



## ΟΔΗΓΙΕΣ

1. Η αναλυτική λύση των θεμάτων θα γίνει γραπτώς σε τετράδιο ή σε φύλλα A4 που θα σας δοθούν. Στον κατάλληλο χώρο του τετραδίου ή στην πρώτη σελίδα A4 θα αναγράψετε τα ονομαστικά στοιχεία σας
2. Όλα τα ζητούμενα αριθμητικά αποτελέσματα πρέπει ΟΠΩΣΔΗΠΟΤΕ να μεταφερθούν στο **Φύλλο Απαντήσεων** που θα βρείτε αμέσως μετά τις εκφωνήσεις και το τυπολόγιο.
3. Όπου ζητούνται γραφήματα θα σχεδιαστούν στους ειδικούς χώρους του **Φύλλου Απαντήσεων**.
4. Στο τέλος της εξέτασης θα παραδώσετε το τετράδιο (ή τα φύλλα A4) με τις αναλυτικές λύσεις σας ΜΑΖΙ με το φύλλο απαντήσεων.
5. Το Φύλλο Απαντήσεων θα συρραφεί στο τετράδιο (ή στα φύλλα A4).
6. Τα ονομαστικά στοιχεία θα καλυφθούν με μαύρο αυτοκόλλητο.

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 1° ΘΕΜΑ

Μικρή χάλκινη σφαίρα έχει φορτίο  $1,6 \mu\text{C}$  και απωθεί μια φορτισμένη σιδερένια σφαίρα με δύναμη μέτρου  $3,2 \text{ N}$ . Πόσα ηλεκτρόνια  $N$  πρέπει να προσφερθούν στη χάλκινη σφαίρα ώστε η δύναμη να γίνει  $0,8 \text{ N}$ ; Δίνεται ότι το φορτίο του ηλεκτρονίου είναι:  $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

### 2° ΘΕΜΑ

Μια πηγή κυμάτων εκτελεί ταλάντωση και δημιουργεί ένα κύμα που διαδίδεται σε ένα σχοινί. Η πηγή ολοκληρώνει 40 πλήρεις ταλαντώσεις σε χρόνο  $10 \text{ s}$ . Το κύμα που παράγεται έχει μήκος κύματος  $\lambda = 0,5 \text{ m}$ . Ζητούνται:

**B.1.** Η συχνότητα  $f$  και η περίοδος  $T$  της πηγής.

**B.2.** Η ταχύτητα διάδοσης  $v_\delta$  του κύματος στο σχοινί.

**B.3.** Αν διπλασιάσουμε τη συχνότητα της πηγής (χωρίς να αλλάξουμε το μέσο διάδοσης), πόσο θα γίνει το νέο μήκος κύματος  $\lambda'$ ;

**B.4.** Αν μεταφέρουμε την ίδια πηγή σε ένα άλλο, πιο βαρύ σχοινί, όπου το κύμα διαδίδεται με μικρότερη ταχύτητα, τι θα συμβεί στη συχνότητα και τι στο μήκος κύματος; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

