



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Φυσική III

Ενότητα 4: Ηλεκτρικά Κυκλώματα

Γεώργιος Βούλγαρης
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Φυσικής

Ηλεκτρεγερτική δύναμη. emf

- Ιστορική ονομασία που δόθηκε από τον Faraday. (Η αιτία που τείνει να δημιουργήσει ηλεκτρικό ρεύμα)
- Το έργο που πρέπει να δοθεί στο μοναδιαίο φορτίο για δημιουργήσει μια διαφορά δυναμικού V στα άκρα μιας πηγής με ανοικτούς ακροδέκτες.

$$\mathcal{V} = -\int \vec{E} d\vec{l}$$

- Η πηγή καταναλώνει έργο για να διαχωρίσει τα αρνητικά και θετικά φορτία. $V=dW/dq$
- Όταν η πηγή διαρρέεται από ρεύμα η διαφορά δυναμικού στους ακροδέκτες είναι μικρότερη από την ΗΕΔ, λόγω εσωτερικής αντίστασης.



Πηγές

Χημικές (στήλες, συσσωρευτές)

Ηλεκτρομαγνητικές (δυναμό, γεννήτριες)

Ηλιακές (φωτοκυψέλες)

άλλες

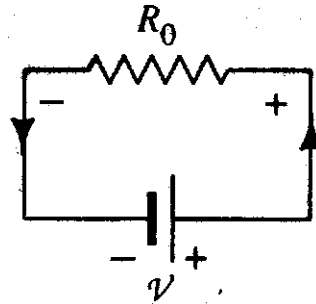


Νόμοι του Kirchhoff

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

$$\vec{E} = \vec{E}_c + \vec{E}_e$$

$$\frac{\vec{J}}{\sigma} = \vec{E}_c + \vec{E}_e \Rightarrow \vec{I} \frac{R}{l} = \vec{E}_c + \vec{E}_e$$



