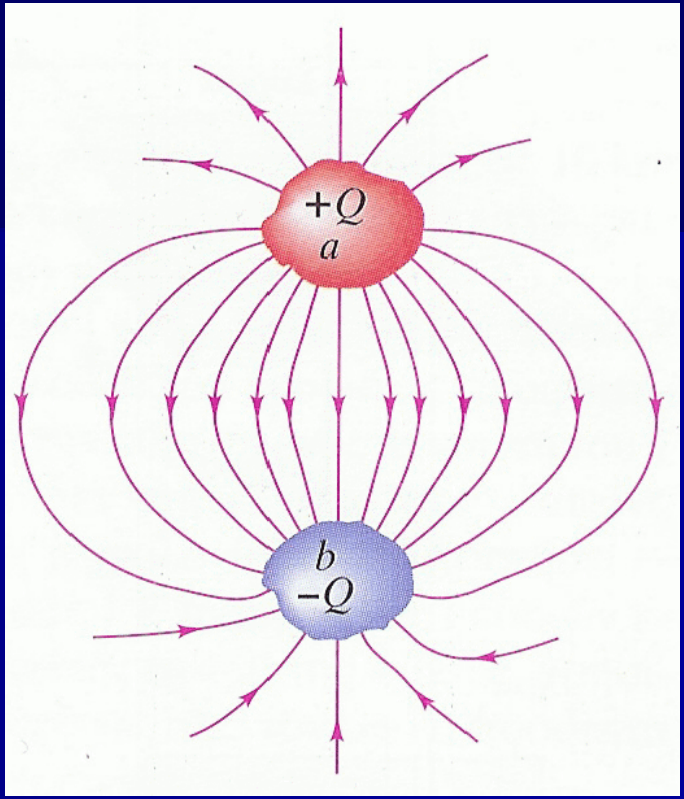
# Ενημέρωση

Η διδασκαλία του μαθήματος, πολλά από τα σχήματα και όλες οι ασκήσεις προέρχονται από το βιβλίο:

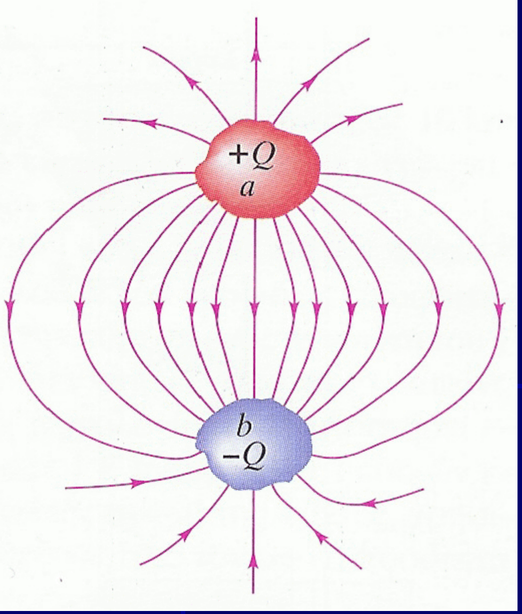
**«Πανεπιστημιακή Φυσική»** του **Hugh Young** των **Εκδόσεων Παπαζήση**, οι οποίες μας επέτρεψαν τη χρήση των σχετικών σχημάτων και ασκήσεων

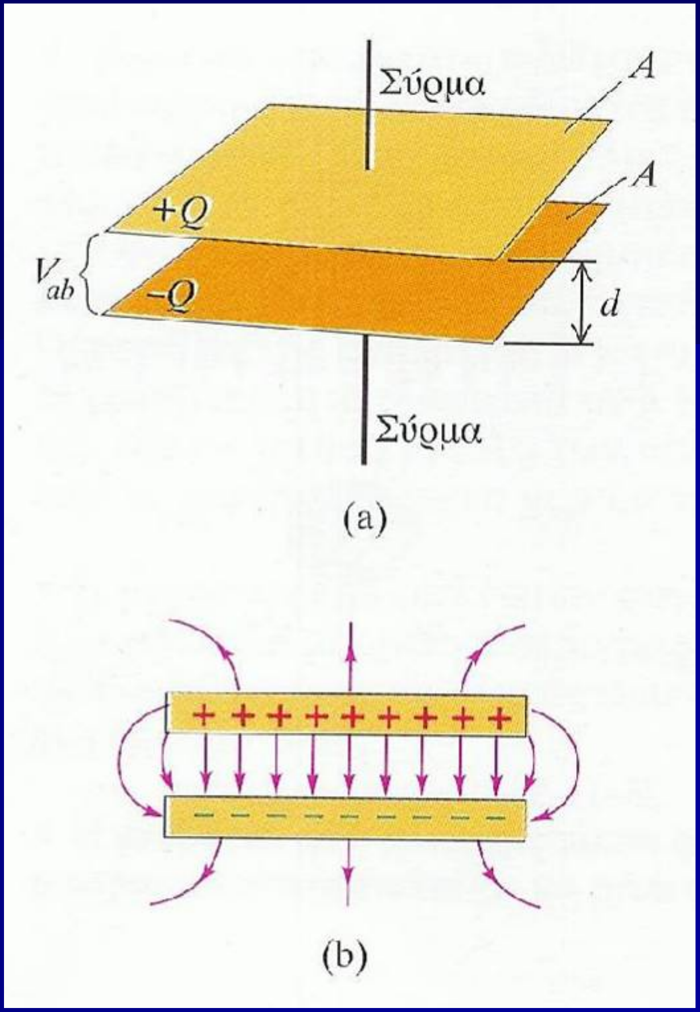
# ΠΥΚΝΩΤΕΣ

**Λέμε ΠΥΚΝΩΤΗ μια διάταξη δύο οποιωνδήποτε αγωγών που διαχωρίζονται από ένα μονωτή. Συνήθως όμως οι δύο αγωγοί φέρουν ίσα φορτία αλλά με αντίθετα πρόσημα.**




**ΟΤΑΝ ΛΕΜΕ ΟΤΙ Ο ΠΥΚΝΩΤΗΣ ΕΧΕΙ ΦΟΡΤΙΟ Q ΕΝΝΟΟΥΜΕ ΟΤΙ Ο (ΟΠΛΙΣΜΟΣ) ΑΓΩΓΟΣ ΜΕ ΤΟ ΥΨΗΛΟΤΕΡΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΕΧΕΙ ΦΟΡΤΙΟ +Q ΚΑΙ ΑΥΤΟΣ ΜΕ ΤΟ ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΟ -Q**


+Q
a
b
−Q


Σύρμα
A
A
+Q
−Q
$V_{ab}$
d
Σύρμα
(a)
(b)


200 VDC

# ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

$$C = \frac{Q}{V_{ab}}$$

Αφού το ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ των οπλισμών είναι ανάλογο του φορτίου (μέτρο του φορτίου σε κάθε οπλισμό) και το δυναμικό του θετικού οπλισμού προς τον αρνητικό θα είναι ανάλογο του φορτίου.
Επομένως αν διπλασιάσουμε το φορτίο διπλασιάζεται και το δυναμικό και εάν υποδιπλασιάσουμε το φορτίο υποδιπλασιάζεται και το δυναμικό.

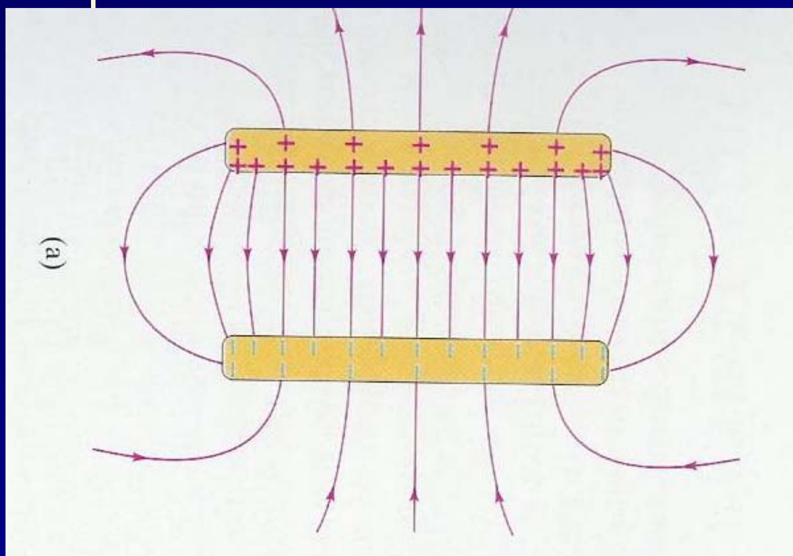
**Η ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΜΕΝΕΙ ΣΤΑΘΕΡΗ**

**ΜΟΝΑΔΑ 1 FARAD**

**1 F=1 C/V**

# ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

## ΕΠΙΠΕΔΟΣ ΠΥΚΝΩΤΗΣ




$$\left.\begin{aligned} E &= \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \\ \sigma &= \frac{Q}{A} \end{aligned}\right\} \quad E = \frac{Q}{\varepsilon_0 A}$$

$$V_{ab} = Ed = \frac{Qd}{\varepsilon_0 A} \Rightarrow C = \frac{Q}{V_{ab}} = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$$

## ΔΗΛΑΔΗ Η ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΙΝΑΙ ΣΤΑΘΕΡΗ ΓΙΑ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟ ΠΥΚΝΩΤΗ

$$C = \frac{Q}{V_{ab}} = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$$

$1\ F = 1\ (C^2/Nm^2 \times m^2)/m = C^2/Nm$

**Και εφόσον $1\ V = 1\ J/C$, $1\ F = C^2/Nm = C^2/J = C^2/VC = C/V$ έχουμε ότι οι μονάδες του $\varepsilon_0$ μπορούν να γίνουν**

$1\ C^2/Nm^2 = F/m$

**Αν στην παραπάνω εξίσωση υποθέσουμε ότι έχουμε αέρα μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή και όχι κενό τότε η χωρητικότητα διαφέρει από την προβλεπόμενη βάσει της παραπάνω εξίσωσης κατά 0.06%**

**ΑΝ ΟΜΩΣ ΥΠΑΡΧΕΙ ΥΛΙΚΟ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ ΤΑ ΠΡΑΓΜΑΤΑ ΕΙΝΑΙ ΛΙΓΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ**

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 25-1

**Ένας επίπεδος πυκνωτής έχει χωρητικότητα 1 F και οι πλάκες απέχουν μεταξύ τους 1 mm . Πόσο είναι το εμβαδόν των πλακών.**

$$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow A = \frac{Cd}{\varepsilon_0} = \frac{1 \times 1}{8.85 \times 10^{-12}} \frac{\left(F \times 10^{-3}\,m\right)}{\frac{F}{m}} = 1.1 \times 10^{8}\,m^{2}$$

**Δηλαδή πρόκειται για πολύ μεγάλη επιφάνεια, περίπου 100km$^2$ .**

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 25-2

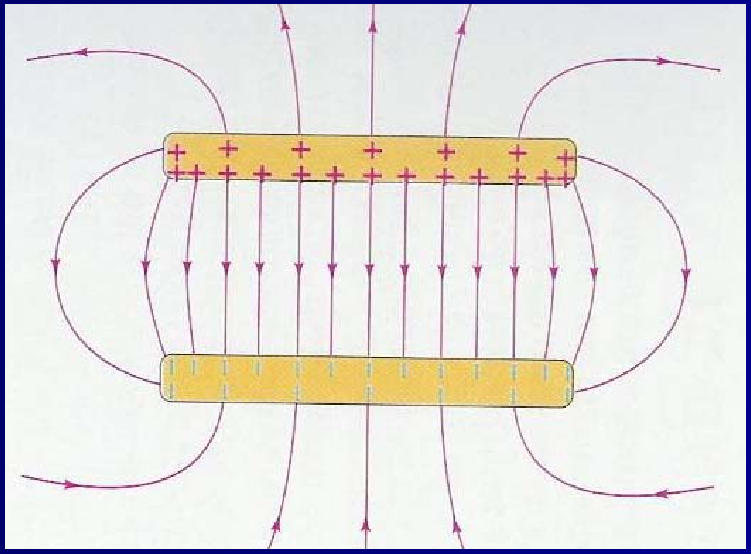
**Οι οπλισμοί επίπεδου πυκνωτή βρίσκονται σε απόσταση 5 mm μεταξύ τους και έχουν επιφάνειες 2 m$^2$ . Στα άκρα του πυκνωτή εφαρμόζεται διαφορά δυναμικού 10000 V.**

