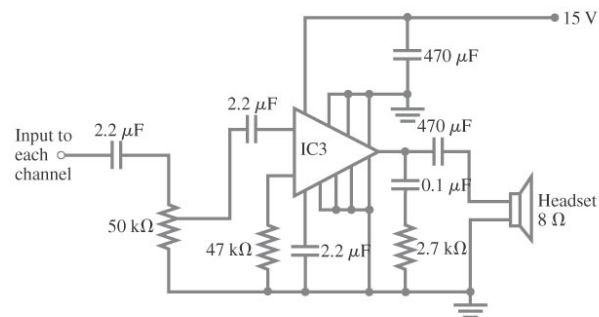


# Κεφάλαιο 26

## Συνεχή Ρεύματα



# Περιεχόμενα Κεφαλαίου 26

- Ηλεκτρεγερτική Δύναμη (ΗΕΔ)
- Αντιστάσεις σε σειρά και Παράλληλες
- Νόμοι του Kirchhoff
- Σειριακά και Παράλληλα EMF-Φόρτιση Μπαταρίας
- Κυκλώματα  $RC$
- Μέτρηση Τάσεως και Ρεύματος

# 26-1 ΗΕΔ

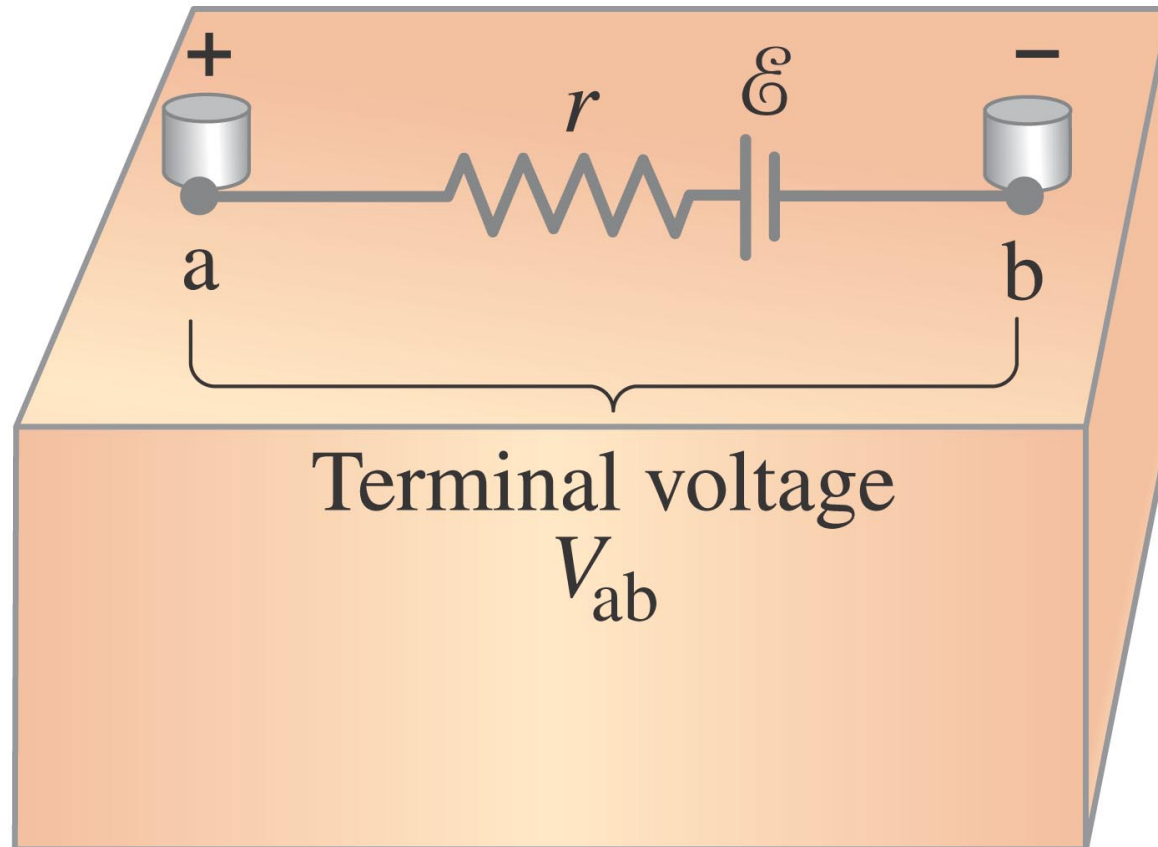
Ένα ηλεκτρικό κύκλωμα απαιτεί κάποια μπαταρία ή δυναμό προκειμένου να «παράγει» ρεύμα. Οι πηγές αυτές ονομάζονται πηγές ηλεκτρεγερτικής δύναμης (ΗΕΔ).

Η μπαταρία είναι πηγή σταθερής τάσεως αλλά έχει μια μικρή εσωτερική αντίσταση η οποία μειώνει την τάση που αποδίδει από αυτή μιας ιδανικής πηγής ΗΕΔ:

$$V_{ab} = \mathcal{E} - Ir.$$

# 26-1 EMF and Terminal Voltage

Η εσωτερική αυτή αντίσταση συμπεριφέρεται ως να ήταν σε σειρά με την ΗΕΔ.

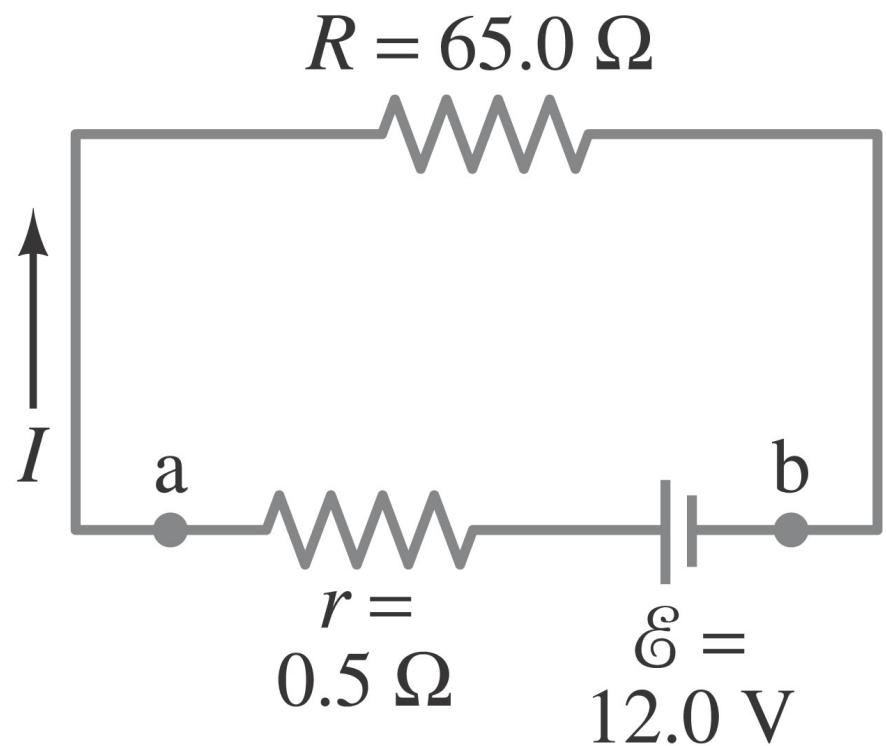


Μια  $65.0\text{-}\Omega$  αντίσταση συνδέεται με μπαταρία  $12.0\text{ V}$  που έχει εσωτερική αντίσταση  $0.5\ \Omega$ .

Βρείτε (a) το ρεύμα του κυκλώματος (b) την τάση εξόδου της μπαταρίας  $V_{ab}$ , και (c) την ισχύ που καταναλώνεται στις αντιστάσεις  $R$  και  $r$ .

