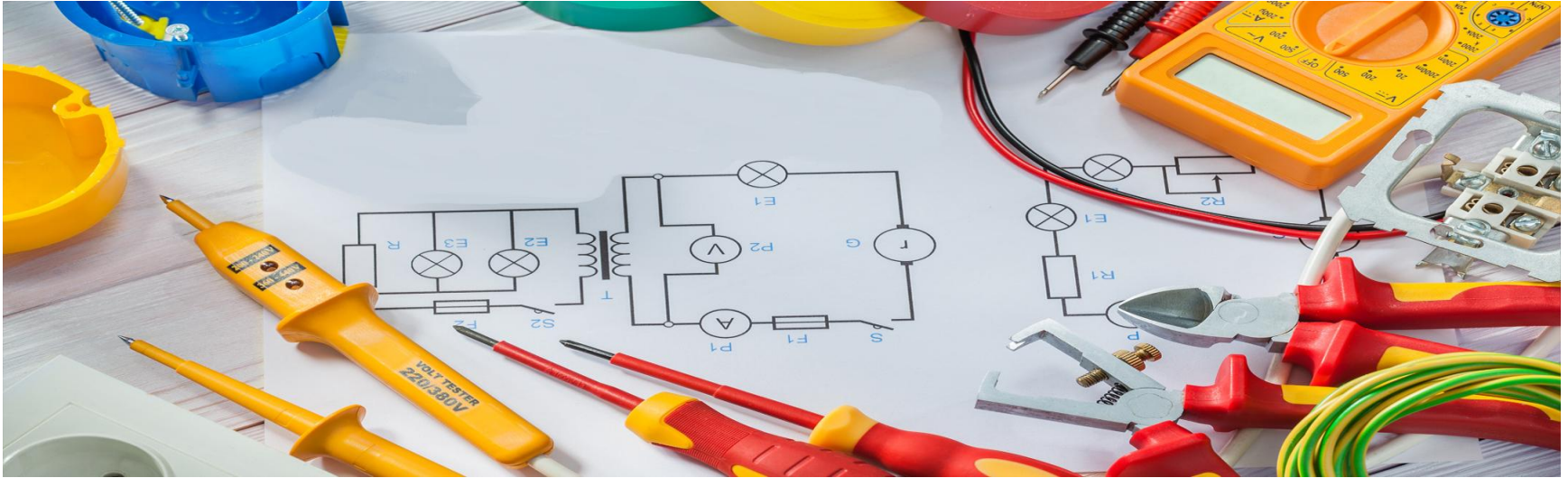


Σημειώσεις στο Μάθημα



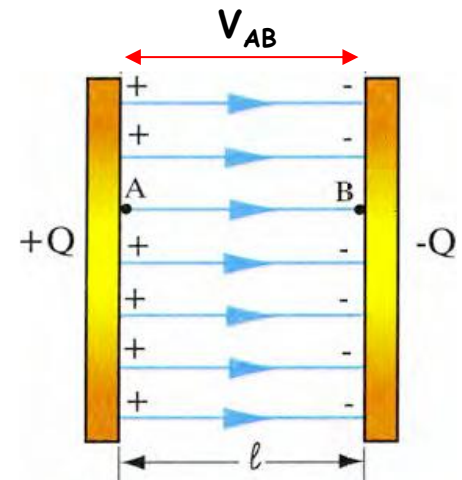
ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ



Πυκνωτές

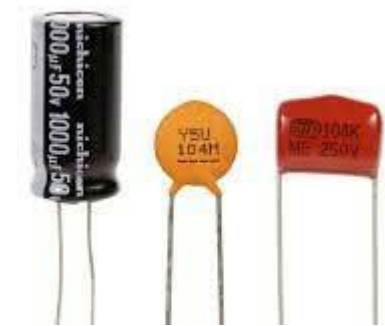
Τι είναι ο πυκνωτής;

Ο πυκνωτής είναι ένα ηλεκτρικό στοιχείο που έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια υπό μορφή ηλεκτρικού πεδίου.



Ορισμός:

Πυκνωτής είναι ένα σύστημα δύο αγωγικών πλακών (ή επιφανειών), οι οποίες χωρίζονται από μονωτικό υλικό (διηλεκτρικό). Όταν εφαρμόζεται τάση μεταξύ των πλακών, αποθηκεύονται ίσου μέτρου και αντίθετου πρόσημου φορτία σε κάθε πλάκα.



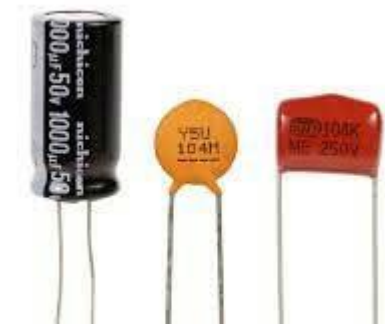
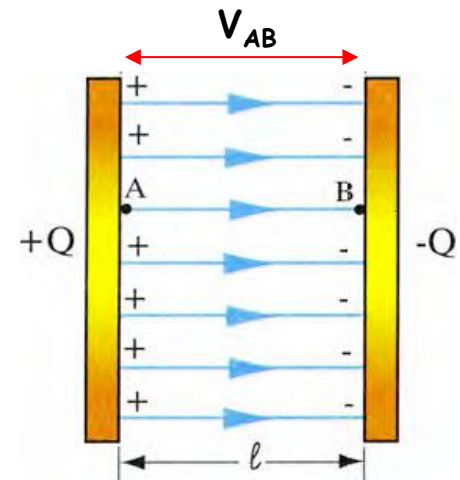
Πυκνωτές

Τι είναι ο πυκνωτής;

Ο επίπεδος αποτελείται από δύο παράλληλες μεταλλικές, ίσου μήκους και πάχους.

Οι **πλάκες** είναι αγωγίμες (συνήθως μέταλλο).

Το **διηλεκτρικό** υλικό (π.χ. αέρας, χαρτί, πλαστικό, κεραμικό) εμποδίζει τη ροή ρεύματος και ενισχύει την ικανότητα αποθήκευσης.



Πυκνωτές

Τι δουλειά κάνει ένας πυκνωτής;

Είναι μια διάταξη που λειτουργεί ως αποθήκη ηλεκτρικού φορτίου, συνεπώς και ηλεκτρικής ενέργειας.

Μόλις συνδέσουμε μια πηγή τάσης στα άκρα του, αυτός αρχίζει να φορτίζει.

Πού χρησιμοποιείται ένας πυκνωτής;

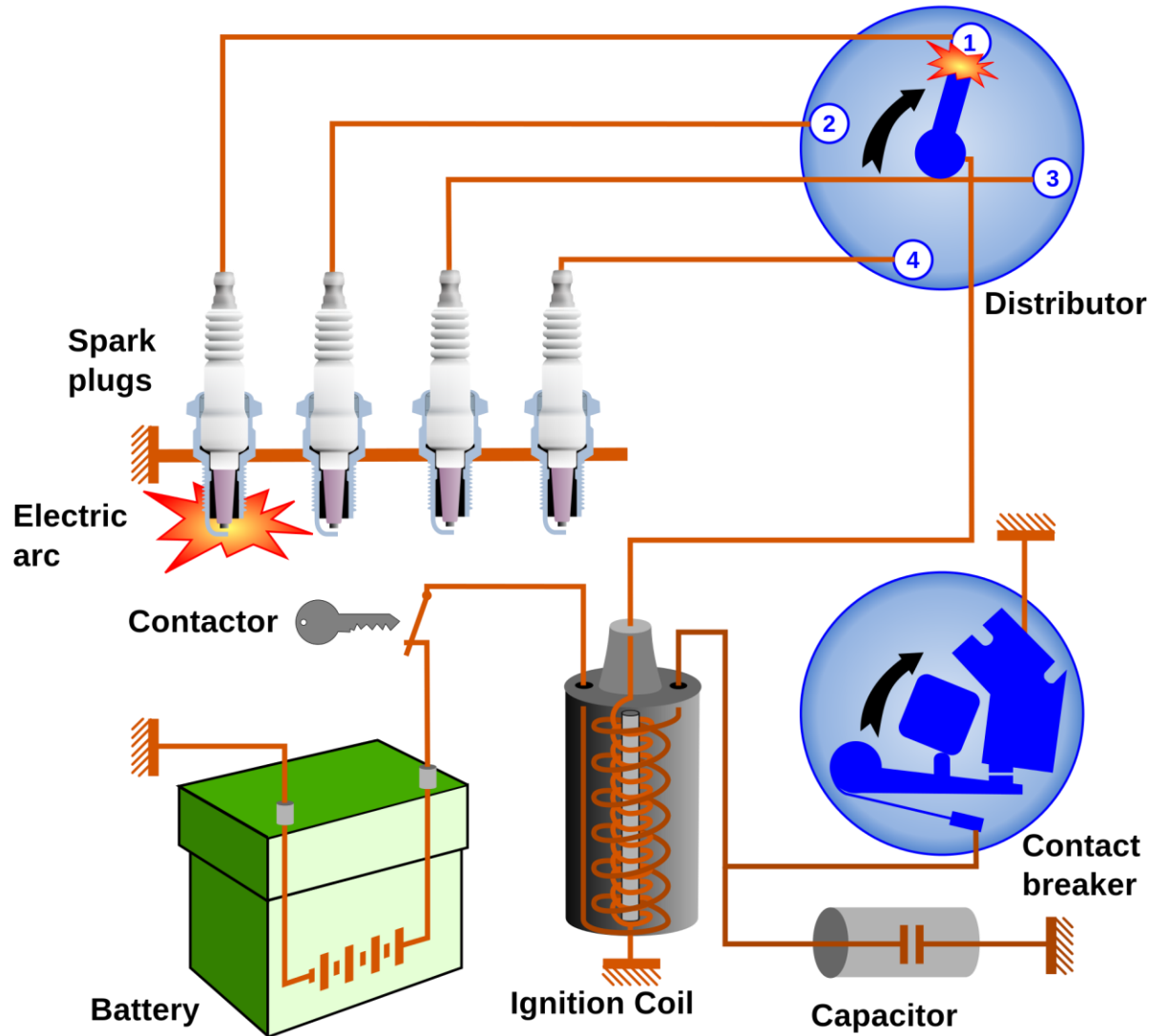
Σε φίλτρα, χρονοκαθυστερήσεις, κύκλους φόρτισης/εκφόρτισης, κ.λπ.

Σε Τηλέφωνα, Ραδιόφωνα, Τηλεοράσεις, Ηλεκτρονικούς υπολογιστές, Φλας Φωτογραφικών μηχανών κ.α.

Είναι οι ηλεκτρονικοί φρουροί των ολοκληρωμένων ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

