

(1)

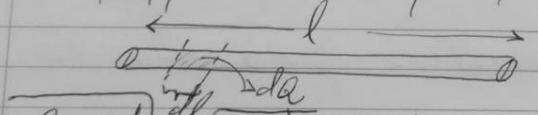
Ηλεκτροστατική - Εργασίες

- Ιδιότητες ηλεκτρικών φορτίων
- Διαφορά υλικών ως προς τις ιδιότητες τους:
 - Αγωγοί, Ημιαγωγοί, Μονωτές
- Κατανομή ηλεκτρικών φορτίων:

→ Σφαιρικό ηλεκτρικό φορτίο

Όλο το φορτίο βρίσκεται συγκεντρωμένο σε ένα σημείο του κέντρου. Πρέπει για ιδεατό κατασκεύασμα και είναι αντίστοιχο της έννοιας του υλικού σημείου.

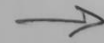
→ Γραμμική κατανομή φορτίου:



Σημειώστε ότι μονωτικό σύρμα (πχ κηροβία) φέρει φορτίο καθ' όλο το μήκος του. Ορίζουμε γραμμική

πυκνότητα φορτίου $\lambda = \frac{dq}{dl} = \frac{Q}{l}$ (εάν

$\lambda = \sigma \alpha \delta \epsilon \rho \acute{\iota}$). Γενικά $\lambda = \frac{dq}{dl}$



(2)

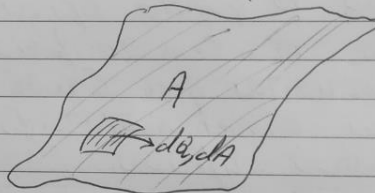
Η έννοια της γραμμικής πυκνότητας φορτίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για κυλινδρικούς αγωγούς στους οποίους έχει εγκατασταθεί κάποιο φορτίο ανά μονάδα μήκους.

→ Επιφανειακή πυκνότητα φορτίου

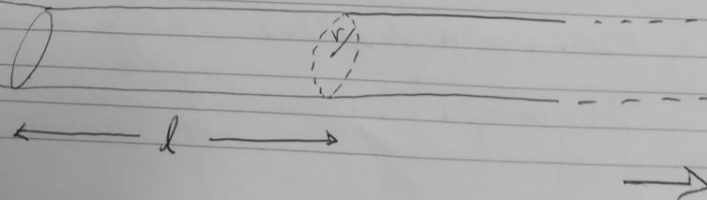
$$\sigma = \frac{dq}{dA}$$

$$\mathcal{E} = \frac{Q}{A} \text{ (εάν}$$

$$\sigma = \sigma_{\text{αδ}}).$$



Ξε έναν κυλινδρικό αγωγό ύψος l και ακτίνα R (εφόσον είναι γραμμικός) \bullet κατανοείται στην εξωτερική του επιφάνεια μόνον!



(3)

Για τον υδρόπνο αμφι ορίζεται η πυκνότητα
αλλά και επιφανειακή πυκνότητα φορτίου.

$$\lambda = \frac{dq}{dl} = \frac{Q_l}{l}, \quad Q_l: \text{είναι το φορτίο}$$

$\lambda: (C/m)$

Ηω έχει υατανέφωδύ στο φάκος l .

$$\text{ένιους: } \sigma = \frac{dq}{dA} = \frac{Q_l}{2\pi r \cdot l} \quad (2) \quad \sigma: (C/m^2)$$

\hookrightarrow Παράλληλα

υδρόπνογ επιφάνεια.

Μια σχέση για λ και σ προκύπτει

ως: (1), (2) \rightarrow ~~εξίσωση~~

$$\sigma = \frac{\lambda \cdot l}{2\pi r \cdot l} \Leftrightarrow \boxed{\sigma = \frac{\lambda}{2\pi r}}$$

\rightarrow Χωρική πυκνότητα φορτίου: (C/m^3)

$$\rho = \frac{dq}{dV} = \frac{Q}{V} \quad (\text{εάν } \rho = \sigma \cdot \omega)$$

Εδώ: V : όγκος και dV : στοιχείο όγκου

Προσοχή! Εάν ο όγκος V είναι
αβωτός όλο το φορτίο καταλαμβάνεται
στην εξωτερική του επιφάνεια \rightarrow



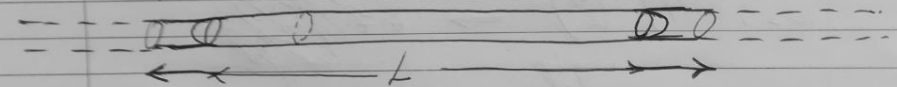
(4)

Μαι άρα δεν υπάρχει χωρική
πυκνότητα φορτίου αλλά μόνον
επιφανειακή!

