



ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΆΣΚΗΣΗΣ 1

Γιάννης Κανάκης

Φυσικός, MSc, ΕΔΙΠ

Μάρτιος 2020

Σημαντική Παρατήρηση

Οι απαντήσεις των ερωτήσεων στην παρούσα Παρουσίαση συμπυκνώνουν τα κύρια σημεία κάθε απάντησης και δεν είναι εξαντλητικές και πλήρεις. Μπορεί όμως να θεωρηθεί ότι καλύπτουν τις απαιτήσεις της τελικής εξέτασης του μαθήματος συνδυαζόμενες με όσα γράφονται στις Εργαστηριακές Σημειώσεις και όσα έχουν ειπωθεί στην διάρκεια των εργαστηριακών πειραμάτων.

3.1. Διατυπώστε τις πιθανές πηγές απώλειας ενέργειας των Φ/Β πλαισίων. Κατατάξτε τις σε δύο(2) κατηγορίες: α) απώλειες κατά την «πρόσληψη» της ηλιακής ακτινοβολίας από το Φ/β στοιχείο (πλαίσιο) και β) απώλειες κατά την λειτουργία του Φ/β πλαισίου. Ποιες θεωρείτε σημαντικές στη περίπτωση του συγκεκριμένου πειράματος;

α) απώλειες κατά την «πρόσληψη» της ηλιακής ακτινοβολίας από το Φ/β πλαίσιο

- Ένα μέρος της ακτινοβολίας **ανακλάται** (δείκτης ανάκλασης πλαισίου, κλίση του πλαισίου, καθαρότητα επιφάνειας κλπ)
- Από το μέρος της ακτινοβολίας που εισέρχεται στο Φ/Β πλαίσιο μόνο ένα τμήμα συμβάλλει στο Φ/β φαινόμενο καθώς ένα μέρος των φωτονίων **έχει μικρότερη ενέργεια από το ενεργειακό χάσμα του υλικού** και **δεν συνεισφέρει στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο αλλά απλώς θερμαίνει το Φ/Β** (γενικά περίπου το 44% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας συμβάλλει στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο δηλαδή δημιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα).

3.1. Διατυπώστε τις πιθανές πηγές απώλειας ενέργειας των Φ/Β πλαισίων. Κατατάξτε τις σε δύο(2) κατηγορίες: α) απώλειες κατά την «πρόσληψη» της ηλιακής ακτινοβολίας από το Φ/Β στοιχείο (πλαίσιο) και β) απώλειες κατά την λειτουργία του Φ/Β πλαισίου. Ποιες θεωρείτε σημαντικές στη περίπτωση του συγκεκριμένου πειράματος;

α) απώλειες κατά την «πρόσληψη» της ηλιακής ακτινοβολίας από το Φ/Β πλαίσιο

- Απώλειες λόγω «γήρανσης» του υλικού του πλαισίου
- Απώλειες λόγω υπερθέρμανσης του πλαισίου (πάνω από τους 25 °C)

3.1. Διατυπώστε τις πιθανές πηγές απώλειας ενέργειας των Φ/Β πλαισίων. Κατατάξτε τις σε δύο(2) κατηγορίες: α) απώλειες κατά την «πρόσληψη» της ηλιακής ακτινοβολίας από το Φ/Β στοιχείο (πλαίσιο) και β) **απώλειες κατά την λειτουργία του Φ/Β πλαισίου**. Ποιες θεωρείτε σημαντικές στη περίπτωση του συγκεκριμένου πειράματος;

β) απώλειες κατά την λειτουργία του Φ/Β πλαισίου

- απώλειες λόγω **θερμότητας (θερμότητα Joule)** που αναπτύσσεται στα ηλεκτρικά στοιχεία του κυκλώματος του Φ/Β (αντιστάτες-καλώδια, άλλα στοιχεία του κυκλώματος κλπ). Σε περίπτωση που υπάρχει αντιστροφέας (inverter) τότε έχουμε απώλειες ενέργειας (θερμικής) πάνω στα ηλεκτρικά-ηλεκτρονικά στοιχεία του αντιστροφέα.

3.1. Διατυπώστε τις πιθανές πηγές απώλειας ενέργειας των Φ/Β πλαισίων.

Κατατάξτε τις σε δύο(2) κατηγορίες: α) απώλειες κατά την «πρόσληψη» της ηλιακής ακτινοβολίας από το Φ/Β στοιχείο (πλαίσιο) και β) απώλειες κατά την λειτουργία του Φ/Β πλαισίου. **Ποιες θεωρείτε σημαντικές στη περίπτωση του συγκεκριμένου πειράματος;**

Στο συγκεκριμένο πείραμα οι απώλειες ενέργειας που έπαιξαν σημαντικό ρόλο είναι και από τις δύο κατηγορίες.

Πιο συγκεκριμένα είχαμε πιθανές απώλειες :

- Λόγω ανάκλασης στην επιφάνεια του Φ/Β
- Λόγω πιθανής καθαρότητας του Φ/Β
- Λόγω γήρανσης του Φ/Β
- Λόγω μη συμμετοχής όλων των φωτονίων στο Φωτοβολταϊκό φαινόμενο
- Λόγω φαινομένου Joule στα καλώδια και στις υπόλοιπες αντιστάσεις

3.3. Ποιες θα ήταν οι ιδανικές τιμές της απορροφητικότητας, ανακλαστικότητας, και διαπερατότητας του ιδανικού Φ/Β στοιχείου; Εξηγείστε.

- Απορροφητικότητα $\alpha = E_{\text{απορ}} / E_{\text{προσπ}}$
- Ανακλαστικότητα $\rho = E_{\text{ανακλ}} / E_{\text{προσπ}}$
- Διαπερατότητα $\tau = E_{\text{διαπ}} / E_{\text{προσπ}}$

Προφανώς, με βάση της αρχή διατήρησης της ενέργειας, ισχύει $\alpha + \rho + \tau = 1$

Απορροφητικότητα $\alpha = 1$

Ανακλαστικότητα $\rho = 0$

Διαπερατότητα $\tau = 0$

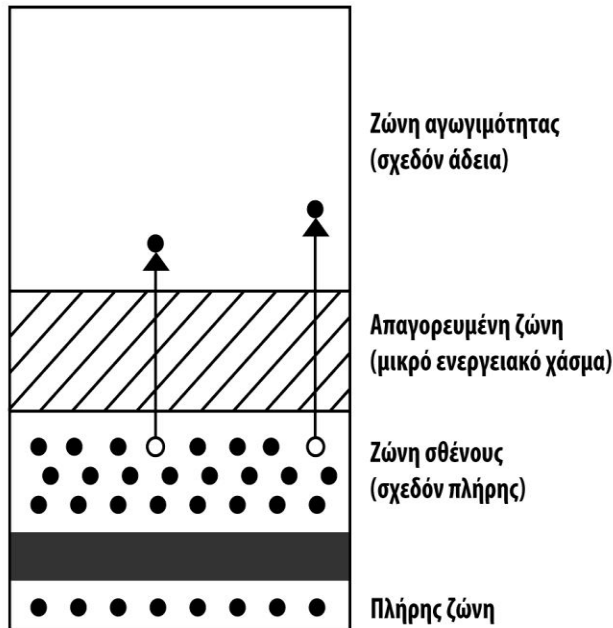
3.10 Γιατί δεν μπορούν όλα τα φωτόνια της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφούνται από το Φ/Β πλαίσιο να συνεισφέρουν στην δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος; Τι γίνεται η ενέργεια των φωτονίων της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφούνται από το Φ.Β πλαίσιο αλλά δεν συνεισφέρουν στην δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος;