**Να βρεθούν:**

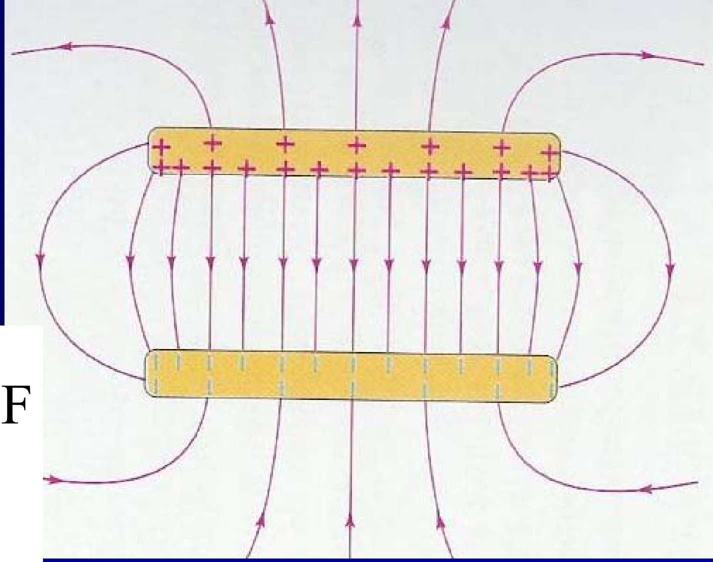
**Α) η χωρητικότητα του πυκνωτή.**

**Β) το φορτίο σε κάθε οπλισμό.**

**Γ) το μέτρο του ηλεκτρικού πεδίου στον μεταξύ τους χώρο.**



# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 25-2




**A**

$$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d} = \frac{8.85\times10^{-12}\times 2}{5}\,\frac{\left(F/m\times m^2\right)}{10^{-3}\,m} = 3.54\times10^{-9}\,F$$
$$= 0.00354\,\mu F$$

**B**

$$Q = CV_{ab} = 3.54\times10^{-9}\times1\times10^{4}\left(F\times V\right) =$$
$$= 3.54\times10^{-5}\left(C/V\times V\right) =$$
$$= 3.54\times10^{-5}\,C = 35.4\,\mu C$$

Γ

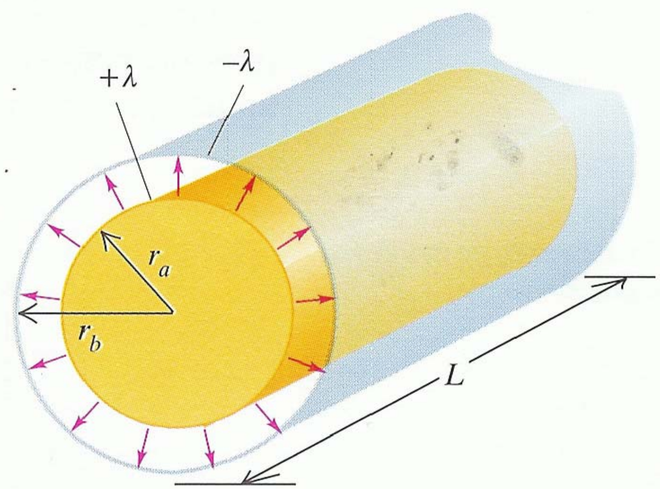
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{Q}{\varepsilon_0 A} = \frac{3.54\times10^{-5}}{8.85\times10^{-12}\times 2}\frac{C}{\left(C^2/(N\times m^2)\right)m^2} =$$
$$= 2\times10^6\, N/C$$

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ

$$E = \frac{V_{ab}}{d} = \frac{1\times10^4}{5}\frac{V}{10^{-3}\,m} = 2\times10^6\,\frac{V}{m}$$

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ –ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΣ ΠΥΚΝΩΤΗΣ

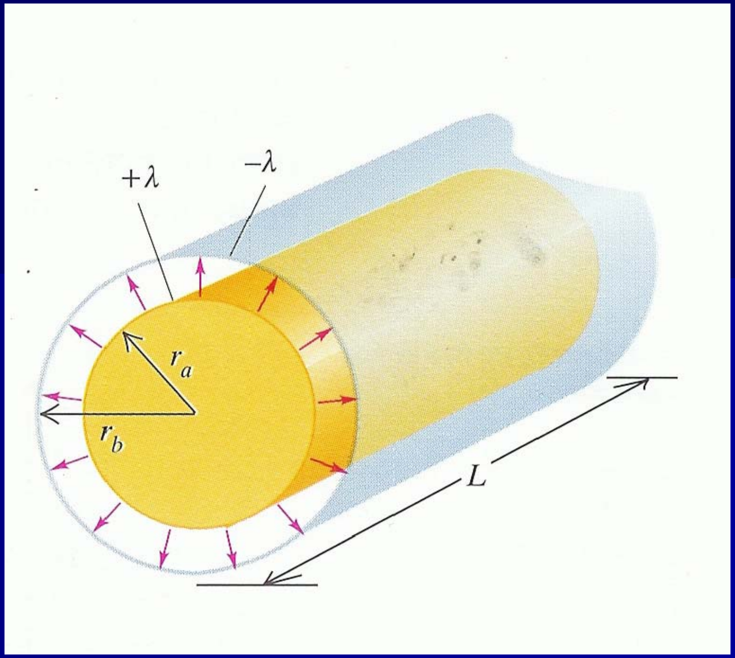
**Κυλινδρικός αγωγός μεγάλου μήκους έχει ακτίνα $r_a$ και ομοιόμορφη πυκνότητα ανά μονάδα μήκους +λ. Περιβάλλεται από ομοαξονικό κυλινδρικό κέλυφος με εσωτερική ακτίνα $r_b$ και αντίστοιχη πυκνότητα φορτίου –λ. Αν μεταξύ τους υπάρχει κενό να υπολογιστεί η χωρητικότητα ανά μονάδα μήκους.**




**25–4** Κυλινδρικός πυκνωτής μεγάλου μήκους. Το μέτρο του φορτίου σε τμήμα μήκους $L$ της κάθε μιας από τις δύο κυλινδρικές επιφάνειες είναι $\lambda L$.

$$V = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0} \ln\frac{R}{r}$$

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 25-3 –ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΣ ΠΥΚΝΩΤΗΣ




**Σε παλαιότερο παράδειγμα δείξαμε ότι αν θεωρήσουμε ως σημείο αναφοράς τον εσωτερικό αγωγό, δηλαδή θεωρήσουμε ότι εκεί είναι το σημείο όπου V=0, τότε το δυναμικό σε σημείο που ευρίσκεται μεταξύ των δύο κυλίνδρων και απέχει απόσταση r από τον κοινό τους άξονα είναι:**

$$V = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln\frac{R}{r}$$

**ΠΡΟΣΟΧΗ: ΑΥΤΟ ΤΟ ΕΙΧΑΜΕ ΑΠΟΔΕΙΞΕΙ ΧΩΡΙΣ ΝΑ ΥΠΑΡΧΕΙ ΚΕΛΥΦΟΣ. ΔΗΛΑΔΗ ΥΠΑΡΧΕΙ ΜΟΝΟ Ο ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ**

## ΤΙ ΓΙΝΕΤΑΙ ΑΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΚΑΙ ΤΟ ΚΕΛΥΦΟΣ;

**ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΝΟΜΟ ΤΟΥ GAUSS ΤΟ ΦΟΡΤΙΟ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΔΕΝ ΣΥΝΕΙΣΦΕΡΕΙ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΤΑΙ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΚΥΛΙΝΔΡΩΝ.**

**Επομένως, το δυναμικό της εξωτερικής επιφάνειας (ακτίνας $r_b$) σε σχέση με την εσωτερική (ακτίνας $r_\alpha$) είναι**

$$V_{ba} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0} \ln\frac{r_a}{r_b}$$

**Αυτή η διαφορά είναι αρνητική εφόσον ο εσωτερικός αγωγός βρίσκεται σε υψηλότερο δυναμικό.**
**Το λ το θεωρήσαμε θετικό.**
**Έτσι μπορούμε να γράψουμε**

$$V_{ab} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0} \ln \frac{r_b}{r_a}$$

**Το ολικό φορτίο Q σε μήκος L είναι** $Q = \lambda L$

**Η χωρητικότητα για μήκος L είναι**

$$C = \frac{Q}{V_{ab}} = \frac{\lambda L}{\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0} \ln \dfrac{r_b}{r_a}}$$

**Επομένως η χωρητικότητα ανά μονάδα μήκους είναι**

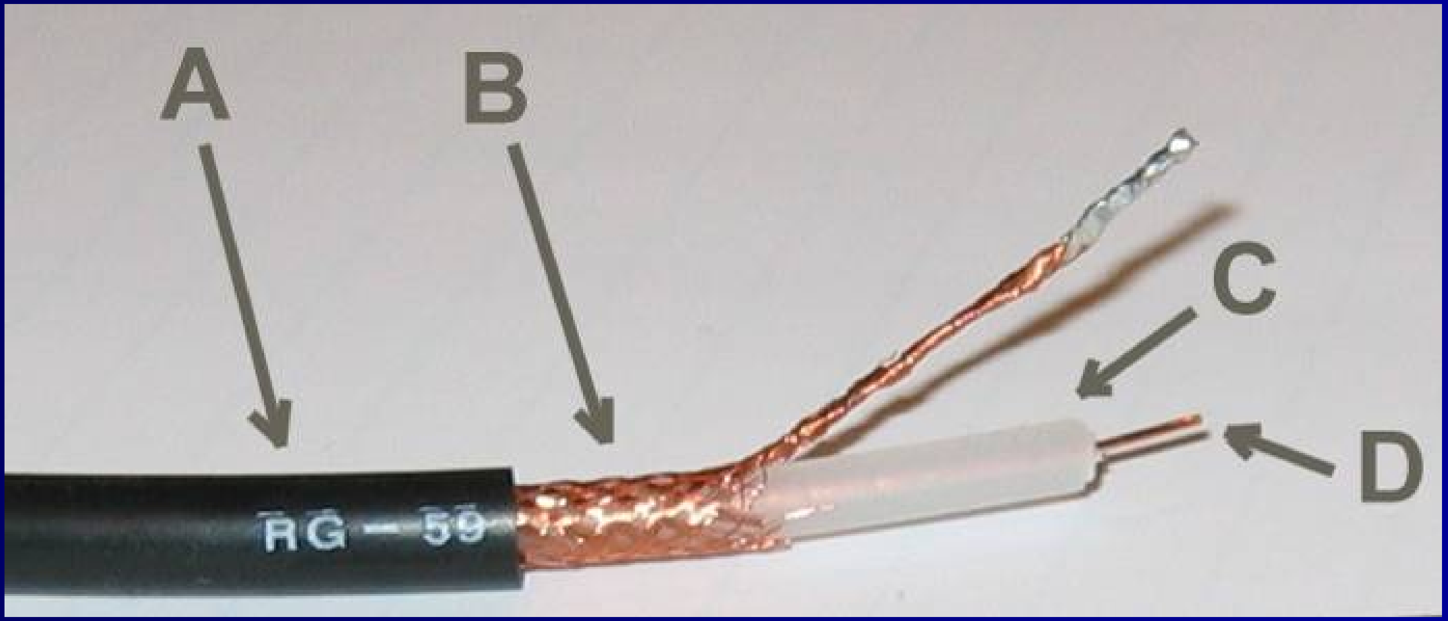
$$\frac{C}{L} = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln(r_b / r_a)} = \frac{55.6\, pF / m}{\ln(r_b / r_a)}$$

**ΔΗΛΑΔΗ Η ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ ΜΟΝΟ ΑΠΟ ΤΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΟΠΩΣ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΠΥΚΝΩΤΗ**

# ΣΥΝΗΘΗ ΟΜΟΑΞΟΝΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΑ

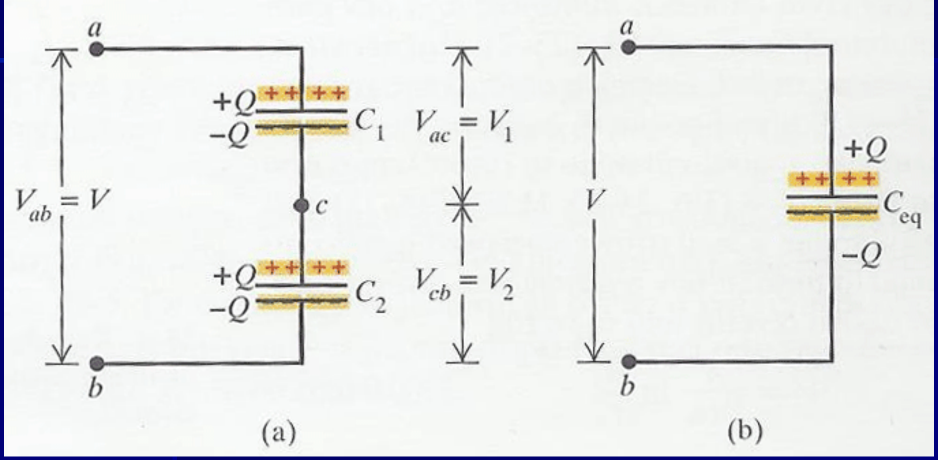
**Καλώδιο κεραίας τηλεόρασης**
**Καλώδιο σύνδεσης τηλεόρασης – βίντεο**

