

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

Χωρητικότητα C (Capacitance) ενός αντικειμένου υπολογίζεται τον λόγο $C = \frac{Q}{V}$ όπου Q το φορτίο του αντικειμένου και V το δυναμικό του (υποδέχεται ότι είναι παντού το ίδιο στο αντικείμενο)

Επομένως μια αγωγική σφαίρα ακτίνας R με φορτίο Q , που έχει δυναμικό $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R}$, θα έχει $C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R}} = 4\pi\epsilon_0 R$

Μονάδα χωρητικότητας $[C] = 1F = \frac{1C}{1V}$ (Farad)

$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ άρα $4\pi\epsilon_0 = \frac{1}{9} \cdot 10^{-9} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$ επομένως χωρητικότητα

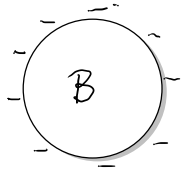
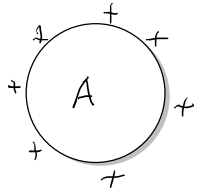
$1F$ έχει μια σφαίρα με ακτίνα $9 \cdot 10^9 m$: $4\pi\epsilon_0 R = \frac{1}{9} 10^{-9} \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{C^2}{N \cdot m} = 1 \frac{C^2}{N \cdot m} = 1 \frac{C^2}{\text{Joule}} = 1 \frac{\text{Coulomb}}{\frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}}} = 1 \frac{\text{Coulomb}}{\text{Volt}}$

Αυτή η ακτίνα είναι

22.5 φορές η απόσταση γης-σελήνης. Συμπέρασμα: Το $1F$ είναι πολύ μεγάλο μονάδα.

αν $R = 6400 km = 6,4 \cdot 10^5 m$ (ακτίνα γης) $C = 711 \mu F$

Θα πρέπει όμως να αλλοξουμε κάπως τον ορισμό της χωρητικότητας
 Ας δούμε γιατί: Έστω ότι έχουμε δύο γομασμένες βελαιρες την Α
 με φορτίο $+Q$ και την Β με φορτίο $-Q$.



Σύμφωνα με τον προηγούμενο ορισμό η χωρητικότητα

C_B της Β είναι $C_B = \frac{-Q}{V_B}$. Όμως αν δούμε

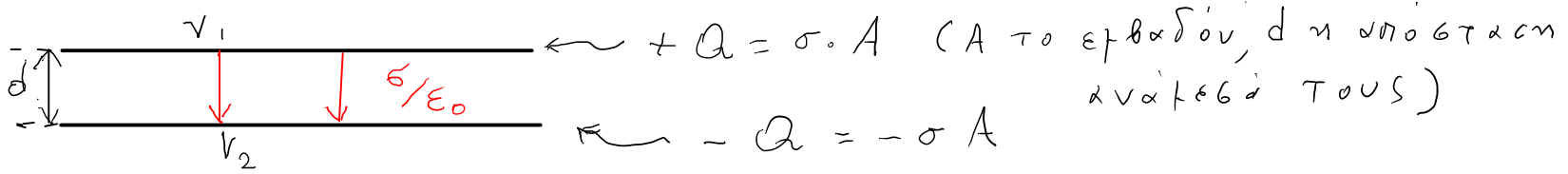
τον ορισμό του V_B : (Έργο που καταβάλω για να φέρω ένα φορτίο $-q_{test}$ από πολύ μακριά στην

βελαιρα Β δια του $-q_{test}$) καταλαβαίνουμε ότι το V_B εξαρτάται από την παρουσία της βελαιρας Α: Η ηλεκτρική δύναμη που ασκεί η Α στο $-q_{test}$ μειώνει το έργο που πρέπει να καταβάλουμε. Επομένως το C_B δεν είναι ιδιότητα μόνο της Β, αλλά εξαρτάται και από την παρουσία της Α. **Αλλάζουμε τον ορισμό ως εξής:**

Έστω δύο αγωγοί Α και Β, ο Α με φορτίο $+Q$ και ο Β με φορτίο $-Q$
 Η χωρητικότητα των δύο αγωγών είναι:

$$C = \frac{+Q}{V_A - V_B} = \frac{-Q}{V_B - V_A} = \frac{Q}{\Delta V} \leftarrow \begin{matrix} \text{φορτίο στον αγωγο Α η Β} \\ \text{Διαφορά δυναμικών} \end{matrix}$$