Ένταση Ηλ. Πεδίου και διαφορά δυναμικού κατά μήκος ενός κυκλώματος

Ολοκληρώνουμε κατά μήκος του κυκλώματος

$$\oint \vec{E}_c d\vec{l} + \oint \vec{E}_e d\vec{l} = I \oint \frac{R}{l} dl$$

$$\oint \vec{E}_c d\vec{l} = 0$$

$$\oint \vec{E}_e d\vec{l} = V_e$$

$$\Rightarrow \mathcal{V}_e = IR$$



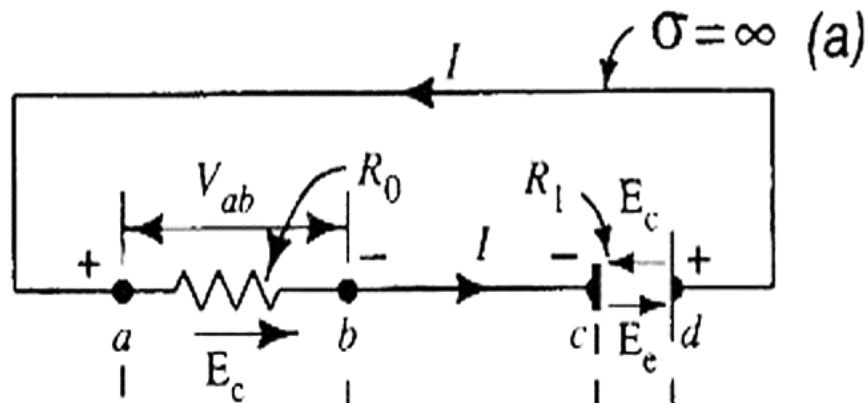
Νόμος του Kirchhoff για τις τάσεις

$$V_{ab} = \oint \vec{E}_e d\vec{l}$$

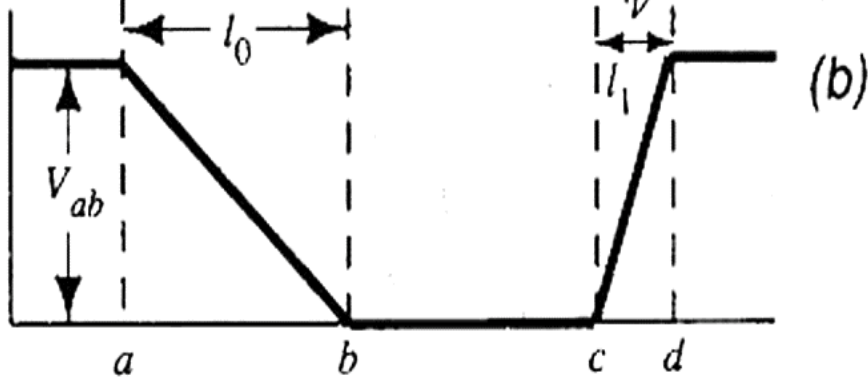
$$V_{ab} = V_b - V_a = -\oint \vec{E}_c d\vec{l}$$

$$\sum V_i = I \sum_i R_i$$





$$\mathcal{V} = IR + IR_1 \quad I = \frac{\mathcal{V}}{R + R_1}$$



στην αντίσταση

$$E_e = 0 \quad E_c = \frac{J}{\sigma_0} = I \frac{R_0}{l_0}$$

από a στο b

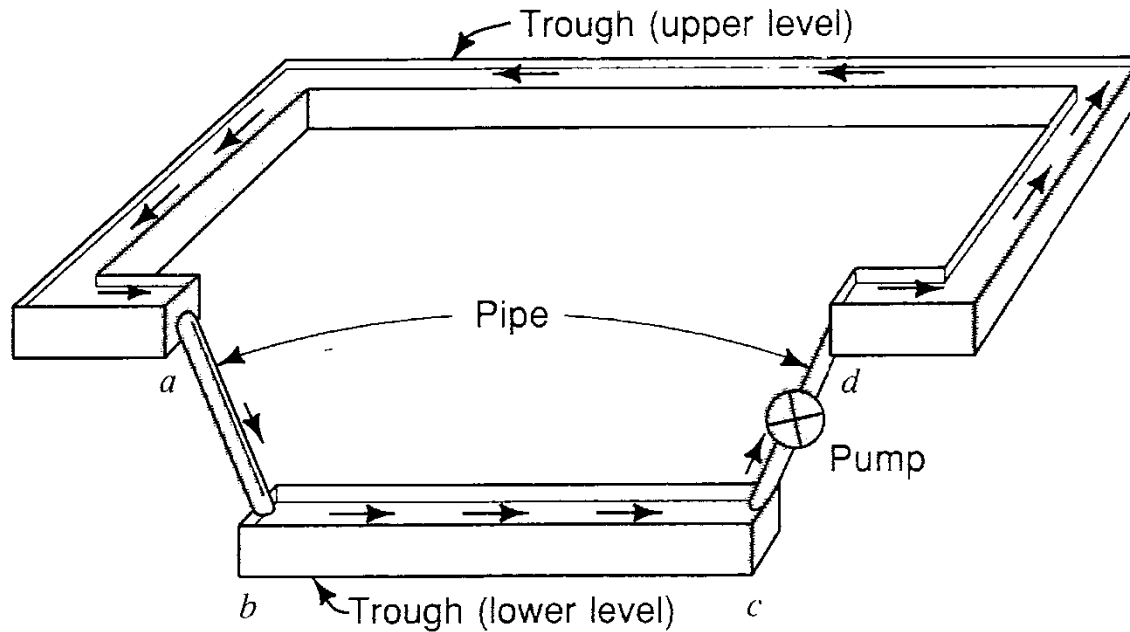
$$\int_a^b E_c \cdot dl = I \frac{R_0}{l_0} \int_a^b dl \rightarrow V_{ab} = -IR_0$$

$$V_{cd} = -V_{ab}$$

$$\mathcal{V} = V_{cd} + IR_1 \rightarrow V_{cd} = \mathcal{V} - IR_1$$



Υδραυλικό ισοδύναμο.



Οι αύλακες με μεγάλη διατομή αντιπροσωπεύουν τους αγωγούς χωρίς αντίσταση, ο σωλήνας a την αντίσταση R , η αντλία την πηγή και ο σωλήνας d την εσωτερική αντίσταση της πηγής.