**Χωρητικότητα 69 pF/m**




**http://en.wikipedia.org/wiki/Image:RG-59.jpg**

# ΠΥΚΝΩΤΕΣ ΣΕ ΣΕΙΡΑ




**Στην εν σειρά σύνδεση το μέτρο του φορτίου σε κάθε οπλισμό είναι το ίδιο γιατί αν εφαρμοστεί δυναμικό $V_{ab}$, ο πάνω οπλισμός του $C_1$ αποκτά φορτίο +Q, το οποίο έλκει (επάγει) φορτίο –Q από τον κάτω οπλισμό. Το τελευταίο προέρχεται από τον πάνω οπλισμό του $C_2$ κ.ο.κ.**

$$\left.\begin{aligned} \mathrm{V_{ac}} &= V_1 = \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{C_1}} \\ \mathrm{V_{cb}} &= V_2 = \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{C_2}} \end{aligned}\right\} \Rightarrow$$

$$V_{ab} = V = V_1 + V_2 = Q\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right) \Rightarrow$$

$$\frac{V}{Q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

# ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

**Η ισοδύναμη χωρητικότητα της συνδεσμολογίας εν σειρά ορίζεται εκείνη η χωρητικότητα του ενός μοναδικού πυκνωτή του οποίου το φορτίο είναι το ίδιο όταν η διαφορά δυναμικού είναι ίδια.**

$$C_{eq} = \frac{Q}{V} \Rightarrow \frac{1}{C_{eq}} = \frac{V}{Q}$$

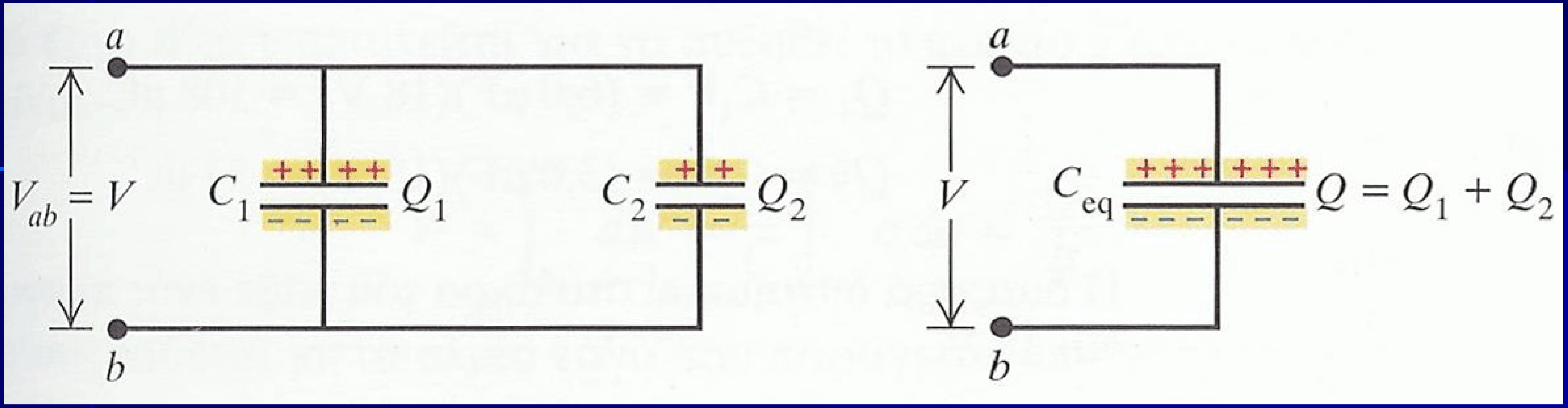
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

## ΓΕΝΙΚΕΥΣΗ

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots$$

**ΠΡΟΣΟΧΗ: ΤΟ ΜΕΤΡΟ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΙΔΙΟ ΣΕ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥΣ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΠΥΚΝΩΤΩΝ, Η ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΟΜΩΣ ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗ**

# ΠΥΚΝΩΤΕΣ ΣΕ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΣΥΝΔΕΣΗ




**Οι πάνω οπλισμοί βρίσκονται στο ίδιο δυναμικό και το ίδιο συμβαίνει και με τους κάτω.**

$$V_{ab} = V$$
$$Q_1 = C_1 V$$
$$Q_2 = C_2 V$$

$$Q_{eq} = Q_1 + Q_2 = V(C_1 + C_2) \Rightarrow$$
$$\frac{Q_{eq}}{V} = C_1 + C_2 = C_{eq}$$

**ΓΕΝΙΚΕΥΣΗ**

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots$$

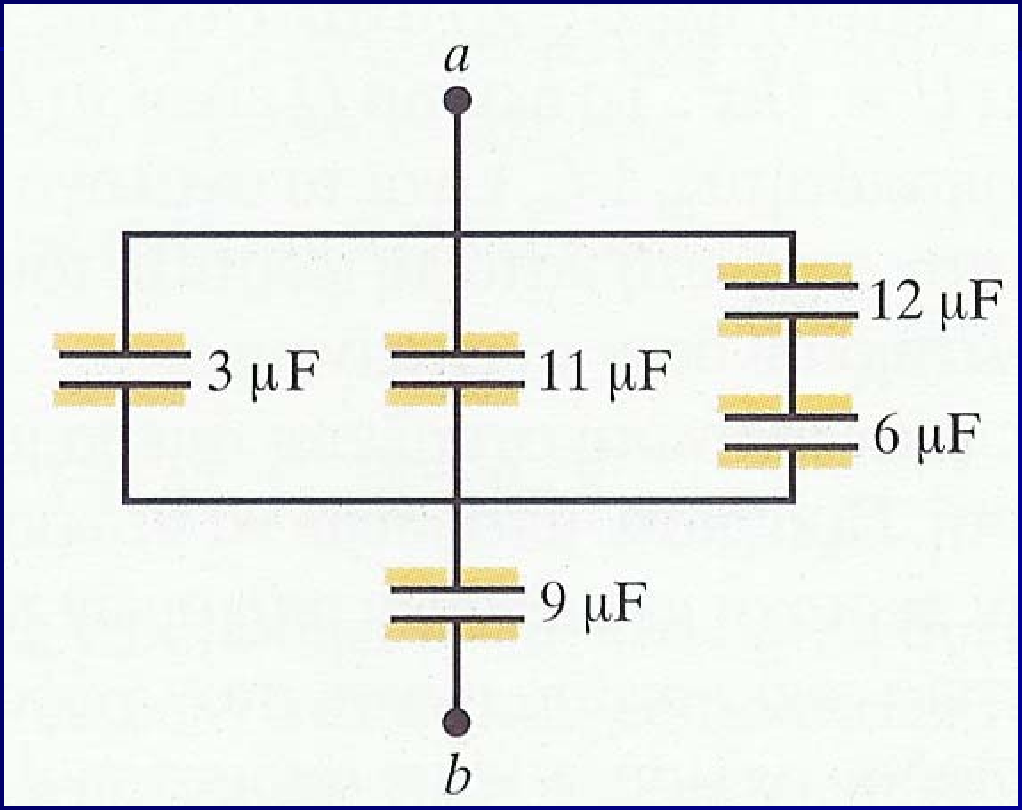
# ΠΥΚΝΩΤΕΣ ΣΕ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΣΥΝΔΕΣΗ

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots$$

ΔΗΛΑΔΗ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΣΥΝΔΕΣΗ Η ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΚΟΤΗΤΑ ΕΙΝΑΙ ΠΑΝΤΟΤΕ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΑΠΟ ΟΠΟΙΑΔΗΠΟΤΕ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

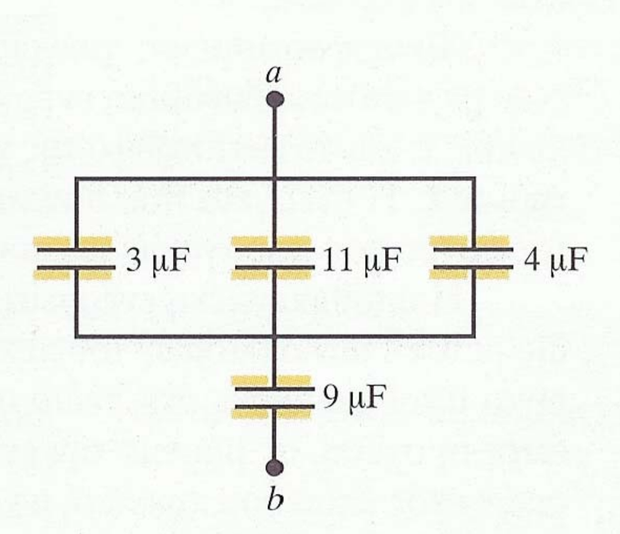
**Να βρεθεί η ισοδύναμη χωρητικότητα της συνδεσμολογίας του σχήματος.**



**Βρίσκουμε την ισοδύναμη χωρητικότητα του συνδυασμού σε σειρά των πυκνωτών 12 και 6 μF**

$$\frac{1}{C'} = \frac{1}{12} + \frac{1}{6}\left(\frac{1}{\mu F}\right) \Rightarrow C' = 4\mu F$$

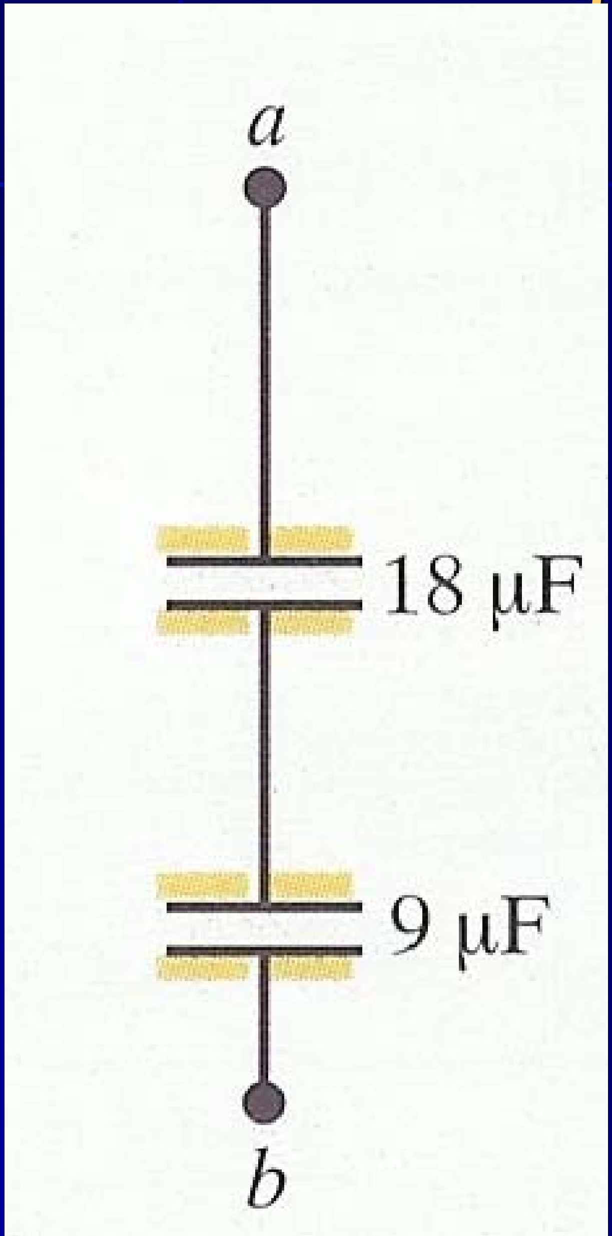
**Άρα έχουμε τον παρακάτω ισοδύναμο συνδυασμό και μπορούμε να υπολογίσουμε τον ισοδύναμο πυκνωτή των τριών που είναι συνδεδεμένοι εν παραλλήλω.**



