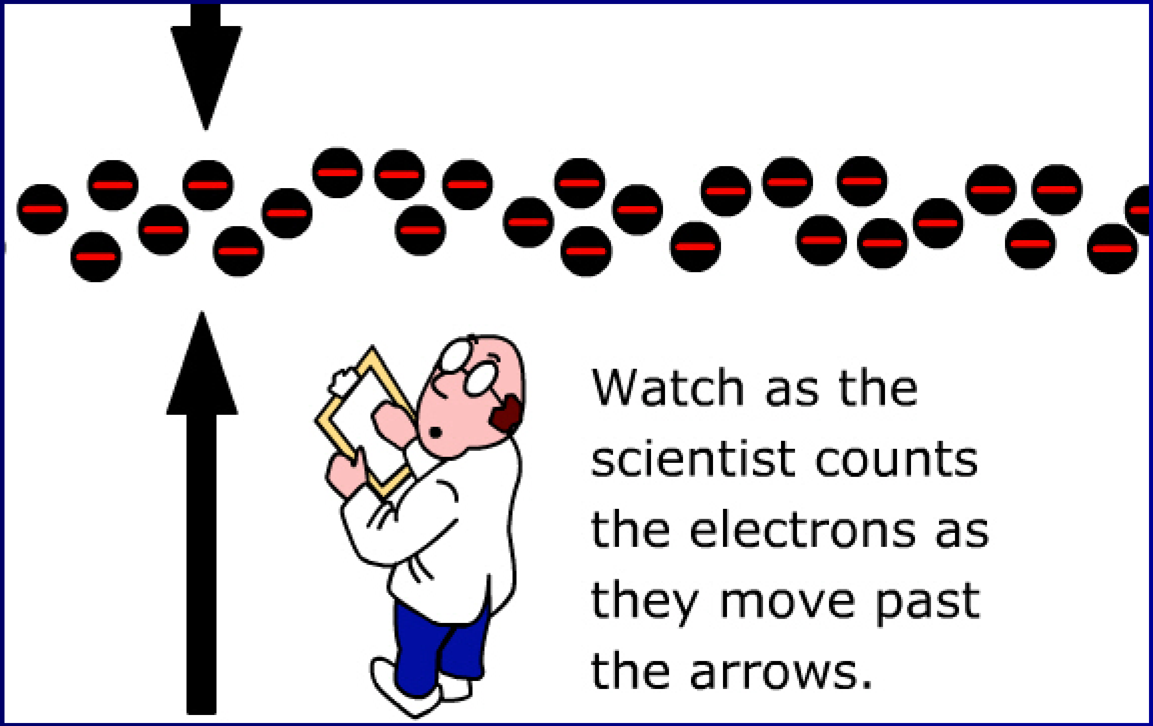
Ενημέρωση

Η διδασκαλία του μαθήματος, πολλά από τα σχήματα και όλες οι ασκήσεις προέρχονται από το βιβλίο:

«Πανεπιστημιακή Φυσική» του Hugh Young των Εκδόσεων Παπαζήση, οι οποίες μας επέτρεψαν τη χρήση των σχετικών σχημάτων και ασκήσεων

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

Οποιαδήποτε κίνηση φορτίων λέγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Για να κινηθεί όμως ένα φορτίο χρειάζεται ένα ηλεκτρικό πεδίο το οποίο θα ασκεί τη δύναμη που θα το κινήσει.



http://www.ndt-ed.org/EducationResources/HighSchool/Electricity

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

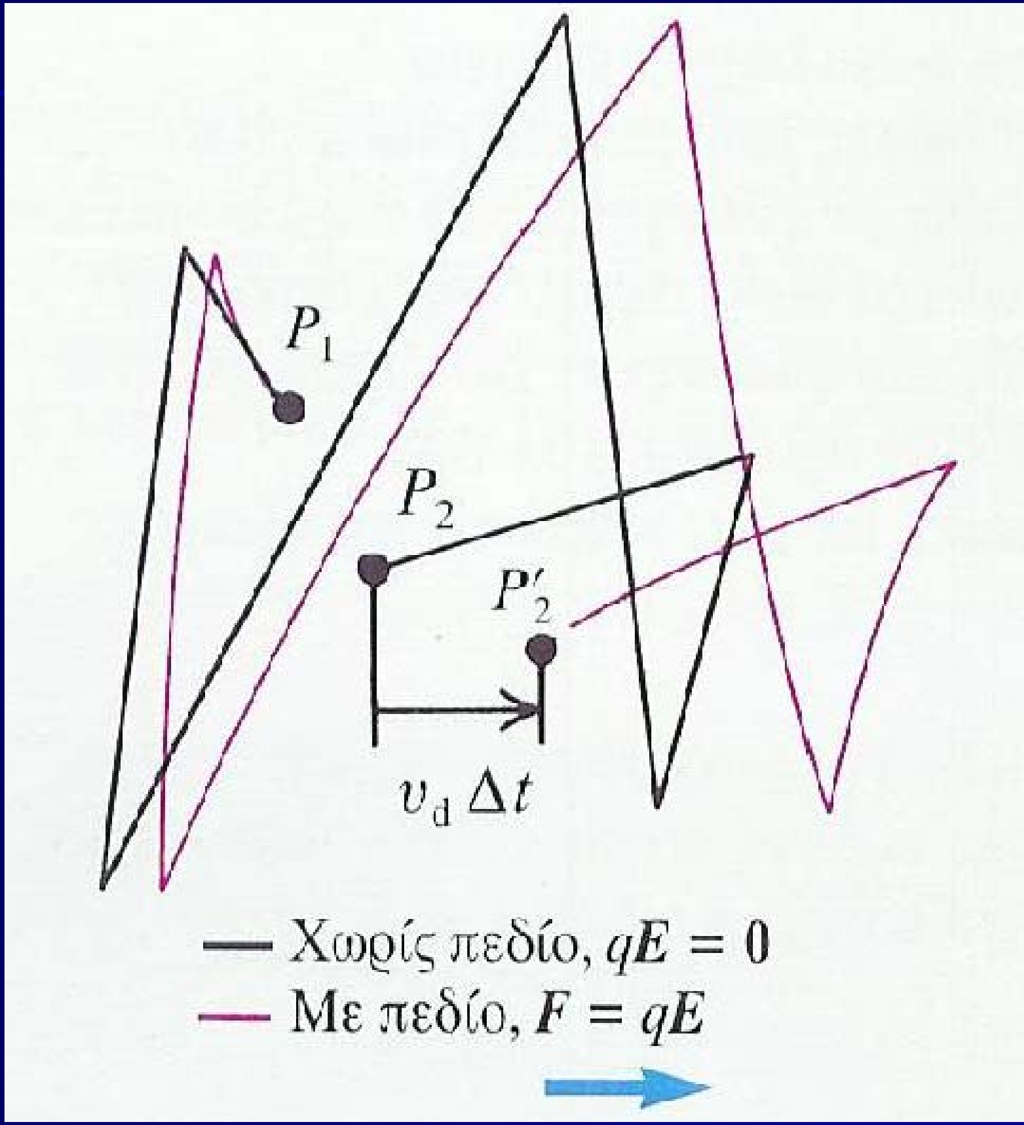
Τα φορτία που κινούνται μπορεί να είναι είτε ηλεκτρόνια είτε θετικά ή αρνητικά ιόντα ή ακόμα κενές πλεγματικές θέσεις (οπές) όπως συμβαίνει στους ημιαγωγούς.

Τα ηλεκτρόνια σε έναν αγωγό κινούνται με τυχαίο τρόπο (όπως τα μόρια ενός αερίου) και με μεγάλες ταχύτητες της τάξης του 10^6 m/s.

Το ηλεκτρικό πεδίο ασκεί δυνάμεις που αναγκάζουν τα ηλεκτρόνια σε μια «ολίσθηση» δηλαδή τα αναγκάζουν να κινηθούν αργά προς μια ορισμένη διεύθυνση: αν είναι θετικά φορτία θα κινηθούν στην κατεύθυνση του πεδίου και αν είναι αρνητικά αντίθετα από αυτή.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

Η ολίσθηση έχει πολύ μικρή ταχύτητα της τάξης του 10^{-4} m/s.



Ορίζουμε ως ρεύμα I, το συνολικό φορτίο που διαπερνά μια διατομή του αγωγού στη μονάδα του χρόνου.

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Μονάδα 1 A=1 C/s

ΣΥΝΗΘΗ ΡΕΥΜΑΤΑ ΠΟΥ ΣΥΝΑΝΤΑΜΑΙ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΑ

Φακός τσέπης	0,5-1 A
Εκκίνηση αυτοκίνητου (μίζα)	200 A
Ραδιόφωνο - Τηλεόραση	1 mA
Η/Υ (επιμέρους κυκλώματα)	1 pA

André-Marie Ampère

Γεννήθηκε : 20 Ιανουαρίου, 1777 στο Poleymieux au Mont d’ Or, Lyon

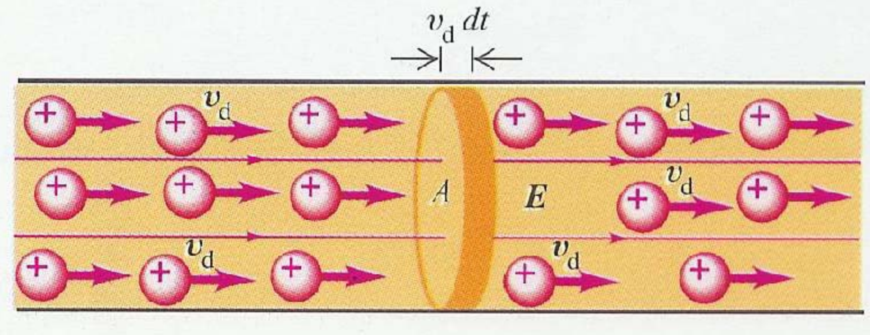
Απεβίωσε: 10 Ιουνίου, 1836 στη Μασσαλία

http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Ampere1.jpg

ΡΕΥΜΑ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

Υποθέτουμε: Α) Ομογενή και ισότροπο αγωγό, διατομής Α.
Β) Ηλεκτρικό πεδίο όπως στο σχήμα.
Γ) Κίνηση θετικών φορτίων όπως στο σχήμα

Υποθέτουμε ακόμη ότι:
Α) έχουμε n φορτία ανά μονάδα όγκου (αυτό το λέμε συγκέντρωση σωματιδίων και μετριέται σε m^{-3})
Β) τα φορτία έχουν την ίδια ταχύτητα ολίσθησης.



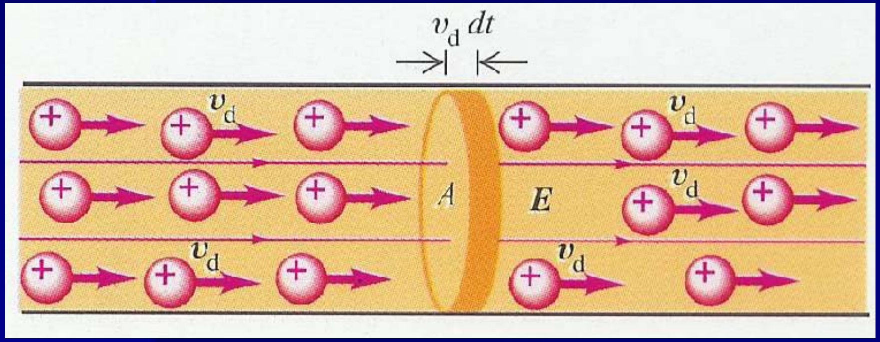
Σε κάποιο χρονικό διάστημα dt κάθε φορτίο μετατοπίζεται κατά $\upsilon_d$dt. Τα φορτία που εξέρχονται από τη δεξιά βάση το κυλίνδρου σε χρόνο dt είναι αυτά που ήταν μέσα στον κύλινδρο στη αρχή του χρόνου dt.

ΡΕΥΜΑ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

Ο όγκος του κυλίνδρου είναι $Aυ_d dt$ και ο αριθμός των φορτίων μέσα στον κύλινδρο $nAυ_d dt$.

Αν κάθε φορτίο έχει τιμή q τότε το συνολικό φορτίο Q που εξέρχεται από τον κύλινδρο σε χρόνο dt είναι

$$dQ = q(nA\upsilon_d dt) = nq\upsilon_d A dt$$



$$I = \frac{dQ}{dt} = nq\upsilon_d A$$

Το ρεύμα ανά μονάδα επιφανείας της διατομής λέγεται **ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΡΕΥΜΑΤΟΣ**

$$J = \frac{I}{A} = nqv_d$$

Ανεξάρτητα αν έχουμε κίνηση θετικών ή αρνητικών φορτίων, το ρεύμα έχει πάντα την κατεύθυνση που θα είχαν τα θετικά φορτία.

ΓΕΝΙΚΕΥΣΗ

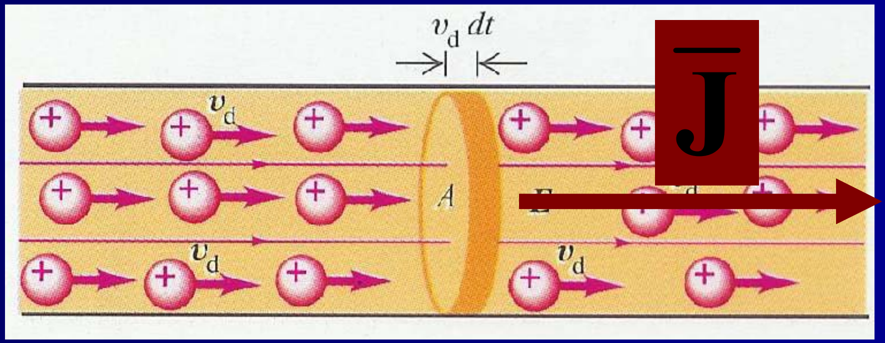
Αν έχουμε ιοντικό διάλυμα, αυτό μπορεί να περιέχει περισσότερα του ενός είδη φορτισμένων σωματιδίων τότε

$$I = A(n_1 q_1 v_{d1} + n_2 q_2 v_{d2} + \cdots)$$

$$J = n_1 q_1 v_{d1} + n_2 q_2 v_{d2} + \cdots$$

Εφόσον η ταχύτητα είναι διανυσματικό μέγεθος τότε και η πυκνότητα ρεύματος μπορεί να εκφραστεί ως διάνυσμα ως εξής

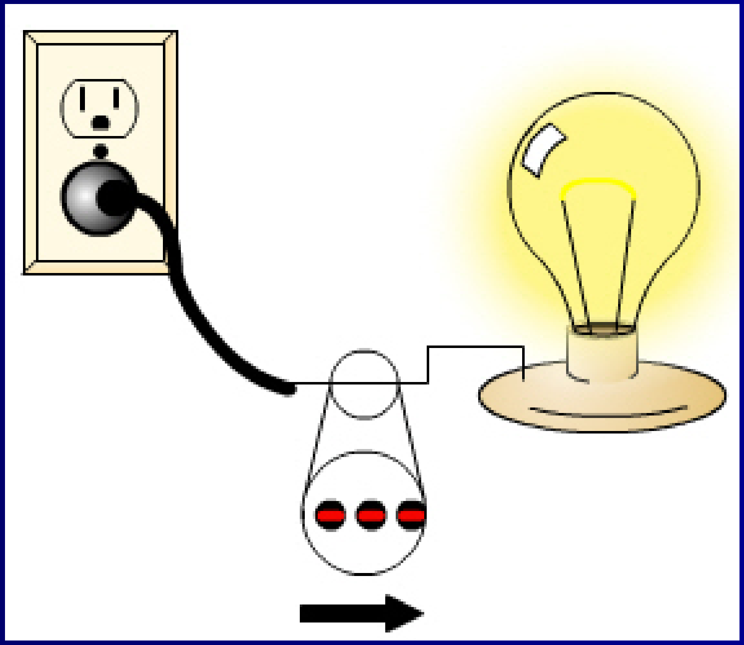
$$\bar{J} = n_1 q_1 \bar{\upsilon}_{d1} + n_2 q_2 \bar{\upsilon}_{d2} + \cdots$$



Η φορά της ταχύτητας $\vec{\upsilon}_d$ είναι ίδια με αυτή του ηλεκτρικού πεδίου $\vec{E}$ για θετικό φορτίο και αντίθετη για αρνητικό. Όμως πάντοτε το γινόμενο $q\vec{\upsilon}_d$ έχει την φορά του πεδίου

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 26-1

Έχουμε σύρμα από χαλκό διαμέτρου 1,02 mm το οποίο τροφοδοτεί λαμπτήρα με σταθερό ρεύμα 1,67 Α. Η πυκνότητα των ελευθέρων ηλεκτρονίων (συγκέντρωση φορτίων) είναι $8{,}5^{x}10^{28}/m^{-3}$. Να βρεθεί α) η πυκνότητα ρεύματος και β) η ταχύτητα ολίσθησης



http://www.ndt-ed.org/EducationResources/HighSchool/Electricity

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 26-1

A)

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(1{,}02\times10^{-3}\,m)^2}{4} = 8{,}2\times10^{-7}\,m^2$$

$$J = \frac{I}{A} = \frac{1{,}67}{8{,}2\times10^{-7}}\left(\frac{A}{m^2}\right) = 2\times10^{6}\,\frac{A}{m^2}$$

B)

$$J = nq\upsilon_d \Rightarrow \upsilon_d = \frac{J}{nq} = \frac{2\times10^{6}}{(8{,}5\times10^{28})(1{,}6\times10^{-19})}\,\frac{A/m^2}{m^{-3}C}$$

$$= 1{,}5\times10^{-4}\,m\,\frac{A}{C} = 1{,}5\times10^{-4}\,\frac{m}{s}$$

ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Η πυκνότητα του ρεύματος σ' έναν αγωγό εξαρτάται από το ηλεκτρικό πεδίο που εφαρμόζουμε και από την ποιότητα του υλικού, δηλαδή από το πόσο εύκολα ή δύσκολα επιτρέπει τη διέλευση του ρεύματος από μέσα του.