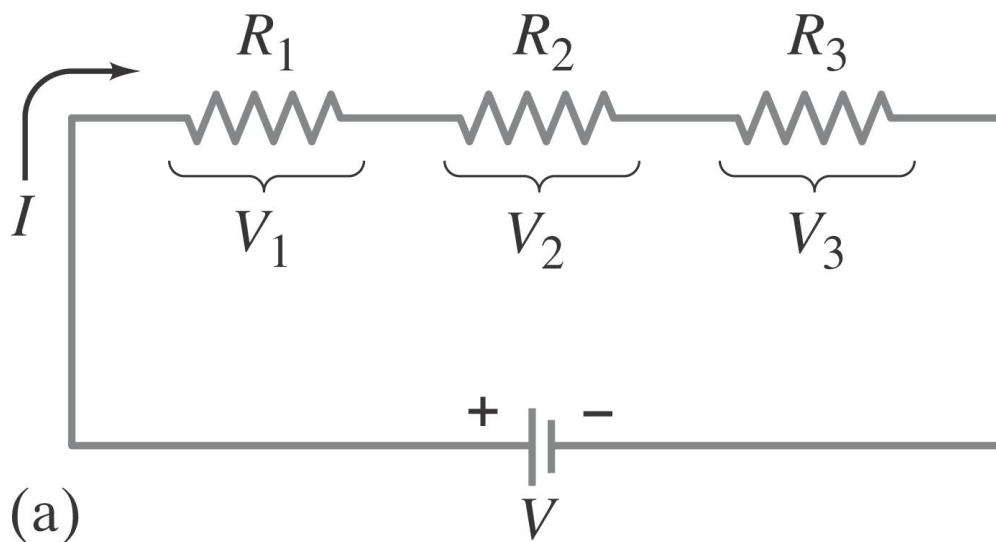
**ΛΥΣΗ**

$$I = 0.183\text{ A}, V_{ab} = 11.9\text{ V}, P_r = 2.18\text{ W}, P_R = 0.02\text{ W}$$



## 26-2 Αντιστάσεις σε Σειρά

Σύνδεση σε σειρά: έχουμε κοινό ρεύμα



Η πτώση τάσεως είναι ανάλογη της αντίστασης

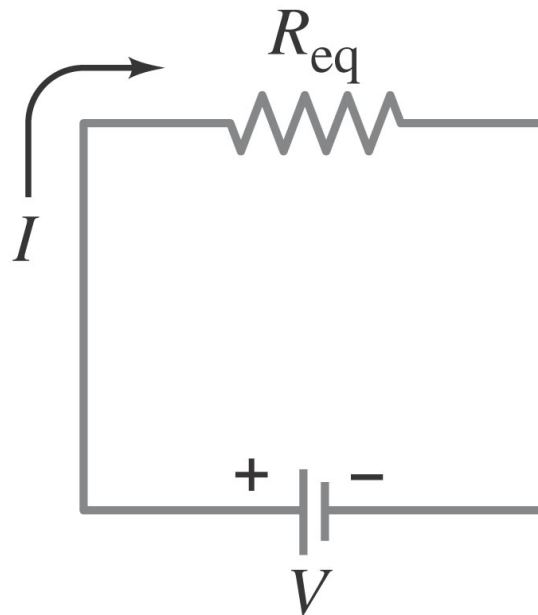
$$V = V_1 + V_2 + V_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3. \quad [\text{series}]$$

## 26-2 Αντιστάσεις σε Σειρά

Η συνολική αντίσταση είναι το άθροισμα των αντιστάσεων

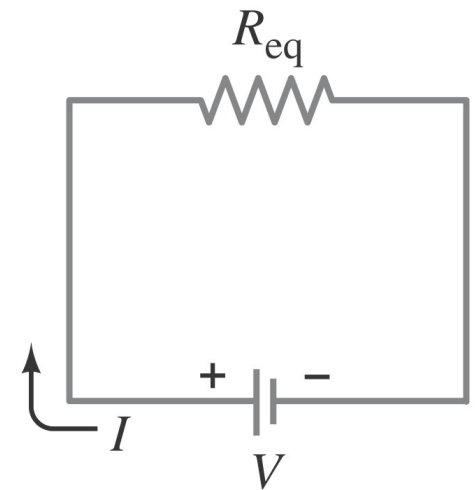
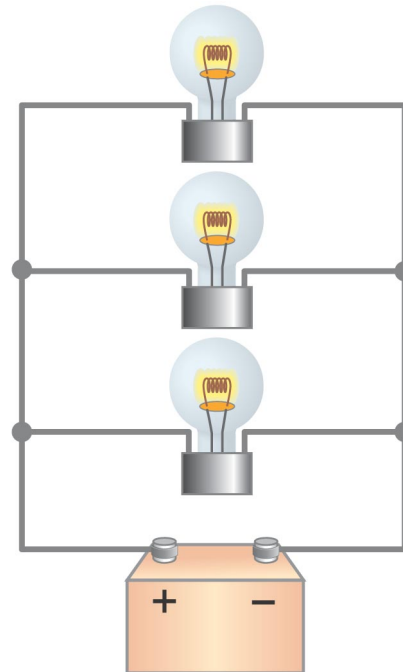
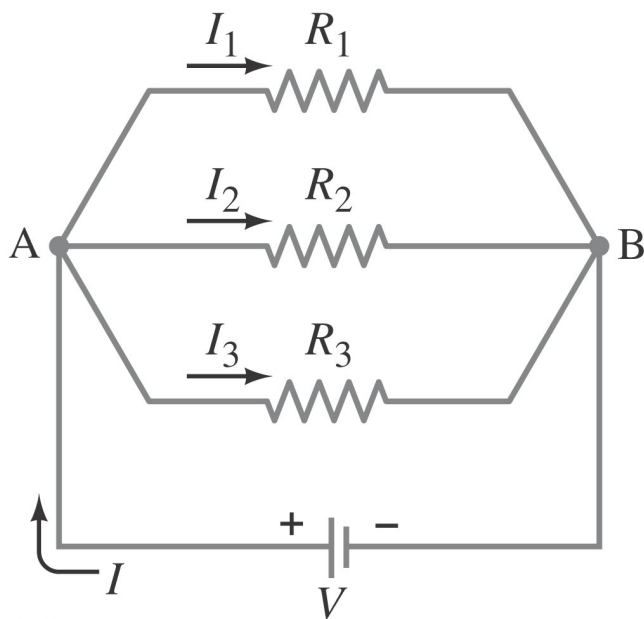
$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + R_3.$$

[series]



