

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Ηλεκτρική Ενέργεια (παράγραφοι 3.1 & 3.6)

Βασίλης Γαργανουράκης

Φυσική Γ' Γυμνασίου

<http://users.sch.gr/vgargan>

# Εισαγωγή

- Τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής ενέργειας είναι η εύκολη μεταφορά της σε μεγάλες αποστάσεις και η μετατροπή της σε άλλες μορφές ενέργειας
- Ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε άλλες μορφές ενέργειας:

- Θερμική (τοστιέρα)
- Φωτός (λαμπτήρες)
- Μηχανική (ροδέλα)
- Χημική (επαναφορτιζόμενες μπαταρίες)



- Σε αυτό το κεφάλαιο θα μελετήσουμε τα αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος σε σύνδεση με τις αντίστοιχες ενεργειακές μετατροπές.

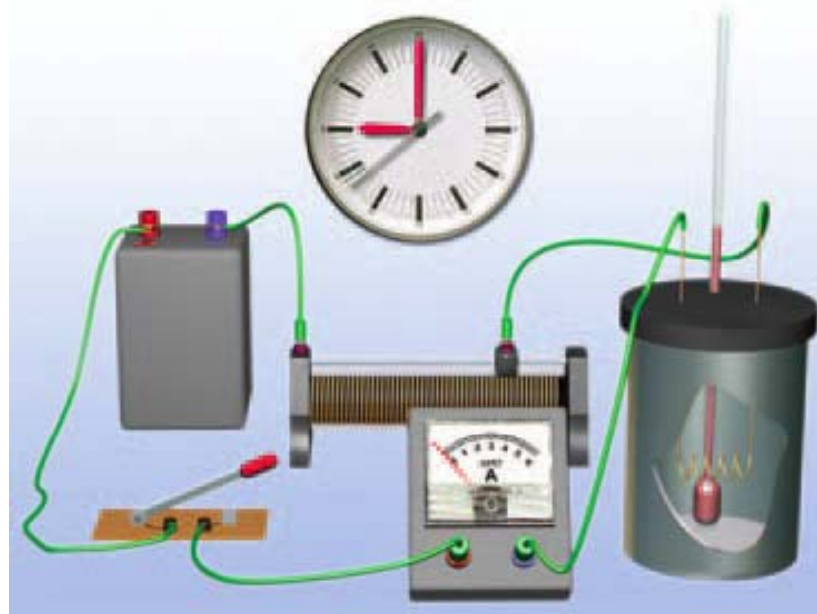
# Θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος

- Όταν ένας κοινός λαμπτήρας πυρακτώσεως λειτουργεί για αρκετό χρόνο θερμαίνεται.
- Γενικά, όταν από έναν αντιστάτη διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, η θερμοκρασία του αυξάνεται.
- Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η **θερμότητα που μεταφέρεται από τον αντιστάτη στο περιβάλλον του προέρχεται από την ηλεκτρική ενέργεια.**
- Το φαινόμενο αυτό το μελέτησε πρώτος ο Άγγλος φυσικός Τζάουλ (Joule), και γι' αυτό ονομάζεται **«φαινόμενο Τζάουλ»**



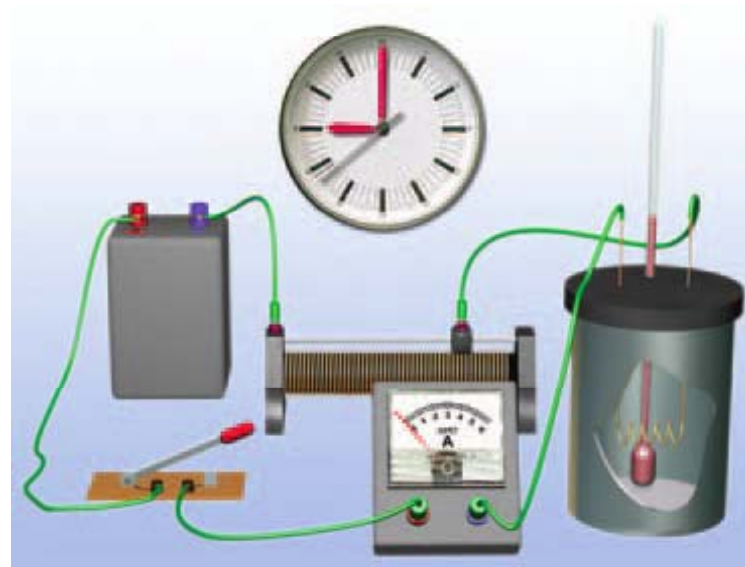
## Παράγοντες που εξαρτάται η θερμότητα που εκλύει ένας αντιστάτης

- Πως θα υπολογίσω τη θερμική ενέργεια (θερμότητα) που εκλύει ένας αντιστάτης  $R$  που διαρρέεται από ρεύμα  $I$  σε χρόνο  $\Delta t$ ;
- Σε δοχείο με θερμικά μονωμένα τοιχώματα και θερμόμετρο προσθέτουμε νερό. Στο νερό βυθίζουμε αντιστάτη  $R$  τα άκρα του οποίου τα συνδέουμε μέσω ροοστάτη σε ηλεκτρική πηγή.