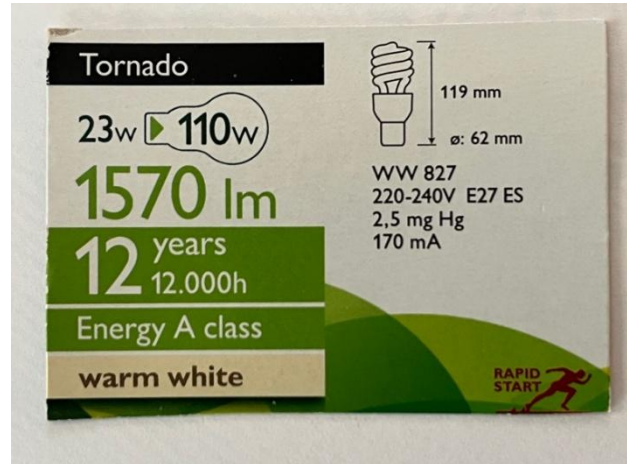
### 3° ΘΕΜΑ

Ένας λαμπτήρας φωτισμού στη συσκευασία του αναγράφει μεταξύ των άλλων, την τάση λειτουργίας του, την ηλεκτρική ισχύ που καταναλώνει και τη φωτεινότητά του. Για τη μέτρηση της φωτεινότητας ενός λαμπτήρα χρησιμοποιείται η μονάδα lumen ( $lm$ ). Φυσικά, όσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς ενός λαμπτήρα (περισσότερα  $Watt$ ) τόσο μεγαλύτερη είναι η φωτεινότητά του, αλλά τότε καταναλώνει περισσότερο ρεύμα. Η σχέση  $\frac{\text{φωτεινότητα (lm)}}{\text{ισχύς (W)}}$  δίνει και την απόδοση του λαμπτήρα.

Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως που χρησιμοποιούσαμε για πολλά χρόνια έχουν πολύ μικρή απόδοση, περίπου  $14 - 16 \text{ lm/W}$ , πράγμα που πρακτικά σημαίνει ότι περίπου το μεγαλύτερο μέρος της καταναλισκόμενης ισχύος γίνεται θερμότητα, ενώ ένα μικρό ποσοστό γίνεται φως. Αυτό έχει οικονομικές και κυρίως περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Για το λόγο αυτό και με την



πρόοδο της τεχνολογίας κατασκευάστηκαν νέα είδη λαμπτήρων με πολύ καλύτερη απόδοση και οι οποίοι αντικαθιστούν τους λαμπτήρες πυρακτώσεως. Τέτοιοι λαμπτήρες είναι οι οικονομικοί λαμπτήρες φθορισμού και οι νεότεροι λαμπτήρες LED. Στην εικόνα φαίνονται τα στοιχεία ενός οικονομικού λαμπτήρα φθορισμού και την αντιστοιχία του με έναν λαμπτήρα πυρακτώσεως.



**Γ.1.** Από τις πληροφορίες της εικόνας και δεδομένου ότι ένας λαμπτήρας LED δίνει 6 φορές καλύτερο φωτισμό από ένα λαμπτήρα πυρακτώσεως και όχι 10 φορές όπως λένε οι διαφημίσεις να συμπληρώσετε τον πίνακα που θα βρείτε στο Φύλλο Απαντήσεων.

**Γ.2.** Σε μία εξώροφη πολυκατοικία οι κοινόχρηστοι χώροι (είσοδος, διάδρομοι, υπόγειο ταράτσα) φωτίζονται από 16 λαμπτήρες πυρακτώσεως, ισχύος  $100\text{ W}$  και απόδοσης  $15\text{ lm/W}$  ο καθένας. Για λόγους οικονομίας, οι ένοικοι αποφασίζουν να τους αντικαταστήσουν με λαμπτήρες LED, χωρίς όμως να χειροτερέψουν τον φωτισμό της πολυκατοικίας.

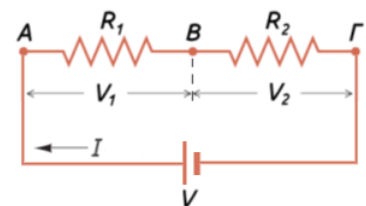
**Γ.2.1.** Ποια πρέπει να είναι η ισχύς  $P$  των λαμπτήρων που θα επιλέξουν, θέλοντας να έχουν τον ίδιο ή καλύτερο φωτισμό και τη μέγιστη εξοικονόμηση χρημάτων; Έχουν να επιλέξουν ανάμεσα σε λαμπτήρες LED που κυκλοφορούν στο εμπόριο με ισχύ  $11\text{ W}$ ,  $15\text{ W}$ ,  $18\text{ W}$ ,  $23\text{ W}$  και απόδοση  $90\text{ lm/W}$ .