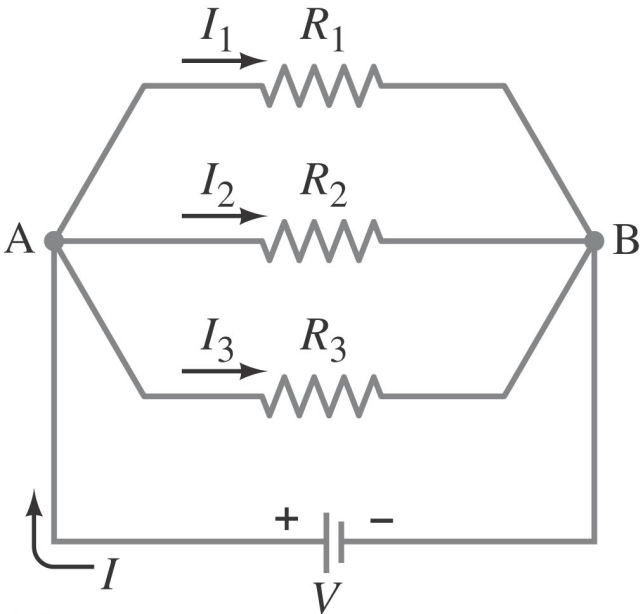
# 26-2 Παράλληλες Αντιστάσεις

Στην παράλληλη σύνδεση: έχουμε ίδια Τάση





## 26-2 Παράλληλες Αντιστάσεις

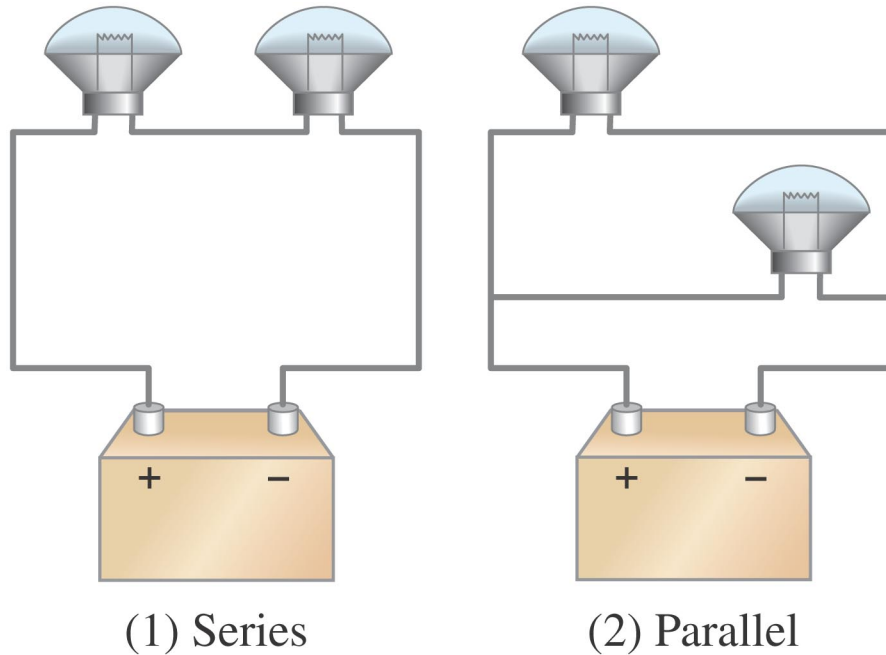


$$I = I_1 + I_2 + I_3$$
$$\frac{V}{R_{\text{eq}}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}.$$

$$\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

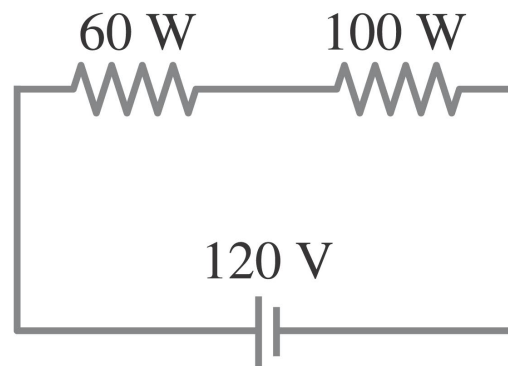
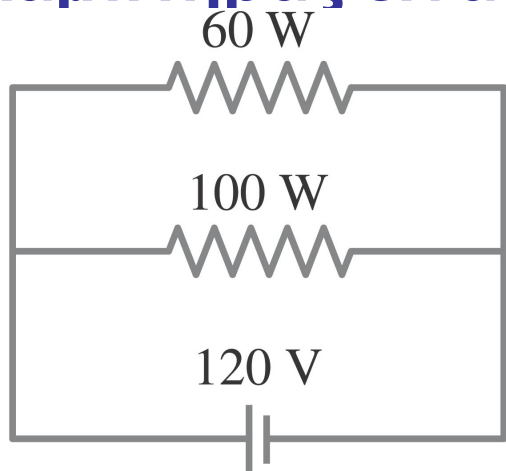
[parallel]

(a) Τα λαμπάκια του παραδείγματος είναι πανομοιότυπα. Σε ποια σύνδεση έχουμε μεγαλύτερη φωτεινότητα (b) Με ποιον από τους δύο τρόπου είναι συνδεδεμένα τα φώτα του αυτοκινήτου;



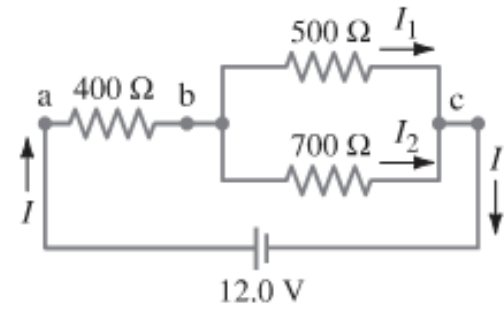
**Η παράλληλη σύνδεση είναι η σωστή!**

Δύο λαμπτήρες, 100-W, 120-V και 60-W, 120-V συνδέονται με δύο διαφορετικούς τρόπους. Αγνοώντας την μεταβολή της αντίστασης λόγο θερμότητας, βρείτε ποιο λαμπτήρας είναι φωτεινότερος

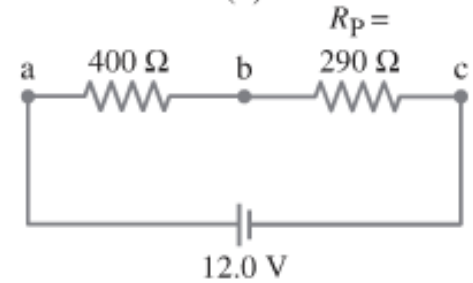


# Πόσο είναι το ρεύμα $I_1$ ;

## ΛΥΣΗ



(a)

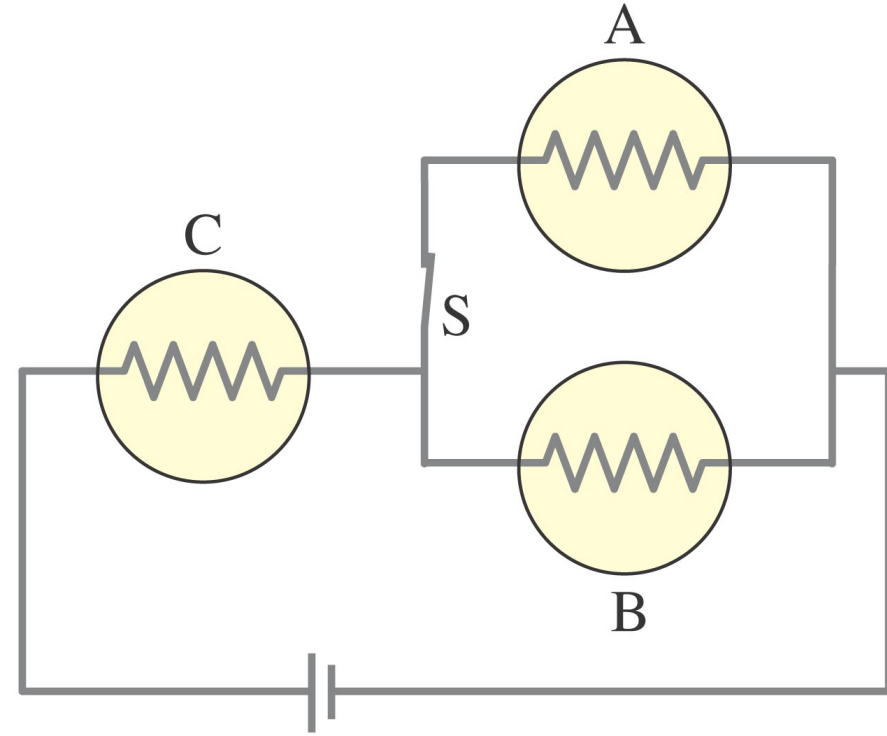


(b)

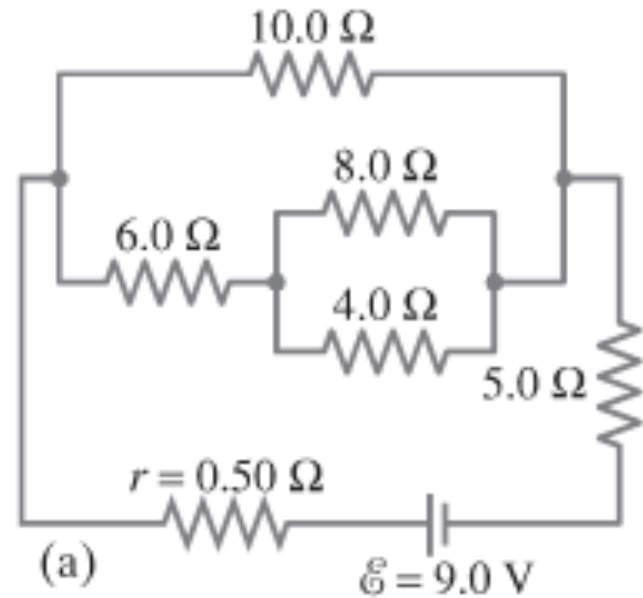
Θεωρούμε τρεις ίδιους λαμπτήρες με αντίσταση  $R$ .