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΥΟ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩΝ ΑΓΩΓΙΜΩΝ ΠΛΑΚΩΝ



$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{\sigma \cdot A}{E \cdot d} \quad \left(-\frac{dV}{dx} = E \Rightarrow -dV = E dx \Rightarrow \int_{V_1}^{V_2} dV = -E \int_{x_1}^{x_2} dx \Rightarrow \right.$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad \text{αρχ}$$

$$C = \frac{\sigma \cdot A}{\frac{\sigma}{\epsilon_0} \cdot d} = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

Επομένως όσο μεγαλύτερο είναι το εμβαδόν μεγαλώνει η χωρητικότητα, δηλαδή $Q = C \cdot \Delta V$ περιγράφεται φάρμακο για ίδια ΔV

Όσο μικραίνει η απόσταση d το ίδιο πεδίο $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$ δίνει μικρότερο $\Delta V = E \cdot d$ Δηλ. για το ίδιο Q το ΔV μικραίνει και αρχ το $C = \frac{Q}{\Delta V}$ μεγαλώνει

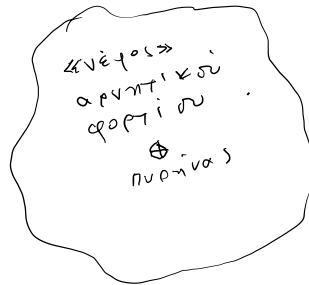
έχουμε υπολογίσει την ηλεκτροστατική δυναμική ενέργεια του π. πεδίου ανάμεσα στις παράλληλες πλάκες: $U = \frac{1}{2} Q \Delta V$. Αφού

$$Q = C \Delta V \quad \text{έχουμε} \quad U = \frac{1}{2} C (\Delta V)^2$$

Πόλωση - διηλεκτρικά

Οι μονωτές είναι υλικά που δεν έχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια. Ομως ακόμα και ένας μονωτής αν βρεθεί μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο θα αποκτήσει κάποια πόλωση, δηλ. μια περιοχή με μεγαλύτερη συγκέντρωση αρνητικού φορτίου και μια περιοχή με μεγαλύτερη συγκέντρωση θετικού φορτίου:

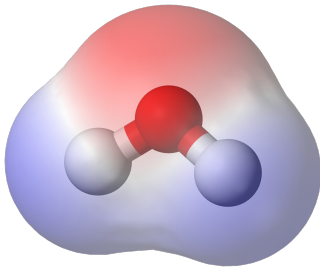
Άτομο με βαρύτερη
απόδοξη αρνητικού
φορτίου:



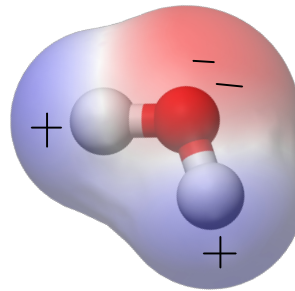
$$\vec{E} = 0$$



$$\vec{E} \neq 0$$



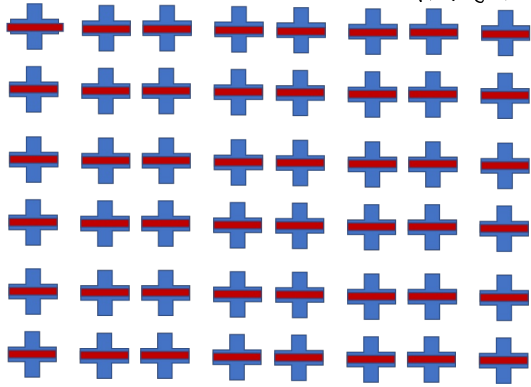
$$\vec{E} = 0$$



$$\vec{E} \neq 0$$

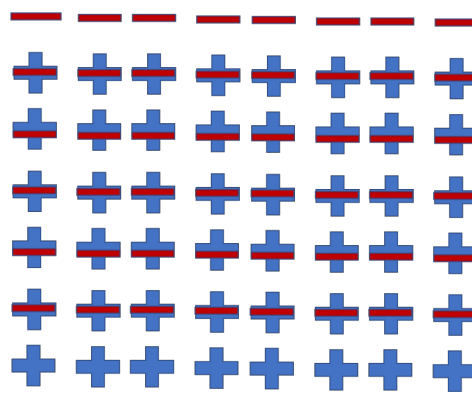
Αποτέλεσμα:

χωρίς εξωτερικό πεδίο



$E=0$

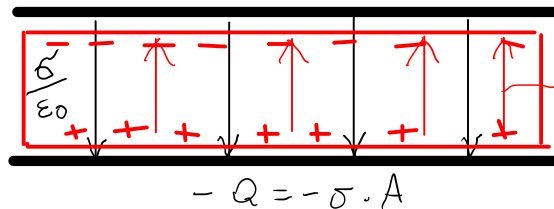
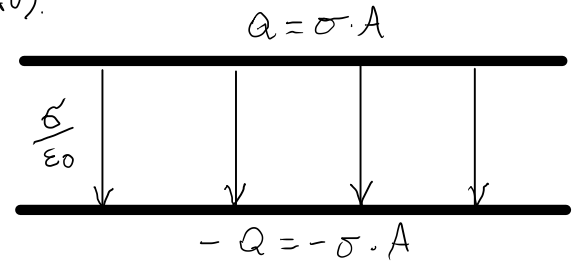
Μέσα σε εξωτερικό πεδίο



$E \neq 0$

Αν έχω δύο παράλληλα αγωγά φύλλα και τους βάλω διαφορά δυναμικών V , θα φορτιστούν με φορτία $+Q$ και $-Q$, όπου $Q = \sigma \cdot A$ και $-Q = -\sigma \cdot A$ (A το εμβαδόν, σ η επιφανειακή πυκνότητα φορτίου).
Το πεδίο ανάμεσα τους θα είναι $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$

Αν βάλω στον χώρο, ανάμεσα τους έναν μονωτή (λέγεται και διηλεκτρικό), θα έχω τις κατάστασις που φαίνεται παρακάτω:
 $Q = \sigma \cdot A$



$\frac{\sigma}{\epsilon_0}$ διηλεκτρικόν

Το συνολικό ηλεκτρικό πεδίο θα γίνει: $\frac{\sigma}{\epsilon_0} - \frac{\sigma_{\text{διηλεκτρικό}}}{\epsilon_0}$

Αν το φορτίο που «επικάθεται» στην επάνω και στην κάτω επιφάνεια του διηλεκτρικού είναι ένα υλάτο β ($\beta < 1$) του φορτίου Q τότε $\sigma_{\text{διηλεκτρικό}} = \frac{Q_{\text{διηλεκτρικό}}}{A} = \frac{\beta Q}{A} = \beta \sigma$

Άρα το $E_{\text{ολικό}} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} (1 - \beta) = (1 - \beta) E_{\text{χωρίς διηλεκτρικό}}$.

Το $(1 - \beta)$ το γράφω $(1 - \beta) = \frac{1}{k}$ και το k το ονομάζω:

σχετική διηλεκτρική σταθερά του μόνωτη.

Έτσι $E_{\text{με μόνωτη}} = \frac{E_{\text{χωρίς μόνωτη}}}{k}$. Αν πχ. $k = 5$ (στο γυαλί)

το συνολικό πεδίο $E_{\text{με μόνωτη}}$ θα είναι 5 φορές μικρότερο από το E χωρίς μόνωτη.

Αφού $E = \frac{V}{d}$ (διαφορά δυναμικών) το $\frac{E}{k}$ σημαίνει $\frac{V/k}{d}$, δηλαδή

η διαφορά δυναμικών θα φθάσει 5 φορές.

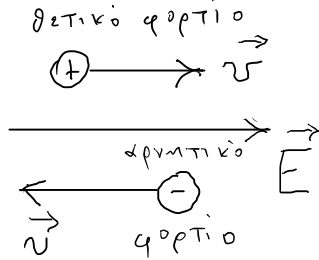
Επομένως και η χωρητικότητα $C = \frac{Q}{V}$ θα γίνει $C' = \frac{Q}{V/k} \Leftrightarrow$

$C' = k \cdot \frac{Q}{V} = k \cdot C$. Δηλαδή η χωρητικότητα θα αυξηθεί κατά k

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

Ηλεκτρικό ρεύμα έχουμε όταν ηλεκτρικά φορτία κινούνται εξαιτίας του ότι βρίσκονται μέσα σε ένα ηλεκτρικό πεδίο. Το ηλεκτρικό ρεύμα είναι το συνολικό φορτίο που περνάει μέσα από μια επιφάνεια A σε χρόνο Δt δια του χρόνου αυτού.

Για το ηλεκτρικό ρεύμα ορίζουμε φορά:



Φορά του ηλεκτρικού ρεύματος είναι η φορά κίνησης των θετικών φορτίων (ηλεκτρικό πεδίο) ή

η αντίθετη φορά από αυτή της κίνησης των αρνητικών φορτίων.

Διηλεκτική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος είναι (ότις περισσότερες περιπτώσεις) η φορά του ηλεκτρικού πεδίου που αναγκάζει τα φορτία να κινούνται. Θα δούμε μια εξαίρεση μέσα στην ματαρία

Αν ανάφερα σε δύο σημεία ενός ηγώγου εφάρμοσω διαφορά δυναμικού τα ελεύθερα ηλεκτρονικά κινούνται αντίθετα στην φορά του πεδίου και δημιουργούν ηλεκτρικό ρεύμα.

ΝΟΜΟΣ ΩΜ (ΟΗΜ)

Υπάρχει μια γραμμική σχέση ανάμεσα στο ρεύμα ενός αγωγού και την διαφορά δυναμικού ΔV ανάμεσα σε δύο σημεία του. $\Delta V = I \cdot R$

Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται μέσα σε έναν αγωγό, όπου στο εσωτερικό του δεν εφαρμόζουμε ηλεκτρικό πεδίο δεν είναι «καθαίνονται» όπως έχουμε πει!

Έχουν θερμική κίνηση και συγχυούνται με τα άτομα που ταχύνονται και γι' αυτό διαφορά άλλα «επαύθια» στο εσωτερικό του μεταλλού. Σημειώνω

εδώ ότι η εικόνα αυτή είναι επαρκής
 Η θερμική κίνηση είναι τυχαία

αλλά όχι ενταξώς γω γω
 Η ταχύτητα εξαρτάται της

θερμικής κίνησης είναι περίπου

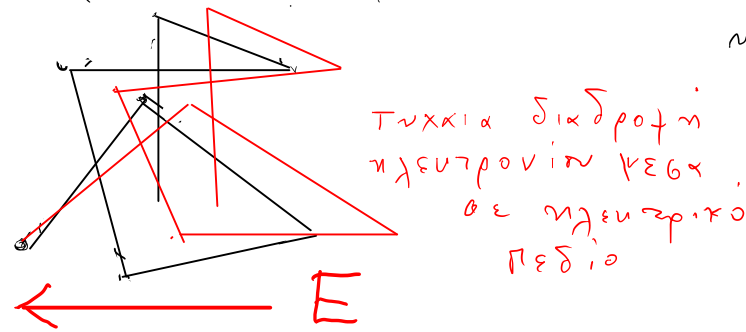
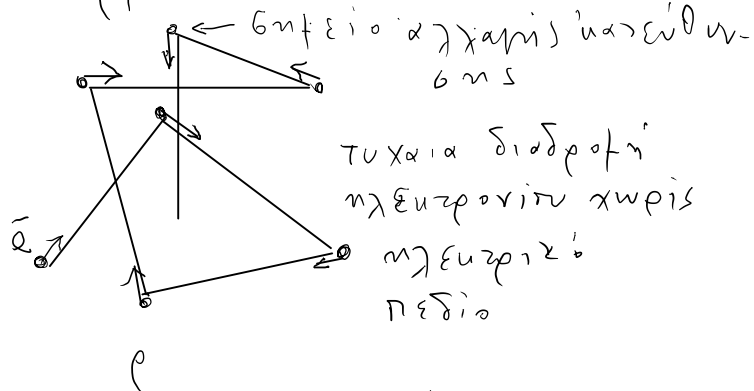
$10^6 \frac{m}{s}$ και ο χρόνος που χρειάζεται

να τα περάσει από ανάμεσα σε δύο συχνοίγει είναι περίπου $10^{-14} s$

Όταν έχουμε ηλ. πεδίο E στο ηλεκτρόνιο ασκείται δύναμη $F = q_e E$

και επιτάχυνση $\frac{F}{m_e} = \frac{q_e}{m_e} \cdot E$

Επομένως ανάμεσα σε δύο συχνοίγει θα έχει



Δυναμώξει ταχύτητα στην αντίθετη φορά από αυτή του ηγ. πεδίου

$$v_d = \omega \cdot \tau, \text{ οπου } \omega = \frac{q_e E}{m_e} \text{ και } \tau \approx 10^{-14} \text{ s}$$

