



18^η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ – EUSO 2020

**ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΜΑΘΗΤΙΚΟΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ**

Σάββατο 25 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2020



(Διάρκεια εξέτασης 60 min)

Μαθητές:	Σχολική Μονάδα
1.	
2.	
3.	

Βραχυκύκλωμα στα φωτοβολταϊκά στοιχεία !

A) Πληροφορίες για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία (ηλιακά κύτταρα) μετατρέπουν το φως, (που είναι ενέργεια με μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας) σε ηλεκτρική ενέργεια. Κατασκευάζονται με μικρό κόστος, από ημιαγώγιμα υλικά που μπορεί να είναι μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά ή άμορφα. Η ηλεκτρική ισχύς που παράγουν τα φ.σ. είναι ανάλογη με τη φωτεινή ισχύ που απορροφούν (αλλά μικρότερη από αυτή επειδή ο συντελεστής απόδοσης των φ.σ. είναι μικρότερος του 100%).

B) Απαραίτητες γνώσεις

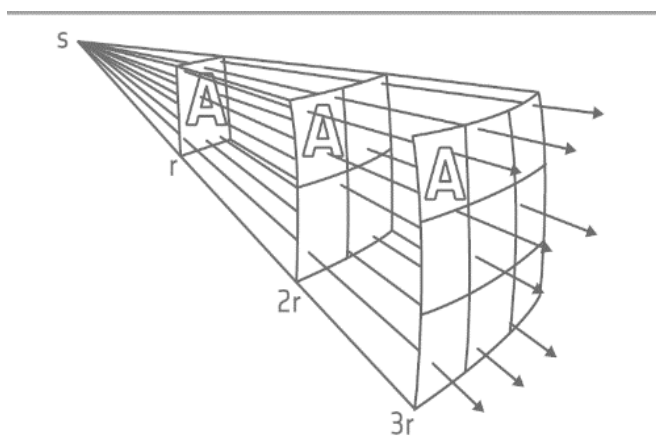
Ο Ήλιος εκπέμπει φως ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις. Αν θεωρήσουμε μία σφαίρα ακτίνας r που περιβάλλει τον Ήλιο, τότε μέσα από την επιφάνεια αυτής της σφαίρας εμβαδού $4\pi r^2$ θα διέρχεται ακτινοβολία ισχύος P . Η ροή ισχύος G ακτινοβολίας ορίζεται ως το πηλίκο ισχύος P που διέρχεται από μία επιφάνεια προς το εμβαδό A της επιφάνειας, $G = \frac{P}{A}$ (W/m²),

τότε η ροή ισχύος G της φωτεινής ακτινοβολίας του Ήλιου σε μια απόσταση r θα είναι:

$$\text{Ροή ισχύος } G \text{ (της ηλιακής ακτινοβολίας σε απόσταση } r) = \frac{\text{Ισχύς που εκπέμπεται από τον Ήλιο}}{\text{εμβαδό σφαίρας ακτίνας } r} = \frac{P \text{ (Ηλίου)}}{4\pi r^2} \quad (1)$$

Η τιμή της ροής ισχύος G θα είναι η ίδια σε κάθε σημείο της σφαίρας ακτίνας r και ακολουθεί το νόμο αντιστρόφου τετραγώνου.

Συνεπώς όταν μια σημειακή πηγή φωτός S (π.χ. το νήμα πυράκτωσης μιας λάμπας αλογόνου ή ο Ήλιος που μπορεί να θεωρηθεί σημειακή πηγή φωτός στην επιφάνεια της Γης λόγω της μεγάλης του απόστασης από αυτήν) εκπέμπει ομοιόμορφα φως (εικόνα 1) και σε μια απόσταση r το φως διέρχεται μέσα από την επιφάνεια A , σε διπλάσια απόσταση ($2r$), μέσα από την ίδια επιφάνεια A θα διέρχεται το $\frac{1}{4}$ της ποσότητας του φωτός, ενώ σε τριπλάσια απόσταση ($3r$) θα διέρχεται το $\frac{1}{9}$, κ.ο.κ.



