

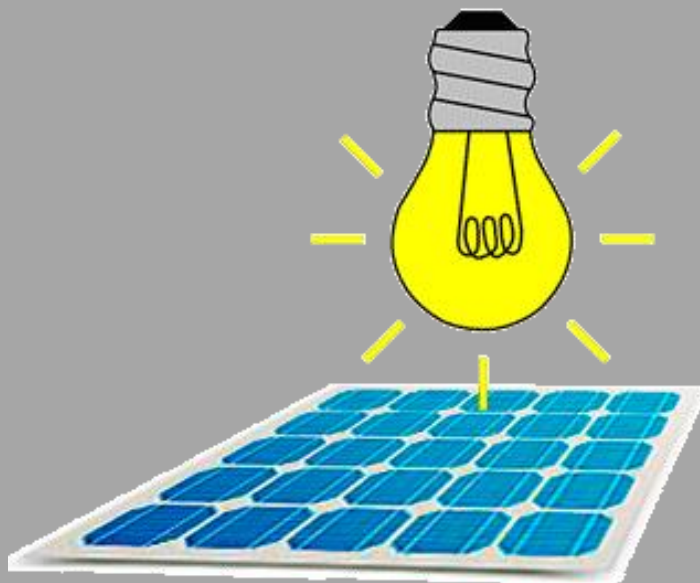
Ράλλειο γυμνάσιο θηλέων Πειραιά
Σχολικό Έτος : 2016-2017
ΤΑΞΗ Γ1β – ομάδα 1η
Μάθημα : Τεχνολογία

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Πώς οι αλλαγές στην ένταση του φωτός , επηρεάζουν την απόδοση των ηλιακών κυττάρων;

ΜΕΛΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ

Πουλάκη Αιμιλία (Συντονίστρια)
Κωστοπούλου Μαρία (Σχεδιάστρια-Κατασκευάστρια)
Μαρκάκη Εμμανουέλα (Συγγραφέας)



Καθηγητής : ΗΡ. ΝΤΟΥΣΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΑ-ΕΝΟΤΗΤΕΣ	ΣΕΛ.
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο: ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	
2α.Περιγραφή του προβλήματος.....	4
2β. Περιγραφή του σκοπού της έρευνας.....	4
2γ.Περιγραφή των κοινωνικών αναγκών που εξυπηρετεί η έρευνα.....	5
2δ.Διαμόρφωση της υπόθεσης της έρευνας.....	6
2ε.Ανάλυση των παραμέτρων που θεωρήθηκαν ότι δεν επηρεάζουν τα αποτελέσματα της έρευνας.....	6
2στ.Περιγραφή των ορίων – περιορισμών της έρευνας.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΥΛΙΚΟ / ΕΝΝΟΙΕΣ-ΟΡΙΣΜΟΙ	
3α. Ιστορική αναδρομή.....	7
3β.Ορισμοί εννοιών.....	8
3γ.Πίνακες –διαγράμματα και φωτογραφίες που σχετίζονται με την έρευνα.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
4α. Σχεδιασμός πειραματικής διάταξης – αιτιολόγηση επιλογών.....	11
4β. Διάγραμμα διαδικασίας του πειράματος.....	12
4γ. Εκτέλεση και φωτογραφίες του πειράματος.....	12
4δ. Κατάλογος υλικών- συσκευών- μηχανών-εργαλείων πειράματος και εκτίμησης κόστους της έρευνας	13
4ε. Παρουσίαση δεδομένων –μετρήσεων.....	13
4στ. Ανάλυση αποτελεσμάτων - Γραφήματα.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΑΠΟ ΑΛΛΟΥΣ ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ.....	15
ΠΗΓΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ	

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ομάδα μας επέλεξε το συγκεκριμένο θέμα έρευνας, με αφορμή τις πολλές αναφορές που γίνονται στη τεχνολογία των συστημάτων και εφαρμογών με ηλιακά κύτταρα τα τελευταία χρόνια, στα διάφορα μέσα ενημέρωσης. Θεωρήσαμε ότι με την επιλογή μίας έρευνας που να σχετίζεται με την απόδοση των ηλιακών κυττάρων, θα είχαμε την ευκαιρία, όπως και έγινε, να γνωρίσουμε πολλές χρήσιμες πληροφορίες για την τεχνολογία τους και να έρθουμε σε επαφή με ερωτήματα που τίθενται για την αποτελεσματικότερη λειτουργία τους.

Στην γραπτή έκθεσή μας θα σας παρουσιάσουμε, θεωρητικό υλικό από τις έννοιες – ορισμούς και την ιστορία των ηλιακών κυττάρων.



Εικόνα 1

Στο πειραματικό μέρος θα σας δείξουμε, μέσα από μία πειραματική διάταξη που σχηματίσαμε, την επίδραση που έχει η ένταση του φωτισμού στην απόδοση των ηλιακών κυττάρων.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο:
ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ**

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ		ΕΒΔΟΜΑΔΕΣ										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	ΕΚΛΟΓΗ ΘΕΜΑΤΟΣ	■										
2	ΠΡΟΛΟΓΟΣ		■									
3	ΣΥΛΛΟΓΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ		■									
4	ΣΥΛΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ-ΣΥΣΚΕΥΩΝ-ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ			■	■							
5	ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ				■	■						
6	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ					■						
7	ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ						■					
8	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ						■					
9	ΣΥΓΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		■	■	■	■	■	■				
10	ΧΑΡΤΟΝΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ								■			
11	ΣΕΜΙΝΑΡΙΑ										■	
12	ΑΥΤΟ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ											■

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

2α. Περιγραφή του προβλήματος

Ηλιακά κύτταρα είναι ηλεκτρονικές συσκευές που μπορούν να μετατρέψουν το φως σε ηλεκτρική ενέργεια. Ηλιακά κύτταρα είναι συσκευή που αποτελείται από ημιαγωγούς (φτιαγμένους από ημιαγωγιμα υλικά τα οποία έχουν την ιδιότητα της φωτοαγωγιμότητας, να απορροφούν δηλαδή φωτόνια και να μεταδίδουν την ενέργεια τους αυτή σε χωριστά ηλεκτρόνια.), που σημαίνει ότι έχουν ιδιότητες που είναι ενδιάμεσο μεταξύ ενός αγωγού και μονωτικού υλικού. Το πυρίτιο είναι το πιο συχνό υλικό που χρησιμοποιείται στη κατασκευή ημιαγωγών για οικονομικούς και τεχνικούς λόγους.