(a) Με τον διακόπτη  $S$  «κλειστό» πως συγκρίνει η φωτεινότητα των  $A$  και  $B$  με αυτήν της  $C$ ;

(b) Τι συμβαίνει όταν «ανοίξει» ο διακόπτης;



Για το κύκλωμα του σχήματος βρείτε: (a) Το ρεύμα που τραβάμε από την μπαταρία (b) Την τάση εξόδου της μπαταρίας (c) Το ρεύμα μέσα από την αντίσταση των 6.0-Ω.



**APPROACH** To find the current out of the battery, we first need to determine the equivalent resistance  $R_{eq}$  of the entire circuit, including  $r$ , which we do by identifying and isolating simple series or parallel combinations of resistors. Once we find  $I$  from Ohm's law,  $I = \mathcal{E}/R_{eq}$ , we get the terminal voltage using  $V_{ab} = \mathcal{E} - Ir$ . For (c) we apply Ohm's law to the 6.0- $\Omega$  resistor.

**SOLUTION** (a) We want to determine the equivalent resistance of the circuit. But where do we start? We note that the 4.0- $\Omega$  and 8.0- $\Omega$  resistors are in parallel, and so have an equivalent resistance  $R_{eq1}$  given by

$$\frac{1}{R_{eq1}} = \frac{1}{8.0 \Omega} + \frac{1}{4.0 \Omega} = \frac{3}{8.0 \Omega};$$

so  $R_{eq1} = 2.7 \Omega$ . This 2.7  $\Omega$  is in series with the 6.0- $\Omega$  resistor, as shown in the equivalent circuit of Fig. 26-10b. The net resistance of the lower arm of the circuit is then

$$R_{eq2} = 6.0 \Omega + 2.7 \Omega = 8.7 \Omega,$$

as shown in Fig. 26-10c. The equivalent resistance  $R_{eq3}$  of the 8.7- $\Omega$  and 10.0- $\Omega$  resistances in parallel is given by

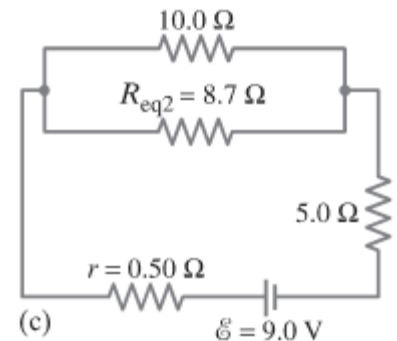
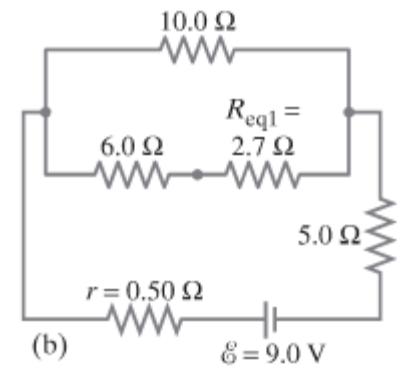
$$\frac{1}{R_{eq3}} = \frac{1}{10.0 \Omega} + \frac{1}{8.7 \Omega} = 0.21 \Omega^{-1},$$

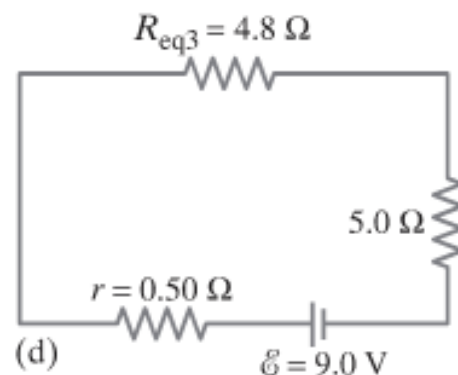
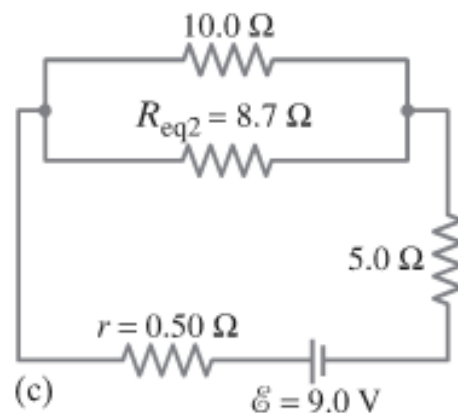
so  $R_{eq3} = (1/0.21 \Omega^{-1}) = 4.8 \Omega$ . This 4.8  $\Omega$  is in series with the 5.0- $\Omega$  resistor and the 0.50- $\Omega$  internal resistance of the battery (Fig. 26-10d), so the total equivalent resistance  $R_{eq}$  of the circuit is  $R_{eq} = 4.8 \Omega + 5.0 \Omega + 0.50 \Omega = 10.3 \Omega$ . Hence the current drawn is

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{eq}} = \frac{9.0 \text{ V}}{10.3 \Omega} = 0.87 \text{ A}.$$

(b) The terminal voltage of the battery is

$$V_{ab} = \mathcal{E} - Ir = 9.0 \text{ V} - (0.87 \text{ A})(0.50 \Omega) = 8.6 \text{ V}.$$





(c) Now we can work back and get the current in the 6.0- $\Omega$  resistor. It must be the same as the current through the 8.7  $\Omega$  shown in Fig. 26-10c (why?). The voltage across that 8.7  $\Omega$  will be the emf of the battery minus the voltage drops across  $r$  and the 5.0- $\Omega$  resistor:  $V_{8.7} = 9.0 \text{ V} - (0.87 \text{ A})(0.50 \Omega + 5.0 \Omega)$ . Applying Ohm's law, we get the current (call it  $I'$ )