Η σχέση μεταξύ πεδίου Ε και πυκνότητας ρεύματος είναι γενικά πολύπλοκη. Όμως σε μια κατηγορία υλικών μεταξύ των οποίων και τα μέταλλα ο λόγος των δύο αυτών ποσοτήτων είναι σταθερός.

$$\rho = \frac{E}{J}$$

ΟΡΙΖΟΥΜΕ ΩΣ ΕΙΔΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΕΝΟΣ ΑΓΩΓΟΥ ΑΥΤΟ ΑΚΡΙΒΩΣ ΤΟ ΛΟΓΟ

Μονάδα 1 (V/m)/(A/m^2)

= 1 Vm/A=1Ωm

ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Η ειδική αντίσταση έχει μεγάλη αναλογία με την θερμική αγωγιμότητα.
ΚΑΛΟΣ ΑΓΩΓΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΕΙΝΑΙ ΣΥΝΗΘΩΣ ΚΑΙ ΚΑΛΟΣ ΑΓΩΓΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.
ΚΑΙ ΤΑ ΔΥΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Η ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΓΗ ΕΙΝΑΙ ΚΑΤΑ ΚΑΝΟΝΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΙΚΗ. ΔΗΛΑΔΗ ΟΦΕΙΛΕΤΑΙ ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ ΙΟΝΤΩΝ.

http://www.engineeringtoolbox.com/resistivity-conductivity-d_418.html

Material	Resistivity Coefficient - ρ - (ohm m)	Temperature Coefficient per degree C	Conductivity - σ - (1 /Ωm)
Aluminum	2.65×10^{-8}	4.29×10^{-3}	3.77×10^{7}
Carbon (graphite)[1)]	$3 - 60 \times 10^{-5}$	-5.0×10^{-3}	
Chromel (alloy of chromium and aluminum)		0.58×10^{-3}	
Constantan	49×10^{-8}		0.20×10^{7}
Copper	1.724×10^{-8}	4.29×10^{-3}	5.95×10^{7}
Iron	9.71×10^{-8}	6.41×10^{-3}	1.03×10^{7}
Germanium[1)]	$1 - 500 \times 10^{-3}$	-50×10^{-3}	
Glass	$1 - 10000 \times 10^{9}$		
Gold	2.24×10^{-8}		
Lead	22×10^{-8}		0.45×10^{7}
Mercury	98×10^{-8}	8.9×10^{-3}	0.10×10^{7}
Nickel		6.41×10^{-3}	
Nichrome (alloy of nickel and chromium)		0.40×10^{-3}	
Platinum	10.6×10^{-8}	3.93×10^{-3}	0.943×10^{7}
Quartz (fused)	7.5×10^{17}		
Rubber - hard	$1 - 100 \times 10^{13}$		
Silicon[1)]	0.1-60	-70×10^{-3}	
Silver	1.59×10^{-8}	6.1×10^{-3}	6.29×10^{7}
Tungsten	5.65×10^{-8}	4.5×10^{-3}	1.79×10^{7}

ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Η αναλογία μεταξύ ηλεκτρικού πεδίου και πυκνότητας ρεύματος για μεταλλικό αγωγό σε σταθερή θερμοκρασία είναι ο νόμος του Ohm

$$\rho = \frac{E}{J}$$

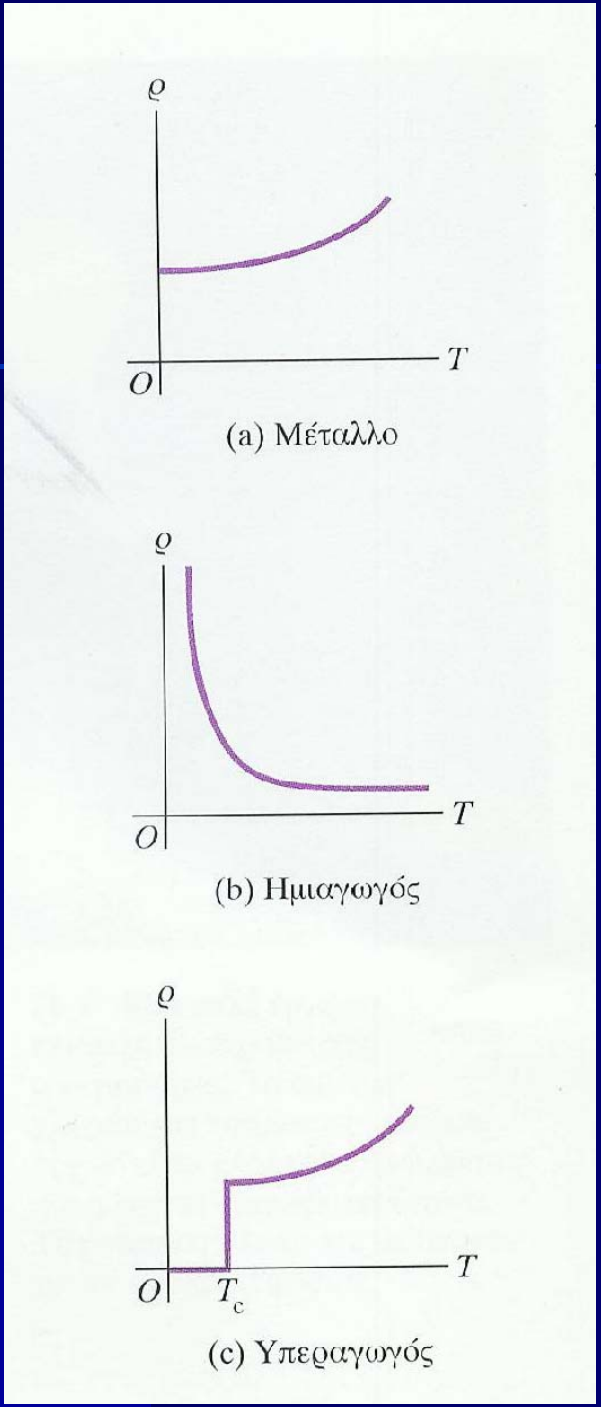
ΠΡΟΣΟΧΗ: ΠΟΛΛΑ ΥΛΙΚΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΟΥΝ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟ ΝΟΜΟ ΤΟΥ Ohm

Ένα υλικό που υπακούει στο νόμο του Ohm λέγεται ωμικός ή γραμμικός αγωγός

Georg Simon Ohm

Γεννήθηκε : 16 Μαρτίου, 1789 στο Erlangen (Γερμανία)
Απεβίωσε: 6 Ιουλίου, 1854 στο Μόναχο

ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ



Η ειδική αντίσταση μεταλλικού αγωγού αυξάνει με τη θερμοκρασία και μέχρι τους 100^0 C ισχύει η σχέση.

$$\rho_T = \rho_0\left[1+\alpha(T-T_0)\right]$$

α = θερμικός συντελεστής ειδικής αντίστασης

ΠΡΟΣΟΧΗ

α) στους ημιαγωγούς η ειδική αντίσταση μειώνεται πολύ με την αύξηση της θερμοκρασίας.

β) Σε μερικά κράματα και οξείδια παρουσιάζεται ειδική αντίσταση 0 σε χαμηλές θερμοκρασίες (ΥΠΕΡΑΓΩΓΟΙ)

Υλικό	$\alpha[(^\circ C)^{-1}]$	Υλικό	$\alpha[(^\circ C)^{-1}]$
Αργίλιο	0,0039	Μόλυβδος	0,0043
Ορείχαλκος	0,0020	Μαγγανίνη	0,000000
Άνθρακας	– 0,0005	Υδράργυρος	0,00088
Κονσταντάνη	0,000002	Χρωμονικελίνη	0,0004
Χαλκός	0,0039	Άργυρος	0,0038
Σίδηρος	0,0050	Βολφράμιο	0,0045

ΕΙΔΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΡΥΚΤΩΝ (Ohm m)

ΥΛΙΚΟ	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ
ΑΕΡΑΣ	∞
ΣΙΔΗΡΟΠΥΡΙΤΗΣ	3×10^{-1}
ΓΑΛΗΝΙΤΗΣ	2×10^{-3}
ΧΑΛΑΖΙΑΣ	$4 \times 10^{10} - 2 \times 10^{14}$
ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$
ΓΡΑΝΙΤΗΣ	$100 - 1 \times 10^{6}$
ΓΑΒΡΟΣ	$1 \times 10^{3} - 1 \times 10^{6}$
ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ	$50 - 1 \times 10^{7}$
ΨΑΜΜΙΤΗΣ	$1 - 1 \times 10^{8}$
ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΙ	$20 - 2 \times 10^{3}$
ΔΟΛΟΜΙΤΗΣ	$100 - 10^{4}$
ΑΜΜΟΣ	1 - 1.000
ΑΡΓΙΛΟΣ	1 - 100
ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ	0.5 - 300
ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ ΝΕΡΟ	0.2

<u>ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ARCHIE</u>

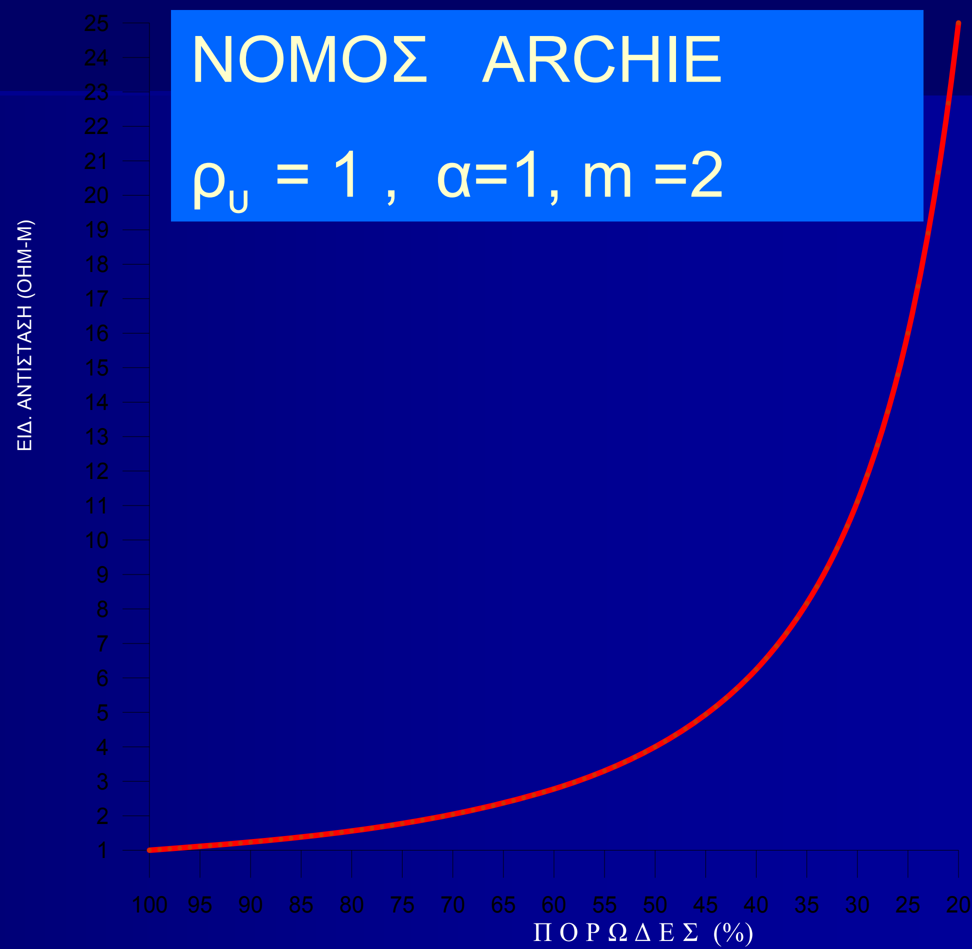
$$\rho = \alpha\, \rho_{\upsilon}\, \varphi^{-m}$$

ρ_{υ} = ειδική αντίσταση του νερού των πόρων

φ = πορώδες (όγκος πόρων /ολικό όγκο)

α, m = σταθερές (τυπικές τιμές $\alpha=1$, $m=2$)

<u>Εφαρμογή στην υδρογεωλογία</u>



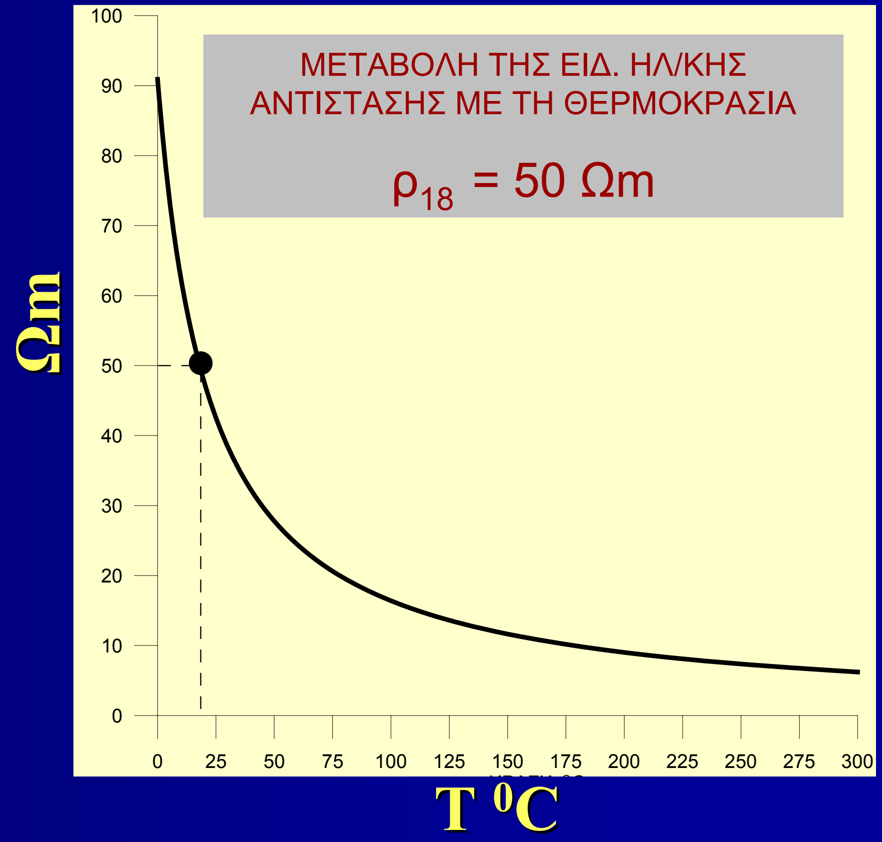
ΕΙΔΙΚΗ ΗΛ/ΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ –ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΤΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΣΧΕΣΗ ΕΙΔΙΚΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΕΣ ΚΑΙ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΠΟΤΙΣΜΕΝΑ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗ

$$\rho_{\Theta} = \frac{\rho_{18}}{1 + a_{\theta}(\theta - 18^{o})}$$

- ρ_{θ}=ειδική αντίσταση σε Θ^{o} C
- ρ_{18}=ειδική αντίσταση σε 18^{o} C
- α_{θ}=θερμικός συντελεστής ειδ. αντίστασης (περ. 0,025/^{o}C)

Εφαρμογή στη γεωθερμία και στη χαρτογράφηση μόνιμα παγωμένων εδαφών



ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Για υλικά που ισχύει ο νόμος του Ohm, το ρ είναι σταθερό και το E ανάλογο του J

$$\vec{E} = \rho \vec{J}$$

Αν πάρουμε σύρμα σταθερής διατομής A και μήκους L, και αν τα J και E είναι σταθερά για όλο τον αγωγό τότε:

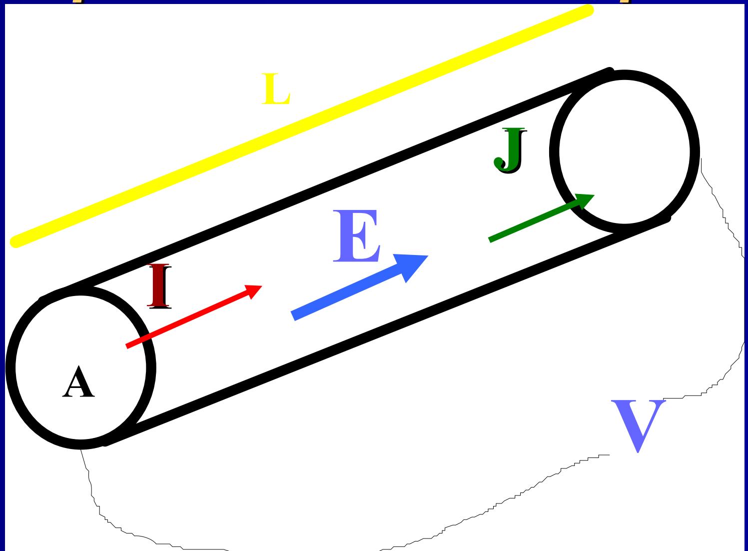
I=JA και V=EL

$$\vec{E} = \rho \vec{J} \Rightarrow \frac{V}{L} = \frac{\rho I}{A} \Rightarrow$$

$$V = \frac{\rho L}{A} I$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{\rho L}{A}$$