# Πειραματική διάταξη για μέτρηση της Θερμότητας

- Κάθε φορά μετράω τη μεταβολή της θερμοκρασίας ( $\Delta\theta$ ) με το θερμόμετρο μεταβάλλοντας:
  - Την ένταση του ρεύματος ( $I$ ) με το ροοστάτη
  - Την τιμή της αντίστασης ( $R$ ) χρησιμοποιώντας διαφορετικές αντιστάσεις
  - Το χρονικό διάστημα ( $\Delta t$ ) με το χρονόμετρο



## Παράγοντες που εξαρτάται η θερμότητα που εκλύει ένας αντιστάτης

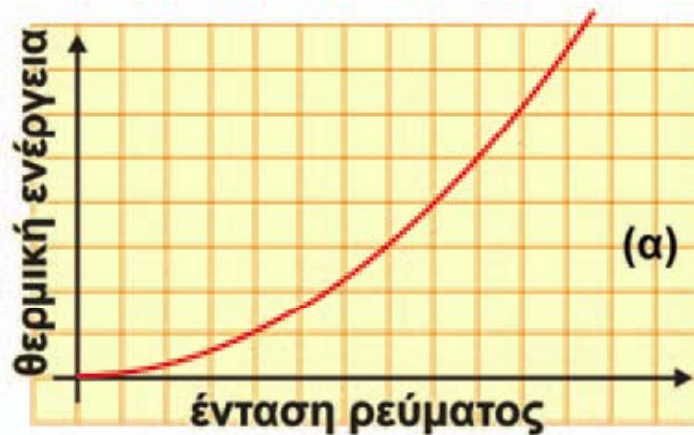
- Πως από την μεταβολή της θερμοκρασίας ( $\Delta\theta$ ) θα υπολογίσω τη θερμότητα ( $Q$ );
- Γνωρίζουμε ότι η ποσότητα θερμότητας ( $Q$ ) που μεταφέρεται σ' ένα σώμα συνδέεται με τη μάζα ( $m$ ) του σώματος και τη μεταβολή της θερμοκρασίας του ( $\Delta\theta$ ) με την **εξίσωση της θερμιδομετρίας**:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta\theta \qquad c = 4.200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

- Όπου  $m$  η μάζα του σώματος,  $c$  η ειδική θερμότητα του νερού και  $\Delta\theta$  η μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού ( $^\circ\text{C}$ )

## Παράγοντες που εξαρτάται η θερμότητα που εκλύει ένας αντιστάτης

- Ποια η σχέση **θερμότητας** με την **ένταση του ρεύματος**;
- Διατηρώντας σταθερά τα μεγέθη  **$\Delta t$**  και  **$R$**  καταγράφουμε τη μεταβολή της θερμοκρασίας ( **$\Delta\theta$** ) του νερού για διάφορες τιμές της έντασης του ρεύματος  **$I$**  που διαρρέει τον αντιστάτη
- Από τα πειραματικά δεδομένα που προκύπτουν διαπιστώνουμε ότι:

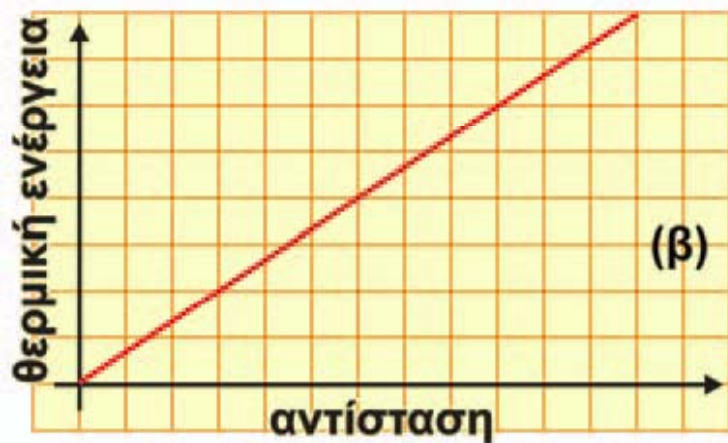


ΣΤΑΘΕΡΑ: $R, \Delta t$	
Ένταση Ηλ. Ρεύματος	Μεταβολή Θερμοκρασίας
$I$	$\Delta\theta$
$2 \cdot I$	$4 \cdot \Delta\theta$
$3 \cdot I$	$9 \cdot \Delta\theta$

- Η ποσότητα της θερμότητας ( $Q$ ) που εκλύεται είναι **ανάλογη του τετραγώνου** της έντασης του ηλ. ρεύματος.

## Παράγοντες που εξαρτάται η θερμότητα που εκλύει ένας αντιστάτης

- Ποια η σχέση **θερμότητας** με την **αντίσταση**;
- Διατηρώντας σταθερά τα μεγέθη  $\Delta t$  και  $I$  καταγράφουμε τη μεταβολή της θερμοκρασίας ( $\Delta\theta$ ) του νερού για διαφορετικές αντιστάσεις ( $R$ )
- Από τα πειραματικά δεδομένα που προκύπτουν διαπιστώνουμε ότι:



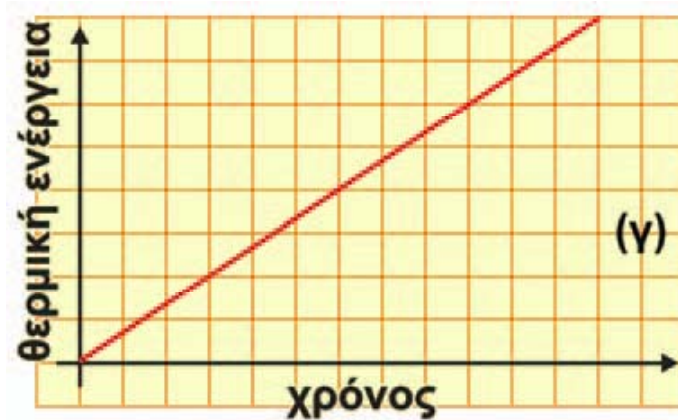
ΣΤΑΘΕΡΑ: $I, \Delta t$	
Αντίσταση	Μεταβολή Θερμοκρασίας
$R$	$\Delta\theta$
$2 \cdot R$	$2 \cdot \Delta\theta$
$3 \cdot R$	$3 \cdot \Delta\theta$

