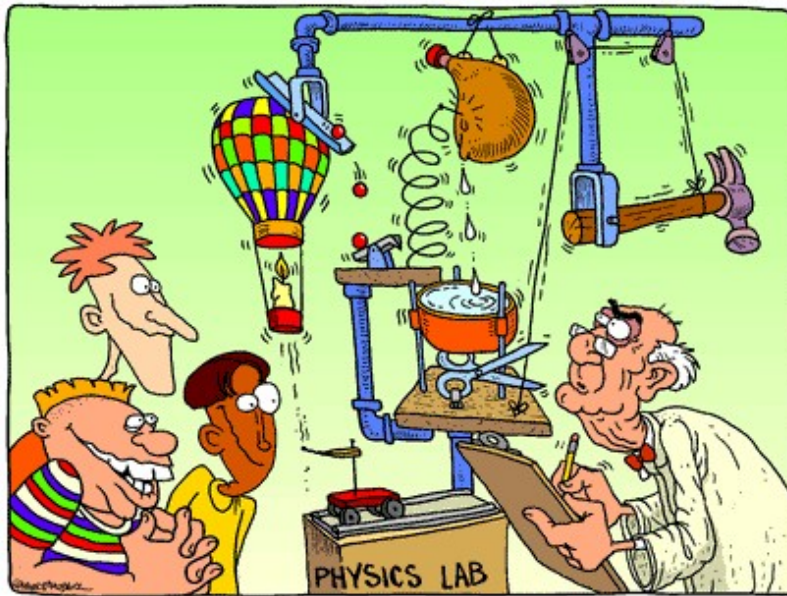




15^η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ – EUSO 2017

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΜΑΘΗΤΙΚΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ

Σάββατο 28 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2017



(Διάρκεια εξέτασης 60 min)

Μαθητές:	Σχολική Μονάδα
1.	
2.	
3.	

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αντικείμενο μελέτης: Το φωτοβολταϊκό (Φ/Β) πάνελ (solar panel)

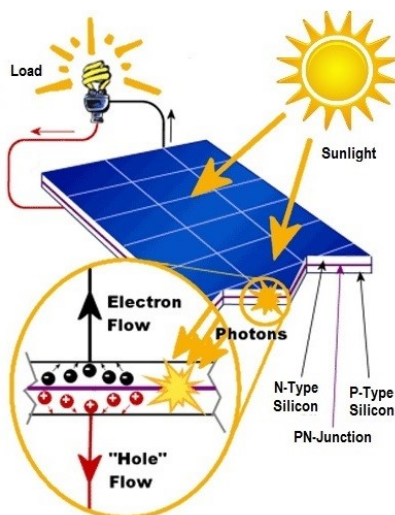
Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία (ηλιακά κύτταρα) μετατρέπουν το φως, (που είναι ενέργεια με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας) σε ηλεκτρική ενέργεια. Κατασκευάζονται με μικρό κόστος, από ημιαγώγιμα υλικά που μπορεί να είναι μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά ή άμορφα.

Λειτουργικά συμπεριφέρονται ως ηλεκτρικές πηγές και χρησιμοποιούνται ευρέως σε μικρή, αλλά και σε μεγάλη κλίμακα αντικαθιστώντας τον παραδοσιακό τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με μεγάλο περιβαλλοντικό όφελος. Στις εφαρμογές που απαιτείται ρεύμα μεγάλης έντασης, πολλά Φ/Β στοιχεία ενώνονται με κατάλληλο τρόπο σχηματίζοντας Φ/Β συστοιχίες (solar panels).

Σκοπός και Κεντρική Ιδέα

Η διερεύνηση των χαρακτηριστικών λειτουργίας ενός Φ/Β πάνελ και οι εφαρμογές του

Στοιχεία από τη θεωρία:



Όταν ένα Φ/Β στοιχείο φωτίζεται, οι φορείς των ηλεκτρικών φορτίων του ημιαγώγου απορροφούν ενέργεια και αναγκάζονται να μετακινηθούν στη ζώνη αγωγιμότητας δημιουργώντας έτσι τις προϋποθέσεις για συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα μικρής έντασης. Για το λόγο αυτό το στοιχείο παίζει το ρόλο ηλεκτρικής πηγής με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που εξαρτώνται από παράγοντες όπως π.χ. το υλικό κατασκευής, τη θερμοκρασία του, τη φύση και την ποσότητα του προσπίπτοντος φωτός κ.α. Στο ηλεκτρικό κύκλωμα ένα Φ/Β πάνελ συμπεριφέρεται όπως μια πηγή συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος με βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά:

Το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} : Είναι το ρεύμα που διαρρέει το Φ/Β όταν ο θετικός με τον αρνητικό πόλο συνδέονται μεταξύ τους με αγωγό αμελητέας αντίστασης.