Όταν το φως πέσει στο κύτταρο, ένα μέρος του απορροφάται από τον ημιαγωγό. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια του φωτός μεταφέρεται στον ημιαγωγό. Η ενέργεια αυτή ελευθερώνει ηλεκτρόνια τα οποία κινούνται ελεύθερα μέσα στον ημιαγωγό. Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα έχουν επίσης ένα ή περισσότερα ηλεκτρικά πεδία που υποχρεώνουν τα ελευθερωμένα ηλεκτρόνια να κινούνται προς μία κατεύθυνση. Η κίνηση των ηλεκτρονίων είναι το ηλεκτρικό ρεύμα και με την τοποθέτηση μεταλλικών επαφών πάνω και κάτω από το κύτταρο το βγάζουμε για εξωτερική χρήση. Αυτό το ρεύμα μαζί με την τάση του φωτοβολταϊκού κυττάρου (που είναι αποτέλεσμα των ηλεκτρικών πεδίων του κυττάρου) καθορίζει την ισχύ του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγει το κύτταρο.

Μικρά ηλιακά κύτταρα, όπως αυτό που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα μας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κυκλώματα, για να φορτισθούν μπαταρίες- αριθμομηχανές, ή να ανάψει ένα LED (δίοδος εκπομπής φωτός).

Η έρευνά μας στηρίζεται στην προσπάθεια να μετρηθεί η επίδραση της αλλαγής έντασης του φωτός στη τιμή της ηλεκτρικής τάση που παράγεται από το ηλιακό κύτταρο

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο τεχνολογίας, με την χρήση ενός φωτιστικού και 3 λαμπτήρων φωτισμού διαφορετικής ισχύος και με τη βοήθεια πολύμετρου (χρήση ως βολτομέτρου), μετρήθηκε η τιμή της τάσης που εξάγεται από το ηλιακό κύτταρο.

Καθορισμός μεταβλητών :Οι μεταβλητές του πειράματος είναι οι εξής:

Ανεξάρτητη: Η τιμή της ηλεκτρικής ισχύος κάθε λαμπτήρα.

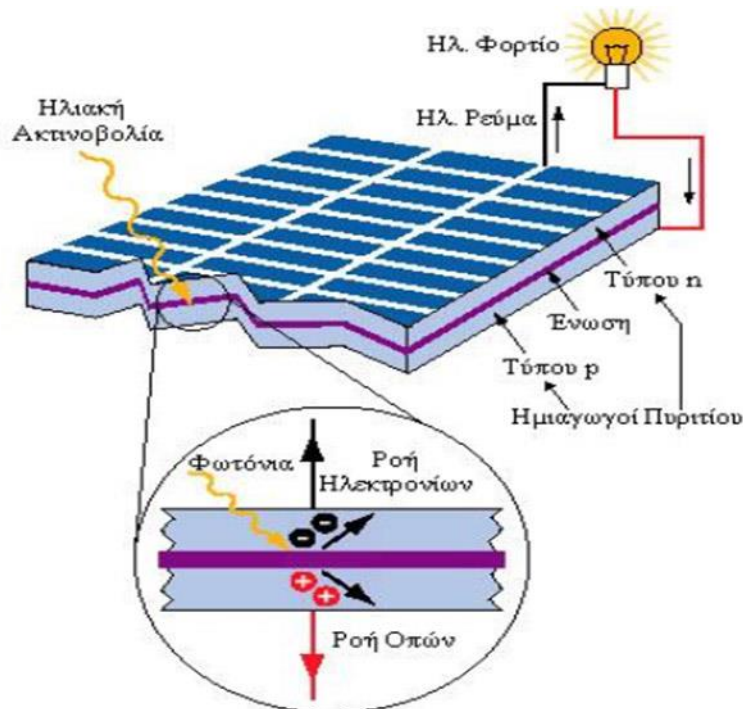
Εξαρτημένη: Η τιμή της ηλεκτρικής τάσης που παράγει το ηλιακό κύτταρο.

Σταθερές:

- Η απόσταση του φωτιστικού από το ηλιακό πάνελ
- Η σταθερή γωνία πρόσπτωσης του φωτός στην επιφάνεια της ηλιακής κυψέλης (90°)
- Το μέγεθος της επιφανείας του ηλιακού κυττάρου
- Το είδος του φωτιστικού

2β. Περιγραφή του σκοπού της έρευνας

Είναι να προσδιορισθεί πώς οι αλλαγές στην ένταση του φωτός που πέφτει κάθετα στην επιφάνεια ενός ηλιακού πάνελ, επηρεάζει την απόδοσή του.



Εικόνα 2 : Τα μέρη ενός ηλιακού κυττάρου.

2γ. Περιγραφή των κοινωνικών αναγκών που εξυπηρετεί η έρευνα

Με την ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην χώρα μας, αναμένονται σημαντικά κοινωνικά οφέλη, όπως:

Μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος και οικολογική ευαισθητοποίηση: Τα φωτοβολταϊκά συστήματα σήμερα αποτελούν μια από τις πλέον γνωστές τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Βασίζονται στην αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας, με μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά την λειτουργία τους. Είναι μια εξαιρετικά αξιόπιστη τεχνολογία η οποία έχει κάνει σημαντικά βήματα στο επίπεδο της ανάπτυξης της σε παγκόσμιο επίπεδο τα τελευταία χρόνια. Για την χώρα μας τα φωτοβολταϊκά είναι ακόμα πιο ελκυστικά καθώς η ηλιοφάνεια είναι κάτι που μας προσφέρεται απλόχερα.

Πέραν της αξιοποίησης μιας ανανεώσιμης πηγής ενέργειας όπως η ηλιακή ακτινοβολία, ένα βασικό χαρακτηριστικό των φωτοβολταϊκών μονάδων που αξίζει να τονιστεί είναι ότι η ενέργεια που παράγεται είναι απολύτως καθαρή, καθώς δεν εκπέμπονται ρύποι, το πυρίτιο που χρησιμοποιείται είναι μη τοξικό και η ενέργεια που καταναλίσκεται για την κατασκευή τους αποσβένεται από την ενέργεια που παράγουν σε περίπου 2 χρόνια λειτουργίας τους. Ο δε χρόνος ζωής των μονάδων υπερβαίνει τα 25 χρόνια.

Το συνολικό όφελος για το περιβάλλον είναι σημαντικό αν σκεφτούμε ότι για κάθε 1 kW εγκατεστημένης φωτοβολταϊκής μονάδας κάθε χρόνο αποφεύγονται εκπομπές 1,4 τόνων διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό πρακτικά μεταφράζεται σε 500 λίτρα πετρελαίου ή σε 1500(!) τετραγωνικά μέτρα δάσους ή 75 δέντρα.

Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ποικίλες λύσεις κάθε κλίμακας καλύπτοντας είτε τις ανάγκες του περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένου καταναλωτή (οικιακή εφαρμογή) είτε τις μερικές ή ολικές ενεργειακές ανάγκες μίας επιχείρησης που ενδιαφέρεται να εγκαταστήσει μία φωτοβολταϊκή μονάδα (βιομηχανική εφαρμογή).

Σημαντική μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα: Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας για τη θέρμανση χώρων (κατοικιών και γραφείων), τα μέσα μεταφοράς, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για τη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων. Με την πρόοδο της οικονομίας και την αύξηση του βιοτικού επιπέδου, η ενεργειακή ζήτηση αυξάνεται ολοένα. Στις μέρες μας, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιούμε προέρχεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας που είναι το πετρέλαιο η βενζίνη και ο άνθρακας, που κυρίως το πετρέλαιο εισάγεται και είναι ακριβό αγαθό, προκαλώντας στη χώρα μας, οικονομική και όχι μόνο, εξάρτηση στη κάλυψη των ενεργειακών της αναγκών. Τέλος πρόκειται, για μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που αργά η γρήγορα θα εξαντληθούν.

Από την άλλη πλευρά, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), όπως είναι η ηλιακή ενέργεια, ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο δυναμικό ηλιακής ενέργειας, η οποία αν αξιοποιηθεί μέσω διαφόρων εφαρμογών, όπως είναι και τα ηλιακά κύτταρα, μπορεί να προσφέρει μια ρεαλιστική εναλλακτική λύση για την κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών.

Εξαγωγή προϊόντων και τεχνογνωσίας: Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας - ΚΑΠΕ είναι το Εθνικό Συντονιστικό Κέντρο για την προώθηση των ΑΠΕ και της Εξοικονόμησης Ενέργειας. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στην υποστήριξη της Ελληνικής Βιομηχανίας και των Τεχνικών Εταιρειών μέσω των εργαστηριακών υποδομών του ΚΑΠΕ για την πιστοποίηση και τον έλεγχο προϊόντων και συστημάτων δόμησης.

Στο ΚΑΠΕ υλοποιούνται σήμερα πιλοτικά κατασκευαστικά έργα ΑΠΕ και ΕΞΕ, στην Ελλάδα, αλλά και τρίτες χώρες, με χρηματοδότηση από εθνικούς και ευρωπαϊκούς πόρους αναπτυξιακής βοήθειας, διασυνοριακής συνεργασίας και διαρθρωτικών ταμείων (EuropeAid, INTERREG, MED, ΕΣΠΑ). Έμφαση δίνεται σε έργα ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων δημόσιου χαρακτήρα υψηλής χρηστικότητας, καθώς και σε κτίρια κοινωνικού χαρακτήρα αλλά και ιδιωτικά κτίρια που κατοικούνται από ομάδες χαμηλού εισοδήματος.

Η τεχνολογία / τεχνογνωσία που παράγεται ή που διαχειρίζεται το ΚΑΠΕ, βρίσκει σήμερα εφαρμογή σε πραγματικά ολοκληρωμένα καινοτόμα έργα που απαντούν σε σημαντικές ενεργειακές, περιβαλλοντικές, αναπτυξιακές και κοινωνικές ανάγκες. Στόχος του ΚΑΠΕ παραμένει διαχρονικά η

προαγωγή των πράσινων τεχνολογιών, η προστασία του περιβάλλοντος και η παροχή υψηλού επιπέδου, χρησιμών και ουσιαστικών υπηρεσιών στην ελληνική πολιτεία, στην κοινωνία και την οικονομία.

Στρατηγικός στόχος του ΚΑΠΕ επίσης είναι , μέσω της συμμετοχής στην πρωτογενή ανάπτυξη αυτών των καινοτόμων εργαλείων να αποκτήσει τεχνογνωσία αιχμής, να διευρύνει τον κύκλο των παρεχόμενων υπηρεσιών και προϊόντων του και να «πρωταγωνιστήσει» άμεσα στην εφαρμογή τους στην αγορά, δίνοντας έτσι σημαντική ώθηση στην αποκεντρωμένη παραγωγή αλλά και την εξοικονόμηση ενέργειας .

Αύξηση των επενδύσεων και κατά συνέπεια της απασχόλησης : Η δυναμική στην ευρωπαϊκή αγορά ηλεκτρικής ενέργειας θέτει όλο και περισσότερες προκλήσεις. Οι τιμές χονδρικής έχουν μειωθεί κατά το ήμισυ τα τελευταία πέντε χρόνια, με αποτέλεσμα σημαντικές απώλειες για τις εταιρείες κοινής ωφελείας. Ως επακόλουθο, αυξάνονται οι επενδύσεις σε πιο κερδοφόρα ρυθμιζόμενα δίκτυα και επιχειρήσεις ΑΠΕ και μειώνονται αυτές σε συμβατικές μονάδες παραγωγής.

Η χώρα μας με την ιδιαίτερη ανάπτυξη του φωτοβολταϊκού τομέα των τελευταίων ετών, έφτασε στην κορύφωση το 2013 (στη δεύτερη θέση διεθνώς), όσον αφορά τη συμβολή των φωτοβολταϊκών στη συνολική κατανάλωση ενέργειας (6,7% της συνολικής εγχώριας κατανάλωσης) και στην πέμπτη, όσον αφορά την κατά κεφαλήν εγκατεστημένη ισχύ φωτοβολταϊκών.

2δ. Διαμόρφωση της υπόθεσης της έρευνας

Αν η ένταση του φωτός που πέφτει κάθετα, στην επιφάνεια ενός ηλιακού κυττάρου αυξηθεί , τότε θα αυξηθεί και η ηλεκτρική τάση που παράγεται απ' αυτό.

2ε. Ανάλυση των παραμέτρων που θεωρήθηκαν ότι δεν επηρεάζουν τα αποτελέσματα της έρευνας

Σαν παραμέτρους που προσδιορίσαμε , με κάθε επιφύλαξη , ότι δεν επηρέασαν τα αποτελέσματα της έρευνας, είναι οι παρακάτω :

- Η διάμετρος των καλωδίων σύνδεσης με την συσκευή μέτρησης (πολύμετρο)
- Η θερμοκρασία και η υγρασία που επικρατούσε στην αίθουσα του εργαστηρίου και ο πάγκος εργασίας που πραγματοποιήθηκε το πείραμα
- Το είδος του φωτιστικού που χρησιμοποιήθηκε στα πειράματα.

