

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ

ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΓΕΩΡΓΑΛΑ ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δ.ΚΑΡΕΛΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2015

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το διάστημα .

Η αρχή λειτουργίας του συστήματος στηρίζεται σε ένα ηλιακό πάρκο αποτελούμενο από φωτοβολταϊκούς συλλέκτες σε δορυφορική τροχιά γύρω από τη Γη, το οποίο θα συλλέγει την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία του Ηλίου και με τη μορφή συμπτυκνωμένης ενέργειας (μικροκυμάτων ή λέιζερ) θα αποστέλλονται στην επιφάνεια της Γης σε προκαθορισμένα σημεία, όπου αυτή η ενέργεια θα συλλέγεται από φωτοβολταϊκά πλαίσια και θα μεταφέρεται μέσω υπεραγωγών σε ένα δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και σε μετασχηματιστές υπερύψηλης τάσης για να διανεμηθεί στη συνέχεια στο εναέριο δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και να τροφοδοτήσει τα φορτία των πόλεων.

Στα κεφάλαια της εργασίας θα εξηγηθεί λεπτομερώς όλη η διαδικασία συλλογής της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας καθώς και η μεταφορά της από το ηλιακό πάρκο που βρίσκεται σε δορυφορική τροχιά προς τη γη. Επίσης θα αναλυθούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα καθώς και το κόστος της κατασκευής .

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
Εισαγωγή.....	5
1. Ο εφευρέτης	6
1.1. Το πηνίο Tesla.....	7
1.2. Ασύρματη μεταφορά ενέργειας.....	8
1.3. Ορισμός ενέργειας.....	9
1.3.1. Μορφές ενέργειας.....	10
1.3.2. Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.....	11
1.3.3. Μεταφορά ενέργειας στο κενό.....	12
1.3.4. Κυματική εξίσωση.....	13
1.3.5. Μεγέθη κυμάτων.....	14
1.3.6. Ηλεκτρικό φορτίο.....	17
1.3.7. Ηλεκτρικό δυναμικό.....	18.
1.3.8. Κίνηση σωματιδίων σε ηλεκτρικό πεδίο.....	18
1.3.9. Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.....	19
2. Ήλιος : πηγή ενέργειας.....	20
2.1. Δομή του ήλιου.....	21
2.2. Μέτρηση ηλιακής ακτινοβολίας.....	24
2.3. Σύσταση του Ήλιου.....	25
3. Τεχνητός δορυφόρος.....	27
3.1. Περιγραφή τμημάτων ενός δορυφόρου.....	28
3.2. Ενέργεια δορυφόρου.....	29
3.3. Τροχιά τεχνητού δορυφόρου.....	29
4. Διαστημικές υπηρεσίες (JAXA, SOLAREN).....	32
5. Παραγωγή και ασύρματη μεταφορά ενέργεια από δορυφόρο.....	33
5.1 Μικροκύματα.....	34
5.2. Ακτίνες λέιζερ.....	35
5.3. Ηλιακό εργοστάσιο.....	37
5.4. Συμπυκνωτής ενέργειας.....	37
6. Αρχή λειτουργίας φωτοβολταϊκών συστημάτων	39

6.1.	Ημιαγωγοί	40
6.2.	Ενδογενής ημιαγωγοί.....	41
6.3.	Εξωγενής ημιαγωγοί.....	42
6.4.	Επαφές (p-n).....	43
6.5.	Επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας	44
6.6.	Φωτοβολταϊκό στοιχείο	45
6.7.	Φωτοβολταϊκά πλαίσια –συλλέκτες	46
6.8.	Απόδοση συστήματος.....	48
7.	Υπεραγωγοί	49
7.1.	Ζεύγη Κούπερ.....	50
7.2.	Φαινόμενο Meissner.....	51
7.3.	Διέλευση ρεύματος σε υπεραγώγιμο μαγνήτη.....	52
7.4.	Εφαρμογή υπεραγωγών.....	53
8.	Επίλογος	54
9.	Βιβλιογραφία – πηγές	56

Εισαγωγή.

Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας , οι όλο ένα και μεγαλύτερες απαιτήσεις των ανθρώπων για γρηγορότερη και αποτελεσματικότερη επικοινωνία καθώς και για τις συνεχής αυξανόμενες ανάγκες της καθημερινότητάς μας , οδήγησε στην ανεύρεση και εκμετάλλευση φυσικών πόρων για την παραγωγή ενέργειας, η οποία θα καλύψει τις απαιτήσεις των λειτουργιών που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος τόσο για την καθημερινή του διαβίωση, όσο και για την συνεχή πρόοδο της επιστήμης. Οι φυσικοί πόροι που βρίσκουμε στο υπέδαφος είναι ο λιγνίτης, το αργό πετρέλαιο , το φυσικό αέριο και οι υδρογονάνθρακες. Αυτού του είδους οι πόροι με την καύση τους και την επεξεργασία τους από εργοστάσια μας παρέχουν την απαιτούμενη ενέργεια που χρειαζόμαστε. Τα αποθέματα όμως δεν είναι απεριόριστα καθώς θα κληθεί ο άνθρωπος να βρει νέες και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως ο Ήλιος, που τον εκμεταλλευόμαστε με τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Η απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων βασίζεται στην καθαρή ηλιοφάνεια και λειτουργούν μόνο τις μισές ώρες της περιφοράς της γης γύρω από τον άξονα της που υπάρχει φως. Μια άλλη πηγή ενέργειας είναι τα αιολικά πάρκα που χρησιμοποιούν την ταχύτητα του ανέμου για να περιστρέψουν πτερύγια που αυτά γυρνούν τον δρομέα μιας γεννήτριας και παράγουν τάση. Οι παραπάνω ανανεώσιμες πηγές ενέργειας λειτουργούν με προϋποθέσεις , να υπάρχει φως από τον Ήλιο και να υπάρχει αρκετά δυνατός αέρας. Όταν αυτές οι προϋποθέσεις δεν πληρούνται τα συστήματα δεν είναι χρήσιμα.

Στην αναζήτηση απεριόριστης ενέργειας , οι διαστημικές υπηρεσίες στράφηκαν έξω από τη γη. Σε ένα σχέδιο τοποθέτησης ηλιακών συλλεκτών σε τροχιά γύρω από τη γη οι οποίοι θα συλλέγουν την ενέργεια του Ήλιου χωρίς καμία διακοπή και χωρίς περιορισμούς. Η λήψη της ενέργειας από τους δορυφόρους στη γη θα γίνεται με ασύρματη μεταφορά της και θα στέλνεται σε προκαθορισμένο σημείο στην επιφάνειά της , από όπου θα διανέμεται σε υποσταθμούς και έπειτα στα εναέρια δίκτυα μεταφοράς ενέργειας που τροφοδοτούν τα φορτία των πόλεων.

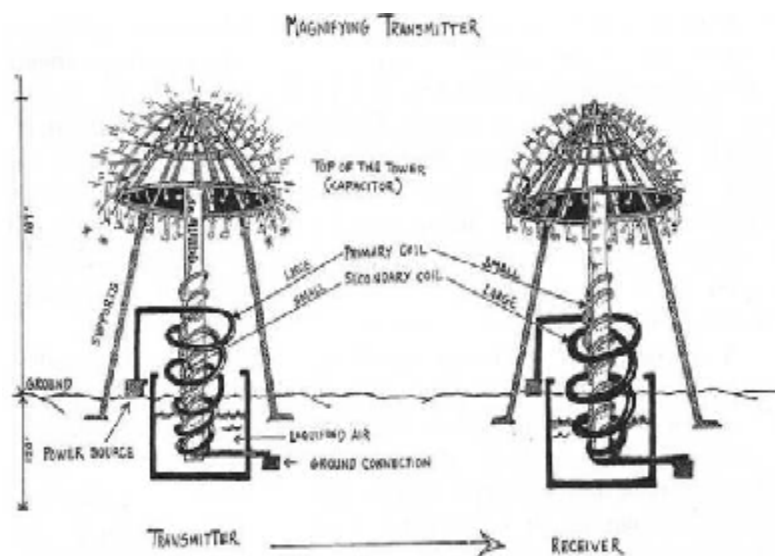
1. Ο εφευρέτης.

Ο Nicola Tesla γεννήθηκε στις 10 Ιουλίου 1856 στην Αυστριακή Αυτοκρατορία και απεβίωσε 7 Ιανουαρίου 1943 στην Νέα Υόρκη των Η.Π.Α.



Σχήμα 1 Νικόλα Τέσλα 1856-1943

Ο Tesla σπούδασε μηχανολόγος – ηλεκτρολόγος μηχανικός δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στον ηλεκτρομαγνητισμό, καθώς και στην ασύρματη μεταφορά ενέργειας . Είχε οραματιστεί ένα κόσμο όπου η ενέργεια θα είναι απεριόριστη και δωρεάν για όλο τον κόσμο, καθώς από έρευνες στο εργαστήριό του κατάφερε μέσω δύο μεγάλων μετασχηματιστών να μεταφέρει ασύρματα ενέργεια από τον έναν στον άλλον.



Σχήμα 2

Στις έρευνες του Tesla, βασίζεται στην εποχή μας η ιδέα για να εκπληρώσει το σκοπό της ασύρματης μεταφοράς ενέργειας , σε μια προσπάθεια να εκμεταλλευτούμε

την ενέργεια του Ήλιου και να τη μεταφέρουμε ασύρματα από τους ηλιακούς συλλέκτες στη Γη.

1.1. Το πηνίο Tesla.

Το πηνίο Tesla είναι ένα είδος συντονισμένου μετασχηματιστή που εφευρέθηκε από τον Tesla το 1891. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή υψηλής τάσης, χαμηλού φορτίου (εναλλασσόμενο ρεύμα) ηλεκτρικής ενέργειας. Τα πηνία Tesla παράγουν υψηλότερη τάση ρεύματος από άλλες ηλεκτροστατικές μηχανές. Ο Tesla πειραματίστηκε με μία σειρά από διαφορετικές διατάξεις, οι οποίες μπορεί να αποτελούνται από δύο ή και από τρεις συζεύξεις ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Ο Tesla χρησιμοποίησε αυτές τις σπείρες για τη διεξαγωγή πρωτόρων πειραμάτων στον φωτισμό με πηγή το ηλεκτρικό ρεύμα, στο φωσφορισμό, στις ακτινογραφίες με ακτίνες X, στη μαζική μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς καλώδια. Τα κυκλώματα του πηνίου Tesla χρησιμοποιήθηκαν επίσης στο εμπόριο σε ραδιοπομπούς sparkgap για την ασύρματη τηλεγραφία μέχρι τη δεκαετία του 1920.

Ένα πηνίο Tesla λειτουργεί με πολύ διαφορετικό τρόπο από ένα συμβατικό μετασχηματιστή σιδηρένιου πυρήνα. Σε ένα συμβατικό μετασχηματιστή, οι περιελίξεις είναι πολύ στενά συνδεδεμένες και το κέρδος τάσης καθορίζεται από την αναλογία του αριθμού των στροφών στις περιελίξεις. Αυτό λειτουργεί καλά σε κανονικές τάσεις, αλλά, σε υψηλές τάσεις η μόνωση μεταξύ των δύο τυλιγμάτων διασπάται εύκολα και αυτό εμποδίζει τον πυρήνα σιδήρου μετασχηματιστών από το να λειτουργήσει σε εξαιρετικά υψηλές τάσεις χωρίς ζημιές.