Η τάση ανοιχτού κυκλώματος V_{oc} : Είναι η τάση που υπάρχει στους πόλους του Φ/Β, όταν αυτό δεν διαρρέεται από ρεύμα (δηλαδή όταν το κύκλωμα είναι ανοικτό και το ρεύμα ανοικτού κυκλώματος $I_{oc} = 0$)

Η μέγιστη ισχύς P_{mp} : Είναι η μέγιστη τιμή της ηλεκτρικής ισχύος με την οποία μπορεί να τροφοδοτήσει το Φ/Β έναν καταναλωτή. Όταν συμβαίνει αυτό η τιμή της τάσης είναι V_{mp} και της έντασης I_{mp} .

Η απόδοση του Φ/Β: Είναι ο λόγος $P_{\Phi B} / P_{\alpha\pi}$, της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος $P_{\Phi B}$ προς την ισχύ $P_{\alpha\pi}$ που απορροφάται από το Φ/Β, όταν αυτό φωτίζεται.

Συμπληρωματικές γνώσεις:

Η ισχύς P μιας ηλεκτρικής πηγής, υπολογίζεται από το γινόμενο VI σε μονάδες W στο SI. ($1\text{watt}=1\text{volt}\times 1\text{ampere}$, $1W=1V\cdot 1A$)

Η επιφάνεια του κύκλου έχει εμβαδόν πr^2 (όπου r η ακτίνα του κύκλου)

Η επιφάνεια ενός ορθογώνιου παραλληλόγραμμου έχει εμβαδόν μήκος \times πλάτος

Σε ένα ορθογώνιο τρίγωνο $\epsilon\phi\theta = (\text{μήκος απέναντι καθέτου})/(\text{μήκος προσκείμενης καθέτου})$

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία οι λαμπτήρες με νήμα βολφραμίου έχουν απόδοση σε φώς περίπου 15%

Μία βατώρα (Wh) είναι η ποσότητα ενέργειας που αποδίδει ή καταναλώνει μία συσκευή ισχύος ενός βατ σε μία ώρα: $1 Wh = 1W\cdot 1h$

Η Μεταβλητή Αντίσταση (ροοστάτης)

Σε ορισμένα ηλεκτρικά κυκλώματα είναι λειτουργικά αναγκαίο να ρυθμίζουμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα, χωρίς να αντικαθιστούμε τα δίπολα στοιχεία από τα οποία αποτελείται. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε τη μεταβλητή αντίσταση (δείτε στο σχήμα).

Η μεταβλητή αντίσταση συνδέεται στο κύκλωμα σε σειρά και μας παρέχει τη δυνατότητα να επιλέγουμε διάφορες τιμές αντίστασης, εντός μιας περιοχής τιμών, περιστρέφοντας το δρομέα (δείτε στο σχήμα).



Μεταβλητή αντίσταση



Σχηματική απεικόνιση

Η μεταβλητή αντίσταση θα συνδεθεί στο κύκλωμα με τους ακροδέκτες 1 και 2. Ο ακροδέκτης 3 θα είναι κλειστός.

