



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Φυσική II

Ενότητα 7: Ηλεκτρικό ρεύμα – Νόμος του Ohm

Κουζούδης Δημήτρης
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Χημικών Μηχανικών

Σκοποί ενότητας

- Κατανόηση της κίνησης του φορτίου μέσα σε αγωγούς με βάση τη διαφορά δυναμικού
- Ορισμός και επεξήγηση του ηλεκτρικού ρεύματος, μονάδες, πυκνότητα ρεύματος
- Εισαγωγή στην ηλεκτρική αντίσταση και στο Νόμο του Ohm
- Ακίνητα κι κινούμενα φορτία σε ρευματοφόρους αγωγούς
- Ορισμός της ειδικής αντίστασης και της αγωγιμότητας
- Έργο, ηλεκτρική ισχύς και ενέργεια μεταφοράς φορτίων
- Εναλλασσόμενο ρεύμα και εναλλασσόμενη τάση – ενεργές τιμές τους
- Επεξήγηση μέσω αντιπροσωπευτικών προβλημάτων



Περιεχόμενα ενότητας

- Κανόνας δυναμικής ενέργειας
- Κίνηση φορτίου
- Ορισμός ηλεκτρικού ρεύματος
 - Παραδείγματα
- Ο Νόμος του Ohm
 - Παραδείγματα
- Φορτία σε ρευματοφόρους αγωγούς
- Ειδική αντίσταση – αγωγιμότητα
 - Παράδειγμα
- Ηλεκτρική ισχύς
- Εναλλασσόμενο ρεύμα



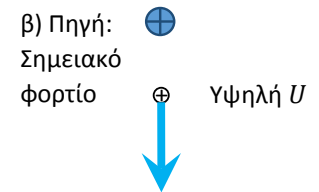
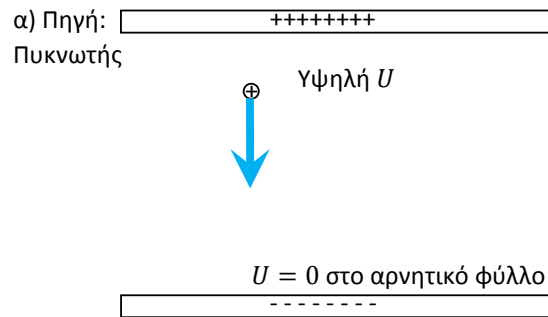
Ηλεκτρικό ρεύμα

Ο Νόμος του Ohm

Κανόνας δυναμικής ενέργειας

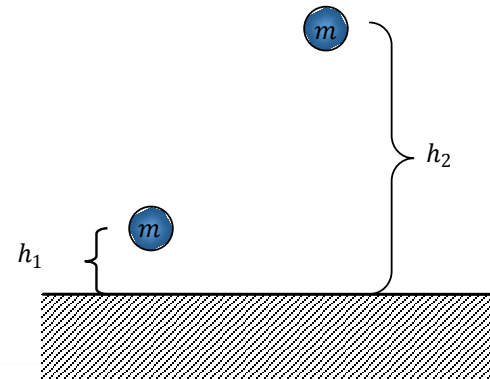
- Θετικό δοκιμαστικό φορτίο: προς χαμηλή δυναμική ενέργεια