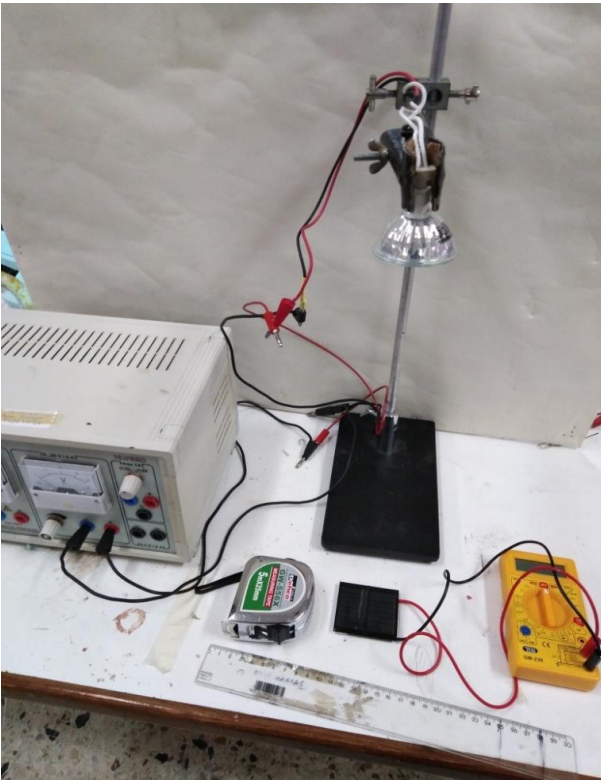
Εικόνα 1

Απαιτούμενα όργανα

- 1) Τροφοδοτικό χαμηλής τάσης
- 2) Ορθοστάτης με ράβδο μήκους 0,8 m που περιλαμβάνει έναν απλό σύνδεσμο και μια μεταλλική λαβίδα
- 3) Φωτοβολταϊκό στοιχείο με στοιχεία 2V – 150 mA
- 4) Λάμπα αλογόνου με ισχύ κανονικής λειτουργίας 35W και τάση κανονικής λειτουργίας 12V (στο τροφοδοτικό 13 V) και συντελεστή μετατροπής της ηλεκτρικής ισχύος σε φωτεινή ισχύ ίσο με 10%
- 5) Μετροταινία
- 6) Πολύμετρο
- 7) Νήμα της στάθμης

Πειραματική διαδικασία.

1) Το φ.σ. έχει στερεωθεί πάνω στο πάγκο εργασίας με κολλητική μαστίχη. Η λάμπα συγκρατείται από λαβίδα. Να μετακινήσετε τη λαβίδα στο κατώτερο σημείο της διαδρομής της και να κάνετε τις απαραίτητες ρυθμίσεις ώστε το προστατευτικό τζάμι της λάμπας να γίνει παράλληλο με το επίπεδο του φ.σ. και να βρεθεί ακριβώς απέναντι από αυτό. Στο εξής θα προσέχετε ώστε να διατηρείται αυτή η παραλληλία.



Εικόνα 2

2) Να απομακρύνετε τη λάμπα σε τέτοια θέση ώστε το τζάμι να απέχει από το φ.σ. απόσταση $d_0=78,5\text{cm}$ (εικόνα 2) . Για να εξασφαλίσετε ότι το φ.σ. είναι στην ίδια κατακόρυφη με τη λάμπα μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το νήμα της στάθμης δεδομένου ότι οι διαστάσεις του φ.σ. και η διάμετρος του τζαμιού είναι περίπου ίδιες. Έτσι θα εξασφαλιστεί κάθετη πρόσπτωση του φωτός στο φ.σ.. Σε κάθε μετρούμενη απόσταση d_0 θα προσθέτετε 1,5 cm που είναι η απόσταση του νήματος πυράκτωσης της λάμπας από το προστατευτικό τζάμι ώστε να προσδιορίζεται με ακρίβεια η απόσταση d της φωτεινής πηγής και του φ.σ.. Η ρύθμιση του ύψους θα γίνει με τη βοήθεια του απλού συνδέσμου στον ορθοστάτη.