2στ. Περιγραφή των ορίων – περιορισμών της έρευνας

Στα πειράματα που πραγματοποιήσαμε εντοπίσαμε κάποια όρια και περιορισμούς που πιθανά να μειώνουν την αξιοπιστία της έρευνας , αλλά θεωρούμε ότι και σαν πληροφορίες θα είναι δυνατό να αξιοποιηθούν σε νέες αντίστοιχες έρευνες , όπως :

- 🏠 Ο ακριβής προσδιορισμός της μέσης τιμής της τάσης του πολύμετρου
- 🏠 Η επίδραση του φωτισμού της αίθουσας , αν και πραγματοποιήσαμε τις μετρήσεις α) χωρίς αναμμένα φώτα και β) με κλειστές κουρτίνες για τον περιορισμό του εξωτερικού φωτισμού , ίσως επηρέασε τις μετρήσεις μας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο: ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΥΛΙΚΟ / ΕΝΝΟΙΕΣ-ΟΡΙΣΜΟΙ

3α. Ιστορική αναδρομή

Η έρευνα για το φωτοβολταϊκό φαινόμενο ξεκίνησε από το Γάλλο φυσικό Edmond Becquerel, το 1839. Ο Becquerel παρατήρησε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα ηλεκτρόδιο πλατίνας αυξάνεται, υπό την παρουσία φωτός, όταν αυτό είναι βυθισμένο σε ηλεκτρολύτη. Εκτίμηση της απόδοσης φωτοβολταϊκού με τη χρήση συστήματος παρακολούθησης του ηλίου και αξιολόγησή του. Μετά από 45 χρόνια περίπου, ο Charles Fritz, το 1883, κατασκευάζει το πρώτο φωτοβολταϊκό στοιχείο χωρίς τη χρήση χημικών διαλυμάτων, χρησιμοποιώντας κρύσταλλο από το υλικό σελήνιο (Se). Η απόδοση του στοιχείου ήταν 1%.

Νωρίτερα, δυο επιστήμονες του Cambridge, οι Adams και Day, το 1877, είχαν παρατηρήσει αυξομειώσεις στις ηλεκτρικές ιδιότητες του σεληνίου, όταν αυτό εκτίθεται στον ήλιο. Όπως είναι φυσικό, χωρίς την κατανόηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου, η απόδοση του φωτοβολταϊκού στοιχείου, θα παρέμενε μικρή και μόνο η ερμηνεία του φαινομένου αυτού, θα βοηθούσε στην βελτίωση της.

Ο Albert Einstein γράφει την πληρέστερη θεωρία γύρω από το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, το 1904. Για αυτήν τη θεωρητική του εξήγηση τιμήθηκε με βραβείο Nobel, το 1921. Η θεωρία γύρω από το ηλιακό φωτοβολταϊκό στοιχείο, ολοκληρώθηκε από τον Schottky, το 1930, ο οποίος ασχολήθηκε με τον σχηματισμό των ημιαγωγών. Όπως ήταν φυσικό, με την κατανόηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου, η απόδοση των ηλιακών στοιχείων έφτασε στο 6%, το 1953, από τους Chapin, Pearson και Fuller, χρησιμοποιώντας ηλιακή κυψέλη πυριτίου (Si). Έτσι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αρχίζουν να βρίσκουν εξειδικευμένες εφαρμογές.

Πράγματι, το 1958 οι Ηνωμένες Πολιτείες, χρησιμοποίησαν φωτοβολταϊκά πλαίσια στο τεχνητό δορυφόρο, Vanguard I, για την παροχή βοηθητικής πηγής ενέργειας. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια πέτυχαν να τροφοδοτήσουν με ηλεκτρική ενέργεια το πομπό, μάλιστα εξακολούθησαν να λειτουργούν για ακόμη έξι συνολικά χρονιά. Ο ίδιος ο δορυφόρος χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία για τα επόμενα 40 χρόνια. Η παραπάνω πετυχημένη δοκιμή, ήταν η αφορμή, από το 1969 και μετά, όλοι οι τεχνητοί δορυφόροι, τόσο από της Ηνωμένες Πολιτείες, όσο και από τη πρώην Σοβιετική Ένωση, να έχουν σαν κύρια πηγή ενέργειας τα ηλιακά στοιχεία.

Μια άλλη επανάσταση στη τεχνολογία των φωτοβολταϊκών είναι η κατασκευή τους, με τη χρήση άμορφου πυριτίου. Το 1976 οι Calson και Wronski, κατασκευάζουν ηλιακό στοιχείο από άμορφο πυρίτιο, με πολύ μικρή απόδοση 0,01%. Παρόλο το υψηλό κόστος κατασκευής ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου, η παγκόσμια παραγωγή ισχύος από φωτοβολταϊκά συστήματα σχεδόν φθάνει τα 1000 MW το 1999, ενώ μέσα σε 8 χρόνια η ισχύς αυτή εννεαπλασιάζεται. Σήμερα οι ηλιακές κυψέλες φθάνουν σε απόδοση του 18% του προσπίπτοντος σε αυτές ηλιακού φωτός. Τα εμπορικά ηλιακά στοιχεία κατασκευάζονται, με διάφορες τεχνολογίες, όπως αυτή του πυριτίου (μονοκρυσταλικό, πολυκρυσταλικό) αλλά και του λεπτού φιλμ (άμορφο). Επίσης χρησιμοποιούνται άλλα φωτοευαίσθητα υλικά, όπως δισεληνιούχος ινδικός χαλκός (C₆H₅Se₂) και τελλουριούχο κάδμιο (CdTe).

Μια από τις πιο σημαντικές εφαρμογές των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι η συμπληρωματική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Πράγματι, εδώ και πολλά χρόνια στην Βόρεια Αμερική πολλές εταιρίες παραγωγής ενέργειας υποστηρίζουν τα φορτία κλιματισμού τους θερινούς μήνες με ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα πρώτα βήματα στο τομέα αυτό ξεκίνησαν στην Ευρώπη, το 2000, κυρίως με προγράμματα στήριξης της αρχικής επένδυσης και της αποδιδόμενης στο ηλεκτρικό δίκτυο ενέργειας. Η στήριξη της αρχικής επένδυσης είχε θετικά αποτελέσματα στην Γερμανία αυξάνοντας την εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ από Φ/Β συστήματα.

Λαμβάνοντας υπόψη, το θετικό αποτέλεσμα της προσπάθειας της Γερμανίας, η Ελλάδα στηρίζει την εγκατάσταση Φ/Β με διάφορα προγράμματα, όπως η 3η προκήρυξη του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ενέργειας (ΚΠΣ-2), που αφορούσε επενδύσεις επιχειρήσεων σε Φ/Β συστήματα στην Κρήτη, με επιδότηση 70%, όσο και με το πρόγραμμα ΕΠΑΝ του Γ' Κοινοτικού πλαισίου για στήριξη

αυτόνομων υβριδικών Φ/Β συστημάτων . Πλέον τώρα, παγκοσμίως όλο και περισσότερα Φ/Β συστήματα είναι ενσωματωμένα σε κτίρια και είναι συνδεδεμένα με το ηλεκτρικό δίκτυο. Ευρέως διαδεδομένη είναι και η χρήση αυτόνομων Φ/Β συστημάτων για την βελτίωση της ποιότητας της ζωής σε απομακρυσμένες περιοχές, που δεν υπάρχει πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια. Τέλος στην αγορά εμφανίζονται όλο και περισσότερα καταναλωτικά προϊόντα όπως αριθμομηχανές, ρολόγια κλπ. που χρησιμοποιούν μια Φ/Β κυψέλη.