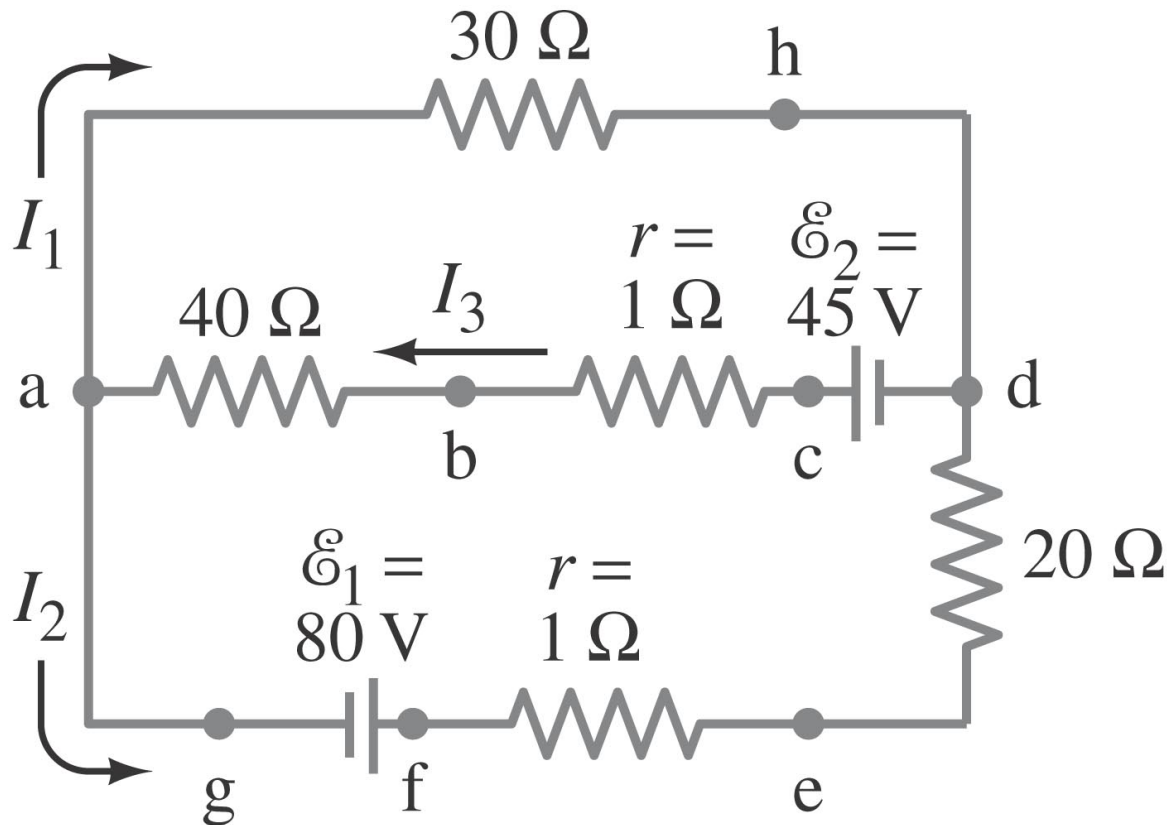
$$I' = \frac{9.0 \text{ V} - (0.87 \text{ A})(0.50 \Omega + 5.0 \Omega)}{8.7 \Omega} = 0.48 \text{ A.}$$

This is the current through the 6.0- $\Omega$  resistor.

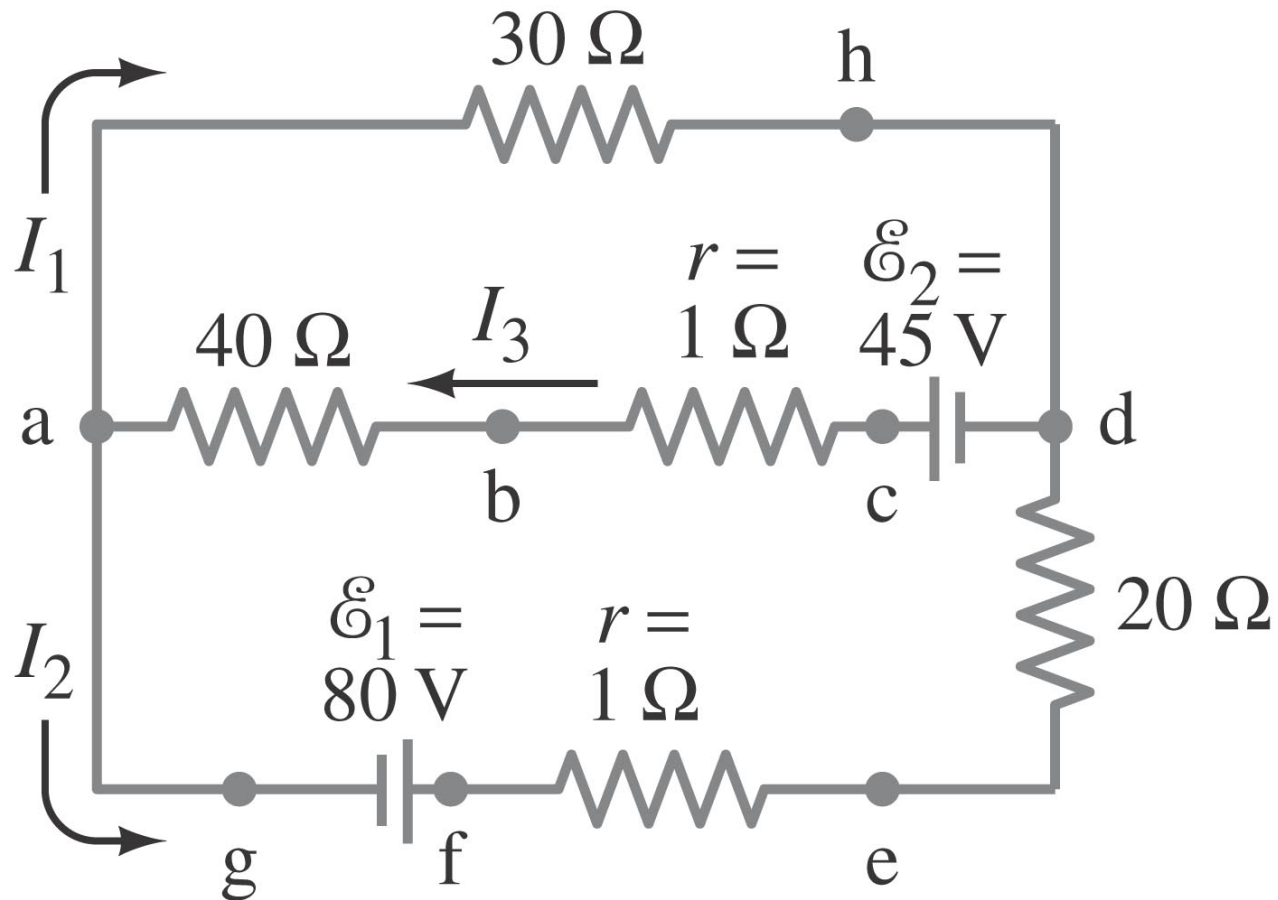


## 26-3 Κανόνες Kirchhoff

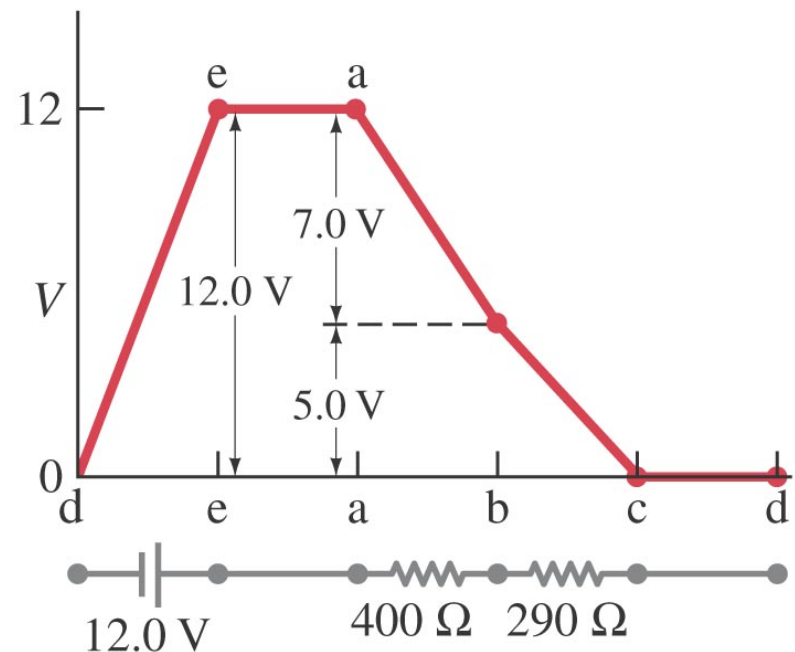
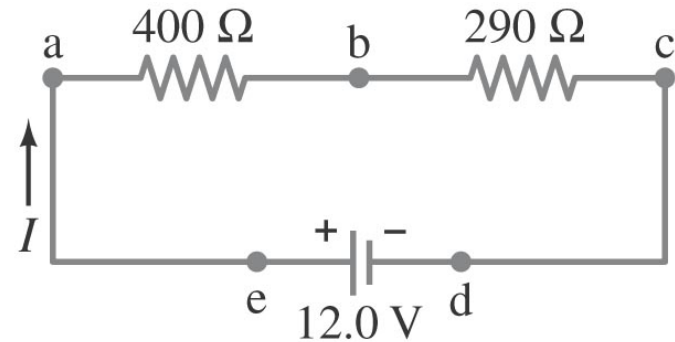
Ορισμένες φορές δεν μπορούμε να αναλύσουμε το κύκλωμα μόνο μέσα από παράλληλες και σειριακές συνδέσεις αντιστάσεων. Σε αυτές τις περιπτώσεις εφαρμόζουμε τους κανόνες του Kirchhoff's.