- η ποσότητα της θερμότητας ( $Q$ ) που εκλύεται είναι **ανάλογη** της αντίστασής του ( $R$ )



## Παράγοντες που εξαρτάται η θερμότητα που εκλύει ένας αντιστάτης

- Ποια η σχέση **θερμότητας** με το **χρόνο**;
- Διατηρώντας σταθερά τα μεγέθη **R** και **I** καταγράφουμε τη μεταβολή της θερμοκρασίας ( **$\Delta\theta$** ) του νερού για διαφορετικά χρονικά διαστήματα ( **$\Delta t$** )
- Από τα πειραματικά δεδομένα που προκύπτουν διαπιστώνουμε ότι:



ΣΤΑΘΕΡΑ: I, R	
Χρονικό Διάστημα	Μεταβολή Θερμοκρασίας
$\Delta t$	$\Delta\theta$
$2 \cdot \Delta t$	$2 \cdot \Delta\theta$
$3 \cdot \Delta t$	$3 \cdot \Delta\theta$

- η ποσότητα της θερμότητας (**Q**) που εκλύεται είναι **ανάλογη** του χρόνου διέλευσης του ηλ. ρεύματος

## Νόμος του Τζάουλ

- **Νόμος του Τζάουλ (Joule):** Η θερμότητα  $Q$  που μεταφέρεται από ένα αντιστάτη  $R$  προς το περιβάλλον, όταν από αυτόν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα σταθερής έντασης  $I$  σε χρονικό διάστημα  $\Delta t$  είναι:
  - **ανάλογη του τετραγώνου** της έντασης  $I$  του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη,
  - **ανάλογη** της αντίστασης  $R$  του αντιστάτη,
  - **ανάλογη** του χρόνου  $t$  διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος από τον αντιστάτη.
- **Νόμος του Τζάουλ (Joule):**  $Q = I^2 \cdot R \cdot \Delta t$ 
  - Όπου  $Q$  σε J (Joule),  $I$  σε A,  $R$  σε  $\Omega$ ,  $\Delta t$  σε sec

## Εφαρμογή

- Να υπολογίσετε τη θερμότητα **Q** που εκλύει στο περιβάλλον ένας αντιστάτης **R=10Ω** όταν διαρρέεται από ρεύμα έντασης **I=1A** σε χρόνο **Δt=1min**.
- Από **Νόμο του Τζάουλ** :

$$\begin{aligned} Q &= I^2 \cdot R \cdot \Delta t = (1A)^2 \cdot 10\Omega \cdot 1 \text{ min} = \\ &= 1A^2 \cdot 10\Omega \cdot (60 \text{ sec}) = \\ &= 600J \end{aligned}$$

## Νόμος του Τζάουλ

- Στον ίδιο χρόνο, πόση είναι η ηλεκτρική ενέργεια που δίνει η πηγή;

Ορισμός τάσης  $\Rightarrow E_{\text{Πηγής}} = V \cdot q$

Νόμος του Ohm  $\Rightarrow V = I \cdot R$

Ορισμός Ηλ. Ρεύματος  $\Rightarrow I = \frac{q}{\Delta t} \Rightarrow q = I \cdot \Delta t$

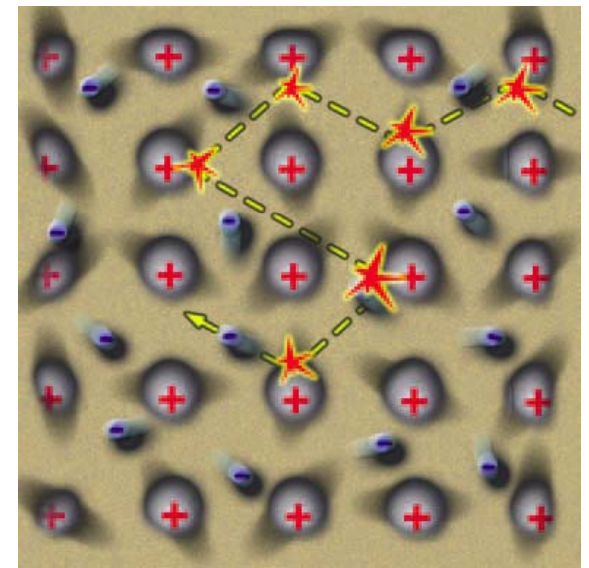
$$\Rightarrow E_{\text{Πηγής}} = (I \cdot R) \cdot (I \cdot \Delta t) \Rightarrow \boxed{E_{\text{Πηγής}} = I^2 \cdot R \cdot \Delta t}$$

–  $E_{\text{Πηγής}}$  σε J (Τζάουλ), το  $I$  σε A, το  $R$  σε  $\Omega$  και το  $\Delta t$  σε s.

- Παρατηρούμε ότι η Ηλ. ενέργεια = Θερμότητα. Άρα ένας αντιστάτης μετατρέπει την Ηλ. ενέργεια εξ' ολοκλήρου σε Θερμότητα.