3β.Ορισμοί εννοιών

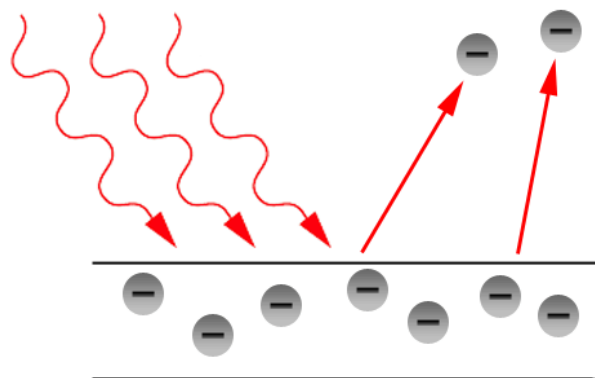
Στην έρευνά μας οι έννοιες των μεταβλητών που μελετήσαμε ,ήταν οι εξής :

Ημιαγωγός: είναι κάθε υλικό που έχει ειδική αντίσταση με τιμές ανάμεσα σε αυτές των μονωτών (μεγάλη) και των αγωγών (μικρή) και που εμφανίζει ραγδαία μείωση της ειδικής του αντίστασης με την αύξηση της θερμοκρασίας του. Ένας ημιαγωγός, όπως το πυρίτιο, στην καθαρή κρυσταλλική του μορφή, είναι καλός μονωτής. Ωστόσο, όταν έστω και ένα άτομο μέσα σε εκατομμύρια αντικατασταθεί από μία πρόσμιξη (φωσφόρος ή αρσενικό) που προσθέτει ένα ηλεκτρόνιο από την κρυσταλλική δομή τότε η αγωγιμότητά τους αυξάνεται θεαματικά. Το ίδιο συμβαίνει αν η πρόσμιξη γίνει με άτομο που αφαιρεί ηλεκτρόνιο (βόριο, αργίλιο ή γάλλιο). Στην πρώτη περίπτωση, προκύπτει ημιαγωγός τύπου n (n από negative καθώς έχουμε παραπάνω ηλεκτρόνια άρα και φορείς αρνητικού φορτίου) και στη δεύτερη τύπου p (p από positive καθώς έχουμε επιπλέον οπές που δηλώνουν απουσία ηλεκτρονίων άρα ύπαρξη θετικού φορτίου). Αυτός ο τρόπος πρόσμιξης ονομάζεται doping (νόθευση).

Ηλιακό κύτταρο (ονομάζεται επίσης φωτοβολταϊκό κύτταρο) : Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα είναι φτιαγμένα από ειδικά υλικά, όπως το πυρίτιο (το πιο συνηθισμένο προς το παρόν) που λέγονται ημιαγωγοί. Όταν το φως πέσει στο κύτταρο, ένα μέρος του απορροφάται από τον ημιαγωγό. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια του φωτός μεταφέρεται στον ημιαγωγό. Η ενέργεια αυτή ελευθερώνει ηλεκτρόνια τα οποία κινούνται ελεύθερα μέσα στον ημιαγωγό. Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα έχουν επίσης ένα ή περισσότερα ηλεκτρικά πεδία που υποχρεώνουν τα ελευθερωμένα ηλεκτρόνια να κινούνται προς μία κατεύθυνση. Η κίνηση των ηλεκτρονίων είναι το ηλεκτρικό ρεύμα και με την τοποθέτηση μεταλλικών επαφών πάνω και κάτω από το κύτταρο το βγάζουμε για εξωτερική χρήση. Αυτό το ρεύμα μαζί με την τάση του φωτοβολταϊκού κυττάρου (που είναι αποτέλεσμα των ηλεκτρικών πεδίων του κυττάρου) καθορίζει την ισχύ του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγει το κύτταρο.

Κάθε Φ/Β κύτταρο αποτελείται από τουλάχιστον δύο στρώματα ημιαγωγών με διαφορετικά φορτία. Πιο συγκεκριμένα αποτελείται από ένα θετικά φορτισμένο στρώμα (συνήθως πυρίτιο με κάποιες νοθεύσεις βορίου) και ένα αρνητικά φορτισμένο στρώμα (συνήθως πυρίτιο με κάποιες νοθεύσεις φωσφόρου). Όσο τα φωτοβολταϊκά κύτταρα είναι εκτεθειμένα σε ακτινοβολία, τόσο περισσότερα φωτόνια απορροφούνται από το κύτταρο. Στο σημείο επαφής του θετικά και αρνητικά φορτισμένου στρώματος, παράγεται ηλεκτρικό πεδίο. Χάσμα ζώνης είναι η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται για να αποδεσμευτεί ένα ηλεκτρόνιο από το άτομο και να το μεταφερθεί στην ζώνη αγωγιμότητας, συμμετέχοντας έτσι στην δημιουργία ρεύματος.

Έτσι φωτόνια με μεγαλύτερη ή ίση ενέργεια με το χάσμα ζώνης (band gap) επιτρέπουν στα ηλεκτρόνια να ελευθερωθεί και μια οπή να δημιουργηθεί. Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια λόγω των διαφορετικά φορτισμένων στρωμάτων κινούνται προς μια κατεύθυνση μέσα στον ημιαγωγό. Η κίνηση αυτή των ηλεκτρονίων είναι το ηλεκτρικό ρεύμα. (εικ.2)



Εικόνα 3 : Φωτοηλεκτρικό Φαινόμενο.
Η προσπίπτουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στα αριστερά εξάγει ηλεκτρόνια από την επιφάνεια του μετάλλου δεξιά.

Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο:
 Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο είναι μια κβαντική διεργασία κατά την οποία απελευθερώνονται ηλεκτρόνια από μια επιφάνεια αγωγού όταν προσπέσει σε αυτή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, συχνότητας τέτοιας ώστε τα ηλεκτρόνια να κατορθώσουν να υπερπηδήσουν το φράγμα

δυναμικής ενέργειας που τα συγκρατεί στην επιφάνεια αυτή. Τα ηλεκτρόνια που εκπέμπονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα. Εφαρμογές του φωτοηλεκτρικού φαινομένου απαντώνται στα φωτοκύτταρα ή φωτοστοιχεία, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, τα ηλιακά στοιχεία κ.ά.