- Πυκνωτής
- Σημειακό φορτίο



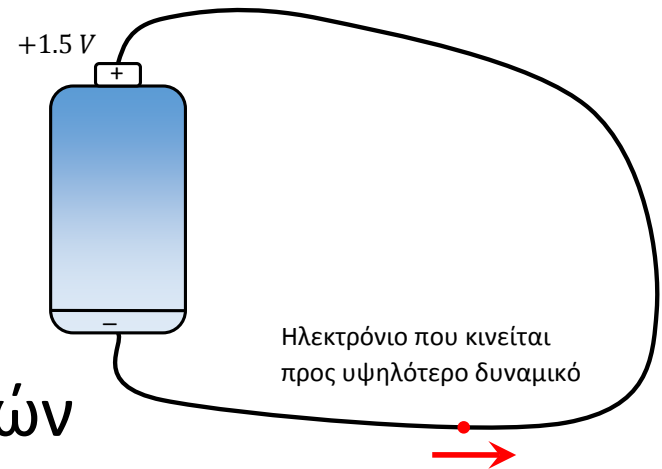
$U = 0$ στο ∞

- Φυσική: πάντα προς ελαχιστοποίηση δυναμικής ενέργειας



Κίνηση φορτίου

- $U = q V \rightarrow$ Ελάττωση U για αύξηση V
 - Θετικό φορτίο: προς χαμηλά V
 - Αρνητικό φορτίο: προς υψηλά V
- Ηλεκτρόνια (e^-): από αρνητικό ($V=0V$) προς θετικό ($V=1.5V$)
 - Ελαφρύτερα από πρωτόνια
 - Ασθενείς ελκτικές δυνάμεις
 - Κίνηση φορτίου μόνο μέσω αγωγών



Ορισμός ηλεκτρικού ρεύματος

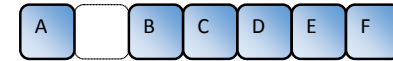
- Εξαναγκασμένη κίνηση φορτίου διαμέσου αγωγού εξαιτίας επιβολής διαφοράς δυναμικού

– Κίνηση ηλεκτρονίων – αντίθετη κίνηση «θετικών κενών» → Συμβατική φορά

- Μαθηματικός ορισμός

- Το φορτίο dq που διέρχεται από διατομή σε χρόνο dt
- Σταθερό ρεύμα
- Μονάδα: $1 A = 1 C/1 sec$
- Πυκνότητα ρεύματος από διατομή

Κίνηση των αυτοκινήτων



Κίνηση του κενού χώρου



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

$$I = \frac{q}{t}$$

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



Παραδείγματα

1. Ένας συνολικός αριθμός 6.25×10^{14} ηλεκτρονίων μεταφέρονται από την αριστερή προς την δεξιά μεριά ενός σύρματος μέσα σε χρόνο 0.04 s. Βρείτε το ρεύμα I μέσω του σύρματος.

$$\text{φορτίο ενός } e: 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$q = 6.25 \times 10^{14} \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.0 \times 10^{-4} \text{ C}$$

$$I = \frac{q}{t} = \frac{1.0 \times 10^{-4}}{0.04} = 2.5 \text{ mA, προς τα αριστερά}$$

2. Πόσα ηλεκτρόνια μεταφέρονται από ρεύμα 0.5 A μέσα σε χρόνο 0.2 sec;

$$I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = It = 5.5 \times 10^{-3} \times 3 = 0.0165 \text{ C}$$

$$I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = It = 0.5 \times 0.2 = 0.1 \text{ C}$$

$$q_e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$n = \frac{0.1 \text{ C}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 6.25 \times 10^{17}$$

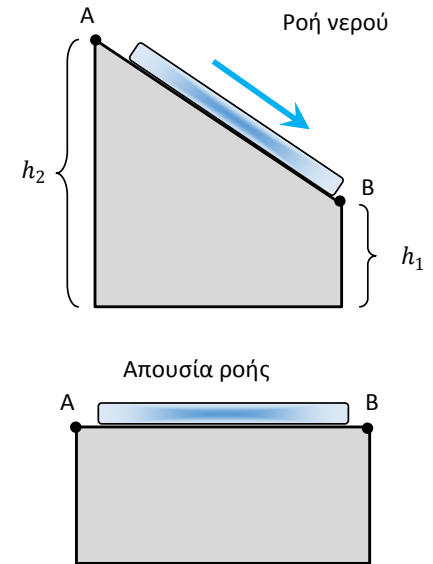


Ο Νόμος του Ohm

- Ρευστό σε σωλήνα
 - Κεκλιμένο επίπεδο: ροή προς τα κάτω
 - Οριζόντιο επίπεδο: καμία ροή
 - Κινητήριος δύναμη: υψομετρική διαφορά
- Ρεύμα σε αγωγούς
 - Κίνηση προς θετικό δυναμικό
 - Κινητήριος δύναμη: διαφορά δυναμικού
- Ο Νόμος του Ohm