**Γ.2.2.** Αν θεωρήσουμε ότι ο μέσος όρος λειτουργίας όλων των λαμπτήρων είναι 10 ώρες ανά 24ωρο και η τιμή της κιλοβατώρας είναι  $0,11\text{€}$ , ποιο είναι το ποσό  $\Pi$  που εξοικονομείται από την αντικατάσταση τη χρήση λαμπτήρων LED αντί λαμπτήρων πυρακτώσεως σε 30 ημέρες;

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 4<sup>ο</sup> ΘΕΜΑ

Για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα της διπλανής εικόνας, που αποτελείται από δύο αντιστάτες σε σειρά και μια ηλεκτρική πηγή (π.χ. το εργαστηριακό τροφοδοτικό χαμηλών τάσεων), θα διερευνήσουμε τη σχέση που συνδέει τις διαφορές δυναμικού  $V_{AB}$ ,  $V_{BG}$  και  $V_{AG}$  ή  $V_1$ ,  $V_2$  και  $V$ .



Μεταβάλλοντας την τάση στο τροφοδοτικό του κυκλώματος, μετρήσαμε τις τάσεις  $V$ ,  $V_1$  και  $V_2$  καθώς και το ρεύμα  $I$  που διαρρέει το κύκλωμα. Τα αποτελέσματα έχουν καταγραφεί στον Πίνακα 1 που θα βρείτε στο Φύλλο Απαντήσεων.

**Δ.1.** Στον ίδιο Πίνακα να σημειώσετε και την τιμή  $V_{12}$  της τάσης που προκύπτει ως το άθροισμα:  $V_{12} = V_1 + V_2$ .

**Δ.2.** Θεωρώντας μικρά τα όποια πειραματικά σφάλματα της μεθόδου, ποιο είναι το συμπέρασμα που προκύπτει από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων στις στήλες  $V$  (Volts) και  $V_{12} = V_1 + V_2$  (Volts).



**Δ.3.** Τι ισχύει τελικά για τις διαφορές δυναμικού  $V_{AB}$ ,  $V_{BG}$  και  $V_{AG}$ ;

**Δ.4.** Θεωρητικά η σχέση των διαφορών δυναμικού αποτελεί συνέπεια της διατήρησης της ενέργειας. Μπορείτε να το αποδείξετε;

**Δ.5.** Τι συμπεραίνετε για το άθροισμα όλων των διαφορών δυναμικού στο κλειστό κύκλωμα του πειράματος;

Θέλουμε με βάση τα πειραματικά δεδομένα του Πίνακα 1 να υπολογίσουμε την ολική αντίσταση του εξωτερικού κυκλώματος.

**Δ.6.** Ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος για τον υπολογισμό αυτό; Γιατί;

**Δ.7.** Να κάνετε τους σχετικούς υπολογισμούς και να γράψετε το αποτέλεσμα.

**Δ.8.** Να δώσετε την εκτίμησή σας για την ακρίβεια της μεθόδου. Εξηγήστε.



## ΦΥΛΛΟ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ

Επώνυμο: ..... Όνομα: ..... Τάξη: ...

Πατρώνυμο: ..... Μητρώνυμο: .....

Σχολείο: ..... Τηλέφωνο Σχολείου: .....

### ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

#### 1° ΘΕΜΑ

$N = \dots\dots\dots$  ηλεκτρόνια

#### 2° ΘΕΜΑ

**B.1.**  $f = \dots\dots\dots$ ,  $T = \dots\dots\dots$ , **B.2.**  $v_\delta = \dots\dots\dots$ , **B.3.**  $\lambda' = \dots\dots\dots$ , **B.4.** (στο τετράδιο)

#### 3° ΘΕΜΑ

##### Γ.1.

Είδος λαμπτήρα	Ισχύς (W)	Φωτισμός (lm)	Απόδοση (lm/W)
Πυρακτώσεως			
Οικονομικός φθορισμού			
LED			

