Γενική Φυσική

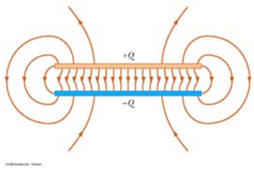
Κωνσταντίνος Χ. Παύλου
Φυσικός – Ραδιοηλεκτρολόγος (MSc)
Καστοριά, Σεπτέμβριος 14

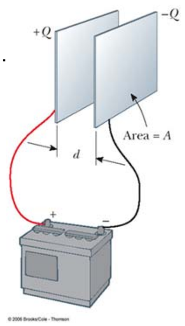
Πυκνωτές

1. Ο πυκνωτής
2. Φόρτιση πυκνωτή
3. Χωρητικότητα
4. Διηλεκτρική σταθερά
5. Σύνδεση πυκνωτών (παράλληλα και σε σειρά)
6. Ενέργεια πυκνωτή

Ο πυκνωτής

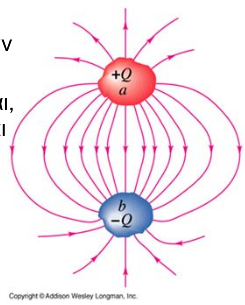
- Ο πυκνωτής είναι μια διάταξη αποθήκευσης ηλεκτρικού φορτίου.
- Η πιο απλή μορφή πυκνωτή είναι ο επίπεδος πυκνωτής.





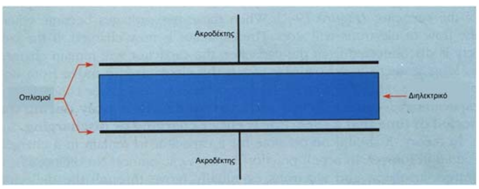
Ο πυκνωτής

- Δύο απομονωμένοι μεταξύ τους αγωγοί αποτελούν έναν πυκνωτή.
- Όταν ο πυκνωτής φορτίζεται, αρνητικό φορτίο μετακινείται από τον έναν αγωγό και πηγαίνει στον άλλον.
- Έτσι, ο ένας αγωγός φορτίζεται θετικά (+q) και ο άλλος αρνητικά (-q).

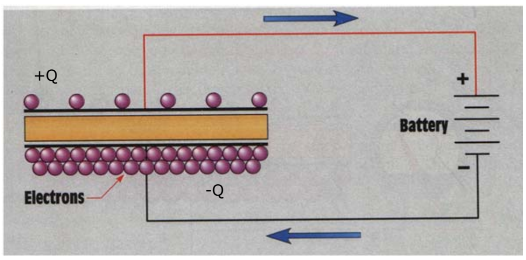


Ο πυκνωτής

- Ένας πυκνωτής αποτελείται από τα εξής μέρη:
  1. τους οπλισμούς
  2. τους ακροδέκτες
  3. και το διηλεκτρικό



Φόρτιση ενός πυκνωτή



- Φορτίο του πυκνωτή: +Q
- Η μεταφορά φορτίου σταματά όταν η διαφορά δυναμικού στα άκρα του πυκνωτή γίνει ίση με την τάση της μπαταρίας.

Χωρητικότητα

- Η χωρητικότητα (C) ορίζεται ως ο λόγος του φορτίου (Q) που αποθηκεύει ο πυκνωτής προς τη διαφορά δυναμικού στα άκρα του (V):

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

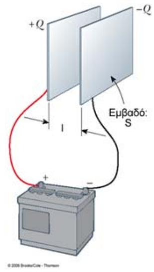
- Η χωρητικότητα είναι χαρακτηριστικό μέγεθος του πυκνωτή.
- Μονάδα της χωρητικότητας: 1Farad (F)

$$[C] = \frac{[Q]}{[V]} = \frac{1C}{1V} \Rightarrow 1Farad = 1\frac{Coulomb}{Volt}$$

Χωρητικότητα επίπεδου πυκνωτή

- Για έναν επίπεδο πυκνωτή χωρίς διηλεκτρικό, αποδεικνύεται πως η χωρητικότητα δίνεται από τη σχέση:

$$C_0 = \varepsilon_0 \frac{S}{l}$$



- S: εμβαδόν οπλισμού (m^2)
- l: απόσταση οπλισμών (m)
- ε_0: η διηλεκτρική σταθερά του κενού:

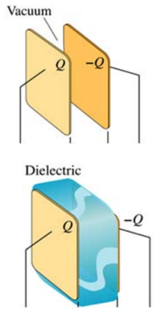
$$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

