ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ
(Π.Σ. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.)

ΜΑΘΗΜΑ: ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ Ι - ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 5: ΝΟΜΟΣ ΤΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ (ΚΟΜΒΩΝ) ΤΟΥ KIRCHHOFF (1^{ος} Κ. Κ.)

ΣΚΟΠΟΣ:

1. Η κατανόηση και εφαρμογή του Νόμου των ρευμάτων του Kirchhoff.
2. Η εφαρμογή του νόμου των ρευμάτων του Kirchhoff για την επίλυση κυκλωμάτων.

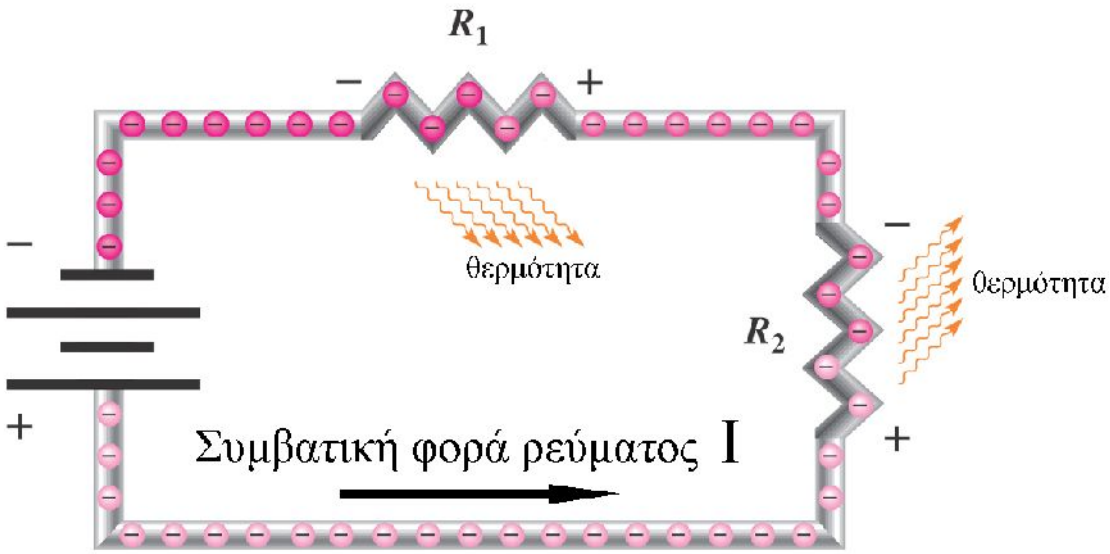
ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΕΣ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΔΟΥΛΓΕΡΗΣ
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΑΡΑΝΙΚΑΣ

ΛΑΡΙΣΑ 2019

ΜΕΡΟΣ Α: ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ

- Οι θεμελιώδεις **νόμοι του Kirchhoff**, που διατυπώθηκαν το 1848, συνδέουν τα ηλεκτρικά μεγέθη των εντάσεων ρεύματος, των πηγών τάσεων και των πτώσεων τάσεων σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα και επιτρέπουν την **επίλυση του κυκλώματος**, δηλαδή τον υπολογισμό όλων των τάσεων και των ρευμάτων του κυκλώματος, όταν δίνονται οι πηγές και οι αντιστάσεις του. Τους νόμους αυτούς των ρευμάτων και των τάσεων του Kirchhoff, που ισοδυναμούν με τους νόμους της διατήρησης της μάζας και της ενέργειας αντίστοιχα, τους δεχόμαστε σαν βασικά αξιώματα όλων των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

