

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ - ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΜΑΘΗΜΑ : ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ Ι
(Υποχρεωτικό 3^{ου} Εξαμήνου)
Διδάσκων : Δ.Σκαρλάτος

Προβλήματα Σειρά # 5: Αγωγιμότητα στερεών αγωγών – Αντίσταση αγωγού και νόμος του Ohm
Αντιστοιχεί

(α) Στο Κεφάλαιο Η5 και το υποκεφάλαιο Η6.2 των Serway/Jewett

(β) Στο Κεφάλαιο 32 και το υποκεφάλαιο 33.4 των Halliday / Resnick / Krane

(γ) Στο Κεφάλαιο 25 (εκτός του υποκεφαλαίου 25.4) και το υποκεφάλαιο 26.1 των Young / Freedman

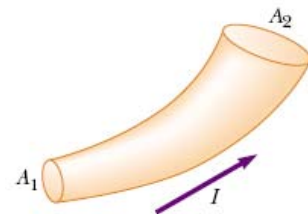
Τα προβλήματα παρατίθενται με τη σειρά που διδάχθηκε η ύλη και με αύξουσα σειρά δυσκολίας ανά κατηγορία. Η ένδειξη ● υποδηλώνει λίγο πιο δύσκολο πρόβλημα. Οι φοιτητές μετά την παρακολούθηση και τη μελέτη των λυμένων Παραδειγμάτων θα πρέπει να είναι σε θέση να διαπραγματευτούν και αυτά τα προβλήματα. Η ένδειξη ●● υποδηλώνει απαιτητικό πρόβλημα. Η ένδειξη !! υποδηλώνει πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπισθεί απαραίτητα.

Γενικά για το ηλεκτρικό ρεύμα - Ένταση και πυκνότητα ρεύματος

!!Πρόβλημα 5.1 [Serway 3^η Έκδοση Πρόβλημα 27.9] Μια αγωγική ράβδος έχει διατομή διαστάσεων 5cm x 15 cm και διαρρέεται από ρεύμα σταθερής πυκνότητας 2000 A/cm² (α) Πόσο είναι το ολικό ρεύμα που τη διαρρέει; (β) Πόσο φορτίο διέρχεται από ένα ορισμένο σημείο της ράβδου ανά ώρα : [Απ. (α) 150 KA, (β) 540 MCb]

!!Πρόβλημα 5.2 [Serway 3^η Έκδοση Πρόβλημα 27.6] Υποθέστε ότι το ρεύμα που διαρρέει έναν αγωγό ελαττώνεται εκθετικά με το χρόνο σύμφωνα με τη σχέση : $I(t) = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$, όπου I_0 η ένταση του ρεύματος για $t = 0$ και τ σταθερά με διαστάσεις χρόνου. Θεωρείστε ένα σταθερό σημείο παρατήρησης στον αγωγό. (α) Πόσο φορτίο θα διέλθει από το σημείο αυτό σε χρόνο από $t = 0$ έως $t = \tau$; (β) Πόσο φορτίο διέρχεται από το σημείο αυτό από $t = 0$ έως $t = 10\tau$; (γ) Πόσο φορτίο διέρχεται από το σημείο αυτό από $t = 0$ έως $t = \infty$; [Απ. (α) $Q(\tau) = (0,632)I_0\tau$, (β) $Q(10\tau) = (0,99995)I_0\tau$, (γ) $Q(\infty) = I_0\tau$]

!!Πρόβλημα 5.3 [Serway 3^η Έκδοση Πρόβλημα 27.10] Στο Σχήμα απεικονίζεται τμήμα κυκλικού αγωγού μεταβλητής διαμέτρου που διαρρέεται από ρεύμα 5 A. Η ακτίνα διατομής της επιφάνειας A_1 είναι 0,4 cm. (α) Ποιά είναι το μέτρο της πυκνότητας ρεύματος στη διατομή A_1 ; (β) Αν η πυκνότητα ρεύματος στη διατομή A_2 είναι ίση με το ένα τέταρτο της τιμής της στη διατομή A_1 , ποιά είναι η ακτίνα του αγωγού στη διατομή A_2 ; [Απ. (α) $9,95 \times 10^4$ A/m², (β) $r_2 = 0,8$ cm]