Πυκνωτές

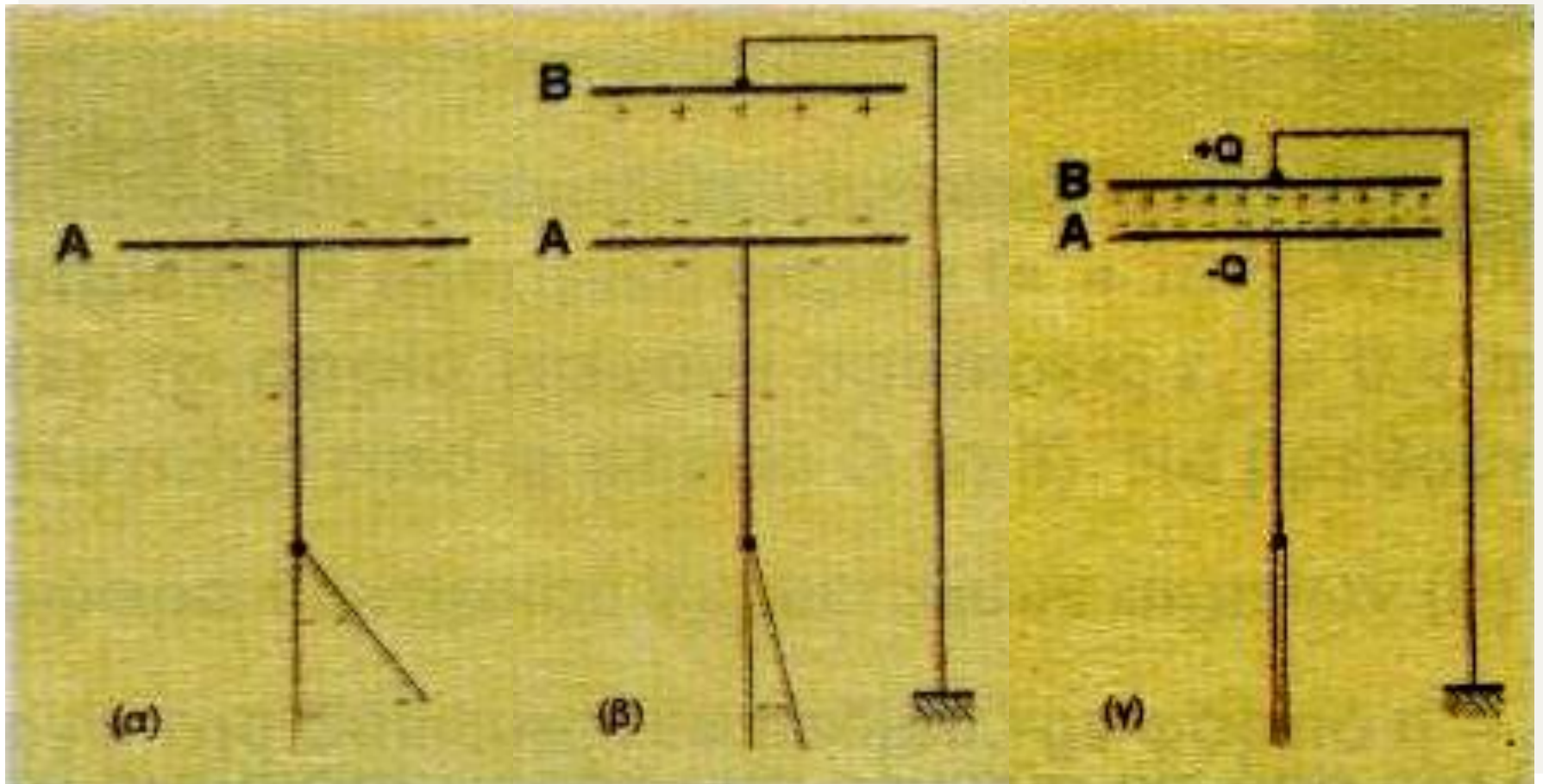
Χρήση στο αυτοκίνητο



Πυκνωτές

Τρόποι φόρτισης πυκνωτή

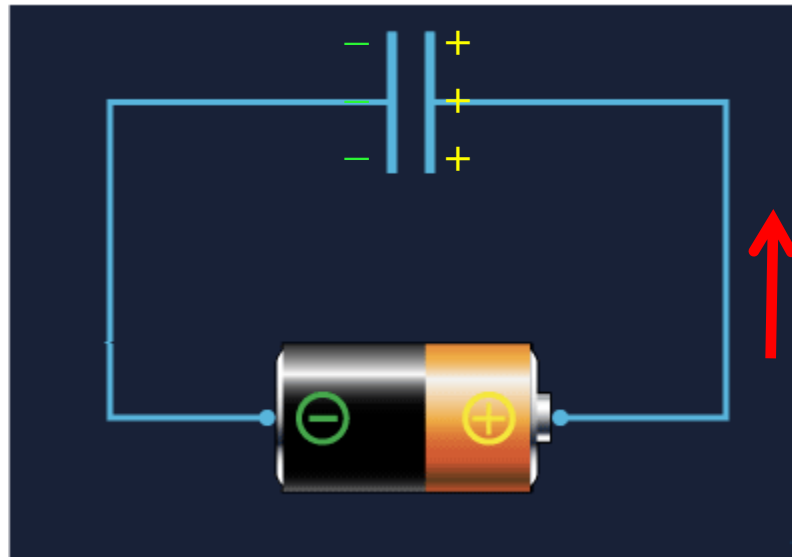
α. Με επαγωγή



Πυκνωτές

Τρόποι φόρτισης πυκνωτή

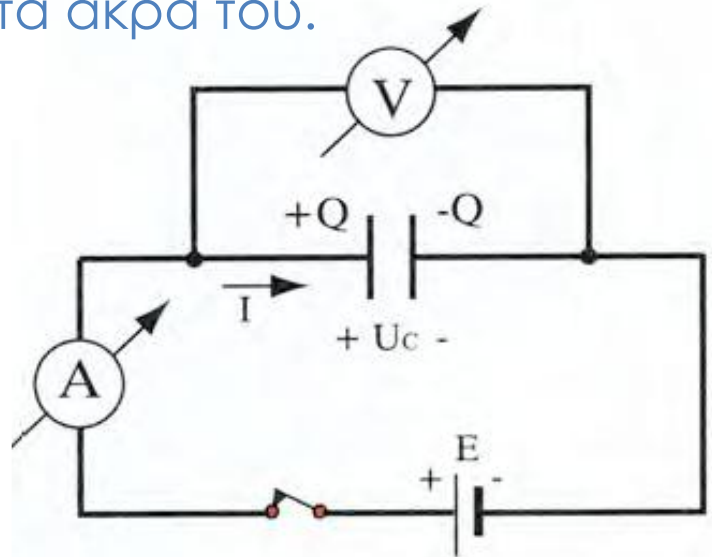
β. Με πηγή



Ο Πυκνωτής διακόπτει το ρεύμα μόλις ολοκληρωθεί η φόρτιση του.

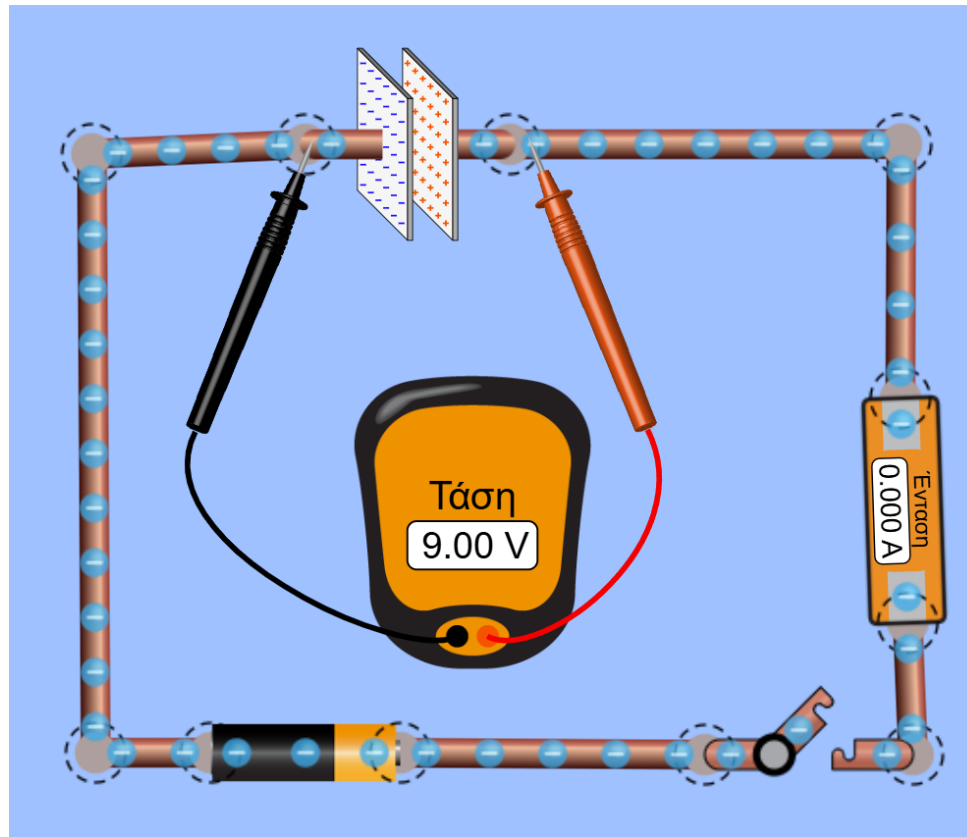
Πείραμα

- Μόλις κλείσει ο διακόπτης η πηγή **φορτίζει** τους οπλισμούς με θετικά (**$+Q$**) και αρνητικά (**$-Q$**) ηλεκτρικά φορτία.
- Όταν η τάση **U_c** στα άκρα του πυκνωτή γίνει ίση με την **E** , το ρεύμα μηδενίζεται.
- Αν αποσυνδέσουμε την πηγή από το κύκλωμα, ο πυκνωτής θα παραμείνει **φορτισμένος** και η τάση στα άκρα του **U_c** θα είναι ίση με **E** (**$U_c = E$**)
- Ο πυκνωτής θα **εκφορτιστεί** και η τάση στα άκρα του θα μηδενιστεί, αν συνδέσουμε σε αυτόν κάποια κατανάλωση (π.χ. μια αντίσταση) ή αν **βραχυκυκλώσουμε** τα άκρα του.



Πείραμα

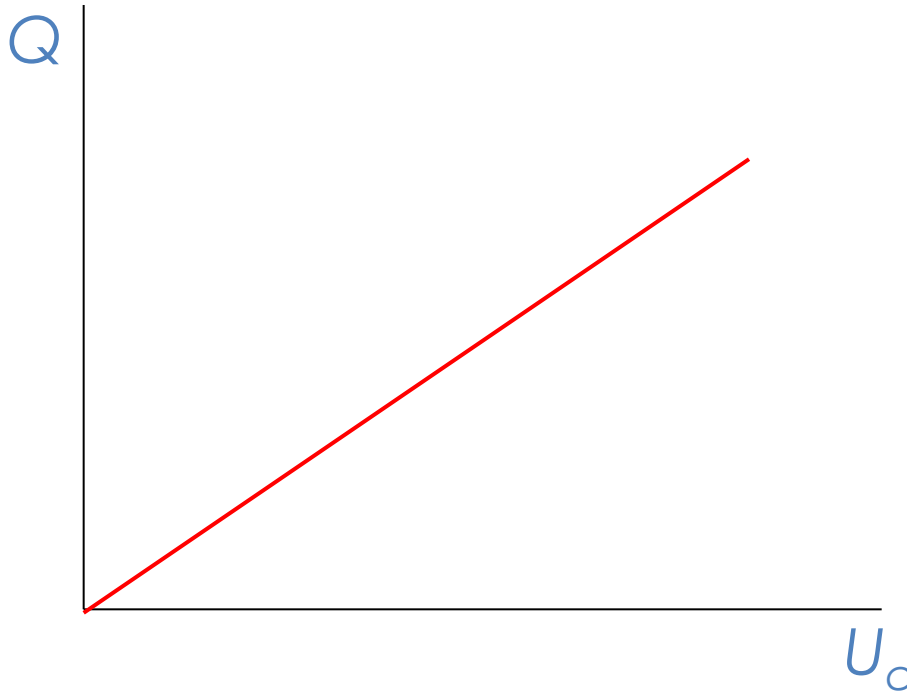
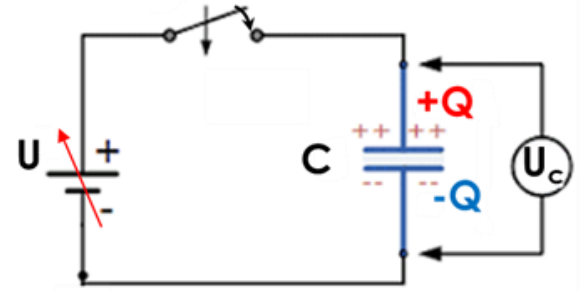
- Κάντε κλικ στην παρακάτω εικόνα και πραγματοποιείτε το πείραμα που περιγράψαμε στην προηγούμενη διαφάνεια, χρησιμοποιώντας στο εικονικό εργαστήριο της εφαρμογής του phet.



Πυκνωτές

Χωρητικότητα πυκνωτή

- Στο παρακάτω κύκλωμα μεταβάλλουμε την τάση της πηγής U με την οποία φορτίζεται ο πυκνωτής.
- Η γραφική παράσταση που θα προκύψει μεταξύ της τάσης (U_c) και του Φορτίου (Q) του πυκνωτή θα έχει την παρακάτω μορφή:



Ερώτηση

Από το διάγραμμα, τι σχέση έχουν τα μεγέθη Q και U_c ;

Τα μεγέθη U_c και Q είναι **ανάλογα**.

Πυκνωτές

Χωρητικότητα πυκνωτή

- Τα μεγέθη Q και U είναι ανάλογα, δηλ.
- το πηλίκο Q / U είναι σταθερό.
- Το πηλίκο Q / U ονομάζουμε **χωρητικότητα C** του πυκνωτή, δηλ.

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

- Μονάδα: (S.I.) 1 **Farad – Φαράντ**, $1F = 1 C/V$
- Αλλά συνήθως χρησιμοποιούνται (γιατί;):
 - $1 mF = 10^{-3} F$
 - $1 \mu F = 10^{-6} F$
 - $1 nF = 10^{-9} F$

Πυκνωτές

Χωρητικότητα πυκνωτή

- Η **χωρητικότητα (C)** ενός πυκνωτή δείχνει όσο ηλεκτρικό φορτίο (Q) «χωράει» στους οπλισμούς του για μια δεδομένη τάση (U_c) που επικρατεί στα άκρα του.
- Η ποσότητα του φορτίου **Q** που συσσωρεύεται στους οπλισμούς του πυκνωτή είναι **ανάλογη** της τάσης **U_c** που επικρατεί στα άκρα του: $Q = C \cdot U_c$
- Η χωρητικότητα **C** ενός πυκνωτή έχει σταθερή τιμή, ανεξάρτητα από την τάση και το φορτίο.

Σύμφωνα με τα παραπάνω:

□ Χωρητικότητα ενός πυκνωτή είναι ο σταθερός λόγος του φορτίου Q που είναι αποθηκευμένο στον πυκνωτή δια της τάσης που εφαρμόζεται μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή

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

Πυκνωτές

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ

Πυκνωτές

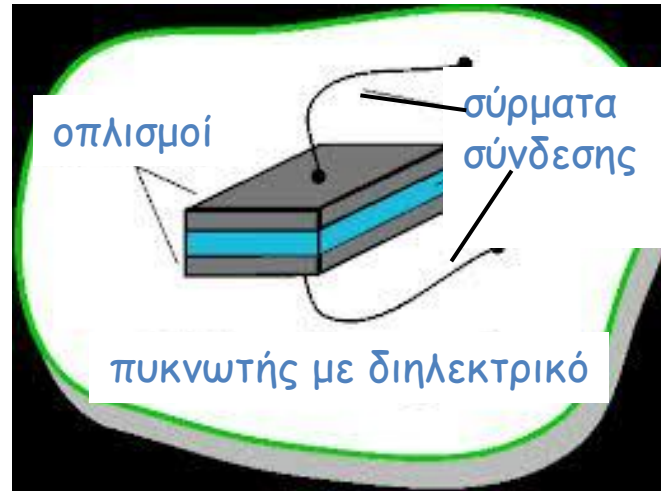
1. Αν ένας πυκνωτής έχει στον ένα οπλισμό του φορτίο $+Q=50\mu\text{C}$ και στα άκρα του εφαρμόζεται τάση $U_c=50\text{V}$, τότε στον άλλο οπλισμό του θα έχει αρνητικό φορτίο $-Q= \text{.50.} \mu\text{C}$ και χωρητικότητα $C=\text{.1.} \mu\text{F}$.

2. Όταν ένας πυκνωτής με χωρητικότητα $C=2,2\mu\text{F}$ έχει στα άκρα του τάση $U_c=20\text{V}$, τότε το φορτίο του είναι $Q= \text{.44.} \mu\text{C}$.

3. Όταν ένας πυκνωτής με χωρητικότητα $C=2,2\mu\text{F}$ έχει στα άκρα του τάση $U_c=40\text{V}$, τότε το φορτίο του είναι $Q= \text{.88.} \mu\text{C}$.

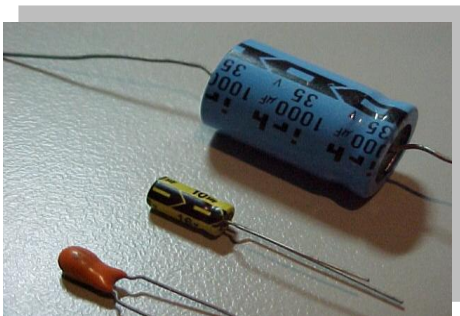
4. Όταν ένας πυκνωτής με χωρητικότητα $C=4,7\mu\text{F}$ φέρει στους οπλισμούς του φορτίο $Q=23,5\mu\text{C}$, τότε η τάση τροφοδοσίας στα άκρα του είναι $U_c= \text{.5.} \text{V}$.

Πυκνωτές Κατασκευαστικά Χαρακτηριστικά

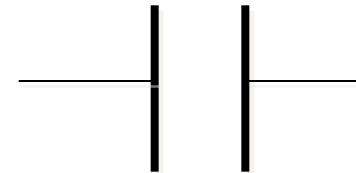


$$C = \epsilon \frac{S}{\ell}$$

ϵ = διηλεκτρική σταθερά
του υλικού



Κοινοί πυκνωτές του εμπορίου



Σύμβολο πυκνωτή

Πυκνωτές

Χωρητικότητα πυκνωτή

Ερώτηση: Από τι εξαρτάται η χωρητικότητα ενός πυκνωτή;

Εξαρτάται από το φορτίο Q ή τη τάση του U ; **ΟΧΙ!**

Εξαρτάται από:

1. Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (σχήμα και μέγεθος οπλισμών)
2. Την απόσταση οπλισμών και
3. Το διηλεκτρικό μεταξύ οπλισμών.

$$C = \epsilon \frac{S}{\ell}$$

Πυκνωτές

Διηλεκτρικό Πυκνωτή

- Όταν τοποθετηθεί μονωτικό υλικό (**διηλεκτρικό**) ανάμεσα στους οπλισμούς του πυκνωτή, τότε αυξάνεται η ικανότητα αποθήκευσης ηλεκτρικών φορτίων (χωρητικότητα) του πυκνωτή: $C' = \epsilon_r * C$
- ϵ_r είναι η σχετική διηλεκτρική σταθερά του μονωτικού υλικού που δείχνει πόσο αυξάνεται η χωρητικότητα ενός πυκνωτή με αυτό το διηλεκτρικό, σε σχέση με την χωρητικότητα που θα είχε χωρίς αυτό (δηλαδή με διηλεκτρικό τον αέρα).