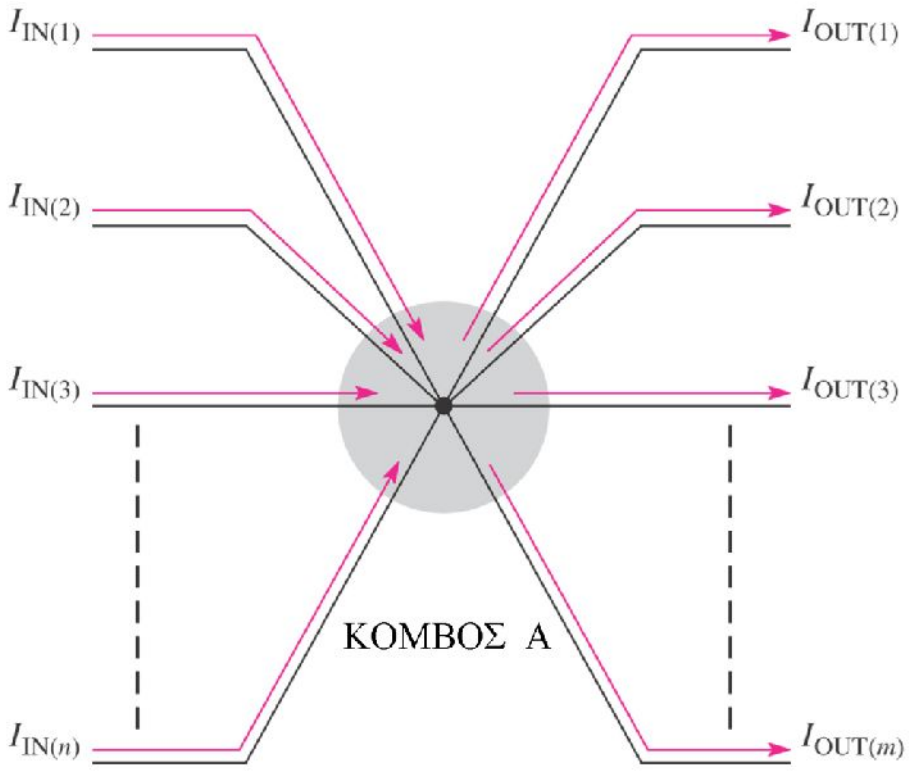
- Τη στιγμή που τα ηλεκτρόνια αναχωρούν από το αρνητικό άκρο (−) της πηγής τάσης, έχουν τη μέγιστη ενέργειά τους. Καθώς περνούν μέσα από κάθε αντίσταση, μέρος από την ενέργειά τους αποδίδεται σε μορφή θερμότητας. Άρα τα ηλεκτρόνια έχουν μεγαλύτερη ενέργεια όταν μπαίνουν σε μια αντίσταση, από ότι όταν βγαίνουν από αυτήν. Η πτώση αυτή της ενέργειας των ηλεκτρονίων καθώς διαρρέουν μια αντίσταση λέγεται **πτώση τάσης**. Όταν επιστρέφουν στο θετικό πόλο της πηγής (+), τα ηλεκτρόνια έχουν την ελάχιστη ενέργειά τους.



- Ένα **ηλεκτρικό κύκλωμα** είναι μια συνδεσμολογία από πηγές, αντιστάσεις και άλλα ηλεκτρικά στοιχεία. Αποτελείται από **κλάδους**, δηλαδή συνδέσεις ηλεκτρικών στοιχείων, **κόμβους**, δηλαδή σημεία σύνδεσης περισσοτέρων των δυο κλάδων και **βρόγχους**, δηλαδή κλειστές διαδρομές μέσα στο κύκλωμα.

- Ο **Νόμος των Ρευμάτων του Kirchhoff**, που είναι ουσιαστικά ο νόμος διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου, μπορεί **να διατυπωθεί με διάφορους τρόπους**, όπως φαίνεται παρακάτω:

- Το άθροισμα των ρευμάτων που **οδεύουν** προς έναν κόμβο, δηλαδή το ολικό ρεύμα που μπαίνει στον κόμβο, ισούται με το άθροισμα των ρευμάτων που **απομακρύνονται** από αυτόν τον κόμβο, δηλαδή ισούται με το ολικό ρεύμα, που βγαίνει από τον κόμβο.



Άρα: $\mathbf{I_{IN(1)} + I_{IN(2)} + ... + I_{IN(n)} = I_{OUT(1)} + I_{OUT(2)} + ... + I_{OUT(m)}}$

- Το **αλγεβρικό άθροισμα** όλων των ρευμάτων που **εισέρχονται** σε έναν κόμβο και **εξέρχονται** από αυτόν ισούται με μηδέν.

Άρα: $\mathbf{\Sigma I = I_{IN(1)} + I_{IN(2)} + ... + I_{IN(n)} - I_{OUT(1)} - I_{OUT(2)} - ... - I_{OUT(m)} = 0}$

Παρατήρηση για το πρόσημο του ρεύματος Ι

- ❖ Τα ρεύματα, που **εισέρχονται** σε έναν κόμβο θεωρούνται **θετικά** και παίρνουν πρόσημο (+)
- ❖ Τα ρεύματα, που **εξέρχονται** από έναν κόμβο θεωρούνται **αρνητικά** και παίρνουν πρόσημο (-)

Ο ορισμός αυτός των προσήμων είναι **αυθαίρετος** και μπορεί να αντιστραφεί.

