

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ηλεκτρικό Ρεύμα

Μέρος 1^ο

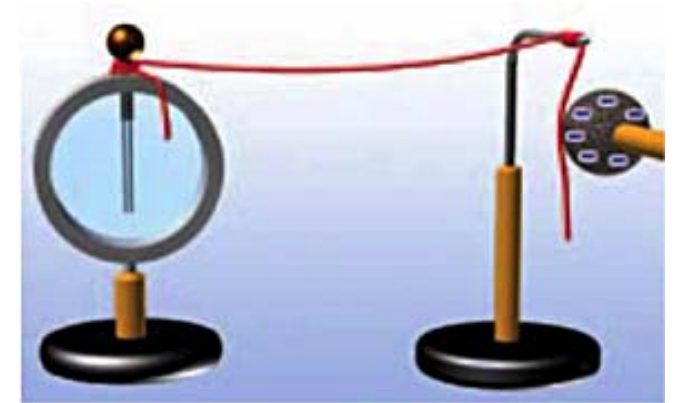
Βασίλης Γαργανουράκης
Φυσική Γ' Γυμνασίου

Εισαγωγή

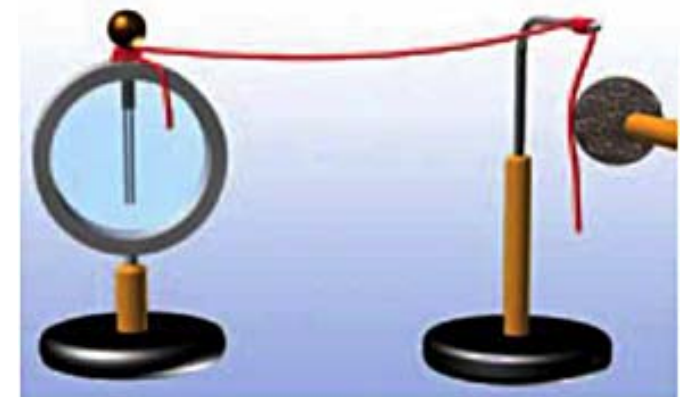
- Στο προηγούμενο κεφάλαιο μελετήσαμε τις αλληλεπιδράσεις των στατικών (ακίνητων) ηλεκτρικών φορτίων.
- Σε αυτό το κεφάλαιο θα μελετήσουμε τα κινούμενα ηλεκτρικά φορτία δηλ. **το ηλεκτρικό ρεύμα**.
- Επίσης θα μελετήσουμε την εφαρμογή του ηλεκτρικού ρεύματος για την κατασκευή **ηλεκτρικών κυκλωμάτων**.

Πείραμα

Αγγίζουμε το άκρο του πλαστικού νήματος με μια αρνητικά φορτισμένη σφαίρα: τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου μένουν κλειστά.



Αγγίζουμε το άκρο του σύρματος με μια αφόρτιστη σφαίρα: τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου μένουν κλειστά.



Αγγίζουμε το άκρο του σύρματος με μια αρνητικά φορτισμένη σφαίρα: τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου απωθούνται και ανοίγουν.

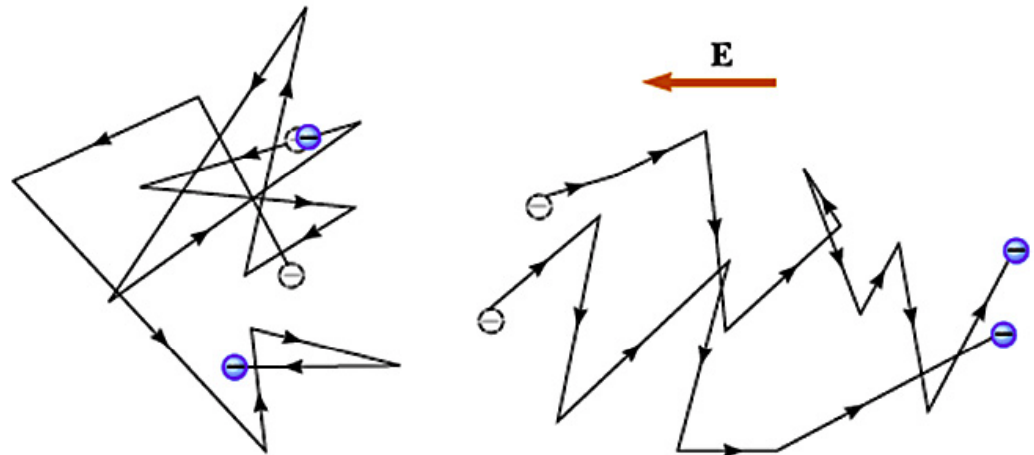


Κίνηση Ηλεκτρονίων

- Συνεπώς για να κινηθούν τα ηλεκτρικά φορτία υπάρχουν δύο προϋποθέσεις
 - Τα ηλεκτρόνια να είναι ελεύθερα να κινηθούν. Γι' αυτό πρέπει να χρησιμοποιήσουμε **αγωγούς**.
 - Κάποια δύναμη για να τα κινήσει. Γι' αυτό πρέπει να δημιουργήσουμε ένα ηλεκτρικό πεδίο μέσα στον αγωγό ώστε να τους ασκήσει δύναμη.

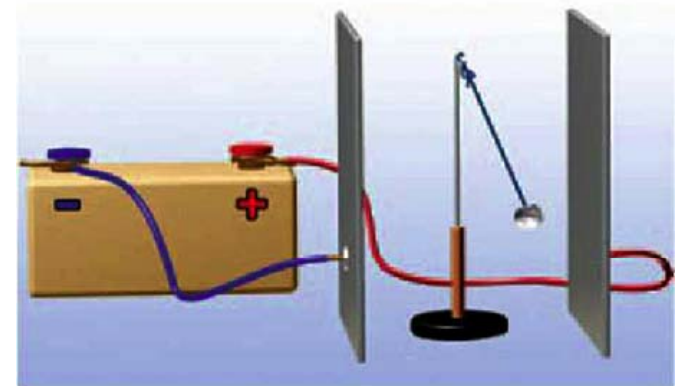
Ηλεκτρικό Ρεύμα

- **Ηλεκτρικό ρεύμα ονομάζουμε την προσανατολισμένη κίνηση των ηλεκτρονίων ή γενικότερα των φορτισμένων σωματιδίων.**
 - Χωρίς την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου τα ηλεκτρόνια κινούνται τυχαία μέσα στον αγωγό.
 - Με την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου κάνουν **προσανατολισμένη κίνηση.**



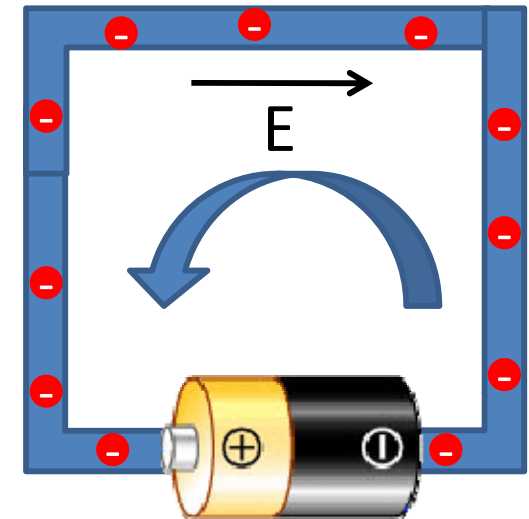
Ηλεκτρική πηγή

- Για να δημιουργήσουμε ηλεκτρικό πεδίο στο εσωτερικό ενός αγωγού χρησιμοποιούμε μια **ηλεκτρική πηγή** (μπαταρία, γεννήτρια κτλ).
 - Σε κάθε **ηλεκτρική πηγή** υπάρχουν δύο αντίθετα ηλεκτρισμένες περιοχές τις οποίες ονομάζουμε **ηλεκτρικούς πόλους**.
 - Μεταξύ του θετικού και του αρνητικού πόλου κάθε ηλεκτρικής πηγής δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο.



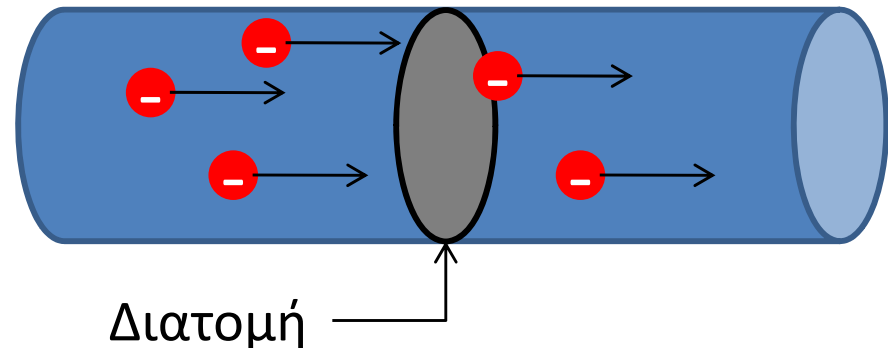
Ηλεκτρική πηγή

- Όταν συνδέσουμε τους δύο πόλους μιας μπαταρίας με σύρμα
 - στο εσωτερικό του σύρματος δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο
 - στα ελεύθερα ηλεκτρόνια ασκείται ηλεκτρική δύναμη και η κίνησή τους προσανατολίζεται από την κατεύθυνση της δύναμης.
 - Έτσι αυτά κινούνται από τον αρνητικό προς το θετικό πόλο και στο μεταλλικό αγωγό εμφανίζεται προσανατολισμένη κίνηση ηλεκτρονίων, δηλαδή ηλεκτρικό ρεύμα.