Χωρητικότητα επίπεδου πυκνωτή

- Αν ο πυκνωτής έχει κάποιο διηλεκτρικό τότε η χωρητικότητά του δίνεται από τη σχέση:

$$C = \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{S}{l} = \varepsilon_r C_0$$

- Άρα τελικά, η χωρητικότητα εξαρτάται μόνο από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και από το διηλεκτρικό…



Η διηλεκτρική σταθερά

- Η διηλεκτρική σταθερά εκφράζει το πόσο καλός μονωτής είναι ένα υλικό.
- Συνήθως δίνεται η σχετική διηλεκτρική σταθερά:

$$\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0$$

- Εν γένει: $\varepsilon_r > 1$

Material	Dielectric constant
Air	1
Bakelite	4.0 –10.0
Castor oil	4.3 – 4.7
Cellulose acetate	7.0
Ceramic	1200
Dry paper	3.5
Hard rubber	2.8
Insulating oils	2.2 – 4.6
Lucite	2.4 – 3.0
Mica	6.4 – 7.0
Mycalex	8.0
Paraffin	1.9 – 2.2
Porcelain	5.5
Pure water	81
Pyrex glass	4.1 – 4.9
Rubber compounds	3.0 – 7.0
Teflon	2
Titanium dioxide compounds	90 – 170

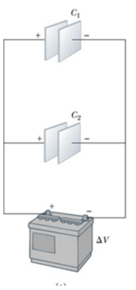
Η διηλεκτρική σταθερά

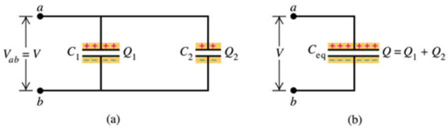
Figure 16.24 Dielectric breakdown in air. Sparks are produced when a large alternating voltage is applied across the wires by a high-voltage induction coil power supply.

Approximate Dielectric Constants and Dielectric Strengths of Various Materials at Room Temperature

Material	Dielectric Constant κ	Dielectric Strength[a] (10^6 V/m)
Air (dry)	1.000 59	3
Bakelite	4.9	24
Fused quartz	3.78	8
Mylar	3.2	7
Neoprene rubber	6.7	12
Nylon	3.4	14
Paper	3.7	16
Paraffin-impregnated paper	3.5	11
Polystyrene	2.56	24
Polyvinyl chloride	3.4	40
Porcelain	6	12
Pyrex glass	5.6	14
Silicone oil	2.5	15
Strontium titanate	233	8
Teflon	2.1	60
Vacuum	1.000 00	—
Water	80	—

Παράλληλη σύνδεση





φορτίο κάθε πυκνωτή: $Q_1 = C_1 V,\ Q_2 = C_2 V,\ Q_3 = C_3 V \ldots$

συνολικό φορτίο: $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \ldots$

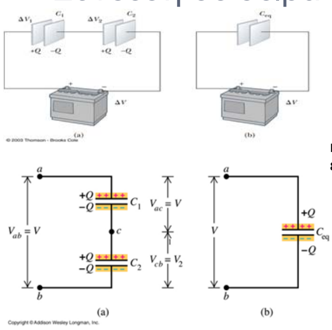
η ισοδύναμη χωρητικότητα θα είναι:

$$Q = C_{eq} V \Rightarrow Q_1 + Q_2 + Q_3 + \ldots = C_{eq} V \Rightarrow$$

$$C_1 V + C_1 V + C_1 V + \ldots = C_{eq} V \Rightarrow \left(C_1 + C_1 + C_1 + \ldots\right) V = C_{eq} V \Rightarrow$$

$$C_{eq} = C_1 + C_1 + C_1 + \ldots$$

Σύνδεση σε σειρά



φορτίο κάθε πυκνωτή:

$$Q = C_1 V_1,\ Q = C_2 V_2,\ Q = C_3 V_3 \ldots$$

συνολική τάση:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots$$

η ισοδύναμη χωρητικότητα θα είναι:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots \Rightarrow$$

$$\frac{Q}{C_{eq}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} + \ldots \Rightarrow$$

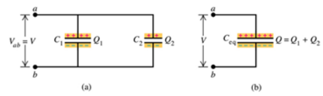
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots$$