**Κανόνας κόμβου: όσο ρεύμα μπαίνει τόσο ρεύμα φεύγει από ένα κόμβο**



**Κανόνας βρόχων: το άθροισμα των μεταβολών τάσεως σε ένα κλειστό βρόχο είναι μηδέν.**

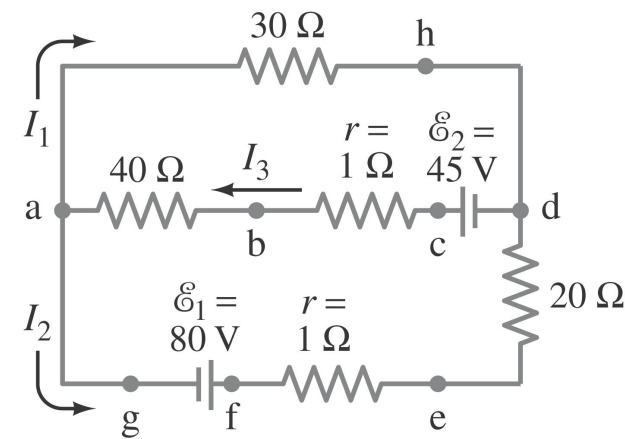


# Εφαρμόζοντας τους κανόνες του Kirchhoff

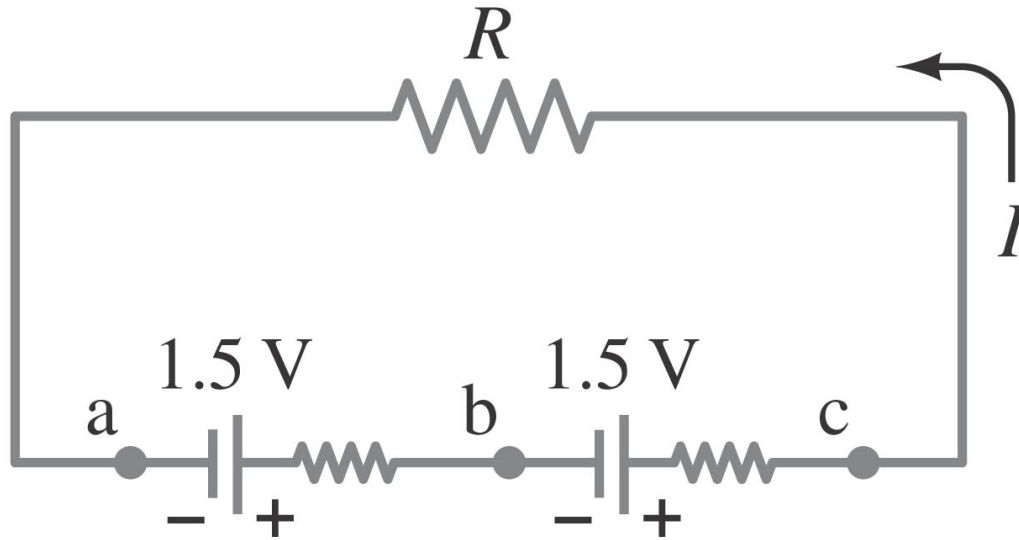
1. Σημειώνουμε όλα τα ρεύματα και τις διευθύνσεις τους.
2. Αναγνωρίζουμε τους αγνώστους.
3. Εφαρμόζουμε του κανόνες Kirchhoff στους βρόχους και κόμβους.
4. Λύνουμε τις εξισώσεις που προκύπτουν ως προς τους αγνώστους. Προσοχή, χρειαζόμαστε τόσες εξισώσεις όσοι και οι άγνωστοι.
5. Αρνητικά ρεύματα σημαίνει αντίθετη φορά ως προς τον αρχικό μας ορισμό.

Βρείτε τα  $I_1$ ,  $I_2$ , και  $I_3$   
του κυκλώματος :

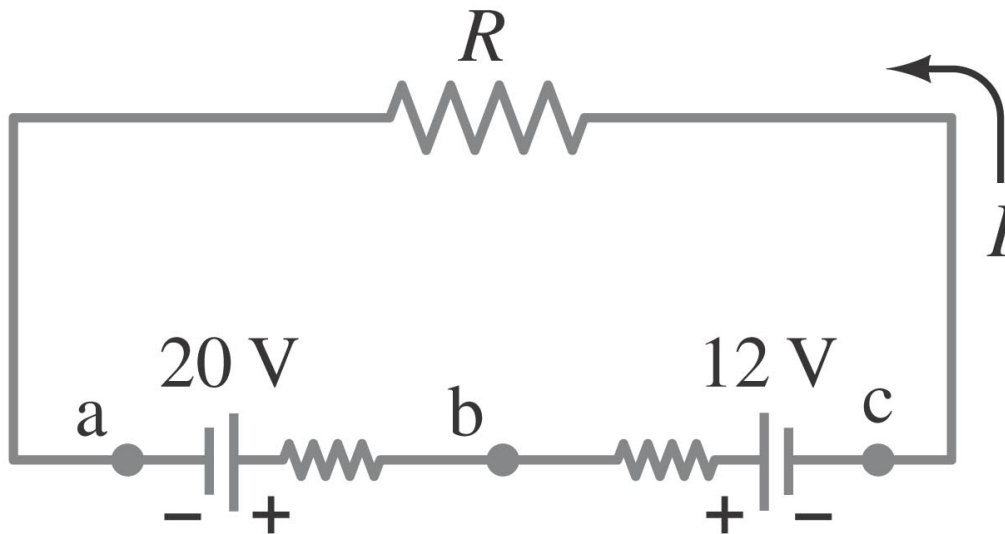
**ΛΥΣΗ**



Η τάση εξόδου για πηγές ΗΕΔ σε σειρά είναι το άθροισμα των επιμέρους ΗΕΔ.