Ένταση Ηλεκτρικού Ρεύματος

- Πως μπορούμε να μετρήσουμε την ποσότητα του ηλεκτρικού ρεύματος;
 - Μετρώντας τον αριθμό των ηλεκτρονίων που διέρχονται από μια διατομή του σύρματος του στη μονάδα του χρόνου.
 - Αντί να μετρήσουμε τον αριθμό των ηλεκτρονίων, αρκεί να μετρήσουμε το ολικό φορτίο που μεταφέρουν καθώς κινούνται κατά μήκος ενός αγωγού.



Ένταση Ηλεκτρικού Ρεύματος

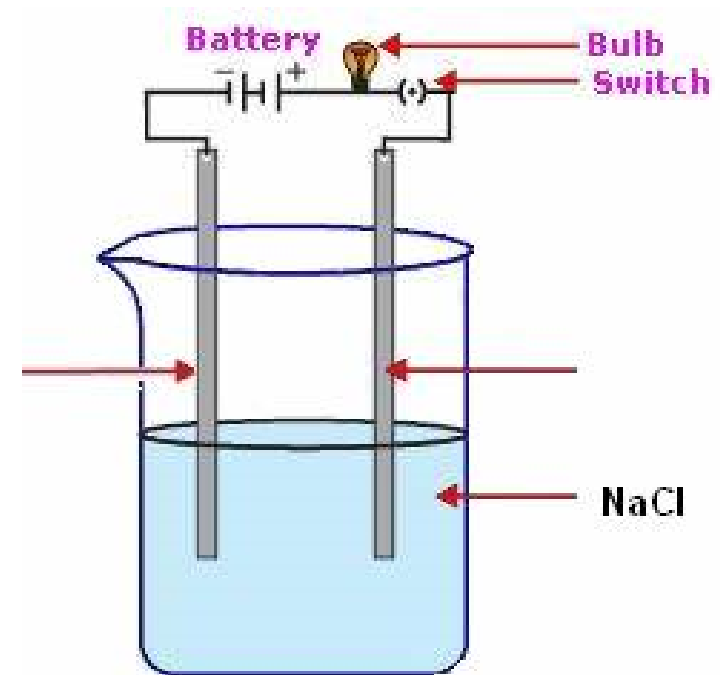
- Ορίζουμε την ένταση (I) του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει έναν αγωγό ως το φορτίο (q) που διέρχεται από μια διατομή του αγωγού σε χρονικό διάστημα (t) προς το χρονικό διάστημα.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

- Μονάδα μέτρησης (S.I.): 1 Ampere ($1A = 1 C/s$)
- Τα όργανα που χρησιμοποιούμε για να μετράμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος ονομάζονται **αμπερόμετρα**.
- **Άσκηση 1, σελ 61**

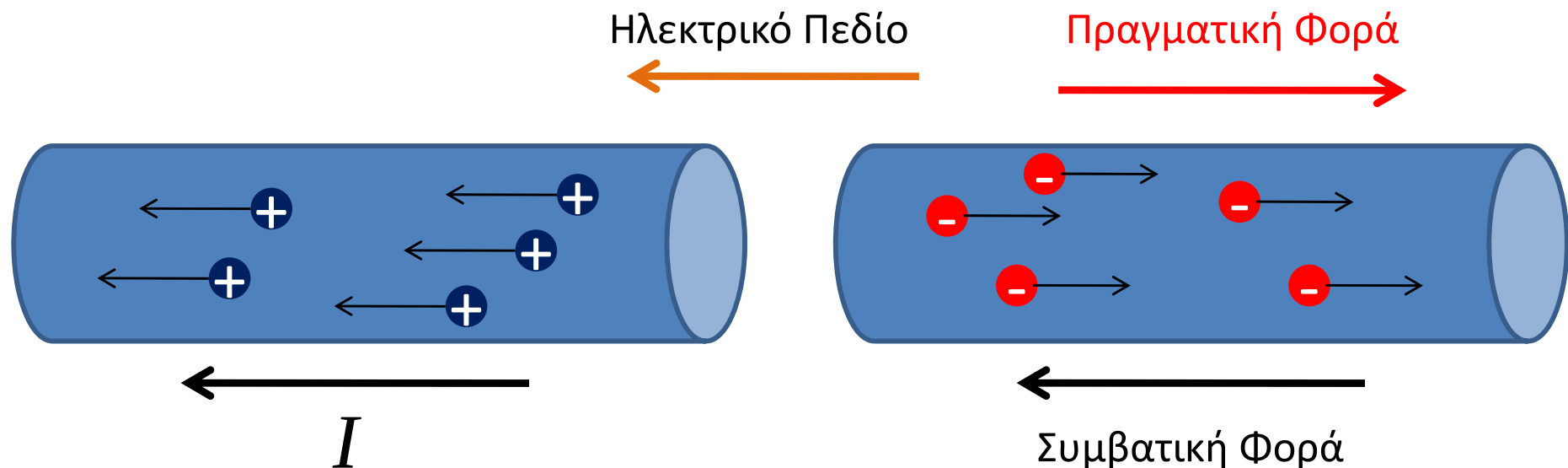
Φορά Ηλεκτρικού Ρεύματος

- Στη γενική περίπτωση, τα κινούμενα φορτία που παράγουν το ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να είναι θετικά ή αρνητικά.
 - στους μεταλλικούς αγωγούς είναι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια.
 - Στα ιοντικά διαλύματα είναι τα θετικά και αρνητικά ιόντα.



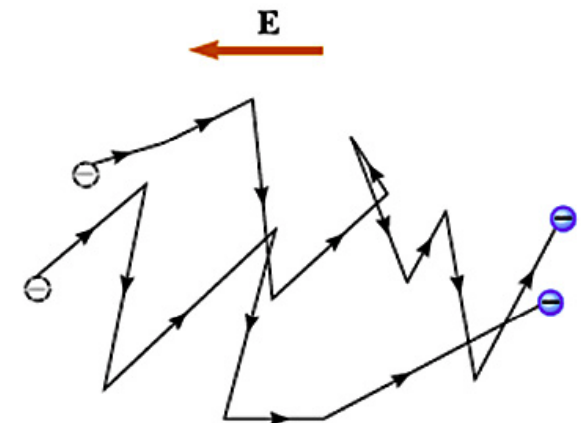
Φορά Ηλεκτρικού Ρεύματος

- Ο Benjamin Franklin το 1750 έκανε την υπόθεση ότι οι φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος είναι τα θετικά φορτία, υπόθεση που ισχύει μέχρι σήμερα.
- Έτσι, θεωρούμε ότι η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος είναι η φορά κίνησης των φανταστικών θετικών φορτίων που κινούνται κατά μήκος των αγωγών.
- Εφεξής κάθε φορά που θα αναφερόμαστε στην φορά του ρεύματος θα εννοούμε τη συμβατική.



Ταχύτητα των ηλεκτρονίων στο ηλεκτρικό κύκλωμα

- Με ποια ταχύτητα τρέχουν τα ηλεκτρόνια μέσα σε ένα αγωγό όταν αυτός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.
- Η μέση ταχύτητα των ηλεκτρονίων που κινούνται μέσω ενός καλωδίου είναι συνήθως πολύ μικρή $\approx 10^{-4}$ m/s
 - Σε πόσο χρόνο διανύουν μια απόσταση 1m;
 - Γιατί το φως ανάβει αμέσως όταν πατάμε το διακόπτη;
- Αυτό οφείλεται στη σύγκρουσή τους με τα θετικά ακίνητα φορτία του αγωγού.

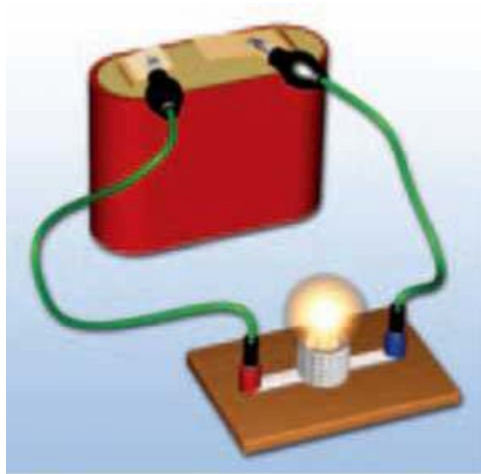


Αποτελέσματα του Ηλεκτρικού Ρεύματος

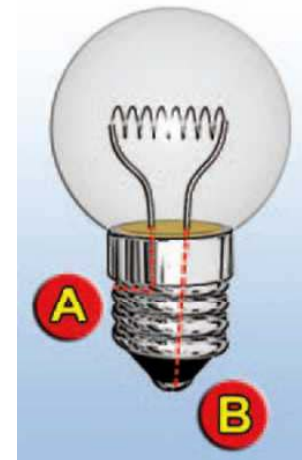
- **Θερμικά αποτελέσματα:** Το ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί τη θέρμανση των σωμάτων τα οποία διαρρέει.
- **Ηλεκτρομαγνητικά αποτελέσματα:** Οι αγωγοί τους οποίους διαρρέει ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργούν γύρω τους μαγνητικά πεδία.
- **Χημικά αποτελέσματα:** Όταν ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται διαμέσου χημικών ουσιών, προκαλεί χημικές μεταβολές.
- **Φωτεινά αποτελέσματα:** Σε κάποιες περιπτώσεις το ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί την εκπομπή φωτός είτε λόγω αύξησης της θερμοκρασίας (λαμπτήρας πυράκτωσης) είτε λόγω της διέλευσής του από αέρια (λαμπτήρας φθορισμού).