Εφαρμογή:

Θεωρούμε ~~ένα~~ ^{σχήμα} κυλινδρικό αγωγό (αγωγό
~~κυλινδρικό~~ αγωγό εκκεντρικής διατομής

δύο) με μήκος L και ~~καταστάσεις~~
Σχήμα: ~~αποτελείται~~



Επίνω στο αγωγό εφαρμόζουμε φορτίο
 Q , στο δεδομένο μήκος L .

α) Να γραφούν οι εκφράσεις για
την ηλεκτρική και επιφανειακή
πυκνότητα φορτίου γω αγωγού

β) Να βρεθεί το ΗΔυναμικό πωδίο
στα εσωτερικά γω αγωγού, ομκ

(5)

Επιφανειαί ροές και σε απόσταση

$r > R$.

γ) Εάν ο αμφιβόλος ατμός αποτελείσει
πιεζομηχανισμούς σωφιστών πρώτατος
ποια είναι η ωμίση ροή αντιστάσης?

Ποιο είναι το ηλετρικό πεδίο ροής
στο εσωτερικό ροής, στην επιφανειακή
ροή και για $r > R$?

δ) Ποιο είναι το μαγνητικό πεδίο σε
απόσταση $r \ll L$. Ποια είναι η J ?

ε) Πως ~~αλλάζουν~~ διαφέρουν οι
απαντήσεις σας στα ερωτήματα

(α), (β), (γ) εάν μαθητιν εφελκισμοί

το βίνους ροή αμφιβόλο ροή αντιστάσης

ενώ η πυκνότητα και η εδμή ροής

αντίστασης παραμένουν σταθερές.

ε) Εάν ο αγωγός διαρρέεται από
 εναλλασσόμενο ρεύμα που έχει προκύψει
 από μια πηγή τάσης: $V(t) = V_m \sin(\omega t)$
 ποια είναι η έκφραση $I(t)$ και πόση
 είναι η βέση ισχύς που καταναλώνεται
 πάνω στην αντίσταση (ως αγωγός ενδοίτη).

Απαντήσεις:

α) Σε μήκος L έχουμε ομοιόμορφα
 εμβαδωσμένο φορτίο Q , άρα

$$\lambda = \frac{dQ}{dl} = \frac{Q}{L} \quad \text{Η επιφανειακή πυκνότητα}$$

τα Q_A είναι $\sigma = \frac{dQ}{dA} = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{2\pi R L}$

β) Το ηλεκτρικό πεδίο στο εσωτερικό
 ως αγωγός που βρίσκεται σε
 ηλεκτροστατική ισορροπία είναι
 μηδέν! $\vec{E}(r < R) = \vec{0}$

Στην επιφάνεια όμως: $\vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \hat{r}$

όπου \hat{r} η διανυσματική μονάδα συν
ακτινική διεύθυνση του κυλινδρικού συστή-
ματος. Προφανώς $\hat{r} = \hat{n}$, όπου \hat{n} είναι
το μοναδιαίο μέγεθος διάλυμα στην
παράλληλη κυλινδρική επιφάνεια.