Αν πάρω ένα εύφορα χαλκού με μήκος $l = 10 \text{ m}$ και εφαρμόσω στα άκρα του διαφορά δυναμικού 10 V , το ηλεκτρικό πεδίο E θα είναι $E = \frac{\Delta V}{l} = \frac{10 \text{ V}}{10 \text{ m}} = 1 \frac{\text{V}}{\text{m}}$

Έτσι η ταχύτητα λόγω του ηγ. πεδίου θα είναι περίπου

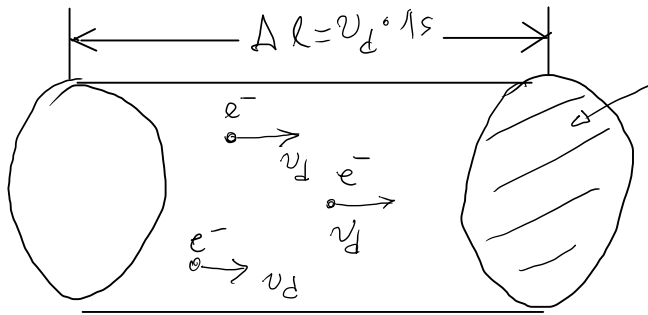
$$\frac{1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1 \frac{\text{V}}{\text{m}}}{9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} \cdot 2.48 \cdot 10^{-14} \text{ s} \approx 4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

m_e
 μέγεθος χρόνου αντίθετο σε σύγκριση με το χρόνο χαλκού

το δεύτερο \hat{m}
 $\frac{10 \cdot 1000}{4} = 2500$ δεύτερα ανά

ή 42 δεκάτα να κινάει από την μια άκρη του εύφορου στην άλλη.

Η ταχύτητα αυτή γίνεται **ταχύτητα ομίχλης**



εμβαδόν διατομής ούρατος
κατοί: S

Μήκος ούρατος $\Delta l = v_d \cdot 1s$

Ρεύμα $I = \frac{Q \text{ που περνάει μέσα από την } S \text{ σε χρόνο } \Delta t}{\text{χρόνος } \Delta t}$



Αν πάρω σαν Δt το 1 second, τότε όγκο

Τα φορτία που είναι μέσα στον όγκο

$\Delta l \cdot S = v_d \cdot 1 \text{ sec} \cdot S$ Θα περάσουν μέσα από την γραφτοβυσσολόγην

S . Το συνολικό Q που θα περάσει μέσα από την S σε 1 second

θα είναι: $n_e \cdot \Delta l \cdot S \cdot q_e = q_e n_e \cdot v_d \cdot 1s \cdot S$ κρ κ

αριθμός
ελευθέρων
ηλεκτρονίων
ανά μονάδα
όγκου

$$I = \frac{q_e \cdot n_e \cdot v_d \cdot \cancel{1s} \cdot S}{\cancel{1s}} \Rightarrow$$

$$I = q_e n_e \frac{q_e E}{m_e} \tau \cdot S = \frac{q_e^2 n_e \tau}{m_e} \cdot E \cdot S \quad \text{όπως } E = \frac{\Delta V}{\Delta l}$$

όπου ΔV η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στα δύο άκρα του σύρματος και Δl το μήκος του

Έτσι
$$I = \frac{q_e^2 n_e \tau}{m_e} \cdot \frac{S}{\Delta l} \cdot \Delta V \quad \text{δηλ.}$$

$$I = \sigma \cdot \frac{S}{\Delta l} \cdot \Delta V \quad \text{όπου } \sigma = \frac{q_e^2 n_e \tau}{m_e} \quad \text{και}$$

εξαρτάται από το υλικό και την θερμοκρασία

Το σ ονομάζεται αγωγιμότητα

S : Το εμβαδόν της διατομής του αγωγού

Δl : Το μήκος του αγωγού

Αλλάζοντας

$$\Delta V = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{\Delta l}{S} \cdot I$$

R αντίσταση του αγωγού

$R = \rho \cdot \frac{\Delta l}{S}$, ρ : ειδική αντίσταση $\rho = \frac{1}{\sigma}$

$$1 \Omega = \frac{1V}{1A}$$

καλοί αγωγοί: $\sigma \approx 10^8 \Omega^{-1}m^{-1}$
 καλοί μονωτές: $\sigma \approx 10^{-12} - 10^{-16} \Omega^{-1}m^{-1}$