3) ΠΡΙΝ τροφοδοτήσετε το λαμπτήρα να συνδέσετε το φ.σ. με το αμπερόμετρο συνεχούς του πολυμέτρου στη περιοχή 200mA (να κληθεί ο επιβλέπων για έλεγχο). Τροφοδοτήστε με τάση 13 V το λαμπτήρα και μετρήσετε την ένταση του ηλ. ρεύματος που διαρρέει το φ.σ. (το οποίο ονομάζεται ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc}). Γράψτε την τιμή στη κατάλληλη θέση του **πίνακα 1** στη γραμμή

με α/α 2. Συμπληρώστε τα υπόλοιπα κελιά της ίδιας γραμμής του **πίνακα 1**. Σβήστε τη λάμπα.

Σημείωση: όσο η λάμπα είναι σβηστή το αμπερόμετρο δείχνει ένα ελάχιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης που οφείλεται στο διάχυτο φωτισμό της αίθουσας. Αυτό το μικρό ρεύμα να το αγνοήσετε σε σχέση με αυτό που εμφανίζεται όταν η λάμπα είναι αναμμένη.

4) Ρυθμίστε την απόσταση d_0 στα 68,5cm μετακινώντας τη σβηστή λάμπα προς τα κάτω με πολύ προσοχή! Εξασφαλίστε τη παραλληλία τζαμιού και φ.σ. και ότι βρίσκονται και τα δύο στην ίδια κατακόρυφο (όπως στο βήμα 1) . Ανάψτε τη λάμπα και επαναλάβετε το βήμα 2. Ακολούθως συμπληρώστε τη γραμμή με α/α 3 του **πίνακα 1**.

5) Να επαναλάβετε το βήμα 2 για όλες τις αποστάσεις d_0 και να συμπληρώσετε τις υπόλοιπες γραμμές του πίνακα χωρίς να ξεχνάτε ότι για κάθε αλλαγή της απόστασης η λάμπα θα πρέπει να είναι σβηστή. Στο τέλος να αποσυνδέσετε το κύκλωμα.

Πίνακας 1				
α/α	Απόσταση d_0 μεταξύ του τζαμιού της λάμπας και επιφάνειας φ.σ. (cm)	$d = d_0 + 0,015$ (m)	$1/d^2$ (m^{-2}) Στρογγυλοποίηση στο 1 ^ο δεκαδικό ψηφίο	Ένταση I_{sc} ηλ. ρεύματος (βραχυκύκλωσης) στο φ.σ. (mA)
1	∞	∞	0	
2	78,5			
3	68,5			
4	58,5			
5	48,5			
6	38,5			
7	28,5			
8	23,5			
9	18,5			
10	13,5			

1^η εφαρμογή: Το φ.σ. ως μετρητής-ελεγκτής μικρών αποστάσεων

1) Στο χαρτί μιλιμετρέ που σας δίδεται να κάνετε τη γραφική παράσταση του I_{sc} ως προς $1/d^2$ φέροντας τη βέλτιστη γραμμή που διέρχεται ανάμεσα από τα πειραματικά σημεία.

2) Η λειτουργία μιας ηλεκτρομηχανολογικής διάταξης ελέγχεται από το συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα ενός φ.σ. ίδιου ακριβώς με αυτό που διαθέτετε. Το αποτέλεσμα θέλουμε να είναι η διατήρηση του κινητού μέρους μιας μηχανής σε απόσταση ασφαλείας d από ένα σταθερό βάθρο στήριξης. Η απόσταση αυτή πρέπει να είναι $d = (0,25 \pm 0,02)$ m. Μελετήστε το γράφημα $I_{sc} - (1/d^2)$ και βρείτε (όχι αλγεβρικά) το διάστημα $[I_1, I_2]$ εντός του οποίου πρέπει να περιέχεται η τιμή του ρεύματος I_{sc} , ($I_1 < I < I_2$) που παράγει το φ.σ. όταν ακριβώς απέναντί του είναι ένας λαμπτήρας 35 W όπως ακριβώς στο πείραμα που κάνατε. Το φ.σ. είναι πακτωμένο πάνω στο κινητό μέρος της μηχανής καθώς πραγματοποιείται ο προηγούμενος έλεγχος.