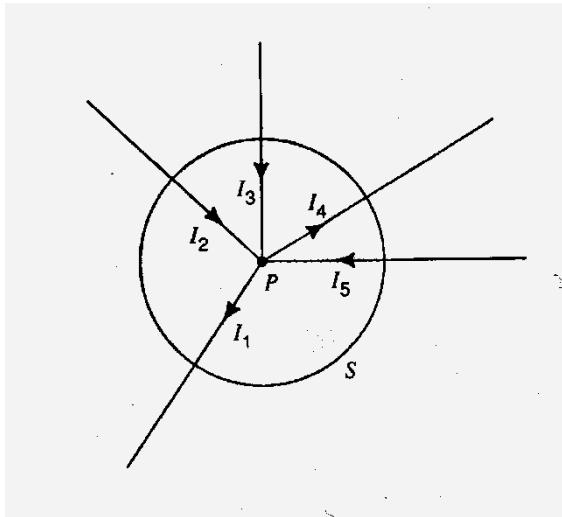


Ισχύς που καταναλώνεται.

- Η σχέση $V_e = IR$ ερμηνεύεται: Το μοναδιαίο φορτίο, αποκτά από την ΗΕΔ της πηγής ενέργεια V_e η οποία μετατρέπεται σε θερμότητα IR .
- Το φορτίο dq αποκτά ενέργεια dqV_e ή η ισχύς που μεταφέρει $V_e * dq/dt$.
- Δηλαδή $V_e I = I^2 R$ η ισχύς που προσφέρει η πηγή, μετατρέπεται σε θερμική ισχύ στην αντίσταση.



Νόμος του Kirchhoff για τα ρεύματα



$$I_1 - I_2 - I_3 + I_4 - I_5 = 0$$

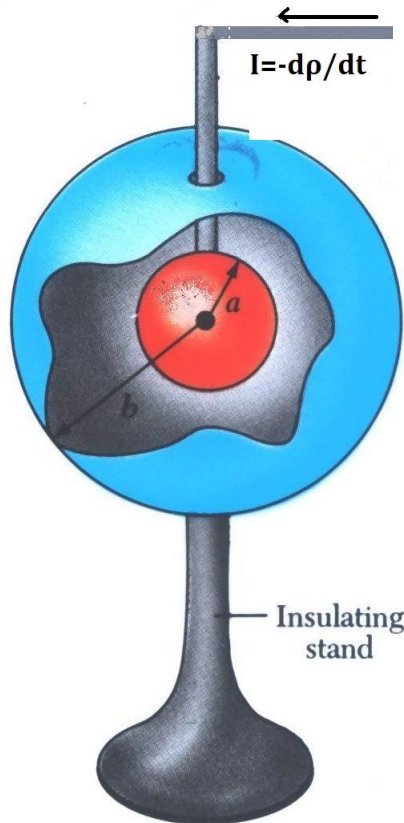
$$\sum I = 0$$

$$\oint_S \vec{J} d\vec{s} = 0 \Leftrightarrow \vec{\nabla} \cdot \vec{J} = 0$$

Από το θεώρημα Stokes προκύπτει ότι η απόκλιση του J είναι μηδέν. Έκφραση της συνέχειας του ρεύματος.