Αν ρ σταθερό τότε και R σταθερό



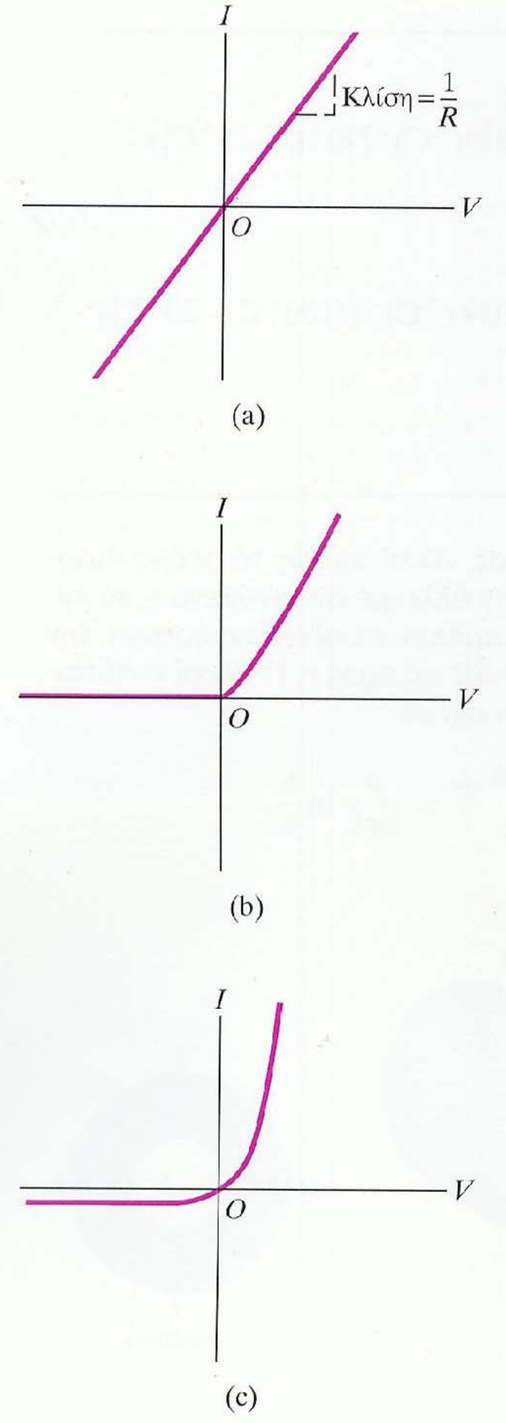
Μονάδα 1Ω= 1 V/A

ΣΧΕΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΑΝΤΙΣΤΑΤΕΣ

Ωμικός αντιστάτης

Δίοδος λυχνία

Ημιαγωγός



ΣΧΕΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ

$$R_T = R_0\left[1+\alpha(T-T_0)\right]$$

α = θερμικός συντελεστής ειδικής αντίστασης, δηλαδή είναι η ίδια σταθερά που εμπλέκεται στον τύπο που δίνει την μεταβολή της ειδικής αντίστασης με τη θερμοκρασία για μεταλλικό αγωγό

ΙΣΧΥΕΙ ΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΕΧΟΥΝ ΜΕΓΑΛΟ ΕΥΡΟΣ

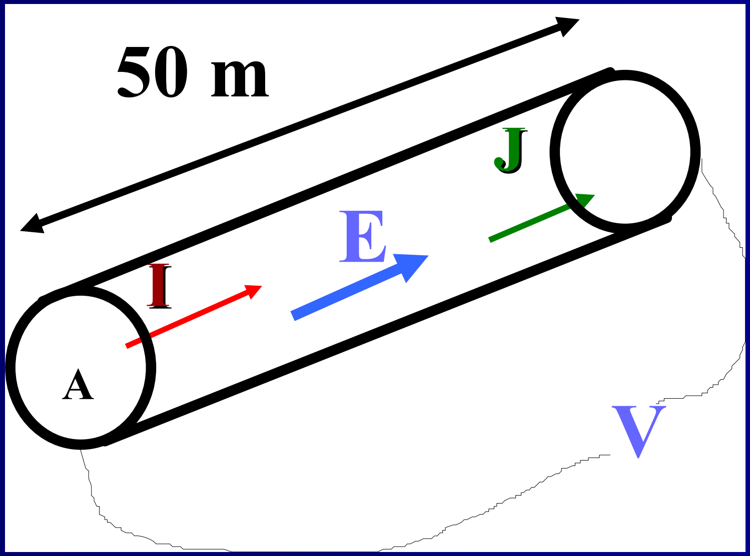
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 26-2

Έχουμε σύρμα από χαλκό διαμέτρου 1,02 mm το οποίο τροφοδοτεί λαμπτήρα με σταθερό ρεύμα 1,67 A και η πυκνότητα του ρεύματος είναι 2×10^6 A/m^2. Να βρεθούν:

Α) το ηλεκτρικό πεδίο

Β) η διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων που απέχουν 50 m

Γ) η αντίσταση του τμήματος του αγωγού που είναι 50 m



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 26-2

Από τον πίνακα του βιβλίου έχουμε ότι η ειδική αντίσταση του χαλκού είναι 1,72x10^{-8} Ω m

Α)

$$E = \rho J = (1{,}72 \times 10^{-8})(2 \times 10^{6}) \frac{\Omega \cdot m \times A}{m^{2}} = 0.034 \frac{V}{m}$$

Β)

$$V = EL = (0{,}034 \times 50) \frac{V}{m} m = 1{,}7\,V$$

Γ)

$$R = \frac{V}{I} = \frac{1{,}7\,V}{1{,}67\ A} = 1\,\Omega$$

Εναλλακτικά

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{\rho L}{\pi \left(\frac{d}{2} \right)^{2}} = \frac{1{,}72 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot m \times 50\ m}{8 \times 10^{-7}\ m^{2}} = 1\,\Omega$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 26-3

Έχουμε το σύρμα χαλκού του προηγουμένου παραδείγματος. Αν η αντίστασή του είναι 1,05 Ω σε θερμοκρασία 20^0 C, να υπολογιστεί η αντίστασή του σε 0^0 C και 100^0 C.

Ο θερμικός συντελεστής του χαλκού είναι 0,0039 $^0C^{-1}$ (από τον πίνακα 26-2 του βιβλίου)

Θεωρούμε $T_0 = 20^0$ C και R_0=1,05Ω

$$
\begin{aligned}
R_T &= R_0\left[1+\alpha(T-T_0)\right] \\
&= (1{,}05\,\Omega)\left[1+0{,}0039\ \ {}^0C^{-1}(0-20)^0C\right] \\
&= 0{,}97\Omega
\end{aligned}
$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 26-3

Για τους 100 ^{0}C

$$R_T = R_0\left[1+\alpha(T-T_0)\right]$$
$$= (1{,}05\,\Omega)\left[1+0{,}0039\ \ {}^0C^{-1}(100-20)^0C\right]$$
$$= 1{,}38\Omega$$

ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

Είναι η ενέργεια που αναγκάζει τα φορτία να κινηθούν από χαμηλότερο σε υψηλότερο δυναμικό σε συγκεκριμένα τμήματα του κυκλώματος. Είναι δηλαδή η ενέργεια που εμπλέκεται στη διαδικασία που λαμβάνει χώρα στις πηγές ηλεκτρικού ρεύματος.

Μονάδα 1V= 1 J/C

Μπαταρία 12 V σημαίνει ότι παράγει έργο 12 J για κάθε φορτίο 1 C που περνάει από αυτή .

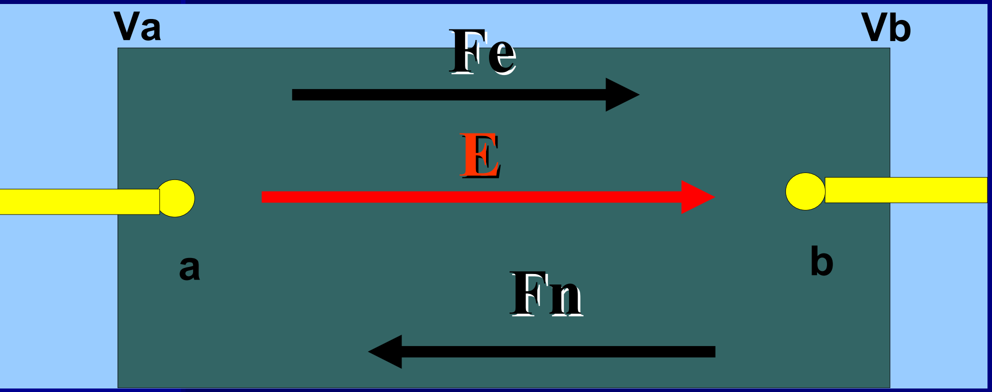
ΕΙΔΗ ΠΗΓΩΝ:

Υγρές ή ξηρές μπαταρίες
Γεννήτριες ηλεκτρισμού
Ηλιακά κύταρα
θερμοζεύγη
δυναμό κ.ο.κ.

ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

Το ηλεκτρικό πεδίο κατευθύνεται από το a στο b και κάθε φορτίο υφίσταται μια δύναμη F_e=qE. Η πηγή όμως δημιουργεί και μια άλλη δύναμη F_n, η οποία τραβάει τα φορτία από το b στο a, δηλαδή τα αναγκάζει να κινηθούν «σε ανηφορικό δρόμο» από χαμηλό σε ψηλό δυναμικό.

Έτσι διατηρεί τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των a και b

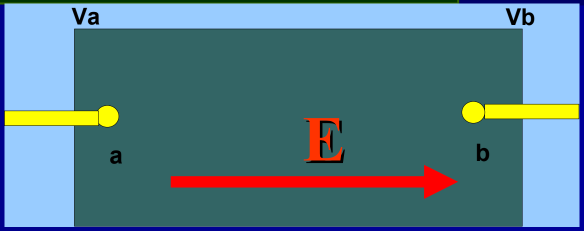


Το δυναμικό V_{ab}είναι το έργο ανά μονάδα φορτίου για να κινηθεί το φορτίο από το a στο b.
Η ηλεκτρεγερτική δύναμη είναι η ενέργεια ανά μονάδα φορτίου, την οποία μας δίνει η πηγή για να πάμε φορτία από το b στο a.

ΙΔΑΝΙΚΗ ΠΗΓΗ: Ανεξάρτητα από το ρεύμα που ρέει αυτή διατηρεί σταθερή διαφορά δυναμικού μεταξύ των ακροδεκτών της (μπορεί και $I \to \infty$)

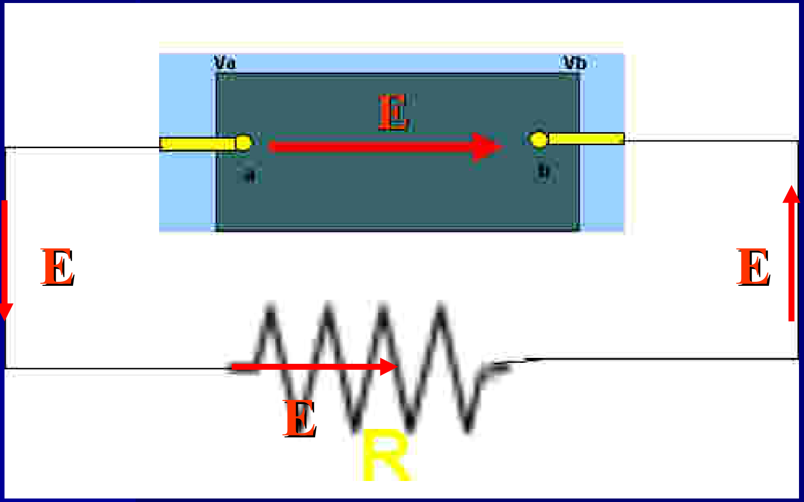
Ανοικτό κύκλωμα

$$\varepsilon = V_{ab}$$



Κλειστό κύκλωμα

$$\varepsilon = V_{ab} = IR$$



ΔΗΛΑΔΗ η αύξηση του δυναμικού ε για το φορτίο που περνάει από την πηγή είναι ίση με τη μείωση του δυναμικού

$$V_{ab} = IR$$

όταν το φορτίο διέρχεται τον αντιστάτη.

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΠΗΓΗ: Έχει εσωτερική Ωμική αντίσταση εφόσον περνάει ρεύμα από μέσα της.

Εάν η εσωτερική αντίσταση είναι σταθερή, δηλαδή υπακούει στο νόμο του Ohm.

Κλειστό κύκλωμα

$$V_{ab} = \varepsilon - Ir = IR \Rightarrow$$

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

Ανοικτό κύκλωμα

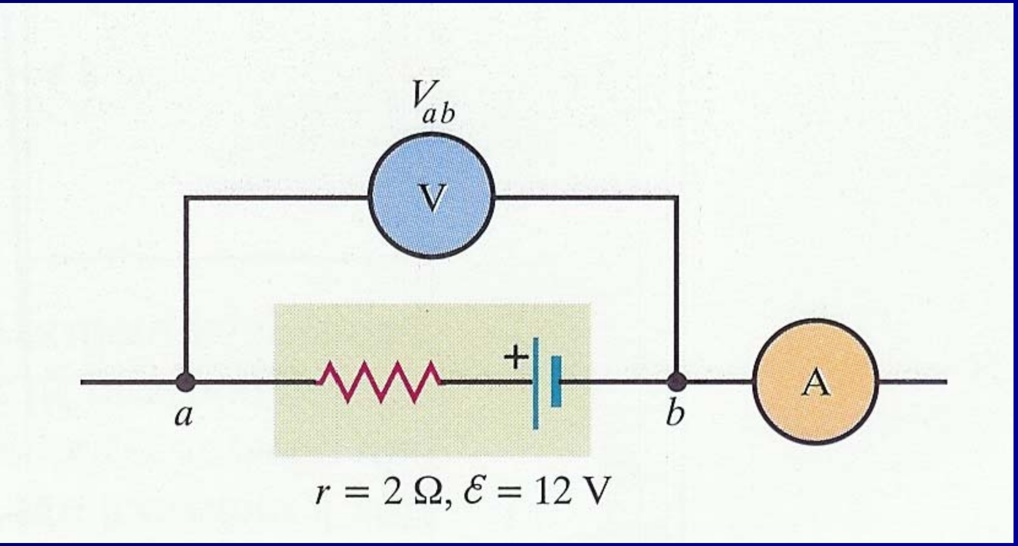
$$\varepsilon = V_{ab}$$

Θεωρούμε τα βολτόμετρα ιδανικά δηλαδή έτσι ώστε να έχουν άπειρη εσωτερική αντίσταση.

Επίσης θεωρούμε ιδανικά τα αμπερόμετρα, δηλαδή έτσι ώστε να έχουν μηδέν αντίσταση.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 26-5

Μια πηγή έχει εσωτερική αντίσταση r = 2 Ω και ΗΕΔ 12 V. Να προσδιοριστούν οι ενδείξεις των οργάνων.

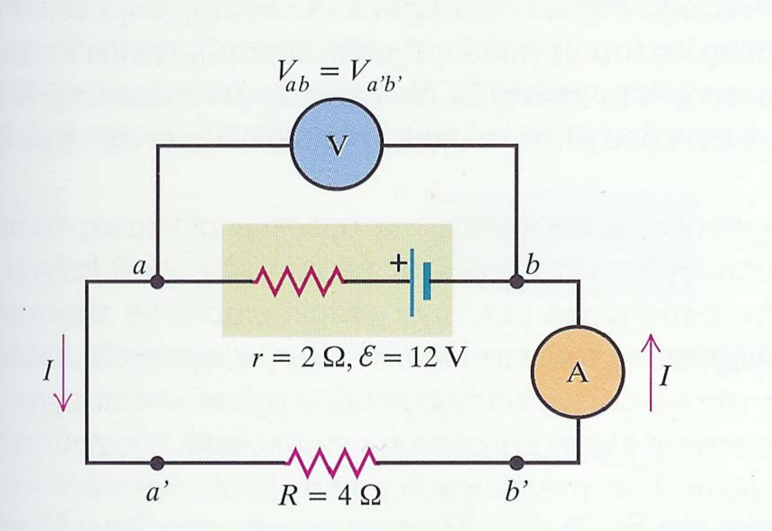


Αφού το κύκλωμα είναι ανοικτό έχουμε

I=0 και $\varepsilon = V_{ab} = 12V$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 26-6

Στη συνδεσμολογία του προηγουμένου σχήματος προσθέτουμε αντιστάτη. Να προσδιοριστούν τώρα οι ενδείξεις των οργάνων.



