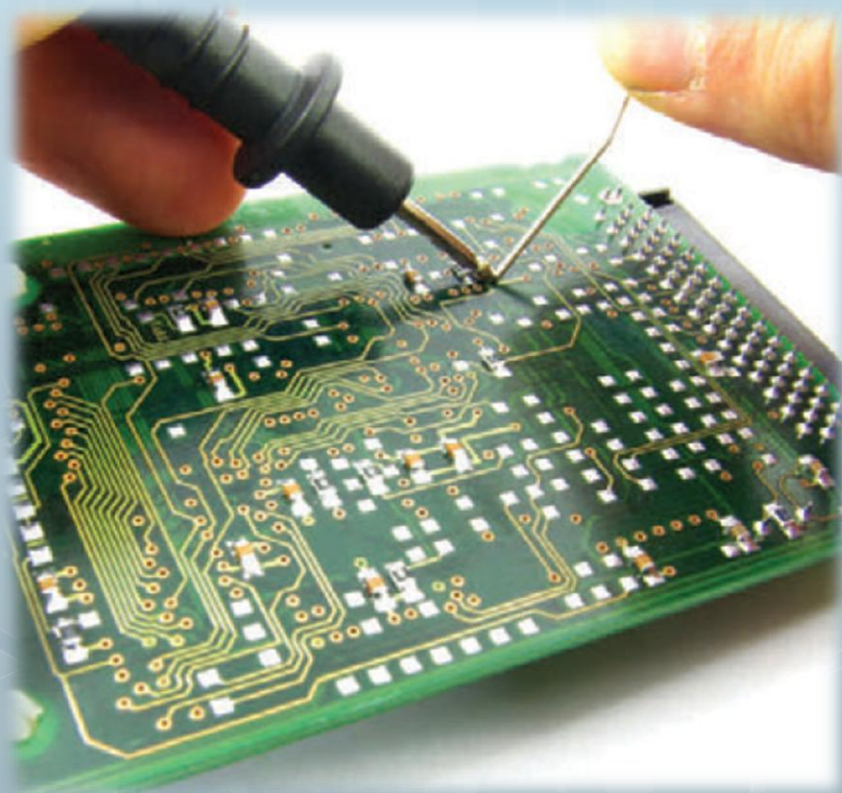
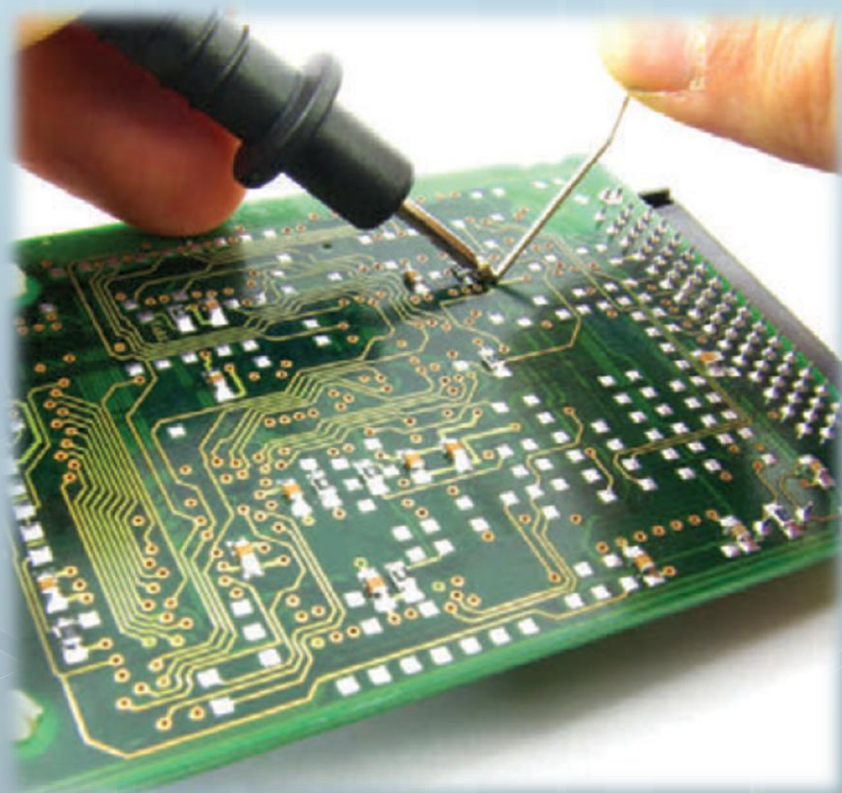




Εικόνα: Επισκευή μιας πλακέτας κυκλωμάτων ενός υπολογιστή. Χρησιμοποιούμε καθημερινά αντικείμενα που περιέχουν ηλεκτρικά κυκλώματα, συμπεριλαμβανομένων και κάποιων με πολύ μικρότερες πλακέτες από την εικονιζόμενη. Μεταξύ αυτών, έχουμε τα φορητά βιντεοπαιχνίδια, τα κινητά τηλέφωνα, και τις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές. Σε αυτό το κεφάλαιο, μελετάμε απλά ηλεκτρικά κυκλώματα και μαθαίνουμε πώς να τα αναλύουμε.

Φυσική για Μηχανικούς

Ηλεκτρικά Κυκλώματα Συνεχούς Ρεύματος



Εικόνα: Επισκευή μιας πλακέτας κυκλωμάτων ενός υπολογιστή. Χρησιμοποιούμε καθημερινά αντικείμενα που περιέχουν ηλεκτρικά κυκλώματα, συμπεριλαμβανομένων και κάποιων με πολύ μικρότερες πλακέτες από την εικονιζόμενη. Μεταξύ αυτών, έχουμε τα φορητά βιντεοπαιχνίδια, τα κινητά τηλέφωνα, και τις ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές. Σε αυτό το κεφάλαιο, μελετάμε απλά ηλεκτρικά κυκλώματα και μαθαίνουμε πώς να τα αναλύουμε.

Φυσική για Μηχανικούς

Ηλεκτρικά Κυκλώματα Συνεχούς Ρεύματος



Ηλεκτρικά Κυκλώματα

◉ Εισαγωγή

- ◉ Τα κυκλώματα που θα δούμε περιέχουν τους δομικούς λίθους που συζητήσαμε ως τώρα
 - ◉ Αντιστάσεις, ~~πυκνωτές~~, και πηγές διαφοράς δυναμικού (μπαταρίες)
- ◉ Στην προσπάθεια ανάλυσής τους θα μάθουμε για τους **Κανόνες του Kirchhoff**
 - ◉ Προέρχονται από την **αρχή διατήρησης της ενέργειας** και την **αρχή διατήρησης του φορτίου**
- ◉ Το ρεύμα που θα διαρρέει τα κυκλώματά μας θα είναι ~~(αρχικά)~~ σταθερό σε κατεύθυνση ~~αλλά όχι πάντα και σε μέτρο~~ και σε μέτρο
- ◉ Ξεκινώντας, ας θυμηθούμε πρώτα με λίγο περισσότερη λεπτομέρεια τον «πάροχο της ενέργειας», την **μπαταρία**

Ηλεκτρικά Κυκλώματα



- **Μπαταρία**

- Η βασική πηγή διαφοράς δυναμικού

- Πόλοι μπαταρίας:

- Θετικός (+): υψηλού δυναμικού
- Αρνητικός (-): χαμηλότερου δυναμικού

- Όταν συνδέεται σε κύκλωμα, οι ηλεκτροχημικές διεργασίες που συμβαίνουν μέσα της επιτρέπουν να **παράγει έργο επάνω σε φορτία...**

- ...δημιουργώντας συσσώρευση αντίθετων φορτίων στους δυο πόλους της (αρνητικών στον αρνητικό πόλο) → ηλεκτρικό πεδίο
- Το ηλεκτρικό πεδίο αναγκάζει τα ελεύθερα ηλεκτρόνια των καλωδίων να κινηθούν από τον αρνητικό πόλο στο θετικό πόλο
 - Θυμηθείτε: το συμβατικό ρεύμα έχει φορά *αντίθετη* των ηλεκτρονίων

- Η μπαταρία «αδειάζει» στην προσπάθειά της να συνεχίσει να «πολώνει» τα φορτία εντός της



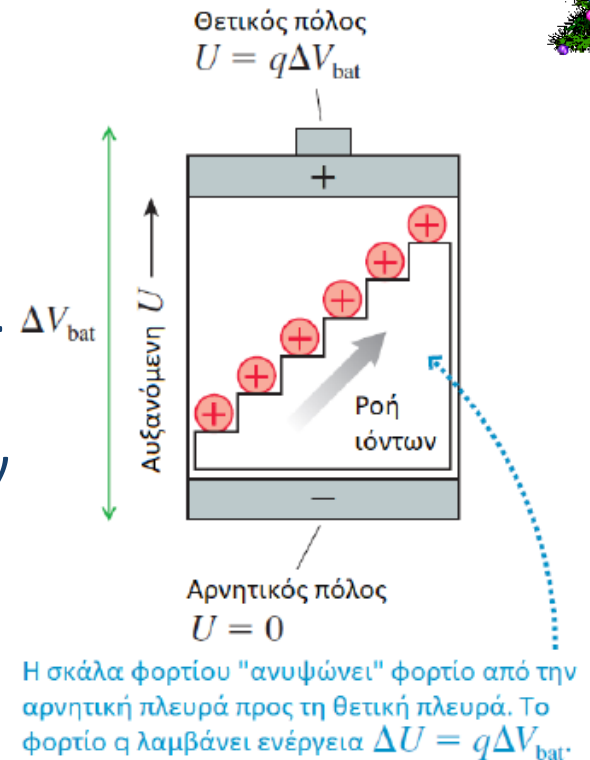
Ηλεκτρικά Κυκλώματα



• Μπαταρία

- Μπορούμε να θεωρήσουμε ένα **ιδεατό μοντέλο** μιας μπαταρίας ως μια **κυλιόμενη σκάλα φορτίου** για τις ανάγκες μας
- Σύμβαση: ρεύμα = ροή **θετικών** φορτίων
- Η σκάλα ανυψώνει θετικά φορτία από τον **αρνητικό (χαμηλό δυναμικό) στο θετικό πόλο (υψηλό δυναμικό)**
- Συγκεκριμένα:

- Η μπαταρία παρέχει διαφορά δυναμικού ΔV μεταξύ των ακρών ενός αγωγού στον οποίο τη συνδέουμε με (θεωρητικά) ιδανικά καλώδια
- Η ΔV προκαλεί ηλεκτρικό πεδίο $E = \frac{\Delta V}{L}$ σε έναν ωμικό αγωγό μήκους L
- Το πεδίο εγκαθιστά ρεύμα $I = JA = \sigma AE$ στον αγωγό διατομής A
- Το μέτρο του ρεύματος καθορίζεται από την αντίσταση του αγωγού και θα είναι $I = \Delta V / R$ (νόμος του Ohm)





Ηλεκτρικά Κυκλώματα

● Μπαταρία

● Σε ό,τι ακολουθήσει θα υποθέσουμε ότι:

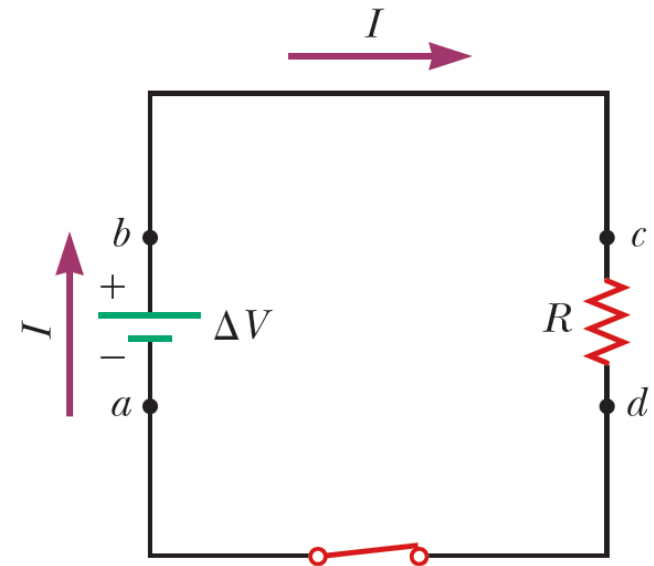
- Τα καλώδια ενός κυκλώματος **δεν** έχουν αντίσταση (ιδανικά) και άρα η διαφορά δυναμικού κατά μήκος τους είναι μηδέν
- Ο **θετικός** πόλος της μπαταρίας είναι **υψηλότερου δυναμικού** από τον **αρνητικό**
- Το (συμβατικό) ηλεκτρικό ρεύμα εντός μπαταρίας κινείται από τον **αρνητικό** πόλο προς το **θετικό** πόλο της μπαταρίας



Ηλεκτρικά Κυκλώματα

• Ηλεκτρική Ισχύς

- Ας μελετήσουμε μια απλή ενεργειακή θεώρηση ενός ηλεκτρικού κυκλώματος
- Σε τυπικά ηλεκτρικά κυκλώματα, **ενέργεια** μεταφέρεται από μια πηγή όπως η μπαταρία, σε μια λάμπα ή μια συσκευή
- Ας βρούμε μια έκφραση που θα μας δίνει το **ρυθμό μεταφοράς** αυτής της ενέργειας!
- Ας θεωρήσουμε το διπλανό κύκλωμα όπου ενέργεια μεταφέρεται σε έναν **αντιστάτη**

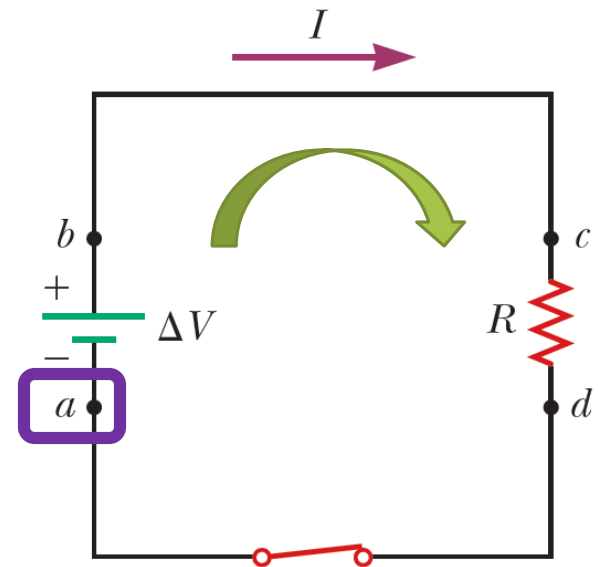




Ηλεκτρικά Κυκλώματα

● Ηλεκτρική Ισχύς

- Ας θεωρήσουμε ότι ακολουθούμε ένα φορτίο $q > 0$ που κινείται στο κύκλωμα κατά τη φορά του ρολογιού, ξεκινώντας και καταλήγοντας στο σημείο a
 - Από το a στο b , η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος αυξάνεται κατά $q\Delta V$ ενώ η χημική δυναμική ενέργεια της μπαταρίας μειώνεται εξίσου
 - Οι χημικές δυνάμεις μέσα στη μπαταρία παράγουν θετικό έργο πάνω στο φορτίο
 - Όσο το φορτίο κινείται από το c στο d , η ηλεκτρ. δυναμική ενέργεια του συστήματος μειώνεται λόγω συγκρούσεων του φορτίου με το υλικό του αντιστάτη
 - Μετατροπή ηλεκτρικής δυναμικής ενέργειας σε θερμική



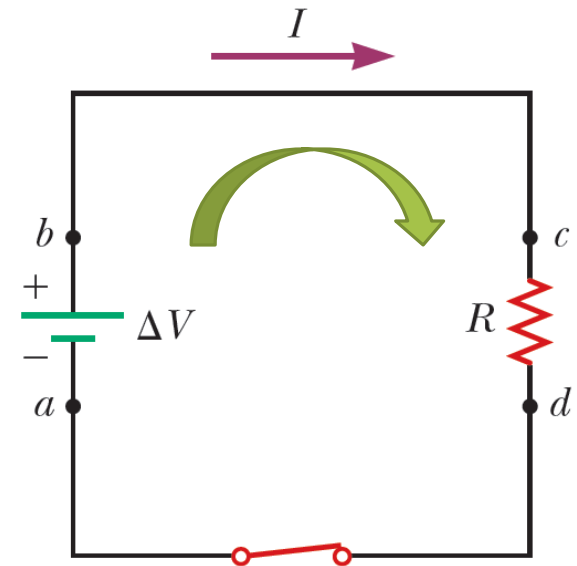


Ηλεκτρικά Κυκλώματα

• Ηλεκτρική Ισχύς

- Όταν το φορτίο q επιστρέφει στο a , το συνολικό αποτέλεσμα είναι: **ένα τμήμα της χημικής δυναμικής ενέργειας της μπαταρίας μεταφέρθηκε στον αντιστάτη και έμεινε εκεί ως θερμική ενέργεια** που σχετίζεται με την κίνηση των ατόμων του αντιστάτη

- Συνήθως ο αντιστάτης είναι σε επαφή με τον αέρα
 - Μεταφέρεται ενέργεια μέσω **θερμότητας**
 - Εκπέμπεται επίσης θερμική **ακτινοβολία**
- Είχαμε λοιπόν μεταφορά ενέργειας! 😊





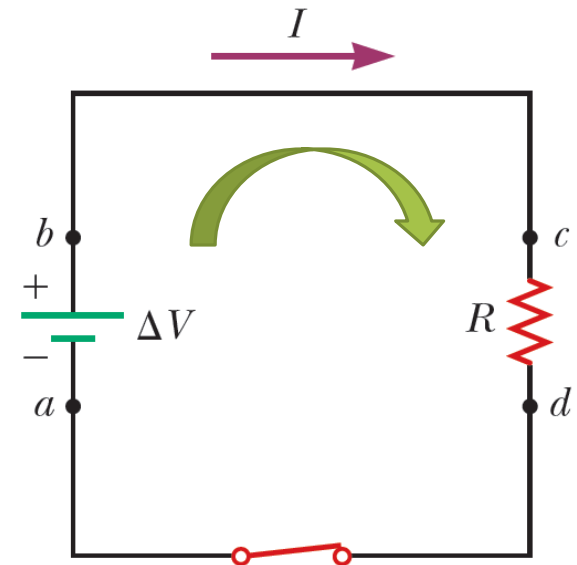
Ηλεκτρικά Κυκλώματα

- Ηλεκτρική Ισχύς

- Ας μετρήσουμε τώρα το **ρυθμό** με τον οποίο η **ηλεκτρική δυναμική ενέργεια του συστήματος μεταβάλλεται** (φθίνει) όσο το φορτίο q περνά από τον αντιστάτη:

$$\frac{dU_e}{dt} = \frac{d}{dt}(q\Delta V_{cd}) = \frac{dq}{dt}\Delta V_{cd} = I\Delta V_{cd}$$

- Το σύστημα αποκτά ξανά αυτή τη δυναμική ενέργεια όταν το φορτίο **περάσει ξανά από την μπαταρία**
 - Φυσικά, με το κόστος **απώλειας χημικής ενέργειας** από την μπαταρία