- **Εργαστηριακή επαλήθευση** του νόμου των ρευμάτων του Kirchhoff.

Η εργαστηριακή επαλήθευση του νόμου των ρευμάτων του Kirchhoff σε ένα κύκλωμα γίνεται με τη βοήθεια ενός αμπερομέτρου. Το **αμπερόμετρο** αυτό πρέπει να είναι κατά προτίμηση **ψηφιακό**. Για την επαλήθευση αυτή ακολουθούμε τα παρακάτω **βήματα**:

Βήμα 1: Μετράμε την **τιμή του ρεύματος** I σε κάθε κλάδο του κυκλώματος συνδέοντας τυχαία σε σειρά ένα **ψηφιακό αμπερόμετρο**. Σημειώνουμε πάντα το μέτρο (απόλυτη τιμή) της ένδειξης του αμπερομέτρου.

Βήμα 2: Σημειώνουμε τη συμβατική **φορά του ρεύματος** I, που είναι από το (+) στο (-), σε όλους τους κλάδους του κυκλώματος.

Παρατήρηση για τη **φορά του ρεύματος I**	Η **συμβατική φορά** του ρεύματος μπορεί να βρεθεί με τη βοήθεια του **ψηφιακού αμπερομέτρου**, που έχουμε συνδέσει τυχαία σε σειρά σε κάθε κλάδο του κυκλώματος για τη μέτρηση της τιμής του ρεύματος I του κλάδου:
Ένδειξη (+) **mA → COM**	❖ Αν η ένδειξη του αμπερομέτρου είναι **θετική** (+), η συμβατική φορά του I είναι **από το mA στο COM**.
Ένδειξη (-) **COM → mA**	❖ Αν η ένδειξη του αμπερομέτρου είναι **αρνητική** (-), η συμβατική φορά του I είναι **από το COM στο mA**.

Βήμα 3: Παρατηρώντας τις φορές των ρευμάτων ως προς ένα κόμβο, **διακρίνουμε** τα **εισερχόμενα** (+) ρεύματα στον κόμβο και τα **εξερχόμενα** (-) ρεύματα από αυτόν και **εξετάζουμε** αν ισχύει η σχέση:

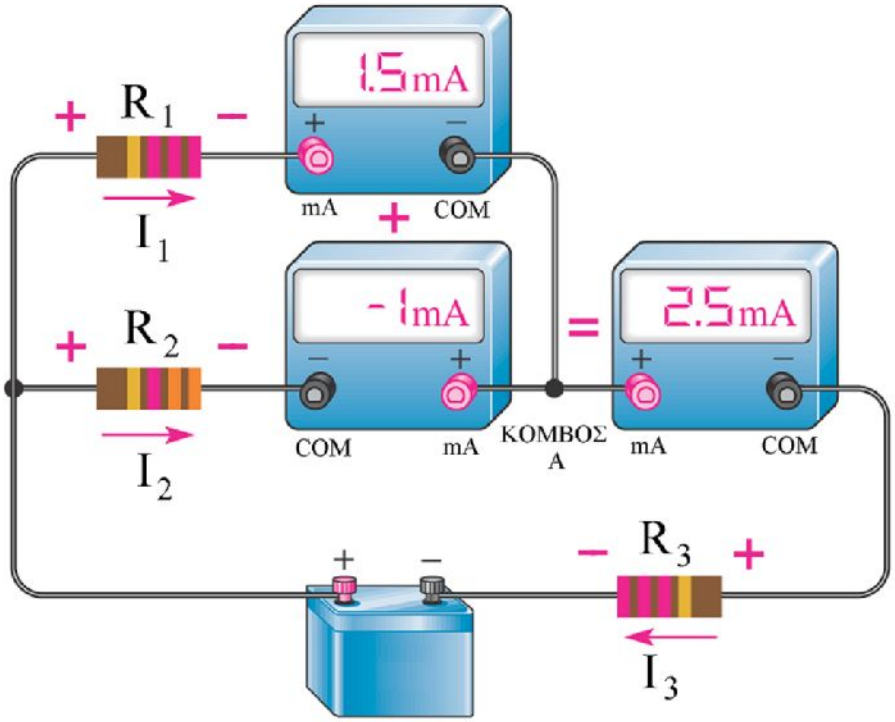
$$\mathbf{I_{IN(1)} + ... + I_{IN(n)} = I_{OUT(1)} + ... + I_{OUT(m)}}$$