Αν το ρεύμα δεν είναι σταθερό



$$I = -\frac{d\rho}{dt}$$

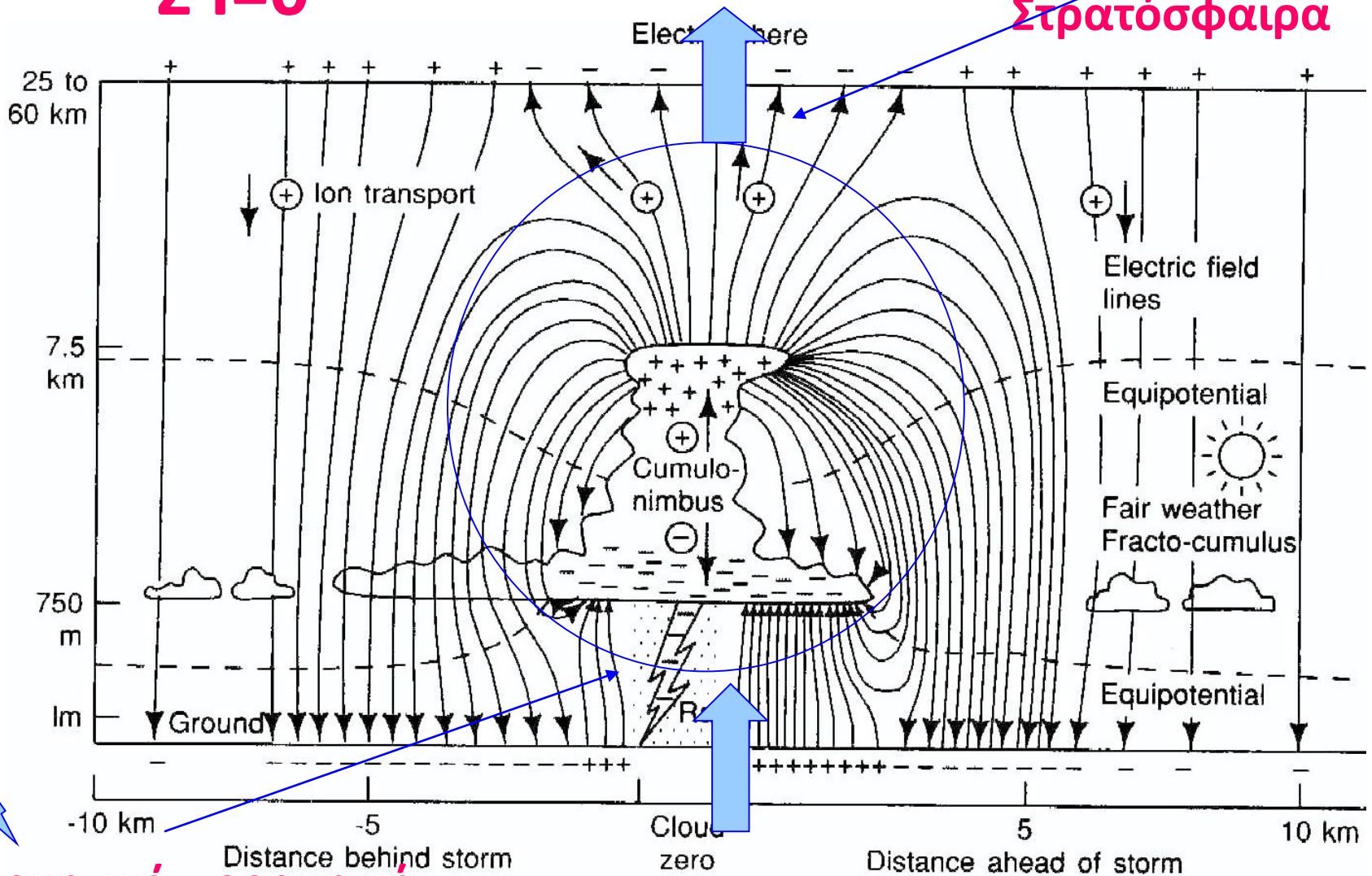
$$\oint \vec{J} d\vec{s} = -I$$

Μέχρι να φορτιστεί η σφαίρα το ρεύμα που διαρρέει την επιφάνεια είναι μη μηδενικό.

Ρεύματα σε καταιγίδα

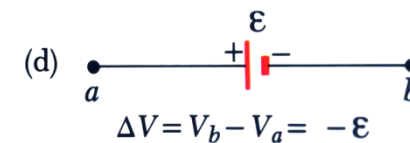
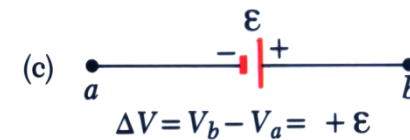
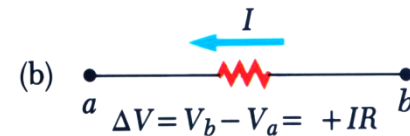
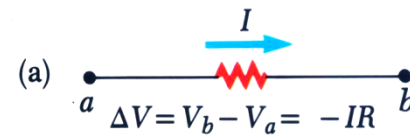
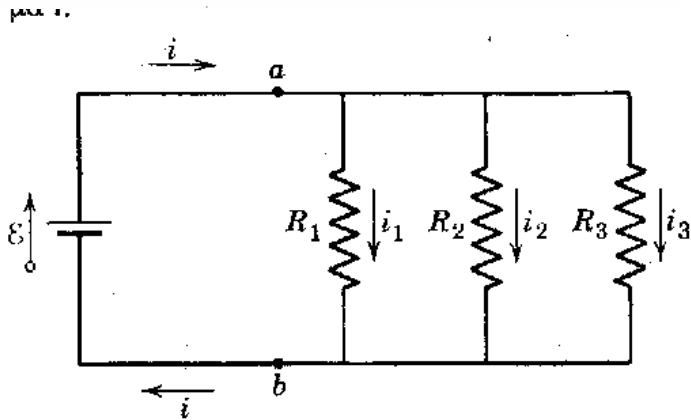
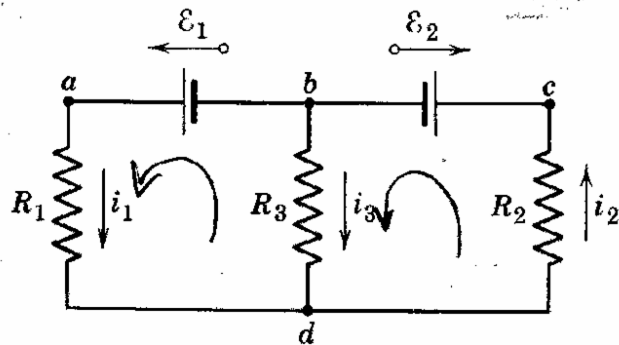
$\Sigma I=0$