Επειδή η ενέργεια των φωτονίων εξαρτάται από την συχνότητά τους f (ή το μήκος κύματος λ) καθώς

$$E=hf=hc/\lambda$$

Μόνο τα φωτόνια που έχουν ενέργεια **ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό χάσμα E_g ($hf \geq E_g$)** συνεισφέρουν στο Φωτοβολταϊκό φαινόμενο δηλαδή στην δημιουργία ηλεκτρικής τάσης στα άκρα του πλαισίου και ηλεκτρικού ρεύματος όταν έχουμε ηλεκτρικό κλειστό κύκλωμα (δηλαδή συνδέσουμε έναν καταναλωτή στα άκρα του Φ/Β πλαισίου)

3.10 Γιατί δεν μπορούν όλα τα φωτόνια της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφούνται από το Φ/Β πλαίσιο να συνεισφέρουν στην δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος; Τι γίνεται η ενέργεια των φωτονίων της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφούνται από το Φ.Β πλαίσιο αλλά δεν συνεισφέρουν στην δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος;



3.10 Γιατί δεν μπορούν όλα τα φωτόνια της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφούνται από το Φ/Β πλαίσιο να συνεισφέρουν στην δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος; **Τι γίνεται η ενέργεια των φωτονίων της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφούνται από το Φ.Β πλαίσιο αλλά δεν συνεισφέρουν στην δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος;**

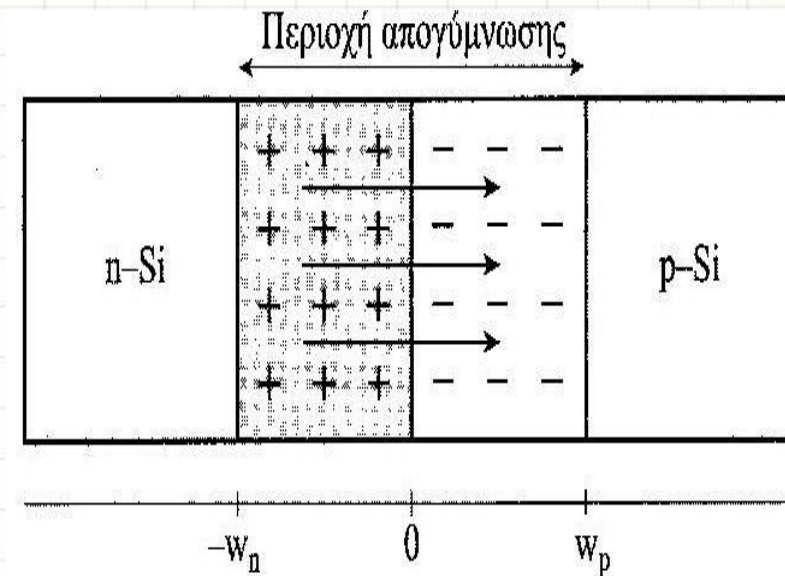
- Ορισμένα από αυτά τα φωτόνια απορροφούνται από τα ηλεκτρόνια σθένους του υλικού και κάνουν τα ηλεκτρόνια να κινούνται άτακτα ή/και να ταλαντώνονται με μεγαλύτερη κινητική ενέργεια, το οποίο σημαίνει μακροσκοπικά ότι **το Φ/Β θερμαίνεται**. Δηλαδή η ενέργεια των φωτονίων γίνεται **εσωτερική θερμική ενέργεια των ηλεκτρονίων και το Φ/Β θερμαίνεται**.
- Τα υπόλοιπα φωτόνια που δεν απορροφούνται από τα ηλεκτρόνια **εξέρχονται** από τα Φ/Β (συνεισφέρουν στην **διαπερατότητα** του Φ/Β)

3.9 Τι σχέση έχει η τιμή του φωτορεύματος με την προσπίπτουσα φωτεινή ακτινοβολία;; Εξηγείστε.

Το **φωτορέυμα** εξαρτάται από τον **αριθμό των ηλεκτρονίων** που δημιουργούνται ανά δευτερόλεπτο στην επαφή p-n.

Ο αριθμός αυτών των ηλεκτρονίων (δηλαδή των ηλεκτρονίων που μεταπηδούν από την ζώνη σθένους στην ζώνη αγωγιμότητας) εξαρτάται **από τον αριθμό των φωτονίων** που προσπίπτουν και που τελικά απορροφούνται.

Ο αριθμός των φωτονίων που προσπίπτουν ανά δευτερόλεπτο εξαρτάται από την **πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας**.



3.9 Τι σχέση έχει η τιμή του φωτορεύματος με την προσπίπτουσα φωτεινή ακτινοβολία;; Εξηγείστε.

Αρα :

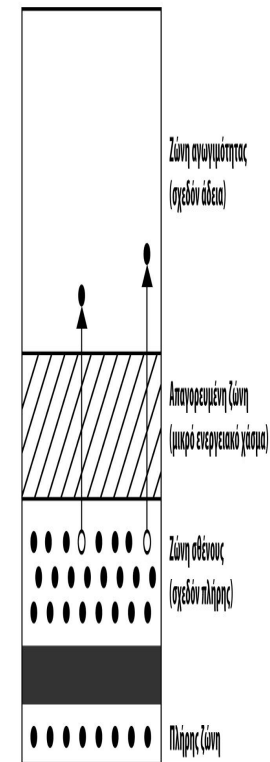
Όσο μεγαλύτερη είναι η **πυκνότητα ισχύος** της ηλιακής ακτινοβολίας

Τόσο **μεγαλύτερος αριθμός φωτονίων** υπάρχει που μπορεί να «εξάγει» ηλεκτρόνια από την ζώνη σθένους στην ζώνη αγωγιμότητας και **τόσο περισσότερα ηλεκτρόνια εξάγονται**

Και όσο περισσότερα ηλεκτρόνια έχουμε στην ζώνη αγωγιμότητας τόσο **μεγαλύτερο «φωτορεύμα»** έχουμε (το «φωτορεύμα» είναι το ρεύμα των ηλεκτρονίων και οπών που δημιουργείται εξαιτίας τους φωτός/ηλιακής ακτινοβολίας).

Συνεπώς : $G \uparrow \Rightarrow I_L \uparrow$

όπερ έδει δεϊξαι (αυτό ακριβώς που έπρεπε να αποδείξουμε **ό.έ.δ.** ή **q.e.d.**) δηλαδή όταν μεγαλώνει η πυκνότητα ηλιακής ισχύος μεγαλώνει και το φωτορεύμα



3.11 Τι είναι οι πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC); Για ποιους λόγους πιστεύετε ότι η μέγιστη ισχύς ενός Φ/Β δίνεται με βάση τις πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC);

- Πρότυπες συνθήκες ελέγχου STC (Standard Test Conditions) είναι οι συνθήκες με τις οποίες πρέπει να ελέγχονται στα πρότυπα εργαστήρια όλα τα Φ/Β. Αυτές είναι:
- Ηλεκτρομαγνητική φωτεινή ακτινοβολία **πυκνότητας ισχύος** $1\text{KW/m}^2 = \mathbf{1000\text{ W/m}^2}$
- **Φάσμα** φωτεινής ακτινοβολίας αντίστοιχου με το ηλιακό **AM 1,5** (Air Mass 1,5)
- **Θερμοκρασία** Φ/Β πλαισίου **25 °C**

3.11 Τι είναι οι πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC); **Για ποιους λόγους πιστεύετε ότι η μέγιστη ισχύς ενός Φ/Β δίνεται με βάση τις πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC);**