Με το πηνίο Tesla σε αντίθεση με ένα συμβατικό μετασχηματιστή οι περιελίξεις σε ένα πηνίο Tesla είναι "χαλαρές" σε συνδυασμό με ένα μεγάλο κενό αέρος και έτσι η πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια μοιράζονται συνήθως μόνο 10-20% των αντίστοιχων μαγνητικών πεδίων τους. Αντί για σφιχτές ζεύξεις, το πηνίο μεταφέρει ενέργεια (μέσω χαλαρής σύνδεσης) από το ένα ταλαντευόμενο συντονισμένο κύκλωμα (ο κύριος) στο άλλο (δευτερογενή), επί σειρά RF κύκλων.

Δεδομένου ότι ο κύριος μεταφορέας ενέργειας στον δευτερογενή πηνίο, αυξάνει την τάση του δευτερεύοντος της εξόδου έως ότου όλα τα διαθέσιμα πρωτογενούς ενέργειας έχουν μεταφερθεί στη δευτερεύουσα. Ακόμη και με σημαντικές απώλειες κενού, ένα καλά σχεδιασμένο πηνίο Tesla μπορεί να μεταφέρει πάνω από το 85% της ενέργειας που αποθηκεύεται αρχικά στον πρωτογενή πυκνωτή για να μεταφερθεί στο δευτερεύον κύκλωμα. Η τάση μπορεί να επιτευχθεί από ένα πηνίο Tesla που μπορεί να είναι σημαντικά μεγαλύτερη από ότι ένας συμβατικός μετασχηματιστής, επειδή η δευτερεύουσα περιέλιξη είναι ένα μακρύ και μόνο σωληνοειδές στρώμα σε μεγάλη απόσταση από το περιβάλλον και ως εκ τούτου καλά μονωμένος, επίσης, η τάση ανά στροφή, σε κάθε πηνίο είναι μεγαλύτερη, διότι το ποσοστό μεταβολής της μαγνητικής ροής είναι υψηλό σε υψηλές συχνότητες. Με τη χαλαρή σύνδεση και το κέρδος τάσης

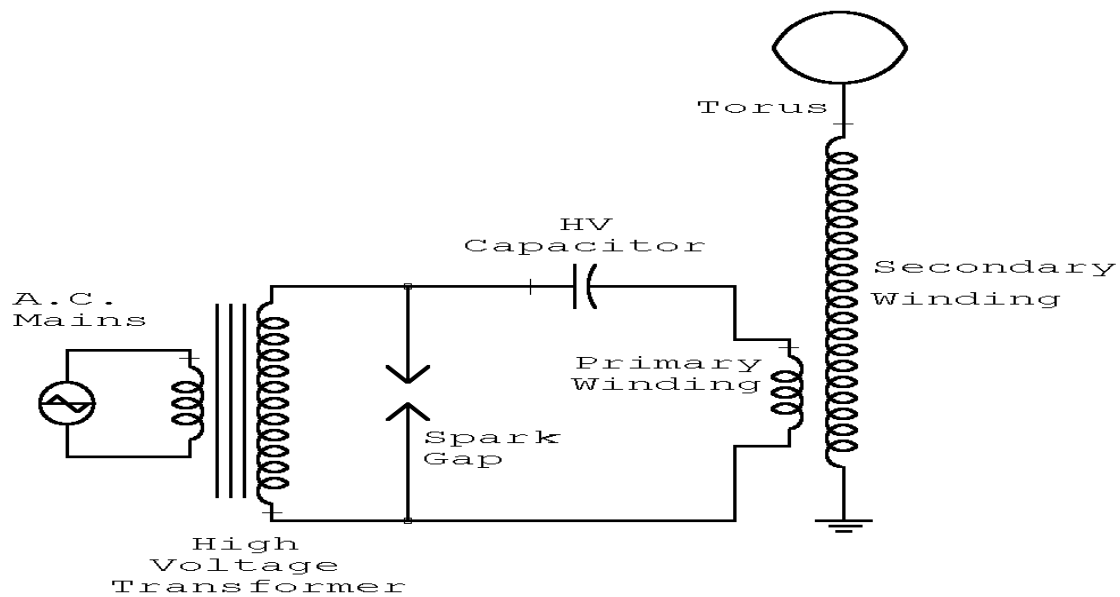
είναι αντιστρόφως ανάλογη προς την τετραγωνική ρίζα του λόγου της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας επαγωγής.



Πηνίο Tesla στο Questacon, το Εθνικό Κέντρο Επιστήμης και Τεχνολογίας στην Κανμπέρρα της Αυστραλίας.

1.2. Ασύρματη μεταφορά ενέργειας.

Ο μετασχηματιστής Tesla ή αλλιώς πηνίο Tesla είναι μία από τις πιο γνωστές εφευρέσεις του επιστήμονα. Η αρχική του ονομασία ήταν συσκευή μετάδοσης ηλεκτρικής ενέργειας και είχε ως στόχο την ασύρματη τροφοδότηση λαμπτήρων και άλλων συσκευών. Σύμφωνα με τον Tesla οι ηλεκτρικές εκκενώσεις στην κορυφή του Μ/Σ αποτελούν ανεπιθύμητες απώλειες. Η διάταξη έχει τη δυνατότητα να παράγει ιδιαίτερα μεγάλες εναλλασσόμενες τάσεις, συνήθως από εκατοντάδες KV έως MV. Η συχνότητα της τάσης κυμαίνεται μεταξύ των 50 και 400KHz. Στην απλούστερή του μορφή, ένας Μ/Σ Tesla αποτελείται από δύο πηνία χωρίς πυρήνα, το πρωτεύον και το δευτερεύον τύλιγμα. Ενώ στους συμβατικούς Μ/Σ σιδηρομαγνητικού και φερομαγνητικού πυρήνα ο λόγος μετασχηματισμού εξαρτάται από το λόγο των σπειρών των δύο τυλιγμάτων, στο Μ/Σ Tesla προκύπτει από το λόγο των αυτεπαγωγών τους.



Ισοδύναμο κύκλωμα πηγίου Tesla.

1.3. Ορισμός ενέργειας .

Η ενέργεια είναι ένα θεμελιώδες μέγεθος το οποίο είναι η κινητήριος δύναμη ολόκληρου του κόσμου. Στις ανθρώπινες αισθήσεις δεν γίνεται αντιληπτή άμεσα καθώς η ενέργεια δεν έχει μόνο μια κατάσταση, αλλά αλλάζει μορφές στο περιβάλλον. Μπορούμε να μελετήσουμε την ενέργεια σε συνάρτηση του χρόνου και της ύλης, όταν σε ένα σώμα ασκήσουμε κάποια δύναμη τότε το σώμα (ύλη) θα τείνει να κινηθεί προς μια κατεύθυνση (χώρος) και σε απόσταση ανάλογη της δύναμης που θα ασκηθεί επάνω του. Τότε αντιλαμβανόμαστε την ενέργεια ως κινητική καθώς οποιοδήποτε σώμα για να ξεφύγει από την κατάσταση ηρεμίας και να κινηθεί χρειάζεται ενέργεια. Για αυτό το λόγο η ενέργεια είναι θεμελιώδες μέγεθος, δηλαδή δεν το βλέπουμε αλλά γνωρίζουμε την ύπαρξή της μελετώντας τα αποτελέσματά της.

1.3.1. Μορφές ενέργειας.

Κάθε φυσικό σύστημα περιέχει μια μη αντιληπτή ποσότητα που καλείται ενέργεια. Επομένως κάθε σώμα που μπορεί να προκαλέσει έργο, κατέχεται από αυτή την ενέργεια που εκφράζεται από τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα.

$$\sum f = \frac{dp}{dt} = \frac{d}{dt}(mv)$$

Η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα, ισούται με το ρυθμό μεταβολής της ορμής του σώματος.

Η ποσότητα της ενέργειας που περιέχεται σε ένα σύστημα, ανάλογα με τον τρόπο που ασκείται ή αποθηκεύεται σε αυτό μας δίνει τη δυνατότητα να εξετάσουμε τις διάφορες μορφές ενέργειας που προκύπτουν. Οι οποίες είναι:

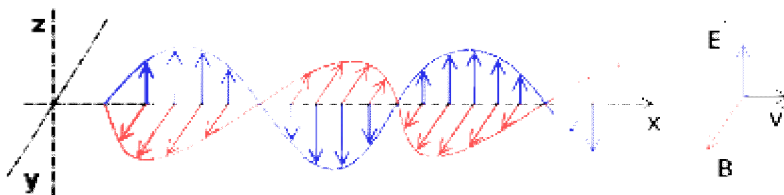
- Κινητική ενέργεια.
- Δυναμική ενέργεια.
- Πυρηνική ή ατομική ενέργεια.
- Θερμική ενέργεια.
- Ηλεκτρική ενέργεια.
- Χημική ενέργεια.

Κάθε μια από τις παραπάνω μορφές ενέργειας μελετάτε σε διαφορετικά πεδία κατάστασης. Οι νόμοι της φύσης λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο τόσο στο ορατό φάσμα των αισθήσεών μας, όσο και στον μικρόκοσμο, δηλαδή σε σωματίδια που δεν φαίνονται με ορατό μάτι.

1.3.2. Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι εκπομπή στον χώρο ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας υπό μορφή κυμάτων που ονομάζονται ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι συγχρονισμένα ταλαντωμένα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία τα οποία ταλαντώνονται σε κάθετα επίπεδα μεταξύ τους και κάθετα προς την διεύθυνση διάδοσης. Διαδίδονται στο κενό με ταχύτητα ίση με την ταχύτητα του φωτός ($c=299.792.458 \text{ m/s}$) αλλά και μέσα στην ύλη με ταχύτητα λίγο μικρότερη απ' την ταχύτητα του φωτός.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα παράγονται από επιταχυνόμενα ηλεκτρικά φορτία. Δημιουργούνται επίσης όταν ένα ηλεκτρόνιο κάποιου ατόμου χάνει μέρος της ενέργειάς του και μεταπίπτει σε χαμηλότερη τροχιά ή ενεργειακή στάθμη κοντά στον πυρήνα. Αυτό έχει ως συνέπεια να δημιουργηθεί μια ταλάντωση που διαδίδεται πλέον στο χώρο με τη μορφή ενός ταυτόχρονα ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου. Τα δύο αυτά πεδία είναι κάθετα μεταξύ τους και κάθετα με τη διεύθυνση διάδοσης του παραγόμενου κύματος, του λεγόμενου ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Όταν το ηλεκτρομαγνητικό κύμα προσκρούσει σε κάποιο άτομο τα δύο συνδυαζόμενα αυτά πεδία μπορούν να προσφέρουν μεταφερόμενη ενέργεια σε ένα ηλεκτρόνιο με αποτέλεσμα να το εξαναγκάσουν να μεταπηδήσει αυτό σε ανώτερη ενεργειακή στάθμη, ή ακόμα και να το απελευθερώσει από το άτομο σε περίπτωση που βρίσκεται στην εξωτερική στοιβάδα. Αυτό καλείται φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.



Γραφική αναπαράσταση ηλεκτρομαγνητικού κύματος.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ανάλογα με την συχνότητα των κυμάτων της και αντίστοιχα την ενέργεια που μεταφέρει χωρίζεται σε περιοχές. Αυτές είναι τα ραδιοκύματα, τα μικροκύματα, οι υπέρυθρες ακτίνες, το ορατό φως, οι υπεριώδεις ακτίνες, οι ακτίνες X και οι ακτίνες γ .

Όλες αυτές οι παραπάνω μορφές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας κινούνται με την ταχύτητα φωτός και μπορούν ακόμη να διαπεράσουν και ορισμένα υλικά.