Κλειστό κύκλωμα

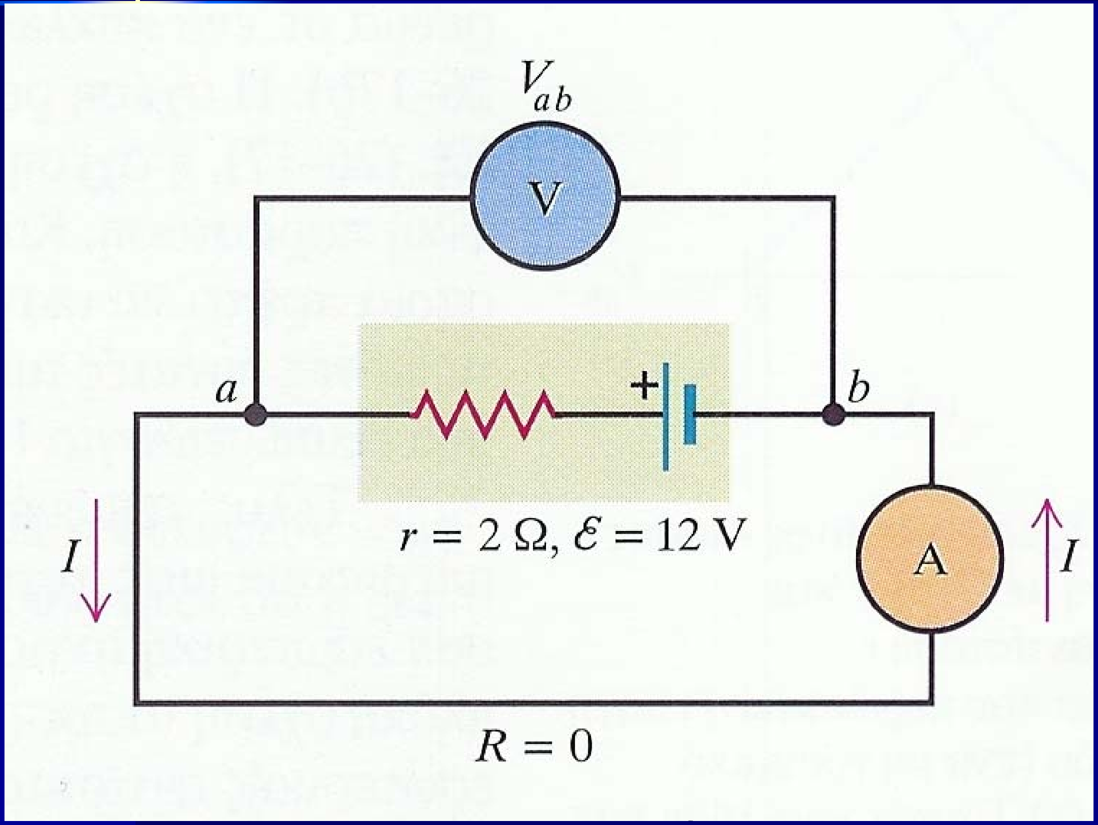
$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{12}{4+2}\left(\frac{V}{\Omega}\right) = 2\,A$$

$$V_{a'b'} = IR = 2 \times 4(A\Omega) = 8V$$

$$V_{ab} = \mathcal{E} - Ir = 12V - 2 \times 2(A\Omega) = 8V$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 26-7

Στη συνδεσμολογία του προηγουμένου σχήματος βγάζουμε τον αντιστάτη και βραχυκυκλώνουμε τους ακροδέκτες της πηγής. Να προσδιοριστούν οι τώρα ενδείξεις των οργάνων.



$$V_{ab} = 0$$

$$V_{ab} = \mathcal{E} - Ir = 12V - I \times 2(\Omega) = 0 \Rightarrow$$

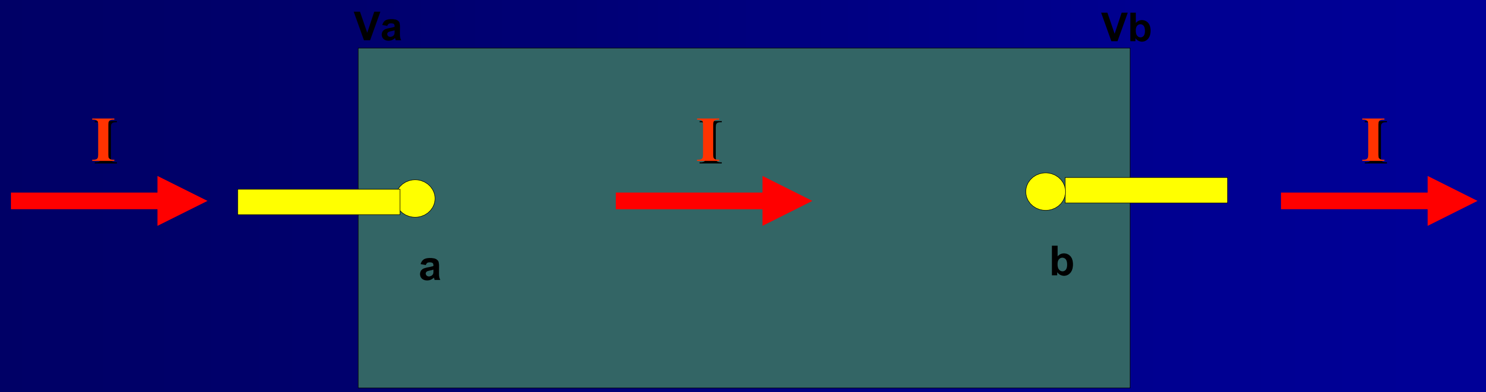
$$I = 6A$$

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

Έστω στοιχείο κυκλώματος με τάση V_a-V_b=V_{ab} μεταξύ των ακροδεκτών του.

Το στοιχείο μπορεί να είναι οτιδήποτε (αντιστάτης, μπαταρία κ.ο.κ).

Το ηλεκτρικό πεδίο παράγει έργο επί του φορτίου για να περάσει αυτό μέσα από το στοιχείο. Στην ειδική περίπτωση που το στοιχείο είναι πηγή, τότε παράγεται επιπλέον έργο από τη δύναμη F_n.



ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

Όταν V_a-V_b=V_{ab}>0 τότε το πεδίο παράγει έργο qV_{ab} .
Σε χρονικό διάστημα dt περνάει φορτίο dQ

$$dQ = Idt$$

Το έργο επί αυτού του φορτίου είναι

$$dW = V_{ab}dQ = V_{ab}Idt$$

Δηλαδή τόση είναι και η ενέργεια που μεταφέρεται στο στοιχείο

Η Ισχύς είναι

$$\frac{dW}{dt} = P = V_{ab}I$$

Μονάδα 1VA=1(J/C)(C/s) =1 W (watt) = 1 J/s

Ωμική Αντίσταση

ΑΝ το στοιχείο είναι ωμικός αντιστάτης, τότε η ισχύς που του προσφέρεται από το κύκλωμα είναι:

$$P = V_{ab} I = I^2 R = \frac{V_{ab}}{R}$$

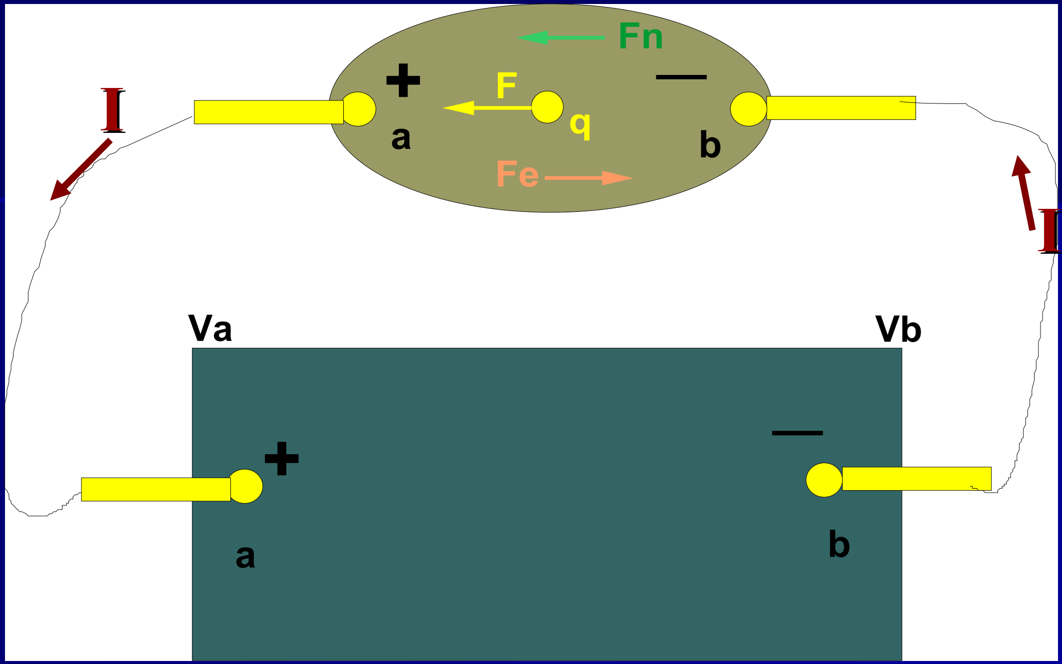
Η ενέργεια καταναλίσκεται στον αντιστάτη με ρυθμό που δίνεται από την παραπάνω εξίσωση

Στις οικιακές συσκευές αναγράφεται η μέγιστη ισχύς που αντέχει η συγκεκριμένη κατανάλωση (αντιστάτης).

Ισχύς εξόδου πηγής

Η ενέργεια που δίνει η πηγή του σχήματος στον αντιστάτη είναι

$$P = V_{ab} I$$



Έχουμε όμως επίσης

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

$$IV_{ab} = I(\mathcal{E} - Ir) = \mathcal{E}I - I^2 r = P$$

Αυτό λέγεται ισχύς εξόδου γιατί ο πρώτος όρος είναι ο ρυθμός μεταβολής της μη ηλεκτρικής ενέργειας σε ηλεκτρική και ο δεύτερος είναι ο ρυθμός κατανάλωσης στην εσωτερική αντίσταση.

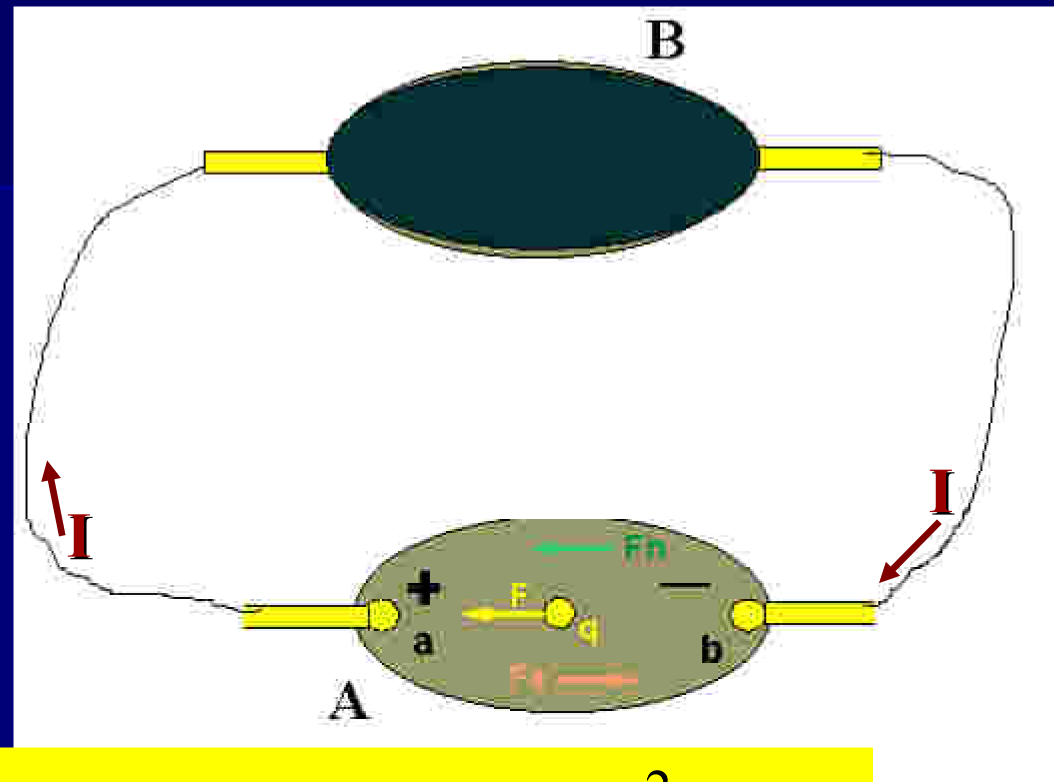
Ισχύς εισόδου πηγής

Η πηγή Α έχει μεγαλύτερη ηλεκτρεγερτική δύναμη από τη Β

Έχουμε τώρα για την επάνω πηγή

$$V_{ab} = \mathcal{E} + Ir$$

Εφόσον η κάτω αναγκάζει το ρεύμα να κινηθεί μέσα από την πάνω



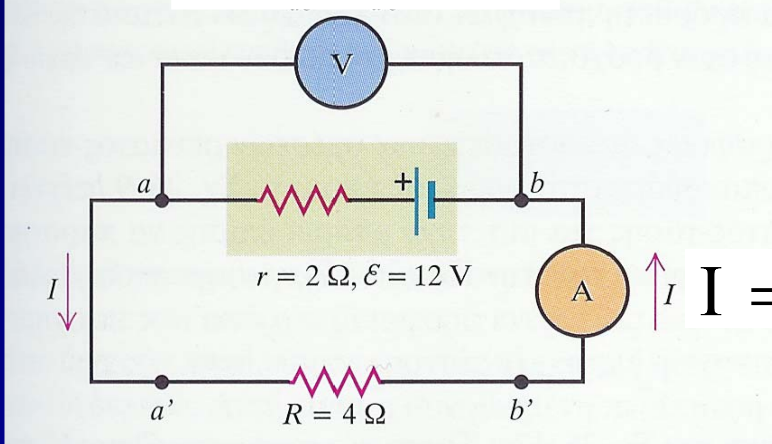
$$IV_{ab} = I(\varepsilon + Ir) = \varepsilon I + I^2 r = P$$

Αυτό λέγεται ισχύς εισόδου γιατί ο πρώτος όρος είναι ο ρυθμός μεταβολής της ηλεκτρικής σε μη ηλεκτρικής ενέργεια και ο δεύτερος είναι ο ρυθμός κατανάλωσης στην εσωτερική αντίσταση.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 26-8

Να υπολογιστεί ο ρυθμός μετατροπής ενέργειας (χημική σε ηλεκτρική), ο ρυθμός κατανάλωσης της ενέργειας στη μπαταρία (μετατροπή σε θερμότητα) και η ισχύς εξόδου της μπαταρίας για τη συνδεσμολογία του σχήματος.

$$V_{a'b'} = V_{ab} = 8V$$



$$I = 2A$$

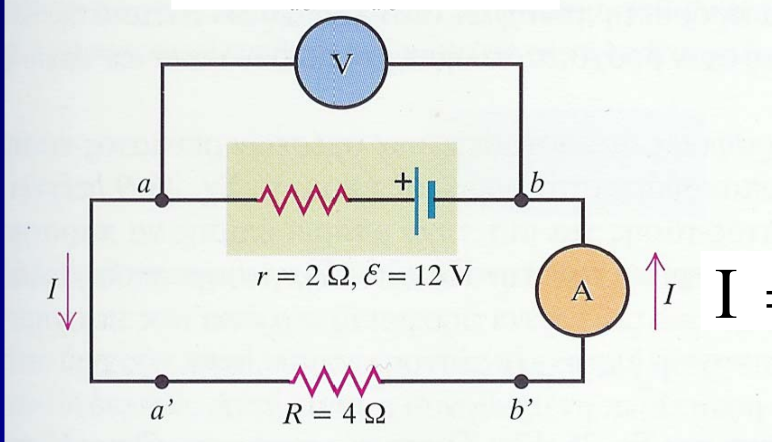
Ο ρυθμός μετατροπής ενέργειας στη μπαταρία είναι

$$\mathcal{E}I = (12V)\times(2A) = 24W$$

Ο ρυθμός κατανάλωσης ενέργειας στη μπαταρία είναι

$$I^2 r = (2A)^2 \times (2\Omega) = 8W$$

$$V_{a'b'} = V_{ab} = 8V$$



$$I = 2A$$

Η διαφορά τους είναι η ισχύς εξόδου, η οποία δίνεται επίσης από της σχέση

$$V_{ab} I = (8V)\times(2A) = 16W$$

Ο ισχύς εισόδου στον αντιστάτη είναι

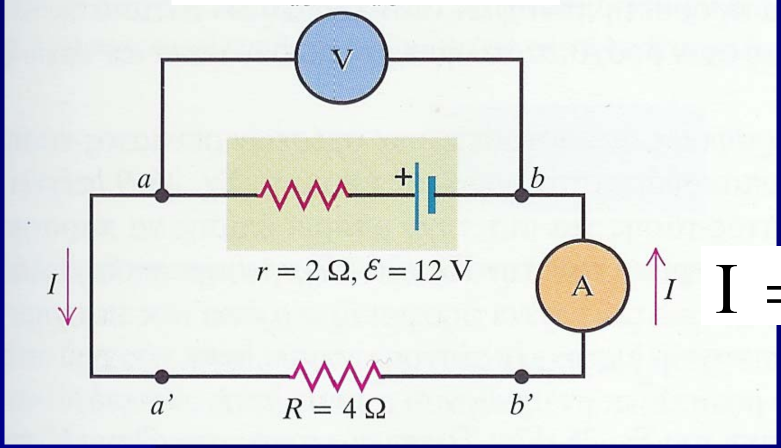
$$V_{a'b'} I = (8V)\times(2A) = 16W$$

Αυτή η ισχύς εισόδου πρέπει να είναι ίση με το ρυθμό κατανάλωσης ενέργειας στον αντιστάτη.

$$I^2R = (2A)^2 \times (4\Omega) = 16W$$

Μπορούμε τώρα να χρησιμοποιήσουμε τη βασική εξίσωση της ισχύος εξόδου για να δούμε αν επαληθεύονται οι υπολογισμοί μας.

$$V_{a'b'} = V_{ab} = 8V$$



$$I = 2A$$

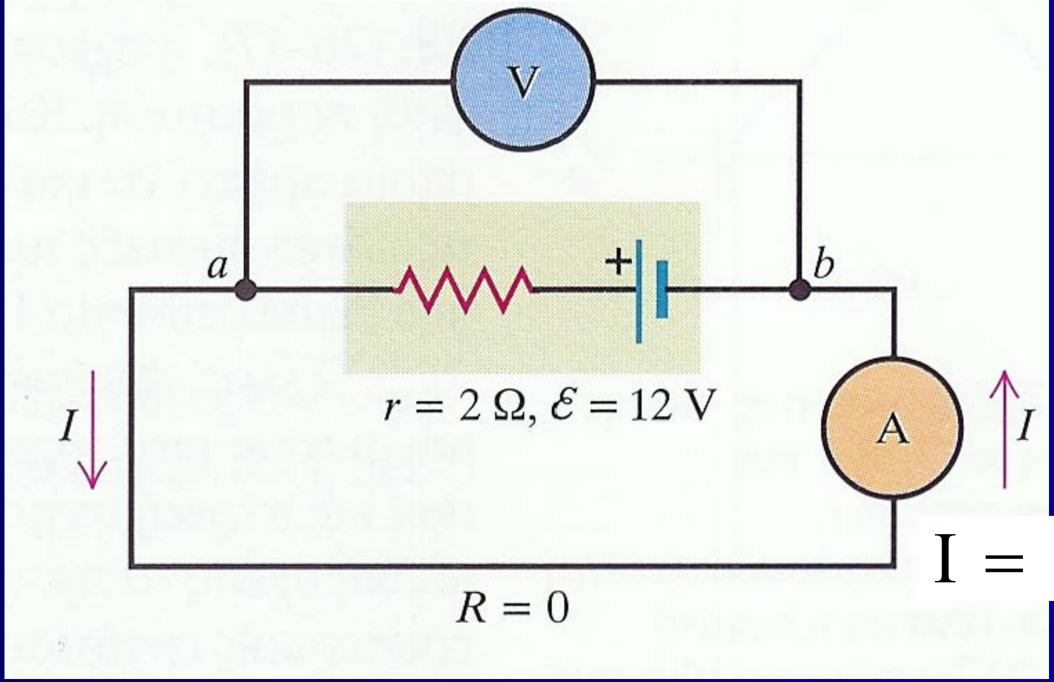
$$P = V_{ab}I = \mathcal{E}I - I^2r$$

$$16W = 24W - 8W$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 26-9

Στη συνδεσμολογία του προηγουμένου σχήματος βγάζουμε τον αντιστάτη και βραχυκυκλώνουμε τους ακροδέκτες της πηγής. Να προσδιοριστούν οι τώρα ο ρυθμός μετατροπής της χημικής σε ηλεκτρική ενέργεια και ο ρυθμός κατανάλωσης στην εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας.