- Για $r > R$, δηλαδή για περιοχή εκτός
του σώματος του αγωγού κάνουμε
ρήμα του Ν. Gauss, ή αναλύουμε σε
στοιχειώδη ρημάτια, ή αρμοστοποιούμε
του τύπου για το \vec{E} σε ρομβοειδές, με
στάθμη d , ~~και~~ μακρομίες φορτίου :

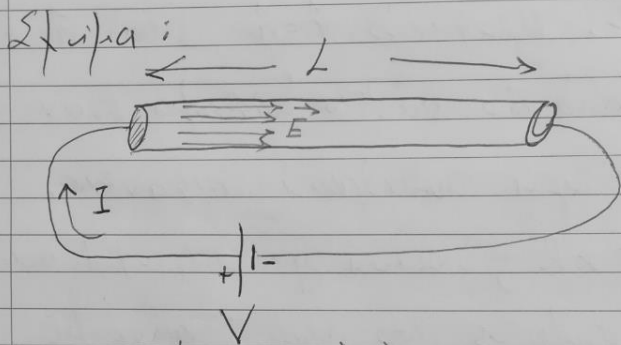
$$\therefore \text{Διάλ: } \vec{E} = 2k \frac{\lambda}{r} \hat{r} \text{ ή } \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2\lambda}{r} \hat{r}$$

γ) Η ωμική αντίσταση δίνεται από
των σημείων $R = \rho \frac{L}{A}$, όπου ρ : η ειδική
αντίσταση του αγωγού που εξαρτάται από
το υλικό του κυρίου, L το μήκος του
και A η διατομή του.



(8)

Το ηλεκτρικό πεδίο στο εσωτερικό του
βρίσκεται ως εξής:



Προσοχή! Δεν έχουμε πλέον αμψό σε
ηλεκτροστατική ισορροπία αλλά αμψό
σε υδραυλική κατάσταση με παύση
προφθοδότητας (παύση τάσης V) που
διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.
Αρα ο αμψός είναι αφορμιστός τώρα.

Το Ηλεκτρ. πεδίο στο εσωτερικό

του είναι $E = \frac{V}{L}$, όπου

$V = V_+ - V_-$ η διαφορά δυναμικότητας
που εφαρμόζεται στα

cm.
πύ-
πέν
20 cm.
υμφο-
δι. Να
ου που

(9)

αέρα γω.

Στην επιφάνεια γω και λίγο έξω από αυτή

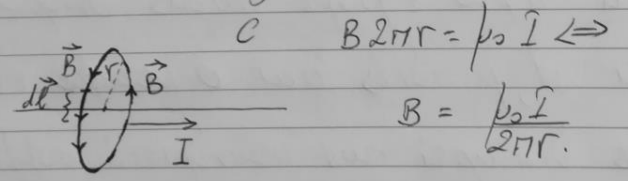
$\vec{E} = \vec{0}$, ενώ πάνω σε αυτή $E = \frac{V}{L} = \sigma_{αδ}$.

→ Το βαρυντικό πεδίο για ενδιαφέρον
αμφί που διαρρέεται από ανεξής και
σταθερό ηλεκτρικό ρεύμα είναι:

$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$, όπου r απόσταση από γω
κέντρο γω.

Αυτός γω αποτέλεσμα βρίσκεται με γω

N. Ampere : $\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{εγκλειστος} \Rightarrow$



$B \cdot 2\pi r = \mu_0 I \Leftrightarrow$
 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

Προφανώς $I = \frac{V}{R}$ και $R = \rho \frac{L}{A} = \rho \frac{L}{\pi R^2}$

R: η αυτίνα γω μυδιακής διατομής
αμφί.

(10)

δ) Εαν μαζώπιν εφέλκυστό 70 βύουο
 υπό βελύου, του αμύου γριπλάσαστεί
 δαλαδι $L' = 3L$, με d, ρ ίδιες.
 707Ε διαδοχικά, εφάπε 79 εφίς:

$$\rho' = \frac{Q}{3L} = \frac{\rho}{3} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Η } r' \text{ σων έκφραση ως} \\ \text{\rho' είναι νέα αυτίνα} \\ \text{του αμύου.} \end{array} \right.$$

$$\sigma' = \frac{Q}{2\pi r' 3L}$$

Προφανώς ο όμυο και η βάζα του
 αμύου αμύου βύουο L ποραφένου
 ίδια αφά εφάπε επίσης 7εμπίνει
 ότι d, ρ ίδιες και Q ~~αμύου~~ εφέλκυσ-
 φός διαλυεί σων υλινδρική σφίεφρία.