Από το νόμο του Gauss για το ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο, τον νόμο της επαγωγής του Faraday και το νόμο του Ampere συμπληρωμένο με έναν ακόμη όρο από τον Maxwell που αφορά την μεταβολή της ροής της ηλεκτρικής μετατόπισης μέσα από την επιφάνεια που περικλείει μια κλειστή γραμμή προκύπτουν οι τέσσερις εξισώσεις του Maxwell.

$$\nabla \cdot \mathbf{P} = \rho_f$$

$$\nabla \times \vec{\mathbf{E}} = - \frac{\partial \vec{\mathbf{B}}}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \vec{\mathbf{B}} = 0$$

$$\nabla \times \vec{\mathbf{H}} = \vec{\mathbf{j}}_f + \frac{\partial \vec{\mathbf{D}}}{\partial t}$$

Όπου $\vec{\mathbf{D}}$ η ηλεκτρική μετατόπιση

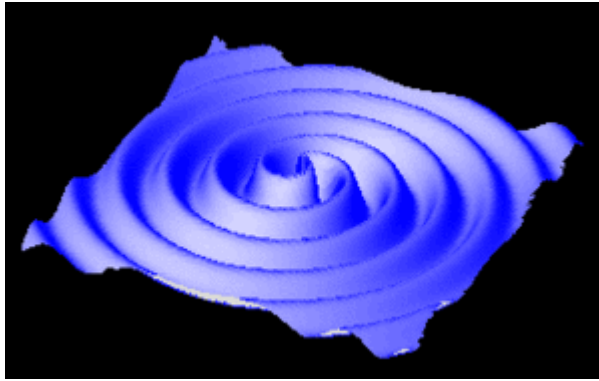
$\vec{\mathbf{H}}$ η ένταση του μαγνητικού πεδίου

$\vec{\mathbf{j}}_f$ η πυκνότητα του ελεύθερου ρεύματος και

ρ_f η πυκνότητα όγκου των ελεύθερων ηλεκτρικών φορτίων.

1.3.3. Μεταφορά ενέργειας στο κενό.

Η ενέργεια μεταδίδεται στο κενό με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Κύμα ονομάζεται μια ταλάντωση που μεταδίδεται στο χώρο και το χρόνο. Ο όρος κύμα χαρακτηρίζει τη μεταφορά της διαταραχής συνήθως διαμέσου ενός μέσου. Η μεταφορά αυτή γίνεται στα υλικά μέσα ως παλμική κίνηση μεταξύ των στοιχειωδών σωματιδίων του μέσου όμως ορισμένα είδη κυμάτων όπως τα ηλεκτρομαγνητικά μπορούν να διαδίδονται και στο κενό. Σε ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα η διαταραχή αφορά την ένταση του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου. Στα κύματα της θάλασσας αυτό που διαταράσσεται είναι το επιφανειακό στρώμα νερού. Υπάρχουν πολλά ακόμη είδη κυμάτων όλα όμως έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό, ότι μεταφέρουν ενέργεια. Για παράδειγμα ένα κύμα που κινείται στην επιφάνεια της θάλασσας αναγκάζει κάθε σώμα που επιπλέει να ανεβοκατεβαίνει. Αυτό συμβαίνει από την ενέργεια που μεταφέρει το κύμα και η οποία τελικά προκαλεί ταλαντώσεις στο σώμα που επιπλέει. Το ίδιο συμβαίνει και στον αέρα. Όταν ένα ηχητικό κύμα "ταξιδεύει" τα μόρια του αέρα ταλαντώνονται.



Μια διαταραχή μεταδιδόμενη με κύματα.

Τα κύματα είναι περιοδικά φαινόμενα δηλαδή επαναλαμβάνονται με τον ίδιο τρόπο σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Στην περίπτωση των κυμάτων αυτό που επαναλαμβάνεται είναι η διαταραχή. Κάθε κύμα μπορεί να περιγραφεί με μαθηματικό τρόπο από την κυματική του εξίσωση.

1.3.4. κυματική εξίσωση.

Η κυματική εξίσωση είναι μια γραμμική μερική διαφορική εξίσωση η οποία χρησιμοποιείται για να περιγραφούν κύματα όπως παρουσιάζονται στη φυσική όπως ηχητικά κύματα, κύματα φωτός και κύματα στο νερό.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 u$$

όπου ∇^2 είναι ο χωρικός τελεστής Laplace και c μια σταθερά.

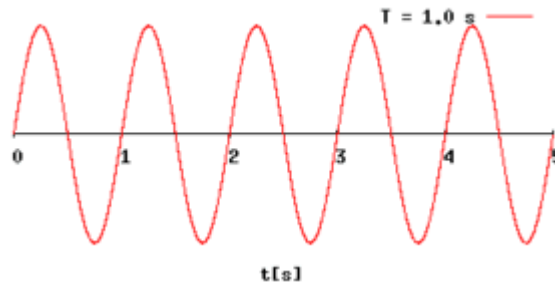
Η εξίσωση αυτή μας περιγράφει την κυμάτωση της διαταραχής ως προς μια διάσταση του χώρου.

1.3.5. Μεγέθη κυμάτων.

Κάθε κύμα αναλύεται σε κάποια μεγέθη που αποτελούν τα χαρακτηριστικά του ίδιου του κύματος. Τα δύο πρώτα μεγέθη ορίζονται σε όλα τα περιοδικά φαινόμενα.

- Περίοδος.

Περίοδος ονομάζεται το χρονικό διάστημα μεταξύ της δημιουργίας δύο διαδοχικών διαταραχών ή της διέλευσης δύο διαδοχικών χαρακτηριστικών μιας διαταραχής, για παράδειγμα το χρονικό διάστημα διέλευσης δυο κορυφών του κύματος από ένα συγκεκριμένο σημείο του χώρου. Συμβολίζεται με T και μετριέται σε (δευτερόλεπτα). Προκύπτει ότι $T = \Delta t / N$, όπου N είναι ο αριθμός των διαταραχών που πέρασαν σε χρονικό διάστημα Δt .



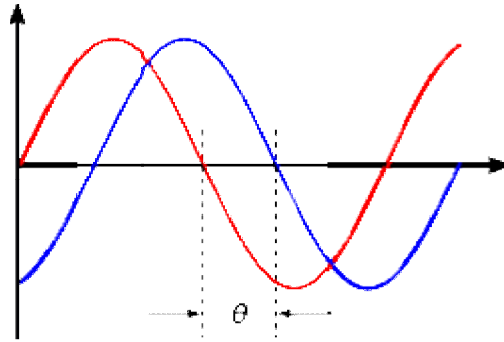
Περιοδικό σήμα.

- Συχνότητα.

Με τον όρο συχνότητα εννοούμε την επαναλαμβανόμενη χρονική διάρκεια που εμφανίζεται το κύμα ως προς το χρόνο. Η συχνότητα συμβολίζεται με (f) και προκύπτει ότι : $f = N / \Delta t$ όπου N είναι ο αριθμός διαταραχών που πέρασαν σε χρονικά διάστημα Δt .

- Φάση κύματος.

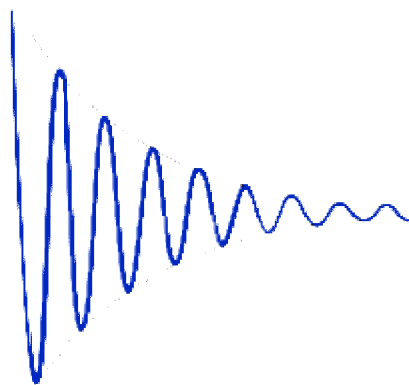
Η Φάση είναι βασικό μέγεθος για τη μελέτη κυμάτων. Συμβολίζεται με ϕ και μετριέται όπως και οι γωνίες σε rad (ακτίνια). Η φάση στα κύματα εξαρτάται από το σημείο και το χρόνο για το οποίο μελετάμε. Συμφασικά ονομάζονται δύο σημεία που συμπεριφέρονται λόγω του κύματος με τον ίδιο τρόπο. Αυτό σημαίνει ότι βρίσκονται στο ίδιο σημείο της διαταραχής. Αν ϕ_1 η φάση ενός κύματος και ϕ_2 η φάση άλλου κύματος τότε ισχύει $\phi_1 = \phi_2 + 2k\pi$. Σε αντίθεση φάσης ονομάζονται τα σημεία που συμπεριφέρονται αντίθετα λόγω του κύματος. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι το ένα σημείο είναι συμφασικό με ένα τρίτο σημείο που απέχει απόσταση μισό μήκος κύματος από το πρώτο στη διαταραχή. Αν ϕ_1 η φάση ενός κύματος και ϕ_2 η φάση του επόμενου κύματος ισχύει $\phi_1 = \phi_2 + 2k\pi + \pi$.



Διαφορά φάσης μεταξύ δύο σημάτων.

- Πλάτος κύματος.

Το μέγεθος ενός κύματος λαμβάνει μία μέγιστη και μία ελάχιστη τιμή. Είναι αδύνατον να διαταράσσεται περιοδικά ένα μέγεθος, δηλαδή να είναι περιοδικό φαινόμενο χωρίς να λαμβάνει μια μέγιστη και μια ελάχιστη τιμή. Θεωρώντας ως μηδέν το μέσο της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής έχουμε ότι η απόλυτη τιμή της ελάχιστης τιμής είναι ίση με την απόλυτη τιμή της μέγιστης. Αυτή η απόλυτη τιμή ονομάζεται πλάτος του κύματος. Συμβολίζεται με A και μετριέται σε μονάδες μήκους. Το πλάτος ενός κύματος δεν είναι πάντα σταθερό και εξαρτάται όπως και η φάση από τη θέση και το χρόνο στον οποίο μελετάμε ένα σημείο. Το πλάτος του κύματος σε ένα σημείο έχει άμεση σχέση με την ενέργεια του κύματος σε αυτό το σημείο.



Κύμα του οποίου το πλάτος εξασθενεί.

- Μήκος κύματος.

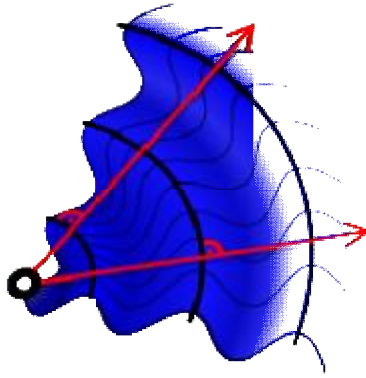
Μήκος κύματος είναι η απόσταση που διανύει το κύμα σε χρόνο μιας περιόδου. Το κύμα είναι περιοδικό φαινόμενο, είναι η επανάληψη μιας διαταραχής. Το μήκος αυτής της διαταραχής είναι το μήκος κύματος. Συμβολίζεται με λ και μετριέται όπως και το πλάτος του κύματος σε μονάδες μήκους, συνήθως σε μέτρα. Το μήκος κύματος είναι ίσο με την ελάχιστη δυνατή απόσταση μεταξύ δύο διαφορετικών συμφασικών σημείων.

- Ταχύτητα κύματος.

Κάθε κύμα που προκαλεί διαταραχή κινείται στο χώρο με κάποια ταχύτητα. Συμβολίζεται με v , και μετριέται ανάλογα με τις μονάδες μέτρησης των μεγεθών μήκος του κύματος και περίοδος, συνήθως σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/s). Από τον ορισμό του μήκους κύματος προκύπτει ότι $v = \lambda/T = \lambda f$. Η εξίσωση $v = \lambda f$ ονομάζεται θεμελιώδης εξίσωση της κυματικής και ισχύει σε όλα τα κύματα. Τα κύματα που διαδίδονται σε ένα μέσο διάδοσης έχουν ταχύτητα χαρακτηριστική του συγκεκριμένου μέσου και του συγκεκριμένου είδους κύματος. Αυτό το γεγονός είναι υπεύθυνο για διάφορα φαινόμενα στην κυματική κατά την αλλαγή μέσου διάδοσης ή κατά τη διάδοση στο ίδιο μέσο κυμάτων με ίδια όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά που διαφέρουν στον τρόπο μετάδοσης. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται και μέσα στην ύλη, αλλά και στο κενό, δε χρειάζονται ειδικό μέσο διάδοσης όπως τα υπόλοιπα κύματα. Η ταχύτητά τους στο κενό θεωρείται μία από τις σημαντικότερες σταθερές στη Φυσική.