$$V_{a'b'} = V_{ab} = 8\text{V}$$



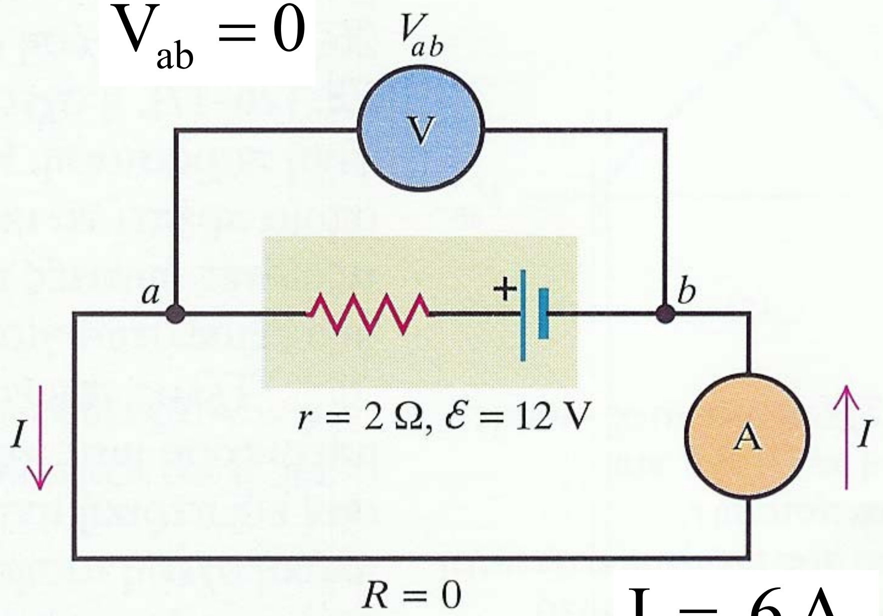
$$I = 6\text{ A}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 26-9

Ο ρυθμός μετατροπής χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική στη μπαταρία είναι

$$\mathcal{E}I = (12V)\times(6A) = 72W$$

$V_{ab} = 0$



$I = 6A$

Ο ρυθμός κατανάλωσης ενέργειας στη μπαταρία είναι

$$I^2 r = (6A)^2 \times (2\Omega) = 72W$$

Με άλλα λόγια μεγάλο ποσό ενέργειας καταναλώνεται μέσα στην πηγή γιατί δεν μπορεί να καταναλωθεί αλλού. Η μπαταρία καίγεται και ίσως και να εκραγεί

ΑΣΚΗΣΗ 26-26

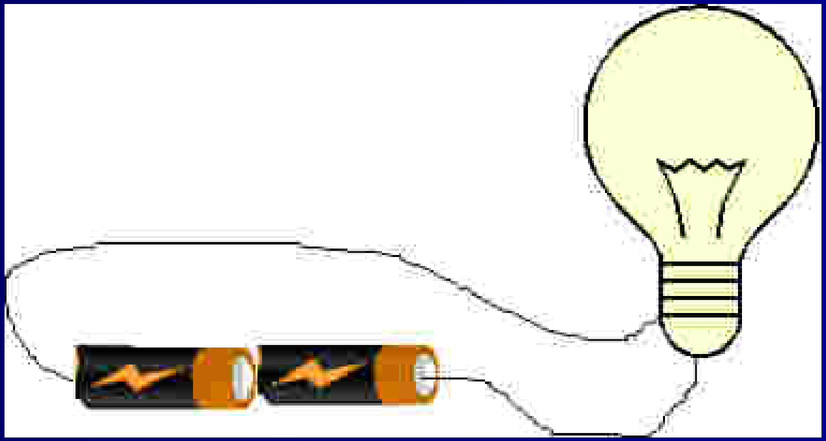
Ένας ηλεκτρικός φανός έχει δυο μπαταρίες με ΗΕΔ 1,5 V η κάθε μια, οι οποίες τροφοδοτούν ένα μικρό λαμπτήρα αντίστασης 16 Ω.

Α) Αν η εσωτερική αντίσταση των μπαταριών είναι αμελητέα, με πόση ισχύ τροφοδοτείται ο φανός;

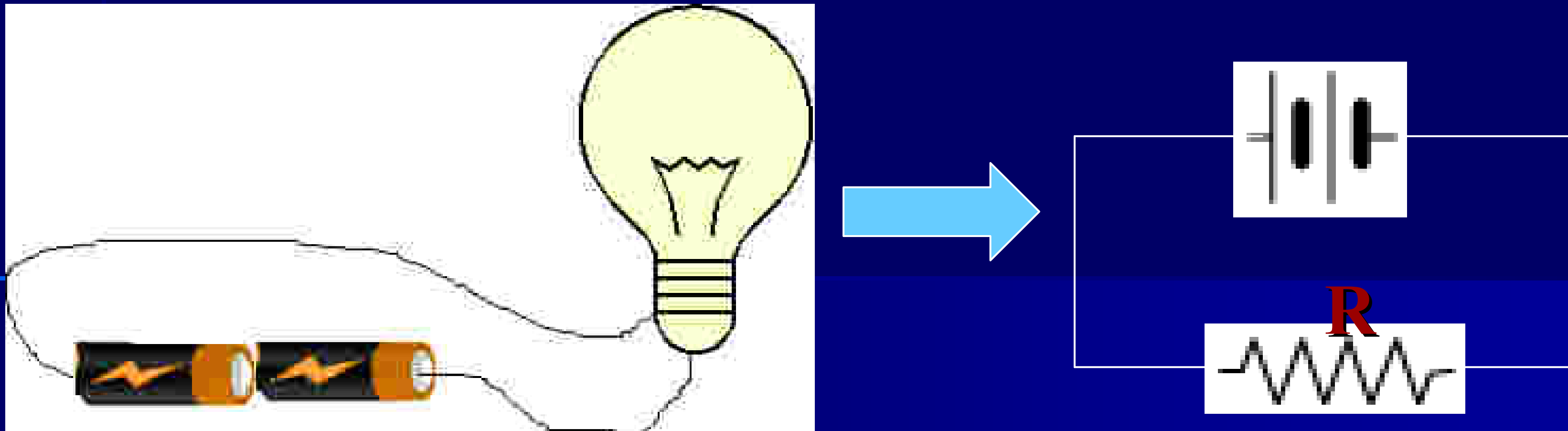
Β) Αν οι μπαταρίες αρκούν για 5 ώρες με πόση ενέργεια τροφοδοτήθηκε συνολικά ο φανός.

Γ) Η εσωτερική αντίσταση αυξάνει καθώς οι μπαταρίες εκφορτίζονται. Θεωρήσαμε την αρχική εσωτερική αντίσταση αμελητέα. Ποιά θα είναι η τιμή της (και των δύο μπαταριών μαζί) όταν η ισχύς τροφοδότησης του λαμπτήρα έχει μειωθεί στο ήμισυ της αρχικής τιμής;

Υποθέτουμε την αντίσταση του λαμπτήρα σταθερή με το χρόνο (κάτι που δεν ισχύει πραγματικά, γιατί η αντίσταση αυξάνει με τη θερμοκρασία και το σύρμα ζεσταίνεται όταν περνάει ρεύμα)



ΑΣΚΗΣΗ 26-26



Α) Αρχικά οι μπαταρίες δεν έχουν εσωτερική αντίσταση, η μόνη κατανάλωση είναι ο λαμπτήρας

$$P = \frac{(V_1 + V_2)^2}{R}$$

όπου V_1 και V_2 είναι οι ΗΕΔ των μπαταριών όταν συνδέονται σε σειρά.

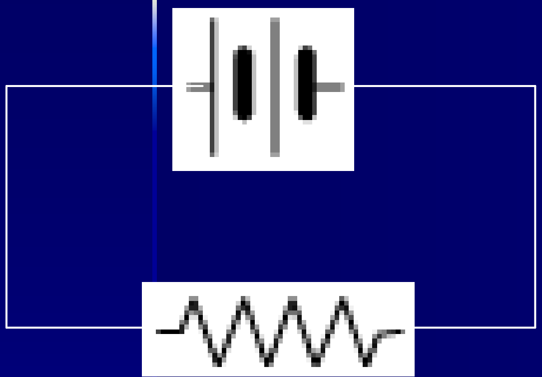
$$P = \frac{(1{,}5 + 1{,}5)^2\,V}{16\Omega} = \frac{9V}{16\Omega} = 0{,}563W$$

ΑΣΚΗΣΗ 26-26

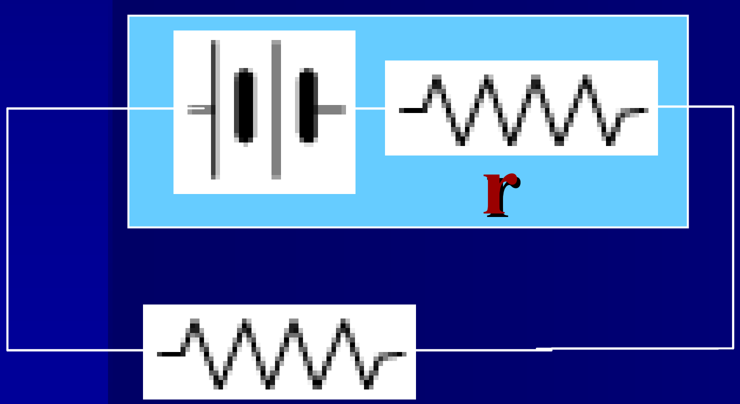
Β) Η ενέργεια, με την οποία τροφοδοτείται ο φανός για διάστημα Δt είναι

$$U = P\Delta t$$

$$U = (0{,}563)(5\times 3600)\,\mathrm{Ws} = 1{,}01\times 10^{4}\,\mathrm{J}$$



Γ)Αν τώρα έχουμε και εσωτερική αντίσταση, το κύκλωμά μας είναι



$$I = \frac{V_1 + V_2}{R + r}$$

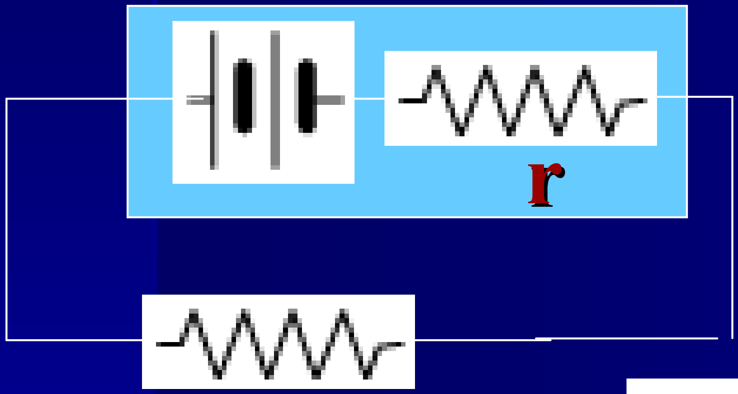
ΑΣΚΗΣΗ 26-26

Η Ισχύς που καταναλώνεται στο λαμπτήρα είναι

$$P' = I^2 R = \left(\frac{V_1 + V_2}{R + r}\right)^2 R$$

ΟΤΑΝ Η ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΥΤΗ ΓΙΝΕΙ ΤΟ ΜΙΣΟ ΤΗΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ.
ΔΗΛΑΔΗ ΟΤΑΝ

$$P' = P/2$$



$$\left(\frac{V_1 + V_2}{R + r}\right)^2 R = \frac{P}{2} = \frac{\frac{(V_1 + V_2)^2}{R}}{2} = \frac{(V_1 + V_2)^2}{2R}$$

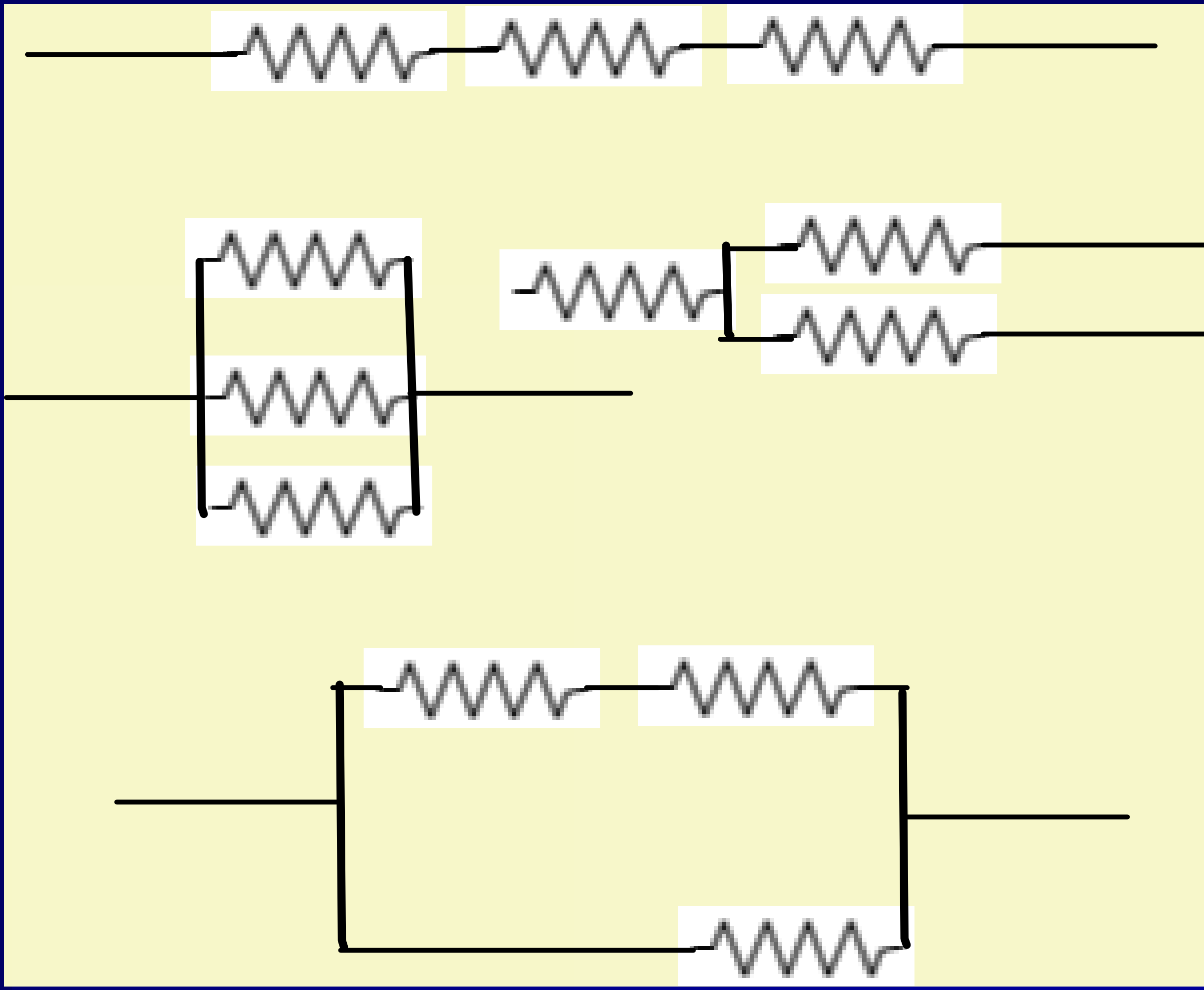
$$(R + r)^2 = 2R^2 \Rightarrow$$

$$\left(\frac{R + r}{R}\right)^2 = 2 \Rightarrow \left(1 + \frac{r}{R}\right) = \sqrt{2} \Rightarrow r = (\sqrt{2} - 1)R \Rightarrow$$

$$r = (\sqrt{2} - 1) \times 16\Omega = 6{,}63\Omega$$

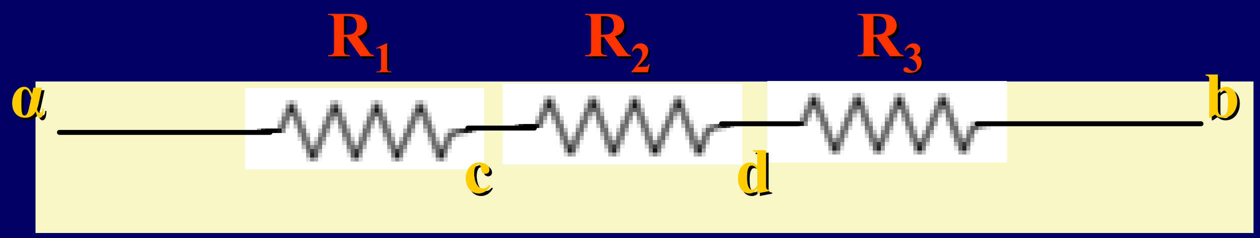
ΑΝΤΙΣΤΑΤΕΣ ΕΝ ΣΕΙΡΑ ΚΑΙ ΕΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩ

Για κάθε συνδεσμολογία αντιστατών μπορούμε πάντα να βρούμε έναν ισοδύναμο αντιστάτη, ο οποίος θα μπορούσε να μπει στη θέση του συνδυασμού. Αυτός θα διαρρέεται από το ίδιο συνολικό ρεύμα και στα άκρα του θα έχει την ίδια διαφορά δυναμικού με αυτή που παρατηρούμε στα άκρα του συνδυασμού.



$$V = IR_{eq} \Rightarrow R_{eq} = \frac{V}{I}$$

ΑΝΤΙΣΤΑΤΕΣ ΣΕ ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΕ ΣΕΙΡΑ



Το ρεύμα πρέπει να είναι το ίδιο σε όλους γιατί αλλιώς θα είχαμε συσσώρευση φορτίου σε κάποια σημεία του κυκλώματος.