!!Πρόβλημα 5.4 Σε έναν κυλινδρικό αγωγό ακτίνας R ,που διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης, η πυκνότητα ρεύματος μεταβάλλεται με την απόσταση από τον άξονά του σύμφωνα με τη σχέση :

$$\vec{J} = 15(1 - e^{-1000r}) \hat{z} \quad \text{A/m}^2$$

Βρείτε την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει. Αριθμητική εφαρμογή για $R = 2\text{mm}$. [Απ. $I = 0,133$ mA]

!!Πρόβλημα 5.5 Σε έναν σφαιρικό αγωγό ακτίνας R ,που διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης, η πυκνότητα ρεύματος μεταβάλλεται σύμφωνα με τη σχέση :

$$\vec{J} = 10^3 \sin \theta \hat{r} \quad \text{A/m}^2$$

Βρείτε την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει. Αριθμητική εφαρμογή για $R = 0,02\text{m}$. [Απ. $I = 3,95$ A]

Αντίσταση αγωγού - Νόμος του Ohm

(α) Ευθύγραμμος αγωγός σταθερής διατομής

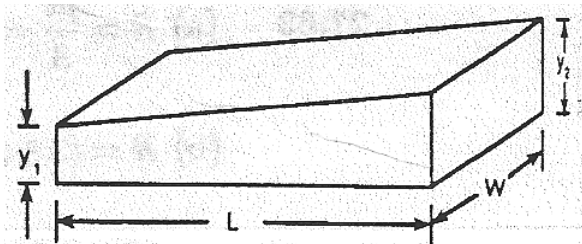
!!Πρόβλημα 5.6 [Serway 3^η Έκδοση Πρόβλημα 27.62] Κυλινδρικός αγωγός αποτελείται από βολφράμιο και έχει αρχικό μήκος l_1 και εμβαδόν διατομής A_1 . Ο αγωγός επιμηκύνεται ομοιόμορφα σε τελικό μήκος $l_2 = 10l_1$. Αν η αντίσταση του αγωγού στο τελικό μήκος του είναι 75 Ω, ποιά ήταν η αντίσταση στο αρχικό του μήκος; [Απ. 0,75 Ω]

!!Πρόβλημα 5.7 [Serway Πρόβλημα 27.59] Μια μάζα αλουμινίου ($\rho = 2,82 \times 10^{-8} \Omega \text{cm}$) ίση με 115 gr έχει σχήμα κυλίνδρου με διάμετρο ίση με το ύψος του. Υπολογίστε την αντίσταση μεταξύ των βάσεων του στους 20°C . (β) Αν στην ίδια μάζα δοθεί μορφή κύβου υπολογίστε την αντίσταση μεταξύ δύο εδρών του στους 20°C . [Απ. (α) $9,4 \times 10^{-7} \Omega$ (β) $8,02 \times 10^{-7} \Omega$]

!!Πρόβλημα 5.8 [Serway Πρόβλημα 27.37] Η αντίσταση ενός σύρματος από χρυσό είναι 85Ω στους 45°C . Όταν το σύρμα τοποθετηθεί μέσα σε δοχείο με υγρό η αντίστασή του ελαττώνεται σε 80Ω . Ποιά είναι η θερμοκρασία του υγρού στο δοχείο ; [Απ. $26,2^\circ\text{C}$]

(β) Αγωγοί μεταβλητής διατομής που διατηρεί το σχήμα της

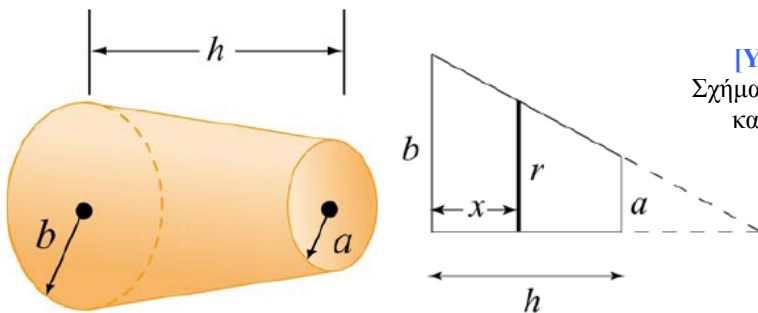
!!Πρόβλημα 5.9 [Serway 8^η Έκδοση Πρόβλημα H5.72] Από αγωγίμο υλικό ειδικής αντίστασης ρ κατασκευάζεται η σφήνα του Σχήματος. Αποδείξτε ότι η αντίσταση μεταξύ των επιφανειών της A και B είναι : $R = \rho \frac{L}{w(y_2 - y_1)} \ln\left(\frac{y_2}{y_1}\right)$



[Υπόδειξη : Συνδέστε τα y και x μεταξύ τους μέσω των y_1 και y_2 και ολοκληρώστε κατάλληλα.]