- Μέτωπο κύματος.

Όταν αρχίσει μια ταλάντωση στο χώρο, αυτή μεταδίδεται σε περιοχές του μέσου. Το μέτωπο ενός κύματος είναι το σύνολο των σημείων που φτάνει το κύμα. Σημαντική ιδιότητα ενός μετώπου είναι ότι, όταν ένα επίπεδο κύμα μεταδίδεται από ένα μέσο σε ένα άλλο, τότε το μέτωπο παραμένει σχηματικά αναλλοίωτο, δηλαδή παραμένει επίπεδο. Αυτό το φαινόμενο είναι η αιτία της διάθλασης.



Επιφανειακό κύμα με τα μέτωπα και μερικές ακτίνες.

- Ακτίνα κύματος.

Αυτό το μέγεθος ορίζεται κυρίως στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Μία ακτίνα ενός κύματος είναι η πορεία που ακολουθεί τη διάδοση του κύματος και είναι πάντα κάθετη στο μέτωπο. Οι ακτίνες μπορούν να θεωρηθούν ως οι πορείες των διαταραχών, και των φωτονίων στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Η έννοια της ακτίνας χρησιμοποιείται συχνά για την κατανόηση της συμπεριφορά των κυμάτων σε φαινόμενα αλλαγής της πορείας τους, όπως στη διάθλαση, την ανάκλαση, την περίθλαση. Τέτοια φαινόμενα μελετά η ο φυσικός κλάδος της οπτικής για το φως, αλλά τα φαινόμενα ισχύουν για όλα τα κύματα.

1.3.6. Ηλεκτρικό δυναμικό.

Η διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού μεταξύ δύο σημείων ορίζεται ως το έργο προς τη μονάδα του φορτίου που χρειάζεται να καταναλωθεί (ενάντια στις ηλεκτρικές δυνάμεις) ώστε να μετακινηθεί ένα θετικό σημειακό φορτίο ανάμεσα στα δύο σημεία. Εάν το ένα από τα σημεία θεωρείται ως σημείο αναφοράς με δυναμικό ίσο με το μηδέν τότε το ηλεκτρικό δυναμικό σε οποιοδήποτε σημείο ορίζεται ως το έργο που χρειάζεται προς τη μονάδα φορτίου για να μετακινηθεί ένα θετικό σημειακό φορτίο από το σημείο αναφοράς στο σημείο προσδιορισμού του δυναμικού. Για απομονωμένα φορτία το σημείο αναφοράς είναι συνήθως το άπειρο. Το δυναμικό

μετρίεται σε Βολτ (1 Βολτ = 1 Τζάουλ/Κουλόμπ). Το ηλεκτρικό δυναμικό είναι ανάλογο της θερμοκρασίας, υπάρχει διαφορετική θερμοκρασία για κάθε σημείο στο χώρο και η κλίση της θερμοκρασίας δείχνει τη διεύθυνση και το μέτρο της δύναμης σε κάθε αλλαγή της θερμοκρασίας. Αντίστοιχα, υπάρχει ένα ηλεκτρικό δυναμικό σε κάθε σημείο στο χώρο, και η κλίση του δείχνει τη διεύθυνση και το μέτρο της δύναμης σε κάθε κίνηση φορτίου.

1.3.7. Ηλεκτρικό φορτίο.

Με τον όρο ηλεκτρικό φορτίο εννοούμε μια ιδιότητα ορισμένων υποατομικών σωματιδίων η οποία καθορίζει τις μεταξύ τους ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις. Ένα υλικό σώμα που έχει ηλεκτρικό φορτίο επηρεάζεται και δημιουργεί ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Το ηλεκτρικό φορτίο είναι μία ποσότητα που διατηρείται, δηλαδή σε οποιαδήποτε αλληλεπίδραση ο ολικός αριθμός των φορτίων πριν και μετά από αυτήν, διατηρείται σταθερός. Το ηλεκτρικό φορτίο είναι μία ποσότητα που είναι κβαντισμένη. Δηλαδή υπάρχει μόνο σε διακριτές οντότητες, ακέραια πολλαπλάσια του θεμελιώδους φορτίου του ηλεκτρονίου (e^-) για το αρνητικό φορτίο και του πρωτονίου για το θετικό. Όταν λέμε ότι ένα σώμα είναι αρνητικά φορτισμένο εννοούμε ότι ο αριθμός των ηλεκτρονίων σε αυτό είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των πρωτονίων. Αντίστοιχα, σε ένα θετικά φορτισμένο σώμα ο αριθμός των ηλεκτρονίων του είναι μικρότερος από τον αριθμό των πρωτονίων. Όταν το σώμα είναι ουδέτερα φορτισμένο, εννοούμε ότι ο αριθμός των πρωτονίων είναι ίσος με τον αριθμό των ηλεκτρονίων. Το ηλεκτρικό φορτίο του πρωτονίου είναι κατά απόλυτη τιμή ίσο με το αντίστοιχο του ηλεκτρονίου και ισούται:

$$|e| = 1.6 * 10^{-19} \text{ cb}$$

1.3.8. Κίνηση σωματιδίων σε ηλεκτρικό πεδίο.

Κάθε φορτίο δημιουργεί γύρω του ένα ηλεκτρικό πεδίο. Το ηλεκτρικό πεδίο είναι ο λόγος της ηλεκτρικής δύναμης ως προς το φορτίο.

$$\vec{E} = \frac{\vec{f}}{q}$$

Η δύναμη του ηλεκτρικού πεδίου δρα ανάμεσα σε δύο φορτία όπως και η βαρύτητα δρα ελκτικά στις μάζες σωμάτων. Το ηλεκτρικό πεδίο μπορεί να είναι ελκτικό ως προς τα φορτία εάν έχουν διαφορετικό πρόσημο και απωθητικό εάν έχουν το ίδιο πρόσημο.

1.3.9. Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.

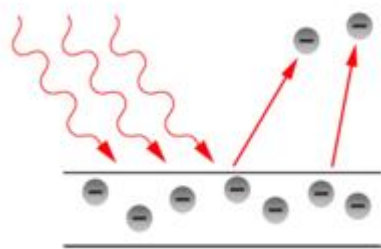
Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο είναι μια κβαντική διεργασία κατά την οποία απελευθερώνονται ηλεκτρόνια από μια επιφάνεια αγωγού όταν προσπέσει σε αυτή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία συχνότητας τέτοιας ώστε τα ηλεκτρόνια να κατορθώσουν να υπερπηδήσουν το φράγμα δυναμικής ενέργειας που τα συγκρατεί στην επιφάνεια αυτή. Τα ηλεκτρόνια που εκπέμπονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα. Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο συνίσταται στην συμπεριφορά ενός φωτιζόμενου μετάλλου. Το μέταλλο φορτίζεται μόνο όταν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει συχνότητα μεγαλύτερη ή ίση από μια ορισμένη τιμή. Η τιμή αυτή ονομάζεται οριακή συχνότητα ή διαφορετικά Συχνότητα κατωφλίου. Αν η συχνότητα της ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερη η ίση της συχνότητας κατωφλίου ο αριθμός των ηλεκτρονίων που εκπέμπονται είναι ανάλογος της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Η εκπομπή φωτοηλεκτρονίων από το μέταλλο γίνεται σχεδόν ταυτόχρονα με το φωτισμό της επιφάνειάς του (για την ακρίβεια ο χρόνος από το φωτισμό του μετάλλου μέχρι την εκπομπή φωτοηλεκτρονίων είναι μικρότερος του 10^{-9} s). Η μέγιστη κινητική ενέργεια με την οποία τα φωτοηλεκτρόνια εγκαταλείπουν το μέταλλο είναι ανάλογη της συχνότητας της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, και ανεξάρτητη από την έντασή της. Ο Άλμπερτ Αϊνστάιν έδωσε μια ερμηνεία για το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο θέτοντας ότι η ενέργεια ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος δεν είναι ισοκατανεμημένη στο κυματικό μέτωπο αλλά μεταφέρεται σε διακριτές ποσότητες που ονομάζονται φωτόνια.

Ο Αϊνστάιν θεώρησε ότι κάθε φωτόνιο, όταν δίνει την ενέργειά του, τη δίνει ολόκληρη και μόνο σε ένα ηλεκτρόνιο κάθε φορά. Αν αυτή είναι αρκετή για να αντισταθμίσει την έλξη που δέχεται το ηλεκτρόνιο από τον πυρήνα, το ηλεκτρόνιο απελευθερώνεται. Διαφορετικά, εκπέμπει την ακτινοβολία που απορροφήθηκε στο περιβάλλον. Έτσι, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που δέχεται το σώμα αποτελείται

από δέσμες φωτονίων. Η ενέργεια του κάθε φωτονίου είναι ανάλογη της συχνότητάς του:

$$E_{\varphi} = hu$$

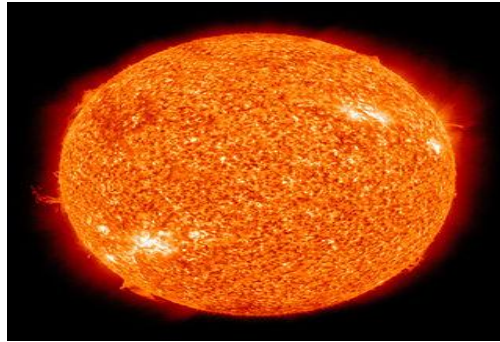
Όπου h είναι η σταθερά του Πλάνκ



Η προσπίπτουσα ακτινοβολία εκπέμπει φορτία από ανάκλαση σε επιφάνεια μετάλλου.

2. Ήλιος : πηγή ενέργειας.

Ο Ήλιος είναι ο αστέρας του ηλιακού μας συστήματος , έχει διάμετρο 1.4 εκατομμύρια χιλιόμετρα και η μάζα του (2×10^{30} κιλά) αποτελεί το 99.86% της μάζας του ηλιακού συστήματος. Η απόσταση της Γης από τον ήλιο είναι 149.6 εκατομμύρια χιλιόμετρα. Ο Ήλιος είναι ένας αστέρας με φασματικό τύπο G2v, αυτός ο τύπος υποδεικνύει ότι η επιφανειακή του θερμοκρασία είναι περίπου 5800 βαθμοί Κέλβιν .

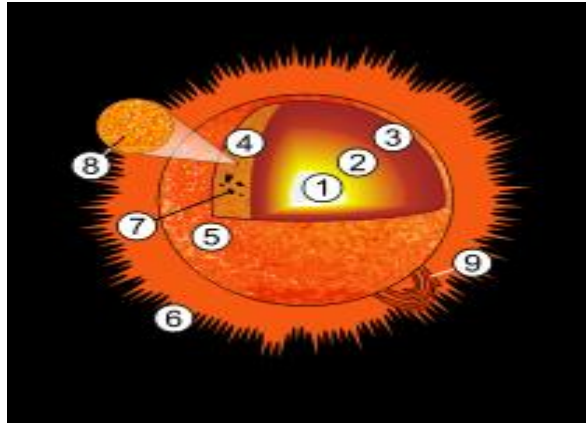


σχήμα 3.

2.1. Δομή του Ήλιου.

Ο πυρήνας βρίσκεται στο κέντρο της ηλιακής σφαίρας και έχει διάμετρο 175.000 χιλιόμετρα. Ο πυρήνας είναι η μόνη περιοχή στον ήλιο που παράγει σημαντική ποσότητα της θερμικής ενέργειας μέσω της σύντηξης. Μέσα στο 24% της ακτίνας του ηλίου παράγεται το 99% της ισχύος, και στο 30% της ακτίνας η σύντηξη έχει σταματήσει σχεδόν πλήρως. Το υπόλοιπο του άστρου θερμαίνεται από την ενέργεια που μεταφέρεται προς τα έξω από τον πυρήνα. Η ενέργεια που παράγεται από τη σύντηξη πρέπει στη συνέχεια να ταξιδέψει μέσω πολλών διαδοχικών στρωμάτων στην ηλιακή φωτόσφαιρα πριν διαφύγει στο διάστημα.