$$V_{ac} = IR_1$$
$$V_{cd} = IR_2$$
$$V_{db} = IR_3$$

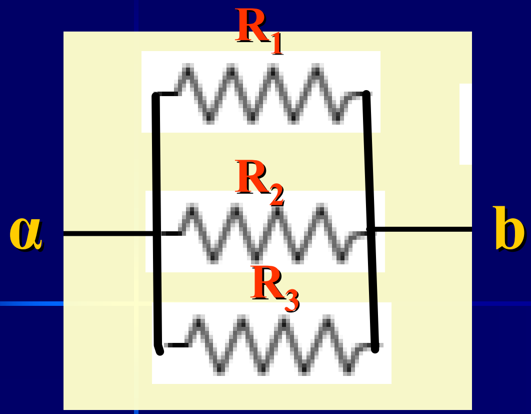
$$V_{ab} = V_{ac} + V_{cd} + V_{db} = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$\frac{V_{ab}}{I} = R_1 + R_2 + R_3 = R_{eq}$$

ΓΕΝΙΚΕΥΣΗ

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots$$

ΑΝΤΙΣΤΑΤΕΣ ΣΕ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΣΥΝΔΕΣΗ



Η διαφορά δυναμικού είναι ίδια σε όλους τους αντιστάτες

$$I_1 = \frac{V_{ab}}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V_{ab}}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V_{ab}}{R_3}$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = V_{ab}(1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3) \Rightarrow$$

$$\frac{I}{V_{ab}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 = \frac{1}{R_{eq}}$$

ΓΕΝΙΚΕΥΣΗ $1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \cdots$

ΚΑΝΟΝΕΣ KIRCHHOFF

ΚΑΝΟΝΑΣ ΚΟΜΒΩΝ

Το αλγεβρικό άθροισμα των ρευμάτων σε οποιαδήποτε κόμβο είναι μηδέν

$$\sum I = 0$$

ΣΤΗΡΙΖΕΤΑΙ ΣΤΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

ΚΑΝΟΝΑΣ ΒΡΟΧΩΝ

Το αλγεβρικό άθροισμα των διαφορών δυναμικού κατά μήκος οποιουδήποτε βρόχου είναι μηδέν

$$\sum V = 0$$

ΣΤΗΡΙΖΕΤΑΙ ΣΤΟ ΟΤΙ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΤΗΡΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

ΚΑΝΟΝΕΣ KIRCHHOFF

Για την εφαρμογή του κανόνα των βρόχων, όταν δεν ξέρουμε τη φορά του ρεύματος σε ένα βρόχο, επιλέγουμε αυθαίρετα κάποια φορά. Το ίδιο κάνουμε και για μια άγνωστη πηγή, βάζουμε αυθαίρετα το θετικό και τον αρνητικό πόλο της.
Στη συνέχεια ξεκινάμε από κάποιο σημείο του κυκλώματος και κινούμαστε κατά μήκος ενός βρόχου. Στη διαδρομή μας προσθέτουμε τα γινόμενα IR που συναντάμε και τις ΗΕΔ

ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ ΚΑΝΟΝΑ ΒΡΟΧΩΝ

- ✓**Θετική είναι μια πηγή όταν πάμε από το – στο +**
- ✓**Θετικό είναι ένα γινόμενο IR όταν πάμε αντίθετα με τη φορά του ρεύματος που καθορίσαμε (πιθανά αυθαίρετα) στην αρχή .**

ΟΤΑΝ ΚΑΤΕΡΧΟΜΑΣΤΕ ΣΕ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΑΖΟΥΜΕ –
ΟΤΑΝ ΑΝΕΡΧΟΜΑΣΤΕ ΣΕ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΑΖΟΥΜΕ +

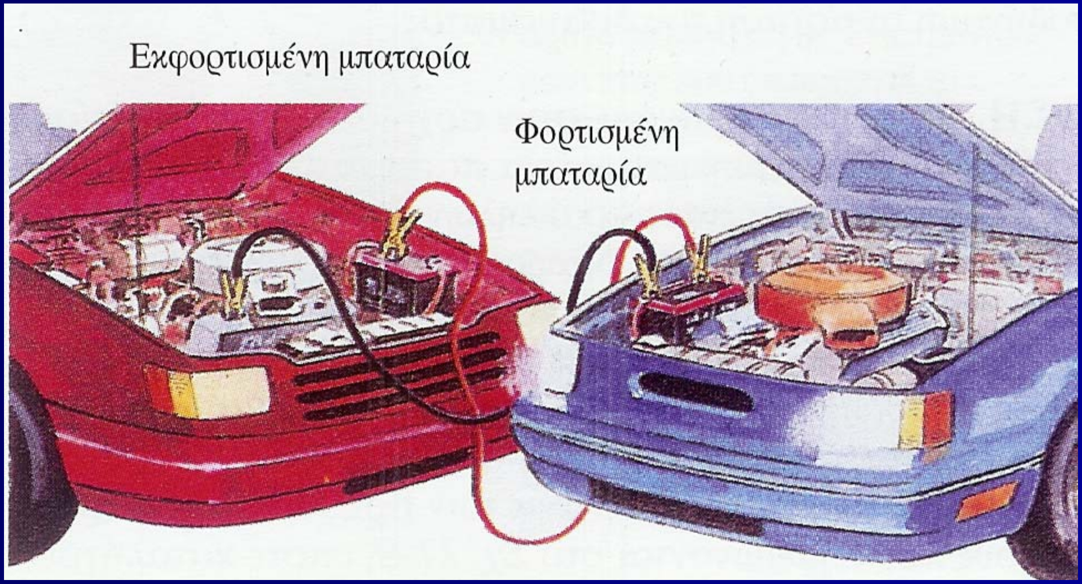
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 27-3

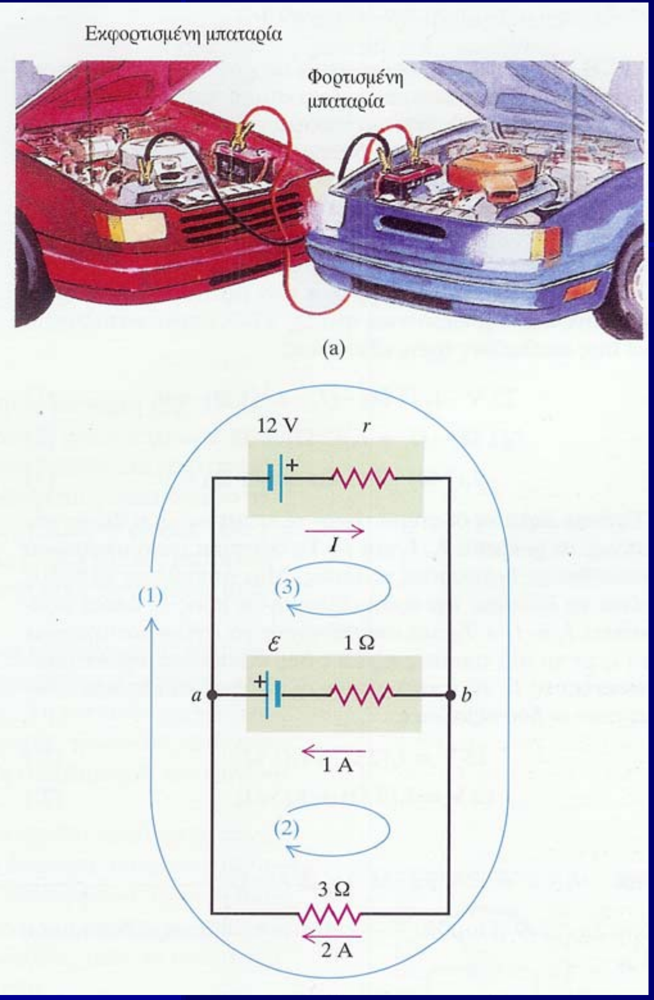
Έστω ότι προσπαθούμε να φορτίσουμε την μπαταρία ενός αυτοκινήτου που έμεινε στο δρόμο από τη μπαταρία του δικού μας αυτοκινήτου. Η εσωτερική αντίσταση της δικής μας μπαταρίας είναι άγνωστη r ενώ έχει ΗΕΔ 12V. Το άλλο αυτοκίνητο έχει μπαταρία ΗΕΔ $\mathcal{E}$, με εσωτερική αντίσταση 1 Ω η οποία διαρρέεται από ρεύμα 1Α, επίσης έχει σε παράλληλη σύνδεση ένα λαμπτήρα 3 Ω που διαρρέεται από ρεύμα 2Α.

Να βρεθούν Α) Το ρεύμα που διαρρέει τη δική μας μπαταρία.

Β) Την εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας μας r.

Γ) Την ΗΕΔ $\mathcal{E}$ της μπαταρίας που φορτίζουμε.





Α **Το σχηματικό κύκλωμα είναι αυτό του σχήματος και εφαρμόζουμε τον κανόνα των κόμβων για το σημείο α**

$$-\mathrm{I} + 1\mathrm{A} + 2\mathrm{A} = 0 \Rightarrow \mathrm{I} = 3\mathrm{A}$$

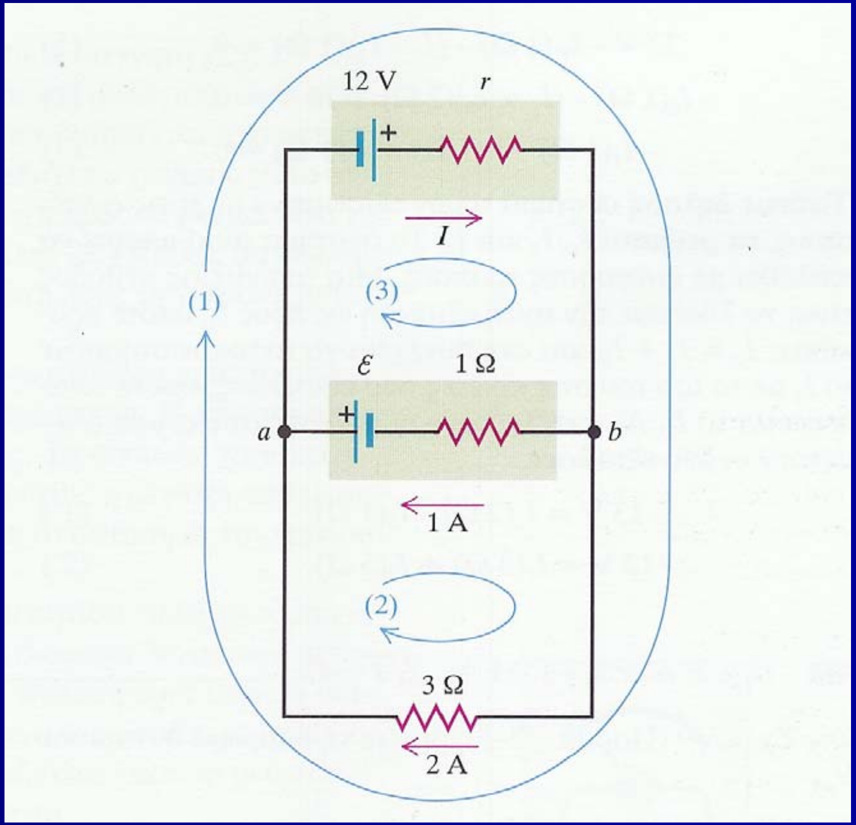
Β **Για να προσδιορίσουμε την εσωτερική αντίσταση της πηγής μας εφαρμόζουμε τον κανόνα των βρόχων στον εξωτερικό βρόχο**

$$12\mathrm{V} - (3\mathrm{A})\mathrm{r} - (2\mathrm{A})(3\Omega) = 0 \Rightarrow \mathrm{r} = 2\Omega$$

ΠΡΟΣΟΧΗ

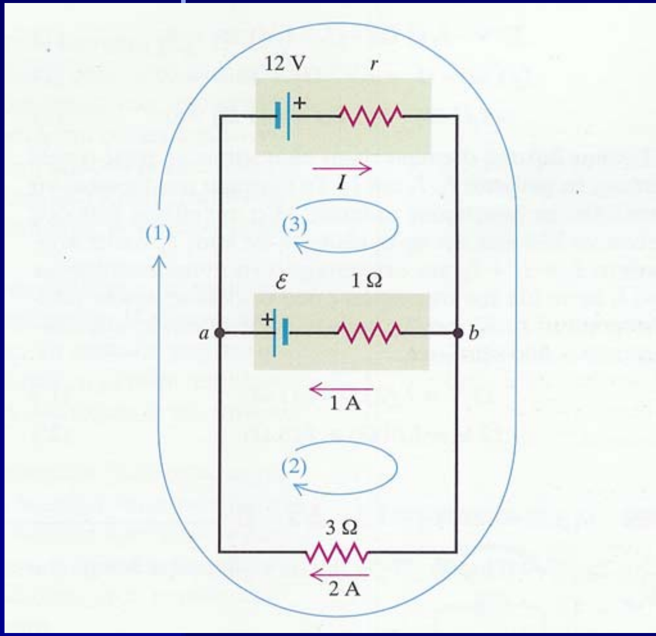
$$12V-(3A)r-(2A)(3\Omega)=0 \Rightarrow 2=2\Omega$$

Οι όροι που περιέχουν τις αντιστάσεις r και 3Ω είναι αρνητικοί γιατί διατρέχουμε τον εξωτερικό βρόχο κατά τη φορά του ρεύματος (ΕΣΤΩ ΑΥΤΗ ΠΟΥ ΕΜΕΙΣ ΔΙΑΛΕΞΑΜΕ). Επομένως στις εν λόγω αντιστάσεις συναντάμε πτώσεις δυναμικού (ΚΑΤΕΒΑΙΝΟΥΜΕ).



Γ Εφαρμόζουμε τώρα τον κανόνα των βρόχων στον βρόχο 2

$$-\mathcal{E}+(1A)(1\Omega)-(2A)(3\Omega)=0 \Rightarrow \mathcal{E}=-5V$$



Η ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΤΙΜΗ ΣΗΜΑΙΝΕΙ ΟΤΙ Η ΠΟΛΙΚΟΤΗΤΑ ΕΙΝΑΙ ΑΝΤΙΘΕΤΗ ΜΕ ΑΥΤΗ ΠΟΥ ΕΠΙΛΕΞΑΜΕ ΣΤΟ ΣΧΗΜΑ

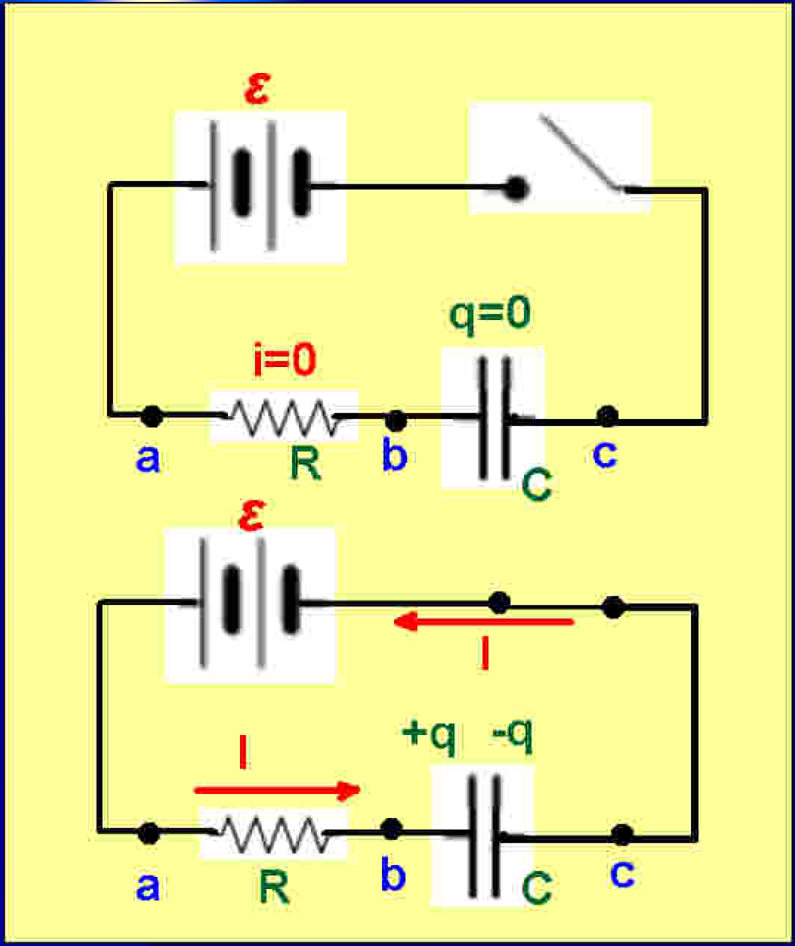
ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ: Αν χρησιμοποιήσουμε το βρόχο 3 έχουμε

$$12v-(3A)(2\Omega)-(1A)(1\Omega)+\mathcal{E}=0 \Rightarrow \mathcal{E}=-5V$$

ΟΠΟΙΟ ΒΡΟΧΟ ΚΑΙ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΟΥΜΕ ΚΑΤΑΛΗΓΟΥΜΕ ΣΤΟ ΙΔΙΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ
ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

Στη διαδικασία της απλής φόρτισης ενός πυκνωτή, το ρεύμα η τάση και η ισχύς μεταβάλλονται με το χρόνο. Αυτό διαπιστώνεται πολύ εύκολα πειραματικά.