Πυκνωτές

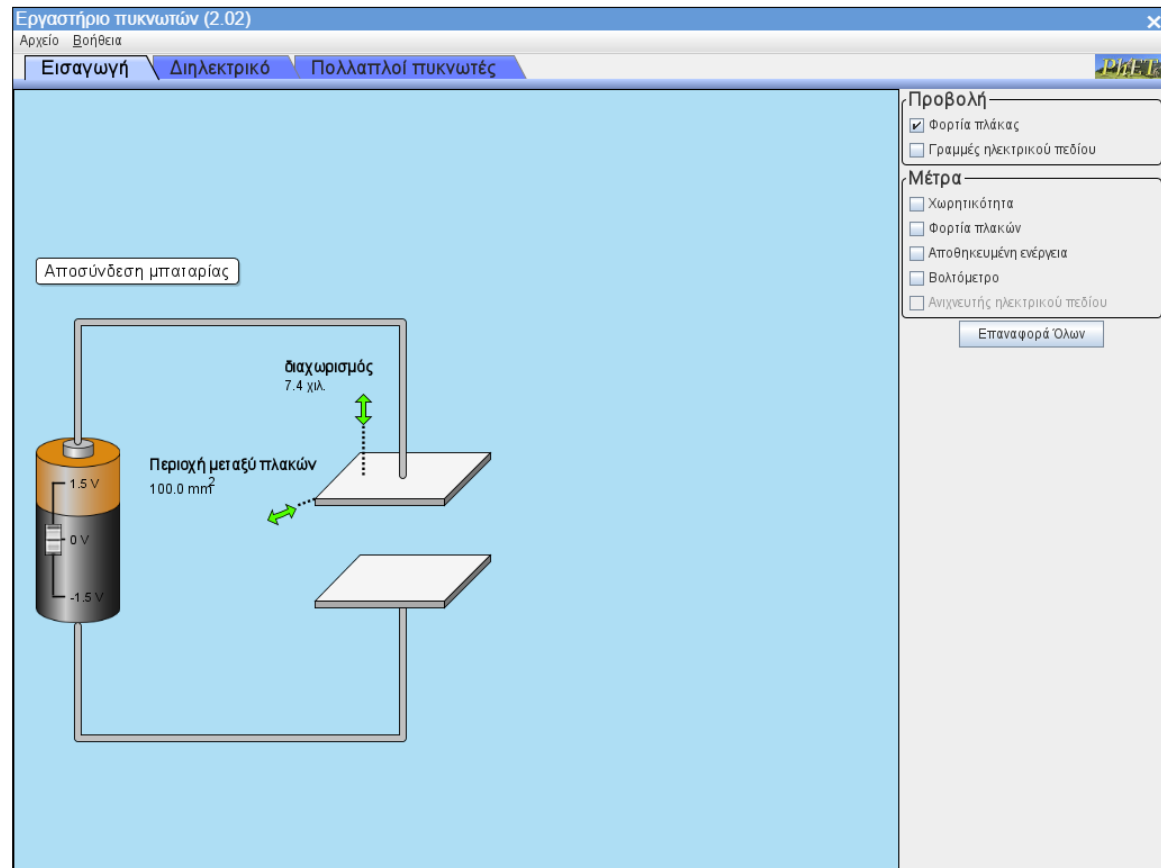
Διηλεκτρικό Πυκνωτή

Υλικό	ϵ_r
κενό	1
Αέρας	1,0006
μονωτικό λάδι	2 έως 2,8
χαρτί	3,5 έως 8
μίκα	5 έως 8
κεραμικό υλικό	10 ως 10000
πορσελάνη	3 ως 6
teflon	2
πολυστυρένιο	2,5
οξείδιο του αλουμινίου	7
οξείδιο του τανταλίου	25

Πυκνωτές

Διηλεκτρικό Πυκνωτή

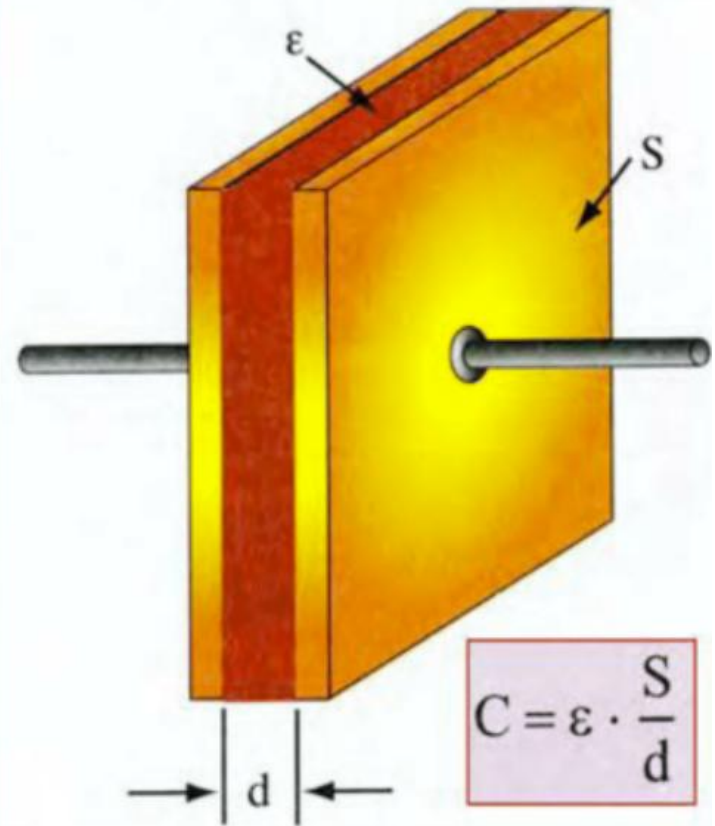
Κάντε κλικ στην παρακάτω εικόνα για να πειραματιστείτε στο **εικονικό εργαστήριο πυκνωτών** με τις διαστάσεις του οπλισμού (**1η καρτέλα**) και το διηλεκτρικό (**2η καρτέλα**) του πυκνωτή.



Πυκνωτές

Χωρητικότητα Επίπεδου Πυκνωτή

- Η χωρητικότητα $C(F)$ εξαρτάται από την διηλεκτρική σταθερά $\epsilon(F/m)$, το εμβαδό των οπλισμών $S(m^2)$ και την μεταξύ τους απόσταση $d(m)$.
- Η διηλεκτρική σταθερά ϵ δίνεται από τον τύπο: $\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0$ όπου ϵ_0 είναι η διηλεκτρική σταθερά κενού: $\epsilon_0 = 8,85pF/m$

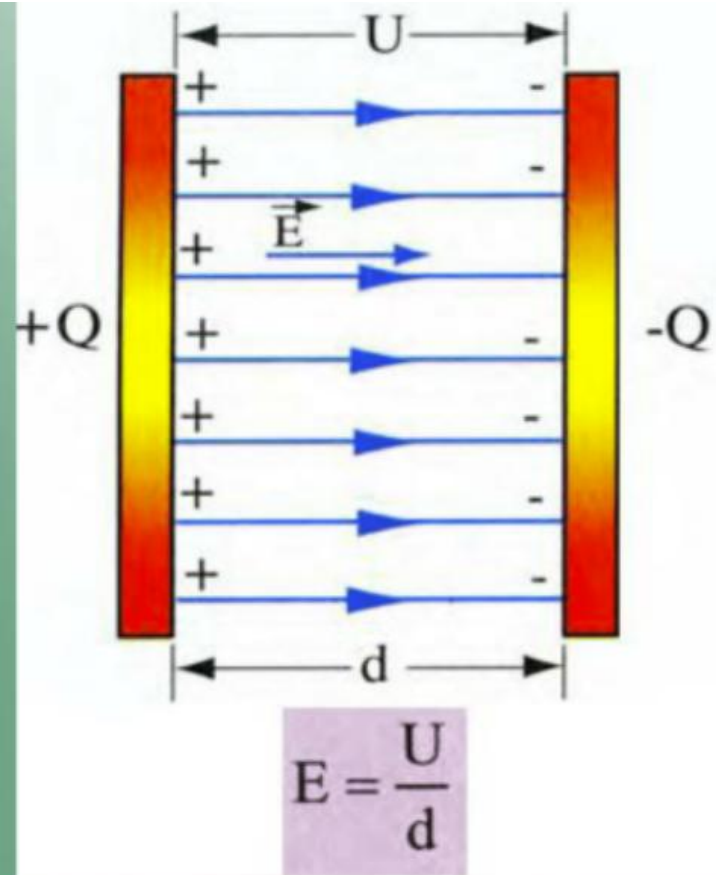


$$\epsilon_0 = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 9 \cdot 10^9} \frac{F}{m} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m} = 8,85 \frac{pF}{m}$$

Πυκνωτές

Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου Επίπεδου Πυκνωτή

- Το ηλεκτρικό πεδίο στους οπλισμούς του επίπεδου πυκνωτή θεωρείται **ομογενές**.
- Η ένταση $\mathbf{E}$ (V/m) του ηλεκτρικού πεδίου είναι σταθερή σε κάθε σημείο του πεδίου.
- Αν η ένταση E ξεπεράσει την **διηλεκτρική αντοχή** του υλικού, τότε προκαλείται **διάσπαση** του διηλεκτρικού (προκαλείται ηλεκτρικός σπινθήρας).



Πυκνωτές

Διηλεκτρική Αντοχή

Η μέγιστη τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου, την οποία αντέχει το διηλεκτρικό υλικό χωρίς να διασπασθεί, ονομάζεται **αντοχή του διηλεκτρικού** ή **διηλεκτρική αντοχή**.

Διηλεκτρική αντοχή ορισμένων μονωτικών υλικών

ΥΛΙΚΟ	Διηλεκτρική αντοχή σε kV/mm $\left(1 \frac{\text{kV}}{\text{mm}} = 10^6 \frac{\text{V}}{\text{m}}\right)$
κενό	άπειρη
αέρας	0,8
χαρτί	14
μίκα	160
πορσελάνη	4
γυαλί pyrex	13
βακελίτης	12
πολυαιθυλένιο	50
teflon	60

Πυκνωτές

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ

Πυκνωτές

- Ένας επίπεδος πυκνωτής με διηλεκτρικό αέρα ($\epsilon_r=1$, $\epsilon_0= 8,85\text{pF/m}$) έχει οπλισμούς με επιφάνεια $S=10\text{cm}^2$ και απόσταση μεταξύ των οπλισμών $d=1\text{mm}$.
 - Η χωρητικότητα του πυκνωτή είναι $C= 8,85$ pF
 - Αν μεταξύ των οπλισμών του τοποθετηθεί λάδι ($\epsilon_r=2$) ως διηλεκτρικό υλικό, τότε η νέα χωρητικότητά του θα είναι $C'=17,7$ pF
- Ένας επίπεδος πυκνωτής με διηλεκτρικό αέρα ($\epsilon_r=1$, $\epsilon_0 = 8,85\text{pF/m}$) έχει οπλισμούς με επιφάνεια $S=0,4\text{m}^2$ και απόσταση μεταξύ των οπλισμών $d=354\mu\text{m}$.
 - Η χωρητικότητα του πυκνωτή είναι $C= 10$ nF
 - Αν μεταξύ των οπλισμών του τοποθετηθεί χαρτί ($\epsilon_r=3,5$) ως διηλεκτρικό υλικό, τότε η νέα χωρητικότητά του θα είναι $C'= 35$ nF
 - Αν μεταξύ των οπλισμών του εφαρμοστεί τάση 177V , τότε η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου για τις χωρητικότητες C και C' θα είναι $E= 500000$ V/m και $E'= 500000$ V/m αντίστοιχα.
 - Τι παρατηρείτε μεταξύ των εντάσεων E και E' ;

Παρατηρούμε ότι $E=E'$, δηλαδή η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου ανάμεσα στους οπλισμούς του πυκνωτή είναι ανεξάρτητη από την χωρητικότητα και το διηλεκτρικό υλικό, καθώς εξαρτάται μόνο από την τάση και την απόσταση των οπλισμών.

Πυκνωτές

3. Αν ένας πυκνωτής είναι συνδεδεμένος με μια ηλεκτρική πηγή τάσης E και χωρίς να τον αποσυνδέσουμε από την πηγή, τοποθετήσουμε μεταξύ των οπλισμών του ένα διηλεκτρικό υλικό με $\epsilon_r=2$, τότε ποια από τα παρακάτω θα συμβούν;
- α) Θα διπλασιαστεί η χωρητικότητα του C Σ
 - β) Θα διπλασιαστεί το φορτίο του Q Σ
 - γ) Θα υποδιπλασιαστεί η τάση στα άκρα του Λ
 - δ) Θα διπλασιαστεί η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου E ανάμεσα στους οπλισμούς του Λ

Πυκνωτές

4. Η διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο παράλληλων πλακών, στις οποίες επικρατεί ομογενές μαγνητικό πεδίο, είναι $U=100V$. Η απόσταση μεταξύ των πλακών είναι $l=0,02m$. Να υπολογιστούν:
- α) Η ένταση E του ηλεκτρικού πεδίου.
- β) Το έργο W που παράγεται κατά τη μεταφορά ενός θετικού σημειακού φορτίου $q=1C$, από τη θετικά φορτισμένη πλάκα προς την αρνητικά φορτισμένη πλάκα.
- γ) Η δύναμη F που ασκείται στο θετικό σημειακό φορτίο $q=1C$, κατά τη μεταφορά του από τη θετικά φορτισμένη πλάκα προς την αρνητικά φορτισμένη πλάκα.