## Ερμηνεία του φαινομένου Τζάουλ

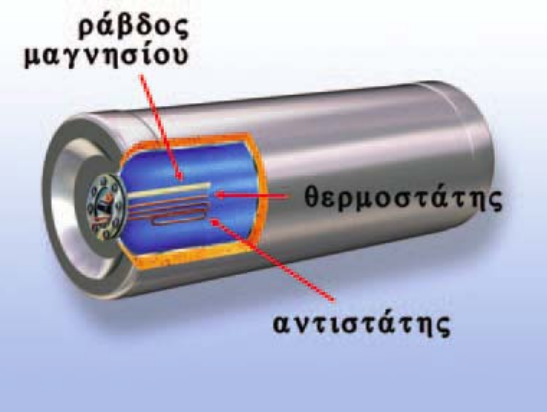
- Θα χρησιμοποιήσουμε την εικόνα που έχουμε διαμορφώσει για το μικρόκοσμο ενός μεταλλικού αγωγού:
- Ο **μεταλλικός αγωγός** αποτελείται από ένα πλέγμα ιόντων που κάνουν μικρές ταλαντώσεις σε τυχαίες διευθύνσεις γύρω από συγκεκριμένες θέσεις
- Η **θερμοκρασία του μετάλλου** σχετίζεται με την κινητική ενέργεια κυρίως των ιόντων του, λόγω της άτακτης κίνησής τους.
- Το **ηλεκτρικό ρεύμα** συνδέεται με την προσανατολισμένη κίνηση των ηλεκτρονίων κατά μήκος του σύρματος.



## Εφαρμογές του φαινομένου Τζάουλ

- **Λαμπτήρας πυρακτώσεως**
  - Αν η θερμοκρασία ενός μεταλλικού σύρματος αυξηθεί αρκετά, τότε το σύρμα φωτοβολεί.
  - Ένα μέρος της θερμικής ενέργειας μετατρέπεται σε φωτεινή.
  - Στο παραπάνω φαινόμενο, σε συνδυασμό με το φαινόμενο Τζάουλ, στηρίζεται η κατασκευή των λαμπτήρων πυρακτώσεως.
- **Ηλεκτρική κουζίνα και Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα**





## Εφαρμογές του φαινομένου Τζάουλ

- **Τηκόμενη ασφάλεια**

- Είναι πιθανό, λόγω βλάβης μιας συσκευής, οι δύο πόλοι μιας ηλεκτρικής πηγής να συνδεθούν μεταξύ τους με αγωγό πολύ μικρής αντίστασης. Μια τέτοια σύνδεση συχνά ονομάζεται **βραχυκύκλωμα**.
- Από νόμο του Ohm: μικρή αντίσταση ( $R$ ) συνεπάγεται μεγάλη ένταση ( $I$ ) ηλεκτρικού ρεύματος.
- Πιθανό λόγω υψηλής θερμοκρασίας να προκληθεί λιώσιμο των καλωδίων και καταστροφή της συσκευής.
- Για να προστατέψουμε τις συσκευές από ένα τέτοιο ενδεχόμενο, χρησιμοποιούμε τις ηλεκτρικές ασφάλειες.

## Θερμότητα και άλλες μορφές ενέργειας

- Παραπάνω είδαμε ότι σε ένας αντιστάτης μετατρέπει την Ηλ. ενέργεια εξ' ολοκλήρου σε Θερμότητα
  - Ισχύει: Ηλεκτρική ενέργεια = Θερμότητα.
- Σε άλλα στοιχεία όμως μόνο ένα μέρος της Ηλ. ενέργειας μετατρέπεται σε Θερμότητα.
  - Το υπόλοιπο μετατρέπεται σε άλλες μορφές ενέργειας.
  - Π.χ. στον κινητήρα μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια.
- Σε όλα τα ηλεκτρικά στοιχεία πάντα ένα μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα.





# Ενέργεια που μετατρέπει μια ηλεκτρική συσκευή

- Αν σε ένα κύκλωμα έχω στοιχεία που δεν είναι αντιστάτες, πόση είναι η ηλεκτρική ενέργεια που δίνει η πηγή;