Αρα $V' = V \Rightarrow 3L \rho r'^2 = L \rho r^2 \Rightarrow$
 $r'^2 = \frac{r^2}{3} \Rightarrow r' = \frac{r}{\sqrt{3}} \quad \text{ή} \quad r' = \frac{\sqrt{3}r}{3}$

Η νέα αυκτική διατόφι $A' = \pi r'^2 = \pi \frac{3}{9} r^2 =$
 $= \frac{\pi r^2}{3} = \frac{A}{3}$

5 cm
 20 cm
 60 s

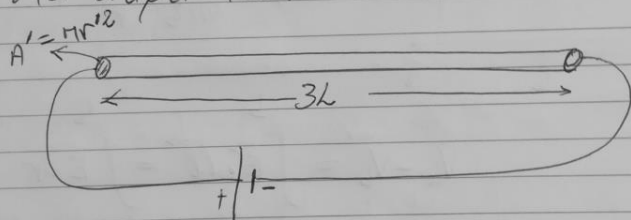
(11)

$$\text{οπότε γδύμα } \sigma' = \frac{Q}{2\pi \sqrt{\epsilon_0} r \beta L} = \frac{Q}{\sqrt{\epsilon_0} 2\pi r L} = \frac{\sigma}{\sqrt{\epsilon_0}}$$

Όταν διαρρέεται από Ηλεκτρ. Ρεύμα, η αψιδωτή αντίστασή θα είναι $R' = \rho \frac{3L}{A} = 9 \rho \frac{L}{A} = 9R$.

Για δεδομένη V (Διαφορά δυναμικού ή τάση)

στη άκρη I' :



$$I' = \frac{V}{R'} = \frac{V}{9R} = \frac{1}{9} \frac{V}{R} \text{ ή } \boxed{I' = \frac{I}{9}}$$

$$E' = \frac{V}{3L} = \frac{1}{3} \frac{V}{L} = \frac{E}{3}$$

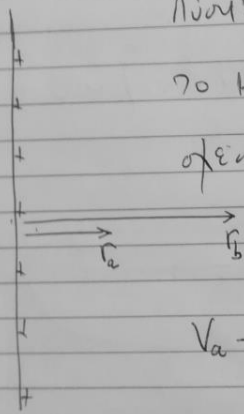
Για το μαγνητικό πεδίο γέφυρας, προφανώς

θα ισχύει: $B(r) = \frac{\mu_0 I'}{2\pi r} = \frac{1}{9} B(r)$

(12)

Για τον αγωγό του προηγούμενου παραδείγματος να βρεθεί το δυναμικό σε απόσταση $r \ll L$ από αριών, όταν βρίσκεται σε ηλεκτροστατική ισορροπία με $\mathcal{E} = +2qCb/m$.

Σκίμα:



Πίμ: θεωρώμε δεδομένο ότι το Η.Π. δίνεται από τη

σχέση $E(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2\lambda}{r} \hat{r}$

$$V_a - V_b = \int_{r_a}^{r_b} \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_{r_a}^{r_b} E dr = \\ = \frac{2\lambda}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_a}^{r_b} \frac{dr}{r} = \frac{2\lambda}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_b}{r_a}$$

Βρίσκουμε λοιπόν ότι η διαφορά δυναμικού

$$V_a - V_b = \frac{2\lambda}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_b}{r_a}$$

Για να εκφράσουμε το δυναμικό όπως και επειδή ο αγωγός θεωρείται απείρου

(13)

Μιας λήψης του περιορισμού $r \ll L$

δεν μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το
δυναμικό κεντρικώς στο άπειρο! Παραβάνουμε
 \Rightarrow περιοχή κεντρικώς δυναμικά σε αυτίνα
 r_0 (ωφέα) της οποίας ο φασματικός τύπος
είναι υδρόσ αυτίνας r_0 !

Άρα για $r_a \rightarrow r_0$ και $r_b \rightarrow r$

$$V(r_0) - V(r) = \frac{2q}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{r}{r_0} \Leftrightarrow$$

$$V(r) = -\frac{2q}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{r}{r_0}$$

Ηλεκτρικό δυναμικό και πεδίο
απείρων φορτισμένων κύλων (ή φορτισμέ-
νων κύλων άπειρης διάστασης), πολλών
κύλων και συνδιασμού κύλων -βαθμια
φορτίων.