Ηλεκτρικά Κυκλώματα

• Ηλεκτρική Ισχύς

$$\frac{dU_e}{dt} = I\Delta V$$

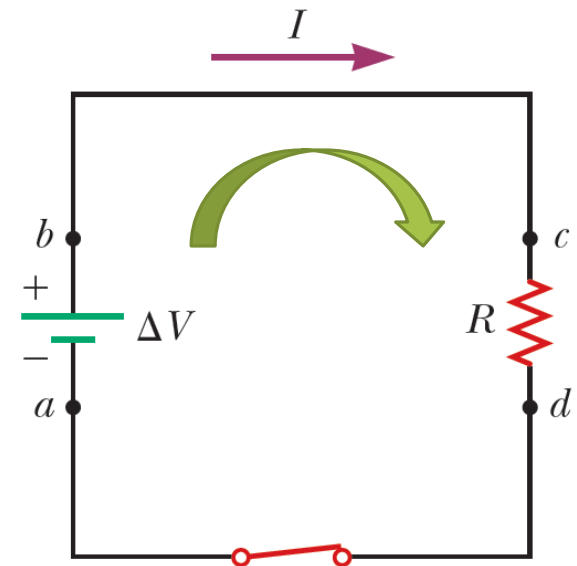
- Ο ρυθμός αυτός είναι ίσος με το ρυθμό με τον οποίο αυξάνεται η θερμική ενέργεια στον αντιστάτη
- Ρυθμός μεταβολής ενέργειας = **ισχύς!**

- **Ισχύς** P που παραδίδεται:

$$P = I\Delta V = I^2 R = \frac{\Delta V^2}{R}$$

Ohm:
 $\Delta V = IR$

Ohm: $I = \frac{\Delta V}{R}$





Ηλεκτρικά Κυκλώματα

• Ηλεκτρική Ισχύς

- Αφού η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια φθίνει όταν το φορτίο περνά από το c στο d , **τι συμβαίνει με τη διαφορά δυναμικού?**

$$\Delta V_{c \rightarrow d} = \Delta V_{cd} = \frac{\Delta U_e^{c \rightarrow d}}{q} = \frac{\Delta U_e^{cd}}{q}$$

- Όμως

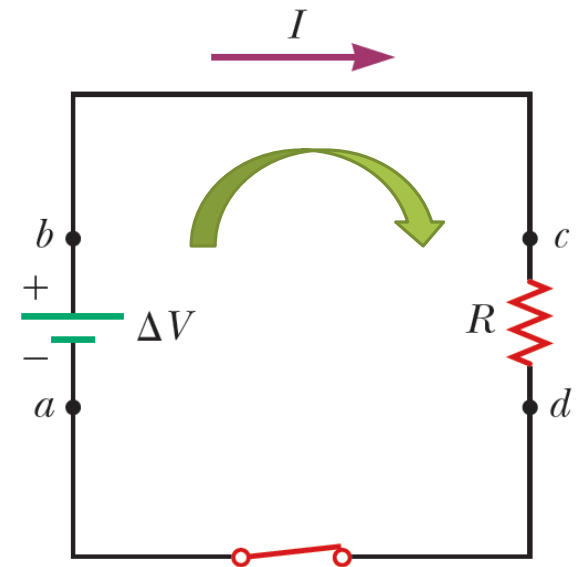
$$\Delta U_e^{cd} < 0 \Rightarrow U_{ed} < U_{ec}$$

- Άρα

$$\Delta V_{cd} = V_d - V_c < 0 \Rightarrow V_d < V_c$$

- Πτώση δυναμικού καθώς το θετικό φορτίο περνά από τον αντιστάτη!

- ...όταν μετράμε κατά τη φορά του I





Ηλεκτρικά Κυκλώματα

- **Ηλεκτρεγερτική Δύναμη**

- Αν η διαφορά δυναμικού στους πόλους μιας μπαταρίας είναι σταθερή για ένα δεδομένο, σταθερό κύκλωμα, το ρεύμα είναι επίσης σταθερό, και λέγεται **συνεχές ρεύμα**
 - Στην πραγματικότητα, η μπαταρία έχει διάρκεια ζωής
 - Ξεκινά δίνοντας μια διαφορά δυναμικού ΔV , η οποία φθίνει με την πάροδο του χρόνου
- Η μπαταρία καλείται **πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης (πηγή ΗΕΔ)**
 - Ορολογικό «απομεινάρι» από 18^ο-19^ο αιώνα, που δε γνωρίζαμε ακριβώς τι γίνεται με τον ηλεκτρισμό ☺, και συμβολίζεται με **$\mathcal{E}$**
 - Η **ΗΕΔ $\mathcal{E}$** μιας μπαταρίας είναι η **μέγιστη δυνατή διαφορά δυναμικού (τάση) (ΔV)** που μπορεί να δώσει ανάμεσα στους πόλους της





Ηλεκτρικά Κυκλώματα

• Ηλεκτρεγερτική Δύναμη

- Ιδανικά, η διαφορά δυναμικού ΔV στα άκρα της μπαταρίας ισούται με την ΗΕΔ της, $\mathcal{E}$
- Στην πράξη όμως (όταν περνά ρεύμα), δεν ισχύει αυτό
- Μια πραγματική μπαταρία έχει κι αυτή τη δική της «αντίσταση»: μοντελοποιεί τις εσωτερικές απώλειες

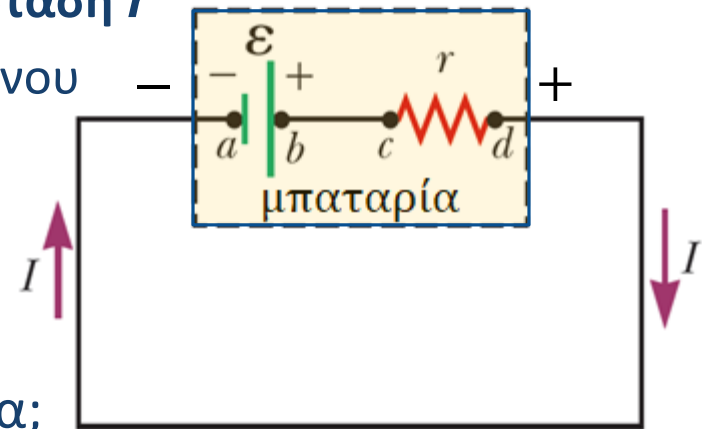
- Την ονομάζουμε **εσωτερική αντίσταση** r
- Αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου

- Το σχήμα δείχνει ένα **μοντέλο μπαταρίας** (μπεζ κουτί)

- ΗΕΔ κι αντίσταση r σε σειρά

- Πόσο είναι το ρεύμα στο κύκλωμα;

- Ας βρούμε τη διαφορά δυναμικού στα άκρα της μπαταρίας ΔV_{ad}



Ηλεκτρικά Κυκλώματα



• Ηλεκτρεγερτική Δύναμη

- Ας βρούμε τη ΔV_{ad} :

$$\Delta V_{ad} = \Delta V_{ab} + \Delta V_{bc} + \Delta V_{cd}$$

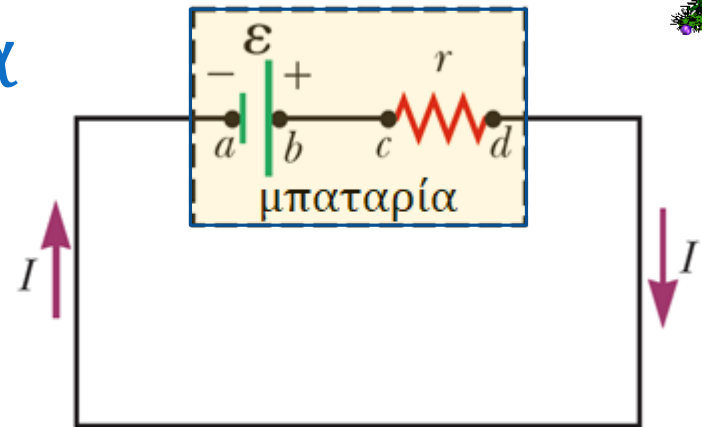
$$V_d - V_a = (V_d - V_c) + (V_c - V_b) + (V_b - V_a) = \varepsilon - Ir$$

- $V_d - V_c = -Ir$, πτώση δυναμικού ($V_c = V_b > V_d = V_a$)
- $V_c - V_b = 0$, ιδανικό καλώδιο
- $V_b - V_a = \varepsilon$, το σημείο b είναι υψηλότερου δυναμικού από το a
- Επειδή

$$V_a = V_d \Rightarrow V_d - V_a = 0$$

- Άρα το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα είναι

$$\varepsilon - Ir = 0 \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{r}$$



Νόμος του Ohm:

$$|\Delta V| = IR$$

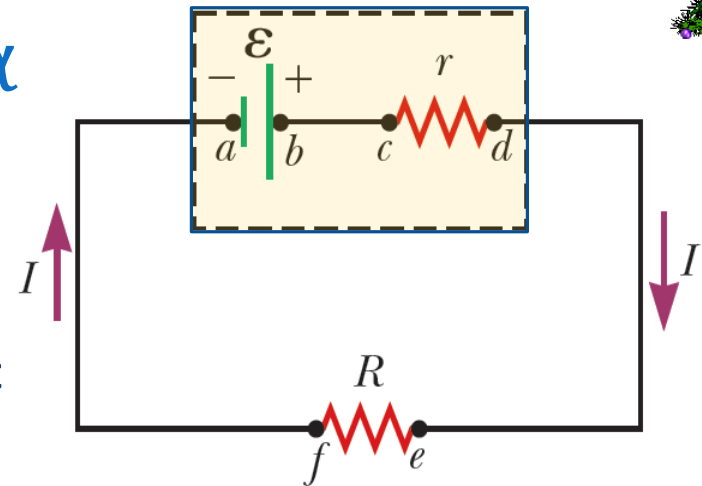
$$\begin{aligned} \Delta V_{ab} &= V_b - V_a \\ &= V_{\text{final point}} \\ &\quad - V_{\text{initial point}} \end{aligned}$$