!!Πρόβλημα 5.10 [Serway 8^η Έκδοση Πρόβλημα H5.73] Ένας στερεός αγωγός σε σχήμα κόλουρου κώνου ύψους h και ακτίνων βάσεων a και b έχει ειδική αντίσταση ρ . Εάν υποθεθεί ότι η πυκνότητα ρεύματος που τον διαρρέει σε οποιαδήποτε κυκλική διατομή του είναι σταθερή να αποδειχθεί ότι η αντίσταση μεταξύ των βάσεων του είναι :

$$R = \frac{\rho}{\pi} \frac{h}{ab}$$



[Υπόδειξη : Δείτε τον αγωγό σε τομή, όπως στο Σχήμα. Συνδέστε τα b και a μεταξύ τους μέσω των r και h και ολοκληρώστε κατάλληλα. Δίδεται ότι :

$$\int \frac{du}{(au + \beta)^2} = -\frac{1}{a(au + \beta)}$$

Συνδεσμολογία ωμικών αντιστατών

Τυπικές συνδέσεις

Με τον όρο αυτό υποδηλώνονται συνδεσμολογίες ωμικών αντιστατών που μπορούν να μετασχηματισθούν σε μια ισοδύναμη ολική αντίσταση συνδυάζοντας τις δυο βασικές συνδεσμολογίες (συνδεσμολογία σε σειρά και παράλληλη συνδεσμολογία).

Πρόβλημα 5.11 Ποιά αντίσταση πρέπει να συνδέσουμε μεταξύ των σημείων Γ και Δ ώστε η αντίσταση μεταξύ των σημείων A και B του Σχήματος να είναι ίση με R; [Απ. $R_{\Gamma\Delta} = (R^2 + 2R_1R_2)^{1/2}$]

Πρόβλημα 5.12 Να βρεθεί η ισοδύναμη αντίσταση της ακόλουθης συνδεσμολογίας. Δίδονται $R_1=1,5\Omega$, $R_2=1\Omega$, $R_3=R_4=R_5=2\Omega$, $R_6=6\Omega$, $R_7=R_8=4\Omega$. [Απ. $7,5 \Omega$]

Πρόβλημα 5.13 Να βρεθεί η ισοδύναμη αντίσταση μεταξύ των σημείων A και B της ακόλουθης συνδεσμολογίας. Δίδονται $R_1=R_2=R_3=100 \Omega$, $R_4=25\Omega$, $R_5=120\Omega$, $R_6=40\Omega$. [Απ. 32Ω]

Πρόβλημα 5.14 Να βρεθεί η ισοδύναμη αντίσταση της ακόλουθης συνδεσμολογίας. Δίδονται $R_1=10 \Omega$, $R_2=R_4=6\Omega$, $R_3=2,25 \Omega$, $R_5=3\Omega$. [Απ. 6Ω]

Πρόβλημα 5.15 Να βρεθεί η ισοδύναμη αντίσταση μεταξύ των σημείων A και B στις ακόλουθες συνδεσμολογίες. [Απ. (α) $R/3$, (β) $3R/5$, (γ) $7R/3$]

Πρόβλημα 5.16 Να βρεθεί η ισοδύναμη αντίσταση της ακόλουθης συνδεσμολογίας. Δίδεται $R=11 \Omega$. [Απ. 5Ω]

Πρόβλημα 5.17 Στην ακόλουθη συνδεσμολογία να υπολογισθεί η τάση V_{AB} και η ένταση I. Δίδονται $R_1=R_3=2 \Omega$, $R_2=1 \Omega$, $R_4=5\Omega$, $R_5=3\Omega$, $V=10V$. [Απ. $V_{AB}=1,05V$, $I=1,79A$].

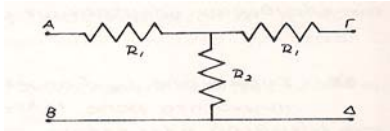
Πρόβλημα 5.18 Στην ακόλουθη συνδεσμολογία να υπολογισθούν οι εντάσεις που διαρρέουν τις αντίστοιχες αντιστάσεις, η τάση V_{AB} και η ένταση I . Δίδονται $R_1=2,5 \Omega$, $R_2=100 \Omega$, $R_3=50 \Omega$, $R_4=20\Omega$, $V=120V$.