Ορισμός τάσης  $\Rightarrow E_{\text{Πηγής}} = V \cdot q$

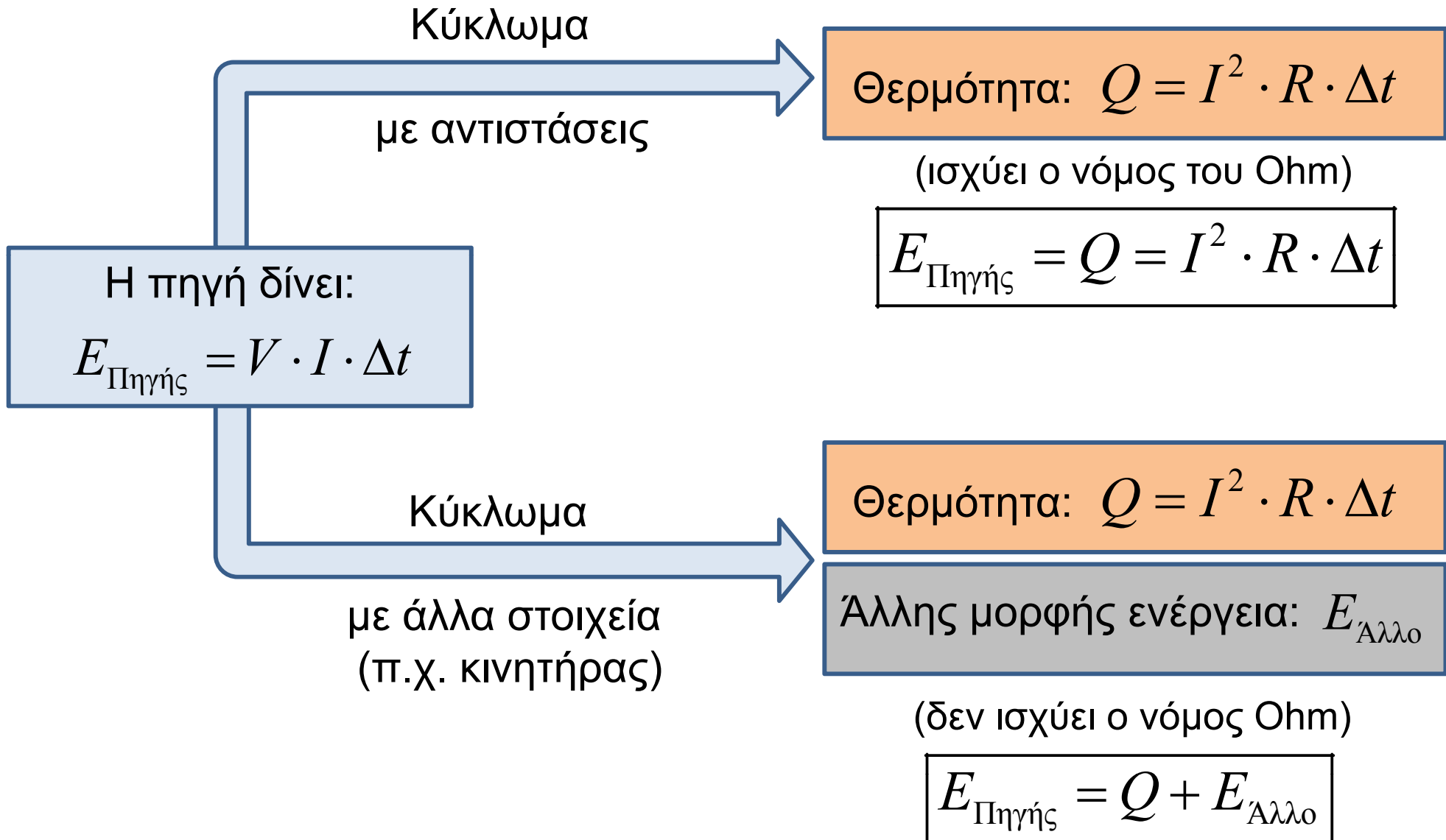
~~Νόμος του Ohm  $\Rightarrow V = I \cdot R$~~

Ορισμός Ηλ. Ρεύματος  $\Rightarrow I = \frac{q}{\Delta t} \Rightarrow q = I \cdot \Delta t$

$$\Rightarrow E_{\text{Πηγής}} = V \cdot (I \cdot \Delta t) \Rightarrow \boxed{E_{\text{Πηγής}} = V \cdot I \cdot \Delta t}$$

- Ηλεκτρικό ρεύμα έντασης 1 A μεταφέρει σε μια ηλεκτρική συσκευή ενέργεια ίση με 1 J όταν τη διαρρέει επί 1 s και η τάση που εφαρμόζεται στα άκρα της είναι 1 V.

## Συνοψίζοντας



## Εφαρμογή: Υπολογισμός Ηλεκτρικής Ενέργειας

(Άσκηση 8 σελ 85)

- Συνδέουμε τους πόλους κινητήρα με ηλεκτρική πηγή σταθερής τάσης 12 V, οπότε η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που τον διαρρέει είναι 2 A. Ο κινητήρας αποδίδει σε ένα λεπτό μηχανική ενέργεια 1.000 J.
  - Να υπολογίσεις την ηλεκτρική ενέργεια που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα στον κινητήρα σε χρόνο ενός λεπτού.

$$E_{\text{Πηγής}} = V \cdot I \cdot \Delta t = 12V \cdot 2A \cdot 60\text{sec} = 1440J$$

## Εφαρμογή

- Πόση θερμότητα μεταφέρεται από τον κινητήρα στο περιβάλλον στον ίδιο χρόνο.
  - Αφού δεν γνωρίζουμε την αντίσταση  $R$  δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον τύπο  $Q = I^2 \cdot R \cdot \Delta t$

$$E_{\text{Πηγής}} = Q + W \Rightarrow$$

$$Q = E_{\text{Πηγής}} - W = 1440J - 1000J = 440J$$

- Να υπολογίσεις την απόδοση του κινητήρα.