- **Επειδή η ηλεκτρική ισχύς που δίνει κάθε Φ/Β εξαρτάται** από μια σειρά από παράγοντες (πρωτεύοντες και δευτερεύοντες) που οι πιο βασικοί είναι :
- **Η πυκνότητα της ηλιακής ισχύος** που προσπίπτει στο Φ/Β πλαίσιο
- **Το φάσμα** της ηλιακής ακτινοβολίας
- **Η θερμοκρασία** του Φ/Β πλαισίου

3.11 Τι είναι οι πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC); **Για ποιους λόγους πιστεύετε ότι η μέγιστη ισχύς ενός Φ/Β δίνεται με βάση τις πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC);**

Οι κατασκευαστές (παγκοσμίως) θα έπρεπε να δίνουν τα **χαρακτηριστικά μεγέθη** κάθε παραγόμενου Φ/Β πλαισίου

(**ενεργειακή απόδοση (efficiency)**), **η ισχύς αιχμής** του ή διαφορετικά **η μέγιστη ισχύς P_p Peak power**, **ο παράγων πλήρωσης (Fill Factor FF)**, **το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc}** και **η τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc}**)

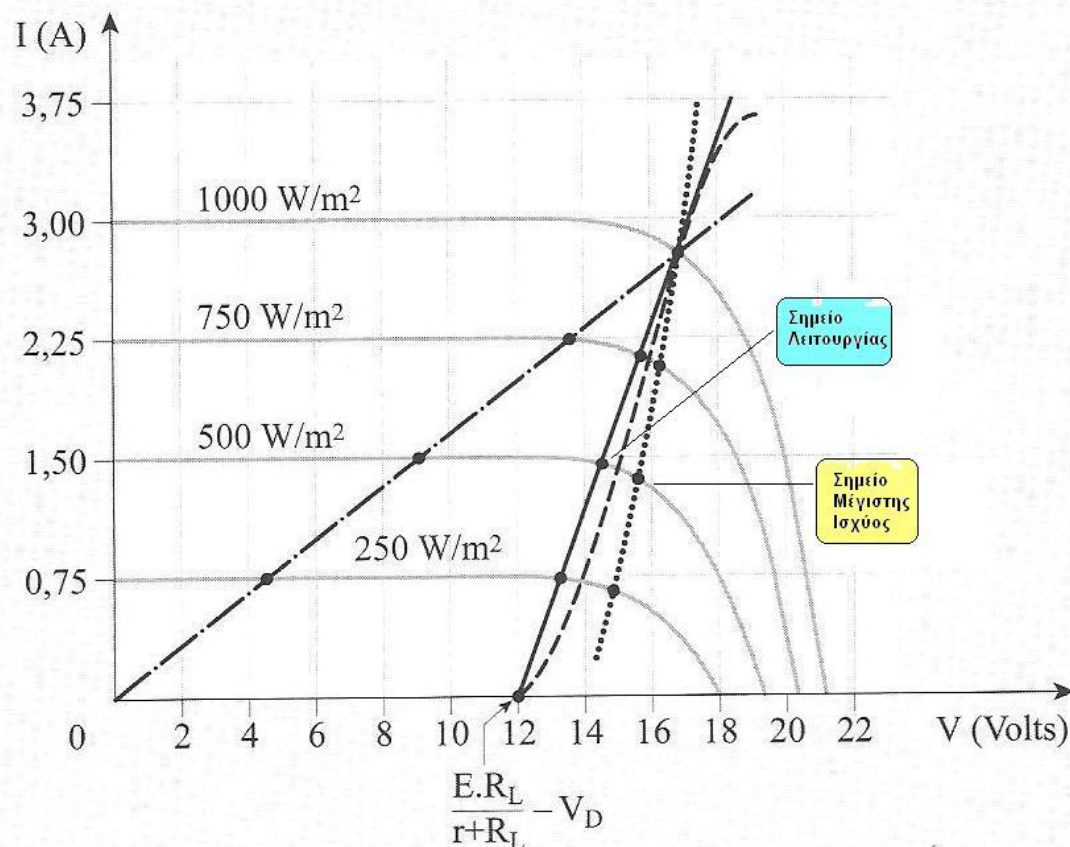
στις **ίδιες συνθήκες** που είναι οι **συνθήκες STC**,

για να μπορεί να γίνεται η σύγκριση των ΦΒ μεταξύ τους

3.5 Ποια είναι η διαφορά ανάμεσα στην ισχύ αιχμής (Peak power) και στην μέγιστη ισχύ (P_{max}) ενός Φ/Β; Επιβεβαιώστε την απάντησή σας από τα αριθμητικά στοιχεία του πειράματός σας.

- Ισχύς αιχμής P_p **Peak power** ενός Φ/Β πλαισίου ονομάζουμε την **μέγιστη ηλεκτρική ισχύ** με την οποία αυτό αποδίδει ενέργεια κάτω από τις **πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC)**. Η Ισχύς αιχμής είναι εργοστασιακό μέγεθος για κάθε Φ/Β και για αυτό γράφεται πίσω στην ετικέτα του Φ/Β.
- Η μέγιστη ισχύς (P_{max}) ενός Φ/Β είναι η ηλεκτρική ισχύς που δίνει ένα Φ/Β στις **δεδομένες συνθήκες του πειράματος** (που συνήθως **δεν είναι συνθήκες STC**).

3.5 Ποια είναι η διαφορά ανάμεσα στην ισχύ αιχμής (Peak power) και στην μέγιστη ισχύ (P_{max}) ενός Φ/Β; Επιβεβαιώστε την απάντησή σας από τα αριθμητικά στοιχεία του πειράματός σας.



- · — · — Ευθεία φόρτου χωρίς φόρτιση συσσωρευτή. Κλίση: $1/R_L$
- — — Ευθεία φόρτου, κατά τη φόρτιση συσσωρευτή. Κλίση: $(r + R_L)/r \cdot R_L$
- - - - - Πραγματική καμπύλη φόρτου ηλεκτρικού συσσωρευτή
- Καμπύλη σημείων μέγιστης ισχύος

3.5 Ποια είναι η διαφορά ανάμεσα στην ισχύ αιχμής (Peak power) και στην μέγιστη ισχύ (P_{max}) ενός Φ/Β;

Επιβεβαιώστε την απάντησή σας από τα αριθμητικά στοιχεία του πειράματός σας.

Σε Φ/Β με ισχύ Αιχμής $P_{peak}=5W$ ($G=1000W/m^2$)
έχετε βρει τιμές για την μέγιστη ισχύ:

$P_{max}= 1,3W$ ($G=335W/m^2$)

$P_{max}= 1,4W$ ($G=370W/m^2$)

3.2. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που «μετρήθηκαν» είχαν ισχύ αιχμής (peak power) 5Wp (ή 10Wp). **Συγκρίνετε τις τιμές της μέγιστης ισχύος που βρήκατε στο πείραμα με την ισχύ αιχμής των πλαισίων;**
Σε ποιους παράγοντες πιστεύετε ότι οφείλεται η μειωμένη ισχύ που παράγουν;

Σε Φ/B με ισχύ Αιχμής $P_{peak}=5W$ ($G=1000W/m^2$) έχετε βρει τιμές για την μέγιστη ισχύ:

Για παράδειγμα:

$$P_{max}= 1,3W \text{ (} G=335W/m^2 \text{)}$$

$$P_{max}= 1,4W \text{ (} G=370W/m^2 \text{)}$$

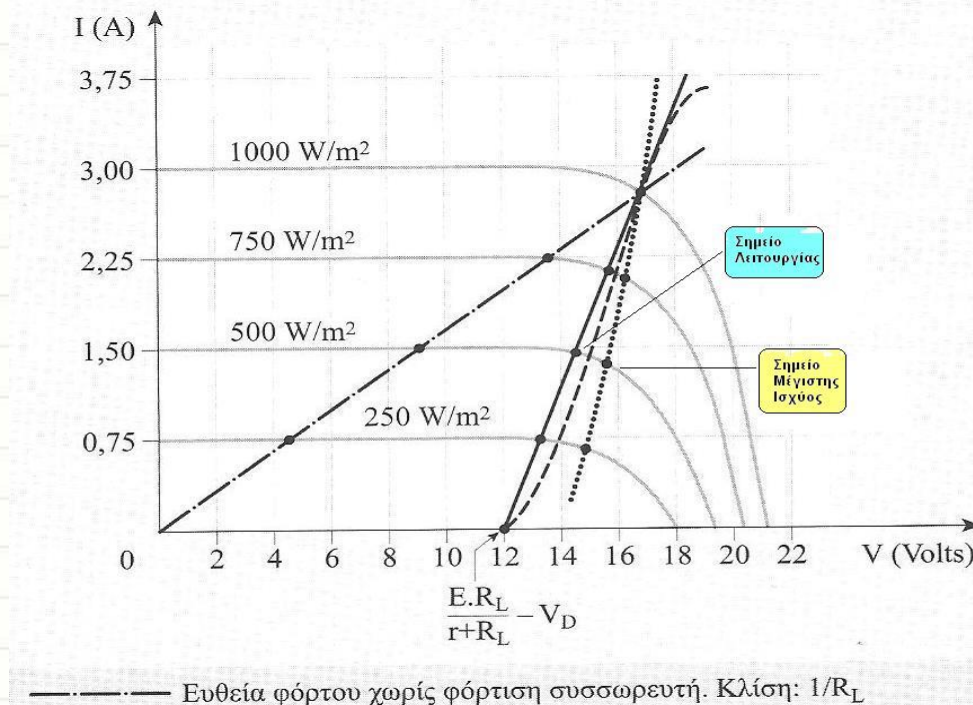
Ενώ για Φ/B με ισχύ Αιχμής $P_{peak}=10W$ ($G=1000W/m^2$) έχετε βρει τιμές για την μέγιστη ισχύ:

Για παράδειγμα:

$$P_{max}= 2,5 W \text{ (} G=280W/m^2 \text{)}$$

3.2. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που «μετρήθηκαν» είχαν ισχύ αιχμής (peak power) 5Wp (ή 10Wp). Συγκρίνετε τις τιμές της μέγιστης ισχύος που βρήκατε στο πείραμα με την ισχύ αιχμής των πλαισίων; **Σε ποιους παράγοντες πιστεύετε ότι οφείλεται η μειωμένη ισχύς που παράγουν;**

- Σίγουρα στις μικρότερες τιμές της πυκνότητας φωτεινής ισχύος που είχαμε στο πείραμα (πολύ μικρότερες από 1000 W/m² που προβλέπονται για συνθήκες STC)



3.2. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που «μετρήθηκαν» είχαν ισχύ αιχμής (peak power) 5Wp (ή 10Wp). Συγκρίνετε τις τιμές της μέγιστης ισχύος που βρήκατε στο πείραμα με την ισχύ αιχμής των πλαισίων; **Σε ποιους παράγοντες πιστεύετε ότι οφείλεται η μειωμένη ισχύ που παράγουν;**

- Στο ότι είχαμε **τεχνητό φως** στο πείραμα και όχι ηλιακό φως που σημαίνει ότι το **φάσμα** του φωτός δεν ήταν το ίδιο με εκείνο που προβλέπεται στις συνθήκες STC δηλαδή φωτεινή ακτινοβολία AM1.5
- Στο ότι η **θερμοκρασία** στην επιφάνεια του Φ/Β μετά από λίγη ώρα από την έναρξη του πειράματος ήταν σίγουρα πάνω από 25 °C που προβλέπεται στις συνθήκες STC λόγω της θερμότητας που εξέπεμπε ο λαμπτήρας.
- Σε παράγοντες «**γήρανσης**» των Φ/Β πλαισίων

3.6 Εξηγείστε γιατί ο συντελεστής απόδοσης ενός Φ/Β πλαισίου είναι πάντα μικρότερος της μονάδας. Επιβεβαιώνεται το παραπάνω στο πείραμά σας;

Ο (στιγμιαίος) συντελεστής απόδοσης ενός Φ/Β πλαισίου η

$$\eta = P_m / P_{inc} \quad (\text{απόδοση είναι } \eta * 100\%)$$

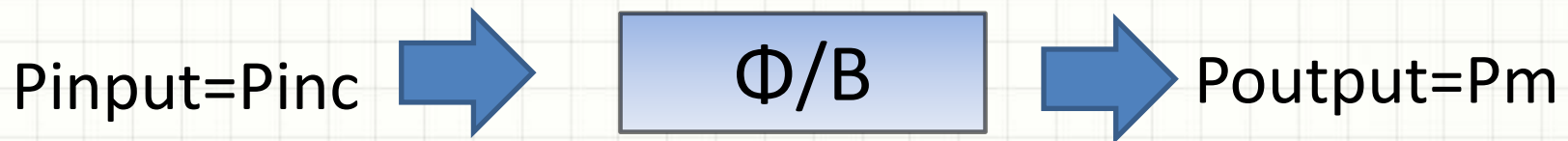
$P_{inc(incident)}$: προσπίπτουσα ισχύ φωτεινής ακτινοβολίας πάνω στο Φ/Β πλαίσιο

$P_m (module)$: η ηλεκτρική ισχύς που αποδίδει το πλαίσιο στο **σημείο μέγιστης ισχύος** (δηλαδή είναι η μέγιστη ισχύς P_{MAX})

3.6 Εξηγείστε γιατί ο συντελεστής απόδοσης ενός Φ/Β πλαισίου είναι πάντα μικρότερος της μονάδας. Επιβεβαιώνεται το παραπάνω στο πείραμά σας;

$$\eta = P_m / P_{inc}$$

$$\eta = P_{output} / P_{input}$$



Επειδή λόγω 2^{ου} ΘΔΝ $P_m < P_{inc}$ τότε $\eta < 1$

3.6 Εξηγείστε γιατί ο συντελεστής απόδοσης ενός Φ/Β πλαισίου είναι πάντα μικρότερος της μονάδας.

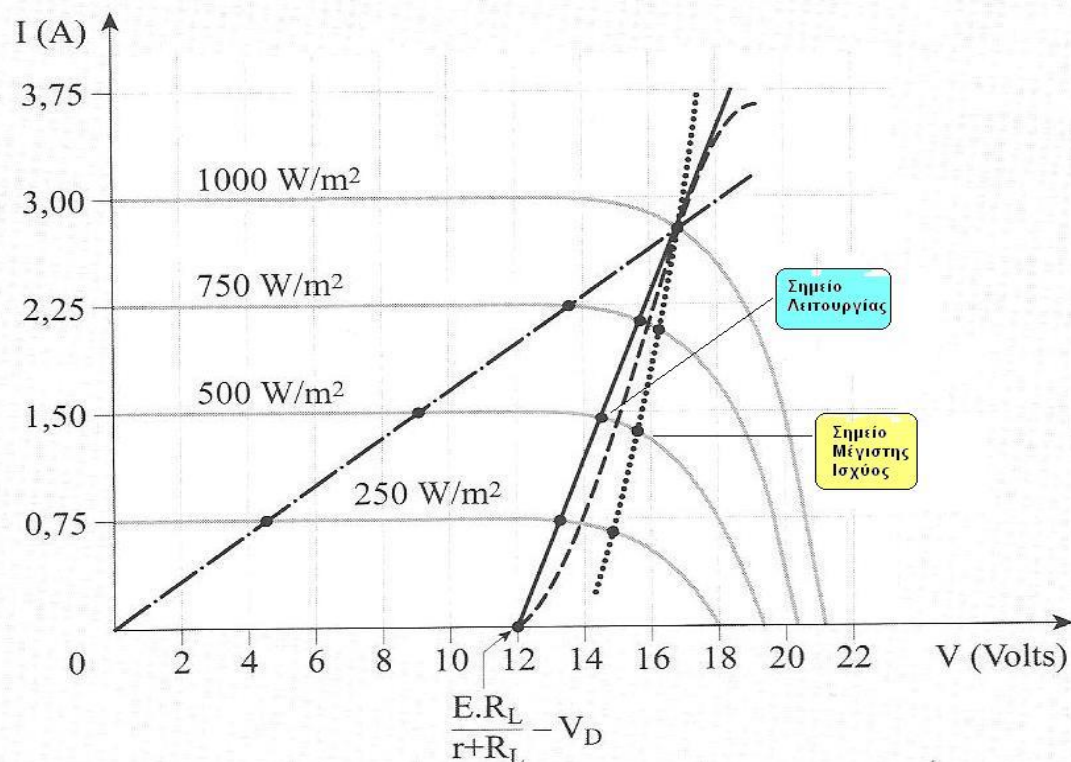
Επιβεβαιώνεται το παραπάνω στο πείραμά σας;