Ηλεκτρικά Κυκλώματα



• Ηλεκτρεγερτική Δύναμη

- Ας βάλουμε μια εξωτερική αντίσταση R στο κύκλωμα (που πλέον τώρα είναι διαφορετικό σε σχέση με πριν)



- Η **διαφορά δυναμικού** ΔV_{ef} στα άκρα της αντίστασης R είναι

$$\Delta V_{ef} = V_f - V_e = -IR \quad (= \Delta V_{da} = V_a - V_d = -\Delta V_{ad})$$

- Σύμφωνα με τη σχέση που υπολογίσαμε πριν, θα έχουμε

$$\Delta V_{ef} = -\Delta V_{ad} \Leftrightarrow -IR = -(\varepsilon - Ir)$$

οπότε απ'τις δυο σχέσεις

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

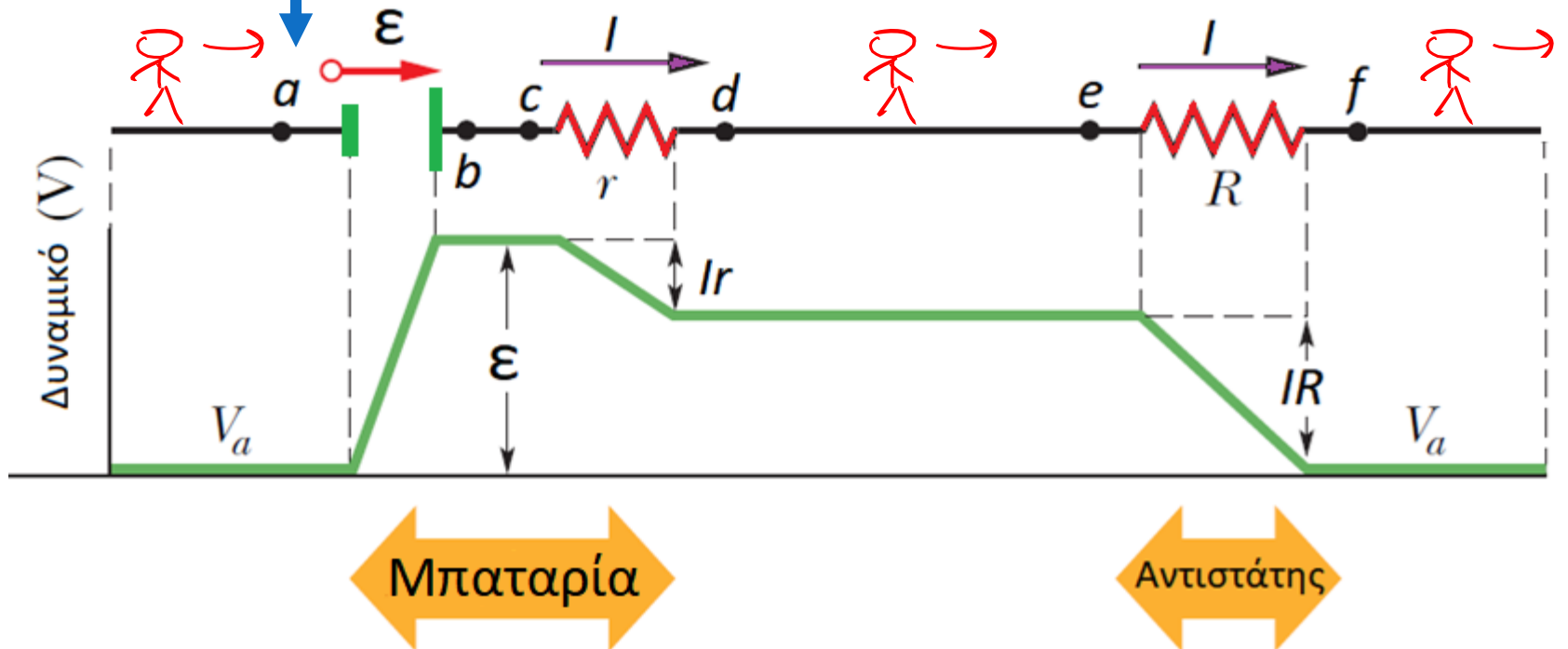
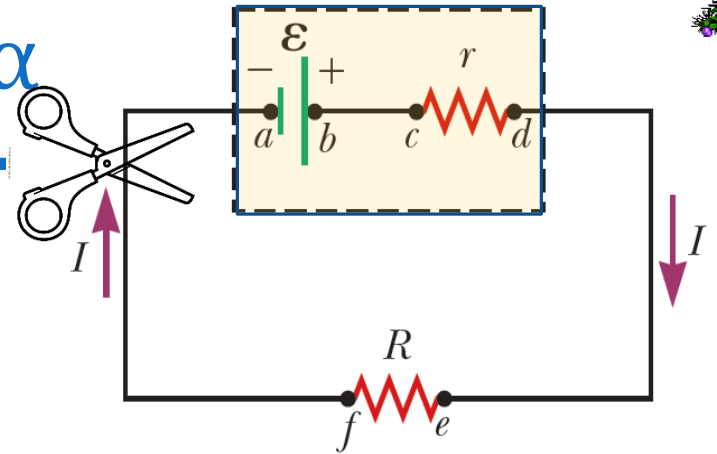
- Άρα πλέον το ρεύμα εξαρτάται τόσο από την R όσο κι από την r

Νόμος του Ohm:

$$|\Delta V| = IR$$

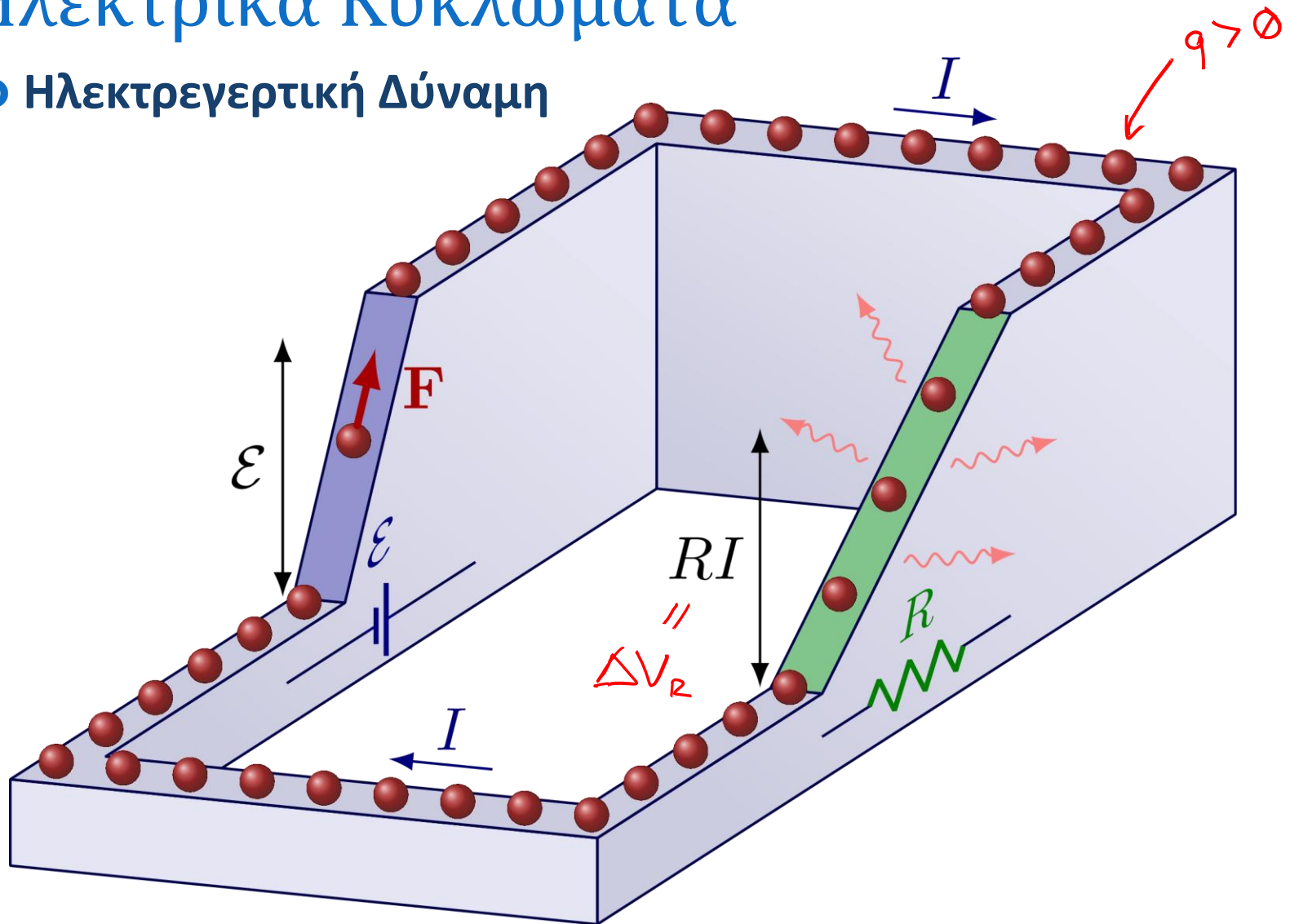
Ηλεκτρικά Κυκλώματα

• Ηλεκτρεγερτική Δύναμη



Ηλεκτρικά Κυκλώματα

• Ηλεκτρεγερτική Δύναμη



Ηλεκτρικά Κυκλώματα



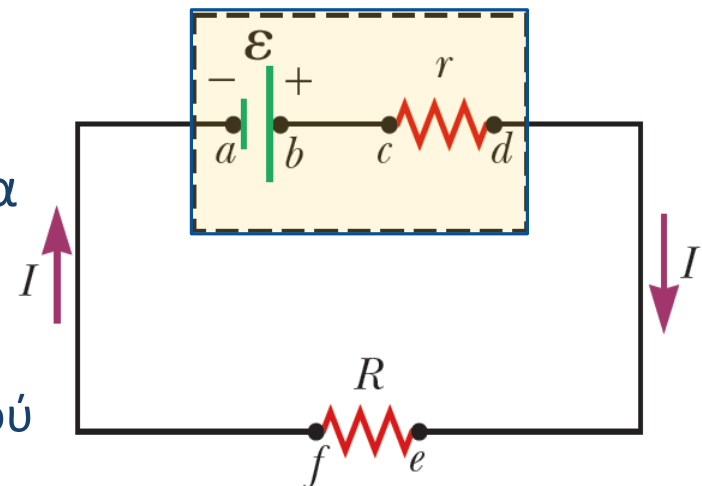
• Ηλεκτρεγερτική Δύναμη

- Πολλαπλασιάζοντας την παραπάνω **σχέση** με I :

$$I\varepsilon = I^2R + I^2r \Leftrightarrow P_{source} = P_R + P_r$$

- Η συνολική ισχύς της ΗΕΔ κατανέμεται τόσο στην εξωτερική αντίσταση R όσο και στην εσωτερική αντίσταση r
- Στην πράξη, η R είναι αρκετά μεγαλύτερη από την r
 - Όσο «αδειάζει» η μπαταρία τόσο μεγαλώνει η τιμή του r της
- Από όλη τη συζήτηση, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η μπαταρία είναι μια **πηγή σταθερής ΗΕΔ**
 - Όχι σταθερού ρεύματος
 - Όχι σταθερής διαφοράς δυναμικού

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \Rightarrow IR + Ir = \varepsilon$$

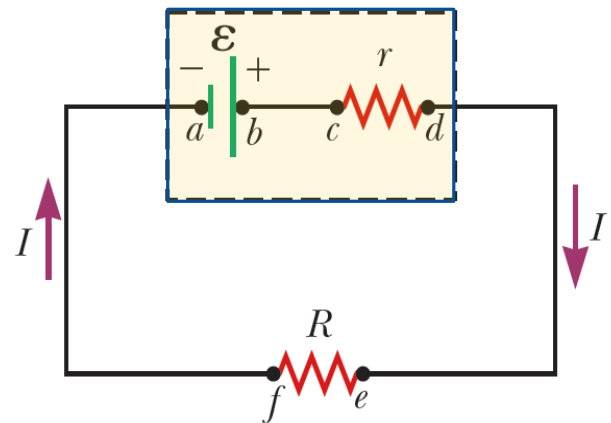




Ηλεκτρικά Κυκλώματα

• Παράδειγμα

- Μια μπαταρία έχει ΗΕΔ 12 V και εσωτερική αντίσταση $r = 0.05\ \Omega$. Οι πόλοι της συνδέονται σε μια εξωτερική αντίσταση με $R = 3\ \Omega$.
- Α) Βρείτε το ρεύμα και τη διαφορά δυναμικού της μπαταρίας
- Β) Υπολογίστε την ισχύ που λαμβάνει ο αντιστάτης, η εσωτερική αντίσταση και την ισχύ που δίνει η μπαταρία

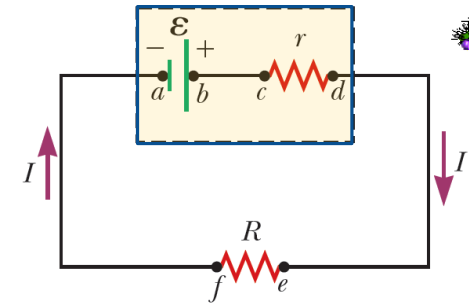


Ηλεκτρικά Κυκλώματα

◉ Παράδειγμα – Λύση:

- ◉ ΗΕΔ 12 V και εσωτερική αντίσταση $r = 0.05 \Omega$, εξωτερική αντίσταση $R = 3 \Omega$.

Α) Βρείτε το ρεύμα και τη διαφορά δυναμικού της μπαταρίας



Είναι

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} = \frac{12}{3+0.05} = \frac{12}{3.05} \simeq 3.93 \text{ A}$$

και

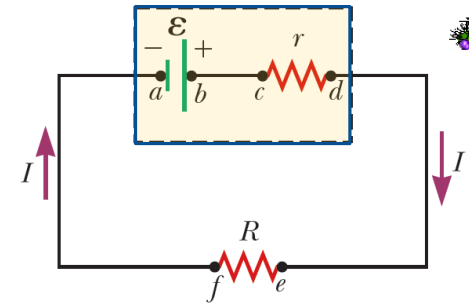
$$\Delta V_{\text{bat}} = \mathcal{E} - Ir = 12 - 3.93 \cdot 0.05 \simeq 11.8 \text{ V}$$

Ηλεκτρικά Κυκλώματα

• Παράδειγμα – Λύση:

- ΗΕΔ 12 V και εσωτερική αντίσταση $r = 0.05 \Omega$, εξωτερική αντίσταση $R = 3 \Omega$.

Β) Υπολογίστε την ισχύ που λαμβάνει ο αντιστάτης, η εσωτερική αντίσταση και την ισχύ που δίνει η μπαταρία



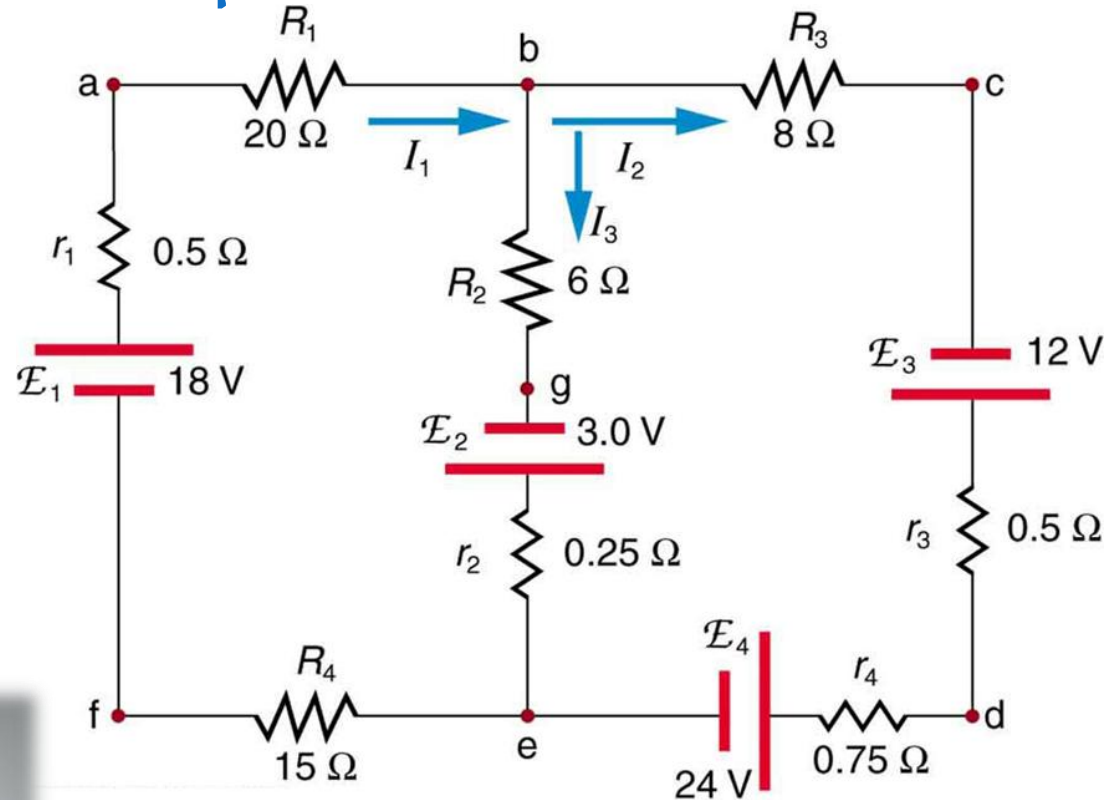
Είναι

$$P_R = I^2 R = (3.93)^2 \cdot 3 = 46.33 \text{ W}$$

$$P_r = I^2 r = (3.93)^2 \cdot 0.05 = 0.77 \text{ W}$$

$$P_{\text{tot}} = P_R + P_r = 46.33 + 0.77 = 47.1 \text{ W}$$

Ηλεκτρικά Κυκλώματα



Σημ.: πολλές μπαταρίες σημαίνει πολλές πηγές ΗΕΔ: είτε συνεργάζονται (προσθέτουν τάσεις) είτε “μαλώνουν” (η μία τροφοδοτεί/φορτίζει την άλλη), και το ρεύμα καθορίζεται από την καθαρή ΗΕΔ και τις αντιστάσεις.