(b)

$$C'' = 3 + 11 + 4(\mu F)$$

**Αυτό μας δίνει τον τελικό ισοδύναμο συνδυασμό δύο πυκνωτών σε σειρά**

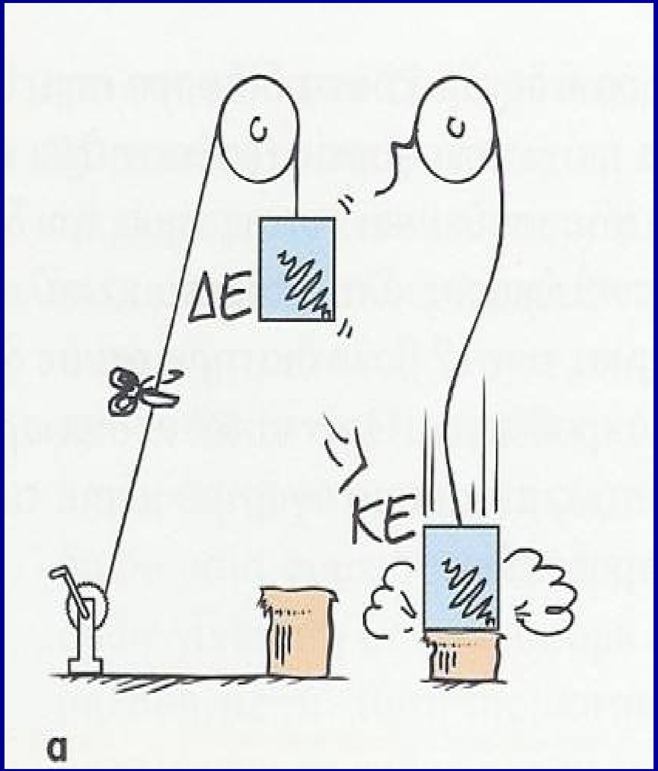



$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{18} + \frac{1}{9}\left(\frac{1}{\mu F}\right) \Rightarrow C_{eq} = 6\mu F$$

# ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Η ΜΕΓΑΛΗ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΠΥΚΝΩΤΩΝ ΕΙΝΑΙ ΟΤΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΟΥΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ. ΕΧΟΥΜΕ ΑΝΤΙΘΕΤΑ ΦΟΡΤΙΑ ΣΕ ΚΑΠΟΙΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ, ΔΗΛΑΔΗ ΕΛΚΟΝΤΑΙ ΣΥΝΕΧΩΣ

ΟΙ ΠΥΚΝΩΤΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΟΥΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΟΠΩΣ ΕΝΑ ΤΕΝΤΩΜΕΝΟ ΕΛΑΤΗΡΙΟ Η ΕΝΑ ΣΩΜΑ ΑΝΥΨΩΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ



**ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΟ ΕΡΓΟ W ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΓΙΑ ΝΑ ΦΟΡΤΙΣΤΕΙ Ο ΠΥΚΝΩΤΗΣ, ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΥΜΕ ΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ U.**
**ΤΟ ΤΕΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ Q ΚΑΙ Η ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ V ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΩΣ ΕΞΗΣ:**

$$Q = CV$$

**Σε μια στιγμή της φόρτισης το δυναμικό θα είναι v και το φορτίο q**

**Προφανώς**

$$v = \frac{q}{C}$$

**Το έργο που χρειάζεται για να μεταφερθεί επιπλέον φορτίο είναι**

$$dW = vdq = \frac{qdq}{C}$$

# ΜΙΑ ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΡΕΝΘΕΣΗ ΓΙΑ ΝΑ ΘΥΜΙΘΟΥΜΕ

**Το έργο είναι διαφορά δυναμικής ενέργειας και αν διαιρέσουμε με το φορτίο που κινείται το έχουμε θέσει στη βάση του πηλίκου δυναμικής ενέργειας ως προς φορτίο**

$$W_{a\to b} = U_a - U_b \Rightarrow$$

$$\frac{W_{a\to b}}{q'} = \frac{U_a}{q'} - \frac{U_b}{q'} = V_a - V_b$$

**ΔΗΛΑΔΗ ΕΡΓΟ ΠΟΥ ΕΚΤΕΛΕΙΤΑΙ ΣΤΟ ΦΟΡΤΙΟ, ΔΙΑ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ**

ΤΟ ΟΛΙΚΟ ΕΡΓΟ W ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΓΙΑ ΝΑ ΦΟΡΤΙΣΤΕΙ Ο ΠΥΚΝΩΤΗΣ, ΔΗΛΑΔΗ ΑΠΟ ΦΟΡΤΙΟ 0 ΝΑ ΑΠΟΚΤΗΣΕΙ ΦΟΡΤΙΟ Q ΘΑ ΕΙΝΑΙ

$$W = \int_0^w dw = \frac{1}{C}\int_0^Q q\,dq = \frac{Q^2}{2C}$$

Το έργο αυτό είναι το ίδιο που παράγεται από το ηλεκτρικό πεδίο επί του φορτίου όταν το q ελαττώνεται από την τιμή Q στο μηδέν. Δηλαδή όταν αποφορτίζεται ο πυκνωτής.

Αν η αρχική δυναμική ενέργεια του πυκνωτή είναι 0 (αφόρτιστος), τότε

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}QV$$

Στο SI, η ενέργεια μετριέται σε Joule

ΤΟ ΤΕΝΤΩΜΕΝΟ ΕΛΑΤΗΡΙΟ ΕΧΕΙ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ $U = \frac{1}{2}kx^2$

Το φορτίο **Q** είναι ανάλογο της επιμήκυνσης και το **1/C** είναι ανάλογο της σταθεράς του ελατηρίου **κ**.

$$U = \frac{1}{2}\frac{1}{C}Q^2$$

Η ενέργεια που δίνουμε στον πυκνωτή όταν τον φορτίζουμε είναι ανάλογη αυτής που αποκτά το ελατήριο αν το εκτείνουμε

**Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΕΤΑΙ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ. ΕΠΟΜΕΝΩΣ, ΜΠΟΡΥΜΕ ΝΑ ΒΡΟΥΜΕ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΟΓΚΟΥ Η ΑΛΛΟΙΩΣ ΤΗΝ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.**

$$u = \frac{\frac{1}{2}CV^2}{Ad}$$

ΞΕΡΟΥΜΕ ΟΜΩΣ $C = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$

$$u = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$$

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 25-6

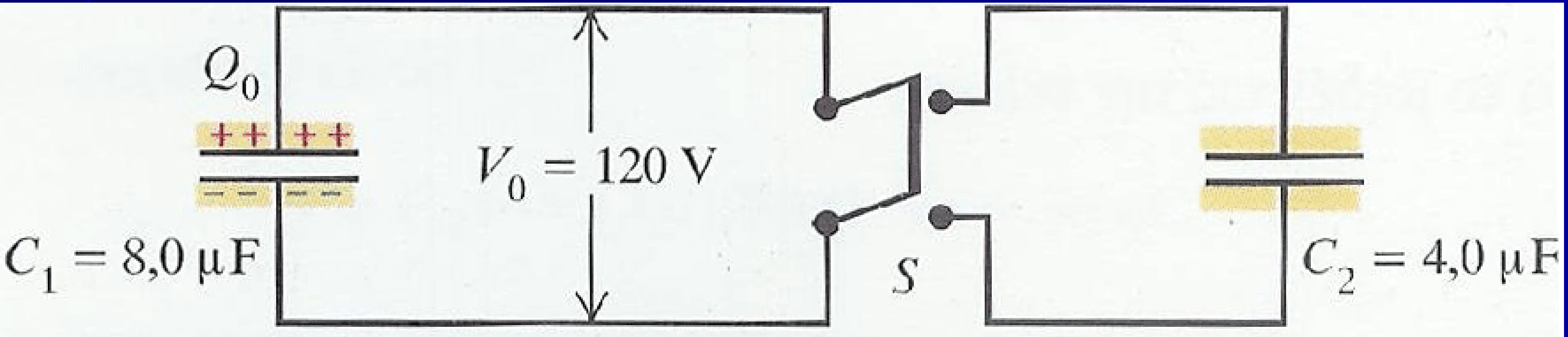
**Φορτίζουμε τον πυκνωτή $C_1$ συνδέοντας τον με πηγή διαφοράς δυναμικού $V_0$, η οποία δεν είναι σχεδιασμένη, Να βρεθούν:**

**Α) το φορτίο του πυκνωτή $C_1$**

**Β) η ενέργεια που αποθηκεύτηκε στον πυκνωτή**

**Γ) το φορτίο σε κάθε πυκνωτή αφού κλείσουμε το διακόπτη S**

**Δ) η ολική ενέργεια του συστήματος μετά το κλείσιμο του διακόπτη S**




**25–8** Όταν ο διακόπτης $S$ κλείσει, ο φορτισμένος πυκνωτής $C_1$ συνδέεται με τον αφόρτιστο πυκνωτή $C_2$.

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 25-6

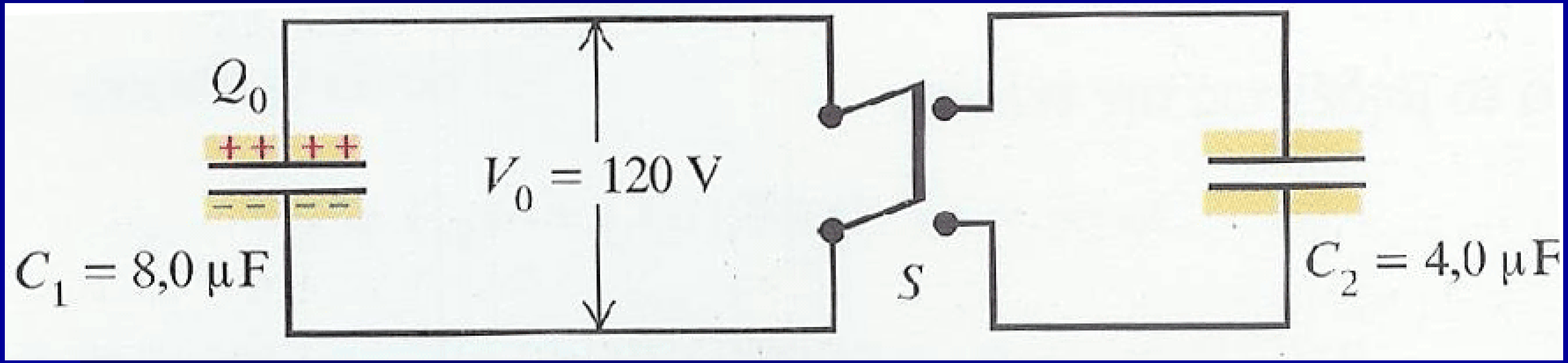
**A)** $C_1 = 8\mu F$
$V_0 = 120V$ → $Q_0 = C_1 V_0 = 960\mu C$

**B)** $U = 1/2 Q_0 V_0 = 1/2(960 \times 120)(10^{-6} C \times V) = 0.058J$

**Γ)** **ΚΛΕΙΝΟΥΜΕ ΤΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ** Το θετικό φορτίο κατανέμεται στους πάνω οπλισμούς ενώ το αρνητικό στους κάτω. Από την αρχή διατήρησης του φορτίου και εφόσον το σύστημα είναι κλειστό, έχουμε

$$Q_0 = Q_1 + Q_2$$

Στην τελική κατάσταση, οι πάνω οπλισμοί των δύο πυκνωτών βρίσκονται στο ίδιο δυναμικό εφόσον είναι συνδεδεμένοι με σύρμα και επομένως αποτελούν ισοδυναμική επιφάνεια.



# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 25-6

**Επίσης στην τελική κατάσταση, οι δύο κάτω οπλισμοί των πυκνωτών βρίσκονται στο ίδιο δυναμικό για τον ίδιο λόγο που είναι και οι πάνω. Το δυναμικό τους όμως είναι διαφορετικό από αυτό των πάνω οπλισμών. Η τελική διαφορά δυναμικού μεταξύ των οπλισμών είναι V και είναι ίδια για τους δύο πυκνωτές, επομένως**

$$Q_1 = C_1 V$$

$$Q_2 = C_2 V$$

$Q_0 = Q_1 + Q_2$

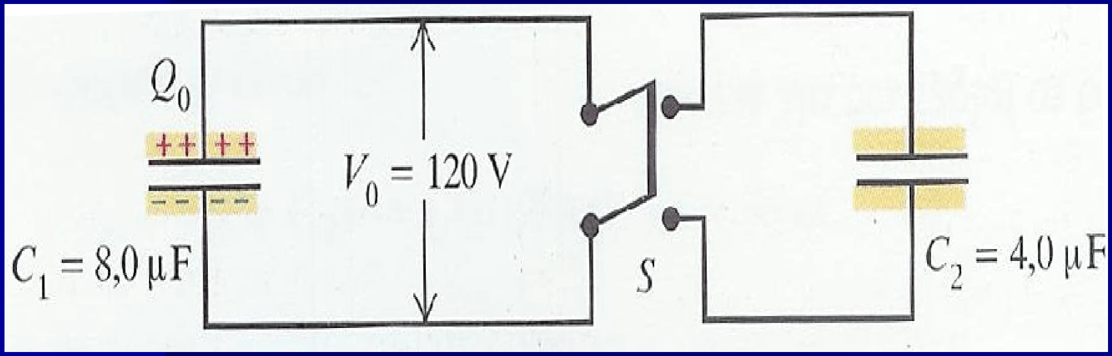
$$C_1 V + C_2 V = Q_0 \Rightarrow$$

$$V(C_1 + C_2) = Q_0 \Rightarrow$$

$$V = \frac{Q_0}{C_1 + C_2} = \frac{960\mu C}{12\mu F} = 80V$$

$$Q_1 = 640\mu C$$

$$Q_2 = 320\mu C$$



# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 25-6

Δ) $U=1/2Q_1V+1/2Q_2V=$

$1/2V(Q_1+Q_2) = 1/2Q_0V=$

$½(960 \times 80)(10^{-6}C \times V)=0,038$ Joule

Έχουμε δηλαδή ενέργεια μικρότερη από την αρχική (0,058Joule)
Η διαφορά έχει μετατραπεί σε ενέργεια άλλης μορφής δηλαδή σε θερμότητα που διοχετεύεται στο περιβάλλον.
Αυτό συμβαίνει γιατί αναγκάσαμε τα φορτία να κινηθούν. Εφόσον κινήθηκαν, έχουμε κρούσεις με τα μόρια του υλικού του σύρματος και επομένως μετατροπή μέρους της ενέργειας σε θερμότητα.