**Γ.2.1.**  $P = \dots\dots\dots$ , **Γ.2.2.**  $\Pi = \dots\dots\dots$

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

#### 4° ΘΕΜΑ

##### Δ.1.

$\alpha/\alpha$	$V_1$ (Volts)	$V_2$ (Volts)	$V$ (Volts)	$V_{12} = V_1 + V_2$ (Volts)	$I$ (A)
1	4,9	9,9	14,8		0,21
2	6,2	13,4	19,7		0,21
3	7,9	17,0	24,8		0,36
4	9,5	20,2	29,7		0,43
5	11,1	23,5	34,5		0,50

**Δ.2.** (στο τετράδιο), **Δ.3.** (στο τετράδιο), **Δ.4.** (στο τετράδιο), **Δ.5.** (στο τετράδιο), **Δ.6.** (στο τετράδιο),

**Δ.7.** (στο τετράδιο), **Δ.8.** (στο τετράδιο)

**Καλή επιτυχία!**



## Συνοπτικές Απαντήσεις

### 1° ΘΕΜΑ

#### Δεδομένα:

- Αρχικό φορτίο χάλκινης σφαίρας:  $q_1 = 1,6 \mu C = 1,6 \cdot 10^{-6} C$
- Αρχική δύναμη:  $F_1 = 3,2 N$
- Τελική δύναμη:  $F_2 = 0,8 N$
- Φορτίο ηλεκτρονίου:  $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} C$

#### Βήμα 1: Σχέση Δύναμης και Φορτίου

Σύμφωνα με τον νόμο του Coulomb, η δύναμη είναι ανάλογη του φορτίου της σφαίρας ( $F \sim q$ ). Εφόσον η απόσταση και το φορτίο της άλλης σφαίρας δεν αλλάζουν, ισχύει:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{q_2}{q_1}$$
$$q_2 = q_1 \frac{F_2}{F_1}$$

$$q_2 = 1,6 \frac{0,8}{3,2} \mu C$$

$$q_2 = 1,6 \frac{8}{32} \mu C$$

$$q_2 = 1,6 \frac{1}{4} \mu C$$

$$q_2 = 0,4 \mu C$$

#### Βήμα 2: Υπολογισμός του φορτίου που προσφέραμε ( $\Delta q$ )

Για να αλλάξει το φορτίο από  $1,6 \mu C$  σε  $0,4 \mu C$ , πρέπει να προσθέσουμε αρνητικό φορτίο:

$$\Delta q = q_2 - q_1$$

$$\Delta q = (0,4 - 1,6) \mu C$$

$$\Delta q = -1,2 \mu C$$

$$\Delta q = -1,2 \cdot 10^{-6} C$$

Το αρνητικό πρόσημο του αποτελέσματος επιβεβαιώνει ότι πρέπει να προστεθεί αρνητικό φορτίο, δηλαδή ηλεκτρόνια.

#### Βήμα 3: Υπολογισμός του αριθμού των ηλεκτρονίων ( $N$ )

Χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$\Delta q = N \cdot q_e$$
$$N = \frac{\Delta q}{q_e}$$



$$N = \frac{-1,2 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}}$$
$$N = 0,75 \cdot 10^{13}$$

### Τελική Απάντηση:

Στην χάλκινη σφαίρα πρέπει να προσφερθούν  $N = 7,5 \cdot 10^{12}$  ηλεκτρόνια.