Δεδομένα	Ζητούμενα	ΛΥΣΗ:
$U=100V$ $l=0,02m$ $q=1C$	α) $E = ?$ β) $W = ?$ γ) $F = ?$; στο φορτίο q ;	α) $E = \frac{U}{l} \Rightarrow E = \frac{100V}{0,02m} \Rightarrow E = \frac{10000V}{2m} \Rightarrow E = 5000 \frac{V}{m}$ β) $\frac{W}{q} = E \cdot l \Rightarrow W = q \cdot E \cdot l \Rightarrow W = 1C \cdot 5000 \frac{V}{m} \cdot 0,02m \Rightarrow W = 100J$ γ) $E = \frac{F}{q} \Rightarrow F = E \cdot q \Rightarrow F = 5000 \frac{V}{m} \cdot 1C \Rightarrow F = 5000N$

Πυκνωτές

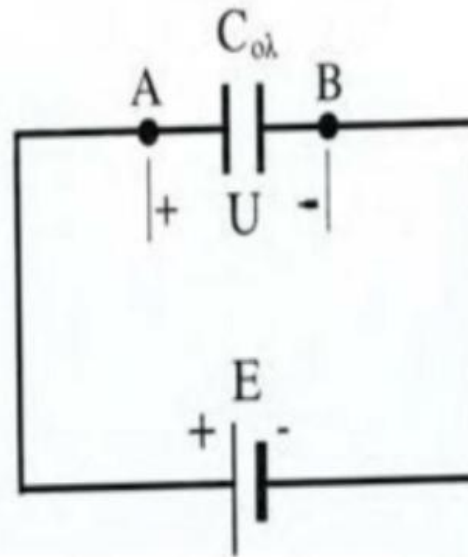
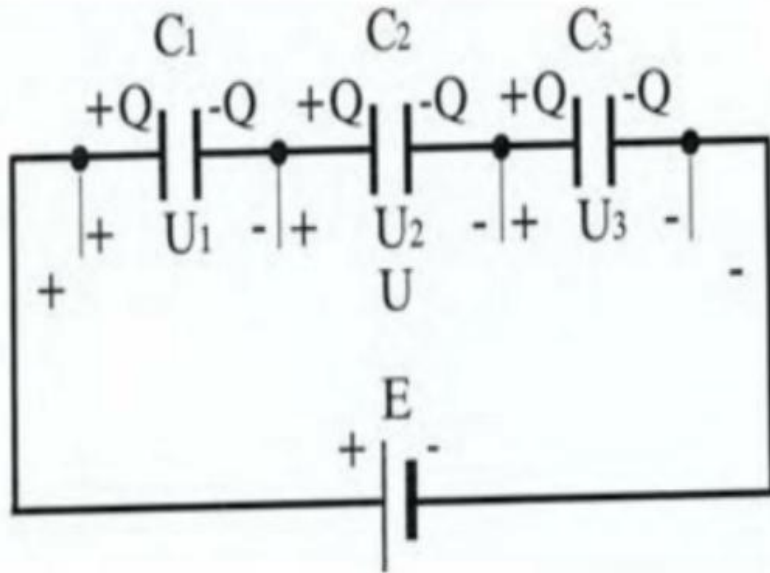
4. Ένας πυκνωτής με διηλεκτρικό αέρα έχει αποθηκευμένο φορτίο $Q=1\text{C}$ και η τάση που εφαρμόζεται μεταξύ των οπλισμών του είναι $U=100\text{V}$. Δίνονται οι σχετικές διηλεκτρικές σταθερές (για τον αέρα: $\epsilon_r=1$, για το τεφλόν: $\epsilon_r=2$, για το οξείδιο του αλουμινίου: $\epsilon_r=7$). Να υπολογιστούν:
- α) Η χωρητικότητα C του πυκνωτή όταν το διηλεκτρικό είναι αέρας.
- β) Η χωρητικότητα C' του πυκνωτή όταν το διηλεκτρικό είναι τεφλόν.
- γ) Η χωρητικότητα C'' του πυκνωτή όταν το διηλεκτρικό είναι οξείδιο του αλουμινίου

Δεδομένα	Ζητούμενα	ΛΥΣΗ:
$U=100\text{V}$ $Q=1\text{C}$ $\epsilon_r = 1$ αέρας $\epsilon_r = 2$ τεφλόν $\epsilon_r = 7$ αλ/νιο	α) $C = ?$; β) $C' = ?$; γ) $C'' = ?$;	α) Επειδή η διηλεκτρική σταθερά του αέρα είναι $\epsilon_r=1$ θα ισχύει ο παρακάτω τύπος: $C = \frac{Q}{U} \Rightarrow C = \frac{1\text{C}}{100\text{V}} \Rightarrow C = 0,01\text{F}$ β) $\epsilon_r = \frac{C'}{C} \Rightarrow C' = \epsilon_r \cdot C \Rightarrow C' = 2 \cdot C \Rightarrow C' = 2 \cdot 0,01\text{F} \Rightarrow C' = 0,02\text{F}$ γ) $\epsilon_r = \frac{C''}{C} \Rightarrow C'' = \epsilon_r \cdot C \Rightarrow C'' = 7 \cdot C \Rightarrow C'' = 7 \cdot 0,01\text{F} \Rightarrow C'' = 0,07\text{F}$

Συνδεσμολογίες Πυκνωτών

Σύνδεση Πυκνωτών σε Σειρά

- Όλοι οι πυκνωτές έχουν το ίδιο **φορτίο** Q .
- Η **τάση** στα άκρα τους μοιράζεται ανάλογα με την χωρητικότητα του κάθε πυκνωτή.

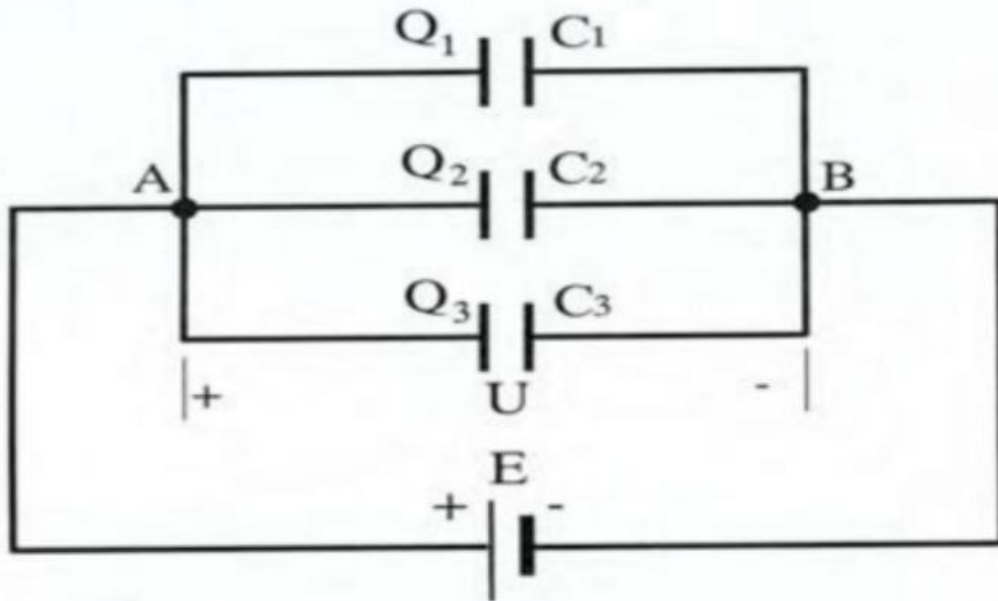


$$\frac{1}{C_{ολ.}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

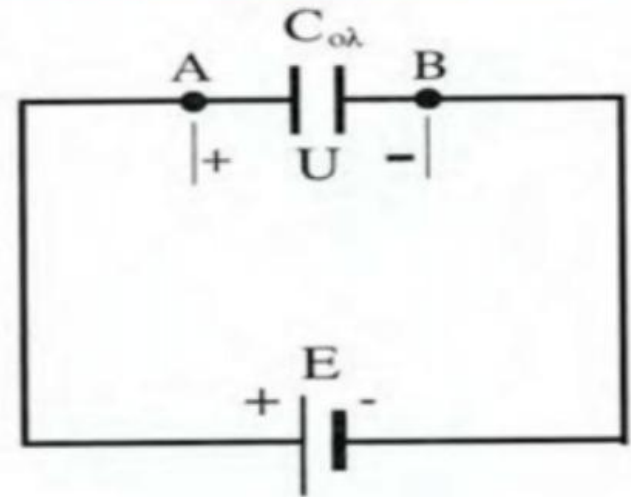
Συνδεσμολογίες Πυκνωτών

Σύνδεση Πυκνωτών Παράλληλα

- Όλοι οι πυκνωτές έχουν την ίδια **τάση** στα άκρα.
- Το **φορτίο** μοιράζεται στους πυκνωτές ανάλογα με την χωρητικότητά τους.

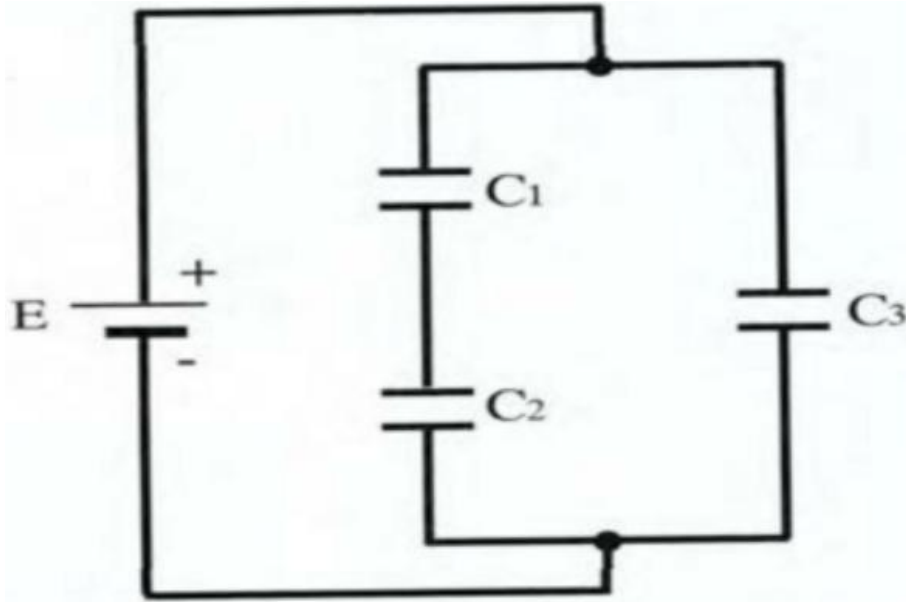


$$C_{ολ} = C_1 + C_2 + C_3$$



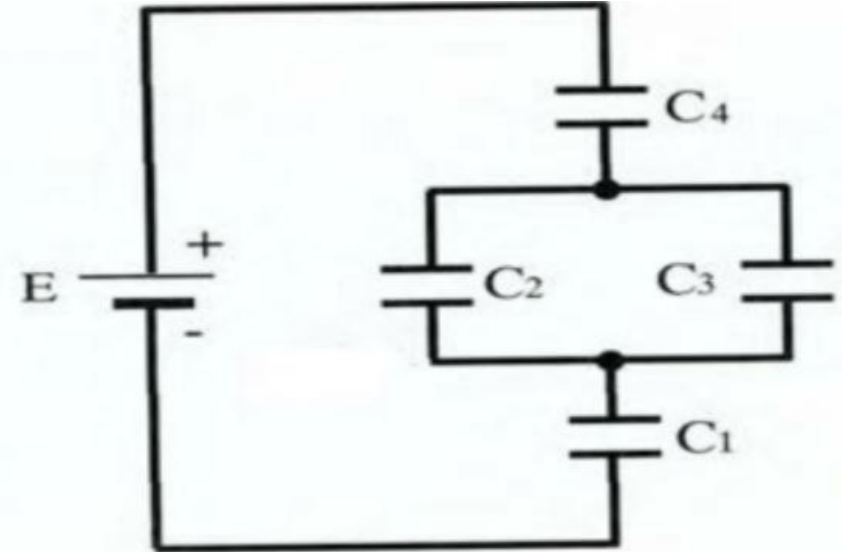
Συνδεσμολογίες Πυκνωτών

Μεικτή Συνδεσμολογία Πυκνωτών



$$C_{o\lambda} = C_{1,2} + C_3$$

$$\Rightarrow C_{o\lambda} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} + C_3$$



$$\frac{1}{C_{o\lambda}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{23}} + \frac{1}{C_4}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{C_{o\lambda}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2 + C_3} + \frac{1}{C_4}$$

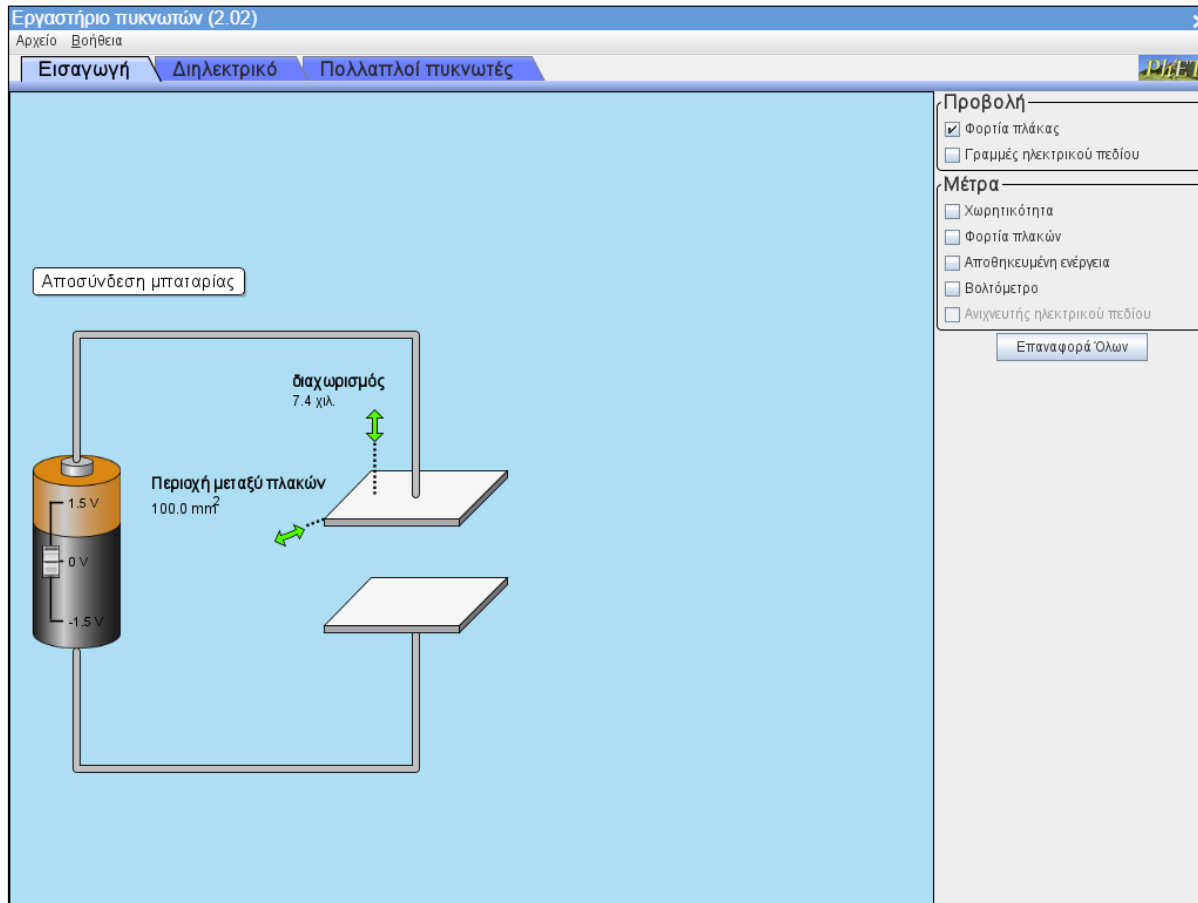
Συνδεσμολογίες Πυκνωτών

Συγκριτικός πίνακας συνδεσμολογίας πυκνωτών σε σειρά και παράλληλα

Παράλληλη συνδεσμολογία v πυκνωτών	Συνδεσμολογία v πυκνωτών σε σειρά
Όλοι οι πυκνωτές έχουν την ίδια τάση U	Όλοι οι πυκνωτές έχουν το ίδιο φορτίο
$U = U_1 = U_2 = \dots = U_v$	$Q_{ολ} = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_v$
Το συνολικό φορτίο μοιράζεται στους πυκνωτές: $Q_{ολ} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_v$	Η συνολική τάση μοιράζεται στους πυκνωτές: $U = U_1 + U_2 + \dots + U_v$
Υπολογισμός ισοδύναμης χωρητικότητας: $C_{ολ} = C_1 + C_2 + \dots + C_v$	Υπολογισμός ισοδύναμης χωρητικότητας: $\frac{1}{C_{ολ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_v}$
Αν v = 2 => $C_{ολ} = C_1 + C_2$	Αν v = 2 => $C_{ολ} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$
Η ισοδύναμη χωρητικότητα του κυκλώματος είναι μεγαλύτερη από όλες τις επιμέρους χωρητικότητες.	Η ισοδύναμη χωρητικότητα του κυκλώματος είναι μικρότερη από όλες τις επιμέρους χωρητικότητες.
Όσο περισσότερους πυκνωτές προσθέτουμε στο κύκλωμα, τόσο μεγαλύτερη γίνεται η ισοδύναμη χωρητικότητα.	Όσο περισσότερους πυκνωτές προσθέτουμε στο κύκλωμα, τόσο μικρότερη γίνεται η ισοδύναμη χωρητικότητα.