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 25-7

**Θέλουμε να αποθηκεύσουμε ηλεκτρική ενέργεια 1 joule ανά κυβικό μέτρο στο κενό.**
**Α) Πόσο είναι το μέτρο του απαιτούμενου ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου**
**Β) Αν το μέτρο γίνει 10 φορές μεγαλύτερο, πόση ενέργεια θα αποθηκεύσουμε ανά κυβικό μέτρο.**

**A)**

$$u = \tfrac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 \Rightarrow E = \sqrt{2u/\varepsilon_0} \Rightarrow$$

$$E = \sqrt{\frac{2\times 1}{8{,}85\times 10^{-12}}}\left(\sqrt{\frac{J/m^3}{Nm^2/C^2}}\right) \Rightarrow$$

$$E = 4{,}75\times 10^5\, N/C = 4{,}75\times 10^5\, V/m$$

**B)**

$$u = \tfrac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 \Rightarrow$$

$$u' = \tfrac{1}{2}\varepsilon_0 (E\times 10)^2 = \tfrac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 \times 10^2 = 100u$$

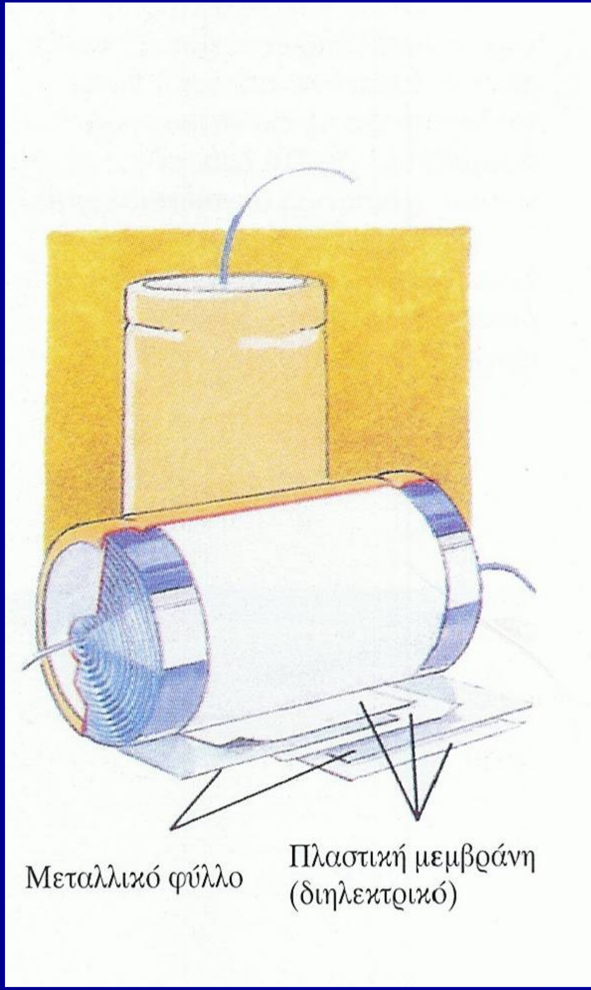
# ΠΥΚΝΩΤΕΣ ΜΕ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΑ

**Οι περισσότεροι πυκνωτές που συναντούμε στην πράξη έχουν ένα στρώμα διηλεκτρικού (δηλαδή μονωτικού υλικού) μεταξύ των οπλισμών, οι λόγοι που το κάνουμε αυτό είναι τρεις**

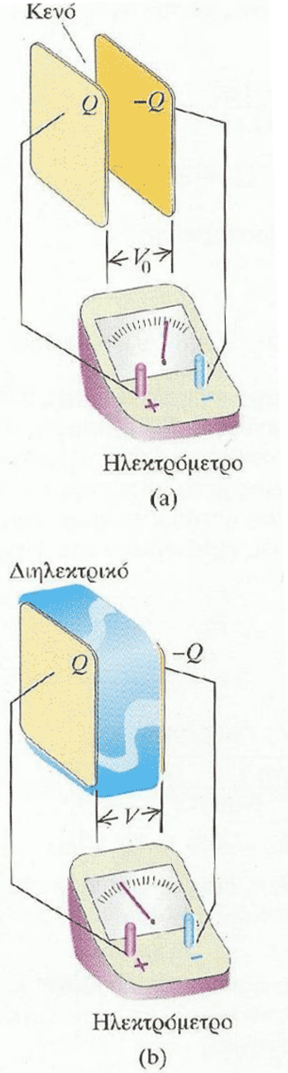
**ΛΥΝΕΤΑΙ ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΛΕΠΤΩΝ ΠΛΑΚΩΝ ΣΕ ΜΙΚΡΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ.**

**ΥΦΙΣΤΑΝΤΑΙ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΔΙΑΣΠΑΣΗ ΣΕ ΠΕΔΙΑ ΠΟΛΥ ΙΣΧΥΡΟΤΕΡΑ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ**

**Η ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΥΞΑΝΕΙ ΟΤΑΝ ΠΑΡΕΜΒΑΛΕΤΑΙ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ**



# ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΕΙΞΗ ΑΥΞΗΣΗΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΟΤΑΝ ΠΑΡΕΜΒΑΛΟΥΜΕ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΟ




25–10 Επίδραση διηλεκτρικού υλικού τοποθετημένου μεταξύ των πλακών επίπεδου πυκνωτή. Το ηλεκτρόμετρο μετρά τη διαφορά δυναμικού. (a) Για δεδομένο φορτίο, η διαφορά δυναμικού είναι $V_0$. (b) Για το ίδιο φορτίο αλλά με διηλεκτρικό μεταξύ των πλακών, η διαφορά δυναμικού $V$ είναι μικρότερη από την $V_0$.

**ΑΡΧΙΚΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ**

$$C_0 = \frac{Q}{V_0}$$

**ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΕ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΟ**

$$C = \frac{Q}{V}$$

**Το φορτίο είναι ίδιο και στις δύο περιπτώσεις, όμως το βολτόμετρο δείχνει μικρότερο δυναμικό.**

$$V < V_0 \Rightarrow C > C_0$$

# ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΤΑΘΕΡΑ Ή ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΕΠΤΟΤΗΤΑ

$$K = \frac{C}{C_0} = \frac{V_0}{V}$$

**Το K είναι καθαρός αριθμός πάντοτε μεγαλύτερος της μονάδος**

| Υλικό | K | Υλικό | K |
|---|---|---|---|
| Κενό | 1 | Πολυβινυλοχλωρίδιο | 3,18 |
| Αέρας (1 atm) | 1,00059 | Ακρυλικό γυαλί (Plexiglas) | 3,40 |
| Αέρας (100 atm) | 1,0548 | Γυαλί | 5–10 |
| Τεφλόν (πολυτετραφθοροπιθυλένιο) | 2,1 | Νεοπρένιο | 6,70 |
| Πολυεθυλένιο | 2,25 | Γερμάνιο | 16 |
| Βενζόλιο | 2,28 | Γλυκερίνη | 42,5 |
| Μαρμαρυγίας (mica) | 3–6 | Νερό | 80,4 |
| Mylar | 3,1 | Τιτανιούχο στρόντιο | 310 |

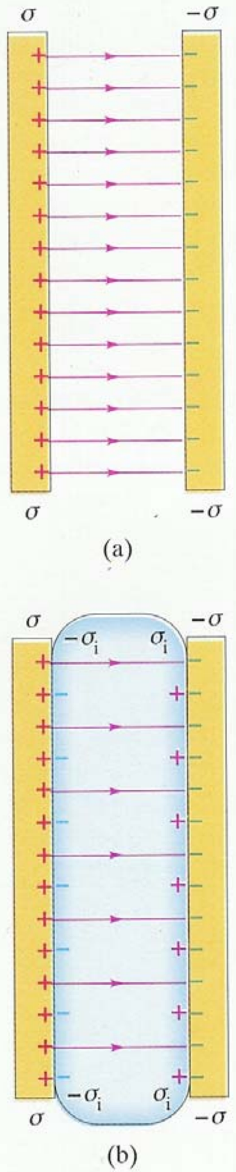
**Η εισαγωγή διηλεκτρικού προκαλεί μείωση του δυναμικού κατά έναν παράγοντα Κ, επομένως και το ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ των οπλισμών πρέπει να έχει ελαττωθεί κατά τον ίδιο παράγοντα**

$$E = \frac{E_0}{K}$$

**Αυτό το γεγονός σημαίνει ότι η «δρώσα» επιφανειακή πυκνότητα φορτίου σε κάθε οπλισμό έχει μειωθεί.**

**Όμως η επιφανειακή πυκνότητα φορτίου δεν μεταβάλλεται αλλά επάγεται φορτίο στις πλευρές του διηλεκτρικού και μάλιστα αντιθέτου προσήμου για κάθε πλευρά.**

**ΑΥΤΟ ΛΕΓΕΤΑΙ ΠΟΛΩΣΗ και είναι απόρροια της μη επανακατανομής του φορτίου μέσα στο διηλεκτρικό.**

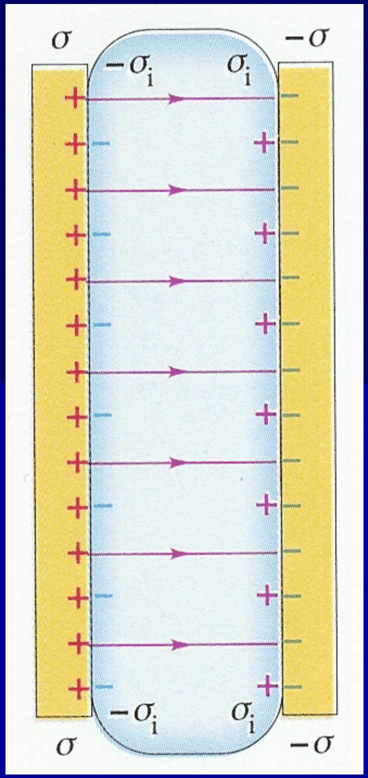



**25–11** (a) Οι γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου όταν υπάρχει κενό μεταξύ των πλακών. (b) Τα επαγόμενα φορτία στις επιφάνειες του διηλεκτρικού ελαττώνουν το ηλεκτρικό πεδίο.