[Απ. $I_1=8A$, $I_2=1A$, $I_3=2A$, $I_4=5A$,].

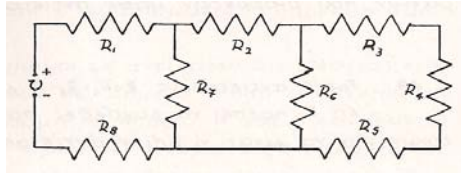
Πρόβλημα 5.19 Στην ακόλουθη συνδεσμολογία να υπολογισθεί η ισοδύναμη αντίσταση . Εάν $I_4=1A$ να υπολογισθεί και η τάση V . Δίδονται $R_1=R_7=2 \Omega$, $R_2=R_3=R_4=R_5= R_6=4\Omega$, $R_8= R_9=6\Omega$. [Απ. 8Ω , $V=72V$].

Πρόβλημα 5.20 Στην ακόλουθη συνδεσμολογία να υπολογισθεί η τάση V . Δίδονται $R_1=R_5=5 \Omega$, $R_2= 15 \Omega$, $R_3= R_6=10\Omega$, $R_4=20\Omega$ και $I_1=2A$. [Απ. $88,57V$].

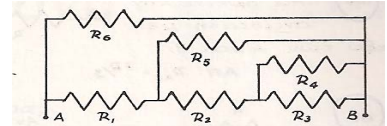
Πρόβλημα 5.21 Δύο αντιδιαμετρικά σημεία κυκλικού αγωγού σταθερής διατομής συνδέονται με τάση $V=6V$, όπως στο Σχήμα. Βρείτε τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων M και N για τα οποία $AM=MB$, $AN=2NB$. [Απ. $V_M-V_N=1V$]



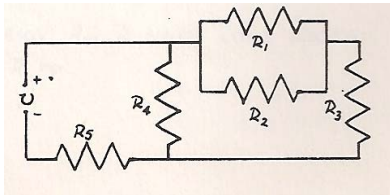
Πρόβλημα 5.11



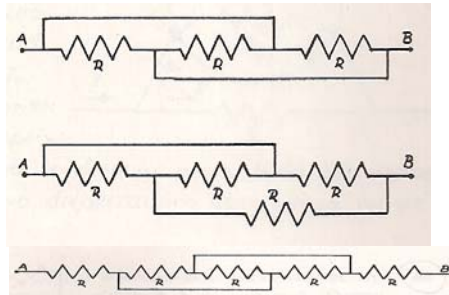
Πρόβλημα 5.12



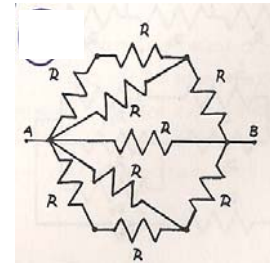
Πρόβλημα 5.13



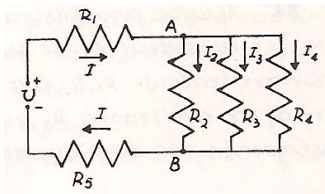
Πρόβλημα 5.14



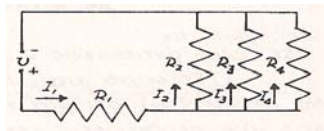
Πρόβλημα 5.15



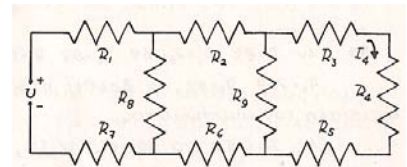
Πρόβλημα 5.16



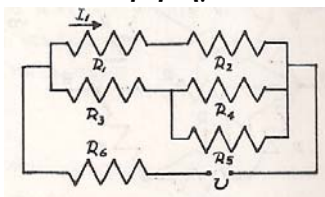
Πρόβλημα 5.17



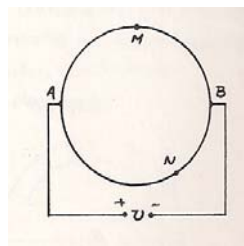
Πρόβλημα 5.18



Πρόβλημα 5.19



Πρόβλημα 5.20



Πρόβλημα 5.21