Συνδεσμολογίες Πυκνωτών

Κάντε κλικ στην παρακάτω εικόνα για να πειραματιστείτε στο **εικονικό εργαστήριο πυκνωτών** με την σύνδεση των ΠΥΚΝΩΤΩΝ (**3η καρτέλα**).



Συνδεσμολογίες Πυκνωτών

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ

Συνδεσμολογίες Πυκνωτών

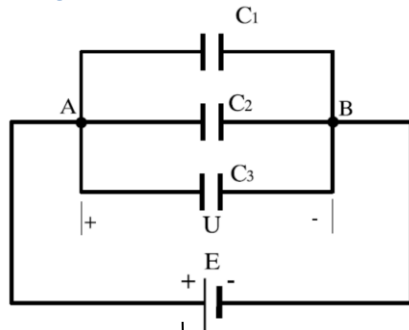
1. Τρεις πυκνωτές χωρητικότητας $C_1=4\mu\text{F}$, $C_2=8\mu\text{F}$ και $C_3=12\mu\text{F}$ συνδέονται παράλληλα σε πηγή πολικής τάσης $U=10\text{V}$. Να υπολογιστούν:

α) τη συνολική χωρητικότητα $C_{\text{ολ}}$ της συνδεσμολογίας των πυκνωτών.

β) Οι τάσεις U_1 , U_2 και U_3 στα άκρα των πυκνωτών χωρητικότητας C_1 , C_2 και C_3 αντίστοιχα.

γ) Το συνολικό φορτίο $Q_{\text{ολ}}$ των τριών πυκνωτών.

δ) Τα επιμέρους φορτία Q_1 , Q_2 και Q_3 των πυκνωτών χωρητικότητας C_1 , C_2 και C_3 αντίστοιχα, καθώς και το συνολικό φορτίο $Q_{\text{ολ}}$ των τριών πυκνωτών.



Δεδομένα

$$V=10\text{V}$$

$$C_1=2\text{mF}$$

$$C_2=6\text{mF}$$

$$C_3=3\text{mF}$$

$$C_4=4\text{mF}$$

Ζητούμενα

α) $C_{\text{ολ}}=;$

β) $U_1, U_2, U_3 = ;$

γ) $Q_{\text{ολ}} = ;$

δ) $Q_1, Q_2, Q_3 = ;$

ΛΥΣΗ:

α) $C_{\text{ολ}} = C_1 + C_2 + C_3 \Rightarrow C_{\text{ολ}} = 4\mu\text{F} + 8\mu\text{F} + 12\mu\text{F} \Rightarrow C_{\text{ολ}} = 24\mu\text{F}$

$$U_1 = U_2 = U_3 = U \Rightarrow U_1 = U_2 = U_3 = 10\text{V}$$

β) $C_{\text{ολ}} = \frac{Q_{\text{ολ}}}{U} \Rightarrow Q_{\text{ολ}} = C_{\text{ολ}} \cdot U \Rightarrow Q_{\text{ολ}} = 24\mu\text{F} \cdot 10\text{V} \Rightarrow Q_{\text{ολ}} = 240\mu\text{C}$

γ) $C_1 = \frac{Q_1}{U} \Rightarrow Q_1 = C_1 \cdot U \Rightarrow Q_1 = 4\mu\text{F} \cdot 10\text{V} \Rightarrow Q_1 = 40\mu\text{C}$

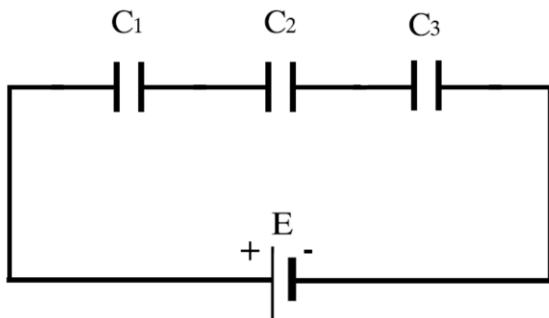
$$C_2 = \frac{Q_2}{U} \Rightarrow Q_2 = C_2 \cdot U \Rightarrow Q_2 = 8\mu\text{F} \cdot 10\text{V} \Rightarrow Q_2 = 80\mu\text{C}$$

$$C_3 = \frac{Q_3}{U} \Rightarrow Q_3 = C_3 \cdot U \Rightarrow Q_3 = 12\mu\text{F} \cdot 10\text{V} \Rightarrow Q_3 = 120\mu\text{C}$$

Συνδεσμολογίες Πυκνωτών

2. Τρεις πυκνωτές χωρητικότητας $C_1=6\mu\text{F}$, $C_2=3\mu\text{F}$ και $C_3=2\mu\text{F}$ συνδέονται σε σειρά σε πηγή πολικής τάσης $U=12\text{V}$. Να υπολογιστούν:

- α) τη συνολική χωρητικότητα $C_{\text{ολ}}$ της συνδεσμολογίας των πυκνωτών.
 β) Τα επιμέρους φορτία Q_1 , Q_2 και Q_3 των πυκνωτών χωρητικότητας C_1 , C_2 και C_3 αντίστοιχα, καθώς και το συνολικό φορτίο $Q_{\text{ολ}}$ των τριών πυκνωτών.
 γ) Οι τάσεις U_1 , U_2 και U_3 στα άκρα των πυκνωτών χωρητικότητας C_1 , C_2 και C_3 αντίστοιχα.



ΛΥΣΗ:

$$\alpha) \quad C_{1,2} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \Rightarrow C_{1,2} = \frac{6\mu\text{F} \cdot 3\mu\text{F}}{6\mu\text{F} + 3\mu\text{F}} \Rightarrow C_{1,2} = \frac{18(\mu\text{F})^2}{9\mu\text{F}} \Rightarrow C_{1,2} = 2\mu\text{F}$$

$$C_{\text{ολ}} = \frac{C_{1,2} \cdot C_3}{C_{1,2} + C_3} \Rightarrow C_{\text{ολ}} = \frac{2\mu\text{F} \cdot 2\mu\text{F}}{2\mu\text{F} + 2\mu\text{F}} \Rightarrow C_{\text{ολ}} = \frac{4(\mu\text{F})^2}{4\mu\text{F}} \Rightarrow C_{1,2} = 1\mu\text{F}$$

$$\beta) \quad C_{\text{ολ}} = \frac{Q_{\text{ολ}}}{U} \Rightarrow Q_{\text{ολ}} = C_{\text{ολ}} \cdot U \Rightarrow Q_{\text{ολ}} = 1\mu\text{F} \cdot 12\text{V} \Rightarrow Q_{\text{ολ}} = 12\mu\text{C}$$

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_{\text{ολ}} = Q \Rightarrow Q_1 = Q_2 = Q_3 = 12\mu\text{C}$$

$$\gamma) \quad C_1 = \frac{Q}{U_1} \Rightarrow U_1 = \frac{Q}{C_1} \Rightarrow U_1 = \frac{12\mu\text{C}}{6\mu\text{F}} \Rightarrow U_1 = 2\text{V}$$

$$C_2 = \frac{Q}{U_2} \Rightarrow U_2 = \frac{Q}{C_2} \Rightarrow U_2 = \frac{12\mu\text{C}}{3\mu\text{F}} \Rightarrow U_2 = 4\text{V}$$

$$C_3 = \frac{Q}{U_3} \Rightarrow U_3 = \frac{Q}{C_3} \Rightarrow U_3 = \frac{12\mu\text{C}}{2\mu\text{F}} \Rightarrow U_3 = 6\text{V}$$

Δεδομένα

Ζητούμενα

$$U=12\text{V}$$

$$C_1=6\mu\text{F}$$

$$C_2=3\mu\text{F}$$

$$C_3=2\mu\text{F}$$

$$\alpha) \quad C_{\text{ολ}} = ?$$

$$\beta) \quad Q_1, Q_2, Q_3, Q_{\text{ολ}} = ?$$

$$\gamma) \quad U_1, U_2, U_3 = ?$$

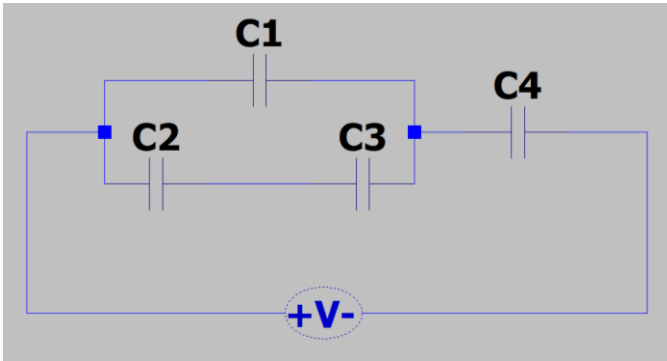
Συνδεσμολογίες Πυκνωτών

3. Στο παρακάτω κύκλωμα οι πυκνωτές έχουν τις εξής χωρητικότητες $C_1=2\text{mF}$, $C_2=6\text{mF}$, $C_3=3\text{mF}$, $C_4=4\text{mF}$. Στα άκρα της συνδεσμολογίας εφαρμόζεται τάση $V=20\text{V}$. Να υπολογίσετε:

α) τη συνολική χωρητικότητα $C_{o\lambda}$ της συνδεσμολογίας των πυκνωτών.

β) την τάση V_4 στα άκρα του πυκνωτή C_4 .

γ) την τάση V_1 στα άκρα του πυκνωτή C_1 .



ΛΥΣΗ:

$$\alpha) C_{2,3} = \frac{C_2 * C_3}{C_2 + C_3} = \frac{6 * 3}{6 + 3} = \frac{18}{9} = 2\text{mF}$$

$$C_{1,2,3} = C_1 + C_{2,3} = 2 + 2 = 4\text{mF}$$

$$C_{o\lambda} = \frac{C_{1,2,3} * C_4}{C_{1,2,3} + C_4} = \frac{4 * 4}{4 + 4} = \frac{16}{8} = 2\text{mF}$$

$$\beta) C_{o\lambda} = \frac{Q_{o\lambda}}{V} \rightarrow Q_{o\lambda} = C_{o\lambda} * V \rightarrow Q_{o\lambda} = 2\text{mF} * 20 = 40\text{mC}$$

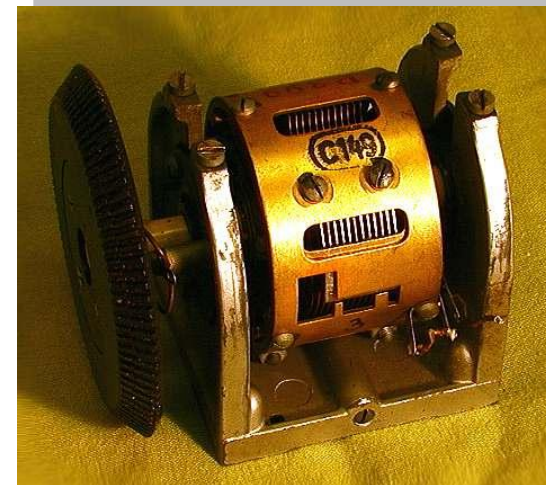
$$Q_4 = Q_{o\lambda} \rightarrow C_4 = \frac{Q_4}{V_4} \rightarrow V_4 = \frac{Q_4}{C_4} = \frac{40\text{mC}}{4\text{mF}} = 10\text{V}$$

$$\gamma) V_1 + V_4 = V \rightarrow V_1 = V - V_4 = 20\text{V} - 10\text{V} = 10\text{V}$$

Δεδομένα	Ζητούμενα
$V=20\text{V}$	α) $C_{o\lambda}=;$
$C_1=2\text{mF}$	β) $V_4 = ;$
$C_2=6\text{mF}$	γ) $V_1 = ;$
$C_3=3\text{mF}$	
$C_4=4\text{mF}$	

Πυκνωτές

Είδη Πυκνωτών



Πυκνωτές

Είδη Πυκνωτών

Οι πυκνωτές διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- **Σταθεροί πυκνωτές**

- Πυκνωτές χαρτιού
- Πυκνωτές μίκας
- Κεραμικοί πυκνωτές
- Πυκνωτές γυαλιού
- Πυκνωτές λαδιού
- Ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές (αλουμινίου, τανταλίου)

- **Μεταβλητοί πυκνωτές**

- Μεταβλητοί πυκνωτές αέρος
- Πυκνωτές τρίμερ (trimer)

Πυκνωτές

Χαρακτηριστικά Πυκνωτών

- Ονομαστική χωρητικότητα (μF , nF , pF)
- Ανοχή (% μέγιστη απόκλιση πραγματική τιμής χωρητικότητας από την ονομαστική)
- Ονομαστική τάση λειτουργίας (V , KV)
- Θερμοκρασιακά όρια λειτουργίας ($^{\circ}\text{C}$)
- Ωμική αντίσταση πυκνωτή στο DC ($\text{M}\Omega$)