Αν αυτό δεν επιβεβαιώνεται στο πείραμά σας τότε θα πρέπει να αναζητήσετε το λάθος που έχετε κάνει

Συνηθισμένο λάθος είναι ότι έχετε χρησιμοποιήσει λανθασμένες μονάδες μέτρησης για τον υπολογισμό των $P_{m \text{ (module)}} = P_{MAX}$ και του P_{inc}

Δεν έχετε δηλαδή στον αριθμητή και στον παρονομαστή του κλάσματος $n = P_m / P_{inc}$ την ίδια μονάδα μέτρησης (πχ Watt=W)

3.4. α) Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η χαρακτηριστική I-V ενός συγκεκριμένου Φ/Β πλαισίου;
 β) Αναφέρατε τουλάχιστον τρεις (3) παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η απόδοση ενός φ/β πλαισίου (να είναι διαφορετικής «φύσεως» ο καθένας)



- · — · — · — Ευθεία φόρτου χωρίς φόρτιση συσσωρευτή. Κλίση: $1/R_L$
- — — — — Ευθεία φόρτου, κατά τη φόρτιση συσσωρευτή. Κλίση: $(r + R_L)/r \cdot R_L$
- - - - - Πραγματική καμπύλη φόρτου ηλεκτρικού συσσωρευτή
- Καμπύλη σημείων μέγιστης ισχύος

3.4. α) Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η χαρακτηριστική I-V ενός συγκεκριμένου Φ/Β πλαισίου;

β) Αναφέρατε τουλάχιστον τρεις (3) παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η απόδοση ενός φ/β πλαισίου (να είναι διαφορετικής «φύσεως» ο καθένας)

όπως μπορείτε να βρείτε (και) στην βιβλιογραφία η χαρακτηριστική του Φ/Β εξαρτάται από :

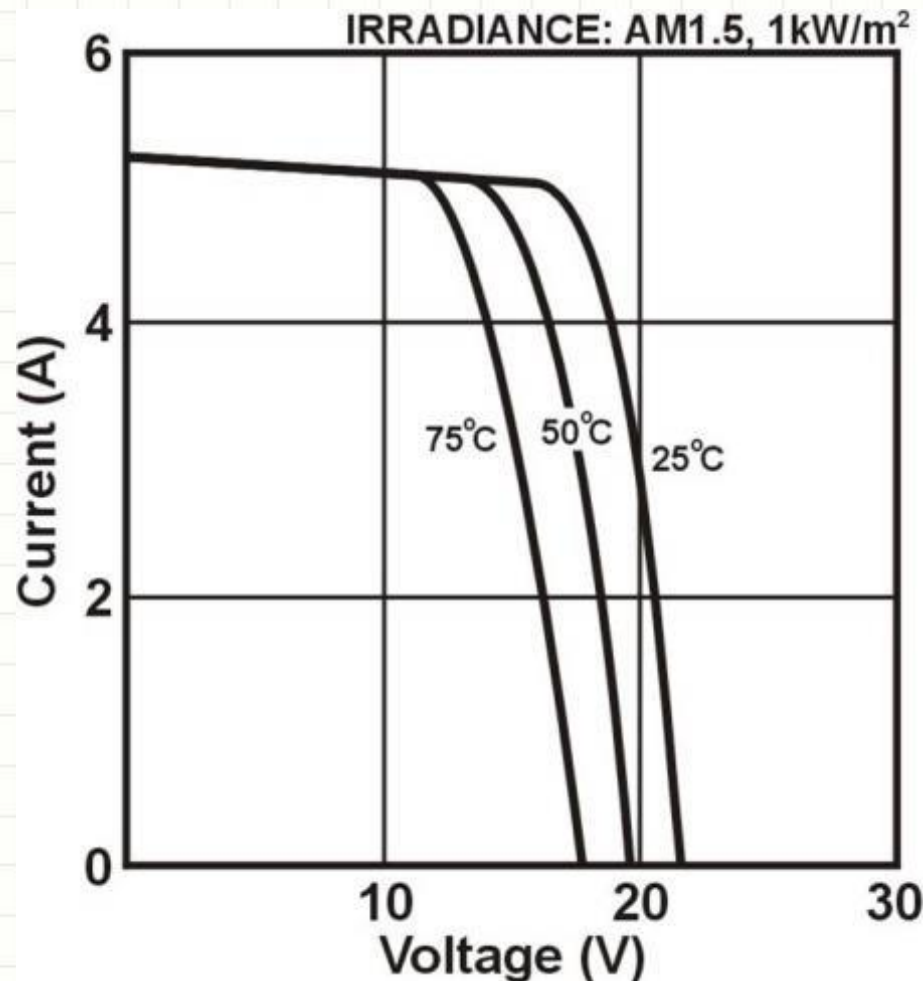
α) την **πυκνότητα ισχύος** της ηλιακής ακτινοβολίας

β) το **φάσμα** της ηλιακής ακτινοβολίας

γ) από την **θερμοκρασία των κελιών** στο πλαίσιο.

δ) το **φορτίο** (δηλαδή την αντίσταση /συσσκευή) που έχει συνδεθεί στα άκρα του

3.4. α) Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η χαρακτηριστική I-V ενός συγκεκριμένου Φ/Β πλαισίου;
β) Αναφέρατε τουλάχιστον τρεις (3) παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η απόδοση ενός φ/β πλαισίου (να είναι διαφορετικής «φύσεως» ο καθένας)



3.4. α) Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η χαρακτηριστική I-V ενός συγκεκριμένου Φ/Β πλαισίου;