**Υποθέτουμε ότι το επαγόμενο φορτίο είναι ανάλογο του εφαρμοζόμενου πεδίου (δηλαδή κάτι ανάλογο με την επιμήκυνση του ελατηρίου στο νόμο του Hook στη Μηχανική).**
**Επίσης, θα υποθέσουμε ότι δεν έχουμε ισχυρά πεδία οπότε η γραμμικότητα αυτή δεν ισχύει και ότι το K δεν εξαρτάται από τη συχνότητα (κάτι που ισχύει πραγματικά).**

**Έστω ότι $\sigma_i$ είναι το μέτρο του φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας που επάγεται στο διηλεκτρικό και σ το μέτρο της επιφανειακής πυκνότητας στους οπλισμούς του πυκνωτή.**

# Τότε το συνολικό επιφανειακό φορτίο στην κάθε πλευρά του πυκνωτή έχει μέτρο ($\sigma$-$\sigma_i$).




**Όμως το πεδίο μεταξύ των οπλισμών σχετίζεται με τη συνολική επιφανειακή πυκνότητα πεδίου $\sigma_{net} = \sigma - \sigma_i$**

**Χωρίς διηλεκτρικό** $E_0 = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$

**Με διηλεκτρικό** $E = \dfrac{\sigma - \sigma_i}{\varepsilon_0}$

**Επίσης έχουμε** $E = \dfrac{E_0}{K}$

$$\sigma_i = \sigma\left(1 - \frac{1}{K}\right)$$

**ΔΗΛΑΔΗ: Αν το K είναι πολύ μεγάλο τότε το $\sigma_i$ αναιρεί το σ και το πεδίο (άρα και το δυναμικό) μειώνονται δραματικά.**

**ΕΠΙΤΡΕΠΤΟΤΗΤΑ (του διηλεκτρικού)**

$$\varepsilon = K\varepsilon_0$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

**Η ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΟΥ ΥΠΑΡΧΕΙ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΓΙΝΕΤΑΙ**

$$C = KC_0 = K\varepsilon_0 \frac{A}{d} = \varepsilon \frac{A}{d}$$

**Όταν υπάρχει κενό μεταξύ των οπλισμών K=1 και $\varepsilon = \varepsilon_0$**

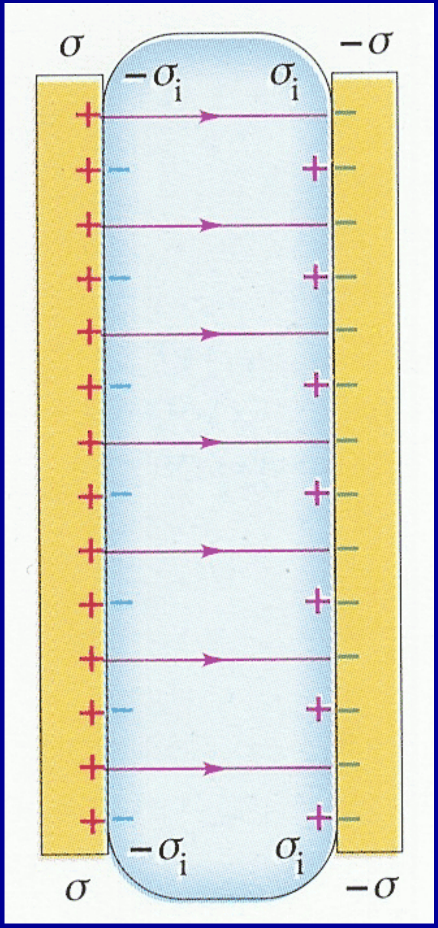
**ΓΙΑ ΑΥΤΟ ΤΟ ΛΟΓΟ ΤΟ $\varepsilon_0$ ΤΟ ΛΕΜΕ**
**ΕΠΙΤΡΕΠΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΚΕΝΟΥ Ή ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΤΑΘΕΡΑ**

# ΕΠΕΙΔΗ το Κ είναι αδιάστατο

**Το ε και το $\varepsilon_0$ έχουν τις ίδιες μονάδες**
**$C^2/(Nm^2)$ ή F/m**

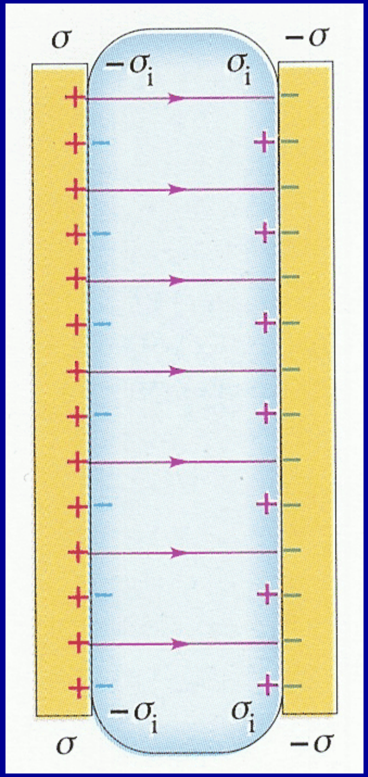
**Η πυκνότητα ενέργειας γίνεται τώρα**

$$u = \frac{1}{2} K \varepsilon_0 E^2 = \frac{1}{2} \varepsilon E^2$$



# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 25-8

Υποθέτουμε ότι οι οπλισμοί του πυκνωτή του σχήματος έχουν επιφάνεια 2000 $cm^2$ και είναι σε απόσταση 1 cm μεταξύ τους. Συνδέουμε του οπλισμούς με τροφοδοτικό και φορτίζουμε τον πυκνωτή μέχρι η διαφορά δυναμικού να φτάσει τα 3000 V. Αποσυνδέουμε το τροφοδοτικό και εισάγουμε μεταξύ των οπλισμών μονωτικό πλαστικό υλικό και βρίσκουμε τότε ότι η διαφορά δυναμικού έπεσε στα 1000 V (προφανώς το φορτίο κάθε πλάκας παραμένει σταθερό σύμφωνα με όσα μάθαμε μέχρι τώρα). Να υπολογιστούν:




Α) Η αρχική χωρητικότητα.
Β) Το μέτρο του φορτίου σε κάθε πλάκα.
Γ) Η χωρητικότητα C μετά την εισαγωγή του διηλεκτρικού.
Δ) Η διηλεκτρική σταθερά K του διηλεκτρικού.
Ε)Η επιτρεπτότητα του διηλεκτρικού.
ΣΤ) Το μέτρο του επαγόμενου φορτίου $Q_i$ σε κάθε επιφάνεια του διηλεκτρικού.
Ζ) Το αρχικό ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ των πλακών.
Θ) Το τελικό ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ των πλακών.

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 25-8

**A) Αρχική χωρητικότητα**

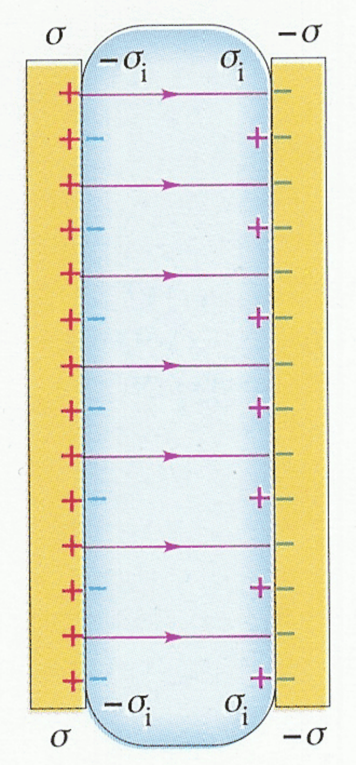
$$C_0 = \varepsilon_0 \frac{A}{d} = (8{,}85 \times 10^{-12} \times \frac{2000}{1})(F/m \times \frac{10^{-4} m^2}{10^{-2}}) = 1{,}77 \times 10^{-10} F = 177\, pF$$

**B) Μέτρο του φορτίου σε κάθε πλάκα**

$$Q = C_0 V_0 = (1{,}77 \times 10^{-10} \times 10^3) FV = 5{,}31 \times 10^{-7} C = 0{,}531 \mu C$$

**C) Χωρητικότητα με διηλεκτρικό**

$$C = \frac{Q}{V} = (\frac{5{,}31 \times 10^{-7}}{1 \times 10^3})(\frac{C}{V}) = 5{,}31 \times 10^{-10} F = 531\, pF$$



# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 25-8

**Δ) Διηλεκτρική σταθερά διηλεκτρικού που βάλαμε**

$$K = \frac{C}{C_0} = \left(\frac{5{,}31\times10^{-10}}{1{,}77\times10^{-10}}\right)\left(\frac{F}{F}\right) = \left(\frac{531}{177}\right)\left(\frac{\mu F}{\mu F}\right) = 3$$

**ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ**

$$\mathrm{K} = \mathrm{V}_0 / \mathrm{V} = (3000/1000)\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{V}} = 3$$

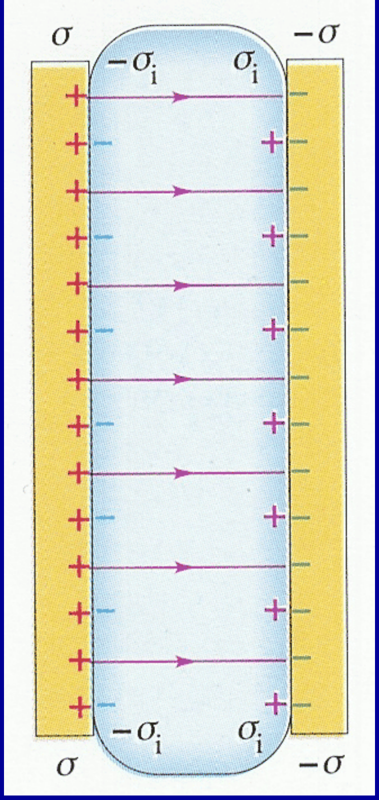
**Ε) Επιτρεπτότητα του διηλεκτρικού που βάλαμε**

$$\varepsilon = K\varepsilon_0 = (3\times 8{,}85\times10^{-12})(F/m) = 2{,}66\times10^{-11}\, F/m$$

**ΣΤ) Μέτρο του επαγόμενου φορτίου σε κάθε πλευρά του διηλεκτρικού**

$$\sigma_i = \sigma\left(1-\frac{1}{K}\right) \Rightarrow$$

$$Q_i = Q\left(1-\frac{1}{K}\right) = 5{,}31\times10^{-7}\left(1-\frac{1}{3}\right)C = 3{,}54\times10^{-7}\,C$$



# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 25-8

**Ζ) Το αρχικό ηλεκτρικό πεδίο**

$$E_0 = \frac{V_0}{d} = (\frac{3000}{1})(\frac{V}{10^{-2} m}) = 3 \times 10^5 V/m$$

**Η) Το ηλεκτρικό πεδίο μετά την εισαγωγή του διηλεκτρικού**

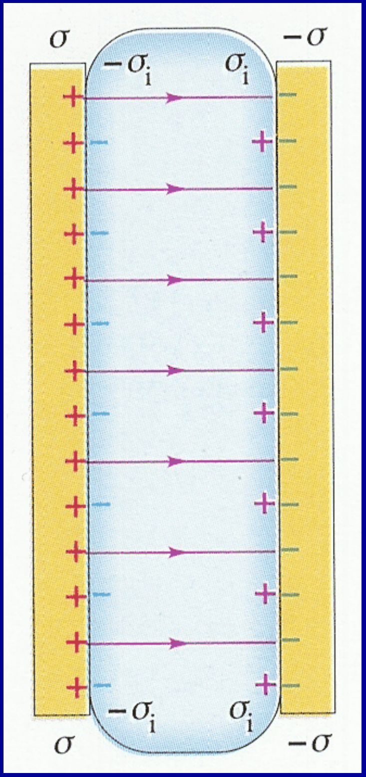
$$E = \frac{V}{d} = (\frac{1000}{1})(\frac{V}{10^{-2} m}) = 1 \times 10^5 V/m$$

**ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ**

**Η)** $$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{Q}{\varepsilon A}$$

$$E = \frac{\sigma - \sigma_i}{\varepsilon} = \frac{Q - Q_i}{\varepsilon A}$$

$$E = \frac{E_0}{K}$$



# ΓΕΝΙΚΕΥΣΗ

**ΟΤΑΝ ΕΙΣΑΓΟΥΜΕ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΤΟΝ ΠΥΚΝΩΤΗ**

- ✓ **Η τιμή του $\varepsilon_0$ πολλαπλασιάζεται επί έναν παράγοντα Κ**
  - ✓ **Το ηλεκτρικό πεδίο ελαττώνεται κατά έναν παράγοντα 1/Κ**
    - ✓ **Η πυκνότητα ενέργειας μειώνεται κατά έναν παράγοντα 1/Κ**

**Η «απώλεια» ενέργειας οφείλεται στο κροσσωτό πεδίο, το οποίο έλκει το διηλεκτρικό (ασκεί δύναμη) η οποία τείνει να το φέρει στο χώρο μεταξύ των πλακών**

ΟΤΑΝ ΤΟ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΥΠΟΒΛΗΘΕΙ ΣΕ ΑΡΚΕΤΑ ΥΨΗΛΟ ΠΕΔΙΟ ΤΟΤΕ ΚΑΘΙΣΤΑΤΑΙ ΑΓΩΓΙΜΟ ΥΛΙΚΟ

# ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΡΕΥΣΗ

**Αποκολλώνται ηλεκτρόνια από τα μόρια τα οποία συγκόύονται με άλλα μόρια απελευθερώνοντας περισσότερα ηλεκτρόνια.**

**«ΧΙΟΝΟΣΤΙΒΑΔΑ» φορτίων δηλαδή σπινθήρας ή εκκένωση τόξου**

**ΥΠΑΡΧΕΙ ΕΝΑ ΜΕΓΙΣΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΠΟΥ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΑΝΤΕΞΕΙ ΕΝΑ ΥΛΙΚΟ ΧΩΡΙΣ ΝΑ «ΚΑΕΙ», ΔΗΛΑΔΗ ΝΑ ΕΠΕΛΘΕΙ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΑΤΑΡΕΥΣΗ**

# ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ

**ΕΠΗΡΕΑΖΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ, ΤΙΣ ΠΙΘΑΝΕΣ ΠΡΟΣΜΙΞΕΙΣ ΣΤΟ ΥΛΙΚΟ, ΜΙΚΡΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΑΠΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

**Η ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΞΗΡΟΥ ΑΕΡΑ ΕΙΝΑΙ $3^{x}10^{6}$ V/m**

# ΜΟΡΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΠΑΓΟΜΕΝΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

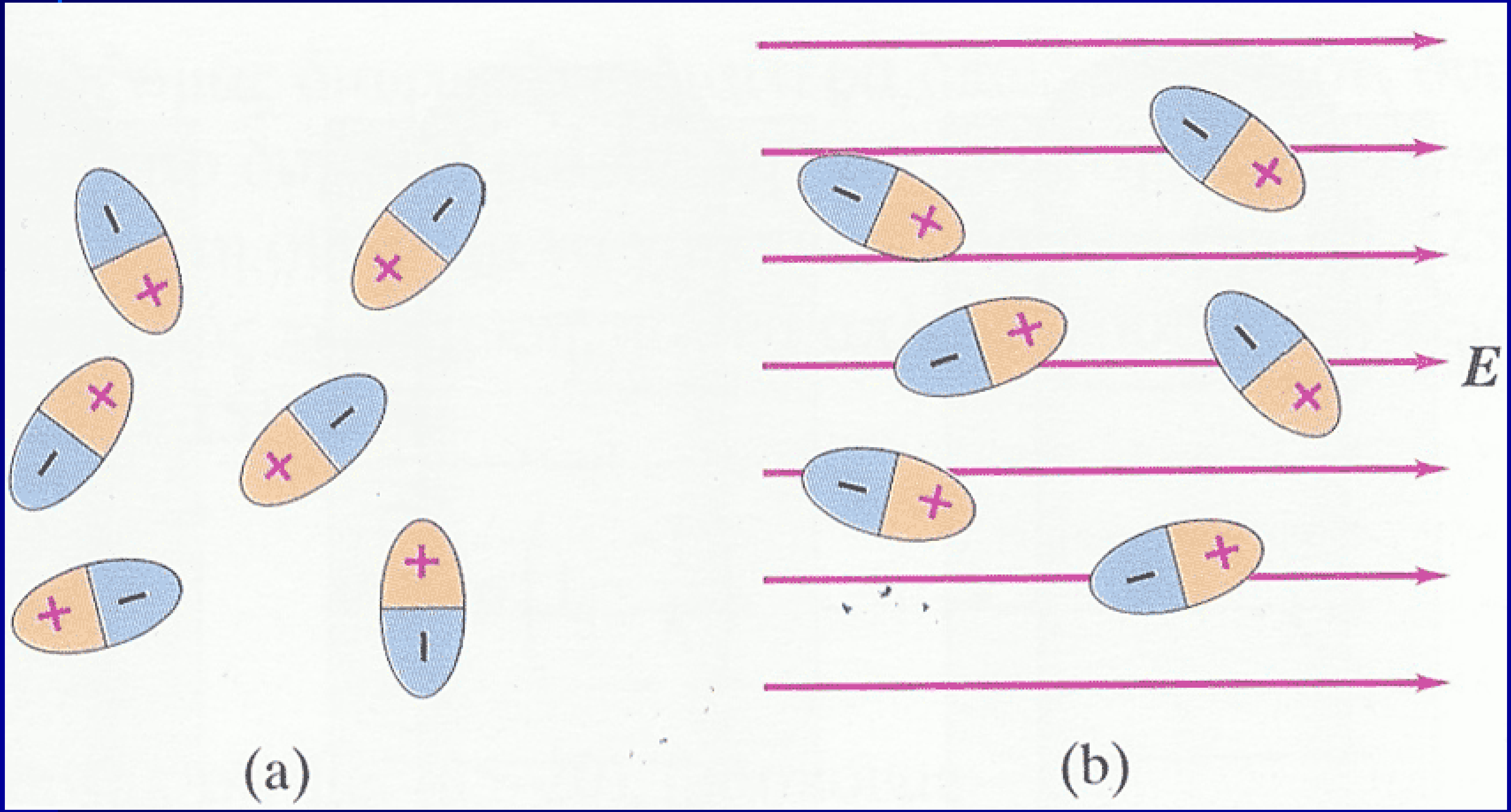
**Από πού προέρχονται τα φορτία;**
**Αν το υλικό είναι αγωγός τότε περιέχει ελευθέρα φορτία, δηλαδή φορτία ελεύθερα να κινηθούν. Ο μονωτής όμως δεν περιέχει τέτοια φορτία.**

**ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΠΑΜΕ ΣΕ ΜΟΡΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΝΑ ΔΟΥΜΕ ΤΙ ΓΙΝΕΤΑΙ**

**Σε μερικά μόρια υπάρχει ίσο θετικό και αρνητικό φορτίο αλλά κατανεμημένο ετεροβαρώς. Δηλαδή, το ένα είδος φορτίου βρίσκεται στη μια μεριά του μορίου και το άλλο είδος σε άλλη. Τα μόρια αυτά λέγονται πολικά μόρια και εμφανίζονται ως ηλεκτρικά δίπολα.**

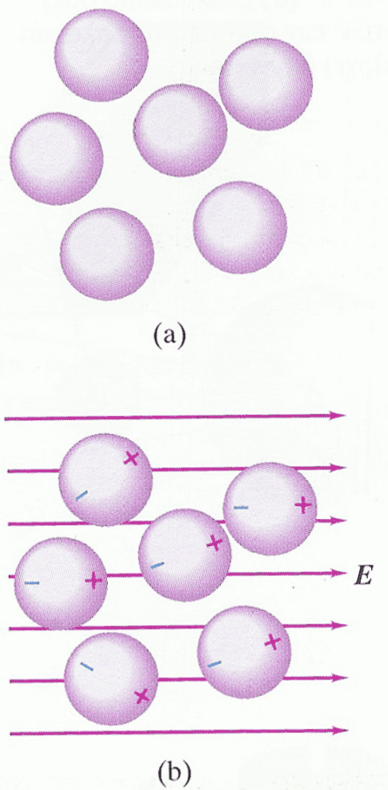
**Για την ηλεκτρική ροπή μάθαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο.**

Όταν δεν υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο τα δίπολα έχουν τυχαίους προσανατολισμούς. Όταν όμως βρεθούν μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο, τείνουν να προσανατολιστούν πάνω σε αυτό γιατί επενεργούν οι μηχανικές ροπές.



**Αν κάποιο μόριο δεν είναι πολικό στη συνήθη του κατάσταση ΓΙΝΕΤΑΙ ΟΤΑΝ ΜΠΕΙ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ**

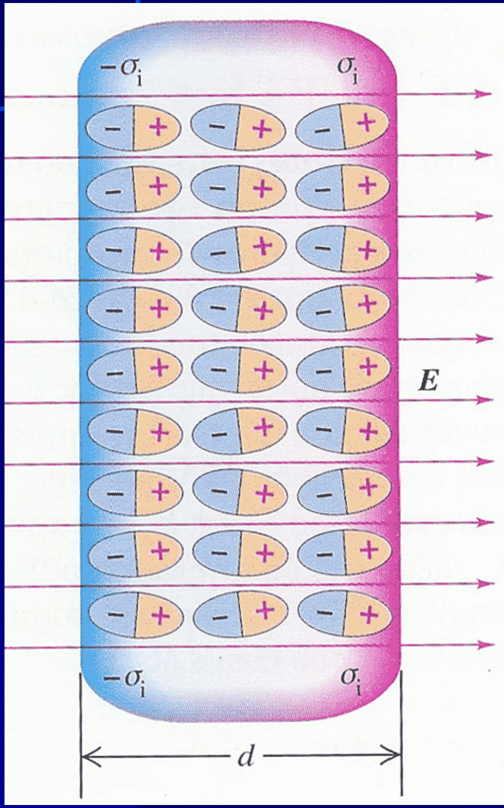
**ΑΥΤΟ ΓΙΝΕΤΑΙ γιατί το πεδίο ωθεί τα θετικά φορτία κατά τη διεύθυνση του και έλκει τα αρνητικά στην αντίθετη κατεύθυνση .**




**25–15** (a) Μη πολικά μόρια έχουν τα κέντρα του θετικού και του αρνητικού τους φορτίου στο ίδιο σημείο. (b) Με την εφαρμογή του ηλεκτρικού πεδίου $E$ επέρχεται απομάκρυνση κατά μικρή απόσταση του ενός κέντρου από το άλλο.

**Έχουμε δηλαδή ανακατανομή φορτίου στο εσωτερικό του μορίου και λέμε τα δίπολα που σχηματίζονται με αυτόν τον τρόπο «ΔΙΠΟΛΑ ΕΞ ΕΠΑΓΩΓΗΣ»**

**ΕΙΤΕ ΕΧΟΥΜΕ ΠΟΛΙΚΑ ΜΟΡΙΑ Η ΔΙΠΟΛΑ ΕΞ ΕΠΑΓΩΓΗΣ**
**το αποτέλεσμα είναι το ίδιο, δηλαδή σχηματίζονται στρώσεις φορτίων όπως στο σχήμα**



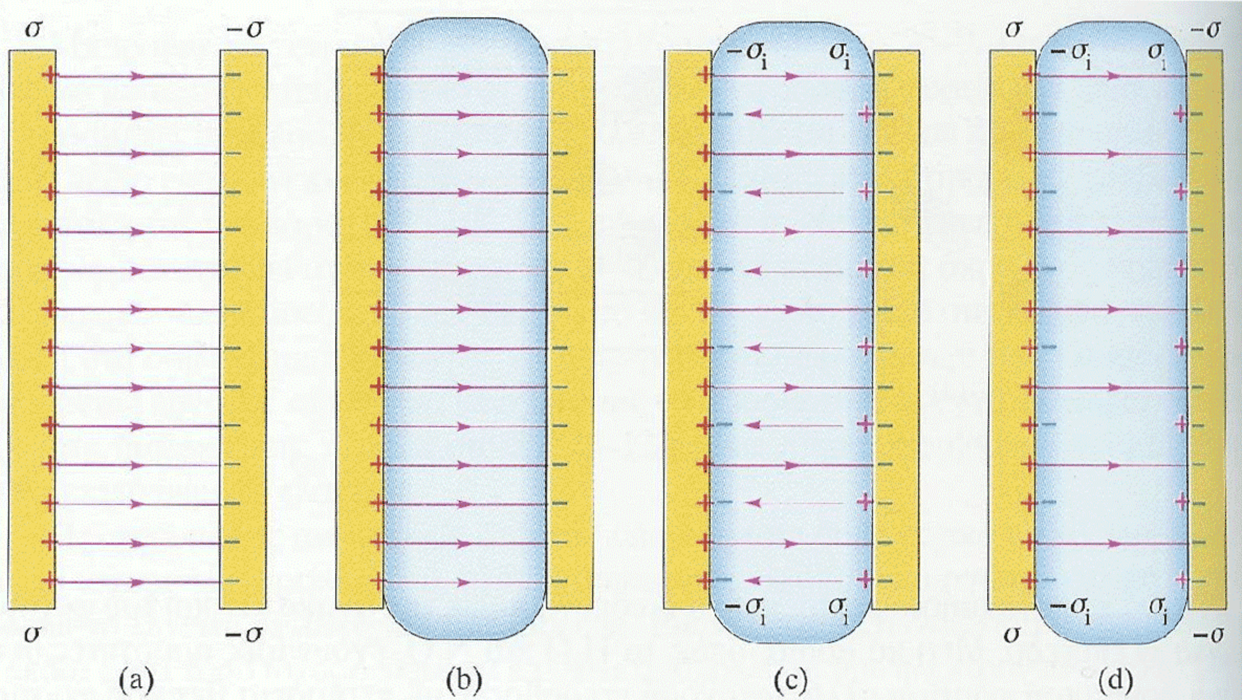

**Η επιφανειακή τους πυκνότητα είναι το $\sigma_i$, για το οποίο μιλήσαμε**

**Τα φορτία δεν κινούνται (όπως στους αγωγούς) αλλά μετατοπίζονται.**
**Το κάθε φορτίο είναι δέσμιο στο μόριό του.**

**ΤΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΥΤΑ ΛΕΓΟΝΤΑΙ ΔΕΣΜΙΑ ΦΟΡΤΙΑ**

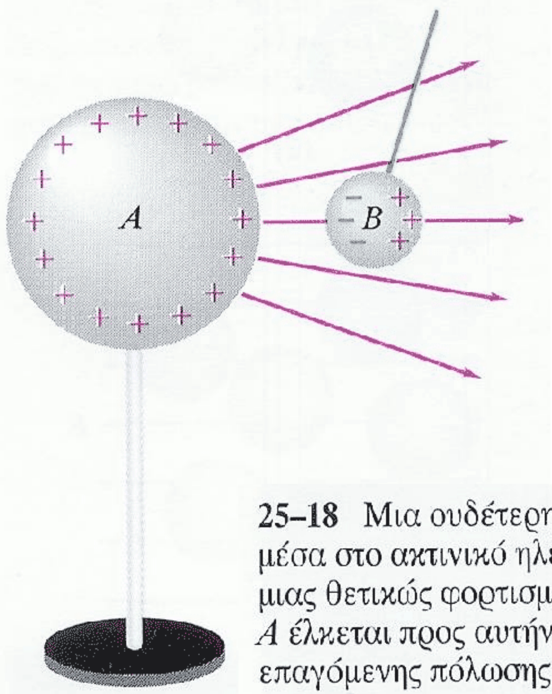
**Η ΑΝΑΚΑΤΑΝΟΜΗ ΛΕΓΕΤΑΙ ΠΟΛΩΣΗ ΤΟΥ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ**

**ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΤΟ ΚΑΘΑΡΟ ΦΟΡΤΙΟ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΟΓΚΟΥ ΕΙΝΑΙ ΜΗΔΕΝ**




**25–17** (a) Ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ δύο φορτισμένων πλακών. (b) Εισαγωγή του διηλεκτρικού. (c) Τα επαγόμενα επιφανειακά φορτία και η επίδρασή τους στο πεδίο (οι λεπτότερες γραμμές πεδίου). (d) Ολικό πεδίο όταν μεταξύ των φορτισμένων πλακών υπάρχει διηλεκτρικό.