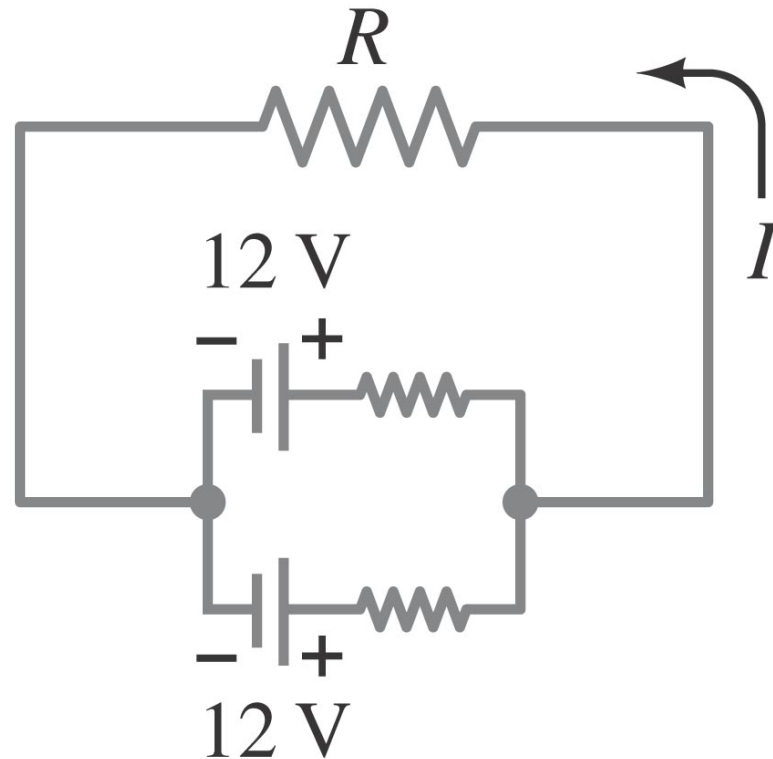


$$1,5\text{V} + 1,5\text{V} = 3\text{V}$$



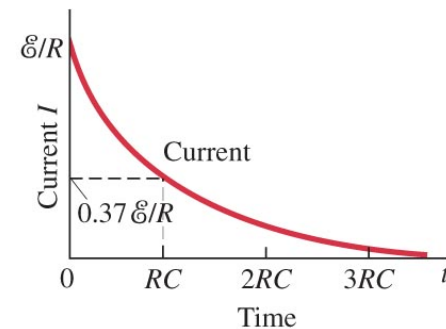
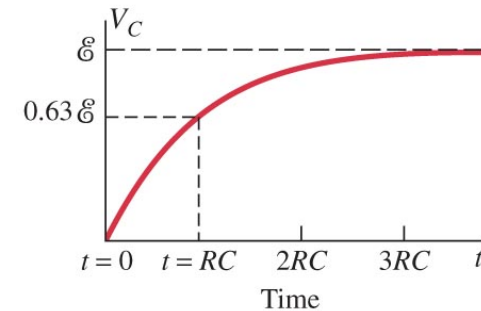
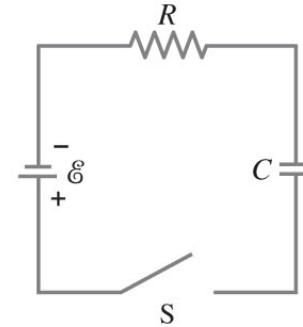
$$20\text{V} - 12\text{V} = 8\text{V}$$

Η Παράλληλη σύνδεση μπαταριών (ΗΕΔ) έχει νόημα μόνο όταν η μπαταρίες έχουν την ίδια τάση ώστε να αυξήσουμε το ρεύμα εξόδου



# 26-5 Κυκλώματα *RC* Circuits

Με το κλείσιμο του διακόπτη  $S$ , αρχίζει να φορτώνει ο πυκνωτής, άρα και η τάση του. Το ρεύμα είναι μέγιστο στην αρχή και μειώνεται σαν συνάρτηση το χρόνου.





$$\mathcal{E} = IR + \frac{Q}{C}.$$

**Επειδή  $I = dQ/dt$ , τότε έχουμε**

$$\mathcal{E} = R \frac{dQ}{dt} + \frac{1}{C} Q.$$

This equation can be solved by rearranging it:

$$\frac{dQ}{C\mathcal{E} - Q} = \frac{dt}{RC}.$$

$t$  We now integrate from  $t = 0$ , when  $Q = 0$ , to time  $t$  when a charge  $Q$  is on the capacitor:

$$\int_0^Q \frac{dQ}{C\mathcal{E} - Q} = \frac{1}{RC} \int_0^t dt$$

$$-\ln(C\mathcal{E} - Q) \Big|_0^Q = \frac{t}{RC} \Big|_0^t$$

$$-\ln(C\mathcal{E} - Q) - (-\ln C\mathcal{E}) = \frac{t}{RC}$$

$$\ln(C\mathcal{E} - Q) - \ln(C\mathcal{E}) = -\frac{t}{RC}$$

$$\ln\left(1 - \frac{Q}{C\mathcal{E}}\right) = -\frac{t}{RC}.$$

We take the exponential<sup>†</sup> of both sides

$$1 - \frac{Q}{C\mathcal{E}} = e^{-t/RC}$$

or

$$Q = C\mathcal{E}(1 - e^{-t/RC}).$$

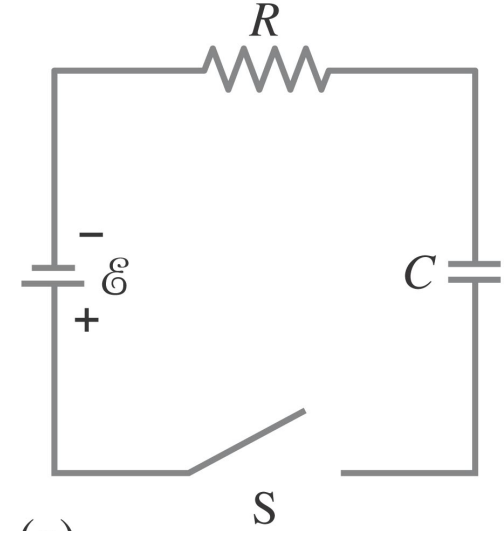
The potential difference across the capacitor is  $V_C = Q/C$ , so

$$V_C = \mathcal{E}(1 - e^{-t/RC}).$$

**Η ποσότητα  $RC$  είναι η χρονική σταθερά για το κύκλωμα:**

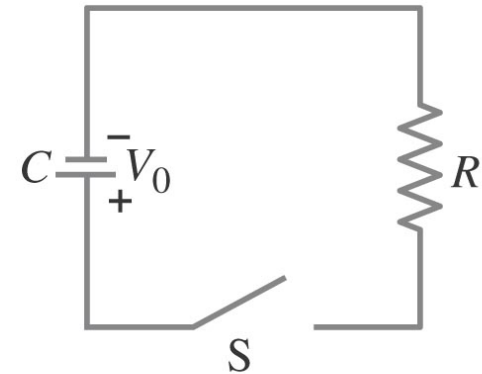
$$\tau = RC.$$

Για το κύκλωμα του διαγράμματος έχουμε  $C = 0.30 \mu\text{F}$ ,  $R = 20 \text{ k}\Omega$ , ΗΕΔ  $12 \text{ V}$ . Βρείτε (a) την χρονική σταθερά, (b) το μέγιστο φορτίο του πυκνωτή, (c) πόσος χρόνος απαιτείται για να φορτιστεί στο 99% της μέγιστης τιμής, (d) Το ρεύμα στο ήμισυ του μέγιστου φορτίου (e) Το μέγιστο ρεύμα (f) το φορτίο όταν το ρεύμα είναι 20% του μέγιστου.