Ηλεκτρικά Κυκλώματα

- Οι Κανόνες του Kirchhoff

- Για πιο περίπλοκα κυκλώματα, ακολουθούμε κάποιους κανόνες, τους λεγόμενους **κανόνες του Kirchhoff**

- 1. **Κανόνας κόμβου:** σε οποιονδήποτε κόμβο (διακλάδωση καλωδίων), το άθροισμα των ρευμάτων πρέπει να είναι **μηδέν**

$$\sum_{\text{κόμβος}} I = 0$$

- Εναλλακτικά:

$$I_{in} = I_{out}$$

Τα ρεύματα που **μπαίνουν** στον κόμβο έχουν **θετικό** πρόσημο, ενώ αυτά που **βγαίνουν**, **αρνητικό**.

- 2. **Κανόνας βρόχου:** το άθροισμα των διαφορών δυναμικού σε ένα βρόχο (κλειστή διαδρομή) πρέπει να είναι μηδέν

$$\sum_{\text{βρόχος}} \Delta V = 0$$

Ηλεκτρικά Κυκλώματα

Οι Κανόνες του Kirchhoff

1. Κανόνας κόμβου:

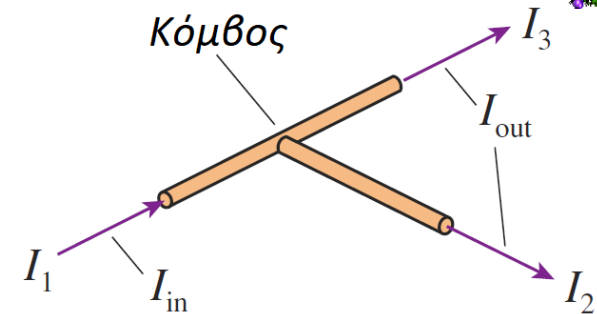
$$I_{in} = I_{out}$$

Προέρχεται από την **αρχή διατήρησης του φορτίου**

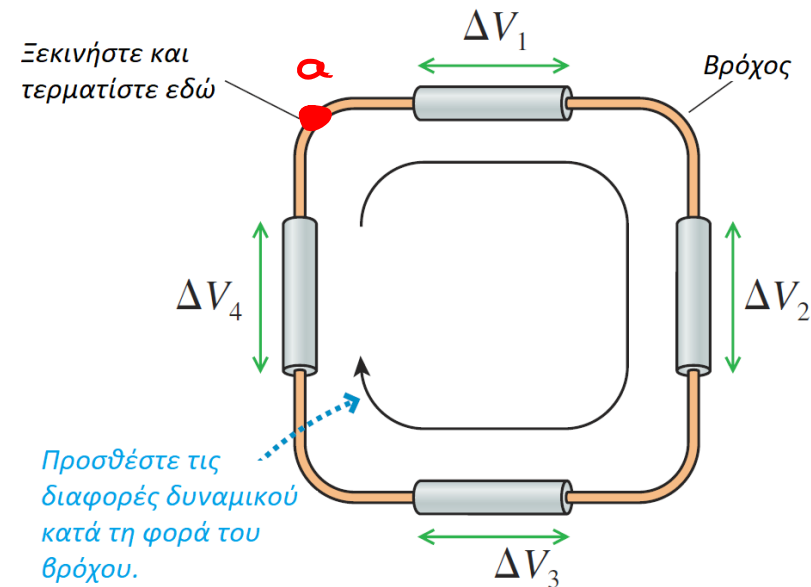
2. Κανόνας βρόχου:

$$\sum_{\text{βρόχος}} \Delta V = 0$$

Προέρχεται από την **αρχή διατήρησης της ενέργειας**



Κανόνας κόμβου: $I_1 = I_2 + I_3$



Κανόνας βρόχου: $\Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3 + \Delta V_4 = 0$





Ηλεκτρικά Κυκλώματα

• Οι Κανόνες του Kirchhoff

- Ο κανόνας κόμβου είναι απλός: βρίσκετε απλά μια διακλάδωση ρευμάτων στο κύκλωμα και τον εφαρμόζετε
- Ο κανόνας βρόχου σας ζητά να υπολογίσετε διαφορές δυναμικού κατά μήκος κλειστών μονοπατιών (βρόχων)
- Παρόλο που γνωρίζετε τόσο για πηγές ΗΕΔ όσο και για αντιστάτες (από το νόμο του Ohm) τη διαφορά δυναμικού στα άκρα τους, έχει σήμασία **ΠΩΣ** μετράτε το ηλεκτρικό δυναμικό (δηλ. πώς διατρέχετε την πηγή ή τον αντιστάτη)
 - Ανάλογα με τον τρόπο που «περπατάτε» το μονοπάτι που περιλαμβάνει μια πηγή ή έναν αντιστάτη, **η διαφορά δυναμικού μπορεί να έχει αρνητικό ή θετικό πρόσημο!**
- Θυμηθείτε:

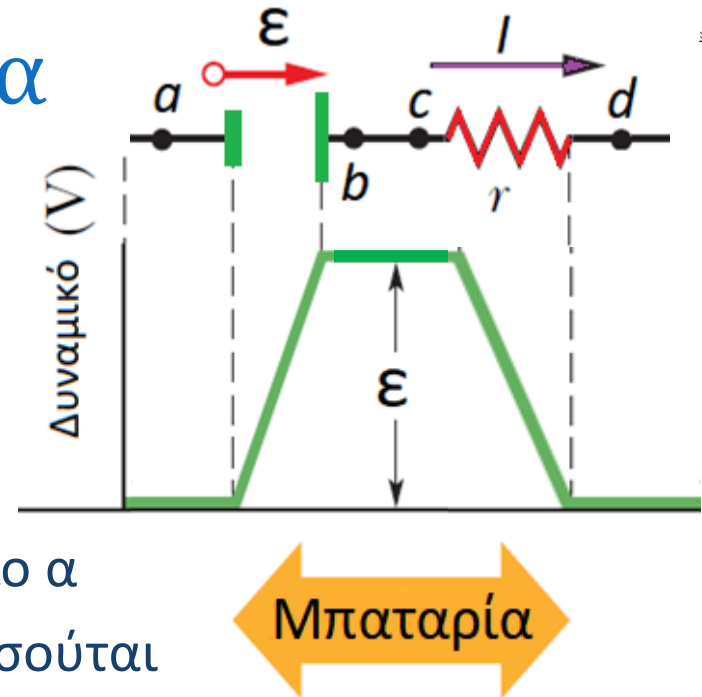
$$\Delta V_{ab} = V_b - V_a = V_{final\ point} - V_{initial\ point}$$

Ηλεκτρικά Κυκλώματα



Οι Κανόνες του Kirchhoff

- Δείτε το παράδειγμα δεξιά
- Έστω ότι η διαδρομή $abcda$ αποτελεί κλειστό μονοπάτι (βρόχο), δηλ. το σημείο d επιστρέφει και «κλείνει» στο σημείο a
- Η διαφορά δυναμικού $V_b - V_a$ ισούται με $\mathcal{E}$ γιατί διατρέχουμε την πηγή ΗΕΔ από τον αρνητικό πόλο στο θετικό (από χαμηλό σε υψηλό δυναμικό)
- Αν τη μετρήσετε ως $V_a - V_b$ θα τη βρείτε ίση με $-\mathcal{E}$!
 - Γιατί τη διατρέχετε από το θετικό στον αρνητικό πόλο, δηλ. από υψηλά σε χαμηλά δυναμικά
 - Το δυναμικό στο a είναι πάντα μικρότερο απ' ότι στο b , αφού σχετίζεται με τον αρνητικό πόλο της πηγής ΗΕΔ!

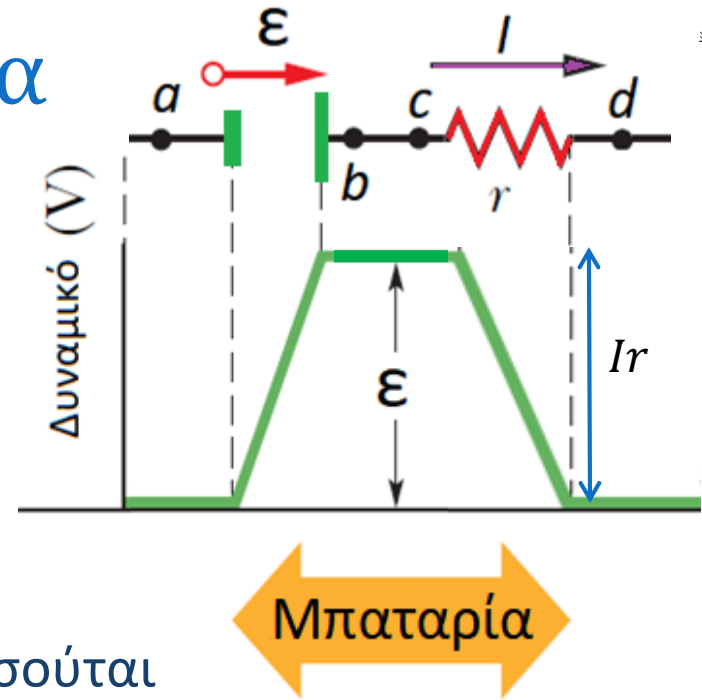


Ηλεκτρικά Κυκλώματα



- Οι Κανόνες του Kirchhoff

- Δείτε το παράδειγμα δεξιά
- Έστω ότι η διαδρομή $abcd$ αποτελεί κλειστό μονοπάτι (βρόχο), δηλ. το σημείο d επιστρέφει και «κλείνει» στο σημείο a
- Η διαφορά δυναμικού $V_d - V_c$ ισούται με $-Ir$ γιατί διατρέχουμε τον αντιστάτη **κατά τη φορά** του ρεύματος ($+Ir$ αν τον διατρέχαμε **αντίθετα** του ρεύματος)
 - Το ρεύμα (θετικά φορτία) αποδίδει ηλεκτρική δυναμική ενέργεια στον αντιστάτη και άρα το ηλεκτρικό δυναμικό στο σημείο d (στην «έξοδο» του ρεύματος από τον αντιστάτη) θα είναι χαμηλότερο από αυτό του σημείου c (στην «είσοδο»)
 - Υπάρχει **πτώση δυναμικού (πτώση τάσης)** λόγω μείωσης της ηλεκτρικής δυναμικής ενέργειας ανά μονάδα φορτίου!