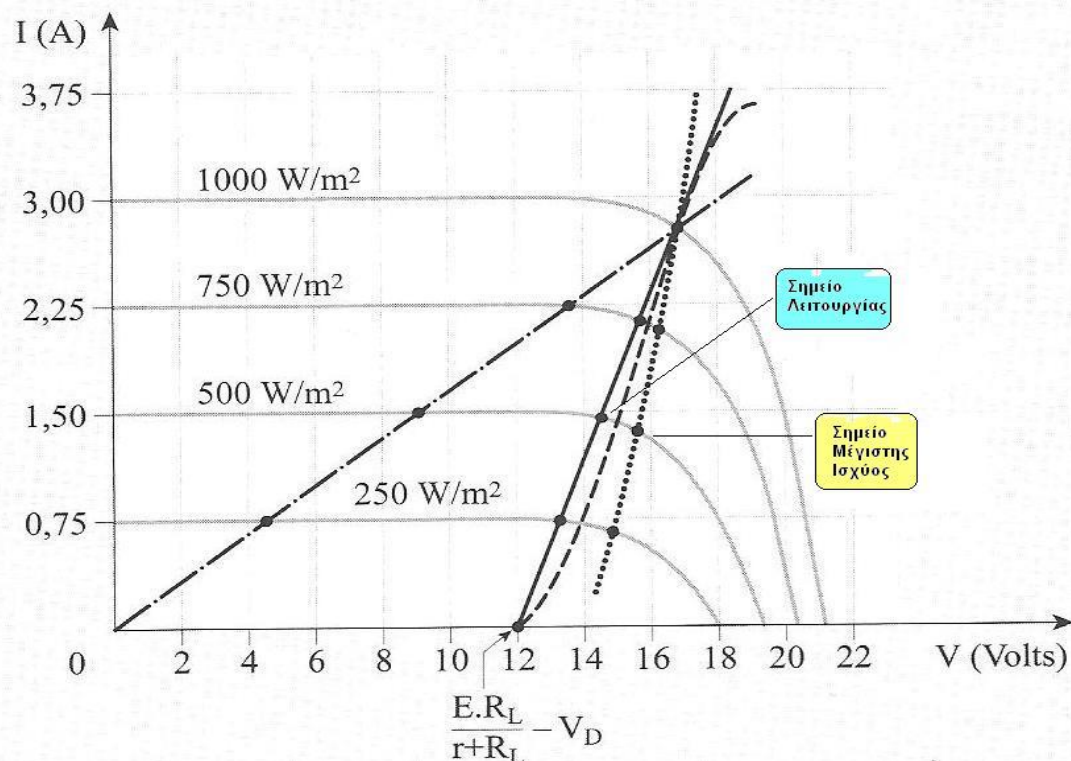
β) Αναφέρατε τουλάχιστον τρεις (3) παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται **η απόδοση** ενός φ/β πλαισίου (να είναι διαφορετικής «φύσεως» ο καθένας)

α) από το **είδος** του Φ/Β πλαισίου (πχ άμορφου πυριτίου μονοκρυσταλλικού πυριτίου , πολυκρυσταλλικού πυριτίου, άλλο είδος ημιαγώγιμου υλικού κλπ),

β) από την **πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας** (αυξάνεται όσο αυξάνεται η πυκνότητα),

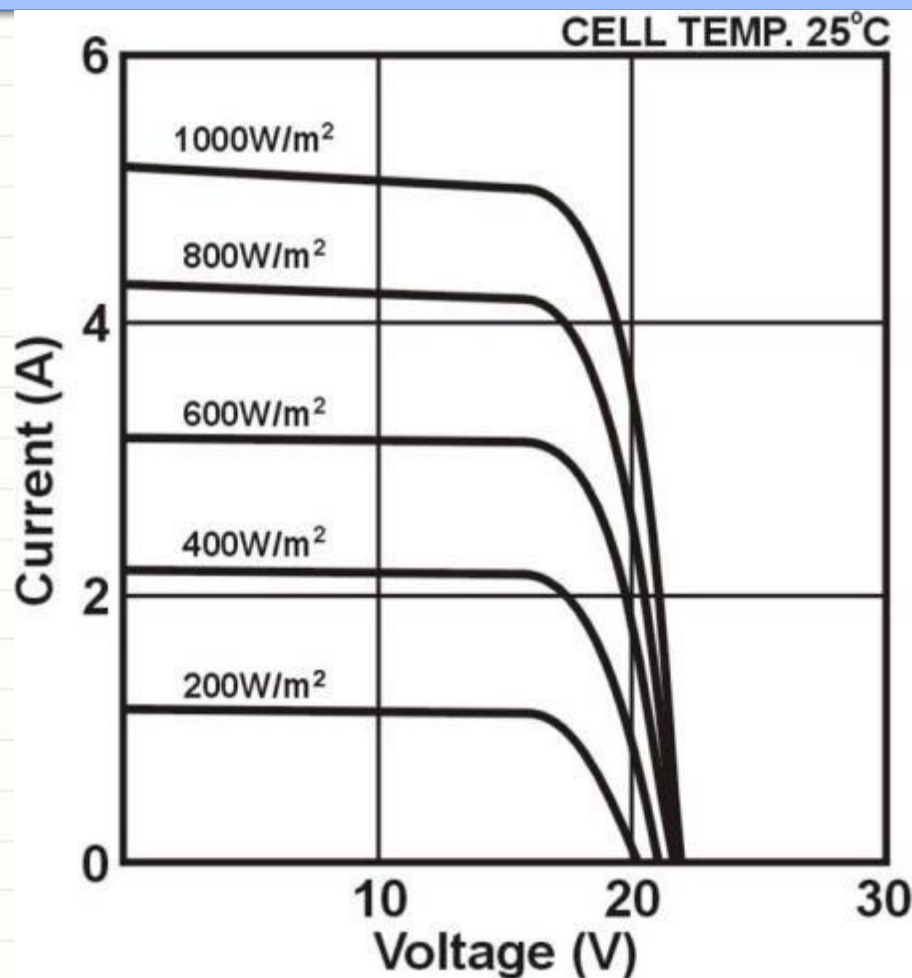
γ) την **θερμοκρασία των κελιών** στο πλαίσιο (μειώνεται με τη αύξηση της θερμοκρασίας).

3.8 Ποια είναι η σχέση του ρεύματος βραχυκύκλωσης I_{sc} με την πυκνότητα ηλιακής ισχύος που προσπίπτει στο Φ/Β στοιχείο; Είναι ίδια η σχέση με αυτήν της πυκνότητας ηλιακής ισχύος με τη τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} ;



- · — · — Ευθεία φόρτου χωρίς φόρτιση συσσωρευτή. Κλίση: $1/R_L$
- — — Ευθεία φόρτου, κατά τη φόρτιση συσσωρευτή. Κλίση: $(r+R_L)/r \cdot R_L$
- - - - - Πραγματική καμπύλη φόρτου ηλεκτρικού συσσωρευτή
- Καμπύλη σημείων μέγιστης ισχύος

3.8 Ποια είναι η σχέση του ρεύματος βραχυκύκλωσης I_{sc} με την πυκνότητα ηλιακής ισχύος που προσπίπτει στο Φ/Β στοιχείο; Είναι ίδια η σχέση με αυτήν της πυκνότητας ηλιακής ισχύος με τη τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} ;



3.8 Ποια είναι η σχέση του ρεύματος βραχυκύκλωσης I_{sc} με την πυκνότητα ηλιακής ισχύος που προσπίπτει στο Φ/Β στοιχείο; Είναι ίδια η σχέση με αυτήν της πυκνότητας ηλιακής ισχύος με τη τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} ;

Το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} είναι **ανάλογο** με την πυκνότητα ηλιακής ισχύος που προσπίπτει στο Φ/Β στοιχείο (φαίνεται και από την γραφική παράσταση $i=f(V)$ για διαφορετικές τιμές της πυκνότητας ηλιακής ισχύος).