Η αλυσίδα πρωτονίου-πρωτονίου συμβαίνει περίπου στις 9.2×10^{37} φορές κάθε δευτερόλεπτο μέσα στον πυρήνα του ήλιου. Δεδομένου ότι αυτή η αντίδραση χρησιμοποιεί 4 ελεύθερα πρωτόνια σε σωματίδια (πυρήνες υδρογόνου) μετατρέπει σε περίπου 3.7×10^{38} πρωτόνια σε σωματίδια (α) κάθε δευτερόλεπτο. Αφού η σύντηξη του υδρογόνου σε ήλιο απελευθερώνει περίπου 0.7 % της μάζας σε ενέργεια, ο Ήλιος απελευθερώνει ενέργεια που έχει τιμή μετατροπής μάζας-ενέργειας 4.26 εκατομμύρια μετρικούς τόνους ανά δευτερόλεπτο (3.846×10^{26} W) ή 9.192×10^{10} μεγατόνους T.N.T. /sec. Αυτή η μάζα δεν καταστρέφεται για να δημιουργήσει την ενέργεια, αλλά η μάζα είναι που μεταφέρεται ως ακτινοβολούμενη ενέργεια, όπως περιγράφεται από την ισοδυναμία της μάζας –ενέργειας.



1. Πυρήνας
2. Ζώνη ακτινοβολίας
3. Ζώνη μεταφοράς
4. Φωτόσφαιρα
5. Χρωμόσφαιρα
6. Στέμμα
7. Ηλιακή κηλίδα
8. Κοκκίδωση
9. Έκλαμψη

4. Φωτόσφαιρα.

Η φωτόσφαιρα είναι το πρώτο στρώμα της ηλιακής ατμόσφαιρας. Πρόκειται για τη λαμπρή ορατή επιφάνεια του Ηλίου. Είναι το θερμό αδιαφανές κέλυφος, που παράγει το παρατηρούμενο συνεχές φάσμα του Ηλίου και αρχίζει ακριβώς μετά τη ζώνη μεταφοράς. Η φωτόσφαιρα έχει κοκκώδη υφή, σαν την επιφάνεια ενός παχύρευστου υγρού που βράζει. Καθεμιά από τις φυσαλίδες-κόκκους της φωτόσφαιρας έχει ακανόνιστο σχήμα με μέση διάσταση 2.000 Km.

Το φαινόμενο αυτό λέγεται φωτοσφαιρική κοκκίαση και οφείλεται σε ανοδικά ρεύματα ζεστών αερίων που σχηματίζονται στη βάση της φωτόσφαιρας.

5. Χρωμόσφαιρα.

Ακριβώς πριν και μετά τη στιγμή μιας ολικής έκλειψης του Ήλιου παρατηρείται μια λαμπρή κοκκινωπή λάμψη στο άκρο της φωτόσφαιρας. Αυτή είναι η χρωμόσφαιρα, είναι το τμήμα της ατμόσφαιρας του Ηλίου ακριβώς πάνω από τη φωτόσφαιρα που εκτείνεται μόλις 2.000 Km μετά από αυτήν. Το κοκκινωπό της χρώμα προέρχεται από την εκπομπή ακτινοβολίας από τη γραμμή (H α) του ουδέτερου υδρογόνου. Η πυκνότητα της χρωμόσφαιρας είναι χίλιες φορές μικρότερη από αυτή της φωτόσφαιρας και αυτός είναι ο λόγος που είναι διαφανής στο φως.

Η χρωμόσφαιρα μελετάται καλύτερα κατά την ολική έκλειψη του Ηλίου, όμως μπορεί να μελετηθεί καθημερινά και με ένα ειδικό όργανο το στεμματογράφο, που δημιουργεί τεχνητή ηλιακή έκλειψη.

6. Στέμμα.

Πάνω από τη χρωμόσφαιρα βρίσκεται το στέμμα που μπορούμε να δούμε ακριβώς τη στιγμή της ολικής ηλιακής έκλειψης. Η λαμπρότητα του στέμματος είναι αντίστοιχη με αυτήν της πανσελήνου.

Το φάσμα του στέμματος έχει κάποιες λαμπρές γραμμές που αποτελούσαν μυστήριο για πολλά χρόνια, μια και δεν μπορούσαν οι αστρονόμοι να καταλάβουν ποιο στοιχείο τις προκαλεί.

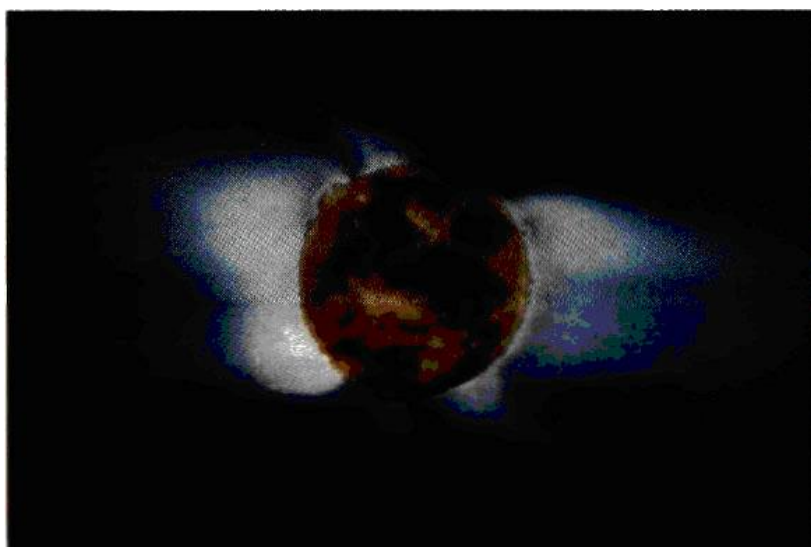
Τελικά αποδείχτηκε ότι προέρχονται από έντονα ιονισμένα άτομα στοιχείων ο ιονισμός των οποίων οφείλεται στην εξαιρετικά υψηλή θερμοκρασία του στέμματος. Μια ακόμα συνέπεια της υψηλής θερμοκρασίας του στέμματος είναι η εκπομπή από αυτό ακτίνων X. Το φαινόμενο αυτό σχετίζεται και με το μαγνητικό πεδίο του Ηλίου και την κίνηση των στεμματικών αερίων.

Ηλιακός άνεμος.

Οι πρώτοι δορυφόροι που εκτοξεύτηκαν στις αρχές του 1950 επιβεβαίωσαν την ύπαρξη του ηλιακού ανέμου, μια υπόθεση που ήδη υπήρχε και βασιζόταν στην εκτροπή των ουρών των κομητών.

Ο ηλιακός άνεμος μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι προέκταση της ατμόσφαιρας του Ηλίου. Σχηματίζεται από την ηλιακή ακτινοβολία μαζί με την έντονη ροή πρωτονίων, ηλεκτρονίων και πυρήνων ηλίου, που εκτοξεύονται από την ατμόσφαιρα του Ηλίου με ταχύτητες εκατοντάδων χιλιομέτρων ανά δευτερόλεπτο. Τα σωματίδια αυτά ταξιδεύουν κατά μήκος των ανοιχτών μαγνητικών γραμμών του στέμματος.

Η ποσότητα της ηλιακής μάζας που διαφεύγει με τον ηλιακό άνεμο φτάνει τους ένα εκατομμύριο τόνους ανά δευτερόλεπτο. Έτσι στα 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια που λειτουργεί ο μηχανισμός του ηλιακού ανέμου μόλις το 0,1% της αρχικής ηλιακής μάζας έχει χαθεί μέσω αυτού.



Η ατμόσφαιρα του Ηλίου σε ακτίνες X. Οι λαμπρές περιοχές αντιστοιχούν σε θερμό πλάσμα, παγιδευμένο από το μαγνητικό πεδίο του Ηλίου.

Οι ακτίνες , γ (υψηλής ενέργειας φωτόνια) που απελευθερώνονται στις αντιδράσεις σύντηξης απορροφούνται σε μόλις λίγα χιλιοστά του ηλιακού πλάσματος και στη συνέχεια εκ νέου εκπέμπονται και πάλι σε τυχαία κατεύθυνση και σε ελαφρώς χαμηλότερη ενέργεια. Ως εκ τούτου χρειάζεται πολύς χρόνος για την ακτινοβολία να φτάσει στην επιφάνεια του Ήλιου. Οι εκτιμήσεις της διάρκειας του ταξιδιού του φωτονίου κυμαίνονται μεταξύ 10.000 και 170.000 έτη . Μετά από ένα τελικό ταξίδι μέσω του εξωτερικού στρώματος συναγωγής για την διαφανή επιφάνεια της φωτόσφαιρας τα φωτόνια διαφεύγουν ως ορατό φως.

2.2. Μέτρηση ηλιακής ακτινοβολίας.

Από την ενέργεια της ακτινοβολίας, που εκπέμπει ο ήλιος ανά δευτερόλεπτο, οι πλανήτες και οι δορυφόροι δέχονται μόνο το $1/120.000.000$. Το μεγαλύτερο μέρος της ολικής ακτινοβολίας εμφανίζεται στην περιοχή κυμάτων του ορατού φωτός. Το φως ξεκινάει από τη φωτόσφαιρα του Ήλιου που βρίσκεται στη βάση της ηλιακής ατμόσφαιρας πάχους 500 Km και που μας κάνει αδύνατη την ενατένιση του ήλιου. Η ενεργός ακτινοβολία του ήλιου μπορεί να μετρηθεί επακριβώς με το ακτινόμετρο που κατασκευάστηκε το 1880 από τον S.P.Langley. Το όνομα του Langley πήρε και η μονάδα έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας:
 $1 \text{ Lan (ή Ly)} = 1 \text{ Cal/cm}^2 = 4,1868 \text{ Joule/cm}^2$.