Το τροφοδοτικό του λαμπτήρα



Όργανα και υλικά

Υλικά απαραίτητα για τη συναρμολόγηση ορθοστάτη και ένας σταυρός

Λαβίδα για τη συγκράτηση του λαμπτήρα

Τροφοδοτικό 12V/3A (DC ή AC) για την τροφοδοσία του λαμπτήρα

Λαμπτήρας βολφραμίου 12V/35W με ντουί και άνοιγμα δέσμης 36°

Φ/Β πάνελ σε βάση και με αγωγούς σύνδεσης στο κύκλωμα

Πολύμετρο σε λειτουργία αμπερομέτρου με τον επιλογέα στη θέση 200 mA (μόνιμα)

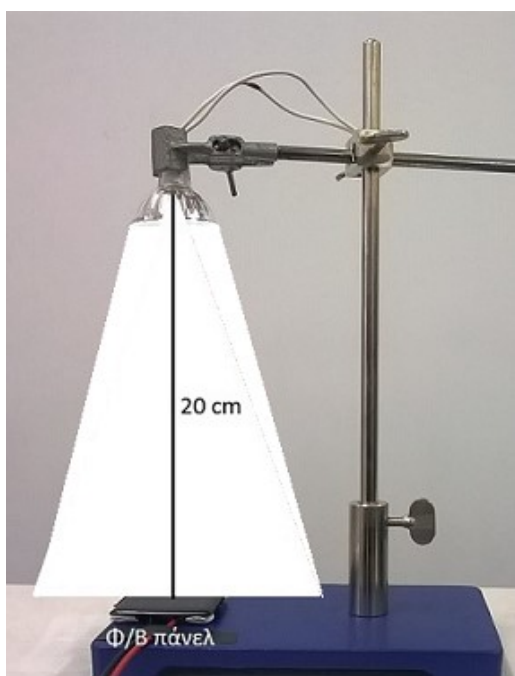
Πολύμετρο σε λειτουργία βολτομέτρου με τον επιλογέα στη θέση 20 V (μόνιμα)

Μεταβλητή αντίσταση 220Ω

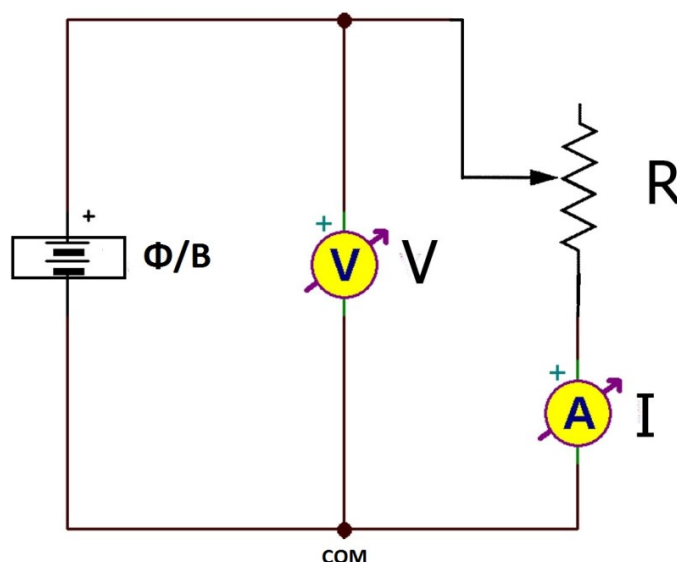
Αγωγοί σύνδεσης με μπανάνες στα άκρα

Υποδεκάμετρο

Πειραματική διαδικασία



Σχήμα 1: Συναρμολόγηση διάταξης



Σχήμα 2: Το ηλεκτρικό κύκλωμα

(Η λευκή περιοχή στο σχήμα 1 απεικονίζει τη φωτεινή δέσμη)

A Μέρος: Προετοιμασία του πειράματος

1. Συναρμολόγηση του ορθοστάτη με το λαμπτήρα και το Φ/Β (βαθμολογήσιμο)

Χρησιμοποιήστε τα κατάλληλα υλικά σύμφωνα με το Σχήμα 1, ώστε να προετοιμάσετε την πειραματική διάταξη.

Τοποθετήστε το Φ/Β πάνελ χαμηλά στον ορθοστάτη και, το λαμπτήρα σε τέτοια θέση ώστε το νήμα πυράκτωσης του λαμπτήρα εντός του κατόπτρου να απέχει 20 cm από το Φ/Β πάνελ όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. (το νήμα πυράκτωσης βρίσκεται σε βάθος 2 cm από το προστατευτικό τζάμι)

2. Σύνθεση του ηλεκτρικού κυκλώματος (βαθμολογήσιμο)

Χρησιμοποιήστε τα κατάλληλα όργανα σύμφωνα με το Σχήμα 2, ώστε να προετοιμάσετε το ηλεκτρικό κύκλωμα. (Οι ρυθμίσεις των επιλογών για το βολτόμετρο και το αμπερόμετρο προαναφέρονται στα όργανα και υλικά, σελ 3)