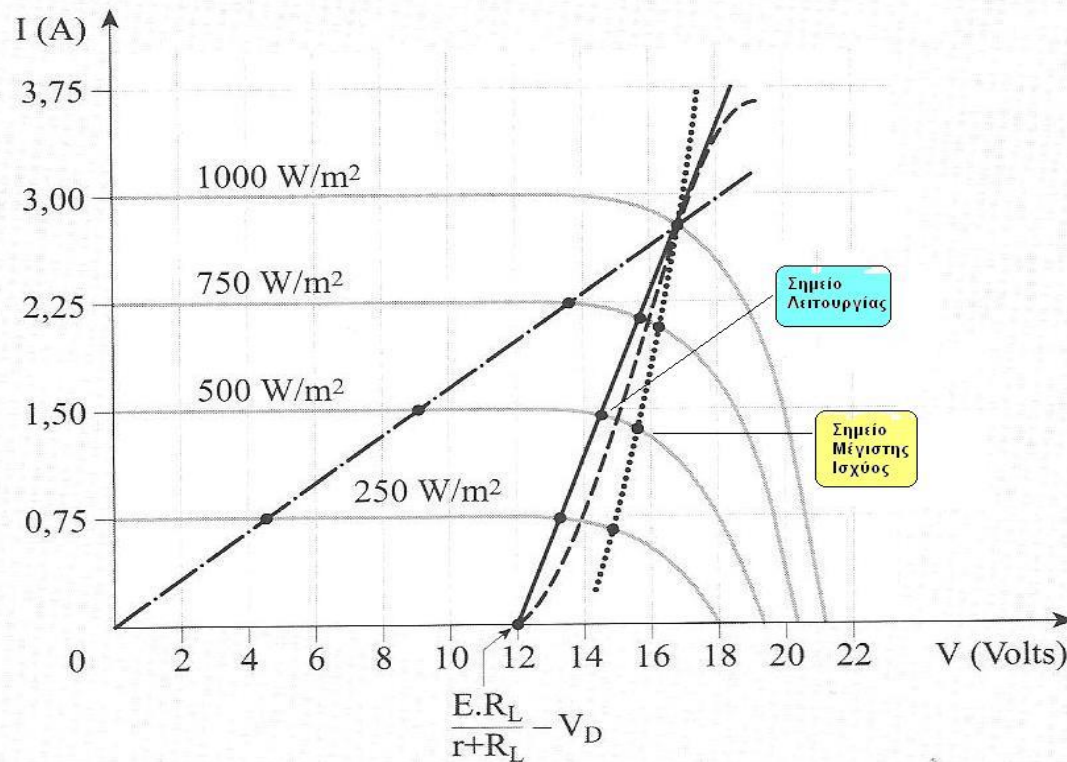
3.8 Ποια είναι η σχέση του ρεύματος βραχυκύκλωσης I_{sc} με την πυκνότητα ηλιακής ισχύος που προσπίπτει στο Φ/Β στοιχείο; Είναι ίδια η σχέση με αυτήν της πυκνότητας ηλιακής ισχύος με τη τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} ;

Δεν ισχύει το ίδιο και με τη τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} που **μειώνεται** με την μείωση της πυκνότητας ηλιακής ισχύος αλλά **όχι ανάλογα** (όπως φαίνεται και από την αντίστοιχη γραφική παράσταση της προηγούμενης διαφάνειας

3.7 Γιατί στο πείραμα χρησιμοποιούμε τεχνητή φωτεινή ακτινοβολία (λαμπτήρας) κι όχι το ηλιακό φως; Ποιο φυσικό μέγεθος (φυσικά μεγέθη) από αυτά που μετράμε επηρεάζεται από το είδος της ακτινοβολίας που θα χρησιμοποιήσουμε (ηλιακή ακτινοβολία ή τεχνητή φωτεινή ακτινοβολία ;)

- Ο βασικός λόγος είναι ότι θέλουμε καθ' όλη την διάρκεια του πειράματος **το G** (πυκνότητα ισχύος) της φωτεινής ακτινοβολίας **να είναι σταθερό**.
- Το G πρέπει να είναι σταθερό καθώς αν δεν είναι, **δεν μπορεί να γίνει σωστά** η γραφική παράσταση $I-V$ του Φ/B πλαισίου.

3.7 Γιατί στο πείραμα χρησιμοποιούμε τεχνητή φωτεινή ακτινοβολία (λαμπτήρας) κι όχι το ηλιακό φως; Ποιο φυσικό μέγεθος (φυσικά μεγέθη) από αυτά που μετράμε επηρεάζεται από το είδος της ακτινοβολίας που θα χρησιμοποιήσουμε (ηλιακή ακτινοβολία ή τεχνητή φωτεινή ακτινοβολία ;)



- · — · — Ευθεία φόρτου χωρίς φόρτιση συσσωρευτή. Κλίση: $1/R_L$
- — — Ευθεία φόρτου, κατά τη φόρτιση συσσωρευτή. Κλίση: $(r + R_L)/r \cdot R_L$
- - - - - Πραγματική καμπύλη φόρτου ηλεκτρικού συσσωρευτή
- Καμπύλη σημείων μέγιστης ισχύος

3.7 Γιατί στο πείραμα χρησιμοποιούμε τεχνητή φωτεινή ακτινοβολία (λαμπτήρας) κι όχι το ηλιακό φως; Ποιο φυσικό μέγεθος (φυσικά μεγέθη) από αυτά που μετράμε επηρεάζεται από το είδος της ακτινοβολίας που θα χρησιμοποιήσουμε (ηλιακή ακτινοβολία ή τεχνητή φωτεινή ακτινοβολία ;)

- Αν το πείραμα γίνει σε εξωτερικό περιβάλλον **η ηλιακή ακτινοβολία αλλάζει ένταση** (πυκνότητα ηλιακής ισχύος) περίπου κάθε 10 min κάτι που θα μας εμποδίσει να κάνουμε σωστή γραφική παράσταση I-V .
- Επίσης μπορεί λόγω ιδιαίτερων καιρικών συνθηκών **(πχ συννεφιά)** το **G να αλλάζει πολύ συχνότερα** και από 10min.

3.7 Γιατί στο πείραμα χρησιμοποιούμε τεχνητή φωτεινή ακτινοβολία (λαμπτήρας) κι όχι το ηλιακό φως; Ποιο φυσικό μέγεθος (φυσικά μεγέθη) από αυτά που μετράμε επηρεάζεται από το είδος της ακτινοβολίας που θα χρησιμοποιήσουμε (ηλιακή ακτινοβολία ή τεχνητή φωτεινή ακτινοβολία ;)

- Σίγουρα επηρεάζεται το G καθώς ο λαμπτήρας (όπως είδαμε και στο πείραμα) δίνει **χαμηλότερες τιμές πυκνότητας φωτεινής ισχύος G** από αυτές του ηλίου.
- Επίσης επηρεάζεται το **φάσμα του φωτός** (το σύνολο των διαφορετικών συχνοτήτων/μηκών κύματος που περιέχει και των σχετικών εντάσεων τους) καθώς το **φάσμα του λαμπτήρα δεν είναι ίδιο με αυτό του ηλιακού φωτός.**

3.7 Γιατί στο πείραμα χρησιμοποιούμε τεχνητή φωτεινή ακτινοβολία (λαμπτήρας) κι όχι το ηλιακό φως; Ποιο φυσικό μέγεθος (φυσικά μεγέθη) από αυτά που μετράμε επηρεάζεται από το είδος της ακτινοβολίας που θα χρησιμοποιήσουμε (ηλιακή ακτινοβολία ή τεχνητή φωτεινή ακτινοβολία ;)

- Τέλος , όπως είδαμε και στο πείραμα που εκτελέστηκε **η τιμή του G δεν είναι ή ίδια** σε όλες τις περιοχές του Φ/B πλαισίου!
- Το παραπάνω μας αναγκάζει να κάνουμε κάποιες διευθετήσεις/προσαρμογές στην πειραματική διαδικασία (βλέπε ερώτηση 3.12)