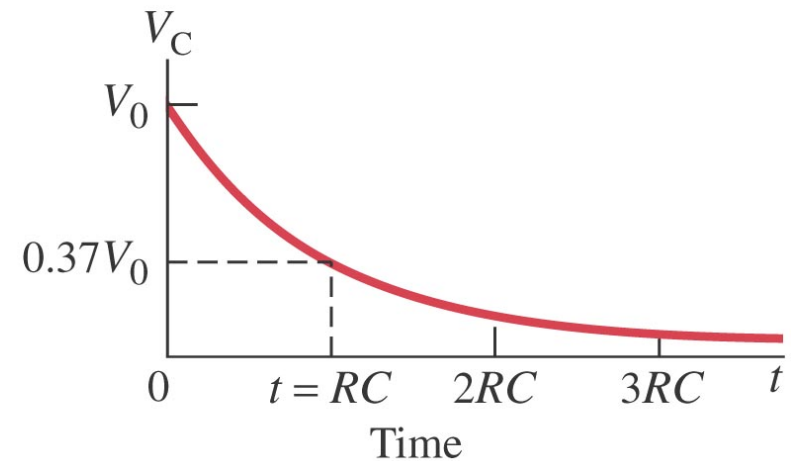


## ΛΥΣΗ

Ο χρόνος εκφόρτωσης  
ενός πυκνωτή μέσα από  
μια αντίσταση R είναι:

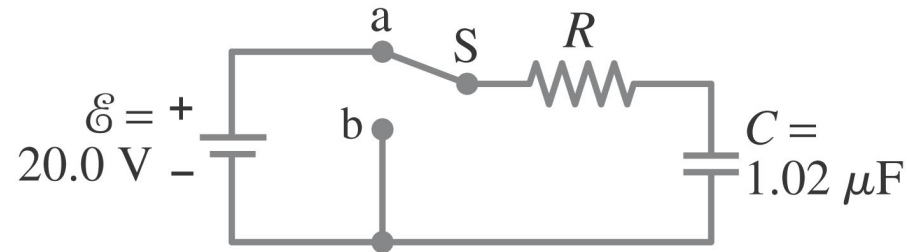


$$Q = Q_0 e^{-t/RC}.$$



Στο  $RC$  κύκλωμα του διαγράμματος, η μπαταρία έχει φορτώσει πλήρως των πυκνωτή,  $Q_0 = CE$ . Στη χρονική στιγμή  $t = 0$  ο διακόπτης αλλάζει θέση από το  $a$  στο  $b$ .

Η ΗΕΔ της μπαταρίας είναι  $20.0 \text{ V}$ ,  $C = 1.02 \mu\text{F}$ . Το ρεύμα  $I$  φτάνει το  $50\%$  της αρχικής τιμής μέσα σε  $40 \mu\text{s}$ . (a) Πόσο είναι το  $Q$ , όταν  $t = 0$ ; (b) Βρείτε την τιμή της  $R$  (c) Βρείτε το  $Q$  όταν  $t = 60 \mu\text{s}$ ?

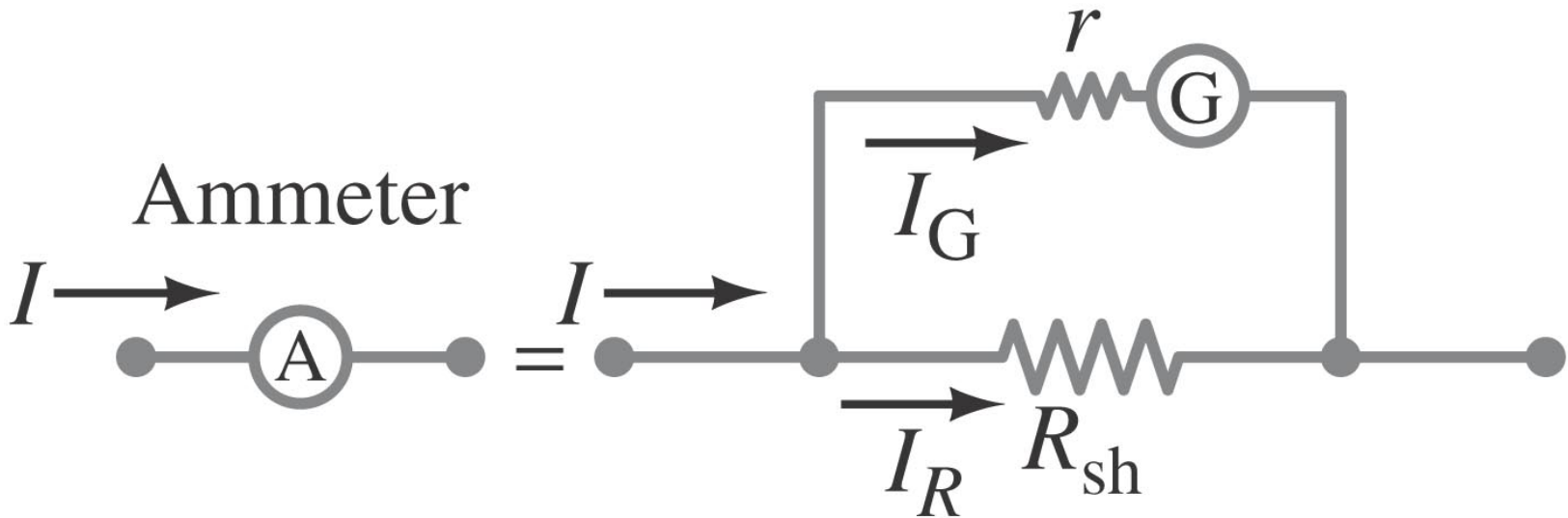


**ΛΥΣΗ**

# 26-7 Μέτρηση Ρεύματος και Τάσης

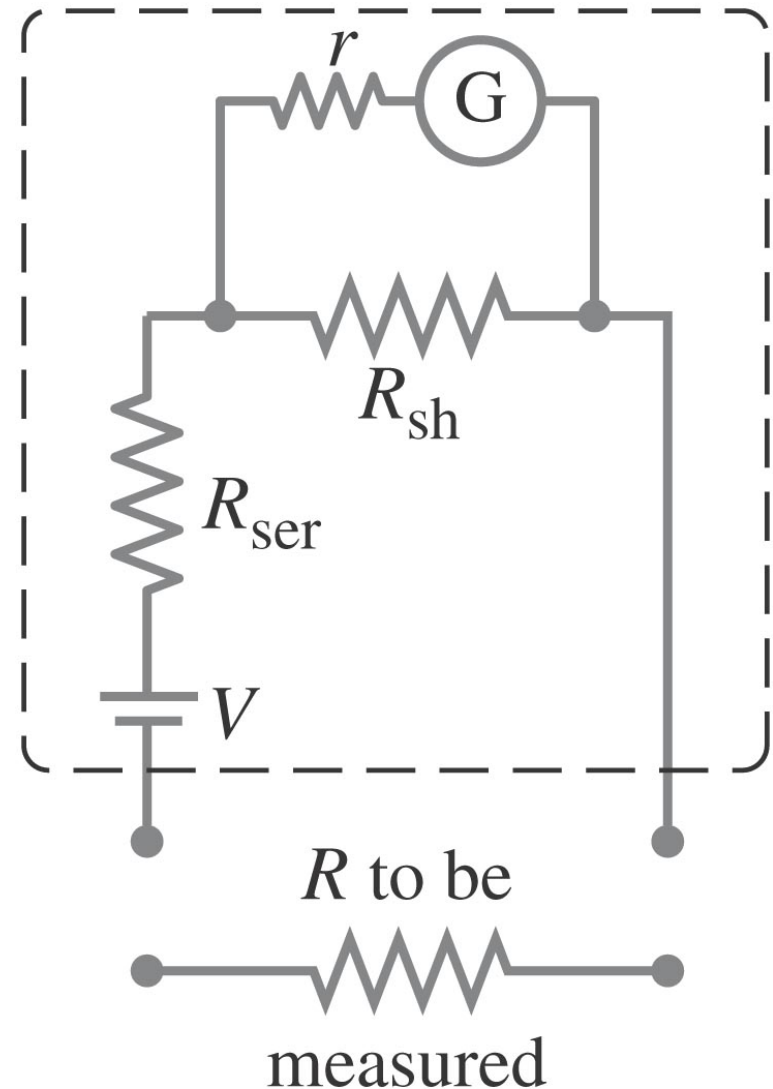
Το αμπερόμετρο μετράει ρεύμα: Συνδέεται σε σειρά και έτσι έχει πολύ μικρή αντίσταση

Το Βολτόμετρο Τάση: Συνδέεται παράλληλα και έχει πολύ μεγάλη αντίσταση .



# 26-7 Μέτρηση Αντίστασης

Η Μέτρηση αντίσταση απαιτεί μια μπαταρία για την παροχή ρεύματος.



# 26-7 Πολύμετρα