Πυκνωτές

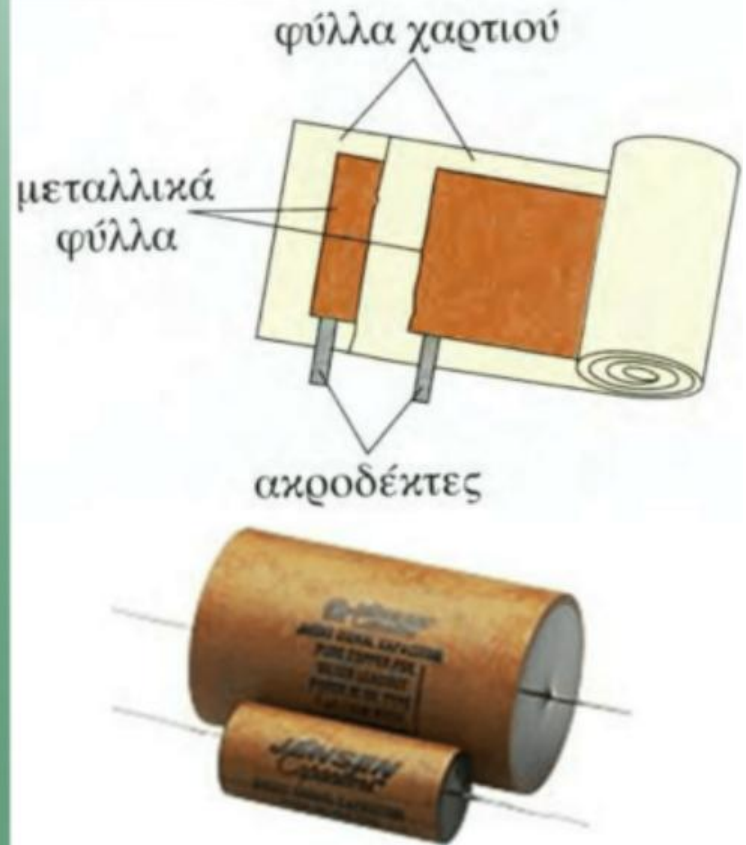
Χαρακτηριστικά Πυκνωτών

Είδος	Περιοχή χωρητικότητας	Ανώτατη τιμή της τάσης ονομαστικής λειτουργίας σε V	Ανώτατη τιμή της μέγι- στης θερμοκρασίας λειτουργίας, °C	Ανοχή, %	Ανώτατη τιμή αντίστασης μόνωσης, MΩ
Μίκας	1 pF-0.1 μF	50000	150	+0.25 έως +5	> 100 000
Επάργυρης μίκας	1 pF-0.1 μF	75000	125	+1 έως +20	1000
Χαρτιού	500 pF-50 μF	100000	125	+10 έως +20	100
Πολυστυρένιου	500 pF-10 μF	1000	85	+0.5	10000
Πολυανθρακικού	0.001-1 μF	600	140	+1	10000
Πολυεστέρος	5000 pF-10 μF	600	125	+10	10000
Κεραμικού					
Μικρής ϵ_r	1 pF-0.0001 μF	6000	125	+5 έως +20	1000
Μεγάλης ϵ_r	100 pF-2.2 μF	100	85	+100 έως -20	100
Γυαλιού	10 pF-0.15 μF	6000	125	+1 έως +20	>100000
Κενού	1-5000 μF	60000	85	+5	>100000
Αποθ/σης ενέργειας	0.5-250 μF	50000	100	+10 έως +20	100
Ηλεκτρολυτικοί:					
Αλουμινίου	1 μF-1 F	700	85	+ 100 έως -20	<1
Τανταλίου	0.001-1000 μF	100	125	+5έως +20	>1

Πυκνωτές

Πυκνωτές Χαρτιού

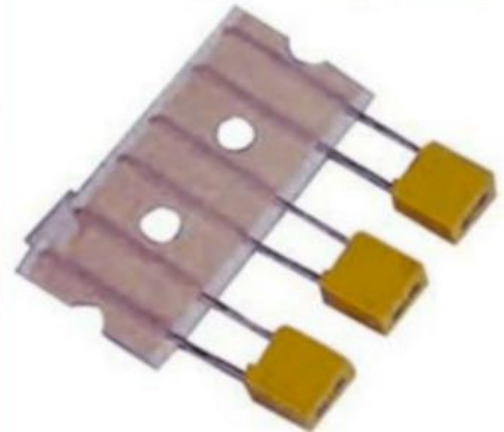
- Οι οπλισμοί κατασκευάζονται από λεπτά μεταλλικά φύλλα (αλουμίνιο, χαλκό, άργυρο) ή πλαστικά (πολυστερίνη) και μεταξύ τους τοποθετείται ως διηλεκτρικό, χαρτί εμποτισμένο με παραφίνη.
- Χρησιμοποιούνται μόνο σε κυκλώματα χαμηλών συχνοτήτων.



Πυκνωτές

Πυκνωτές Μίκας

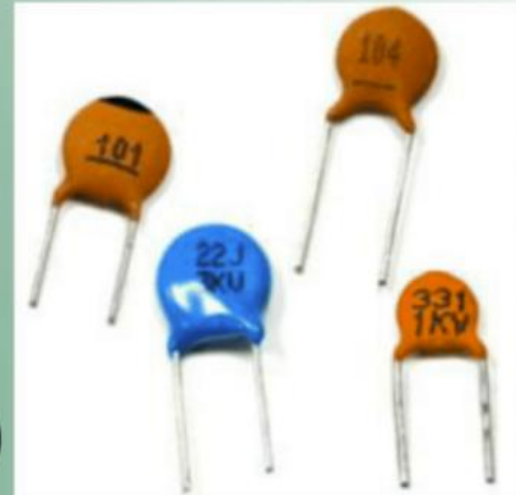
- Χρησιμοποιούν ως διηλεκτρικό υλικό τη μίκα (μαρμαρυγία).
- Λόγω των ασήμαντων απωλειών και της ελάχιστης παρασιτικής αυτεπαγωγής, είναι κατάλληλοι για χρήση σε κυκλώματα που απαιτείται μεγάλη σταθερότητα σε υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. σε κυκλώματα υψηλών συχνοτήτων).



Πυκνωτές

Κεραμικοί Πυκνωτές

- Χρησιμοποιούν ως διηλεκτρικό λεπτούς δίσκους από κεραμικό υλικό (πυριτιούχο μαγνήσιο).
- Είναι πολύ μικρών διαστάσεων και κατασκευάζονται σε πολλές μορφές (σωληνωτοί, σφαιρικοί, πλάκες, δίσκοι, κτλ)
- Χρησιμοποιούνται πολύ στις υψηλές συχνότητες (έως 10GHz).
- Η χωρητικότητα αναγράφεται κωδικοποιημένη (π.χ. 101=100pF, 331=330pF, 472=4700pF, 2n2=2,2nF)



Πυκνωτές

Πυκνωτές Γυαλιού

- Χρησιμοποιούν ως διηλεκτρικό το γυαλί.
- Χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα όπου απαιτείται μεγάλη σταθερότητα σε υψηλές θερμοκρασίες (διατάξεις ραδιοεκπομπών, συντονισμένα κυκλώματα, κτλ)
- Προσφέρουν χαμηλές χωρητικότητες (pf, nF), δεν αλλοιώνεται η απόδοσή τους με το πέρασμα του χρόνου, αλλά έχουν υψηλό κόστος.



Πυκνωτές

Πυκνωτές Λαδιού

- Χρησιμοποιούν ως διηλεκτρικό λάδι.
- Παρουσιάζουν θερμική σταθερότητα σε κυκλώματα μεγάλης ισχύος, υψηλή αξιοπιστία και αντέχουν σε υψηλά ρεύματα (π.χ. 80A) και τάσεις (π.χ. 2KV)
- Χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρονικά ισχύος, φίλτρα, κυκλώματα ελέγχου, κινητήρες, τροφοδοτικά, κυκλώματα υψηλών τάσεων, κτλ.



Πυκνωτές

Μεταβλητοί Πυκνωτές

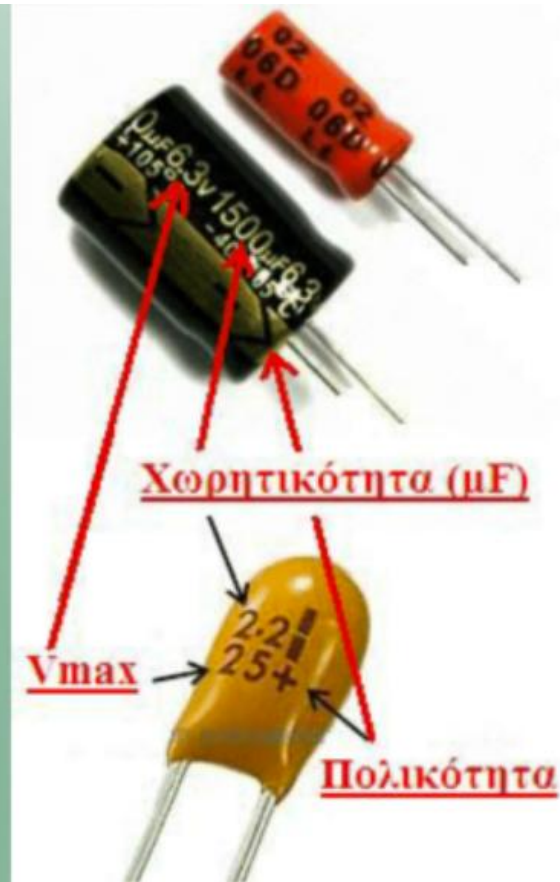
- Αποτελούνται από **κινητά** (rotor) και **ακίνητα** (stator) μεταλλικά ελάσματα με κοινό άξονα περιστροφής και έχουν ως διηλεκτρικό τον αέρα.
- Η χωρητικότητα μεταβάλλεται ανάλογα με το τμήμα της επιφάνειας των κινητών ελασμάτων που εισέρχονται στα κενά διαστήματα των σταθερών.
- Χρησιμοποιούνται για την μεταβολή συχνότητας (π.χ. στο tuner του ραδιοφώνου).



Πυκνωτές

Ρυθμιζόμενοι Πυκνωτές

- Η κατασκευή και η λειτουργία τους στηρίζεται στην ηλεκτρόλυση.
- Έχουν **πολικότητα** (+/-) και χρησιμοποιούνται μόνο σε **τάσεις DC**. Αν συνδεθούν ανάποδα, **καταστρέφονται**.
- Διακρίνονται σε ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές αλουμινίου και τανταλίου.
- Πάνω τους αναγράφονται η χωρητικότητα (μF), η μέγιστη τάση (V) και η πολικότητα.



Πυκνωτές

Ηλεκτρολυτικοί Πυκνωτές (trimmer)

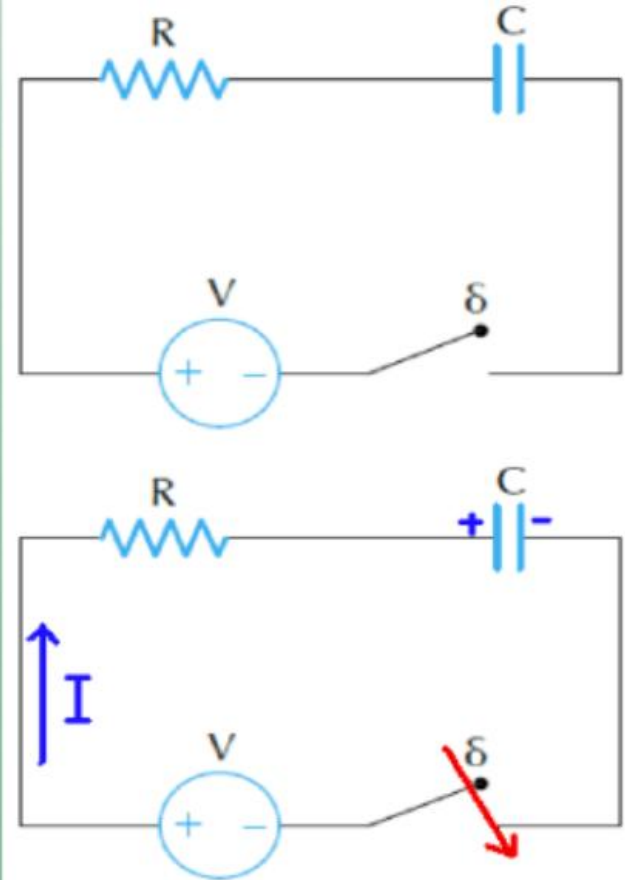
- Ο κινητός οπλισμός κινείται περιστροφικά με τη βοήθεια ενός κατσαβιδιού (από τεχνικό).
- Χρησιμοποιούνται στη μικρορύθμιση της χωρητικότητας ενός κυκλώματος και συνήθως συνδέονται παράλληλα ή σε σειρά με άλλους σταθερούς πυκνωτές.
- Σαν διηλεκτρικό χρησιμοποιείται πορσελάνη, μίκα ή πολυεστέρας.



Πυκνωτές

Κύκλωμα R-C σε σειρά (φόρτιση πυκνωτή)

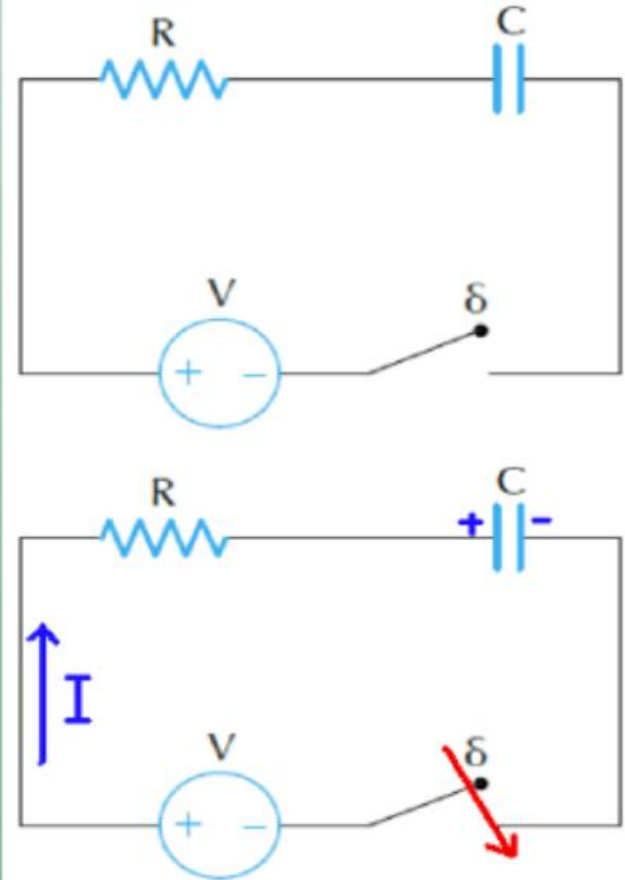
- Αρχικά ο διακόπτης είναι ανοικτός και ο πυκνωτής είναι **αφόρτιστος**.
- Μόλις κλείσει ο διακόπτης, ο πυκνωτής **φορτίζεται σταδιακά**.
- Όσο περισσότερο φορτίζει ο πυκνωτής, τόσο η ένταση του ρεύματος μειώνεται και τελικά μηδενίζεται μόλις ολοκληρωθεί η φόρτιση.



Πυκνωτές

Κύκλωμα R-C σε σειρά (φόρτιση πυκνωτή)

- Αρχικά ο διακόπτης είναι ανοικτός και ο πυκνωτής είναι **αφόρτιστος**.
- Μόλις κλείσει ο διακόπτης, ο πυκνωτής **φορτίζεται σταδιακά**.
- Όσο περισσότερο φορτίζει ο πυκνωτής, τόσο η ένταση του ρεύματος μειώνεται και τελικά μηδενίζεται μόλις ολοκληρωθεί η φόρτιση.