$I_1 = \dots\dots\dots$ mA

$I_2 = \dots\dots\dots$ mA

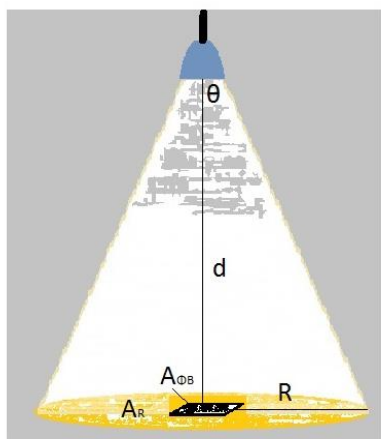
2^η εφαρμογή: Το φ.σ. ως μετρητής της ροής ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας

1) Δεδομένης της απόδοσης του λαμπτήρα αλογόνου (που είναι 10%) μπορούμε να μετράμε την ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας του λαμπτήρα στο επίπεδο του φ.σ. και να βαθμονομήσουμε το φ.σ. ως μετρητή της ροής ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό βρίσκει εφαρμογή στο βέλτιστο προσανατολισμό κατά τη τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πάνελ και ηλιακών θερμοσιφώνων.

Η εικόνα 3 δείχνει το φωτεινό κώνο που παράγεται από την λάμπα . Ο κατασκευαστής δίνει το άνοιγμα του κώνου ίσο με $2\theta=36^\circ$ και επομένως η γωνία θ ισούται με 18° . Αυτός ο κώνος φωτίζει το τραπέζι κατά ένα κύκλο ακτίνας R , εμβαδού $A_R = \pi R^2$. Στο κέντρο του κύκλου είναι τοποθετημένο το φ.σ. για το οποίο φροντίσατε το φως να πέφτει κάθετα. Ζητείται να υπολογιστεί η ροή ισχύος G της φωτεινής ακτινοβολίας σε απόσταση d , όπου οι διάφορες αποστάσεις είναι ίδιες με αυτές στο προηγούμενο πείραμα (δεν χρειάζεται η εκ νέου λειτουργία της διάταξης) όπως επίσης και οι αντίστοιχες τιμές της έντασης I_{sc} του ρεύματος. Επομένως στον **πίνακα 2** θα συμπληρώσετε τη στήλη του ηλ. ρεύματος I_{sc} όπως ακριβώς στο πίνακα 1.

Δίνονται ότι:

α) από το σχήμα $\epsilon\phi\theta=R/d$ με $\epsilon\phi 18^\circ=0,325$ και β) η απόδοση μετατροπής της ηλεκτρικής ισχύος $P_{\eta\lambda}$ σε φωτεινή ισχύ $P_{\phi\omega\tau}$ μέσω της λάμπας είναι **10%**. Μπορείτε τώρα να συμπληρώσετε τα κελιά του **πίνακα 2**.



Εικόνα 3 Φωτεινός κώνος από τη λάμπα αλογόνου . Μέσα σε αυτό το κώνο βρίσκεται το φ.σ. πάνω στο πάγκο εργασίας σε θέση κάθετης πρόσπτωσης του φωτός.

Πίνακας 2					
α/α	d (m)	I_{sc} (mA)	R (m)	A_R (m ²)	G (W/m ²) Στρογγυλοποίηση στη μονάδα
1	∞				
2	0,80				
3	0,70				
4	0,60				
5	0,50				
6	0,40				
7	0,30				
8	0,25				
9	0,20				
10	0,15				

2) Σε χαρτί μιλλιμετρέ να κάνετε τη γραφική παράσταση της ροής ισχύος **G** της φωτεινής ακτινοβολίας ως προς την ένταση I_{sc} του ρεύματος στο φ.σ. και να φέρετε τη βέλτιστη ευθεία γραμμή που διέρχεται ανάμεσα από τα πειραματικά σημεία.