Ηλεκτρικό Κύκλωμα

- Κάθε διάταξη που αποτελείται από κλειστούς αγωγίμους «δρόμους», μέσω των οποίων μπορεί να διέλθει ηλεκτρικό ρεύμα ονομάζεται **ηλεκτρικό κύκλωμα**.
- Όταν τα ηλεκτρόνια ακολουθούν μια κλειστή διαδρομή ότι διαθέτουμε ένα **κλειστό κύκλωμα ηλεκτρικού ρεύματος**.

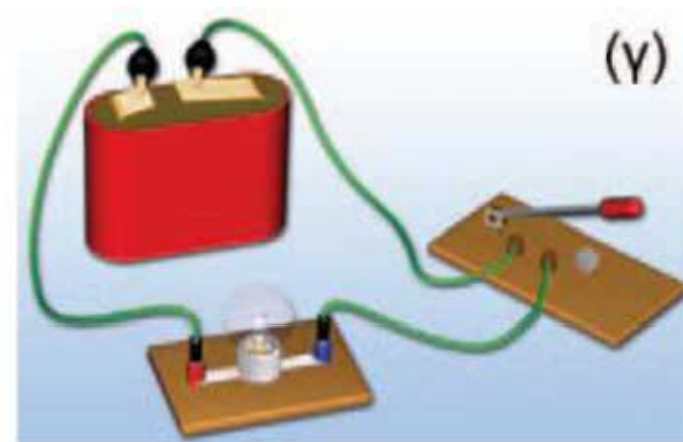
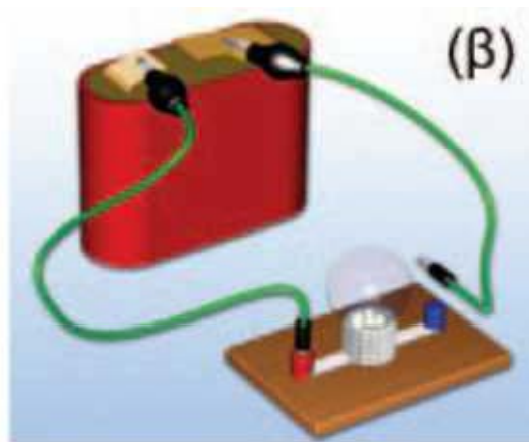
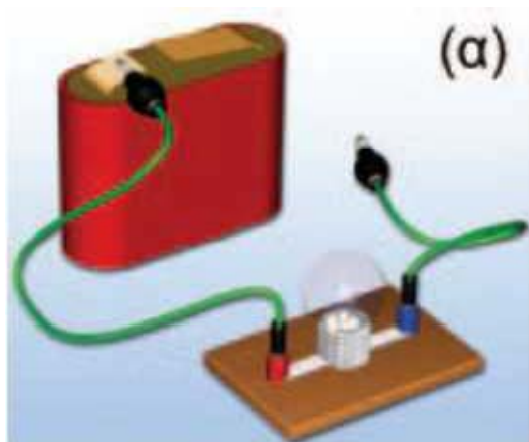


Τρόπος σύνδεσης του λαμπτήρα με την μπαταρία ώστε να φωτοβολεί.

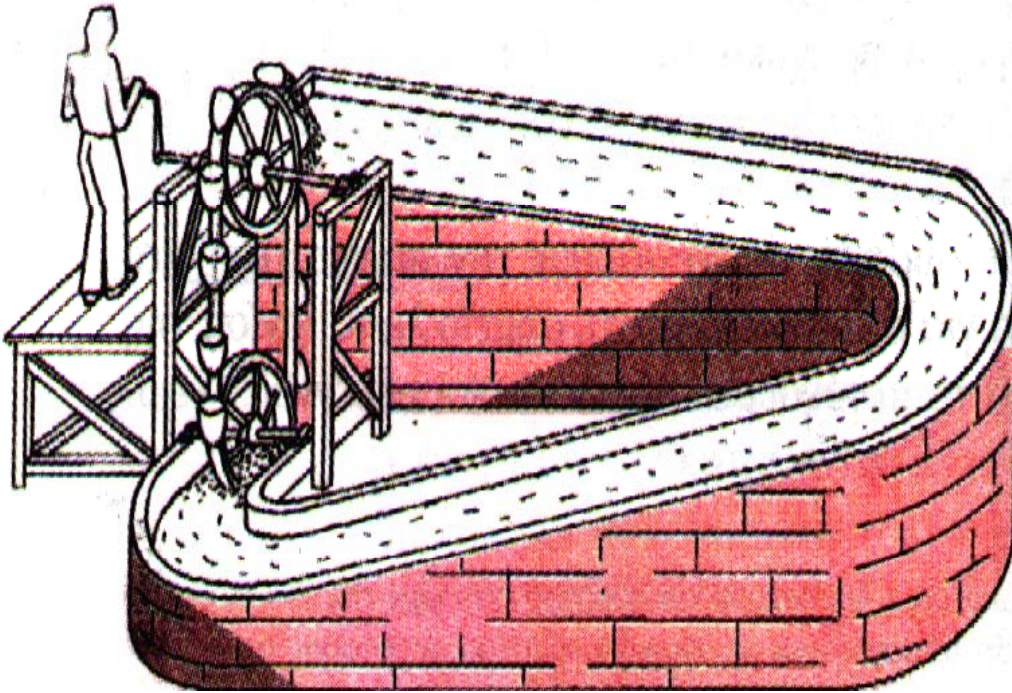


Ανοικτό κύκλωμα ηλεκτρικού ρεύματος

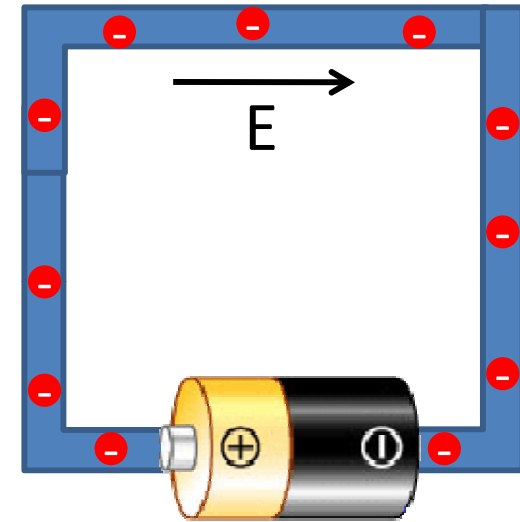
- Όταν τα ηλεκτρόνια δεν μπορούν να ακολουθήσουν μια κλειστή διαδρομή έχουμε ένα **ανοικτό κύκλωμα ηλεκτρικού ρεύματος**.
 - Ο αέρας που παρεμβάλλεται είναι μονωτής. Τα ηλεκτρόνια δεν μπορούν να κινηθούν μέσα σ' αυτόν, με συνέπεια και η κίνησή τους μέσα στο λαμπτήρα και την μπαταρία να σταματά.



Υδραυλικό ανάλογο για το Ηλ. κύκλωμα

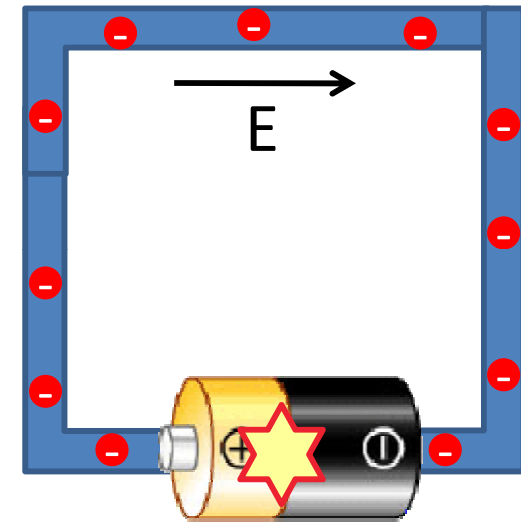
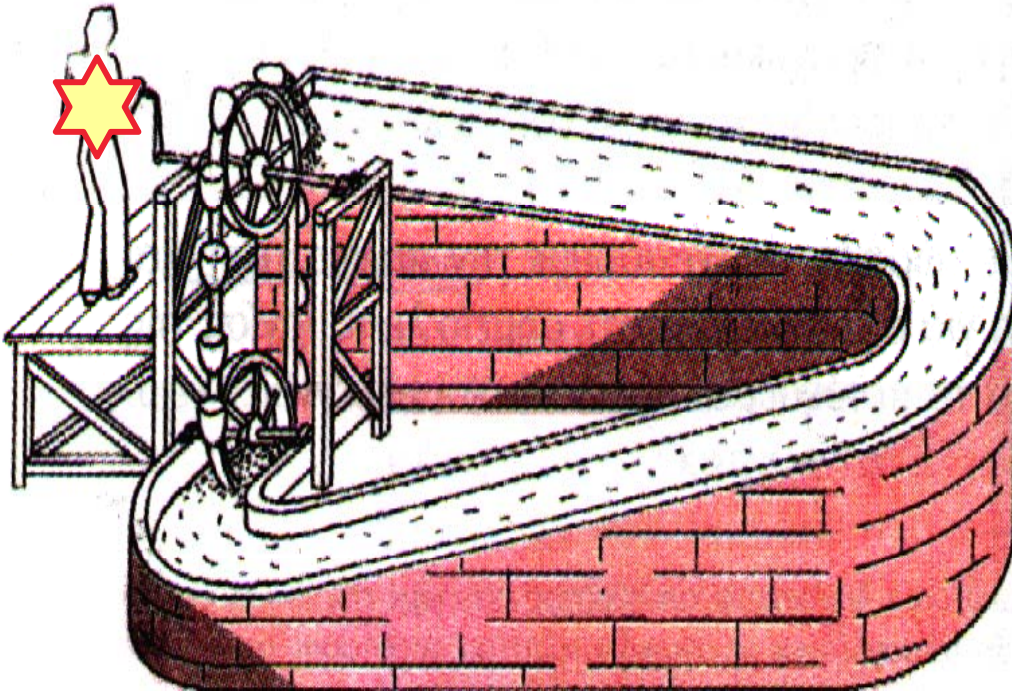


- Ο άνθρωπος ανεβάζει τα μόρια του νερού πιο ψηλά προσφέροντας τους ενέργεια.