Ηλεκτρική τάση : ή Διαφορά Δυναμικού V αναφέρεται σε δύο άκρα ενός αγωγού ή οποιουδήποτε ηλεκτρικού εξαρτήματος και προκαλεί την εμφάνιση ηλεκτρικού ρεύματος, αρκεί η αγωγή διαδρομή που ενώνει τα δύο αυτά σημεία να μην διακοπεί. Ηλεκτρική τάση μπορεί να υπάρχει ανάμεσα σε δύο σημεία ακόμα κι αν αυτά δε συνδέονται από αγωγή διαδρομή και δεν εμφανίζεται ηλεκτρικό ρεύμα, για παράδειγμα στους πόλους μιας μπαταρίας που δεν έχει συνδεθεί σε κύκλωμα. Η μονάδα μέτρησης είναι το 1Volt

Φως : ονομάζεται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που ανιχνεύεται από το ανθρώπινο μάτι (οφθαλμό) και που εκλαμβάνεται ως αίσθηση (αντίληψη) αυτής . Συνεπώς είναι το αίτιο της όρασης.

Όμως η αντίληψη αυτή του "ορατού" φωτός αποτελεί τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Καλύπτει ένα εύρος μηκών κύματος που «μεταφράζονται», από το μάτι, στα χρώματα του φωτεινού φάσματος (δηλαδή στα χρώματα του ουράνιου τόξου).

Ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες το φως εκδηλώνει ιδιότητες είτε φωτεινού κύματος, (φωτεινή ακτίνα), είτε δέσμης σωματιδίων, (φωτεινή δέσμη ή δέσμες). Τα στοιχειώδη σωματίδια-κύματα (κβάντα) φωτός ονομάζονται φωτόνια.

Λάμπα πυρακτώσεως: είναι γνωστή συσκευή παραγωγής φωτός που εφευρέθηκε από τον Αμερικανό Τόμας Έντισον, τον οποίο παρουσίασε για πρώτη φορά στις 31 Δεκεμβρίου του 1879.

Ο λαμπτήρας πυράκτωσης περιλαμβάνει ένα λεπτό μεταλλικό νήμα, από βαρύ, δύστηκτο μέταλλο, συνήθως βολφράμιο, τυλιγμένο σε σπείρες. Αυτό φέρεται από τις άκρες του συγκολλημένο σε δύο παχύτερα σύρματα από όπου εφαρμόζεται η ηλεκτρική τάση η οποία θέτει τα ηλεκτρικά φορτία σε κίνηση η οποία εξαναγκάζει το νήμα να φωτοβολεί από τη θέρμανσή του. Όταν το μήκος του νήματος είναι μεγαλύτερο των 2 cm τότε αυτό συγκρατείται και ενδιάμεσα από μη ηλεκτροφόρα σύρματα σε ακτινική διάταξη. Η κατασκευή αυτή περικλείεται σε γυάλινη σφαιρική ή ελλειπτική φύσιγγα χαμηλής πίεσης αερίου.

Η φύσιγγα αυτή σε λαμπτήρες μικρής ισχύος είναι αερόκενη, ή σε λαμπτήρες μεγάλης ισχύος περιέχει αδρανές αέριο, συνήθως άζωτο. Ο λαμπτήρας μπορεί να διαθέτει βιδωτή επαφή που συνδέεται με τον έναν πόλο και μια επαφή στην βάση που συνδέεται με τον άλλο πόλο. Η όλη διάταξη περιέχεται σε στήριγμα από πορσελάνη.



Εικόνα 4: Τυπικός λαμπτήρας πυρακτώσεως

3γ.Πίνακες –διαγράμματα και φωτογραφίες που σχετίζονται με την έρευνα

Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών			
ΤΥΠΟΣ	'Λεπτού υμενίου' ή 'Thin Film'	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση ανά μονάδα επιφάνειας	a-Si: 4,5-6,5% μ-Si: 8-9% CIS-CIGS: 6-12% CdTe: 6-11%	11-16%	11-19%

Εικόνα 5

Απώλειες από σκίαση



Τρόπος σκίασης	Σκίαση (%)	Ενδεικτική απώλεια ισχύος (1 string x 9 modules)	Ενδεικτική απώλεια ισχύος (3 string x 3 modules)
	0,15%	-3,7%	-1,7%
	2,6%	-16,7%	-7%
	11,1%	-36,5%	-30,5%
	12,5%	-18,3%	-17%

Εικόνα 6



Εικόνα 7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4α. Σχεδιασμός πειραματικής διάταξης – αιτιολόγηση επιλογών

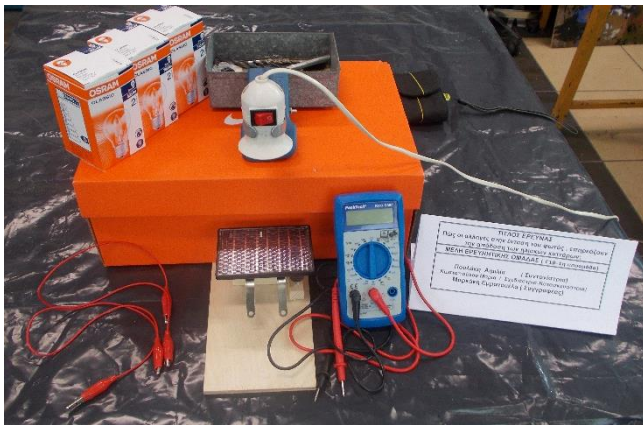
Τα βήματα που ακολουθήσαμε για το σχεδιασμό εκτέλεσης το πειράματος μας , έχουν ως εξής :

Βήμα 1ο : Συγκεντρώσαμε όλα τα απαραίτητα υλικά , εργαλεία και συσκευές και τα τοποθετήσαμε στο πάγκο του εργαστηρίου τεχνολογίας , που θα πραγματοποιηθεί το πείραμα.

Βήμα 2ο : Ένα μέλος της ομάδας έφερε ένα φορητό φωτιστικό. Το τοποθετήσαμε πάνω σε ένα κουτί παπουτσιών , που υπήρχε στο εργαστήριο και στο στηρίξαμε μ' ένα μεταλλικό κουτί με εργαλεία. Τοποθετήσαμε τη λάμπα οικονομίας 40 W στο φωτιστικό.

Βήμα 3ο : Αξιοποιήσαμε μία κατασκευή με ηλιακό κύτταρο που υπήρχε στο εργαστήριο και το τοποθετήσαμε σε τέτοια θέση που το φως του λαμπήρα να πέφτει κάθετα στην επιφάνεια του. Η απόσταση λαμπήρα και ηλιακού πάνελ μετρήθηκε στα 5 εκ.