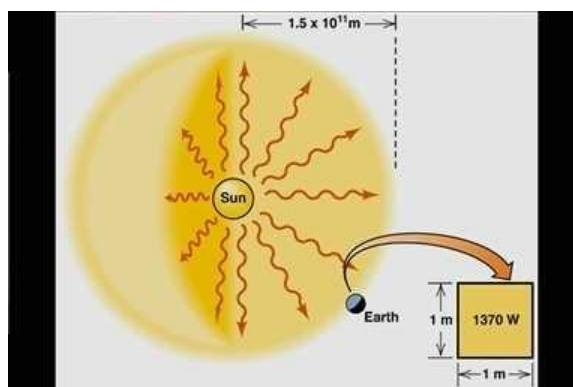
Ο τρόπος λειτουργίας του ακτινομέτρου βασίζεται στο σχηματισμό γέφυρας Wheatstone. Για να μετρηθεί η ενέργεια ακτινοβολίας που δέχεται το ακτινόμετρο, διοχετεύεται ρεύμα μέσα από την ταινία που δεν δέχεται ακτινοβολία και θεωρείται σαν ταινία αναφοράς, ώσπου εκείνη να δείξει την ίδια απόκλιση, όπως η ταινία που ακτινοβολείται. Η ένταση αυτού του βοηθητικού ρεύματος μετράται από ένα ευαίσθητο γαλβανόμετρο. Η καταγραφή του ακτινομέτρου αποτελεί το ακτινόγραμμα που δείχνει την ένταση της ακτινοβολίας σε συνάρτηση με την ώρα της ημέρας, δηλαδή δεδομένα μετρήσεων που αντιστοιχούν στις διάφορες θέσεις του ήλιου. Καταγράφεται πάντα η ίδια επιφάνεια της γης. Οι συντεταγμένες των καμπύλων που αντιστοιχούν σε κάθε μέτρηση, καθορίζουν το ποσό της ηλιακής ενέργειας, που απορροφάται από τη γήινη ατμόσφαιρα. Ένας άλλος τρόπος για την μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι τα πυρανόμετρα. Τα σύγχρονα πυρανόμετρα αποτελούνται από δύο ομόκεντρους γυάλινους θόλους και στο εσωτερικό τους υπάρχει μία μαύρη επιφάνεια με κεραμικό υπόστρωμα κάτω από την οποία υπάρχουν

εκατοντάδες θερμοστοιχεία . Το σήμα του πυρανομέτρου είναι της τάξης mV και οδηγείται σε κατάλληλη συσκευή μέτρησης η οποία ταυτόχρονα κάνει και ολοκλήρωση του σήματος . Τα όργανα αυτά λέγονται ηλιακοί ολοκληρωτές (Solar integrators). Για τη μέτρηση της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας τα πυρανόμετρα εφοδιάζονται και με ένα δαχτυλίδι το οποίο τοποθετείται στην διεύθυνση του ήλιου για όλο το γεωγραφικό πλάτος των 00-090 Βορά και Νότου έτσι ώστε να σκιάζεται ο γυάλινος θόλος συνεχώς κατά τη διάρκεια της ημέρας . Σκοπός του δαχτυλιδιού είναι να συλλάβει την απ' ευθείας ακτινοβολία του ήλιου κατά τη διάρκεια όλης της ημέρας χωρίς επαναρίθμηση. Επίσης κάθε λίγες ημέρες η θέση του δαχτυλιδιού πρέπει να αναπροσαρμόζεται στην κλίση του ήλιου.

2.3. Σύσταση του ήλιου.

Ο Ήλιος αποτελείται κατά 74% από υδρογόνο, κατά 25% από ήλιο και 1% από άλλα στοιχεία. Το υδρογόνο αποτελεί το κύριο καύσιμο για τις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις που παράγουν την ενέργεια που ακτινοβολεί , ενώ το ήλιο προέρχεται κυρίως από τα προϊόντα της πυρηνικής σύντηξης του υδρογόνου. Στο κέντρο του Ήλιου η θερμοκρασία φτάνει τους 20 εκατομμύρια βαθμούς κελσίου. Σε τέτοια θερμοκρασία τα άτομα έχουν χάσει τα ηλεκτρόνια τους , βρίσκονται δηλαδή ιονισμένα και η κατάσταση της ύλης καλείται πλάσμα. Αυτό έχει ως συνέπεια τα υπερθερμασμένα άτομα να κινούνται με μεγάλες ταχύτητες , να συγκρούονται μεταξύ τους έτσι ώστε δύο άτομα υδρογόνου να ενώνονται κατά τη σύγκρουση. Αν ακολουθήσουν άλλες δύο συγκρούσεις τότε προστίθεται άλλα δύο άτομα υδρογόνου στο σύνολο φτιάχνοντας έτσι ένα σταθερό άτομο ηλίου.

Η υπόλοιπη μάζα μετατρέπεται σε ενέργεια σύμφωνα με την εξίσωση μετατροπής $E=Mc^2$. Στη γη φτάνει πολύ μικρό τμήμα της συνολικά εκπεμπόμενης ισχύος από τον Ήλιο.

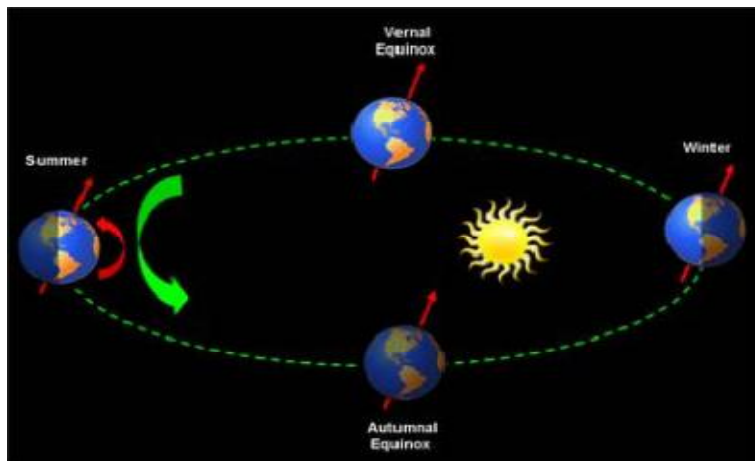


Σχήμα 5.

Σε απόσταση R_0 όση μέση απόσταση Γης-Ήλιου , η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι :

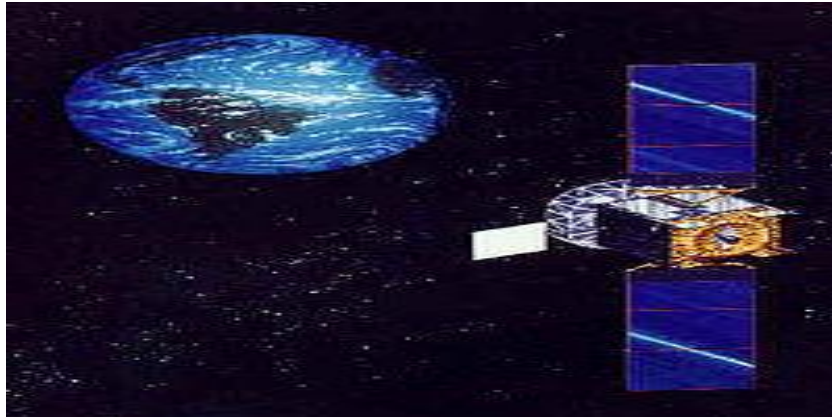
$$I_0 = \frac{P}{4\pi R_0} \Rightarrow \frac{(3.91 \times 10^{23}) \text{KW}}{4\pi (1.5 \times 10^{11})^2 \text{m}^2} = \mathbf{1.38 \text{KW/m}^2}$$

Η τροχιά της Γης γύρω από τον Ήλιο είναι ελλειπτική, αυτό έχει ως συνέπεια να έχουμε μεταβολές της ηλιακής σταθεράς καθώς και της εκπεμπόμενης ενέργειας από τον Ήλιο στη γη.



Σχήμα6.

3. Τεχνητός δορυφόρος.



Σχήμα 7.

Ο τεχνητός δορυφόρος είναι μια ανθρώπινη κατασκευή που τίθεται σε τροχιά γύρω από τη γη. Χρησιμοποιούνται για τηλεπικοινωνιακούς σκοπούς καθώς και για χρήσιμες πληροφορίες που λαμβάνουμε από το διάστημα και τις αξιοποιούμε ανάλογα. Οι τεχνητοί δορυφόροι για να τεθούν σε τροχιά γύρω από τη γη χρειάζονται ενέργεια την οποία συλλέγουν από τον Ήλιο με τη χρήση ηλιακών συλλεκτών (πυρίτιο SI) εκμεταλλεύονται το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο μετατρέποντάς το σε ενέργεια που τους παρέχει την κίνηση. Επίσης χρησιμοποιούν και την βαρύτητα της γης για να μείνουν σε τροχιά γύρω από αυτήν. Για να εκτοξευθεί με επιτυχία ένας δορυφόρος πρέπει να κινηθεί τουλάχιστον με την κρίσιμη ταχύτητα διαφυγής η οποία δίνεται από τη σχέση : $V^2 = 2g \left(\frac{M}{R} \right)$ όπου (g) είναι η σταθερά παγκόσμιας έλξης , (M) μάζα της γης και (R) η ακτίνα της . Η ταχύτητα διαφυγής στην επιφάνεια της γης είναι 11.18km/sec .

Ο παρακάτω πίνακας δίνει την ταχύτητα διαφυγής για διάφορα ύψη από την επιφάνεια της γης.

Ύψος	Ταχύτητα διαφυγής
km	Km/sec
0	11.18
200	11.01
400	10.85
600	10.69
800	10.54
1000	10.40

Μετά την εκτόξευση και εφόσον ο δορυφόρος φτάσει σε ορισμένο ύψος, η ταχύτητα του πρέπει να αλλάξει διεύθυνση και να γίνει κάθετη προς την ευθεία που ορίζεται από το κέντρο της γης. Η κίνηση των τεχνητών δορυφόρων ακολουθεί τους νόμους του Kepler . Αν ο δορυφόρος τοποθετηθεί σε κυκλική τροχιά σε ύψος 35900 km και κινείται παράλληλα προς τον ισημερινό , κατά τη φορά περιστροφής της γης τότε επειδή χρειάζεται 24 ώρες για να γίνει μια πλήρη περιφορά όσο και ένα σημείο της γήινης επιφάνειας , θα φαίνεται σαν να είναι σε σταθερή θέση πάνω από έναν τόπο χωρίς να κινείται . Οι δορυφόροι αυτού του τύπου λέγονται στάσιμοι , ή σύγχρονοι.

3.1. Περιγραφή των τμημάτων ενός δορυφόρου.

- **Έλεγχος τοποθέτησης.**

Για να σταθεροποιηθεί ένας δορυφόρος έχει ένα σύστημα που τον κρατά ομοιόμορφα εντός της τροχιάς του. Για να διατηρούνται σταθεροί οι δορυφόροι χρησιμοποιούν συχνά περιστροφική ή γυροσκοπική κίνηση.

- **Σώμα δορυφόρου.**

Το σώμα ενός δορυφόρου περιέχει όλο τον επιστημονικό εξοπλισμό και άλλα απαραίτητα συστατικά του δορυφόρου .

- **Εξωτερικό στρώμα.**

Προστατεύει τον δορυφόρο από τις συγκρούσεις με μικρό μετεωρίτες ή άλλα μέρια που κινούνται στο διάστημα.

- **Αντιραδιενεργή προστασία.**

Είναι η προστασία του δορυφόρου από την ακτινοβολία του Ήλιου.

- **Θερμική κάλυψη.**

Χρησιμοποίηση της θερμικής κάλυψης για να διατηρείται ο δορυφόρος στην ιδανική θερμοκρασία που χρειάζονται τα όργανα για να λειτουργήσουν ομαλά.

- **Σύστημα απομάκρυνσης της θερμότητας μακριά από της ζωτικής σημασίας όργανα του δορυφόρου.**

3.2. Ενέργεια δορυφόρου.

Κάθε δορυφόρος χρειάζεται κάποια πηγή ενέργειας η οποία συνήθως είναι:

- Ηλιακοί συλλέκτες
- Μπαταρίες
- Πυρηνική ενέργεια
- Γεννήτριες θερμότητας

3.3. Τροχιά τεχνητού δορυφόρου.

Ανάλογα με το είδος της τροχιάς και του ύψους όπου θα τοποθετηθεί ένας δορυφόρος χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- L.E.O. : χαμηλής περί τη γη τροχιάς
- M.E.O. : μεσαίας περί τη γη τροχιάς
- G.E.O. : γεωσύγχρονης τροχιάς

Δορυφόροι περί τη γη χαμηλής τροχιάς

Αυτοί του είδους οι δορυφόροι δεν είναι γεωστατικοί (δεν βρίσκονται συνεχώς πάνω από το ίδιο σημείο). Έχουν επίσης την πιο μικρή σε ύψος τροχιά (100-300 μίλια) από την επιφάνεια της γης.

Πλεονεκτήματα

- Μικρό κόστος εκτόξευση- τροchioθέτησης , χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.
- Μικρές καθυστερήσεις στη μετάδοση σημάτων.
- Ασήμαντα σφάλματα.
- Λήψη σήματος από αδύνατους πομπούς.