- Η πηγή δημιουργεί πεδίο και προσφέρει ενέργεια στα ηλεκτρόνια.

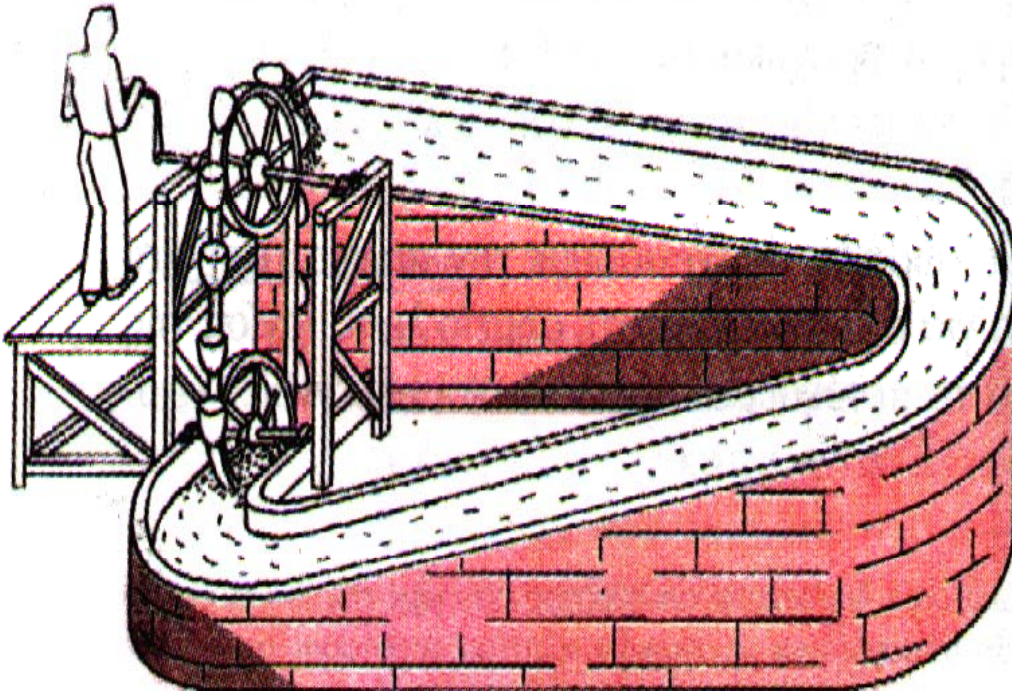
Υδραυλικό ανάλογο για το Ηλ. κύκλωμα



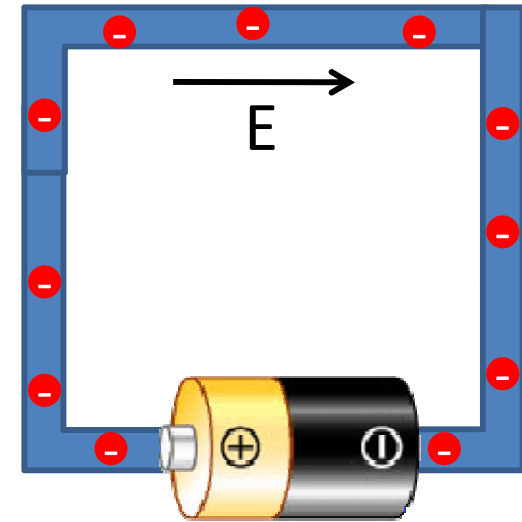
- Η ενέργεια που προσφέρει ο άνθρωπος στο νερό αυξάνοντας του την δυναμική ενέργεια, προέρχεται από εσωτερική χημική ενέργεια του σώματός του.

- Η ενέργεια ηλεκτρική – μαγνητική που προσφέρει η μπαταρία προέρχεται από εσωτερικές χημικές αντιδράσεις.

Υδραυλικό ανάλογο για το Ηλ. κύκλωμα

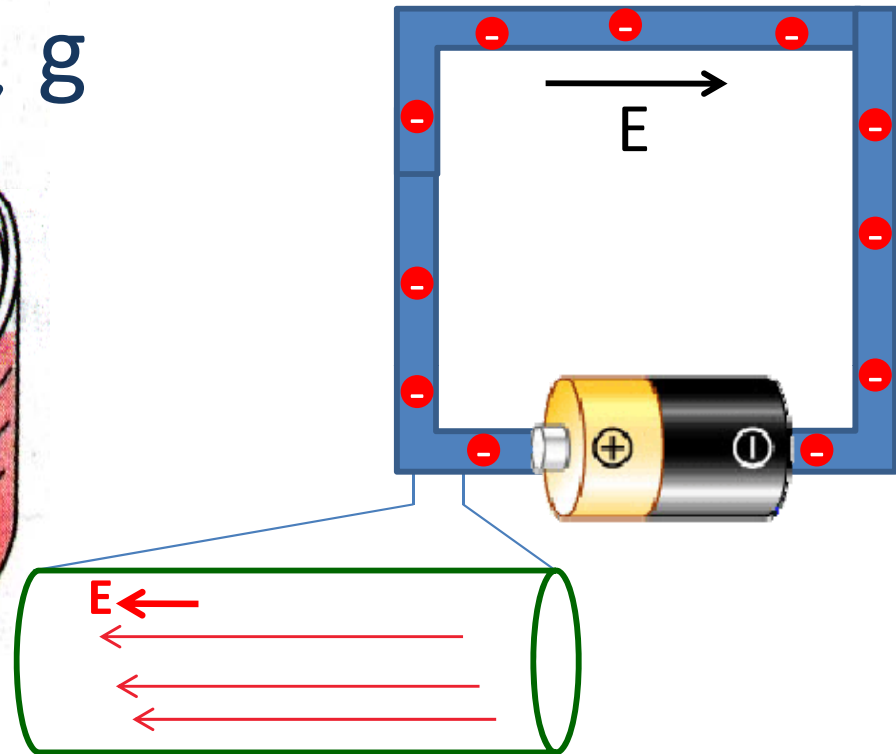
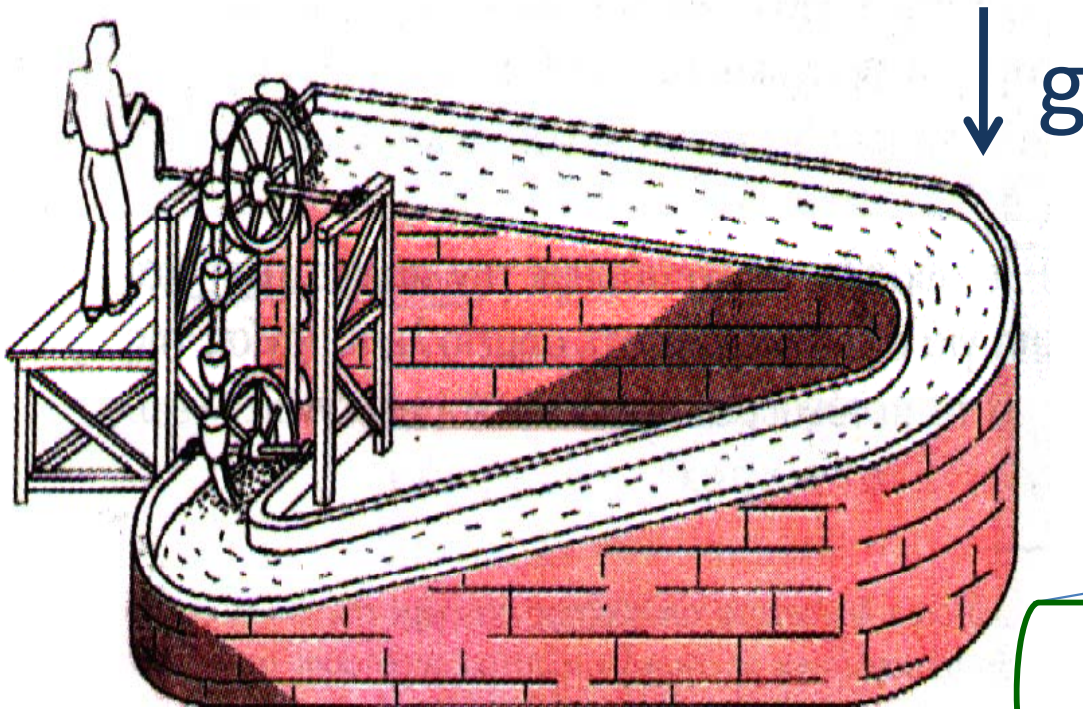


- Ο άνθρωπος – μηχανή δεν προσθέτει ούτε αφαιρεί μόρια νερού.
- Ο άνθρωπος – μηχανή δεν είναι δεξαμενή νερού.



- Η μπαταρία - πηγή δεν προσθέτει ούτε αφαιρεί ηλεκτρόνια.
- Η μπαταρία - πηγή δεν είναι αποθήκη ηλεκτρονίων.