Σύνδεση πυκνωτών

παράλληλα:

$$C_{eq} = C_1 + C_1 + C_1 + \ldots \Rightarrow$$

$$C_{eq} = \sum_j C_j$$

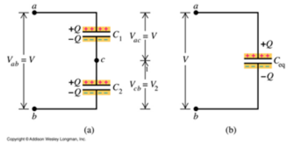


σε σειρά:

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

$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_j \frac{1}{C_j} \Rightarrow$$

$$C_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots} = \frac{1}{\sum_j \frac{1}{C_j}}$$



Παράδειγμα #1

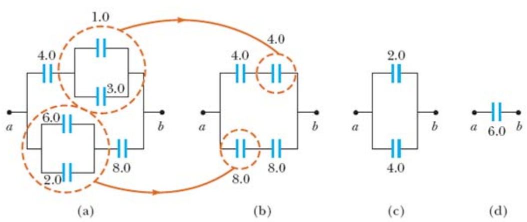
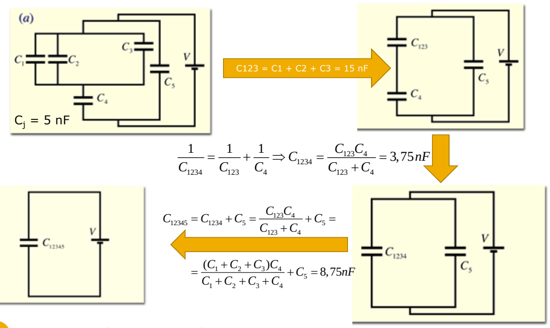
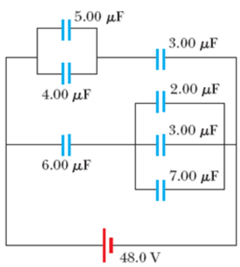


Figure 16.21 (Example 16.8) To find the equivalent capacitance of the circuit in (a), use the series and parallel rules described in the text to successively reduce the circuit as indicated in (b), (c), and (d).

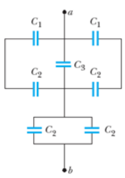
Παράδειγμα #2



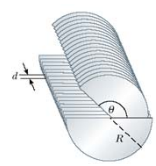
Παραδείγματα

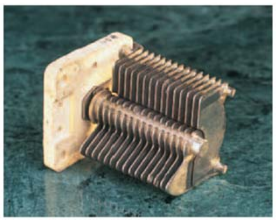


Find the equivalent capacitance between points a and b for the group of capacitors connected as shown in Figure P16.40 if C_1 = 5.00 μF, C_2 = 10.0 μF, and C_3 = 2.00 μF.

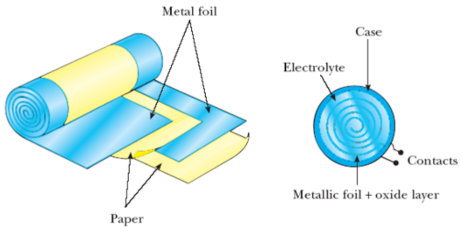


Ο πυκνωτής



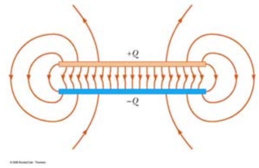


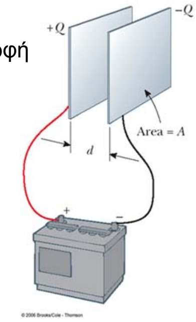
Ο πυκνωτής



Ενέργεια πυκνωτή

- Κατά τη φόρτιση του πυκνωτή αποθηκεύεται σ’ ενέργεια υπό μορφή ηλεκτρικού πεδίου



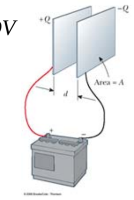


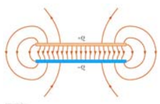
Ενέργεια πυκνωτή

- Η ενέργεια του πυκνωτή είναι: $U = \frac{1}{2}QV$
- και χρησιμοποιώντας τη σχέση $C = \frac{Q}{V}$
- μπορούμε να τη γράψουμε και:

$$U = \frac{1}{2}Q \cdot V \xrightarrow{Q=CV} U = \frac{1}{2}CV \cdot V \Rightarrow U = \frac{1}{2}CV^2$$

$$U = \frac{1}{2}Q \cdot V \xrightarrow{V=\frac{Q}{C}} U = \frac{1}{2}Q \cdot \frac{Q}{C} \Rightarrow U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$





Ενέργεια πυκνωτή