Μόλις συναρμολογήσετε τη διάταξη (και χωρίς να θέσετε σε λειτουργία το τροφοδοτικό) καλέστε τον υπεύθυνο καθηγητή για έλεγχο

Ονοματεπώνυμο επιτηρητή

Υπογραφή

Μετά από τον έλεγχο της πειραματικής διάταξης, τροφοδοτήστε το λαμπτήρα με τάση περίπου 13 V και ενεργοποιήστε το βολτόμετρο και το αμπερόμετρο.

3. Βελτιστοποίηση της διάταξης (βαθμολογήσιμο)

Πριν αρχίσετε τις μετρήσεις, πρέπει με κατάλληλους χειρισμούς να ρυθμίσετε τη σχετική θέση του λαμπτήρα, έτσι ώστε το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} να γίνει μέγιστο. Μπορείτε να μετακινήσετε-περιστρέψετε το ΣΤΕΛΕΧΟΣ της λαβίδας που συγκρατεί το λαμπτήρα περί τον άξονά του και περί τον κατακόρυφο άξονα του ορθοστάτη για να μεγιστοποιήσετε το ρεύμα. ΠΡΟΣΟΧΗ: Μη προσπαθήσετε να περιστρέψετε το Φ/Β πάνελ πιάνοντας το ίδιο ! Σκοπός είναι η επιφάνεια του Φ/Β πάνελ να είναι παράλληλη στο προστατευτικό τζάμι του λαμπτήρα και περίπου στην κεντρική περιοχή του φωτεινού δίσκου που δημιουργείται στον πάγκο εργασίας από τον λαμπτήρα.

Υπόδειξη:

Για το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} , θα βραχυκυκλώσετε τους ακροδέκτες του Φ/Β

Για την τάση ανοιχτού κυκλώματος V_{oc} , θα διακόψετε το κύκλωμα ($I_{oc}=0$).

Τώρα μπορείτε να ξεκινήσετε τις μετρήσεις

Β Μέρος: Λήψη μετρήσεων

Θα περιστρέψετε το δρομέα της μεταβλητής αντίστασης ξεκινώντας από τη θέση μηδενικής (θέση 1) αντίστασης (ο δρομέας στο πλησιέστερο συνδεδεμένο άκρο), έτσι ώστε να συμπληρώσετε τις δυο πρώτες στήλες (V και I) του ΠΙΝΑΚΑ I, σύμφωνα με τις οδηγίες που υπάρχουν.

Στις στήλες αυτές θα καταγραφεί η ένδειξη του κάθε οργάνου όπως αυτή εμφανίζεται στην οθόνη του.

Η τρίτη στήλη θα συμπληρωθεί σ τη συνέχεια, αφού λάβετε υπόψη σας ότι οι τιμές στην τελευταία στήλη του ΠΙΝΑΚΑ I θα στρογγυλοποιηθούν στη μονάδα.

4. Συμπλήρωση των κενών κελιών του ΠΙΝΑΚΑ I

α/α		V	I	P
		Volt	mA	mW
1		$V_{sc} \approx 0,00$		
2		0,50		
3	ανά 0,5 volt			
4				
5				
6				
7				
8				
9	ανά 0,2 volt			
10				
11				
12				
13				
14				
15				$I_{oc} = 0,0$