Μειονεκτήματα

- Μικρός χρόνος ζωής (1-3 μήνες).
- Συγκρούσεις των ζωνών ραδιοσυχνοτήτων , παρεμβολές στη μετάδοση του σήματος.

Δορυφόροι μεσαίας περί τη γη τροχιάς

Είναι οι δορυφόροι οι οποίοι κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα από τη γη οπότε δε φαίνονται στατικοί. Βρίσκονται σε τροχιές ύψους από 6000 έως 12000 μίλια.

Πλεονεκτήματα

- Μέτριο κόστος τροchioθέτησης.
- Μεσαίες καθυστερήσεις στη μετάδοση.

Μειονεκτήματα

- Τακτά σφάλματα.

Γεωσύγχρονοι τροχιάς δορυφόροι

Βρίσκονται σε τροχιά 35800km από την επιφάνεια της γης. Συμπληρώνουν μια τροχιά κάθε 24 ώρες , κινούνται με ταχύτητα 7000 μίλια την ώρα και βρίσκονται πάνω από τον ισημερινό της γης , καθώς κινούνται με την ίδια ταχύτητα και με την ίδια κατεύθυνση με τη γη φαίνονται ακίνητοι από ένα συγκεκριμένο σημείο.

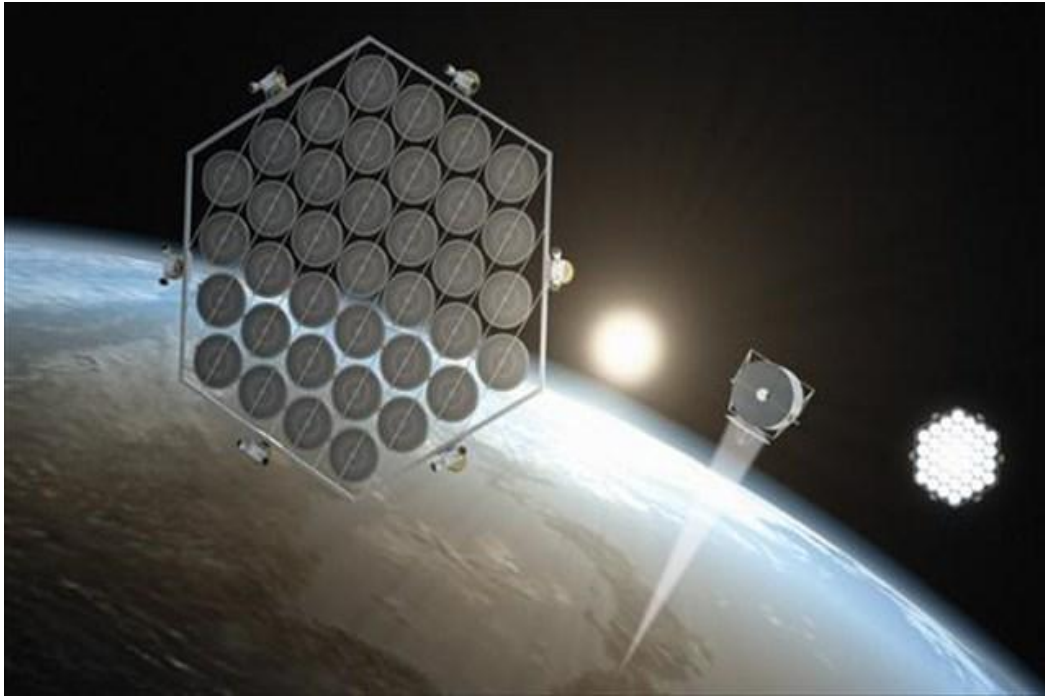
Πλεονεκτήματα

- Καλύπτει το 42.2% της γήινης επιφάνειας.
- Βλέπει πάντα την ίδια περιοχή.
- Δεν έχει προβλήματα μετάδοσης εξαιτίας του φαινομένου ΝΤΟΠΛΕΡ.
- Δυνατότητα μετάδοσης σήματος.

Μειονεκτήματα

- Τροχιά μεγάλης περιφοράς.
- Ακριβοί σταθμοί σε σχέση με τα ασθενή σήματα.

Από την παραπάνω ανάλυση των κατηγοριών των δορυφόρων μας εξυπηρετεί για την μετάδοση ενέργειας-σημάτων στη γη , η κατηγορία των γεωσύγχρονων δορυφόρων (υψηλής τροχιάς) λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν. Κατά τη μετάδοση ενέργειας από το δορυφόρο στη γη μας εξυπηρετεί το πλεονέκτημα ότι ο δορυφόρος μένει σταθερός πάνω από το ίδιο σημείο στην επιφάνεια της γης. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να προσδιορίσουμε ένα συγκεκριμένο σημείο-τοποθεσία στην γη όπου θα συλλέγουμε την εκπεμπόμενη ακτινοβολία από το ηλιακό πάρκο.



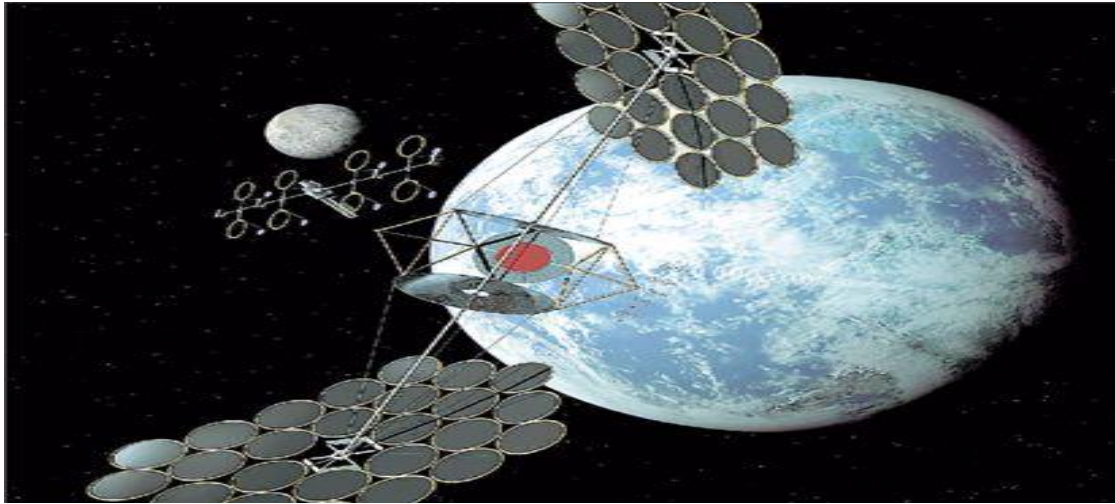
Σχήμα 8.

4. Διαστημικές υπηρεσίες (JAXA , SOLAREN)

Η Ιαπωνική διαστημική υπηρεσία (JAXA) εξετάζει το ενδεχόμενο ενός ηλιακού πάρκου σε τροχιά γύρω από τη γη η οποία θα μεταδίδει ενέργεια μέσω μικροκυμάτων στην επιφάνεια του πλανήτη. Ένας (SPS) δορυφόρος ικανός για την παραγωγή 16 W είναι μια κατασκευή βάρους 10000 μετρικών τόνων και πλάτους αρκετών χιλιομέτρων. Τα προβλήματα που χρειάζεται να ξεπεραστούν είναι τα εξής.

- Ασύρματη μετάδοση ισχύος.
- Μεταφορά στο διάστημα
- Κατασκευή διαστημικών εγκαταστάσεων σε τροχιά
- Υψόμετρο δορυφόρων και έλεγχος τροχιάς
- Παραγωγή και διαχείριση ενέργειας.

Μέσα στα επόμενα χρόνια σχεδιάζεται μια δοκιμή στην οποία μια ακτίνα εκατοντάδων (watt) θα μεταδοθεί σε απόσταση 50 m. Ο επόμενος στόχος της (JAXA) είναι η αποστολή μεγέθους 100 KW.



Σχήμα 9.

Η Αμερικανική εταιρία (SOLAREN) εξετάζει την κατασκευή ενός δορυφόρου που θα παράγει ηλεκτρική ενέργεια με φωτοβολταϊκά στοιχεία , η οποία έπειτα θα στέλνεται στη γη με μικροκύματα. Υπολογίζεται πως η ισχύς που θα παράγει θα είναι της τάξης 200MW, όση δηλαδή η ισχύς ενός τυπικού εργοστασίου της Δ.Ε.Η. .

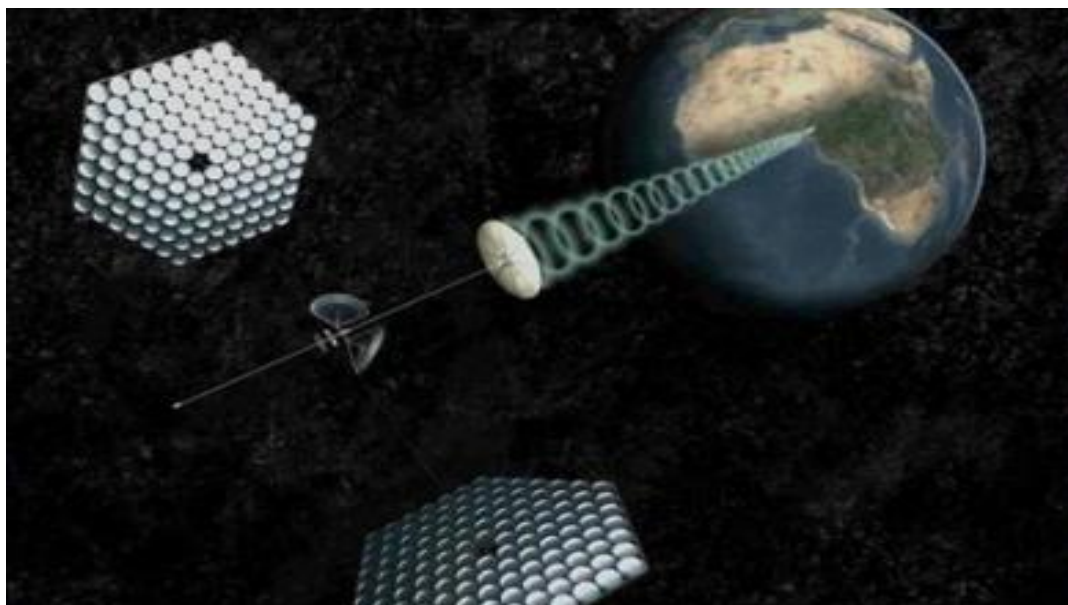
5. Παραγωγή και ασύρματη μεταφορά ενέργειας.