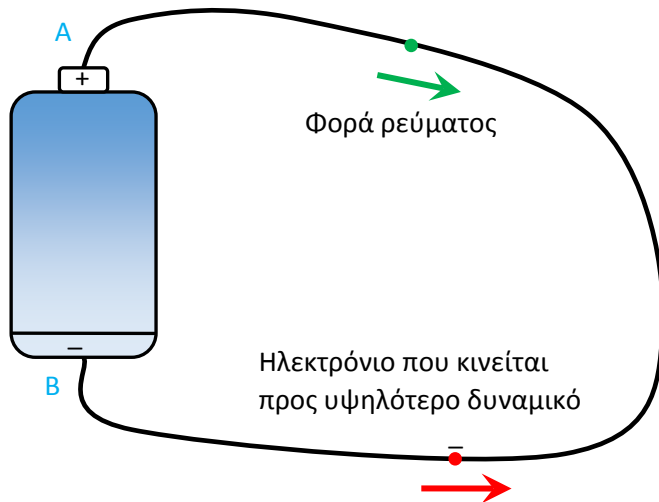
$$I = \frac{\Delta V}{R}$$

- R : αντίσταση στην διέλευση ($1 \text{ Ohm} = 1 \text{ V} / 1 \text{ A}$)
- Εξαρτάται από το υλικό του αγωγού



Παράδειγμα 3

Ένα κομμάτι σύρματος 500Ω είναι συνδεδεμένο σε μπαταρία $1.5 V$ για συνολικό χρόνο $4 s$. α) Βρείτε το ρεύμα διάμεσου του σύρματος και β) το συνολικό φορτίο που μετακινήθηκε και γ) το συνολικό έργο που της μπαταρίας σε αυτό το φορτίο.



$$\Delta V = V_A - V_B = 1.5 V$$

$$I = \frac{\Delta V}{R} = \frac{1.5}{500} = 3 mA$$

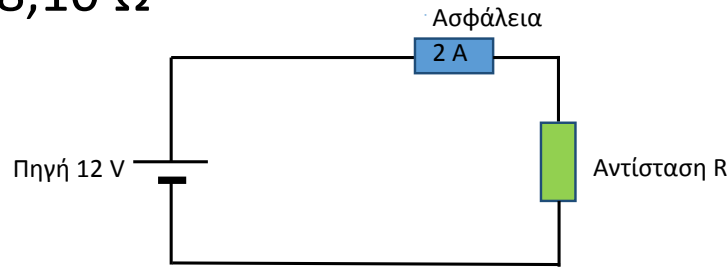
$$I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = It = 3 \times 10^{-3} \times 4 = 0.012 C$$

$$W_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B) = 0.012 \times 1.5 = 0.018 J$$



Παράδειγμα 4

Μια ασφάλεια 2-A τοποθετείται στο κύκλωμα του παρακάτω σχήματος με μπαταρία 12 V. α) Ποια είναι η ελάχιστη αντίσταση που μπορεί να μπει σε σειρά με την ασφάλεια; β) Να γίνει μια γραφική παράσταση I-R για αντιστάσεις R=2,4,6,8,10 Ω

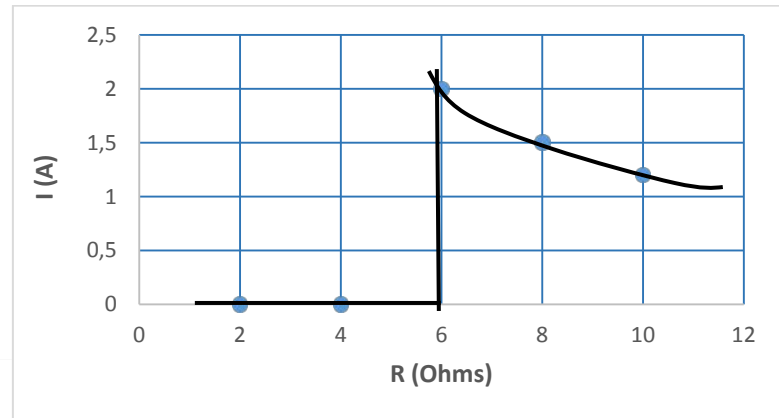


Ασφάλεια: έχει μηδενική αντίσταση για ρεύμα κάτω του ορίου της, ενώ για μεγαλύτερο ρεύμα η αντίσταση γίνεται άπειρη ώστε να «καεί» και να διακοπεί το κύκλωμα