- Απόδοση ενός κινητήρα  $\alpha$  ονομάζεται το πηλίκο  $a = \frac{W}{E_{\text{Πηγής}}}$  και ισχύει  $0 \leq a \leq 1$

$$a = \frac{W}{E_{\text{Πηγής}}} = \frac{1000J}{1440J} = 0,69$$

# Ηλεκτρική Ισχύ

- Στις πρακτικές εφαρμογές ο τύπος  $E_{\text{Ηλεκτρική}} = V \cdot I \cdot \Delta t$  δεν βολεύει γιατί πρέπει κάθε φορά να υπολογίζω τον χρόνο που λειτουργεί μια συσκευή.
- Εισάγουμε το φυσικό μέγεθος ισχύς: **Ισχύς είναι η ενέργεια που καταναλώνει μια συσκευή (E) σε ορισμένο χρονικό διάστημα προς το χρονικό διάστημα αυτό ( $\Delta t$ )**

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$

- Μονάδα μέτρησης στο S.I. είναι το **1 Watt (βατ)**: Μία συσκευή καταναλώνει ισχύ 1 Watt όταν καταναλώνει ενέργεια 1 Joule σε χρονικό διάστημα 1 sec

# Από την Ηλεκτρική Ενέργεια στη Ηλεκτρική Ισχύ

- Με την εισαγωγή της ισχύος οι τύποι που μάθαμε γίνονται:
  - Ισχύς Ηλεκτρικού ρεύματος που δίνει η πηγή

$$P_{\text{Πηγής}} = \frac{E_{\text{Πηγής}}}{\Delta t} = \frac{V \cdot I \cdot \cancel{\Delta t}}{\cancel{\Delta t}} \Rightarrow \boxed{P_{\text{Πηγής}} = V \cdot I}$$

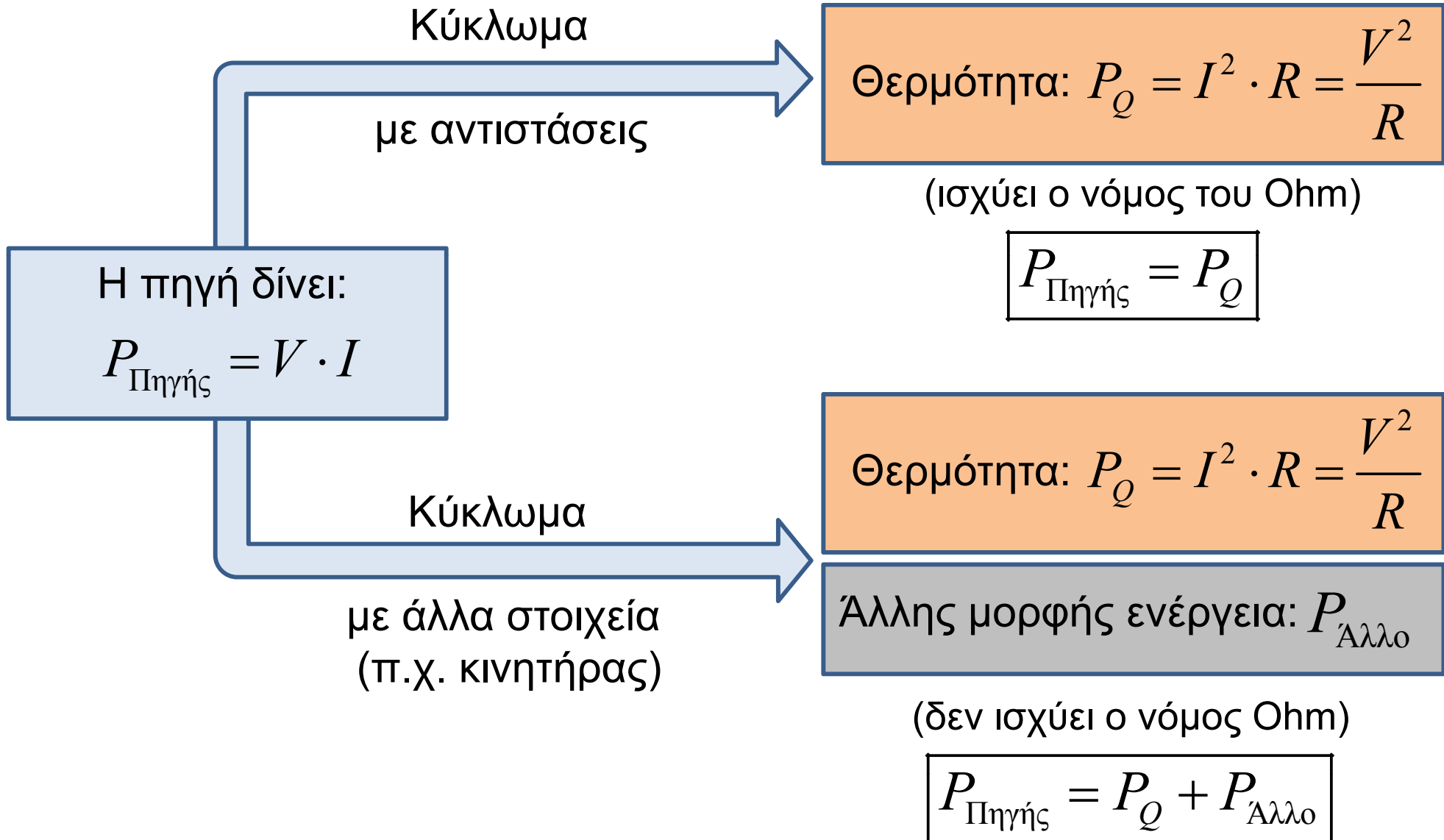
- Ισχύς Ηλεκτρικού ρεύματος που γίνεται θερμότητα:

$$P_Q = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{I^2 \cdot R \cdot \cancel{\Delta t}}{\cancel{\Delta t}} \Rightarrow \boxed{P_Q = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R}}$$

- Ισχύς σε άλλη μορφή ενέργειας:

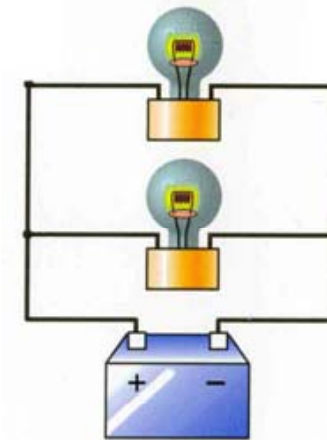
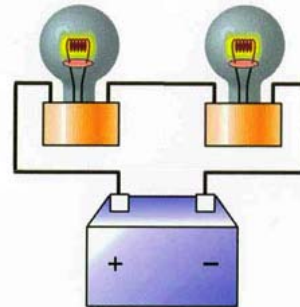
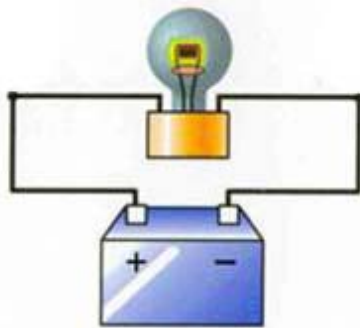
$$\boxed{P_{\text{Άλλο}} = \frac{E_{\text{Άλλο}}}{\Delta t}}$$

## Συνοψίζοντας



## Εφαρμογή: Σύγκριση ισχύος κυκλωμάτων

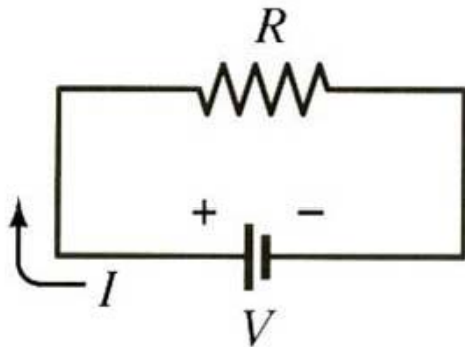
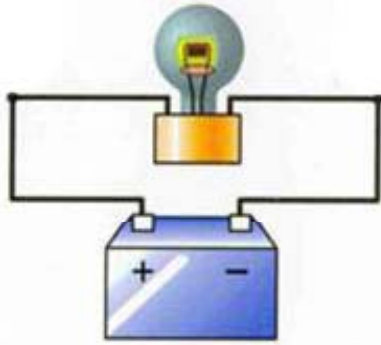
- Τα παρακάτω κυκλώματα έχουν όμοια λαμπάκια ( $R=3\Omega$ ) και όμοιες μπαταρίες ( $V=12V$ ). Να βρείτε με ποια σειρά θα τελειώσουν οι μπαταρίες.



- Για να βρω τη σειρά που θα τελειώσουν οι μπαταρίες πρέπει να υπολογίσω την ισχύ που καταναλώνουν
  - Όποια καταναλώνει την περισσότερη ισχύ θα τελειώσει πρώτη.



## Ισχύς σε απλό κύκλωμα

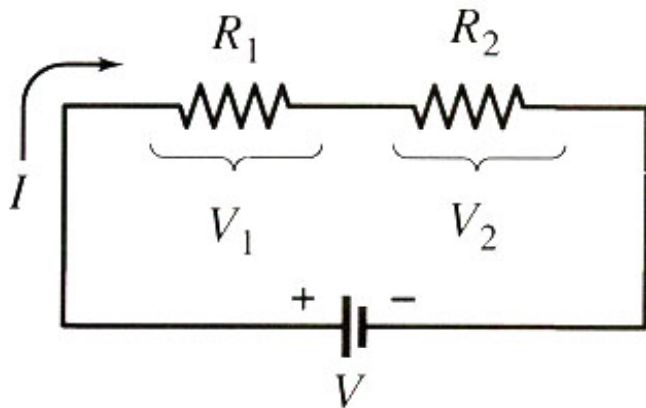
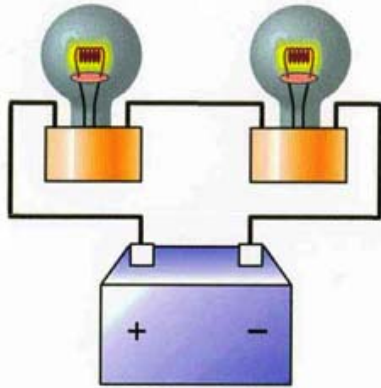


$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(12V)^2}{3\Omega} = \frac{144V^2}{3\Omega} = 48W$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12V}{3\Omega} = 4A$$