3) Να συνδέσετε το αμπερόμετρο συνεχούς στο φ.σ., όπως προηγουμένως και να το τοποθετήσετε σε οριζόντια επιφάνεια (εξωτερικό μάρμαρο του παραθύρου, ώστε να **μην** παρεμβάλλεται το τζάμι παραθύρου) έτσι ώστε οι ραβδώσεις που φέρει να είναι προς την κατεύθυνση του ήλιου. Γράψτε την ώρα και την τιμή του ρεύματος I_{sc} :

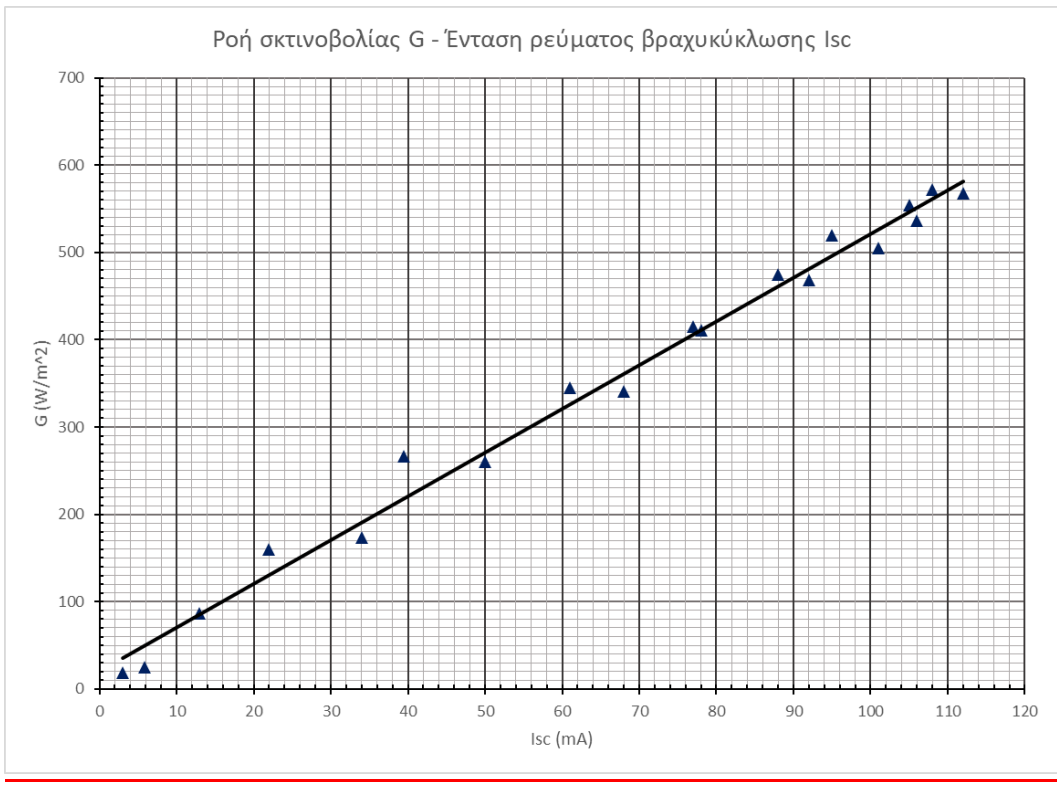
Ωρα (ωω:λλ) :

$I_{sc} = \dots\dots\dots$ mA

4) Από το γράφημα $I_{sc} - G$ που δημιουργήσατε (μιλιομετρέ) να βρείτε τη ροή ισχύος G της ακτινοβολίας του Ήλιου.

$G = \dots\dots\dots W/m^2$

Μελετώντας την εικόνα 4, να βρείτε την αναμενόμενη τιμή G_0 και να υπολογίσετε το % ποσοστό απόκλισης μεταξύ των δύο τιμών, πειραματικής και τυπικής τιμής (εικόνα 4) ως προς την τιμή αυτή. Να εξηγήσετε την πιθανή απόκλιση μεταξύ των τιμών αυτών.



Εικόνα 4. Διάγραμμα βαθμονόμησης του φ.σ. βάσει τιμών του Ακτινομετρικού Σταθμού του Εργαστηρίου Φυσικής της Ατμόσφαιρας Πανεπιστημιούπολη Πατρών.