Θετικά προς την
Στρατόσφαιρα

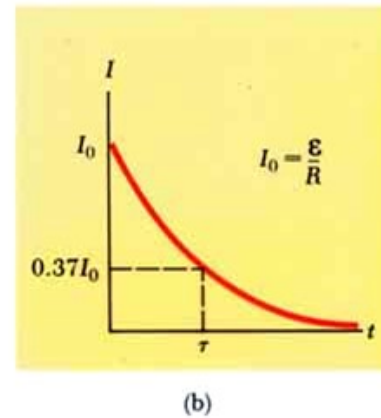
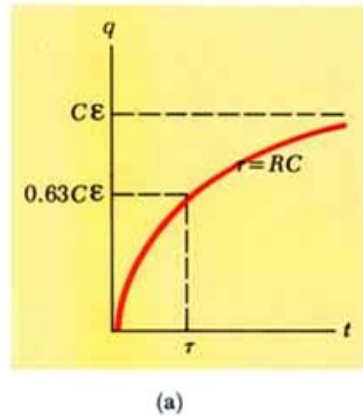
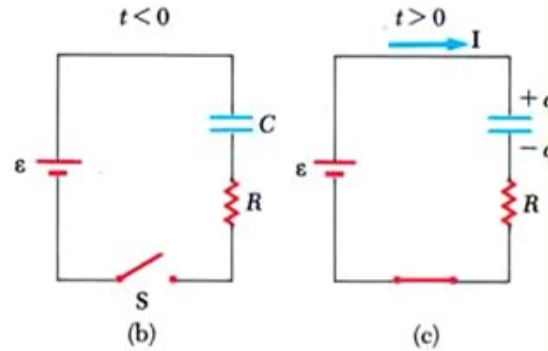
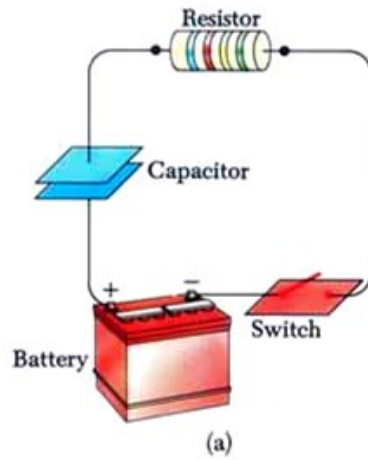


Αρνητικά προς τη γή

Εφαρμογή σε απλά κυκλώματα



Μεταβατικά ρεύματα, φόρτιση



Φόρτιση Πυκνωτή.