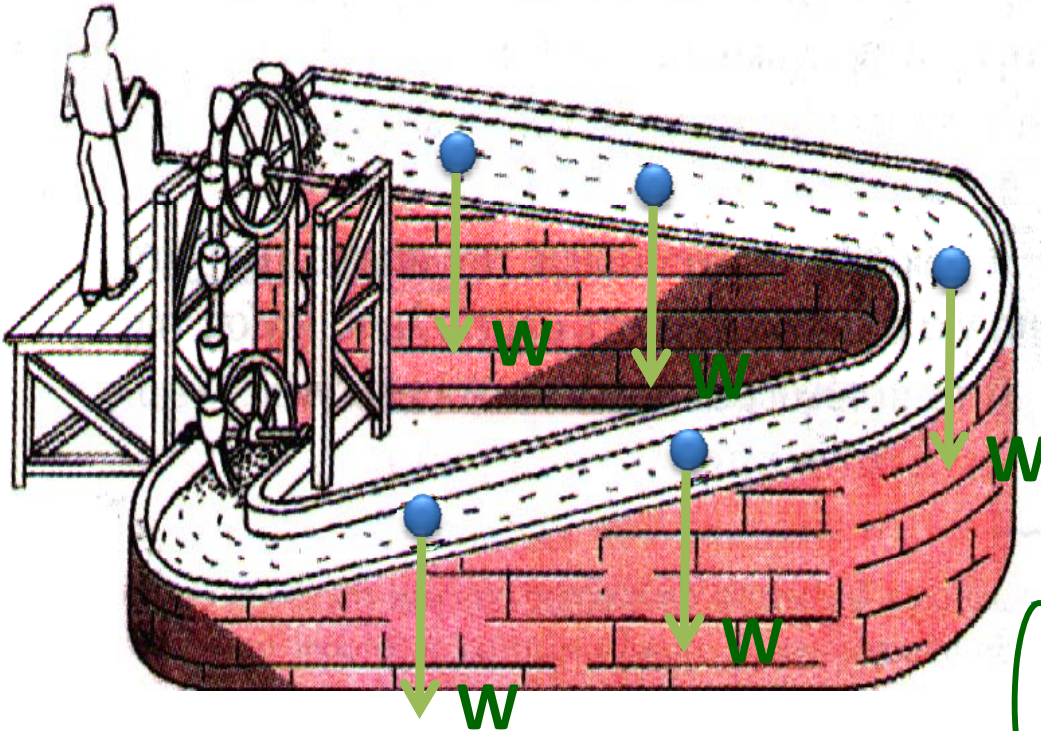
Υδραυλικό ανάλογο για το Ηλ. κύκλωμα



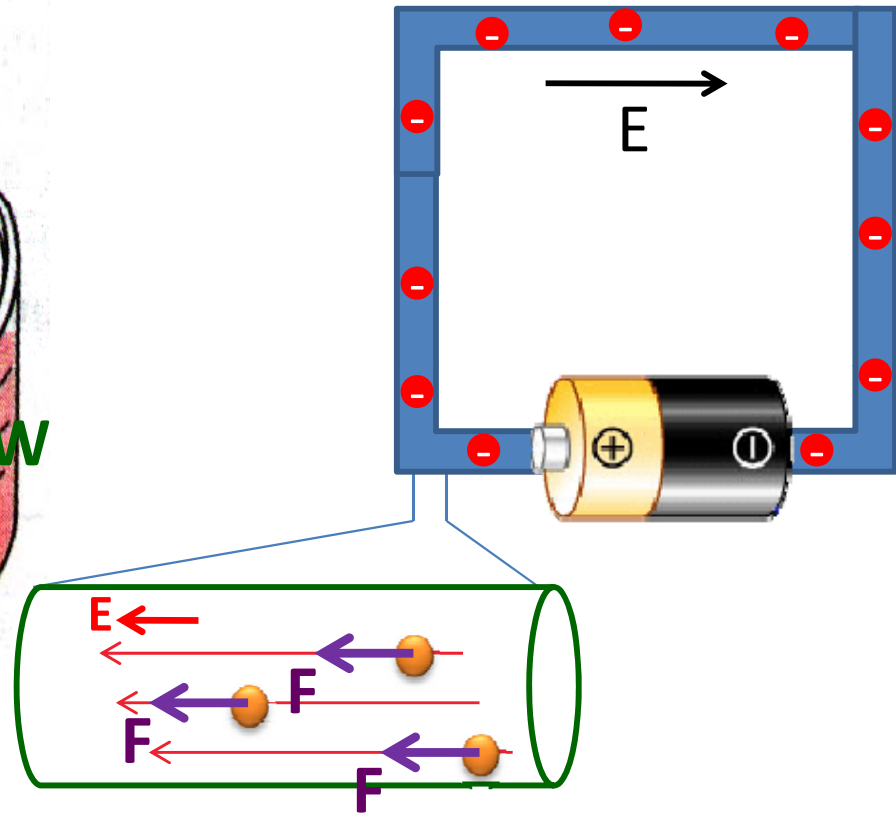
- Τα μόρια του νερού βρίσκονται μέσα στο πεδίο βαρύτητας της Γης.

- Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του αγωγού βρίσκονται μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο που δημιούργησε η πηγή.

Υδραυλικό ανάλογο για το Ηλ. κύκλωμα



- Κάθε μόριο νερού θα δεχθεί δύναμη (βάρος) που θα το κινήσει προκαλώντας ροή νερού.



- Κάθε ελεύθερο ηλεκτρόνιο θα δεχθεί δύναμη, που θα το επιταχύνει προκαλώντας ροή ηλεκτρονίων (ηλεκτρικό ρεύμα).

Διαφορά δυναμικού μιας ηλεκτρικής πηγής

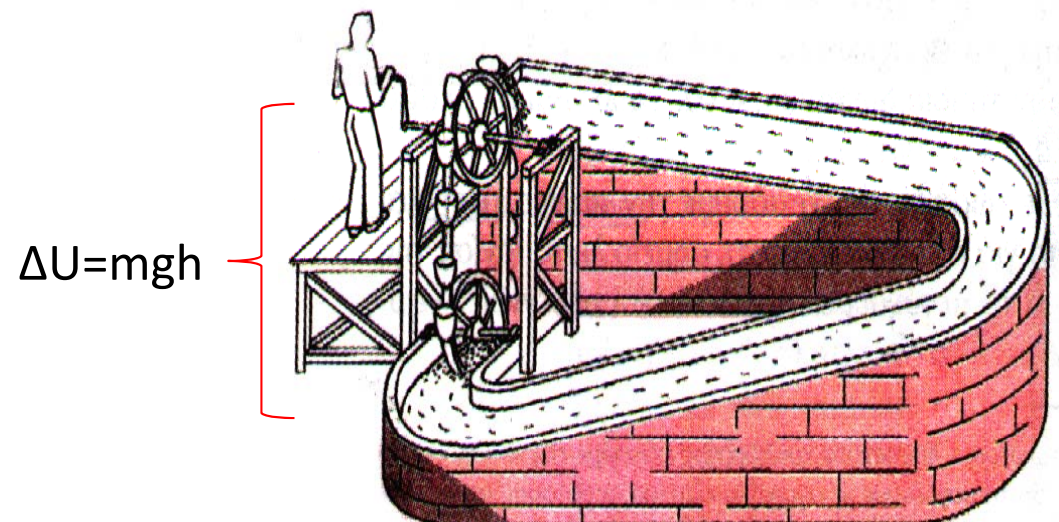
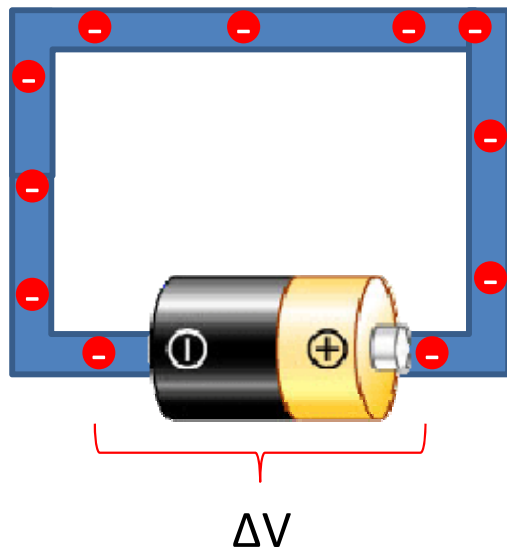
- Ηλεκτρική τάση ή διαφορά δυναμικού ($V_{\text{πηγής}}$) μεταξύ των δύο πόλων μιας ηλεκτρικής πηγής το πηλίκο της ενέργειας που προσφέρεται από την πηγή σε ηλεκτρόνια ($E_{\text{ηλεκτρική}}$) συνολικού φορτίου (q) όταν διέρχονται από αυτήν προς το φορτίο q

$$V = \frac{E}{q}$$

- Μονάδα μέτρησης (S.I.): 1 Volt (= 1 Joule / 1 Coulomb)
- Όσο μεγαλύτερη η τάση της πηγής (π.χ. 1,5 v ή 4,5 v ή 9 V) τόσο περισσότερη ενέργεια αποκτούν τα ηλεκτρόνια.