Για t=0

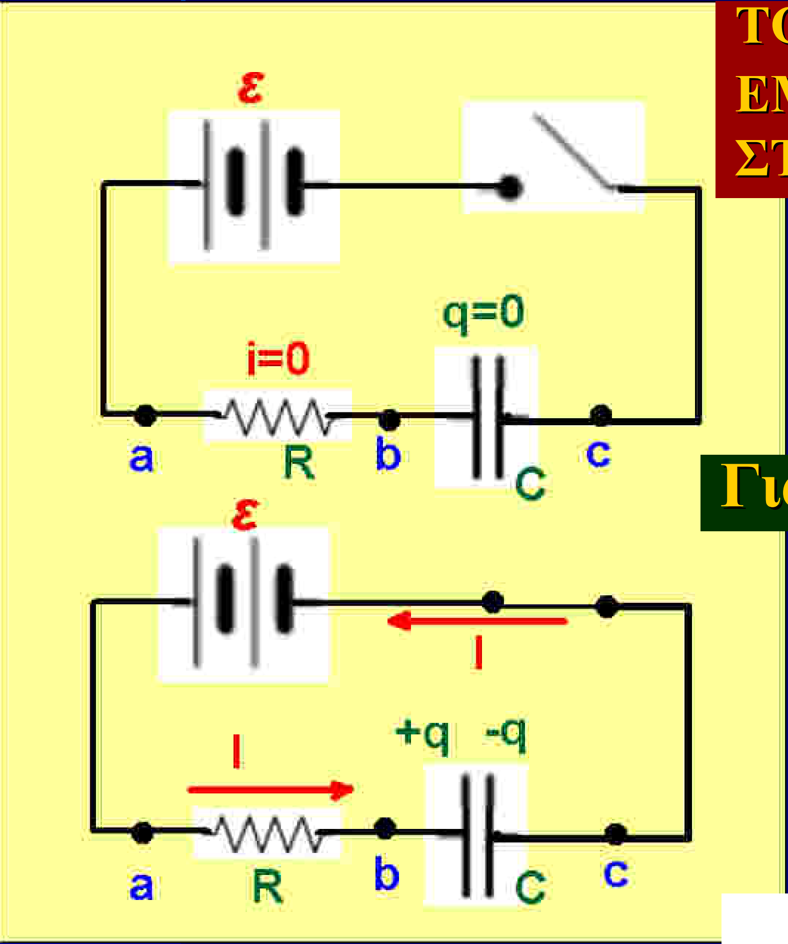
$$I_0 = \frac{\upsilon_{ab}}{R} = \frac{\varepsilon}{R}$$

Όπως φορτίζεται ο πυκνωτής, η τάση στα άκρα του μεγαλώνει.
Ταυτόχρονα η τάση στα άκρα του αντιστάτη μειώνεται.

$\upsilon_{bc} \uparrow$ $\upsilon_{ab} \downarrow$

Όμως το άθροισμα των τάσεων παραμένει σταθερό και ίσο με την ηλεκτρεγερτική δύναμη της πηγής.

Μετά παρέλευση ικανού χρόνου ο πυκνωτής θα φορτιστεί ΤΟΤΕ ΤΟ ΡΕΥΜΑ ΘΑ ΜΗΔΕΝΙΣΤΕΙ ΚΑΙ ΤΟ ΙΔΙΟ ΘΑ ΚΑΝΕΙ Η ΤΑΣΗ ΣΤΑ ΑΚΡΑ ΤΟΥ ΑΝΤΙΣΤΑΤΗ.



ΤΟΤΕ Η ΗΕΔ ε ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ ΘΑ ΕΜΦΑΝΙΣΤΕΙ ΩΣ ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΣΤΑ ΑΚΡΑ ΤΟΥ ΠΥΚΝΩΤΗ

$$\upsilon_{bc} = \varepsilon$$

Για t=t

$$\upsilon_{ab} = iR \qquad \upsilon_{bc} = \frac{q}{C}$$

Εφαρμόζοντας τον κανόνα του Kirchhoff για τον βρόχο έχουμε

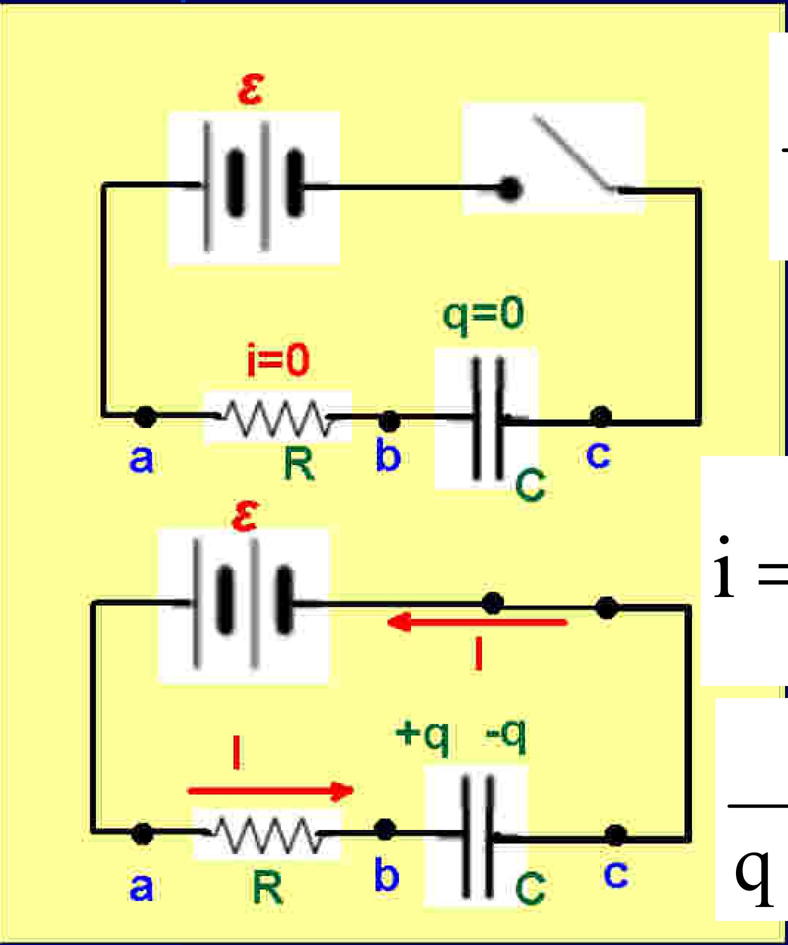
$$\varepsilon - iR - \frac{q}{C} = 0$$

$$i = \frac{\varepsilon}{R} - \frac{q}{RC}$$

$$i = \frac{\varepsilon}{R} - \frac{q}{RC}$$

Το φορτίο αυξάνει από την αρχική τιμή q=0 έως την τιμή Q_f
Αντίθετα το ρεύμα μειώνεται από την τιμή I_0 στην τιμή 0

$$\frac{\varepsilon}{R} - \frac{Q_f}{RC} = 0 \qquad Q_f = CE$$



ΓΕΝΙΚΑ ΣΕ ΚΑΘΕ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{\varepsilon}{R} - \frac{q}{RC} = -\frac{1}{RC}(q - C\varepsilon)$$

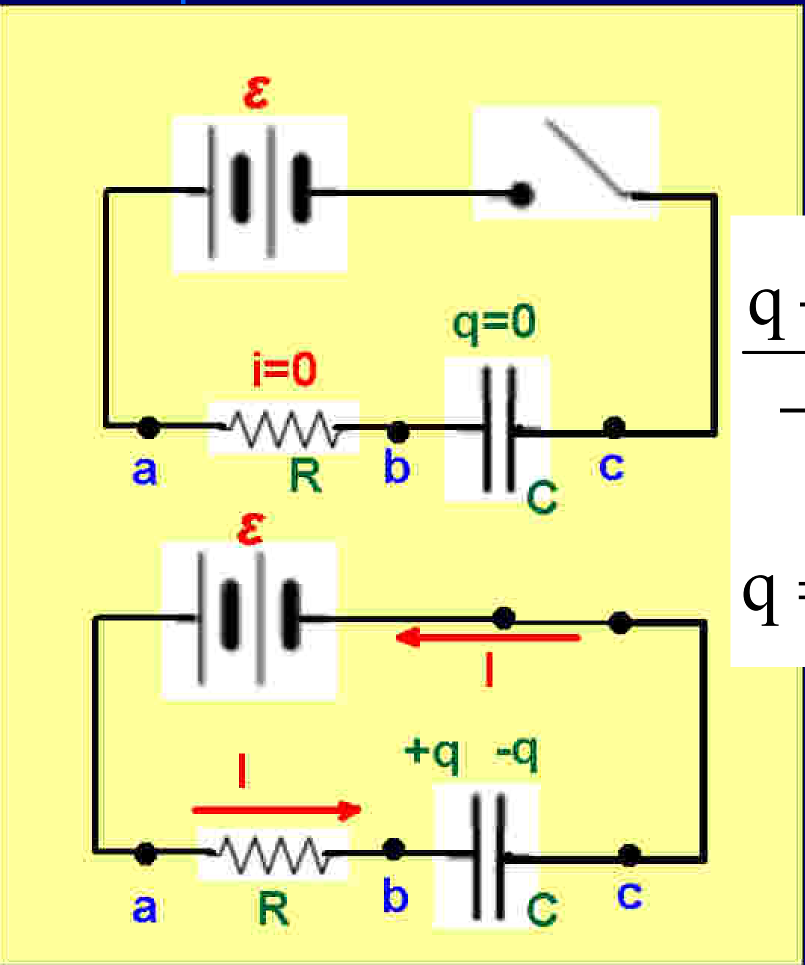
$$\frac{dq}{q - C\varepsilon} = -\frac{dt}{RC}$$

$$\int_0^q \frac{dq}{q - C\varepsilon} = -\int_0^t \frac{dt}{RC}$$

$$\int_0^q \frac{dq}{q - C\varepsilon} = -\int_0^t \frac{dt}{RC} \Rightarrow \int_0^q \frac{dq'}{q' - C\varepsilon} = -\int_0^t \frac{dt'}{RC}$$

Για να μη μπερδευόμαστε με τα σύμβολα

$$\ln \frac{q - C\varepsilon}{-C\varepsilon} = -\frac{1}{RC}$$



$$\frac{q - C\varepsilon}{-C\varepsilon} = e^{-t/RC} \Rightarrow$$

$$q = C\varepsilon(1 - e^{-t/RC}) = Q_f(1 - e^{-t/RC})$$

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{\varepsilon}{R} e^{-t/RC} = I_0 e^{-t/RC}$$

ΟΤΑΝ $\dfrac{I_0}{i} = \dfrac{1}{e} = 0,368$

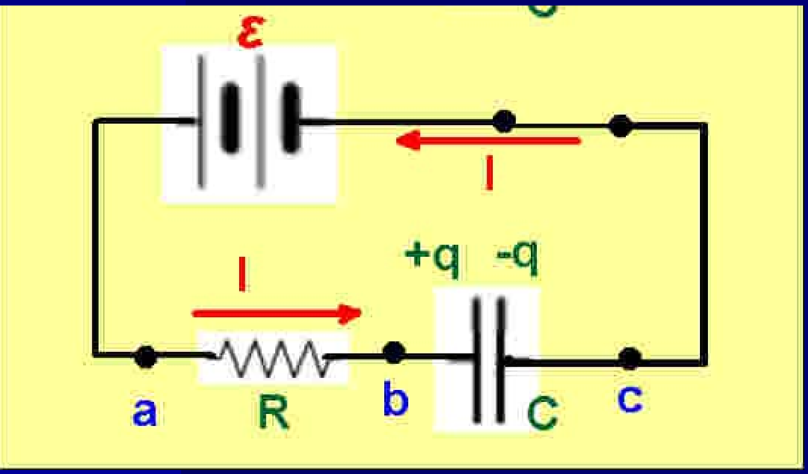
$$\frac{i}{I_0} = e^{-t/RC} = e^{-1} \Rightarrow t = RC$$

ΤΟΤΕ ΤΟ ΦΟΡΤΙΟ ΕΙΝΑΙ

$$q = Q_f(1 - e^{-t/RC}) = Q_f(1 - e^{-RC/RC}) = Q_f(1 - e^{-1}) \Rightarrow$$

$$\frac{q}{Q_f} = (1 - e^{-1}) = 0,632$$

$$\tau = RC$$



Αυτός ο χρόνος λέγεται χρόνος χαλάρωσης ή σταθερά χρόνου και είναι μέτρο του πόσο γρήγορα φορτίζεται ο πυκνωτής

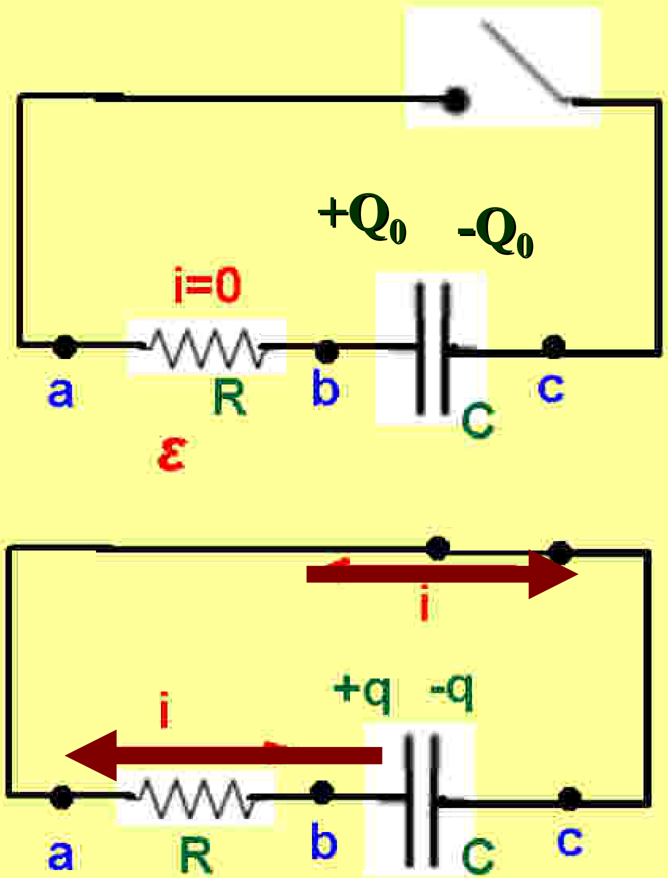
ΕΚΦΟΡΤΙΣΗ ΠΥΚΝΩΤΗ

Βγάζουμε την πηγή και βραχυκλώνουμε.

Για t=0

$$q = Q_0$$

Εφαρμόζοντας τον κανόνα του Kirchhoff στον βρόχο



$$-iR - \frac{q}{C} = 0 \Rightarrow i = -\frac{q}{RC} = \frac{dq}{dt}$$

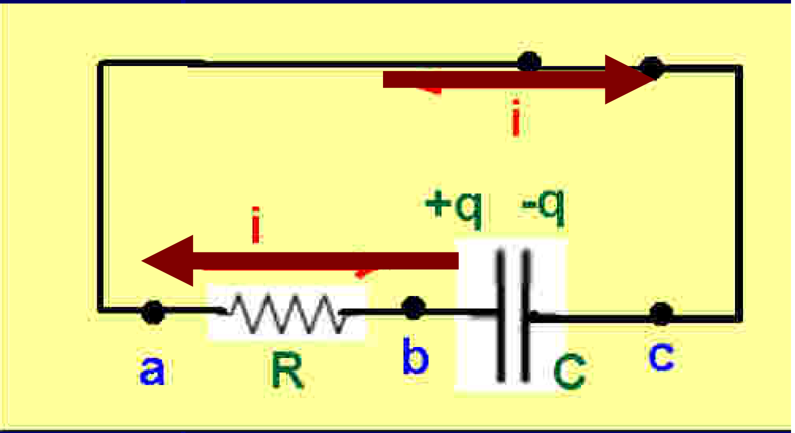
Το ρεύμα είναι αρνητικό που σημαίνει ότι το έχουμε με αντίθετη φορά από ότι είναι πραγματικά

Για t=0

$$q = Q_0$$

$$I_0 = -\frac{Q_0}{RC}$$

ΕΚΦΟΡΤΙΣΗ ΠΥΚΝΩΤΗ



$$\int_{Q_0}^{q} \frac{dq'}{q'} = -\frac{1}{RC}\int_0^t dt \Rightarrow$$

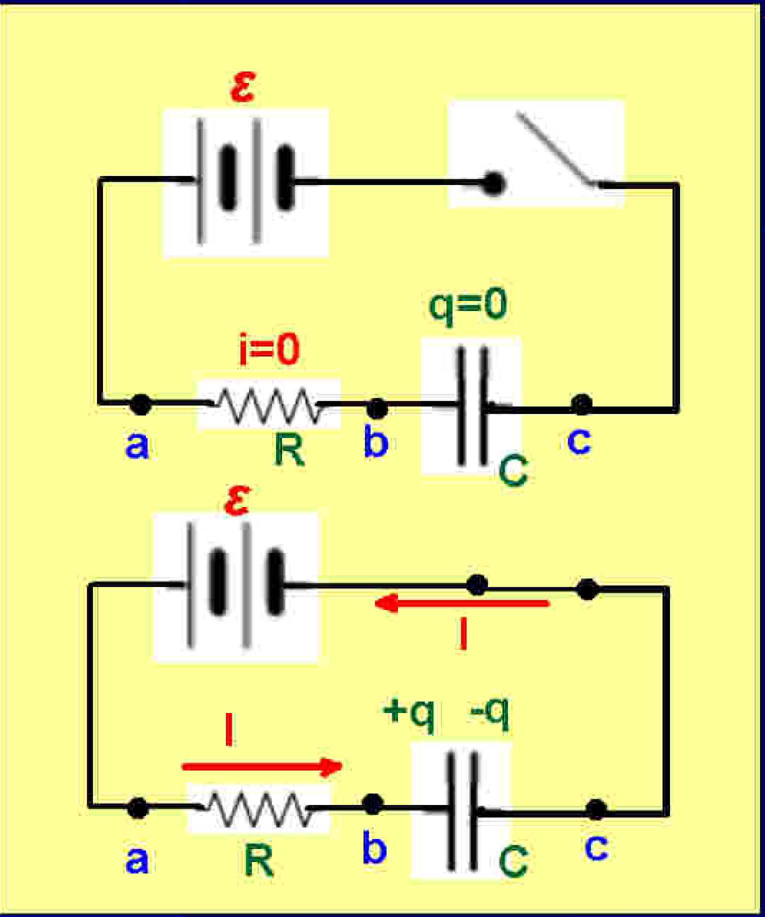
$$\ln\frac{q}{Q_0} = -\frac{t}{RC} \Rightarrow q = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