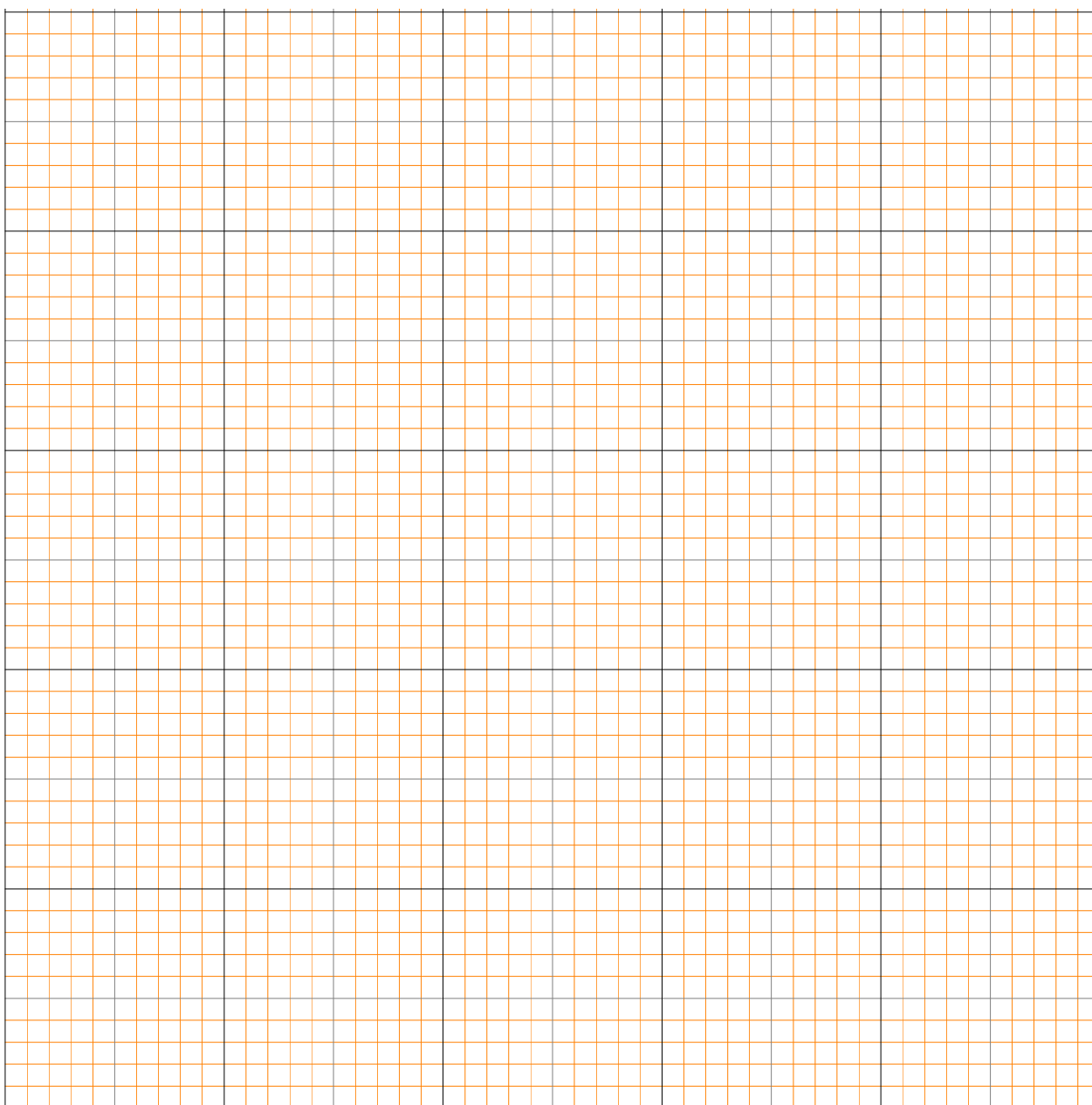
Γ Μέρος: Επεξεργασία των μετρήσεων

5. Κατασκευή των γραφημάτων $I - V$ και $P - V$

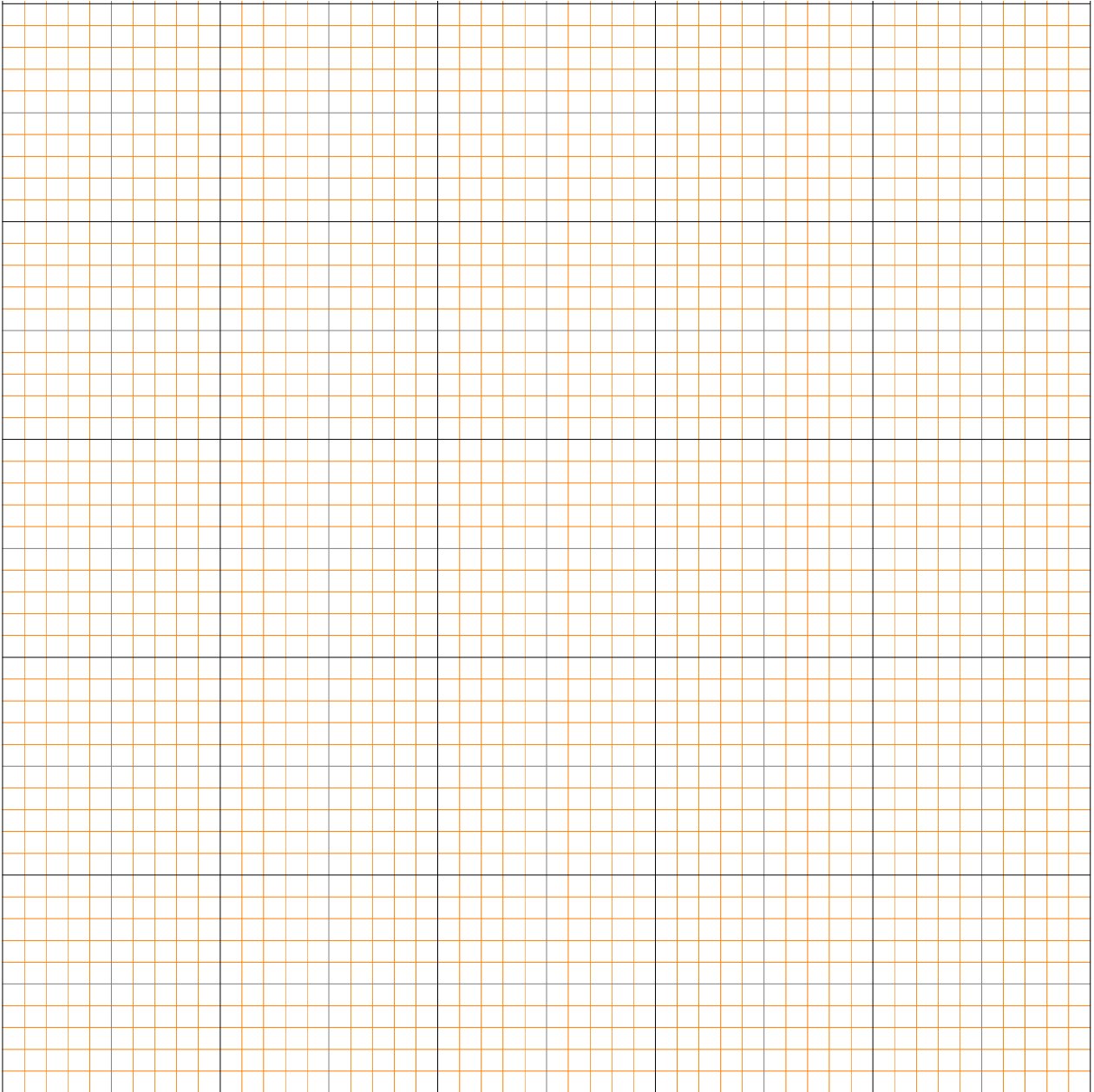
Στο χιλιοστομετρικό χαρτί που σας δίνεται, πρέπει να μεταφέρετε τα δεδομένα των τριών τελευταίων στηλών του προηγούμενου πίνακα, ώστε να προκύψει ένα διάγραμμα των τιμών της έντασης I σε συνάρτηση με την τάση V και ένα διάγραμμα των τιμών της ισχύος P σε συνάρτηση με την τάση V . Πρέπει να επιλέξετε κατάλληλη κλίμακα στους άξονες, έτσι ώστε τα πειραματικά σημεία που θα προκύψουν από τα αντίστοιχα ζεύγη τιμών, να «απλωθούν» όσο το δυνατό περισσότερο πάνω στο χιλιοστομετρικό χαρτί.

Στη συνέχεια, ανάμεσά τους σχεδιάστε τη βέλτιστη γραμμή.

ΓΡΑΦΗΜΑ $I - V$



ΓΡΑΦΗΜΑ P – V



6. Μελετήστε τα προηγούμενα γραφήματα και υπολογίστε

a. την τιμή της μέγιστης ισχύος του Φ/Β στις δεδομένες συνθήκες φωτισμού

$$P_{mp} = \text{_____} \text{ mW}$$

b. τις τιμές της έντασης και της τάσης του Φ/Β για να αποδίδει μέγιστη ισχύ

$$V_{mp} = \text{_____} \text{ V}$$

$$I_{mp} = \text{_____} \text{ mA}$$

Δ ΜΕΡΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

7. Πρόκειται να κυκλοφορήσαν οι πρώτες πρίζες τζαμιού! Προσκολλώνται με βεντούζα σε οποιοδήποτε τζάμι και φέρουν Φ/Β πάνελ.