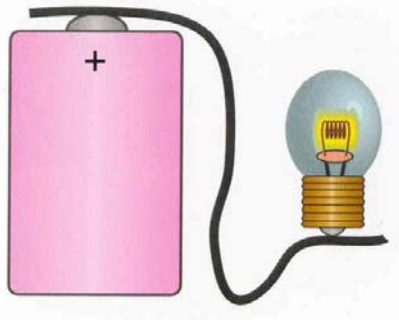
Διαφορά δυναμικού

- Γιατί μιλάμε για διαφορά δυναμικού και όχι απλά δυναμικό;
 - Στον υπολογισμό της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας δεν χρησιμοποιούμε το απόλυτο ύψος αλλά τη διαφορά ύψους
 - Και στην ηλεκτρική δυναμική ενέργεια δεν μας ενδιαφέρει το απόλυτο δυναμικό αλλά η διαφορά δυναμικού

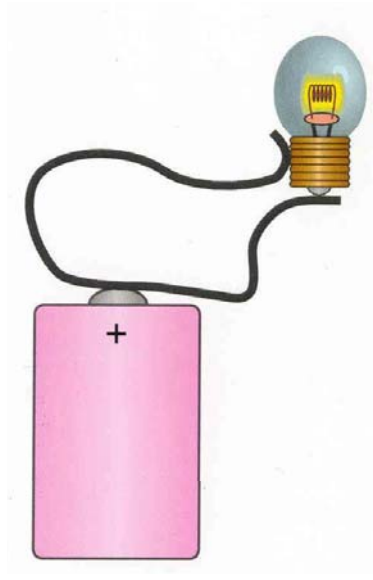


Ηλεκτρικό Κύκλωμα

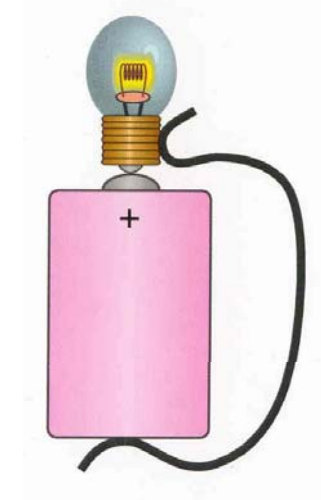
- Να βρείτε σε ποιες από τις παρακάτω περιπτώσεις ανάβει ή όχι το λαμπάκι και γιατί.



Δεν ανάβει, το κύκλωμα είναι ανοικτό



Δεν ανάβει, στο κύκλωμα δεν υπάρχει διαφορά δυναμικού.



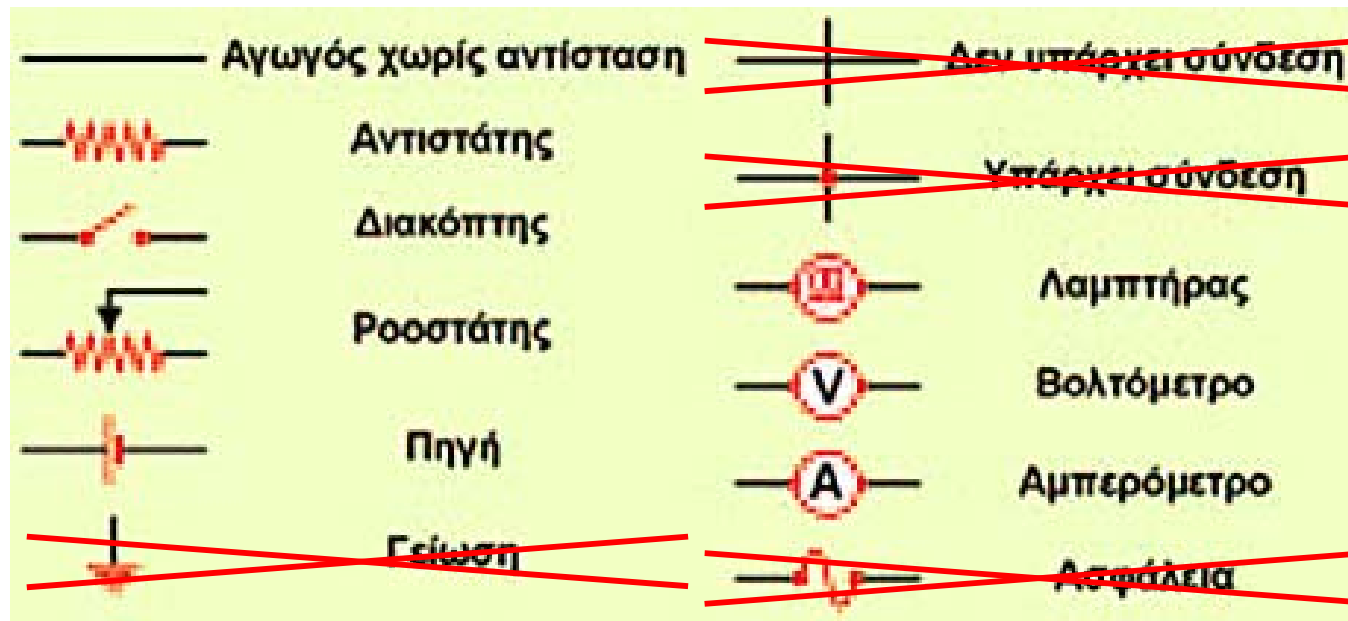
Ανάβει, το κύκλωμα είναι κλειστό και υπάρχει διαφορά δυναμικού.

Διαφορά δυναμικού στα άκρα ενός στοιχείου

- Που πάει όμως η ενέργεια που δίνει η πηγή;
 - Στις συσκευές του κυκλώματος (λαμπτήρα, κινητήρα κ.λπ.).
 - Κάθε στοιχείο που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε ενέργεια άλλης μορφής, ονομάζεται μετατροπέας ή **καταναλωτής**.
- Πως θα μετρήσουμε πόση ενέργεια καταναλώνει κάθε στοιχείο του κυκλώματος;
 - Μετρώντας τη διαφορά δυναμικού στα άκρα του
- Τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των άκρων ενός στοιχείου του κυκλώματος, π.χ. μπαταρίας, λαμπτήρα, κινητήρα κ.λπ., τη μετράμε με τη βοήθεια ενός **βολτόμετρου**.

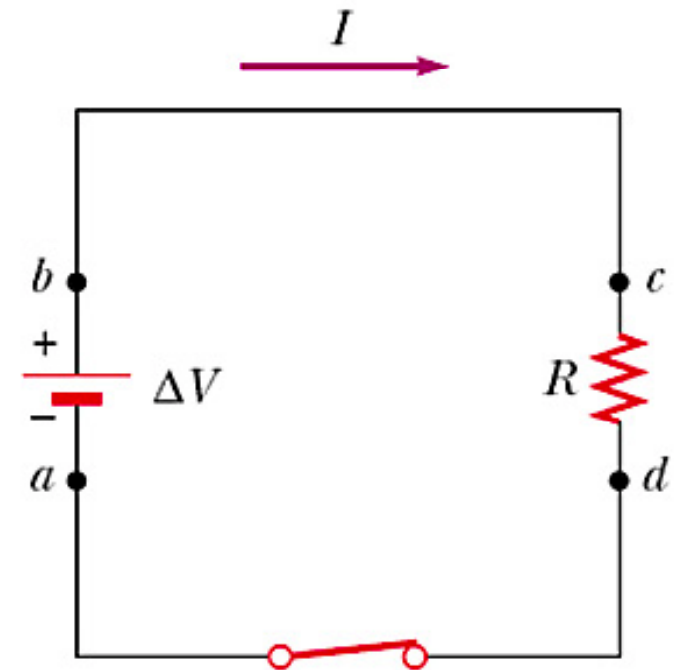
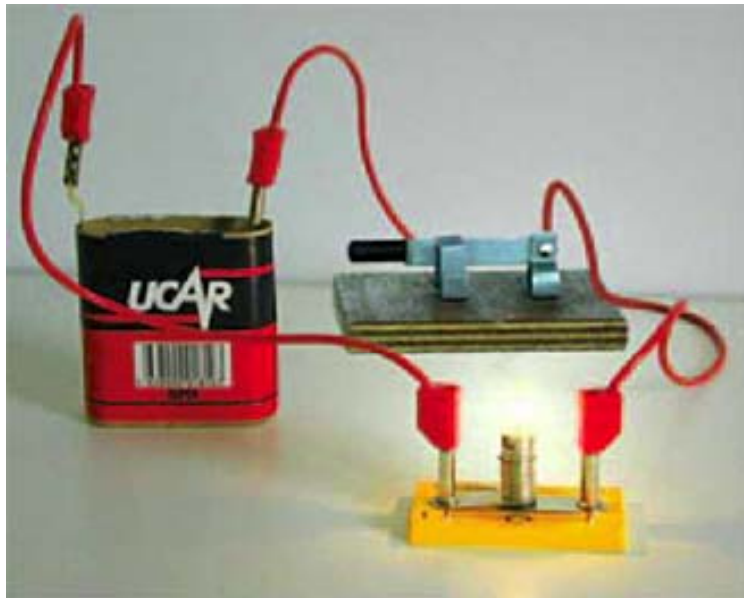
Αναπαραστάσεις του ηλεκτρικού κυκλώματος

- Για να είναι πιο εύκολη η απεικόνιση ενός κυκλώματος χρησιμοποιούμε τα **σηματικά διαγράμματα των κυκλωμάτων**.
 - Στα σηματικά διαγράμματα, τα στοιχεία του κυκλώματος απεικονίζονται με συγκεκριμένα σύμβολα.