$$I = \frac{\Delta V}{R} \text{ με } I_{max} = 2 \text{ A}$$

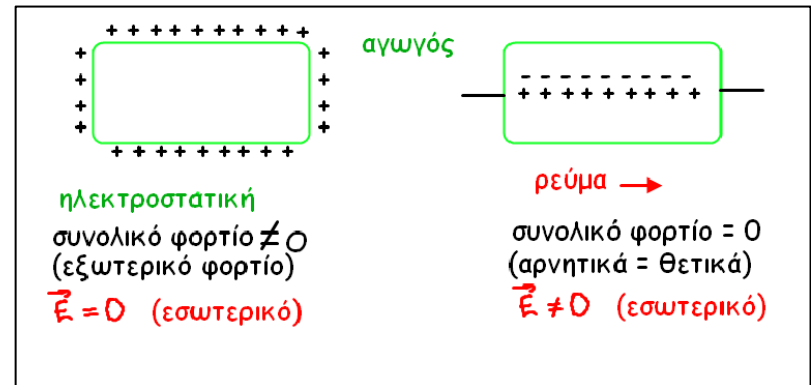
$$I_{max} = \frac{\Delta V}{R_{min}} \Rightarrow R_{min} = \frac{\Delta V}{I_{max}} = \frac{12 \text{ V}}{2 \text{ A}} = 6 \Omega$$

R (Ohms)	I (A) = ΔV/R	I (A)
2	6	0
4	3	0
6	2	2
8	1.5	1.5
10	1.2	1.2



Φορτία σε ρευματοφόρους αγωγούς

- Ακίνητο φορτίο (ηλεκτροστατική κατάσταση)
 - Ομοιόμορφη κατανομή σε όλη την επιφάνεια
 - Απουσία ηλεκτρικού πεδίου στο εσωτερικό, $E = 0$
 - E πάντα κάθετο στην επιφάνεια
 - V σταθερό



- Κινούμενο φορτίο (ρεύμα)
 - Μηδενικό συνολικό φορτίο (παροχή e^- από την πηγή)
 - Δυναμική κατάσταση, όχι σε ισορροπία
 - Ηλεκτρική δύναμη: $E \neq 0$
 - Πτώση δυναμικού με την απόσταση



Ειδική αντίσταση - αγωγιμότητα

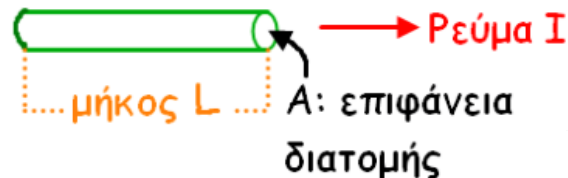
- Εξάρτηση της αντίστασης από το υλικό και τη γεωμετρία του
 - Ειδική αντίσταση (σταθερά του υλικού)

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

- Αγωγιμότητα: πόσο εύκολα διέρχεται το ρεύμα (σταθερά του υλικού)

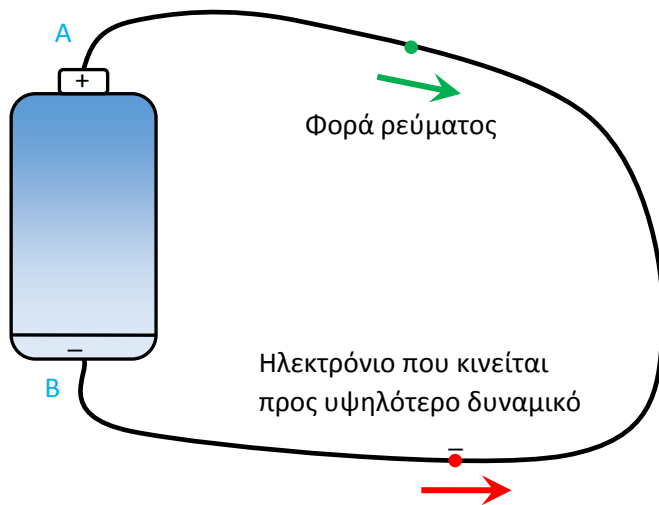
$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Υλικό	$\rho \times 10^{-8} (\Omega m)$
Άργυρος	1.63
Χαλκός	1.75
Χρυσός	2.44
Αλουμίνιο	2.82
Βολφράμιο	5.65
Ψευδάργυρος	7.00
Πλατίνα	10.6
Χάλυβας	15.9
Μόλυβδος	22.0
Υδράργυρος	98.0
Άνθρακας (Γραφίτης)	3000