Ηλεκτρικά Κυκλώματα

Κανόνες προσήμου

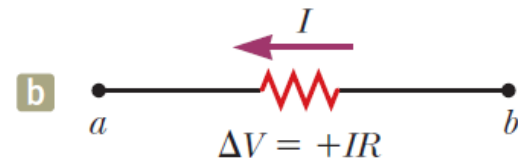
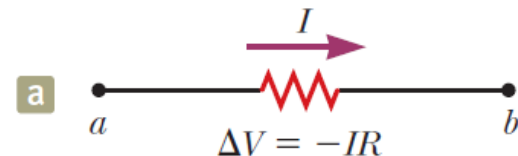
- 1. Η διαφορά δυναμικού στα άκρα αντιστάτη αντίστασης R με τη φορά του ρεύματος I είναι

$$\Delta V_{ab} = V_b - V_a = -IR$$

- 2. Η διαφορά δυναμικού στα άκρα αντιστάτη αντίστασης R με αντίθετη φορά του ρεύματος I είναι

$$\Delta V_{ab} = V_b - V_a = IR$$

Σε κάθε διάγραμμα, $\Delta V = V_b - V_a$ και το στοιχείο κυκλώματος διατρέχεται από το a στο b , αριστερά προς δεξιά.



Ηλεκτρικά Κυκλώματα

Κανόνες προσήμου

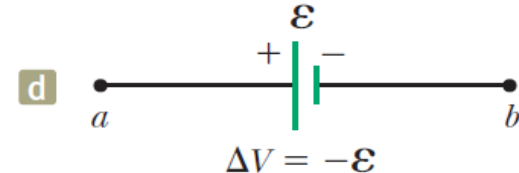
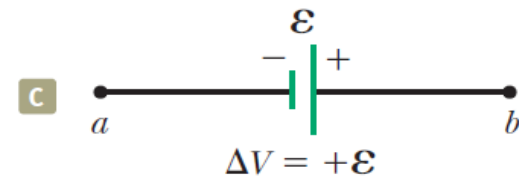
- 3. Η διαφορά δυναμικού στα άκρα μιας πηγής ΗΕΔ, αν τη διατρέχουμε από τον αρνητικό προς το θετικό πόλο, είναι

$$\Delta V_{ab} = V_b - V_a = \varepsilon$$

- 4. Η διαφορά δυναμικού στα άκρα μιας πηγής ΗΕΔ, αν τη διατρέχουμε από το θετικό προς τον αρνητικό πόλο, είναι

$$\Delta V_{ab} = V_b - V_a = -\varepsilon$$

Σε κάθε διάγραμμα, $\Delta V = V_b - V_a$ και το στοιχείο κυκλώματος διατρέχεται από το a στο b, αριστερά προς δεξιά.



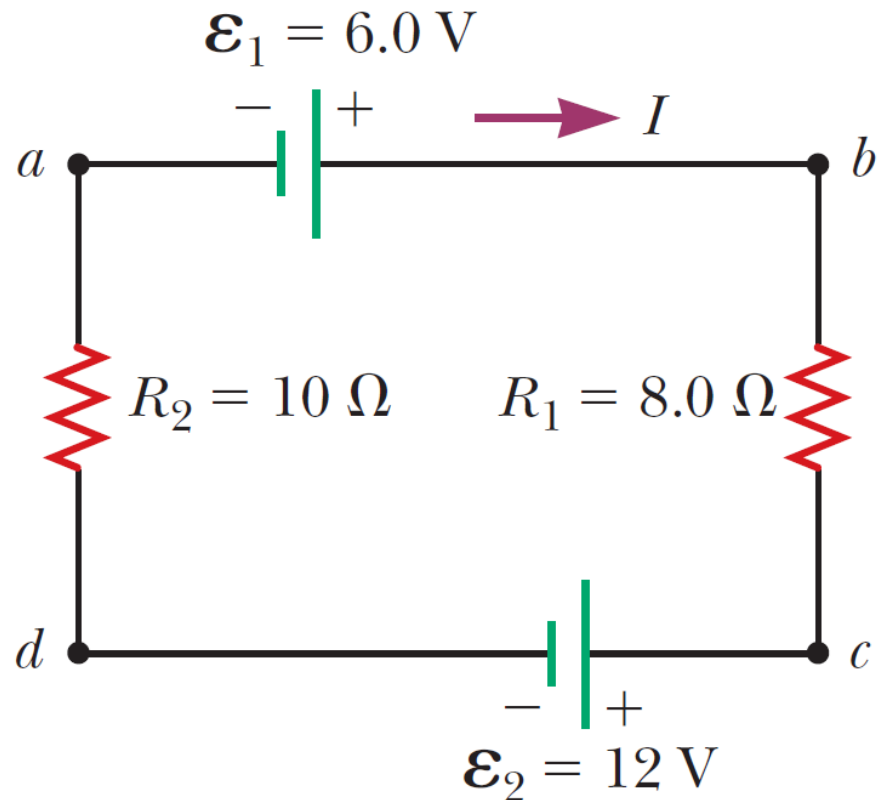


Ηλεκτρικά Κυκλώματα

◉ Παράδειγμα:

- ◉ Ένα κύκλωμα απλού βρόχου περιέχει δυο αντιστάτες και δυο πηγές όπως στο σχήμα. Βρείτε το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα.

Υποθέτω ότι η φορά τα
ρεύματος είναι όπως στο
σχήμα (ΤΥΧΑΙΑ)



Ηλεκτρικά Κυκλώματα

• Παράδειγμα – Λύση:

- Βρείτε το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα.

Επιλέξαμε το βρόχο abcda :

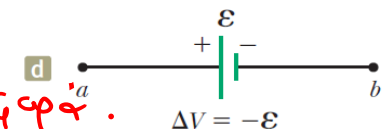
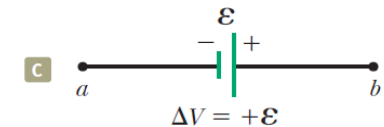
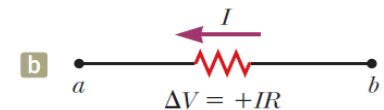
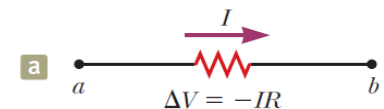
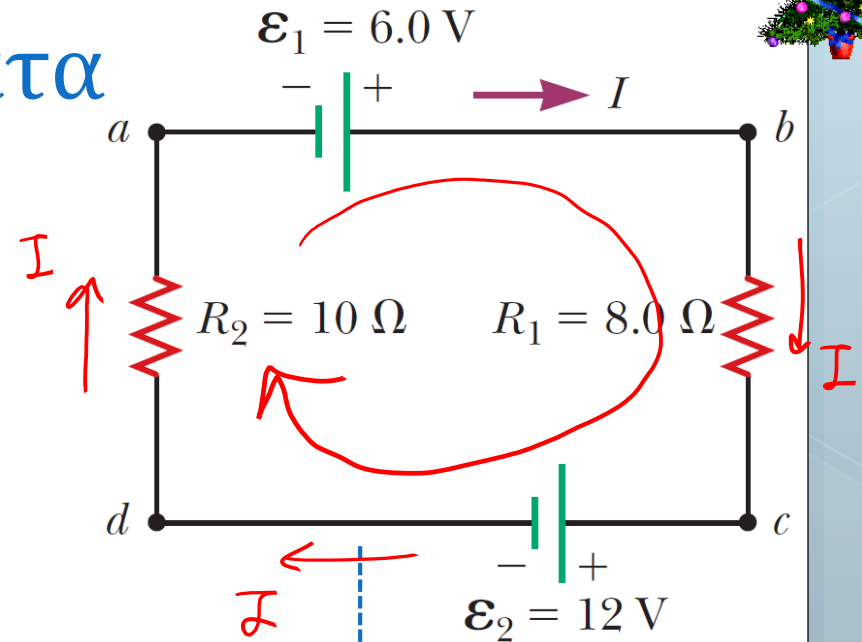
$$\sum_{abcda} \Delta V = 0 \Rightarrow \Delta V_{\varepsilon_1} + \Delta V_{R_1} + \Delta V_{\varepsilon_2} + \Delta V_{R_2} = 0$$

$$+ \varepsilon_1 - IR_1 - \varepsilon_2 - IR_2 = 0$$

$$6 - I \cdot 8 - 12 - 10 \cdot I = 0$$

$$-18I = 6 \Rightarrow I = -\frac{1}{3} \text{ A}$$

Το πρόσημο δηλώνει ότι το ρεύμα έχει αντίθ. φορά.