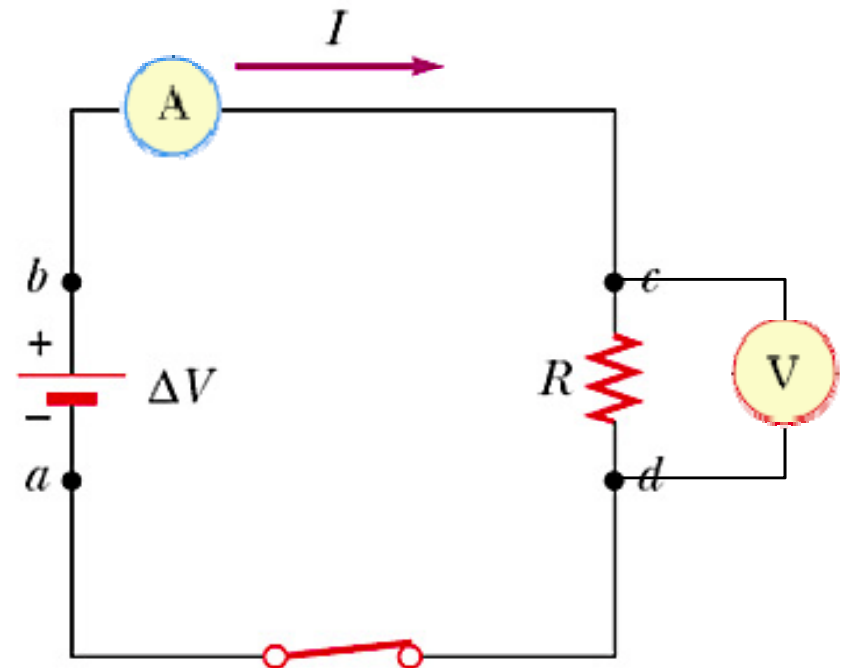
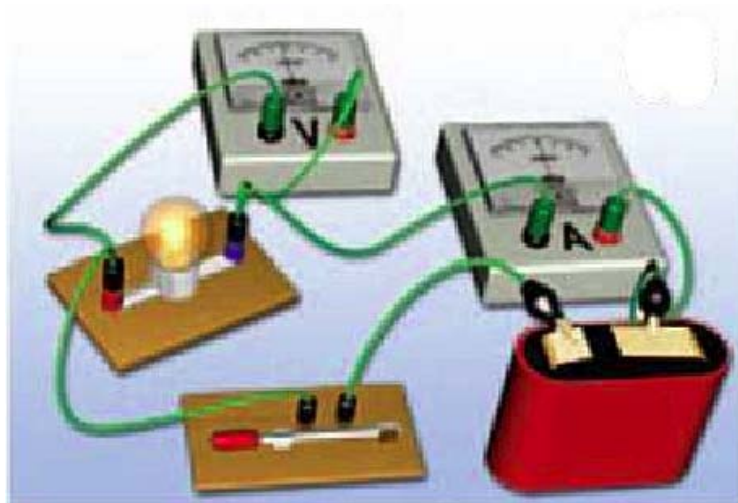
Αναπαραστάσεις του ηλεκτρικού κυκλώματος

- Σχεδιάζουμε πρώτα τα στοιχεία ενός κυκλώματος (π.χ. πηγή, λαμπτήρας) και μετά ενώνουμε τα στοιχεία με τους αγωγούς (καλώδια).
 - Προσοχή στην πολικότητα της πηγής και στην φορά του ηλεκτρικού ρεύματος!



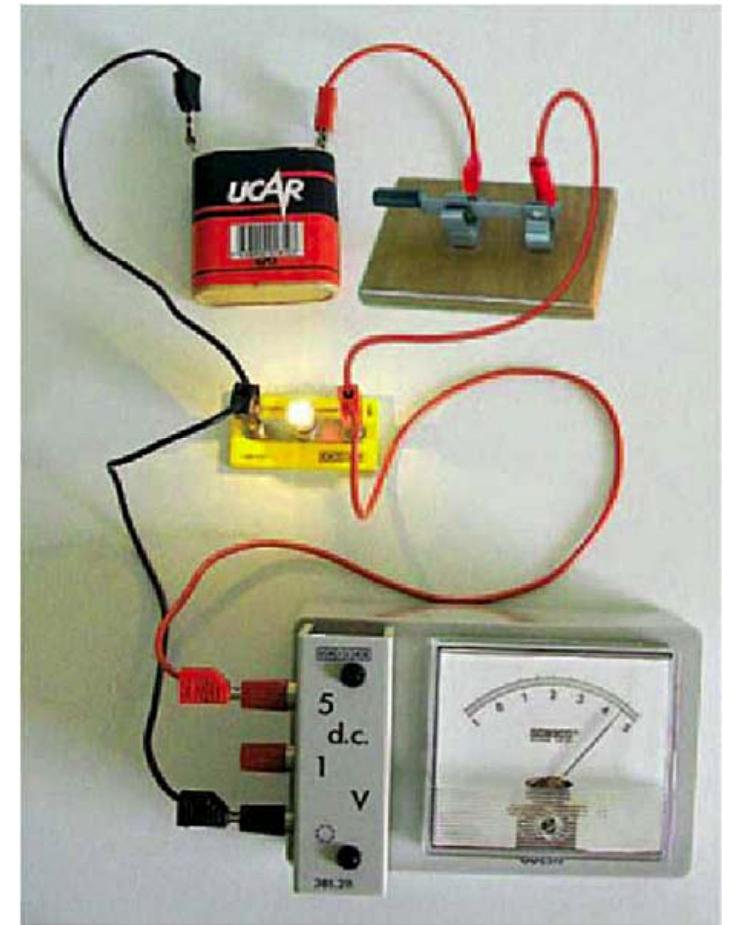
Σύνδεση Αμπερομέτρου - Βολτομέτρου

- Το αμπερόμετρο μετράει την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος (ροή των ηλεκτρονίων)
 - Συνδέεται σε σειρά
- Το βολτόμετρο μετράει τη διαφορά δυναμικού στα άκρα ενός στοιχείου του κυκλώματος
 - Συνδέεται παράλληλα



Διαφορά δυναμικού στο ηλεκτρικό κύκλωμα

- Φτιάχνοντας το κύκλωμα της εικόνας, εύκολα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η τάση στα άκρα:
 - ενός καταναλωτή είναι μηδέν όταν από αυτόν δεν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα και
 - μιας μπαταρίας είναι διαφορετική από το μηδέν είτε διέρχεται από αυτή ηλεκτρικό ρεύμα είτε όχι.



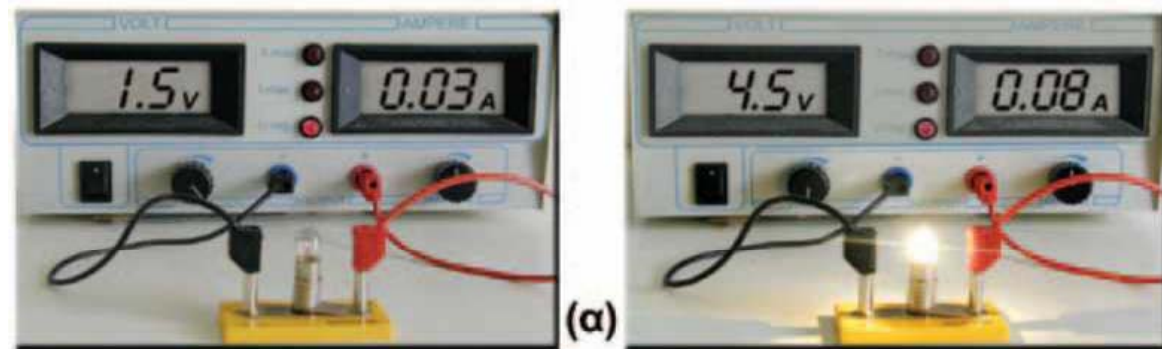
Ηλεκτρικά δίπολα

- Όλες οι ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούμε (μπαταρίες, λαμπτήρες, οικιακές ηλεκτρικές συσκευές κ.λπ.) διαθέτουν **δύο άκρα (πόλους)** και ονομάζονται **ηλεκτρικά δίπολα**.
- Όταν στα άκρα ενός ηλεκτρικού διπόλου εφαρμόσουμε μια ηλεκτρική τάση V , τότε από το δίπολο θα διέλθει ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I .
 - Αν αλλάξουμε την τιμή της τάσης V , θα μεταβληθεί και η ένταση I .
 - Ο τρόπος που μεταβάλλεται η ένταση του ρεύματος του διπόλου όταν μεταβάλλουμε την τάση στους πόλους του εξαρτάται από το δίπολο.

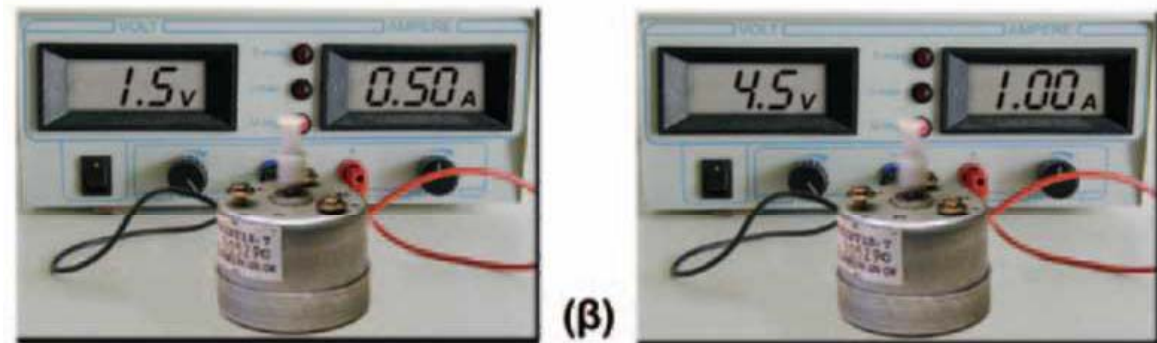
Παράδειγμα

- Μεταβολή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος ως προς την εφαρμοζόμενη τάση σε ένα λαμπτήρα και σε έναν ηλεκτρικό κινητήρα

Λαμπτήρας



Ηλεκτρικός κινητήρας



Ηλεκτρική αντίσταση

- Για να μετρήσουμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος I που διέρχεται από ένα δίπολο όταν εφαρμόζεται στους πόλους του ηλεκτρική τάση V , ορίζουμε ένα φυσικό μέγεθος που το ονομάζουμε **ηλεκτρική αντίσταση** του διπόλου
 - τη συμβολίζουμε με το γράμμα R (= Resistance).
- Η **ηλεκτρική αντίσταση** μας δείχνει τη δυσκολία του ρεύματος για να περάσει μέσα από ένα δίπολο για μια δεδομένη τάση.
 - Π.χ. Το ρεύμα περνάει με μεγαλύτερη δυσκολία από το λαμπτήρα σε σχέση με τον ηλεκτρικό κινητήρα