ή εναλλακτικά η σχέση:

$$\mathbf{\Sigma\, I = I_{IN(1)} + ... + I_{IN(n)} - I_{OUT(1)} - ... - I_{OUT(m)} = 0}.$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

- Εργαστηριακή επαλήθευση του νόμου των ρευμάτων του Kirchhoff στον κόμβο Α:



Βήμα 1: Σημειώνουμε τα μέτρα των ενδείξεων των αμπερομέτρων, στους κλάδους του κυκλώματος:

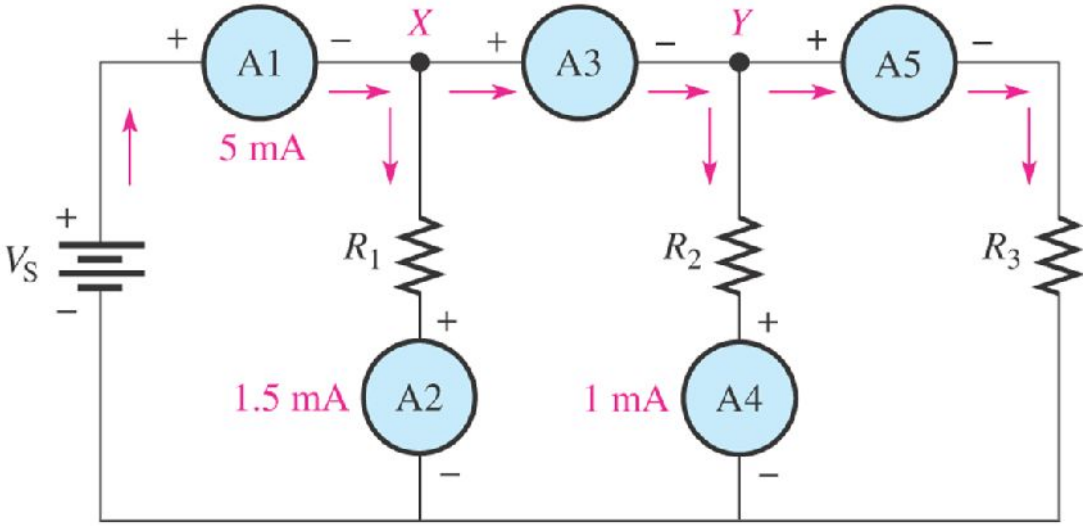
I_1=1.5 mA, I_2=1 mA και I_3=2.5 mA.

Βήμα 2: Σημειώνουμε τη συμβατική φορά του ρεύματος Ι στους κλάδους σύμφωνα με την παρατήρηση για τη **φορά του ρεύματος Ι**

.

Βήμα 3: Εξετάζουμε αν ισχύει η σχέση: $I_1+I_2 = I_3$ ή η σχέση: $I_1+I_2-I_3 = 0$, αφού διακρίνουμε τα εισερχόμενα και εξερχόμενα ρεύματα του κόμβου Α.

- Χρησιμοποιώντας το νόμο των ρευμάτων του Kirchhoff, υπολογίστε το ρεύμα που μετρούν τα αμπερόμετρα A3 και A5 στο κύκλωμα του παρακάτω σχήματος.



Από τον νόμο των ρευμάτων του Kirchhoff στον κόμβο X έχουμε:

$5\ mA = 1.5\ mA + I_{A3}$ και επομένως: $I_{A3} = 5\ mA - 1.5\ mA = 3.5\ mA$

Από τον νόμο των ρευμάτων του Kirchhoff στον κόμβο Y έχουμε:

$3.5\ mA = 1\ mA + I_{A5}$ και επομένως: $I_{A5} = 3.5\ mA - 1\ mA = 2.5\ mA$

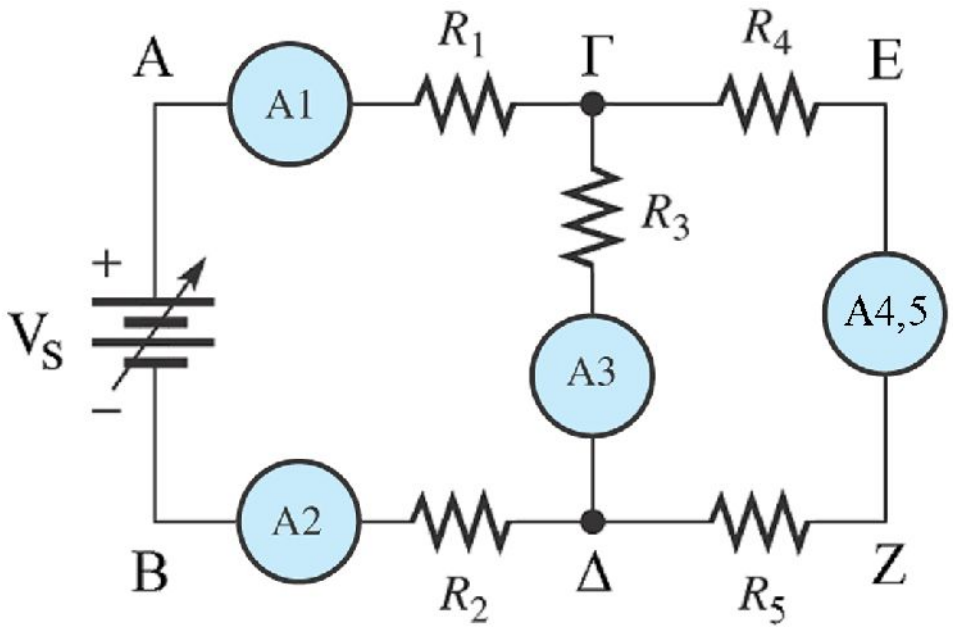
ΜΕΡΟΣ Β: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ 5

α: Διατύπωση του νόμου των ρευμάτων του Kirchhoff και της μεθόδου καθορισμού της φοράς των ρευμάτων στο κύκλωμα

1. Διατυπώστε το νόμο των ρευμάτων του Kirchhoff με δυο τρόπους.
2. Διατυπώστε τη μέθοδο καθορισμού της συμβατικής φοράς του ρεύματος στους κλάδους ενός κυκλώματος με **ψηφιακό** αμπερόμετρο.
3. Διατυπώστε την άποψή σας για το αν ο καθορισμός της συμβατικής φοράς του ρεύματος στους κλάδους ενός κυκλώματος μπορεί να γίνει και με **αναλογικό** αμπερόμετρο και ποιοί είναι οι κίνδυνοι.

β: Επαλήθευση του νόμου των ρευμάτων του Kirchhoff

4. Σχηματίστε το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος χωρίς τα αμπερόμετρα, χρησιμοποιώντας πέντε αντιστάσεις: R_1, R_2, R_3, R_4 και R_5. Φροντίστε, ώστε το κύκλωμα να μπορεί να διακοπεί στις θέσεις, που φαίνονται τα αμπερόμετρα. Ρυθμίστε την τάση V_S της πηγής συνεχούς τάσης, ώστε V_S = 15V, χρησιμοποιώντας το βολτόμετρο της μεταβλητής πηγής.



5. Αναγνωρίστε τους (n=2) κόμβους του κυκλώματος Γ και Δ, μετρήστε με το **ψηφιακό** μιλλιαμπερόμετρο (τυχαία σύνδεση) τα ρεύματα των κόμβων στις θέσεις, που υποδεικνύει το παραπάνω σχήμα, μειώνοντας διαδοχικά την κλίμακα του οργάνου (αν απαιτείται) και καθορίστε τη συμβατική φορά τους.
6. Εμφανίστε τις μετρήσεις των ρευμάτων με μορφή διανυσμάτων στο παραπάνω σχήμα του κυκλώματος καταγράφοντας και τα πρόσημα της φοράς τους (+) και (-).
7. Ελέγξτε, αν επαληθεύεται ο νόμος των ρευμάτων του Kirchhoff για τους κόμβους Γ και Δ και για τις δυο διατυπώσεις του.

$$\mathbf{I_{IN(1)} + ... + I_{IN(n)} = I_{OUT(1)} + ... + I_{OUT(m)}}$$

ή εναλλακτικά η σχέση:

$$\mathbf{\Sigma\, I = I_{IN(1)} + ... + I_{IN(n)} - I_{OUT(1)} - ... - I_{OUT(m)} = 0}.$$