / u_d$ Σε χρόνο Δt θα διέλουν τα ηλεκτρόνια στον όγκο (AL) του αγωγού. Ο αριθμός τους είναι $(n AL)$

Αριθμός ηλεκτρονίων σε όγκο (AL) του αγωγού είναι $(n AL)$

$$\Delta q = -e n A L$$

Σε χρόνο $\Delta t = l / u_d$ διέρχεται από μία διατομή φορτίο Δq

$$I = \frac{|\Delta q|}{\Delta t} = \frac{enAL}{L/u_d} = \frac{e^2 n \tau}{m_e} A E$$

$$I = \frac{1/R}{\frac{m_e}{e^2 n \tau} \frac{L}{A}} \Delta V \quad I = \frac{\Delta V}{R}$$

$$R = \frac{m_e}{e^2 n \tau} \frac{L}{A}$$

ρ : δεν υπάρχει μέθοδος άμεσης μέτρησης

$1/\rho = \sigma$ Ειδική αγωγημότητα

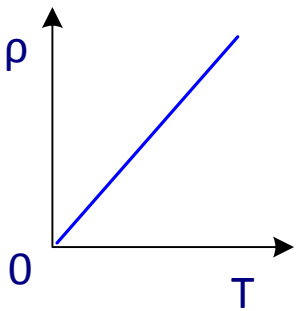
Ειδική αντίσταση

$$R = \frac{m_e}{e^2 n \tau} \frac{L}{A} \quad R = \rho \frac{L}{A} \quad R = \frac{V}{i} = \frac{\text{Volt}}{\text{ampere}} = \text{ohm}$$

αγωγιμότητα $\sigma = 1/\rho$

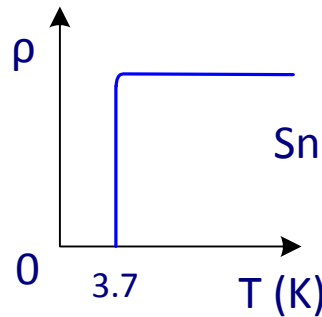
$$I = \frac{\Delta V}{R} \quad I = \frac{\Delta V}{\rho \frac{L}{A}} \quad \frac{I}{A} = \frac{1}{\rho} \frac{\Delta V}{L} \quad J = \frac{1}{\rho} E$$

Εναλλακτική μορφή του νόμου του ohm

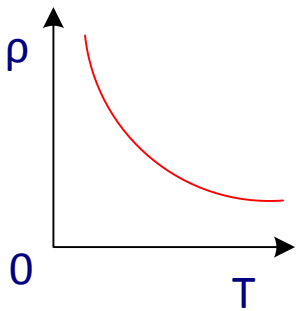


Στα **μέταλλα** η ρ αυξάνεται με την θερμοκρασία λόγω της αύξησης του ριθμού των συγκρούσεων ($1/\tau$) ενώ η συγκέντρωση n παραμένει σταθερή.

Υπεραγωγιμότητα



Σε μερικά **μέταλλα ή κράματα** κοντά σε χαμηλές θερμοκρασίες (0K ή μεγαλύτερη) η ειδική αντίσταση εξαφανίζεται



Στους **ημιαγωγούς** η ρ ελατώννεται με την θερμοκρασία T λόγω της μεγάλης αύξησης της συγκέντρωσης n των φορέων που είναι πολύ μεγαλύτερη από την αύξηση του ριθμού συγκρούσεων ($1/\tau$)

$$\rho = \frac{m_e}{e^2 n \tau}$$

10^{-8}	10^{-7}	Ge 10^{-1}	Si 10^3	10^9	10^{15}	ρ (Ω cm)
Μέταλλα		Ημιαγωγοί		Μονωτές		