### 2° ΘΕΜΑ

#### B.1.

$$f = \frac{N}{t} = \frac{40}{10} \text{ Hz} \Rightarrow f = 4 \text{ Hz}$$
$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{4} \text{ s} \Rightarrow T = 0,25 \text{ s}$$

#### B.2.

Από τον θεμελιώδη νόμο της κυματικής:

$$v = \lambda \cdot f = 0,5 \text{ m} \cdot 4 \text{ Hz} \Rightarrow v = 2 \text{ m/s}$$

#### B.3.

Αφού το μέσο δεν αλλάζει, η ταχύτητα διάδοσης  $v$  παραμένει σταθερή ( $2 \text{ m/s}$ ). Η νέα συχνότητα είναι

$$f' = 2 \cdot 4 \text{ Hz} = 8 \text{ Hz}$$
$$v = \lambda' \cdot f' \Rightarrow \lambda' = \frac{v}{f'} \Rightarrow \lambda' = \frac{2}{8} \text{ m} \Rightarrow \lambda' = 0,25 \text{ m}$$

#### B.4.

Η συχνότητα  $f$  θα **παραμείνει ίδια**, επειδή εξαρτάται αποκλειστικά από την πηγή και όχι από το μέσο διάδοσης.

Το μήκος κύματος  $\lambda$  θα **μειωθεί**. Σύμφωνα με τον τύπο  $v = \lambda \cdot f$ , όταν η συχνότητα είναι σταθερή, η ταχύτητα και το μήκος κύματος είναι μεγέθη ανάλογα. Εφόσον η ταχύτητα μειώνεται στο νέο σχοινί, θα μειωθεί και το μήκος κύματος.

### 3° ΘΕΜΑ

Γ.1. Ο λαμπτήρας πυρακτώσεως που αντιστοιχεί στον λαμπτήρα της εικόνας έχει απόδοση

$$\frac{1570 \text{ lm}}{110 \text{ W}} = 14,27 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$$

Ο οικονομικός λαμπτήρας φθορισμού έχει απόδοση

$$\frac{1570 \text{ lm}}{23 \text{ W}} = 68,26 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$$

Ο λαμπτήρας LED θα έχει απόδοση



$$6 \cdot 14,27 \frac{lm}{W} = 85,62 \frac{lm}{W}$$

Άρα η ισχύς του θα είναι

$$P = \frac{1570 \frac{lm}{W}}{85,62 \frac{lm}{W}} \cong 18 W$$

Είδος λαμπτήρα	Ισχύς (W)	Φωτισμός (lm)	Απόδοση (lm/W)
Πυρακτώσεως	110	1570	14,27
Οικονομικός φθορισμού	23	1570	68,26
LED	18	1570	85,62

**Γ.2.1.** Ο φωτισμός που δίνει κάθε λαμπτήρα πυρακτώσεως είναι 1500 lm. Κάθε λαμπτήρας LED, για δίνει τον ίδιο φωτισμό θα πρέπει να έχει ισχύ

$$P = \frac{1500 \frac{lm}{W}}{90 \frac{lm}{W}} = 16,67 W$$

Οι ένοικοι θα αγοράσουν λαμπτήρες ισχύος 18 W.

Αν επιλέξουν λαμπτήρες χαμηλότερης ισχύος, τότε θα έχουν λιγότερο φωτισμό γιατί αυτός θα είναι π.χ.

$$90 \frac{lm}{W} \times 15W = 1350 \text{ lm}$$

Αν επιλέξουν λαμπτήρες μεγαλύτερης ισχύος θα έχουν καλύτερο φωτισμό, π.χ.

$$90 \frac{lm}{W} \times 23W = 2070 \text{ lm}$$

Αλλά τότε αυξάνεται και η κατανάλωση ενέργειας, άρα και το κόστος.

**Γ.2.2.** Οι 16 λαμπτήρες πυρακτώσεως, σε 30 ημέρες καταναλώνουν ενέργεια

$$E = P_{ολ} \cdot t = 16 \cdot 100 W \cdot 10 h \cdot 30 = 480.000 Wh = 480 kWh$$

με κόστος

$$480 kWh \cdot 0,11 \frac{\text{€}}{kWh} = 52,80 \text{ €}$$

Οι 16 λαμπτήρες LED, σε 30 ημέρες καταναλώνουν ενέργεια:

$$E = P_{ολ} \cdot t = 16 \cdot 18 W \cdot 10 h \cdot 30 = 86.400 Wh = 86,4 kWh$$