Πυκνωτές

Κύκλωμα R-C σε σειρά (φόρτιση πυκνωτή)

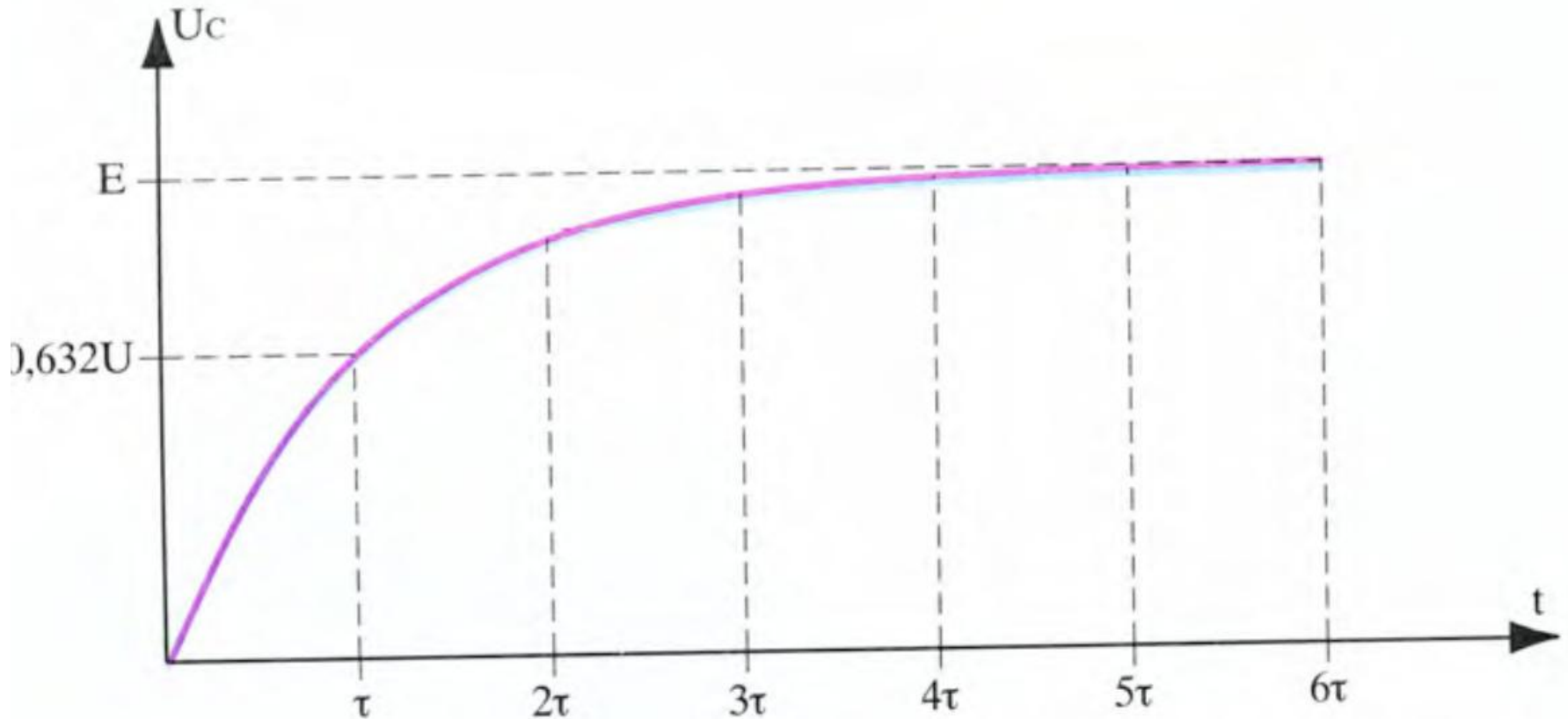
Σταθερά χρόνου $\tau=RC$

- Ο πυκνωτής φορτίζεται σταδιακά. Η τάση του γίνεται ίση με το 63,2% της τάσης της πηγής, ύστερα από χρόνο $\tau=R \cdot C$ (σταθερά χρόνου) από τη στιγμή που θα κλείσει ο διακόπτης. Ύστερα από χρόνο $5 \cdot \tau = 5 \cdot R \cdot C$, ο πυκνωτής έχει πρακτικά φορτίσει.
- Καθώς ο πυκνωτής φορτίζεται, το ρεύμα I σταδιακά μειώνεται, λόγω της απωστικής δύναμης των φορτίων στους οπλισμούς του πυκνωτή. Το ρεύμα πρακτικά μηδενίζεται μετά από χρόνο 5τ .
- Η σταθερά χρόνου 'τ' μετριέται σε **sec**.

Πυκνωτές

Κύκλωμα R-C σε σειρά (φόρτιση πυκνωτή)

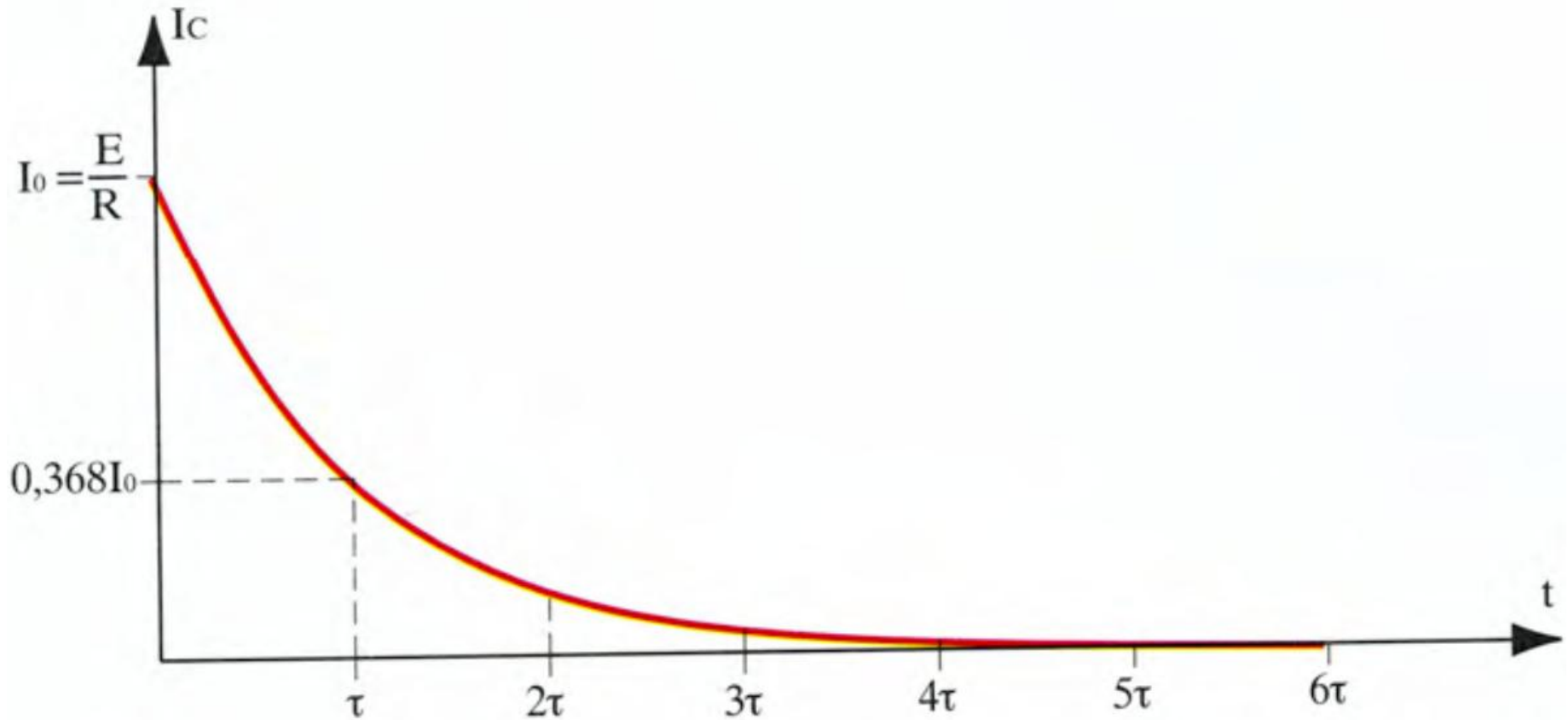
Χαρακτηριστική καμπύλη τάσης - χρόνου φόρτισης



Πυκνωτές

Κύκλωμα R-C σε σειρά (φόρτιση πυκνωτή)

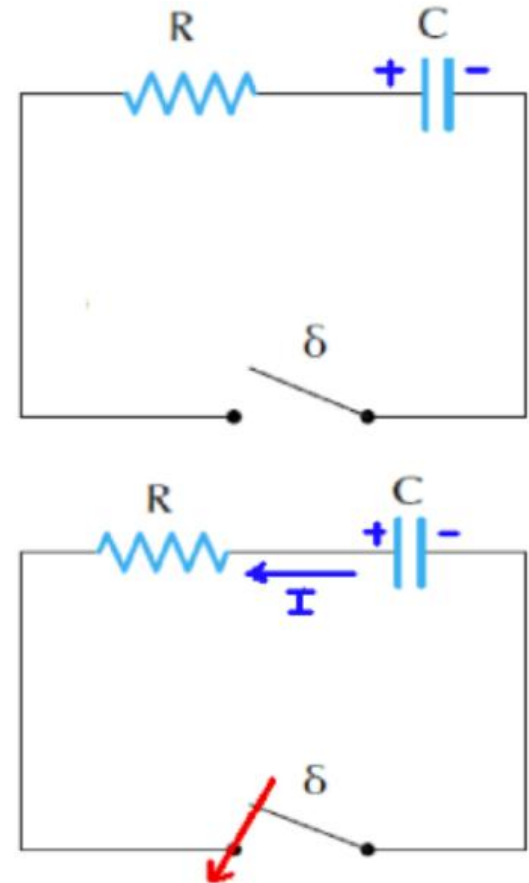
Χαρακτηριστική καμπύλη ρεύματος - χρόνου φόρτισης



Πυκνωτές

Κύκλωμα R-C σε σειρά (εκφόρτιση πυκνωτή)

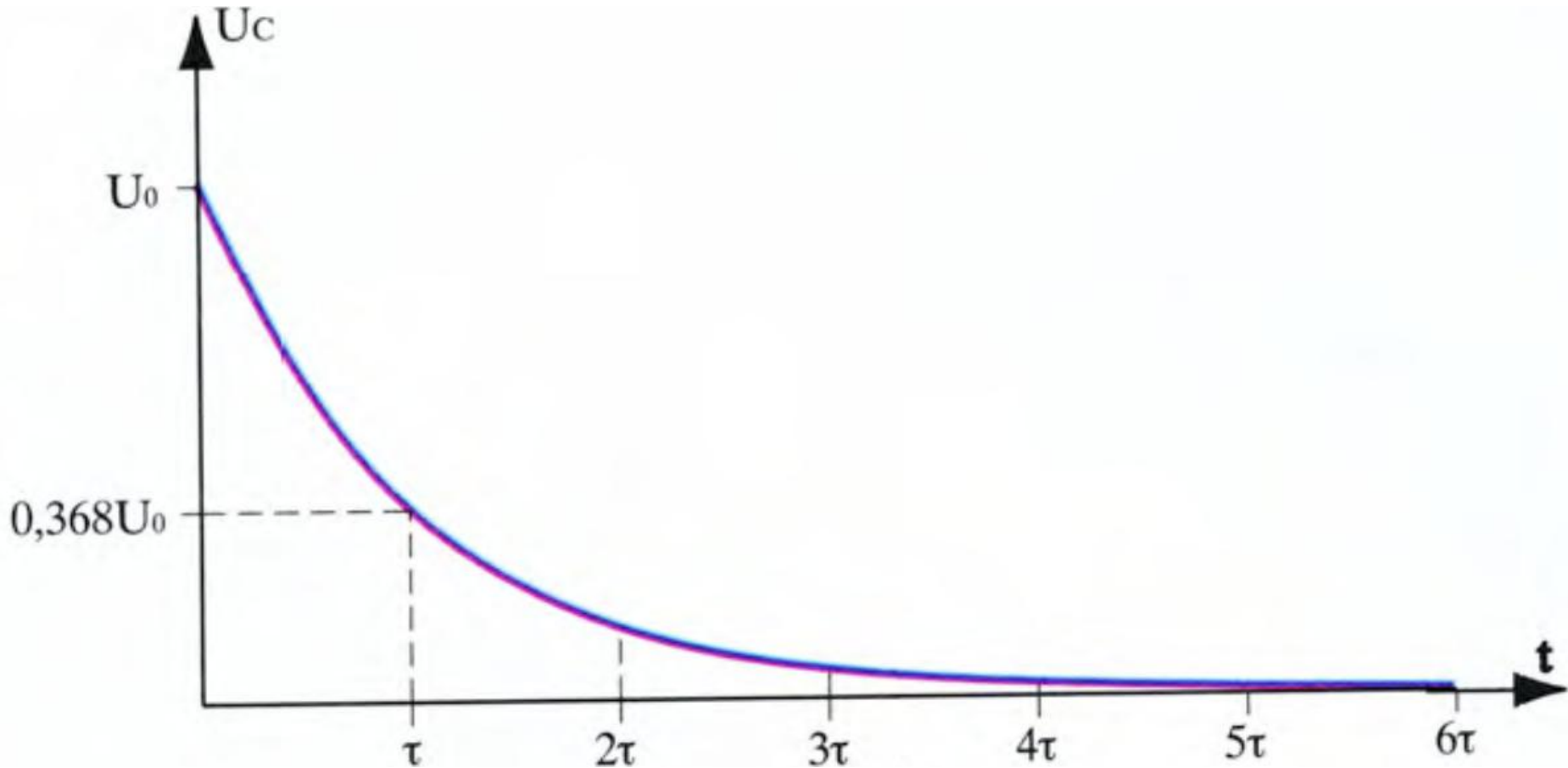
- Αρχικά ο διακόπτης είναι ανοικτός και ο πυκνωτής είναι **φορτισμένος**.
- Μόλις κλείσει ο διακόπτης, ο πυκνωτής **εκφορτίζεται σταδιακά**.
- Η τάση στα άκρα του πυκνωτή και η ένταση του ρεύματος μετά από χρόνο ' t ' μειώνονται στο 36,8% της αρχικής τιμής τους και μετά από χρόνο $5 \cdot t$ σχεδόν μηδενίζονται (ολοκλήρωση εκφόρτισης).