Ηλεκτρική αντίσταση

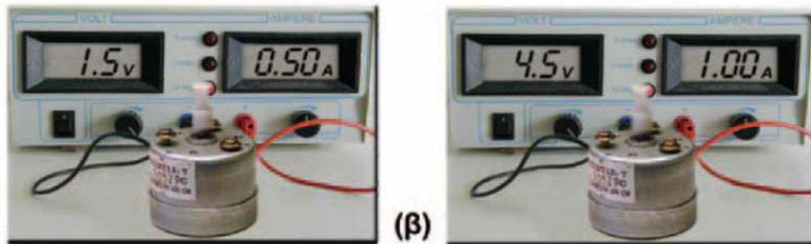
- **Ηλεκτρική αντίσταση ενός ηλεκτρικού διπόλου ονομάζεται το πηλίκο της ηλεκτρικής τάσης (V) που εφαρμόζεται στους πόλους του διπόλου προς την ένταση (I) του ηλεκτρικού ρεύματος που το διαρρέει:**

$$R = \frac{V}{I}$$

- Η μονάδα αντίστασης στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων είναι το Ωμ (1 Ohm).
- Συνήθως χρησιμοποιούμε τα πολλαπλάσια: το κιλωμ (1 KΩ=10³Ω), μεγαωμ (1 MΩ = 10⁶ Ω).
- Τα όργανα για τη μέτρηση της αντίστασης ονομάζονται **ωμόμετρα**.

Αντιστάτες

- Γενικά η αντίσταση ενός ηλεκτρικού διπόλου μεταβάλλεται με την εφαρμοζόμενη τάση.
- Υπάρχει ωστόσο μια κατηγορία διπόλων που ονομάζονται **αντιστάτες**, για τους οποίους η αντίσταση R είναι σταθερή,



Διπλασιάζω την Τάση $V \Rightarrow$
 Δεν διπλασιάζεται η Ένταση $I \Rightarrow$
 $R = V/I$ όχι σταθερό

Όχι Αντιστάτης

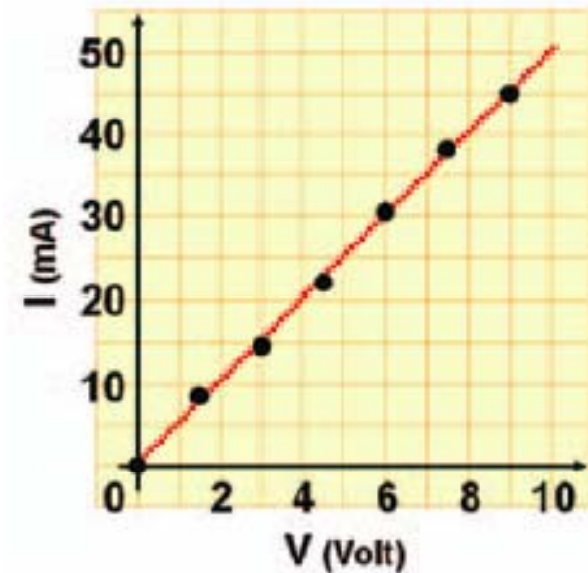
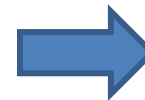


Διπλασιάζω την Τάση $V \Rightarrow$
 Διπλασιάζεται η Ένταση $I \Rightarrow$
 $R = V/I$ σταθερό

Αντιστάτης

Μέτρηση αντίστασης μεταλλικού αγωγού

- Το απλούστερο δίπολο που μπορούμε να μελετήσουμε είναι ένας μεταλλικός αγωγός, ένα μεταλλικό σύρμα.



- το Διάγραμμα Έντασης (I) - Τάσης (V) είναι μια ευθεία που διέρχεται από το μηδέν.
 - τα δύο αυτά μεγέθη είναι ανάλογα, δηλαδή ο λόγος τους $R=V/I$ διατηρείται σταθερός.

Νόμος του Ωμ

- Η ένταση (I) του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει ένα μεταλλικό αγωγό είναι ανάλογη της διαφοράς δυναμικού (V) που εφαρμόζεται στα άκρα του.

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow I = \frac{1}{R} \cdot V \Rightarrow V = R \cdot I$$

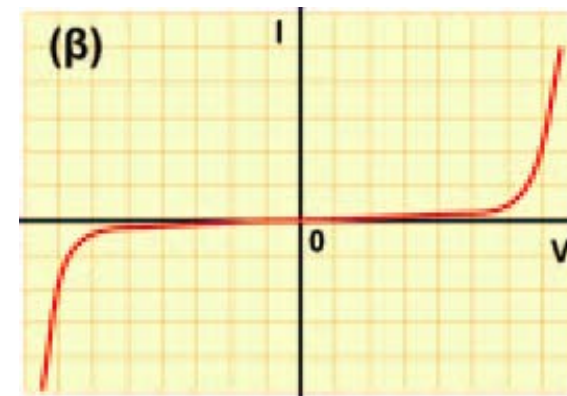
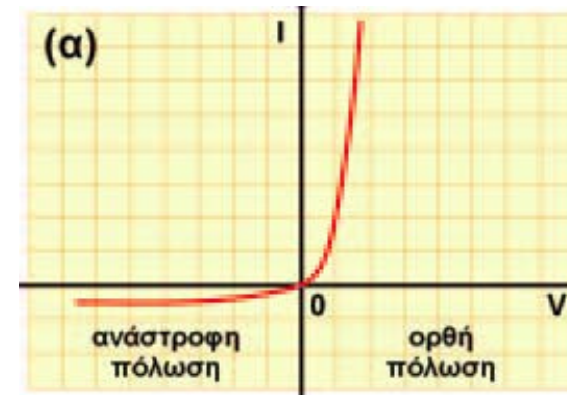
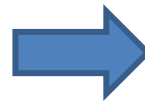
- Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει έναν αγωγό είναι ανάλογη της τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα του αγωγού με σταθερά αναλογίας το $1/R$.

Νόμος του $\Omega\mu$

- Ισχύει ο νόμος του $\Omega\mu$ για κάθε ηλεκτρικό δίπολο;
 - Η αντίσταση κάποιων διπόλων μεταβάλλεται με την ηλεκτρική τάση που εφαρμόζουμε στα άκρα τους.

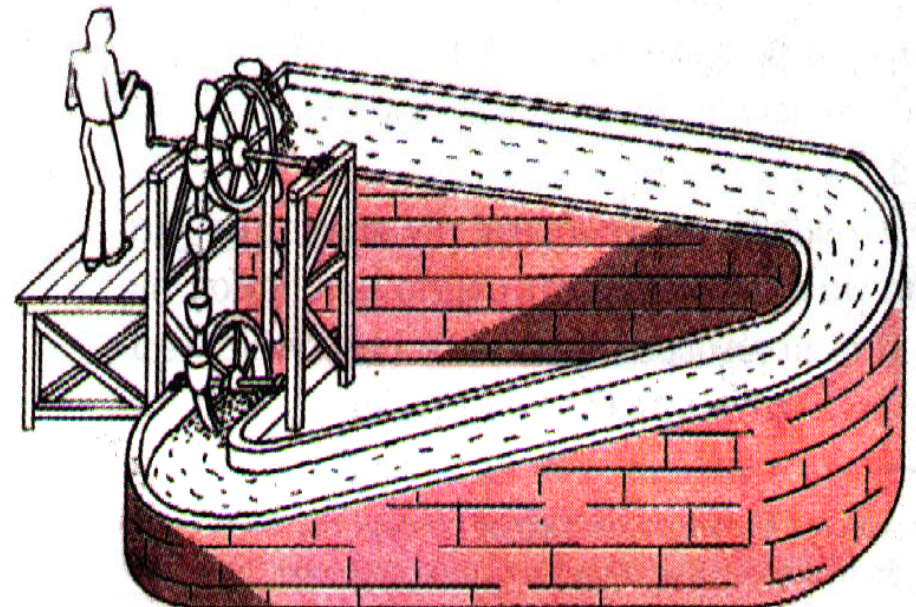


Ηλεκτρονική λυχνία, Κρυσταλλοδίοδος,
Τρανζίστορ, Φωτοδίοδος



Νόμος του $\Omega\mu$ και μικρόκοσμος

- Γιατί όταν αυξάνεται η τάση που εφαρμόζουμε στα άκρα ενός αγωγού, αυξάνεται και η ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει;
 - Μεγάλη τάση σημαίνει ότι τα ηλεκτρόνια αποκτούν μεγαλύτερη κινητική ενέργεια
 - Θα κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα.
 - τόσο περισσότερα θα περνάνε από μια διατομή του αγωγού σε ορισμένο χρόνο
 - συνεπώς τόσο μεγαλύτερη θα είναι η ένταση του ρεύματος



Μικροσκοπική ερμηνεία της αντίστασης

- Ποια είναι η προέλευση της αντίστασης ενός αγωγού;
 - κατά την κίνησή τους τα ελεύθερα ηλεκτρόνια συγκρούονται με τα ιόντα του μετάλλου.
 - Σε κάθε τέτοια σύγκρουση το ιόν ταλαντώνεται εντονότερα και η ταχύτητα του ηλεκτρονίου μειώνεται.
 - Αμέσως μετά τη σύγκρουση, η δύναμη του ηλεκτρικού πεδίου προκαλεί εκ νέου αύξηση της ταχύτητας του ηλεκτρονίου μέχρι την επόμενη σύγκρουση, οπότε επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία