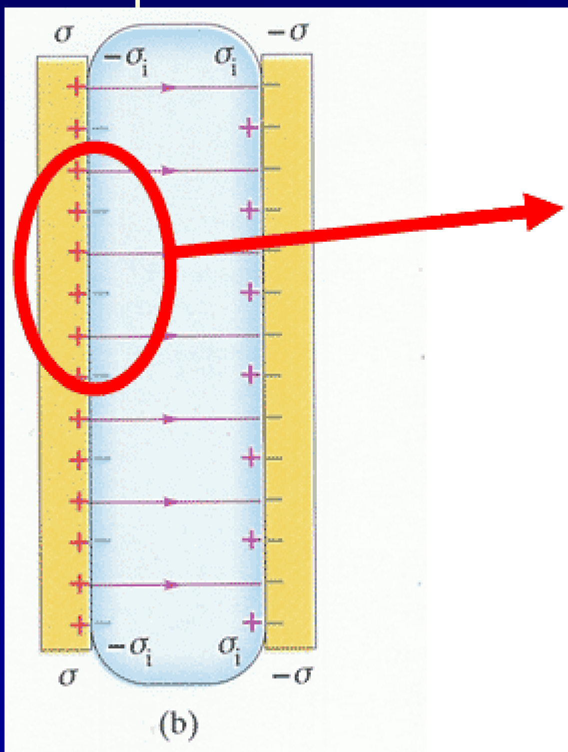
# ΣΤΗΝ ΠΟΛΩΣΗ ΟΦΕΙΛΕΤΑΙ ΚΑΙ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΑΦΟΡΤΙΣΤΑ ΣΩΜΑΤΑ ΝΑ ΕΛΚΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΑ

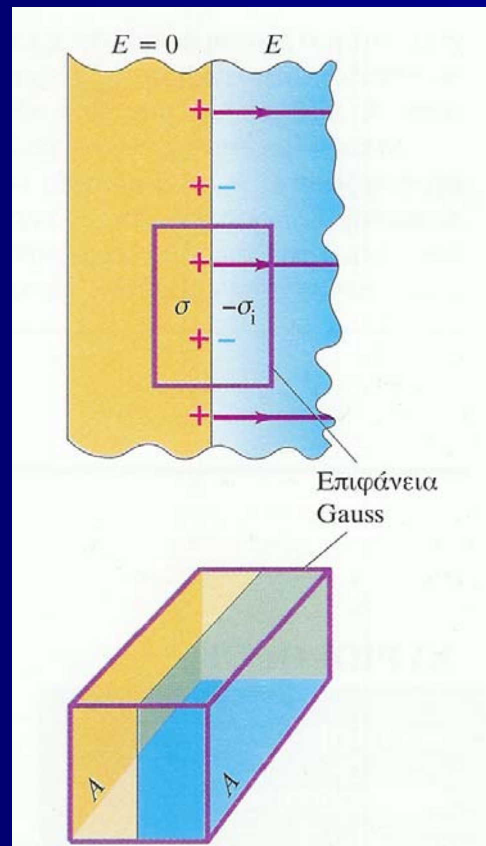



**25–18** Μια ουδέτερη σφαίρα *B* μέσα στο ακτινικό ηλεκτρικό πεδίο μιας θετικώς φορτισμένης σφαίρας *A* έλκεται προς αυτήν εξαιτίας της επαγόμενης πόλωσης.

# ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ GAUSS ΣΤΑ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΑ

Εφαρμόζουμε το νόμο του Gauss σε τμήμα της αριστερής πλευράς του πυκνωτή και για επιφάνεια σχήματος ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου.

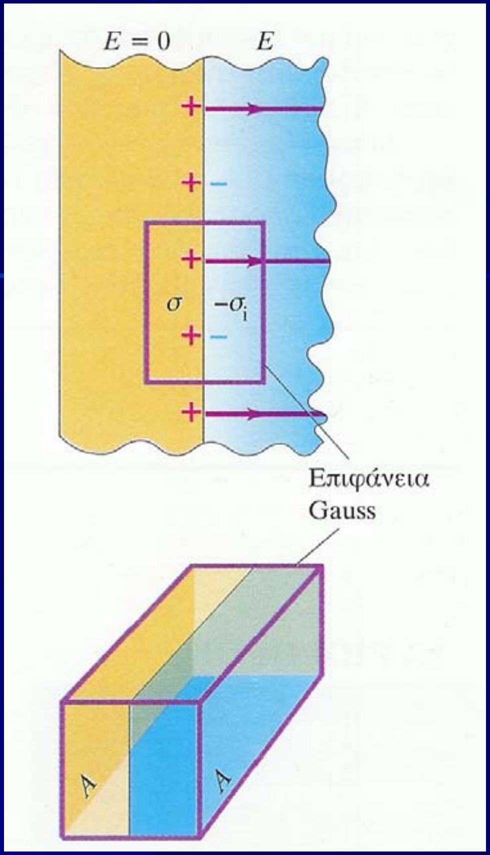



Έχουμε E=0 μέσα στον αγωγό και E μέσα στο διηλεκτρικό.

Εφόσον δεν υπάρχει συνιστώσα παράλληλη με τους οπλισμούς, το πεδίο το κάθετο σε όλες τις έδρες πλην των A είναι μηδέν.

# ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ GAUSS ΣΤΑ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΑ




**Το ολικό φορτίο μέσα στο παραλληλεπίπεδο είναι $Q_{encl}=(\sigma-\sigma_i)A$**

**Είναι δηλαδή το φορτίο του οπλισμού συν το επαγόμενο φορτίο στο τμήμα του διηλεκτρικού που είναι μέσα στο παραλληλεπίπεδο.**

**Η ροή μέσα από το παραλληλεπίπεδο είναι η ροή μέσα από τις δύο επιφάνειες Α (από τις άλλες πλευρές είπαμε ότι η ροή είναι 0 γιατί δεν υπάρχει συνιστώσα πεδίου κάθετη σε αυτές.**

$$0A+EA=\frac{(\sigma-\sigma_i)A}{\varepsilon_0}$$

**Όμως έχουμε**

$$\sigma_i=\sigma\left(1-\frac{1}{K}\right)\Rightarrow\sigma-\sigma_i=\frac{\sigma}{K}$$

$$EA=\frac{\sigma A}{K\varepsilon_0}\Rightarrow KEA=\frac{\sigma A}{\varepsilon_0}$$

# ΓΕΝΙΚΕΥΣΗ

$$\mathrm{KEA} = \frac{\sigma A}{\varepsilon_0}$$

$$\oint K\overline{\mathbf{E}} \cdot d\overline{\mathbf{A}} = \frac{Q_{encl}}{\varepsilon_0}$$

**ΠΡΟΣΟΧΗ**

**Τώρα το $Q_{encl}$ είναι το ελεύθερο φορτίο και όχι και το δέσμιο**

$$\oint K\overline{\mathbf{E}} \cdot d\overline{\mathbf{A}} = \frac{Q_{encl}}{\varepsilon_0} \Rightarrow \oint \varepsilon_0 K\overline{\mathbf{E}} \cdot d\overline{\mathbf{A}} = Q_{encl} \Rightarrow$$

$$\oint \varepsilon\overline{\mathbf{E}} \cdot d\overline{\mathbf{A}} = Q_{encl}$$

# ΑΣΚΗΣΗ 25-2

Οι οπλισμοί επίπεδου πυκνωτή βρίσκονται σε απόσταση 4 mm και ο καθένας έχει φορτίο $5 \times 10^{-8}$ C. Δεν υπάρχει διηλεκτρικό ανάμεσα στους οπλισμούς.

Α) Πόση είναι η διαφορά δυναμικού μεταξύ των οπλισμών;

Β) Πόση είναι η επιφάνεια κάθε οπλισμού;

Γ) Πόση είναι η χωρητικότητα του πυκνωτή;

# ΑΣΚΗΣΗ 25-17

Ένας επίπεδος πυκνωτής έχει ως διηλεκτρικό ελαστικό κόμμι με διηλεκτρική σταθερά 3,4 και διηλεκτρική αντοχή $2 \times 10^{7}$ V/m. Ο πυκνωτής πρέπει να έχει χωρητικότητα 1,5 nF και αντέχει σε διαφορά δυναμικού 6000 V. Πόση είναι η ελάχιστη επιφάνεια που πρέπει να έχει ο κάθε οπλισμός;

# ΑΣΚΗΣΗ 25-2

**Τ ηλεκτρονικά φλας περιέχουν ένα πυκνωτή που αποθηκεύει την ενέργεια που χρειάζεται για να προκληθεί αναλαμπή. Αν η αναλαμπή διαρκεί 1/100 s με μέση φωτεινή ισχύ 600W,**
**Α) πόση ενέργεια έχει αποθηκευτεί στον πυκνωτή για μια μόνο αναλαμπή όταν ο συντελεστή απόδοσης ηλεκτρικής ενέργειας σε φως είναι 95% (το υπόλοιπο γίνεται θερμότητα) ;**
**Β) Πόση είναι η διαφορά δυναμικού μεταξύ των οπλισμών ώστε να έχει αποθηκευμένη την ενέργεια που υπολογίζουμε στο Α ερώτημα; Η χωρητικότητά του είναι 0,8 mF**

# ΣΥΝΟΨΗ

- Πυκνωτής είναι ζεύγος οποιωνδήποτε αγωγών που διαχωρίζονται από μονωτικό υλικό.
- Η χωρητικότητα του πυκνωτή είναι

$$C = \frac{Q}{V_{ab}}$$

- Δύο παράλληλες αγώγιμες πλάκες αποτελούν τον επίπεδο πυκνωτή, τότε η χωρητικότητα είναι

$$\mathrm{C} = \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{V_{ab}}} = \varepsilon_0 \frac{\mathrm{A}}{\mathrm{d}}$$

# ΣΥΝΟΨΗ

- ✓ Μονάδα χωρητικότητας είναι το FARAD=1C/V
- ✓ Η ισοδύναμη χωρητικότητα πυκνωτών σε σειρά είναι

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots$$

- ✓ Η ισοδύναμη χωρητικότητα πυκνωτών σε παράλληλη σύνδεση είναι

$$\mathrm{C_{eq}} = \mathrm{C_1} + \mathrm{C_2} + \mathrm{C_3} + \cdots$$

- ✓ Η ενέργεια που απαιτείται να φορτιστεί ο πυκνωτής και αποκτήσει φορτίο Q και διαφορά δυναμικού V είναι

$$\mathrm{U} = \frac{\mathrm{Q}^2}{2\mathrm{C}} = \frac{1}{2}\mathrm{CV}^2 = \frac{1}{2}\mathrm{QV}$$

# ΣΥΝΟΨΗ

- **Αν μεταξύ των οπλισμών παρεμβάλλεται διηλεκτρικό τότε η χωρητικότητα πολλαπλασιάζεται επί τον παράγοντα Κ που λέγεται διηλεκτρική σταθερά ή σχετική επιτρεπτότητα του διηλεκτρικού**

- **Το Κ είναι μεγαλύτερο της μονάδος επομένως η χωρητικότητα αυξάνει με την εισαγωγή διηλεκτρικού.**