Από νόμο Kirkchoff :

$$V_e + V_C = IR$$

$$V_e - IR - \frac{q}{C} = 0$$

Οριακές Συνθήκες:

$$t = 0 : V_C = 0, I_0 = \frac{V_e}{R}$$

$$t = \infty : V_C = V_e, I = 0$$

Παραγωγίζω:

$$\frac{d}{dt} \left(V_e - IR - \frac{q}{C} \right) = -R \frac{dI}{dt} - \frac{1}{C} \frac{dq}{dt} = 0$$

Ολοκλήρωση με Χωριζόμενες Μεταβλητές :

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad I = \frac{V_e}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$$

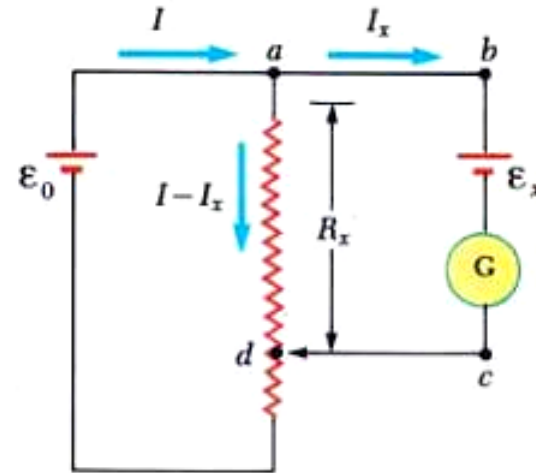
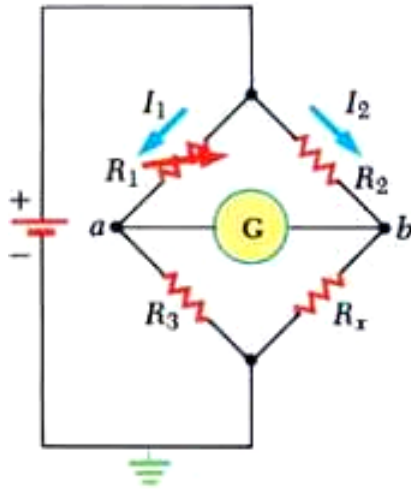
$\tau = RC$: Χρονική Σταθερά του Κυκλώματος

$$q = V_e C \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

$$V = V_e \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$




Γέφυρα, διαιρέτης



$$\frac{R_x}{R_2} = \frac{R_3}{R_1}$$

$$\frac{E_x}{E_s} = \frac{R_x}{R_s}$$

Το ηλεκτροστατικό πεδίο είναι διατηρητικό.
Άρα το ολοκλήρωμα του κατά μήκος μιας
κλειστής γραμμής είναι μηδέν


$$\oint_c \vec{E}_c d\vec{l} = 0$$

Το έ
κυκί
κατα
προ

ος του
κτρόνια
ρονίων

$$\oint_c \vec{E}_e d\vec{l} = V_e \quad , \quad V_e = IR$$

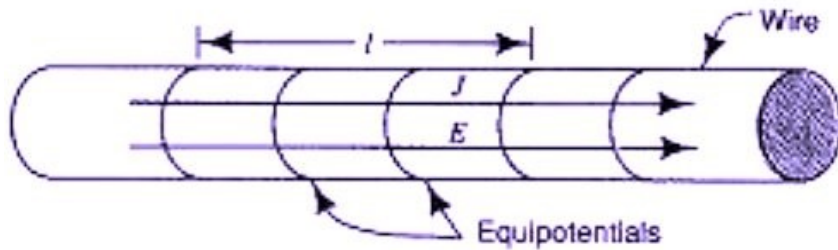


Ασκήσεις

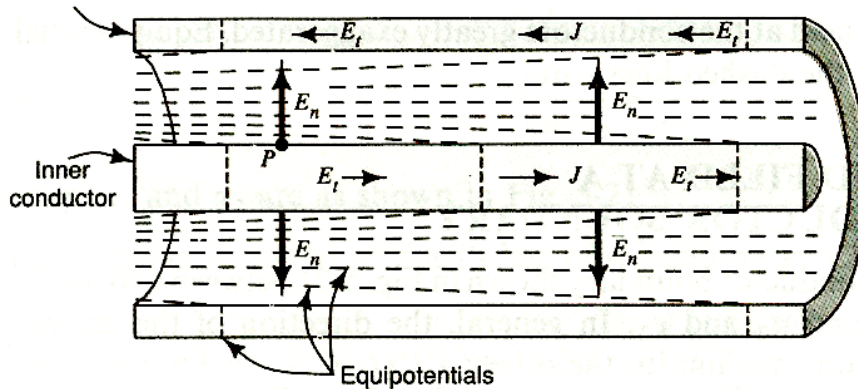
- Λύστε τα προβλήματα (Alonso-Fin)
- 16. 33 36 37 38 39 40 42 45 46
- 48 50 52 54
- Για απορίες χρησιμοποιήστε το e-mail ή τη σελίδα του διαλόγου.