με κόστος

$$86,4 kWh \cdot 0,11 \frac{\text{€}}{kWh} = 9,50 \text{ €}$$

Δηλαδή έχουμε εξοικονόμηση ίση προς

$$52,80 \text{ €} - 9,50 \text{ €} = 43,30 \text{ €}$$



## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 4° ΘΕΜΑ

#### Δ.1.

α/α	$V_1$ (Volts)	$V_2$ (Volts)	$V$ (Volts)	$V_{12} = V_1 + V_2$ (Volts)	$I$ (A)
1	4,9	9,9	14,8	14,8	0,21
2	6,2	13,4	19,7	19,6	0,29
3	7,9	17,0	24,8	24,9	0,36
4	9,5	20,2	29,7	29,7	0,43
5	11,1	23,5	34,5	34,6	0,50

Δ.2. Θεωρώντας πολύ μικρές τις αποκλίσεις λόγω πειραματικών σφαλμάτων προκύπτει ότι:

$$V_{12} = V$$

Δ.3. Αφού

$$V_{12} = V \Rightarrow V_1 + V_2 = V \Rightarrow V_{AB} + V_{BG} = V_{AG}$$

Δ.4.

$$W = W_1 + W_2 \Rightarrow q \cdot V_{AB} + q \cdot V_{BG} = qVA_G \Rightarrow V_{AB} + V_{BG} = V_{AG}$$

Δ.5.

$$V_{AB} + V_{BG} = V_{AG} \Rightarrow V_{AB} + V_{BG} - V_{AG} = 0 \Rightarrow V_{AB} + V_{BG} + V_{GA} = 0 \Rightarrow \sum \Delta V = 0$$

Δ.6. Υπολογισμός των πέντε τιμών  $\frac{V}{I}$  και μετά υπολογισμός της μέσης τιμής. Είναι ο καλύτερος γιατί λαμβάνουμε υπόψη όλα τα πειραματικά δεδομένα και οδηγεί σε μείωση της επίδρασης των τυχαίων σφαλμάτων.

Δ.7. Από το Νόμο του Ohm  $R = V/I$  έχουμε:

$V$ (Volts)	$I$ (A)	$R$ ( $\Omega$ )
14,8	0,21	70,5
19,7	0,29	67,9
24,8	0,36	68,9
29,7	0,43	69,1
34,5	0,50	69,0

Μέση τιμή  $R_\mu = 69 \Omega$  (Σωστή αναγραφή με δύο σημαντικά ψηφία)

Δ.8. Μια (υπερ)εκτίμηση του σφάλματος στον υπολογισμό της  $R$  είναι η εξής:

$$\sigma\% = \frac{R_{max} - R_{min}}{R_\mu} 100 = \frac{70,5 - 67,9}{69} 100 \approx 1,9\%$$

Η μέθοδος κρίνεται ικανοποιητική.



## Οδηγίες βαθμολόγησης

### 1<sup>ο</sup> ΘΕΜΑ

25 μόρια.

### 2<sup>ο</sup> ΘΕΜΑ

**B.1.** 6 μόρια,

**B.2.** 6 μόρια,

**B.3.** 6 μόρια,

**B.4.** 7 μόρια.

### 3<sup>ο</sup> ΘΕΜΑ

**Γ.1.** 10 μόρια,

**Γ.2.1.** 7 μόρια,

**Γ.2.2.** 8 μόρια.

### 4<sup>ο</sup> ΘΕΜΑ: 25 μόρια

**Δ.1.** 5 μόρια,

**Δ.2.** 2 μόρια,

**Δ.3.** 2 μόρια,

**Δ.4.** 2 μόρια,

**Δ.5.** 3 μόρια,

**Δ.6.** 4 μόρια,

**Δ.7.** 4 μόρια,

**Δ.8.** 3 μόρια.