Παράδειγμα 5

Στο Παράδειγμα 3 το κομμάτι σύρματος που χρησιμοποιήσαμε είχε αντίσταση 500Ω . Εάν το σύρμα είναι κατασκευασμένο από χαλκό με διάμετρο 0.5 mm , να βρεθεί το μήκος του.



$$L = \frac{RA}{\rho}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(0.5 \times 10^{-3})^2}{4} = 1.96 \times 10^{-7}$$

$$\text{χαλκός: } \rho = 1.75 \times 10^{-8} \Omega m$$

$$L = \frac{RA}{\rho} = \frac{500 \times 1.96 \times 10^{-7}}{1.75 \times 10^{-8}} = 5600 \text{ m}$$



Ηλεκτρική ισχύς

- Έργο μεταφοράς φορτίου q από το A στο B με διαφορά δυναμικού V_{AB}

$$dW_{AB} = dqV_{AB}$$

- Ισχύς = Έργο / χρόνος

– Μονάδες: $1 \text{ Watt} = 1 \text{ Joule}/1 \text{ s}$

– Ρεύμα = φορτίο / χρόνος

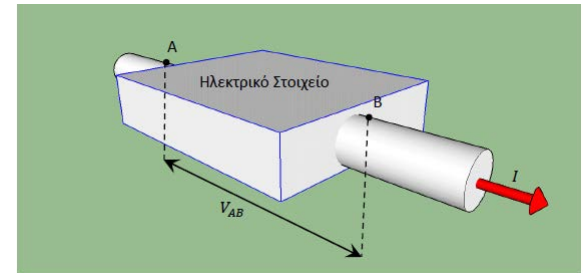
– $P = I V$

– Από Νόμο του Ohm:

$$P = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

– Κατανάλωση ενέργειας:

$$U = Pt = I^2 Rt$$



Εναλλασσόμενο ρεύμα

- Περιοδική αλλαγή φοράς
 - Ευκολότερη μεταφορά
 - Λιγότερες απώλειες

$$I = I_0 \sin \omega t$$

- Ενεργός τιμή ρεύματος

$$I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

- Εναλλασσόμενη τάση

$$V = IR = RI_0 \sin \omega t = V_0 \sin \omega t$$

- Ενεργός τιμή τάσης

$$V_{rms} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$$

Το αμπερόμετρα και
τα βολτόμετρα
μετρούν την ενεργή τιμή



Βιβλιογραφία

- Serway R. A., Jewett J. W., 2013, *Φυσική για επιστήμονες και μηχανικούς : ηλεκτρισμός και μαγνητισμός, φώς και οπτική, σύγχρονη φυσική*, Κλειδάριθμος , Αθήνα
- Halliday D., Resnick R, 2009, *Φυσική: μέρος Β*, 4^η εκδ., Γ. & Α. Πνευματικός, Αθήνα
- Young H.D., Freedman R.A., 2010, *Πανεπιστημιακή φυσική με σύγχρονη φυσική, τ. 2: Ηλεκτρομαγνητισμός-Οπτική* , 2^η έκδ., Παπαζήσης , Αθήνα
- Pollack G.L., Stump D. R., 2002, *Electromagnetism*, Addison Wesley, San Francisco
- Hecht E.P., 1975, *Schaum's outline of theory and problems of optics*, McGraw-Hill Book Company, New York



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.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών

Δημήτριος Κουζούδης. «Φυσική II»

Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<https://eclass.upatras.gr/courses/CMNG2165/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 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-nd/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.