Η πειραματική μας διάταξη ολοκληρώθηκε και πλέον είμαστε έτοιμες για το πείραμα (ενότητα 4γ).



Εικόνα 8 :

**Απαιτούμενος εξοπλισμός πειράματος.
Τοποθέτηση και στήριξη φωτιστικού σε θέση
κάθετη προς το ηλιακό κύτταρο.**



**Εικόνα 9 : Μέτρηση απόστασης ηλιακού
κυττάρου και λάμπας (5 εκ.)**

4β. Διάγραμμα διαδικασίας του πειράματος

1. Συγκέντρωση των υλικών. Τοποθέτηση και στήριξη φορητού φωτιστικού στο πάνω μέρος κουτιού παπουτσιών, σε τέτοια θέση ώστε μετά την σύνδεση των λαμπτήρων, το φως τους, να πέφτει κάθετα προς την επιφάνεια των ηλιακών κυττάρων, από απόσταση 5 εκ.

2. Αρχικά μετράμε την τάση του φωτοβολταϊκού, χωρίς την πρόσπτωση του φωτός των λαμπτήρων. Συνεχίσαμε, με σύνδεση του 1ου λαμπτήρα οικονομίας, ηλεκτρικής ισχύος 40W, στο φωτιστικό και ελέγχουμε την κάθετη πρόσπτωση των ακτίνων του φωτός στην επιφάνεια του ηλιακού κυττάρου. Έπειτα από 15 sec, που χρονομετρήθηκαν με κινητό τηλέφωνο λαμβάνουμε την τιμή της ηλεκτρικής τάσης του ηλιακού κυττάρου

3. Συνεχίζουμε τις μετρήσεις με την ίδια διαδικασία, για τους 2 υπόλοιπους λαμπτήρες, ισχύος 60W και 75W

4. Σχηματίζουμε πίνακα τιμών για τα 2 πειράματά μας και εξάγουμε την μέση τιμή της ηλεκτρικής τάσης του ηλιακού κυττάρου για κάθε ένα λαμπτήρα.

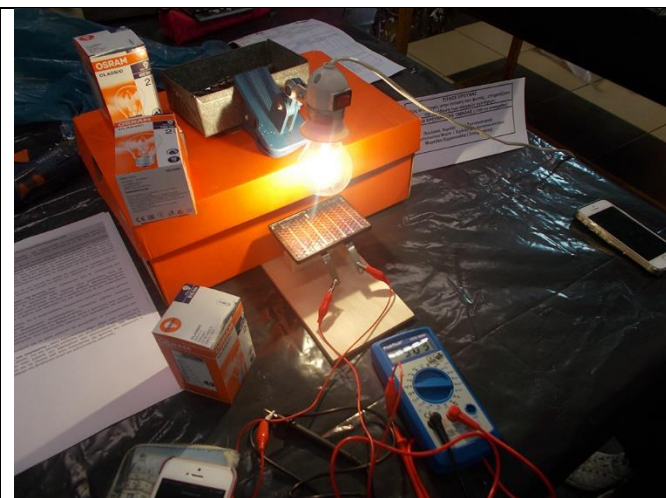
4γ. Εκτέλεση και φωτογραφίες του πειράματος

Η ομάδα μας πραγματοποίησε 2 δοκιμές για το πείραμά μας.

Το 1ο πείραμα έγινε την Τρίτη 27/3/2017 και το 2ο στις 25/4/2017. Το εκτελέσαμε με τη βοήθεια της πειραματικής διάταξης που περιγράψαμε στην ενότητα 4α. Ακολουθήσαμε τα παρακάτω βήματα:

Βήμα 1ο: Συνδέουμε με κροκοδειλάκια της 2 επαφές του βολτομέτρου (πολυμέτρου), με τις 2 επαφές της διάταξης του ηλιακού κυττάρου, ρυθμίζοντας το στην κλίμακα των 2000mV.

Βήμα 2ο: Συνδέουμε διαδοχικά τις λάμπες οικονομίας 40W -60 W και 75 W στο φωτιστικό και καταγράφουμε σε πίνακα τιμών τις μετρήσεις της ηλεκτρικής τάσης που παράγει το ηλιακό κύτταρο.



Εικόνα 10 : Εκτέλεση του πειράματος.



Εικόνα 11 : Ένδειξη μέτρησης στο βολτόμετρο.

4δ. Κατάλογος υλικών- συσκευών- μηχανών-εργαλείων πειράματος και εκτίμησης κόστους της έρευνας

A/A	Υλικό – συσκευή- εργαλείο- μηχανή	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΚΟΣΤΟΣ
1.	Διάταξη φωτοβολταϊκού στοιχείου (Αξία μεμονωμένου ηλιακού κυττάρου : 7,50 V)	1τμχ.	Από το εργαστήριο
2.	Λαμπτήρας πυρακτώσεως οικονομίας 40 W	1τμχ.	
3.	Λαμπτήρας πυρακτώσεως οικονομίας 60 W	1τμχ.	4,5 €
4.	Λαμπτήρας πυρακτώσεως οικονομίας 75 W	1τμχ.	
5.	Φορητό φωτιστικό	1τμχ.	Από μέλος της ομάδας
6.	Κουτί παπουτσιών	1τμχ.	Από μέλος της ομάδας
7.	Αγωγοί σύνδεσης (κροκοδειλάκια)	2τμχ.	Από το εργαστήριο
8.	Πολύμετρο (χρήση ως βολτόμετρο)	1τμχ.	Από το εργαστήριο
9.	Χάρακας	1τμχ.	Από το εργαστήριο
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ			4,50 €