- Σε πόσες ώρες θα φορτιστεί το κινητό σας (μπαταρία: 3,6 V και 2,96 Wh) αν προσπαθήσετε να το φορτίσετε με το Φ/Β της προαναφερόμενης πρίζας από τον ήλιο;



(στοιχεία λειτουργίας του Φ/Β της πρίζας: 4 V και 80 mA)

- Για ποιους λόγους ο απαιτούμενος χρόνος είναι μεγαλύτερος στην πράξη;
- Δώστε μια πρακτική λύση αυτού του προβλήματος, ανεξάρτητη από το χρόνο φόρτισης.

8. Στο γράφημα $I - V$ διακρίνουμε μια περιοχή με μικρή (κατ απόλυτη τιμή) κλίση (περιοχή A) και μια περιοχή με μεγάλη(κατ απόλυτη τιμή) κλίση (περιοχή B). Εμείς θέλουμε να τροφοδοτήσουμε μια συσκευή με σταθερό ρεύμα ανεξάρτητα από την τάση που θα υπάρχει στα άκρα της ($V_{\Phi/B} < 3,7 \text{ V}$).

Σε ποια περιοχή πρέπει να λειτουργεί το Φ/Β; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

9. Δεδομένου ότι οι λάμπες αλογόνου αποδίδουν σε φώς περίπου το 15% της ηλεκτρικής ενέργειας που απορροφούν από το ηλεκτρικό δίκτυο, να υπολογίσετε την % απόδοση του Φ/Β πάνελ της άσκησης (λόγος $P_{\Phi/B}/P_{\text{απ}}$), στην κατάσταση μέγιστης ισχύος. (στρογγυλοποίηση στη μονάδα)

Δίδεται από τον κατασκευαστή η γωνία κορυφής (άνοιγμα της δέσμης) $2\theta=36^\circ$ και $\epsilon\phi 18^\circ = 0,325$

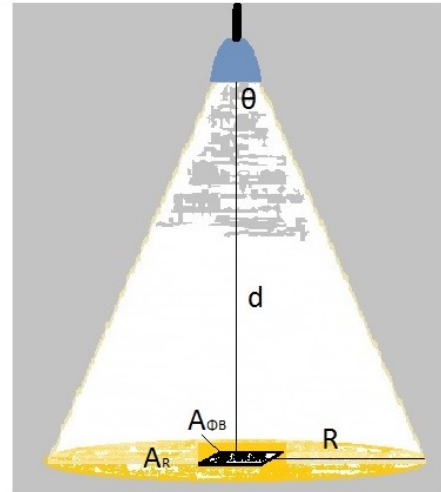
Οι επιφάνειες $A_{\Phi/B}$ του Φ/Β πάνελ και A_R (κυκλικός δίσκος στο ίδιο επίπεδο με το Φ/Β πάνελ) δέχονται φωτεινή ισχύ ανάλογη με το εμβαδόν τους.

Η προσπίπτουσα ισχύς στο Φ/Β πάνελ θα θεωρηθεί ότι απορροφάται ολικά (100%)

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Η λευκή περιοχή του σχήματος 3, απεικονίζει τη φωτεινή δέσμη.

Ο κυκλικός δίσκος εμβαδού A_R , φωτίζεται ομοιόμορφα

Υπολογισμοί:



Σχήμα 3. Φωτεινή δέσμη από τον λαμπτήρα προς το Φ/Β πάνελ

Βιβλιογραφία – Δικτυογραφία

- [1] R. A. Serway, "Physics for Scientists and Engineers, Volume 2", Saunders College Publishing, 1990.
- [2] <https://eclass.upatras.gr/modules/document/?course=CMNG2157>
- [3] <http://inhabitat.com/window-socket-portable-solar-powered-outlet-sticks-to-windows-charges-small-electronics/>
- [4] <http://www.pveducation.org/pvcdrom/short-circuit-current>

ΠΡΟΧΕΙΡΟ