Στιγμιαίο ρεύμα

$$i = \frac{dq}{dt} = -\frac{Q_0}{RC} e^{-t/RC} = I_0 e^{-t/RC}$$

Το φορτίο και το ρεύμα προσεγγίζουν ασυμπτωτικά το 0

ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΠΥΚΝΩΤΗ



Από τον κανόνα του Kirchhoff για τον βρόχο όταν φορτίζαμε τον πυκνωτή βρήκαμε

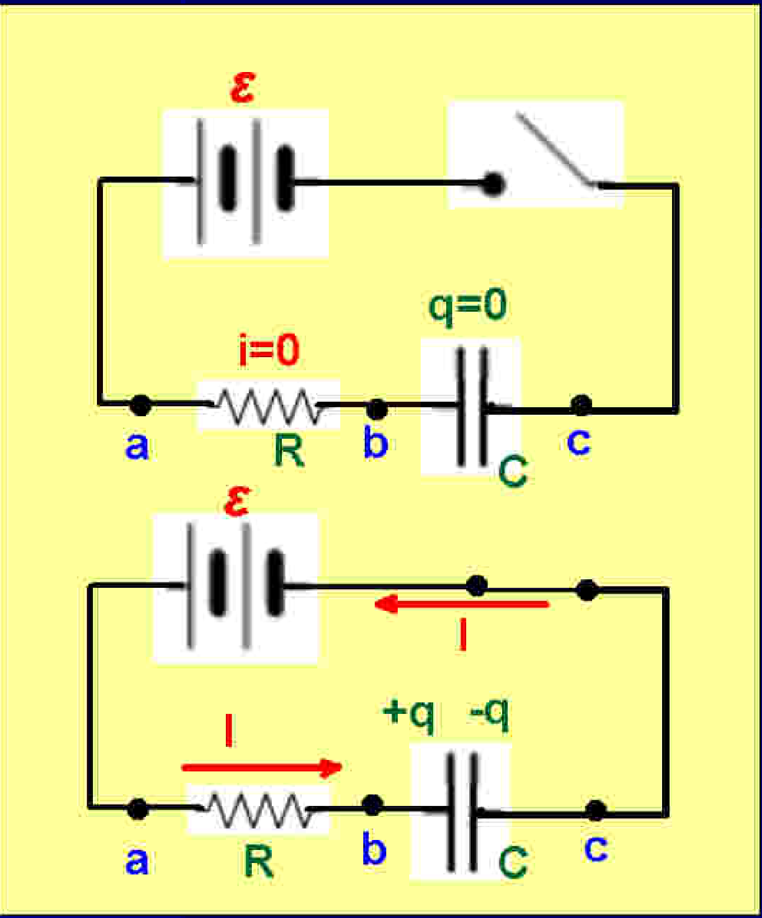
$$\varepsilon - iR - \frac{q}{C} = 0$$

$$\varepsilon i - i^2 R - i\frac{q}{C} = 0 \Rightarrow$$

$$\varepsilon i = i^2 R + i\frac{q}{C}$$

ΔΗΛΑΔΗ Η ΠΗΓΗ ΠΑΡΕΧΕΙ ΙΣΧΥ Η ΟΠΟΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΕΤΑΙ ΕΝ ΜΕΡΕΙ ΣΤΟΝ ΑΝΤΙΣΤΑΤΗ ΚΑΙ ΕΝ ΜΕΡΕΙ ΑΠΟΘΕΚΕΥΕΤΑΙ ΣΤΟΝ ΠΥΚΝΩΤΗ

ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΠΥΚΝΩΤΗ



Η ολική ενέργεια που παρέχει η πηγή για όλη τη διάρκεια της φόρτισης είναι

$$\varepsilon Q_f$$

Όμως πολύ προηγούμενα είχαμε βρει ότι ο πυκνωτής αποθηκεύει ενέργεια

$$\varepsilon Q_f / 2$$

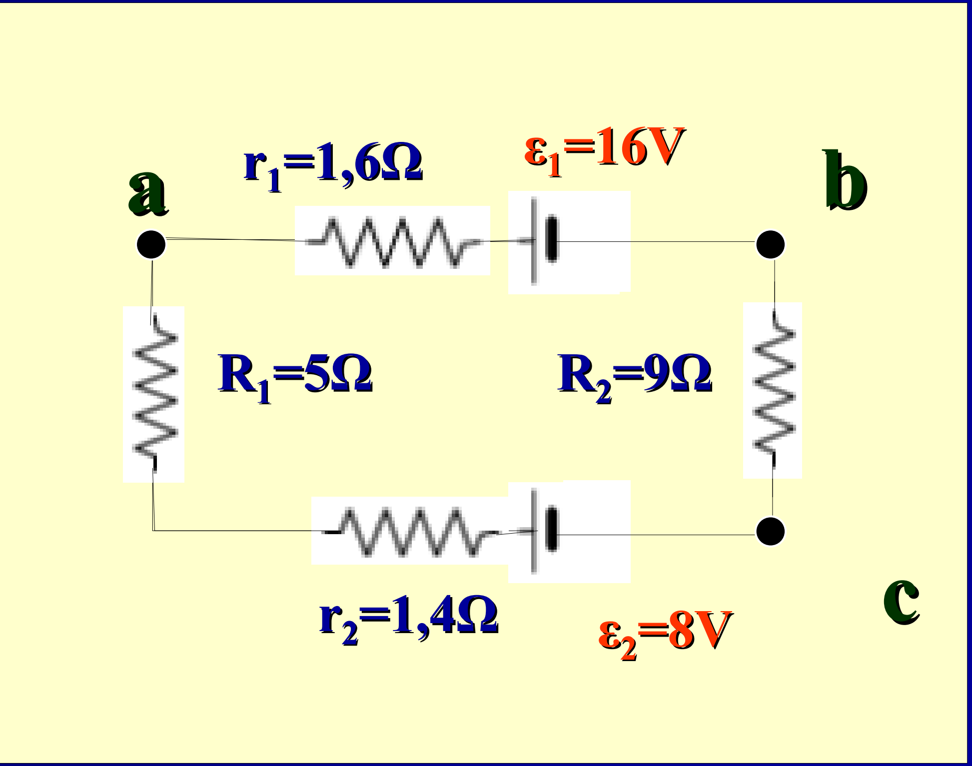
ΔΗΛΑΔΗ Η ΜΙΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΕΧΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΕΤΑΙ ΣΤΟΝ ΠΥΚΝΩΤΗ Η ΑΛΛΗ ΜΙΣΗ ΓΙΝΕΤΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

ΑΣΚΗΣΗ 26-5

Οι οικιακές καλωδιώσεις είναι συνήθως με σύρματα χαλκού διαμέτρου 2,05 mm. Να υπολογιστεί η αντίσταση ενός τέτοιου σύρματος 30 m. (ειδική αντίσταση χαλκού: $1{,}72 \times 10^{-8}$ Ω)

ΑΣΚΗΣΗ 24-17

Να υπολογιστεί το ρεύμα στο κύκλωμα του σχήματος. Επίσης να υπολογιστούν η πολική τάση V_{ab} και η διαφορά δυναμικού V_{ac}.



ΑΣΚΗΣΗ 26-36

Μια ηλεκτρική φρυγανιέρα χρησιμοποιεί θερμαντικό στοιχείο από χρωμονικελίνη και λειτουργεί με τάση 120 V. Όταν ενεργοποιηθεί στους 20^0 C διαρέεται από ρεύμα 1,46 A. Μετά από λίγο το ρεύμα σταθεροποιείται σε 1,32 A. Ποια είναι η τελική θερμοκρασία του στοιχείου. Η μέση τιμή του θερμικού συντελεστή ειδικής αντίστασης είναι $4{,}5^x10^{-4}\ {}^0C^{-1}$ (για την περιοχή θερμοκρασιών που ενδιαφερόμαστε).

ΑΣΚΗΣΗ 26-36

Μια διάταξη από ημιαγωγό σε προσωπικό υπολογιστή δεν υπακούει στο νόμο του Ohm, αλλά η σχέση τάσης ρεύματος είναι $V=\alpha I+\beta I^2$ με α=2 και β=0.5 Ω/A. A) Συνδέουμε τη διάταξη με τάση 3V, πόσο είναι το ρεύμα μέσα στη διάταξη;B) Πόση διαφορά δυναμικού απαιτείται για να περάσει διπλάσιο ρεύμα από αυτό που υπολογίστηκε προηγούμενα;

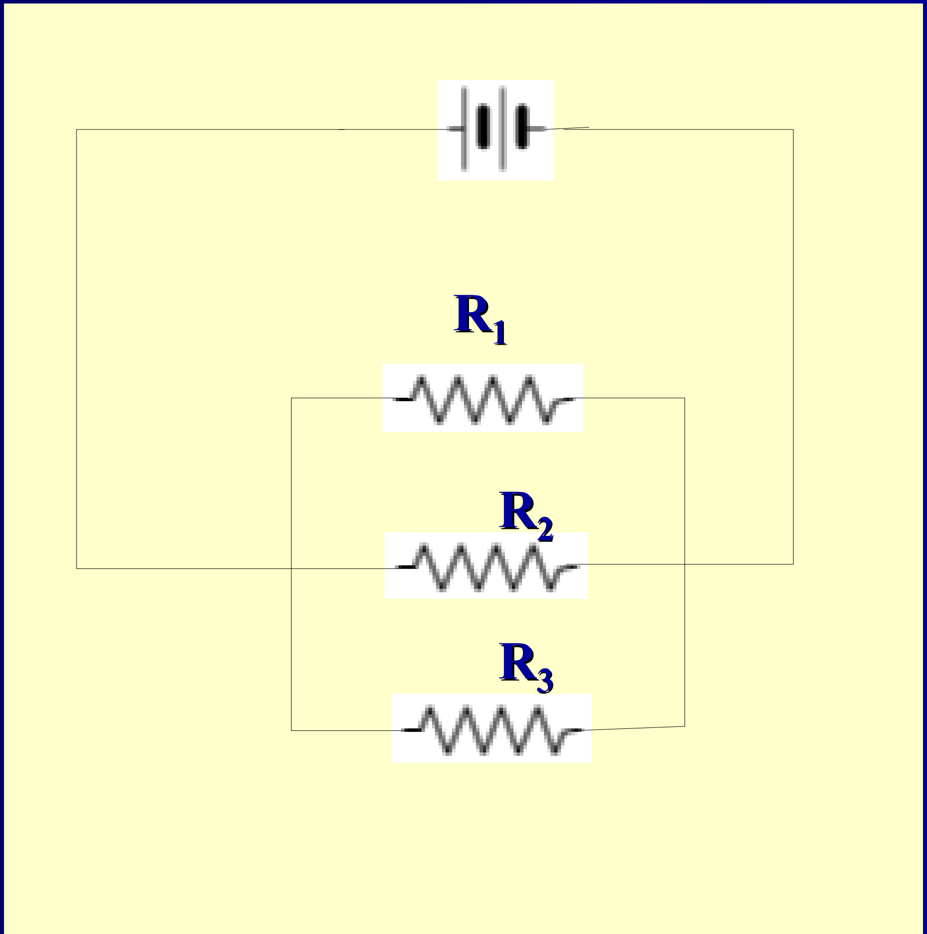
ΑΣΚΗΣΗ 27-1

Τρεις αντιστάτες, R_1=2Ω, R_2=3Ω και R_3=4Ω, συνδέονται με τους πόλους μπαταρίας 24 V. Να βρεθούν:

Α) η ισοδύναμη αντίσταση του συνδυασμού,

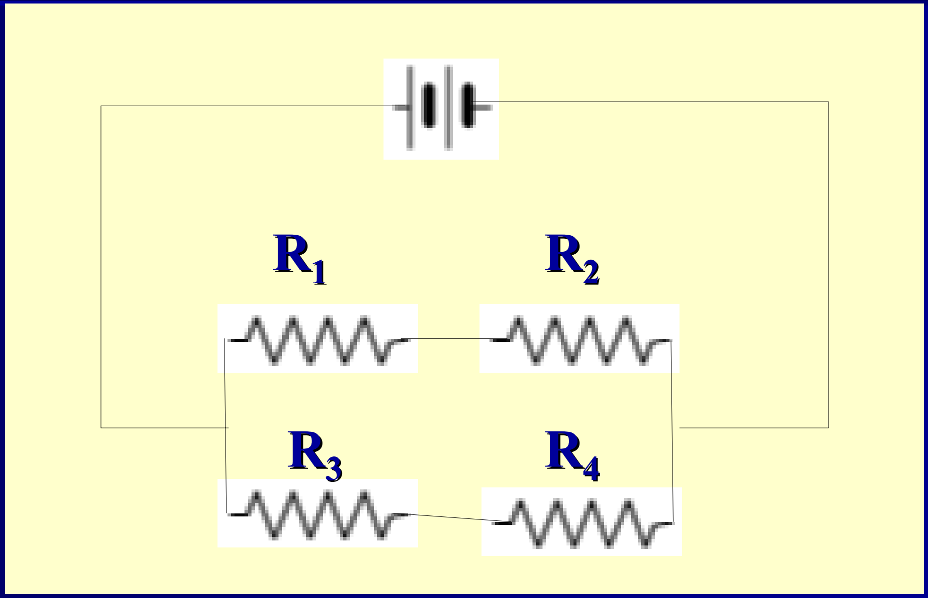
Β) το ρεύμα που περνά μέσα από τη μπαταρία,

Γ) η ισχύς που καταναλίσκεται σε κάθε αντιστάτη



ΑΣΚΗΣΗ 27-2

Να βρεθεί η ισοδύναμη αντίσταση του συνδυασμού και το ρεύμα σε κάθε αντιστάτη. Δίνονται ε=24 V, R_1=1Ω, R_2=3Ω, R_3=7Ω και R_4=5Ω.



ΣΥΝΟΨΗ

- **Το ποσό του φορτίου που διαπερνά μια ορισμένη επιφάνεια στη μονάδα του χρόνου λέγεται ηλεκτρικό ρεύμα.**
- **Το ρεύμα είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης σωματιδίων (πυκνότητας φορέων του φορτίου), της ταχύτητας ολίσθησης αυτών, του στοιχειώδους φορτίου ενός φορέως και της διατομής.**

$$I = A(n_1 q_1 \upsilon_{d1} + n_2 q_2 \upsilon_{d2} + \cdots)$$

- **Η πυκνότητα ρεύματος είναι ρεύμα ανά μονάδα εμβαδού, και ως συνάρτηση των ίδιων ποσοτήτων όπως προηγούμενα είναι**

$$J = n_1 q_1 \upsilon_{d1} + n_2 q_2 \upsilon_{d2} + \cdots$$

ΣΥΝΟΨΗ

- Ο νόμος του Ohm ισχύει προσεγγιστικά για μεγάλη κατηγορία υλικών. Δηλώνει ότι το πηλίκο του πεδίου προς την πυκνότητα ρεύματος είναι σταθερό και το λέμε ειδική ηλεκτρική αντίσταση.

$$\rho = \frac{E}{J}$$

- Για μεταλλικούς αγωγούς η ειδική ηλεκτρική αντίσταση αυξάνεται με τη θερμοκρασία.

$$\rho_T = \rho_0\left[1 + \alpha(T - T_0)\right]$$

ΣΥΝΟΨΗ

- Όταν ισχύει ο νόμος του Ohm, η διαφορά δυναμικού στα άκρα αγωγού είναι ανάλογη προς το ρεύμα που διαρρέει τον αγωγό. Η σταθερά αναλογίας λέγεται αντίσταση.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{\rho L}{A}$$

- Οι πραγματικές πηγές έχουν εσωτερική αντίσταση. Έτσι η τάση στους πόλους της είναι

Κλειστό κύκλωμα

$$V_{ab} = \varepsilon - Ir = IR \Rightarrow$$

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

ΣΥΝΟΨΗ

- **Κάθε στοιχείο κυκλώματος διαρρέεται από ρεύμα I και παρουσιάζει διαφορά δυναμικού V στα άκρα του.**
- **Προσφέρει ενέργεια στο κύκλωμα να η ροή του ρεύματος είναι από το χαμηλότερο προς το υψηλότερο δυναμικό.**
- **Παίρνει ενέργεια από το κύκλωμα αν η ροή ρεύματος είναι από το υψηλότερο στο χαμηλότερο δυναμικό, δηλαδή αντίθετα με την προηγούμενη κατάσταση.**
- **Ο ρυθμός μεταφοράς ενέργειας λέγεται Ισχύς και είναι P=VI**

ΣΥΝΟΨΗ

- Η ενέργεια καταναλίσκεται στους αντιστάτες μετατρεπόμενη σε θερμότητα. Ο ρυθμός κατανάλωσης της ενέργειας είναι

$$P = V_{ab} I = I^2 R = \frac{V_{ab}}{R}$$

- Στα μέταλλα, αιτία της αγωγιμότητας είναι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια τα οποία κινούνται μέσα στο πλέγμα και σκεδάζονται στα ιόντα του πλέγματος.

ΣΥΝΟΨΗ

- **Στην εν σειρά σύνδεση αντιστατών, η ισοδύναμη αντίσταση είναι το άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων.**

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots$$

- **Στην εν παραλλήλω σύνδεση, το αντίστροφο της ισοδύναμης αντίστασης είναι το άθροισμα των αντιστρόφων των επιμέρους αντιστάσεων.**

$$1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \cdots$$

ΣΥΝΟΨΗ

- **Κανόνες Kirchhoff**
  Α) Το αλγεβρικό άθροισμα των ρευμάτων σε οποιοδήποτε κόμβο κυκλώματος είναι 0
  Β) Το αλγεβρικό άθροισμα των διαφορών δυναμικού κατά μήκος οποιουδήποτε κλειστού βρόχου του κυκλώματος είναι 0

- **Όταν ο πυκνωτής φορτίζεται**
  Το φορτίο προσεγγίζει ασυμπτωτικά την τελική τιμή και το ρεύμα με τον ίδιο τρόπο την τιμή 0

- **Όταν ο πυκνωτής εκφορτίζεται**
  Το ρεύμα και το φορτίο προσεγγίζουν ασυμπτωτικά την τιμή 0