3.12 Εξηγείστε πως βρίσκουμε την τιμή της πυκνότητας φωτεινής ισχύος που προσπίπτει στο Φ/B κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας. Είναι ίδια αυτή η τιμή με την μέτρηση που δείχνει το πυρανόμετρο κατά την διάρκεια συλλογής των πειραματικών μετρήσεων ; (σκεφτείτε και περιγράψτε τι ακριβώς κάνατε με το πυρανόμετρο στην πειραματική διαδικασία). Γιατί κοιτάζουμε το πυρανόμετρο στην διάρκεια των μετρήσεων;

- Τοποθετούμε το πυρανόμετρο στον εργαστηριακό πάγκο σε ορισμένες θέσεις που αντιστοιχούν σε περιοχές του Φ/B (πχ στα δυο άκρα του Φ/B ,στην μέση του Φ/B και σε ενδιάμεσες θέσεις).
- Παρατηρούμε ότι το **πυρανόμετρο δείχνει διαφορετικές τιμές** (μεγαλύτερη στη μέση και μειωμένες καθώς μετακινούμαστε προς τα άκρα) **καθώς οι αποστάσεις** της φωτεινής πηγής (λαμπτήρας) από το Φ/B (ή το πυρανόμετρο όταν παίρνουμε την μέτρηση με αυτό) **είναι διαφορετικές** (μικρή απόσταση συνεπάγεται μεγαλύτερη τιμή του πυρανομέτρου).

3.12 Εξηγείστε πως βρίσκουμε την τιμή της πυκνότητας φωτεινής ισχύος που προσπίπτει στο Φ/B κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας. Είναι ίδια αυτή η τιμή με την μέτρηση που δείχνει το πυρανόμετρο κατά την διάρκεια συλλογής των πειραματικών μετρήσεων ; (σκεφτείτε και περιγράψτε τι ακριβώς κάνατε με το πυρανόμετρο στην πειραματική διαδικασία). Γιατί κοιτάζουμε το πυρανόμετρο στην διάρκεια των μετρήσεων;

- Επιλέγουμε να λάβουμε ως τιμή για το G του πειράματός μας την **μικρότερη τιμή** του πυρανομέτρου (κάποια από τις δυο τιμές του πυρανομέτρου όταν βρίσκεται στα άκρα του Φ/B). Την θέση στην οποία το πυρανόμετρο δείχνει αυτή την τιμή την λέμε «**θέση πειραματικής μέτρησης του πυρανομέτρου**»)
- Αυτό γίνεται επειδή είναι **διαπιστωμένο πειραματικά** ότι το Φ/B **πάντα λειτουργεί με την τιμή του G** (πυκνότητα ηλιακής ισχύος) που είναι η **μικρότερη** από αυτές που προσπίπτουν στην επιφάνειά του, αν για τον οποιοδήποτε λόγο δεν υπάρχει η ίδια τιμή του G σε όλη την επιφάνειά του (πχ όταν ένα τμήμα του σκιάζεται)

3.12 Εξηγείστε πως βρίσκουμε την τιμή της πυκνότητας φωτεινής ισχύος που προσπίπτει στο Φ/Β κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας. **Είναι ίδια αυτή η τιμή με την μέτρηση που δείχνει το πυρανόμετρο κατά την διάρκεια συλλογής των πειραματικών μετρήσεων ; (σκεφτείτε και περιγράψτε τι ακριβώς κάνατε με το πυρανόμετρο στην πειραματική διαδικασία).** Γιατί κοιτάζουμε το πυρανόμετρο στην διάρκεια των μετρήσεων;

Η τιμή δεν είναι ίδια γιατί (θυμηθείτε τι κάνατε στο πείραμα):

- αφού τοποθετήσατε το πυρανόμετρο στην θέση στην οποία θα βρισκόταν το Φ/Β κατά την διάρκεια του πειράματός σας (υπάρχει μια γραμμή με μολύβι στο εργαστηριακό τραπέζι για να δείχνει την θέση του Φ/Β)
- και επιλέξατε την τιμή που λάβατε ως G για το πείραμά σας (σε εκείνη την θέση το πυρανόμετρο ήταν στην λεγόμενη **«θέση πειραματικής μέτρησης του πυρανομέτρου»**)
- στην συνέχεια βάλατε το Φ/Β την θέση του και το πυρανόμετρο δίπλα στο Φ/Β (στη λεγόμενη **«θέση ελέγχου του πυρανομέτρου»**)

3.12 Εξηγείστε πως βρίσκουμε την τιμή της πυκνότητας φωτεινής ισχύος που προσπίπτει στο Φ/Β κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας. **Είναι ίδια αυτή η τιμή με την μέτρηση που δείχνει το πυρανόμετρο κατά την διάρκεια συλλογής των πειραματικών μετρήσεων ; (σκεφτείτε και περιγράψτε τι ακριβώς κάνατε με το πυρανόμετρο στην πειραματική διαδικασία).** Γιατί κοιτάζουμε το πυρανόμετρο στην διάρκεια των μετρήσεων;

- Σε αυτή την θέση (**θέση ελέγχου**) το **πυρανόμετρο** βρίσκεται (λόγω γεωμετρίας) σε **μεγαλύτερη απόσταση** από αυτή στην οποία βρισκόταν (**θέση της πειραματικής μέτρησης**) όταν έδειχνε την τιμή για το G που βάζουμε στο φύλλο εργασίας του πειράματος μας
- και συνεπώς **η τιμή που θα δείχνει θα είναι μικρότερη** από την τιμή του G που βάζουμε στο φύλλο εργασίας του πειράματος μας.

3.12 Εξηγείστε πως βρίσκουμε την τιμή της πυκνότητας φωτεινής ισχύος που προσπίπτει στο Φ/Β κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας. Είναι ίδια αυτή η τιμή με την μέτρηση που δείχνει το πυρανόμετρο κατά την διάρκεια συλλογής των πειραματικών μετρήσεων ; (σκεφτείτε και περιγράψτε τι ακριβώς κάνατε με το πυρανόμετρο στην πειραματική διαδικασία). **Γιατί κοιτάζουμε το πυρανόμετρο στην διάρκεια των μετρήσεων;**

Για να είμαστε σίγουροι ότι το πείραμα εκτελείται σωστά θα πρέπει να είμαστε **σίγουροι ότι το G** της φωτεινής ακτινοβολίας του λαμπτήρα που προσπίπτει στο Φ/Β καθ' όλη την διάρκεια εκτέλεσης του πειράματος **είναι σταθερό** (μέσα στα όρια του σφάλματος του πυρανομέτρου , δηλαδή $G \pm 5\% * G$). **Πως μπορούμε να είμαστε σίγουροι;**

3.12 Εξηγείστε πως βρίσκουμε την τιμή της πυκνότητας φωτεινής ισχύος που προσπίπτει στο Φ/Β κατά την διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας. Είναι ίδια αυτή η τιμή με την μέτρηση που δείχνει το πυρανόμετρο κατά την διάρκεια συλλογής των πειραματικών μετρήσεων ; (σκεφτείτε και περιγράψτε τι ακριβώς κάνατε με το πυρανόμετρο στην πειραματική διαδικασία). **Γιατί κοιτάζουμε το πυρανόμετρο στην διάρκεια των μετρήσεων;**

Αν η ένδειξη G του πυρανομέτρου στην «θέση ελέγχου» (δηλαδή στην θέση που το έχουμε καθώς διεξάγεται το πείραμα) είναι σταθερή (μέσα στο όρια του σφάλματος του πυρανομέτρου) τότε συμπεραίνουμε ότι και η τιμή του G στην ακριανή θέση του Φ/Β (θέση πειραματικής μέτρησης) θα είναι και εκείνη σταθερή και έτσι το πείραμά μας διεξάγεται σωστά.