$G_0 = \dots\dots\dots W/m^2$

ποσοστό % = $\frac{|G_0 - G|}{G_0} \cdot 100\% = \dots\dots\dots$

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ:

1. Ποια τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης της ηλιακής ισχύος στις φωτοβολταϊκές συστοιχίες των διαστημομηχανών ;

Πλεονεκτήματα

Μειονεκτήματα

2. α) Στρέψτε το φ.σ. όσο καλύτερα μπορείτε προς τον Ήλιο (άσχετα αν έχει νεφοκάλυψη, αλλά χωρίς να μεσολαβεί τζάμι παραθύρου). Ο επιβλέπων θα σας υποδείξει το χώρο που θα γίνει αυτό. Μετρήστε την ένταση του ρεύματος βραχυκύκλωσης και τη τάση στα άκρα ανοικτού κυκλώματος (επιλέγοντας ώστε το πολύμετρο να μετράει τάση στην κατάλληλη κλίμακα). Ακολουθώντας υπολογίστε το γινόμενο των δύο προηγούμενων μεγεθών που δίνει μία ένδειξη της μέγιστης ισχύος που μπορεί να αποδώσει το φ.σ.
Έστω P η ισχύς αυτή που υπολογίσατε στο τόπο που βρίσκεστε.

Απάντηση: $I_{sc} = \dots\dots\dots$, $V_{oc} = \dots\dots\dots$, $P = \dots\dots\dots$

β) Επειδή για αποστάσεις της τάξεως Γη - Ήλιος, από τη Γη ο Ήλιος μπορεί να θεωρηθεί σημειακή πηγή ακτινοβολίας, ισχύει η σχέση αναλογίας $G \propto 1/d^2$. Θέλουμε να εφοδιάσουμε μια διαστημομηχανή με συστοιχία φ.σ. που θα παράγει μια ενδεικτική ισχύ όπως αυτή που υπολογίσατε προηγουμένως ίση με $P_{\delta} = 400W$ σε μια απόσταση από τον Ήλιο ίση με 5AU (η απόσταση 1AU είναι ίση με την απόσταση Γης-Ηλίου). Να υποθέσετε ότι βελτιωμένη τεχνική των φ.σ. έχει ελαχιστοποιήσει την επίδραση της θερμοκρασίας στη λειτουργία τους. Η συστοιχία αυτή θα κατασκευαστεί αποκλειστικά από φ.σ. όμοια με αυτά που έχετε. Ποιο θα είναι το εμβαδό της επιφάνειας αυτής της συστοιχίας; Να λάβετε υπόψη σας ότι ο τρόπος που θα συνδεθούν τα φ.σ. μεταξύ τους, θα εξασφαλίσει την αναλογία ανάμεσα στο εμβαδόν και την ενδεικτική ισχύ.

Διαδικασία:

$A_{\delta} = \dots\dots\dots m^2$

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε τη κυρία Φουντά Δήμητρα , κύρια ερευνήτρια του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και τον καθηγητή του ΑΤΕΙ Ζακύνθου κ. Τάσο Καλημέρη για τις πληροφορίες που με μεγάλη προθυμία μας παρείχαν για την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας.

Βιβλιογραφία-Αναφορές

- 1) Η ιδέα γι' αυτό το θέμα της Φυσικής στον Πανελλήνιο διαγωνισμό Νοτίου Ελλάδος EUSO 2020 προήλθε από το Secondary Activity Booklet στη δράση ESA AUTUMN TEACHERS WORKSHOP 2018 με τίτλο POWER FROM SUNLIGHT (σελ. 169-196).
- 2) Αλεξόπουλου Κ.: Οπτική, Αθήνα, 1966
- 3) http://ikee.lib.auth.gr/record/113829/files/Master_Thesis_all.pdf
- 4) <https://stephenstuff.wordpress.com/2013/04/20/understanding-solar-panel-performance/>
- 5) <http://mymeasurements.eu/u/lapup/solar.php?lang=el> Ακτινομετρικός σταθμός – Εργαστήριο Φυσικής της ατμόσφαιρας / Πανεπιστημιούπολη Πατρών
- 6) <http://ionianweather.gr/stations/> Δίκτυο Μετεωρολογικών σταθμών Ιονίου