$$P = I^2 \cdot R = (4A)^2 \cdot 3\Omega = 16A^2 \cdot 3\Omega = 48W$$

## Ισχύς στη σε σειρά σύνδεση



$$R_{\text{ολ}} = R_1 + R_2 = 3\Omega + 3\Omega = 6\Omega$$

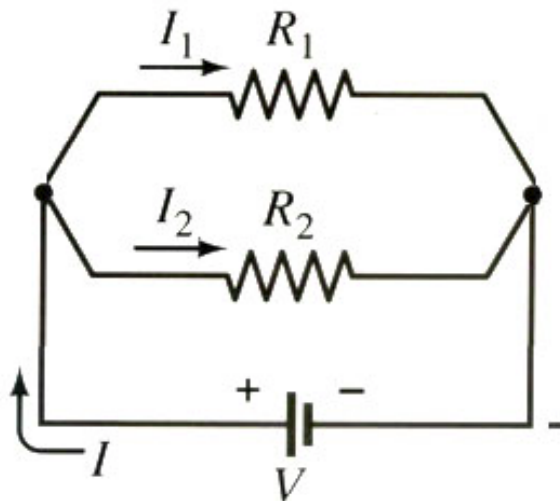
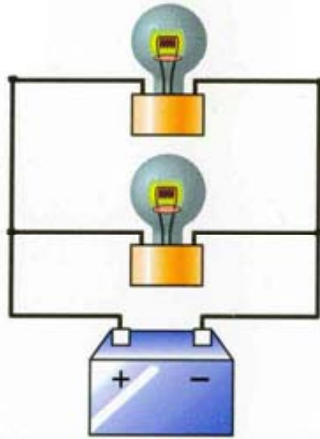
$$P_{\text{ολ}} = \frac{V^2}{R_{\text{ολ}}} = \frac{(12V)^2}{6\Omega} = \frac{144V^2}{6\Omega} = 24W = P_1 + P_2$$

$$I = \frac{V}{R_{\text{ολ}}} = \frac{12V}{6\Omega} = 2A$$

$$P_1 = I^2 \cdot R_1 = (2A)^2 \cdot 3\Omega = 4A^2 \cdot 3\Omega = 12W$$

$$P_2 = I^2 \cdot R_2 = (2A)^2 \cdot 3\Omega = 4A^2 \cdot 3\Omega = 12W$$

## Ισχύς στην παράλληλη σύνδεση



$$R_{ολ} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3\Omega \cdot 3\Omega}{3\Omega + 3\Omega} = \frac{9\Omega^2}{6\Omega} = 1,5\Omega$$

$$I_1 = I_2 = \frac{V}{R} = \frac{12V}{3\Omega} = 4A$$

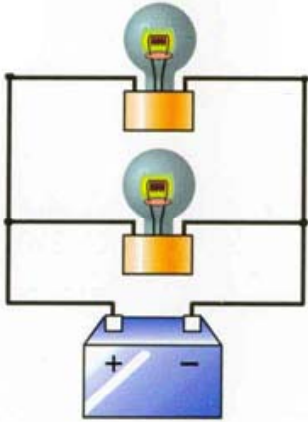
$$P_{ολ} = V \cdot I = 12V \cdot 4A = 96W = P_1 + P_2$$

$$P_1 = I^2 \cdot R_1 = (4A)^2 \cdot 3\Omega = 16A^2 \cdot 3\Omega = 48W$$

$$P_2 = I^2 \cdot R_2 = (4A)^2 \cdot 3\Omega = 16A^2 \cdot 3\Omega = 48W$$

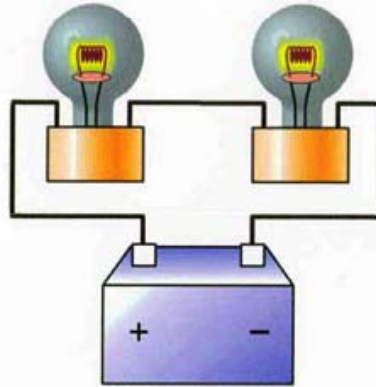
- Οι λάμπες φωτοβολούν περισσότερο στην παράλληλη σειρά.

## Αποτελέσματα



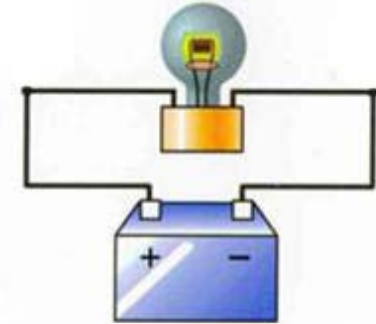
$$P_{ολ} = 96W$$

$$I_1 = I_2 = 4A$$



$$P_{ολ} = 24W$$

$$I = 2A$$



$$P = 48W$$

$$I = 4A$$

- Με ποια σειρά θα τελειώσουν οι μπαταρίες;
  - Παράλληλη, Απλό κύκλωμα, Σε σειρά
- Που θα φωτοβολούν περισσότερο οι λαμπτήρες;
  - Παράλληλη και Απλό κύκλωμα το ίδιο, Σε σειρά

## Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας

- Ο ηλεκτρικός μετρητής του σπιτιού μας μετράει:
  - Την Ενέργεια; Την ισχύ; Τα ηλεκτρόνια;
- Μετράει την **ηλεκτρική ενέργεια** που προσφέρει η ΔΕΗ στις ηλεκτρικές συσκευές του σπιτιού μας.
  - Τα ηλεκτρόνια υπάρχουν στα καλώδια της ηλεκτρικής εγκατάστασης του σπιτιού μας.
- Ο λογαριασμός της ΔΕΗ αντιστοιχεί στο κόστος της **ηλεκτρικής ενέργειας** που χρησιμοποιήθηκε για τη λειτουργία των συσκευών και όχι στην **ισχύ** τους.

## Κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας

- Όμως το Τζάουλ είναι μια μικρή ποσότητα ενέργειας.
  - Οι εταιρείες μετρούν την ηλεκτρική ενέργεια που παρέχουν σε μια άλλη μονάδα που λέγεται **κιλοβατώρα (kWh)**.
- **Μια κιλοβατώρα (1 kWh) είναι ίση με την ενέργεια που καταναλώνεται από μια συσκευή ισχύος 1 kW (1000 W) όταν λειτουργεί για μια ώρα.**
  - Παράδειγμα: Ένας λαμπτήρας ισχύος 100 W όταν λειτουργεί για 10 ώρες καταναλώνει ενέργεια 1 kWh.