Πυκνωτές

Κύκλωμα R-C σε σειρά (εκφόρτιση πυκνωτή)

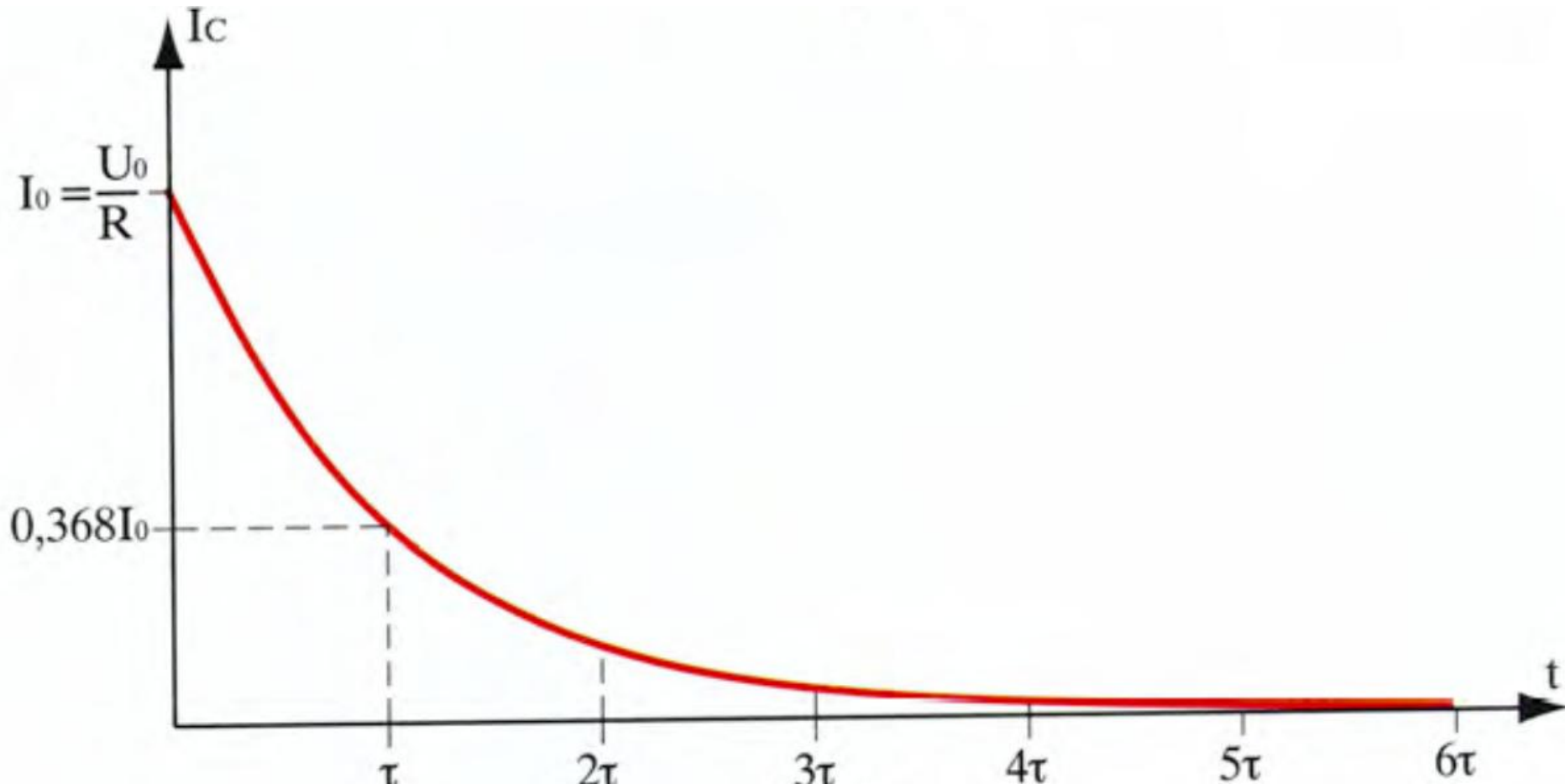
Χαρακτηριστική καμπύλη τάσης - χρόνου εκφόρτισης



Πυκνωτές

Κύκλωμα R-C σε σειρά (εκφόρτιση πυκνωτή)

Χαρακτηριστική καμπύλη ρεύματος - χρόνου εκφόρτισης



Πυκνωτές

Ερωτήσεις κατανόησης

Πυκνωτές

1. Ανάμεσα στους δύο οπλισμούς ενός πυκνωτή μπορεί να υπάρχει:

α. μέταλλο.

☒ β. μονωτικό υλικό.

γ. σίδηρος.

2. Οι πυκνωτές αποθηκεύουν:

☒ α. ηλεκτρόνια.

β. πρωτόνια.

γ. νετρόνια.

Πυκνωτές

3. Αν φορτίσουμε έναν πυκνωτή με μια μπαταρία 1,5V, τότε η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους οπλισμούς του πυκνωτή θα είναι:

α. 0V.

☒ β. 1,5V.

γ. 3V.

4. Συνήθως οι πυκνωτές αέρα χρησιμοποιούνται:

☒ α. στα ραδιόφωνα.

β. στα ρολόγια.

γ. στις κεραίες.

Πυκνωτές

5. Το φλας μιας φωτογραφικής μηχανής υποστηρίζεται από:

α. μια μπαταρία.

☒ β. έναν πυκνωτή.

γ. ένα μετασχηματιστή.

6. Η μονάδα μέτρησης της χωρητικότητας ενός πυκνωτή στο SI είναι:

α. Volt.

β. Coulomb.

☒ γ. Farad.

Πυκνωτές

7. Η κύρια διαφορά ανάμεσα σε έναν πυκνωτή και μια μπαταρία είναι ότι:

α. ο πυκνωτής μπορεί να αποθηκεύσει περισσότερα ηλεκτρόνια από μια μπαταρία.

β. ο πυκνωτής μπορεί να αποθηκεύσει το ίδιο φορτίο με μια μπαταρία, αλλά σε μικρότερο χώρο.

γ. ο πυκνωτής μπορεί να εκφορτιστεί γρηγορότερα από μια μπαταρία.

8. Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα f του εναλλασσόμενου ρεύματος που εφαρμόζεται στα άκρα ενός πυκνωτή, τόσο μικρότερη είναι:

α. η χωρητική αντίσταση του πυκνωτή.

β. Η χωρητικότητα του πυκνωτή.

γ. Ωμική αντίσταση του πυκνωτή.

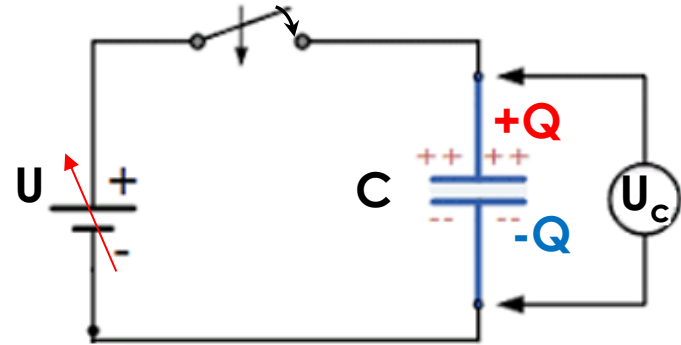
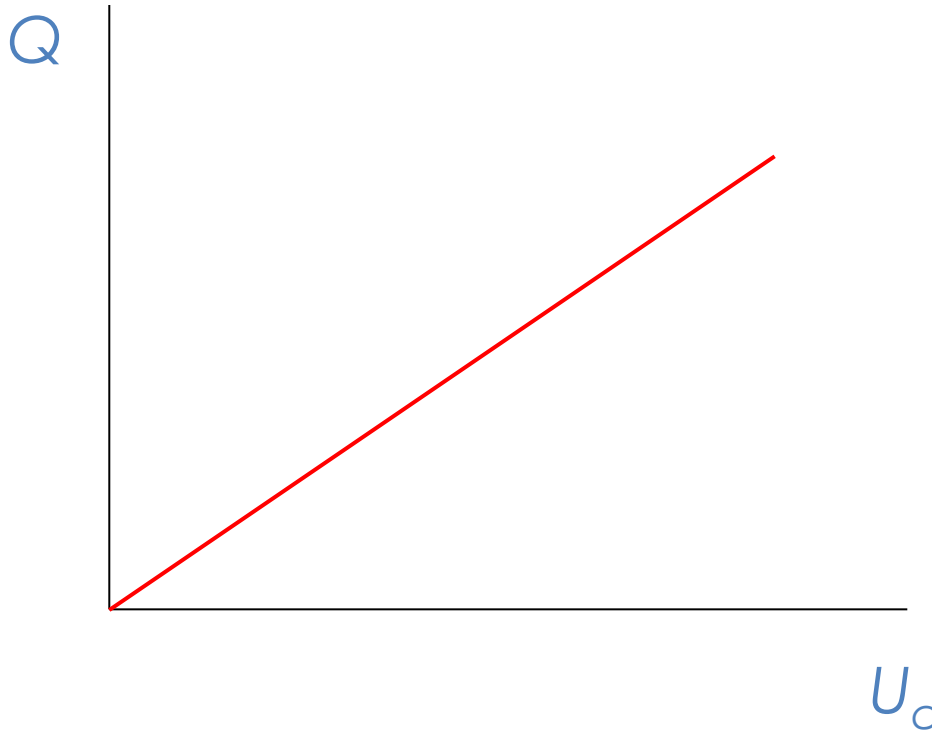
ΑΡΧΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ



...Τέλος Ενότητας

Πυκνωτές

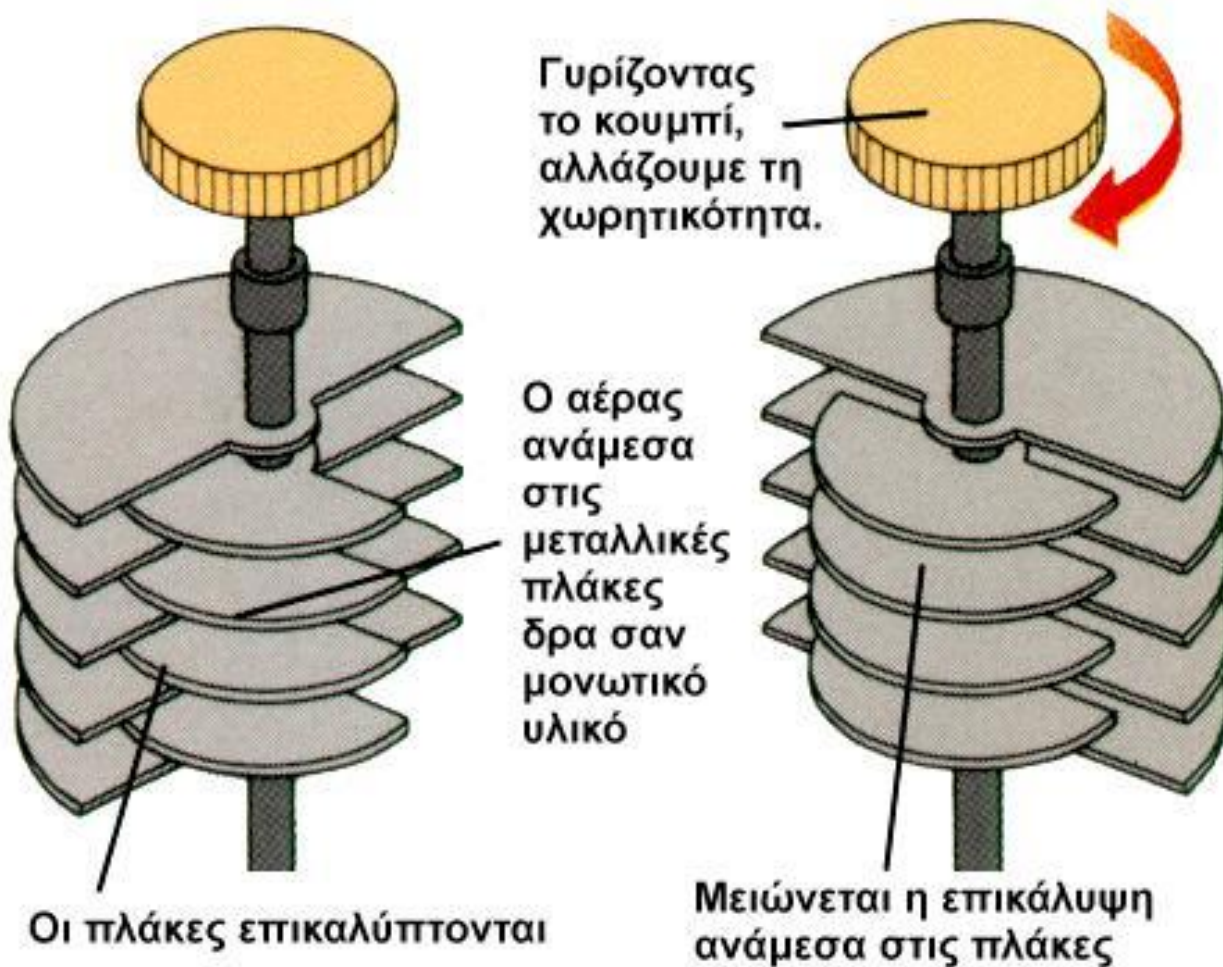
Χωρητικότητα πυκνωτή



Πυκνωτές

Είδη Πυκνωτών

Α. Πυκνωτές αέρα



Πυκνωτές

Είδη Πυκνωτών

Β. Πυκνωτές με στερεά διηλεκτρικά

Πυκνωτές ηλεκτρονικών κυκλωμάτων

Ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές

Πυκνωτές

Είδη Πυκνωτών

Β. Πυκνωτές με στερεά διηλεκτρικά

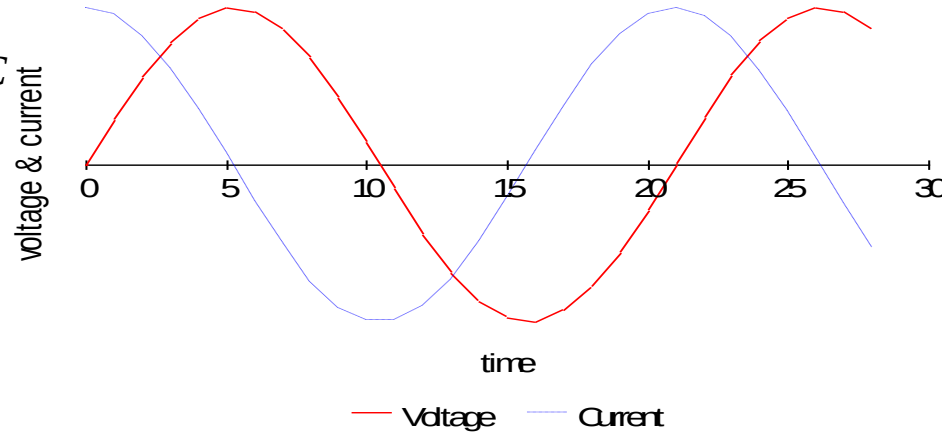
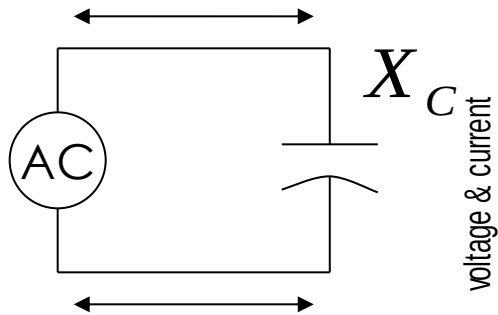


Πυκνωτές Ισχύος



Πυκνωτές

Ο Πυκνωτής στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα



$$I_C = \frac{U_C}{X_C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

Όπου X_C είναι η χωρητική αντίσταση του πυκνωτή σε Ω

Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα του πυκνωτή τόσο μικρότερη είναι η **χωρητική αντίσταση** του πυκνωτή.