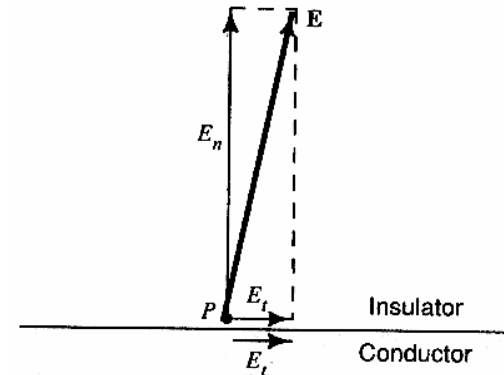
Ισοδυναμικές γραμμές



Ισοδυναμικές γραμμές
κατά μήκος ενός
κυλινδρικού αγωγού

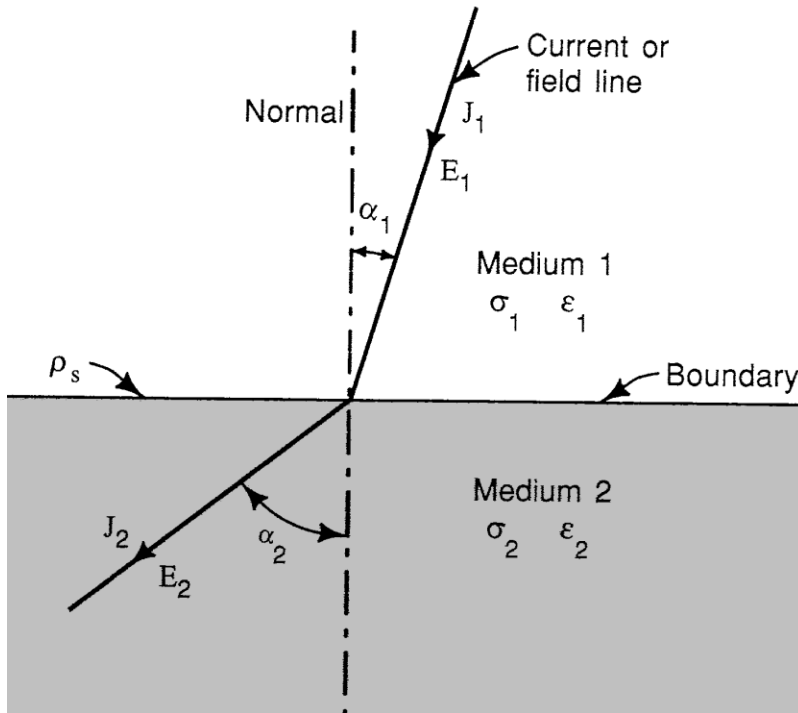


Το Ηλ. πεδίο μέσα σε
έναν ομοαξονικό
αγωγό.



Το Ηλ. πεδίο κατά μήκος
του αγωγού είναι πολύ
μικρότερο από το
ακτινικό.

Ρεύμα ανάμεσα σε αγωγούς με διαφορετική αγωγιμότητα



Δύο υλικά με σταθερές ϵ_1, σ_1 και ϵ_2, σ_2

Για την κάθετη συνιστώσα του ρεύματος

ισχύει:
$$\mathbf{J}_{n1} = \mathbf{J}_{n2}$$

(1)

Για την εφαπτομενική συνιστώσα της έντασης:

$$\mathbf{E}_{t1} = \mathbf{E}_{t2}$$

(2)

Από το νόμο Ohm :

$$\frac{\mathbf{J}_{t1}}{\sigma_1} = \frac{\mathbf{J}_{t2}}{\sigma_2}$$

(3)

Διαιρώντας την (3) με την (1)

$$\frac{\mathbf{J}_{t1}}{\sigma_1 \mathbf{J}_{n1}} = \frac{\mathbf{J}_{t2}}{\sigma_2 \mathbf{J}_{n2}} \quad \text{ή} \quad \frac{\tan \alpha_1}{\tan \alpha_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$$

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. «Φυσική ΙΙΙ. 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.