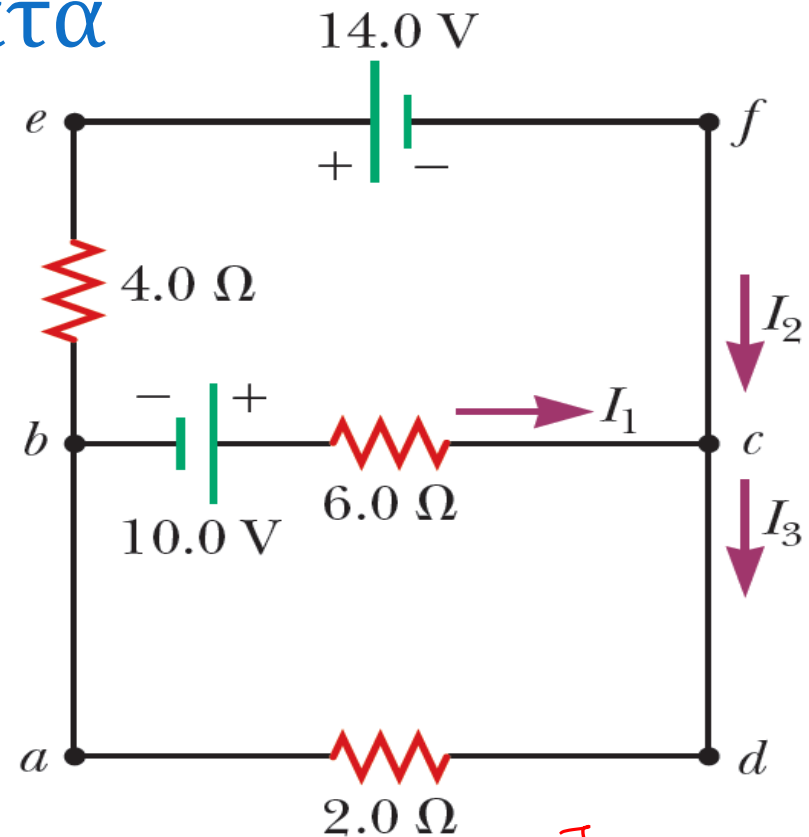




Ηλεκτρικά Κυκλώματα

● Παράδειγμα:

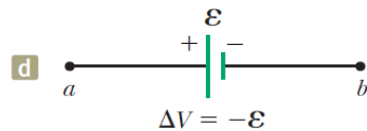
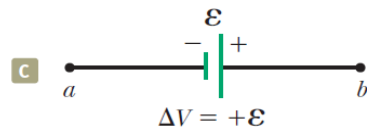
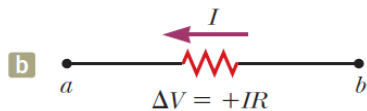
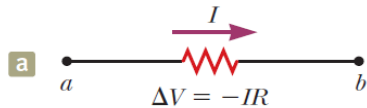
- Βρείτε τα ρεύματα I_1, I_2, I_3 του διπλανού κυκλώματος και υπολογίστε τη διαφορά δυναμικού και την ισχύ που παραδίδεται στα άκρα του αντιστάτη αντίστασης $2\ \Omega$.



Έχουμε κέρβους (b, c) και
τρεις βρόχους $(efcdabe,$
 $efcb e, bcda b)$. Έχουμε 3 αγνώστους, θέλουμε 3 εξισώσεις.
Η επιλογή των φορέων των ρευμάτων είναι ΤΥΧΑΙΑ!

Ηλεκτρικά Κυκλώματα

Παράδειγμα – Λύση:

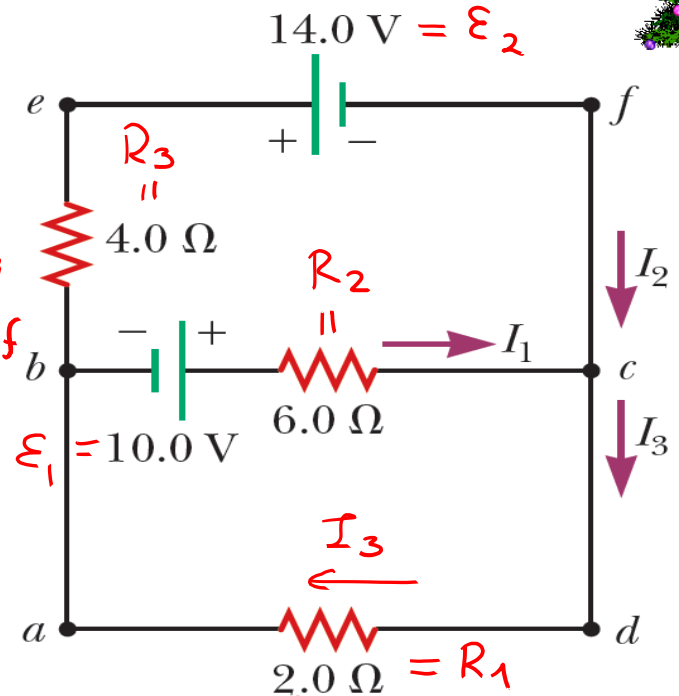


Στον κόμβο c, ισχύει
ο 1ος κανόνας Kirchhoff

$$I_{in} = I_{out}$$

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad (1)$$

Στο βρόχο dabcd, ισχύει ο 2ος κανόνας
του Kirchhoff:



$$\sum_{\text{dabcd}} \Delta V = 0 \Leftrightarrow \Delta V_{R_1} + \Delta V_{\varepsilon_1} + \Delta V_{R_2} = 0$$

$$-I_3 R_1 + \varepsilon_1 - I_1 R_2 = 0$$

$$-2I_3 + 10 - 6I_1 = 0 \quad (2)$$

Ηλεκτρικά Κυκλώματα

Παράδειγμα – Λύση:

Στο βρόχο $efcbe$, θα έχουμε
Γαλι:

$$\sum_{efcbe} \Delta V = 0$$

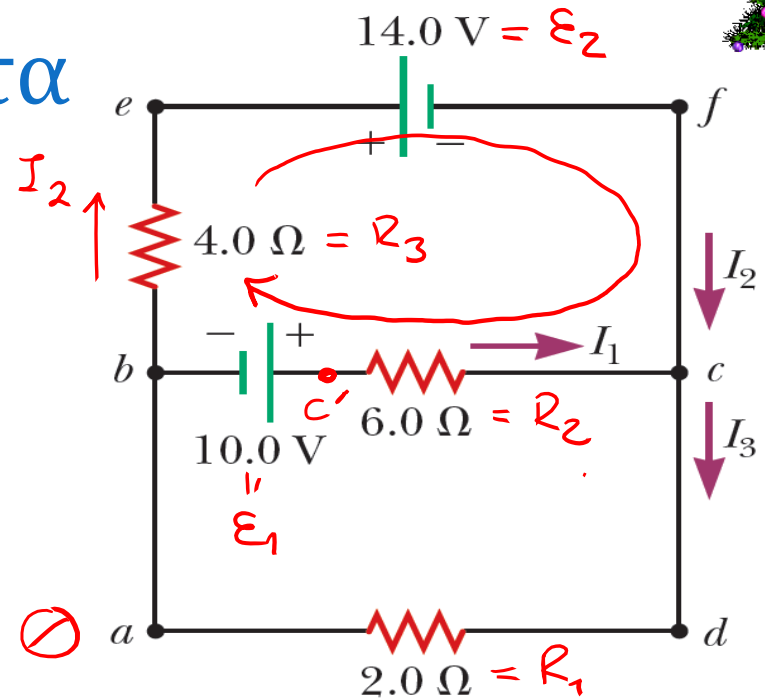
$$\Delta V_{\varepsilon_2} + \Delta V_{R_2} + \Delta V_{\varepsilon_1} + \Delta V_{R_3} = 0$$

$$-\varepsilon_2 + I_1 R_2 - \varepsilon_1 - I_2 R_3 = 0$$

$$-12 + I_1 \cdot 6 - 10 - I_2 \cdot 4 = 0 \quad (3)$$

Έχουμε ένα 3×3 σύστημα, $I_1 = 2 \text{ A}$, $I_2 = -3 \text{ A}$, $I_3 = -1 \text{ A}$

Το πρόσημο "-" δηλώνει αντίθετη φορά από τη διεύθυνση.





Ηλεκτρικά Κυκλώματα

○ (πρακτικές) Παρατηρήσεις:

- Αν τα ρεύματα δε σας δίνονται σε κάποιο κύκλωμα, διαλέξτε αυθαίρετες φορές ρευμάτων. Αν μια τιμή βγει αρνητική, απλώς το πραγματικό ρεύμα έχει αντίθετη φορά από αυτή που επιλέξατε
 - Όμως είναι καλή ιδέα να μη βάλετε π.χ. όλα τα ρεύματα να μπαίνουν ή όλα να βγαίνουν σε έναν κόμβο
- Αν θέλετε να υπολογίσετε τη διαφορά δυναμικού σε ένα μονοπάτι που **ΔΕΝ αποτελεί βρόχο (δεν είναι κλειστό)**, πρέπει απλά να αθροίσετε τις διαφορές δυναμικού στο μονοπάτι
 - Αν το μονοπάτι σας είναι π.χ. το abcde (χωρίς να επιστρέφει στο a), και θέλετε τη διαφορά δυναμικού ΔV_{ae} , τότε

$$\Delta V_{ae} = V_e - V_a = \sum_{abcde} \Delta V = \Delta V_{ab} + \Delta V_{bc} + \Delta V_{cd} + \Delta V_{de}$$



1 PHYSICS

1.1 History

Aristotle said a bunch of stuff that was wrong. Galileo and Newton fixed things up. Then Einstein broke everything again. Now, we've basically got it all worked out, except for small stuff, big stuff, hot stuff, cold stuff, fast stuff, heavy stuff, dark stuff, turbulence, and the concept of time.



Τέλος Ενότητας

Merry Christmas
And
Happy New Year