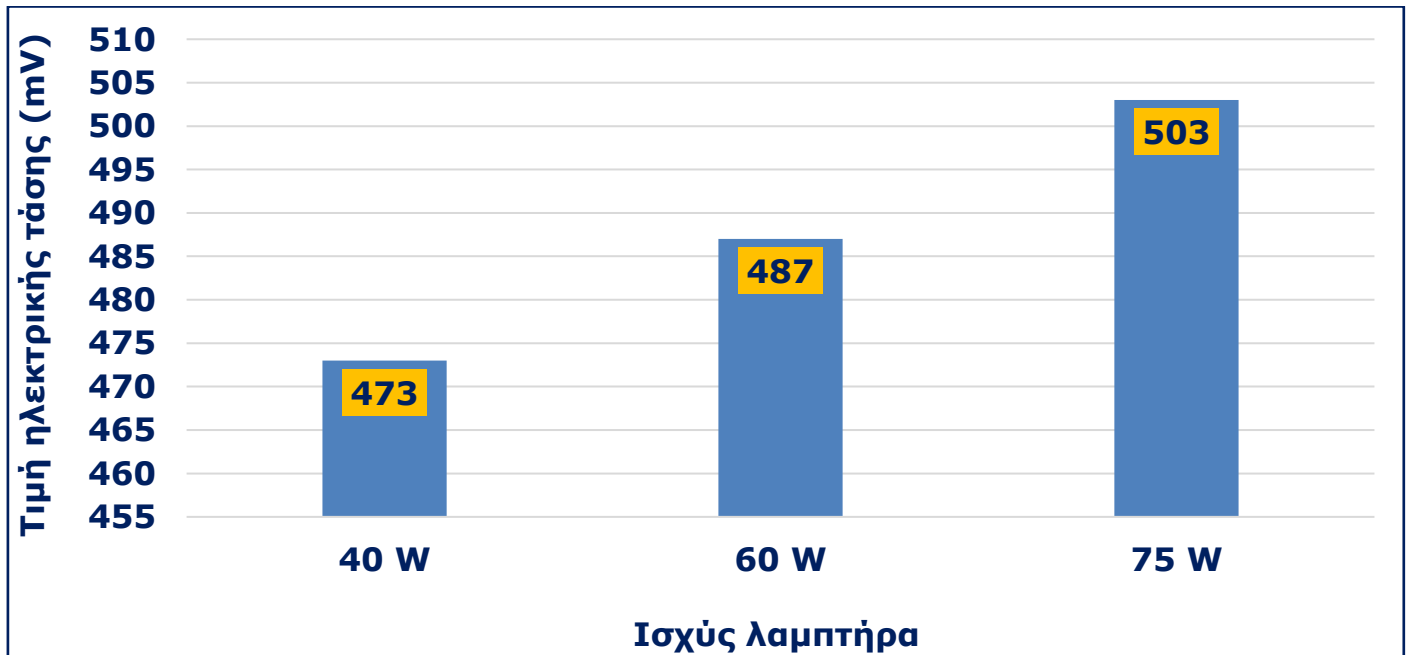
4ε.Παρουσίαση δεδομένων –μετρήσεων

Μετρήσεις πειραμάτων Εργαστήριο τεχνολογίας Απόσταση φωτεινής πηγής : 5 εκ. Τιμή ηλεκτρικής τάσης ηλιακού κυττάρου χωρίς πρόσπτωση φωτός : 26mV			
Ισχύς λαμπτήρα	Πείραμα Τρίτη 27/3/2017 Ηλεκτρική τάση Φωτοβολταϊκού (mV)	Πείραμα Τρίτη 25/4/2017 Ηλεκτρική τάση Φωτοβολταϊκού (mV)	Μέση τιμή τάσης του φωτοβολταϊκού (mV)
40 W	476	470	473
60 W	489	485	487
75 W	506	500	503

4στ. Ανάλυση αποτελεσμάτων -Γραφήματα

Αν αναλύσουμε τα αποτελέσματα παρατηρούμε , ότι σε σχέση με την τιμή της ηλεκτρικής τάσης που παράγεται , ανάλογα με την ισχύ του λαμπτήρα :

- 1) Η αύξηση της απόδοσης του ηλιακού κυττάρου , μεταξύ του λαμπτήρα 60 W και του λαμπτήρα 40 W είναι 14mV (ποσοστό αύξησης 2,9%)
- 2) Η αύξηση της απόδοσης του ηλιακού κυττάρου , μεταξύ του λαμπτήρα 75 W και του λαμπτήρα 40 W είναι 30mV (ποσοστό αύξησης 6,3%)
- 3) Η αύξηση της απόδοσης του ηλιακού κυττάρου , μεταξύ του λαμπτήρα 75 W και του λαμπτήρα 60 W είναι 16mV (ποσοστό αύξησης (3,2%)



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνάς μας , όπως αναφέρεται παραπάνω , επιβεβαίωσε την αρχική υπόθεση της έρευνας και έτσι οδηγηθήκαμε στο παρακάτω συμπέρασμα :

Όταν αυξάνεται η ένταση του φωτισμού , που προσπίπτει κάθετα στην επιφάνεια ενός ηλιακού κυττάρου, αυξάνεται και η τιμή της ηλεκτρικής τάσης που παράγει.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΑΠΟ ΑΛΛΟΥΣ ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ

Βασιζόμενοι στα αποτελέσματα της έρευνάς μας , η ομάδα μας προτείνει παρακάτω κάποιες συμπληρωματικές έρευνες , που εντόπισε και που θεωρεί ότι θα πρέπει να ερευνηθούν στο μέλλον από άλλους ερευνητές. Μπορούν να εφαρμοσθούν σε διάφορες κατασκευές με φωτοβολταϊκά. Είναι οι εξής :

- Πως επηρεάζει η μεταβολή της γωνίας πρόσπτωσης του φωτός , στην επιφάνεια μιας ηλιακής κυψέλης , την τιμή της ηλεκτρικής τάσης που παράγει;
- Ποια είναι η επίδραση του χρώματος του φωτός που πέφτει κάθετα σε μία ηλιακή κυψέλη , στην τιμή της ηλεκτρικής τάσης που παράγει;
- Πως επηρεάζει η θερμοκρασία περιβάλλοντος , την απόδοση ενός ηλιακού κυττάρου;

ΠΗΓΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ



- http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project_ideas/Energy_p014.shtml#procedure
- https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_panel
- <http://science.howstuffworks.com/environmental/green-science/thin-film-solar-cell.htm>
- <http://fwtovoltaikaa.weebly.com/phiomegatauomicronbetaomicronlambdataualphaiotakappaeta-pialpharhoalphagammaomegagammaeta.html>
- http://www.cres.gr/kapel/energeia_politis/energeia_politis.htm
- <http://www.kathimerini.gr/772897/article/oikonomia/ellhnikh-oikonomia/apoyh-to-new-deal-gia-tis-ape-kai-oi-ependyseis-sthn-ellada>
- <http://www.syros.aegean.gr/de/dpsdm06025.pdf>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BC%CE%B9%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CF%8C%CF%82>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%86%CE%B1%CE%B9%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%BF>
- <https://www.sites.google.com/site/mnikolakarou/physiki/physike-g-gymnasiou/physikegeelektriketasediaphoradynamikou-v>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%89%CF%82>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9B%CE%B1%CE%BC%CF%80%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B1%CF%82%CF%80%CF%85%CF%81%CE%AC%CE%BA%CF%84%CF%89%CF%83%CE%B7%CF%82>
- http://www.helapco.gr/ims/file/oikiaka/pv_guide_jan11.pdf