Η εγκατάσταση μονάδων παραγωγής ηλεκτρισμού σε δορυφόρους έχει πολλά πλεονεκτήματα, αλλά και προβλήματα. Ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο σε έναν δορυφόρο παράγει κατά μέσω όρο επτά φορές περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από όση το ίδιο στοιχείο στην επιφάνεια της γης. Αυτό οφείλεται σε τρεις λόγους. Ο πρώτος είναι ότι το στοιχείο στο δορυφόρο φωτίζεται 24 ώρες κατά την περιστροφή της γης γύρω από τον άξονα της, αντίθετα στην επιφάνεια της γης το στοιχείο θα φωτιζόταν από τον Ήλιο μόνο 12 ώρες, όση η διάρκεια της ημέρας. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι δεν παρεμβάλλεται κανένα εμπόδια ανάμεσα στον Ήλιο και τον δορυφόρο που φέρει τους φωτοβολταϊκούς συλλέκτες, οπότε πλεονεκτούν έναντι στην επιφάνεια της γης όπου το φως του Ήλιου επισκιάζεται από σύννεφα. Ο τρίτος λόγος είναι ότι ο δορυφόρος εκμεταλλεύεται και το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάτε από την ατμόσφαιρα. Το βασικό πρόβλημα που έχει η παραγωγή ενέργειας στο δορυφόρο , είναι η μεταφορά του στη γη, που πρέπει να γίνει ασύρματα. Όταν θα τεθεί σε τροχιά το ηλιακό πάρκο όπου θα κινείται με σταθερή ταχύτητα γεωστατικής κίνησης , κατά την μισή περιφορά της γης γύρω από τον άξονά της τα ηλιακά πλαίσια θα κρύβονται από το φως του Ήλιου λόγω της γης που θα

βρίσκεται μεταξύ Ήλιου και πλαισίων. Εάν όμως εγκατασταθούν δύο τέτοια ηλιακά εργοστάσια με την ίδια τροχιά αλλά με διαφορά περιφοράς 180° τότε ενέργεια θα παράγει ο ένας δορυφόρος, όσο ο άλλος βρίσκεται στη σκιά. Και σε αλλαγή της περιφοράς τους θα παράγει ενέργεια ο δεύτερος. Εάν τώρα εγκατασταθούν τέσσερα ηλιακά πάρκα σε τροχιά με διαφορά μεταξύ τους 90° τότε θα εκμεταλλευόμαστε κατά 75% περισσότερο την ηλιακή ακτινοβολία από την εγκατάσταση.

5.1. Μικροκύματα.

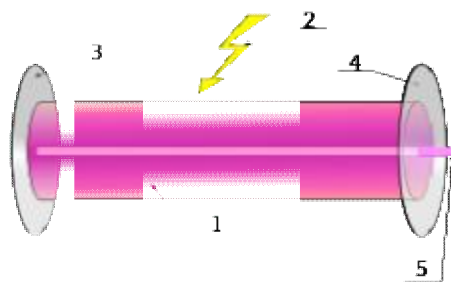
Ο ένας τρόπος που έχει μελετηθεί είναι η αποστολή της ενέργειας με μικροκύματα. Η τεχνολογία αυτή σε μικρή κλίμακα έχει αποδειχθεί το 2008 όταν μεταξύ δύο νησιών στη Χαβάη, μεταφέρθηκε μέσω μικροκυμάτων ισχύς της τάξης των 20 W, όση χρειάζεται για την λειτουργία μιας λυχνίας. Η δυσκολία αυτού του τρόπου μετάδοσης δεν έγκειται στην αύξηση της ισχύος, αλλά στις απώλειες κατά τη μεταφορά της ενέργειας και στους κινδύνους της. Οι απώλειες λόγω απορρόφησης των μικροκυμάτων από την ατμόσφαιρα υπολογίζονται στο 50% οπότε για να καταλήξει ωφέλιμη ισχύς 200MW στη γη, θα πρέπει να παράγονται 400 MW στους ηλιακούς συλλέκτες του δορυφόρου. Η νέφωση δεν επηρεάζει τα μικροκύματα που είναι πρακτικά διαφανή, εμφανίζεται όμως το πρόβλημα της ασφάλειας. Η δέσμη των μικροκυμάτων δεν θα πρέπει να συναντά εμπόδια στην ατμόσφαιρα όπως αεροπλάνα ή πτηνά, ούτε να απομακρύνεται από τον δέκτη-στόχο στην επιφάνεια της γης. Η ισχύς 200MW μπορούν να εξαερώσουν στιγμιαία οτιδήποτε βρεθεί στη διαδρομή της δέσμης των μικροκυμάτων.



Αποστολή ενέργειας με μικροκύματα.

5.2. Ακτίνες λέιζερ.

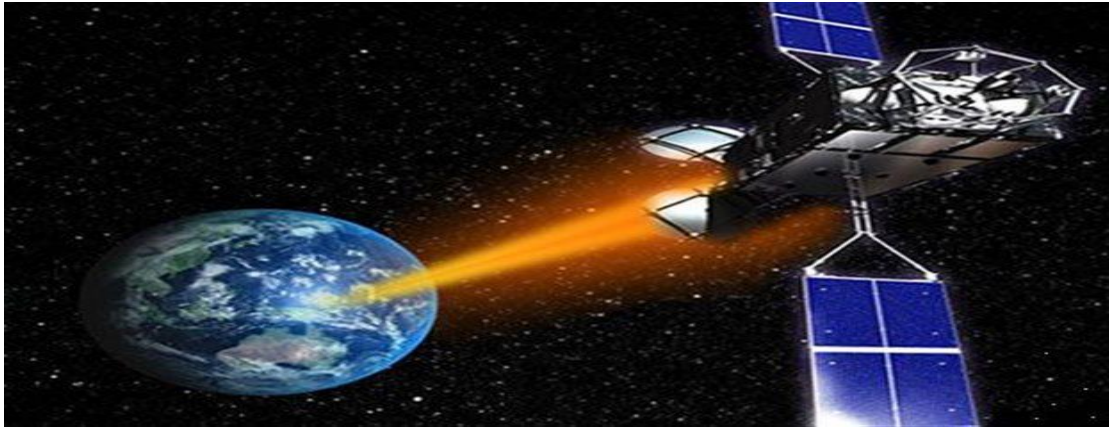
Μια εναλλακτική λύση της μεταφοράς ενέργειας είναι με ακτίνες λέιζερ. Η δέσμη των οποίων έχει πολύ μικρότερο άνοιγμα από τη δέσμη των μικροκυμάτων, οπότε μειώνεται σημαντικά η πιθανότητα να βρεθεί εμπόδιο στην διαδρομή της δέσμης. Η χρήση των ακτινών λέιζερ έχει ως μειονέκτημα τη διάλυσή τους από τα σύννεφα καθώς η δέσμη των λέιζερ έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από αυτή των μικροκυμάτων. Τα λέιζερ αποτελούνται από το ενεργό υλικό και την οπτική κοιλότητα. Το ενεργό υλικό μετατρέπει την εξωτερική ενέργεια σε δέσμη φωτός. Συνήθως είναι υλικό με συγκεκριμένο μέγεθος, σύσταση, καθαρότητα και μορφή, που παράγει φως μέσω εξαναγκασμένης εκπομπής, η οποία αποτελεί κβαντομηχανική ⁽¹⁾ διαδικασία που προτάθηκε από τον Αλβέρτο Αϊνστάιν για να ερμηνεύσει το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Το ενεργό υλικό αντλεί ενέργεια από μία εξωτερική πηγή. Τέτοιες πηγές μπορεί να είναι ηλεκτρικές ή φωτεινές, όπως η λυχνία έκλαμψης ή κάποια άλλη πηγή λέιζερ. Η ενέργεια που απορροφάται αποτίθεται στα σωματίδια του ενεργού υλικού, έτσι ώστε αυτά να οδηγηθούν σε μία διεγερμένη κβαντική κατάσταση. Όταν ο αριθμός των σωματιδίων που βρίσκονται στη διεγερμένη κατάσταση είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των ατόμων που βρίσκεται στη βασική κατάσταση, επιτυγχάνεται αντιστροφή πληθυσμού. Τότε μία δέσμη φωτός που περνάει μέσα από το υλικό έχει μεγαλύτερη πιθανότητα να οδηγήσει σε εξαναγκασμένη εκπομπή φωτονίων από ότι σε εξαναγκασμένη απορρόφηση με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται ενίσχυση της δέσμης. Ένα διεγερμένο ενεργό υλικό μπορεί να λειτουργήσει επίσης και ως οπτικός ενισχυτής.



1. Ενεργό υλικό λέιζερ
2. Προσφερόμενη ενέργεια άντλησης
3. Υψηλής ανακλαστικότητας κάτοπτρο
4. Διάταξη εξόδου δέσμης
5. Δέσμη λέιζερ

Τα χαρακτηριστικά του φωτός που παράγονται από εξαναγκασμένη εκπομπή είναι παρόμοια με αυτά του αρχικού φωτός ως προς το μήκος κύματος την πόλωση και τη φάση. Η σταθερότητα της πόλωσης και η μονοχρωματικότητα εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της οπτικής κοιλότητας. Η οπτική κοιλότητα αποτελεί παράδειγμα κοιλότητας ταλάντωσης και περιέχει μια δέσμη φωτός μεταξύ δύο ανακλαστικών επιφανειών, έτσι ώστε κάθε φωτόνιο να περνά τουλάχιστον δύο φορές από το ενεργό υλικού προτού φύγει από την οπή εξόδου της πηγής λέιζερ ή χαθεί λόγω απορρόφησης ή περίθλασης. Αν η ενίσχυση που προέρχεται από την επαναλαμβανόμενη διέλευση του φωτός μέσα από το ενεργό υλικό είναι μεγαλύτερη από τις απώλειες της κοιλότητας, τότε εμφανίζεται εκθετική αύξηση της ισχύος του φωτός μέσα στην κοιλότητα. Κάθε εξαναγκασμένη εκπομπή αναγκάζει ένα σωματίδιο να επιστρέψει από την διεγερμένη κατάσταση στην βασική, μειώνοντας έτσι την ικανότητα του ενεργού υλικού για επιπλέον ενίσχυση. Όταν αυτό το φαινόμενο μεγιστοποιείται τότε λέμε ότι η ενίσχυση έχει φτάσει σε κορεσμό. Η συνθήκη όπου η ισχύς άντλησης γίνεται περίπου ίση με την τιμή κορεσμού της ενίσχυσης και με τις απώλειες της κοιλότητας οδηγεί σε κατάσταση ισορροπίας της ισχύος του λέιζερ μέσα στην κοιλότητα. Αυτή η τιμή ισορροπίας καθορίζει και το σημείο λειτουργίας του λέιζερ. Αν η ισχύς άντλησης είναι πολύ μικρή, η ενίσχυση δεν είναι αρκετή ώστε να καλυφθούν οι απώλειες του ταλαντωτή, με αποτέλεσμα να εκπέμπεται πολύ μικρή ένταση λέιζερ. Η ελάχιστη τιμή ισχύος άντλησης που απαιτείται για την παραγωγή λέιζερ ονομάζεται κατώφλι λέιζερ. Το ενεργό υλικό ενισχύει οποιοδήποτε φωτόνιο περάσει μέσα από αυτό, αλλά μόνο αυτά που είναι ευθυγραμμισμένα με την κοιλότητα μπορεί να περάσουν περισσότερο από μια φορά μέσα από το ενεργό υλικό για να επιτευχθεί σημαντική ενίσχυση. Αν η δέσμη δημιουργείται και διαδίδεται σε ελεύθερο περιβάλλον και όχι μέσα σε κυματοδηγούς (όπως στην περίπτωση των οπτικών ινών) τότε η ένταση του φωτός εμφανίζει κανονική κατανομή, κάθετα στην διεύθυνση διάδοσής της. Η δέσμη του λέιζερ είναι σχεδόν απόλυτα ευθυγραμμισμένη, δηλαδή δεν αποκλίνει. Τέλεια ευθυγραμμισμένη δέσμη δεν μπορεί να υπάρξει λόγω περίθλασης. Για παράδειγμα, μια δέσμη με αρχική διάμετρο 2 mm, που δημιουργείται από ένα μικρό εργαστηριακό λέιζερ (όπως ένα λέιζερ Ηλίου-Νέου), αποκλίνει αποκτώντας διάμετρο 1,6 χιλιόμετρα, όταν διανύσει απόσταση ίση με αυτή της γης-σελήνης.

(1) Η Κβαντική Μηχανική είναι αξιωματικά θεμελιωμένη θεωρία της Φυσικής, που αναπτύχθηκε με σκοπό την ερμηνεία φαινομένων που η νευτώνεια μηχανική αδυνατούσε να περιγράψει. Η κβαντομηχανική περιγράφει τη συμπεριφορά της ύλης στο μοριακό, ατομικό και υποατομικό επίπεδο.



Αποστολή ενέργειας με τη μορφή λέιζερ.

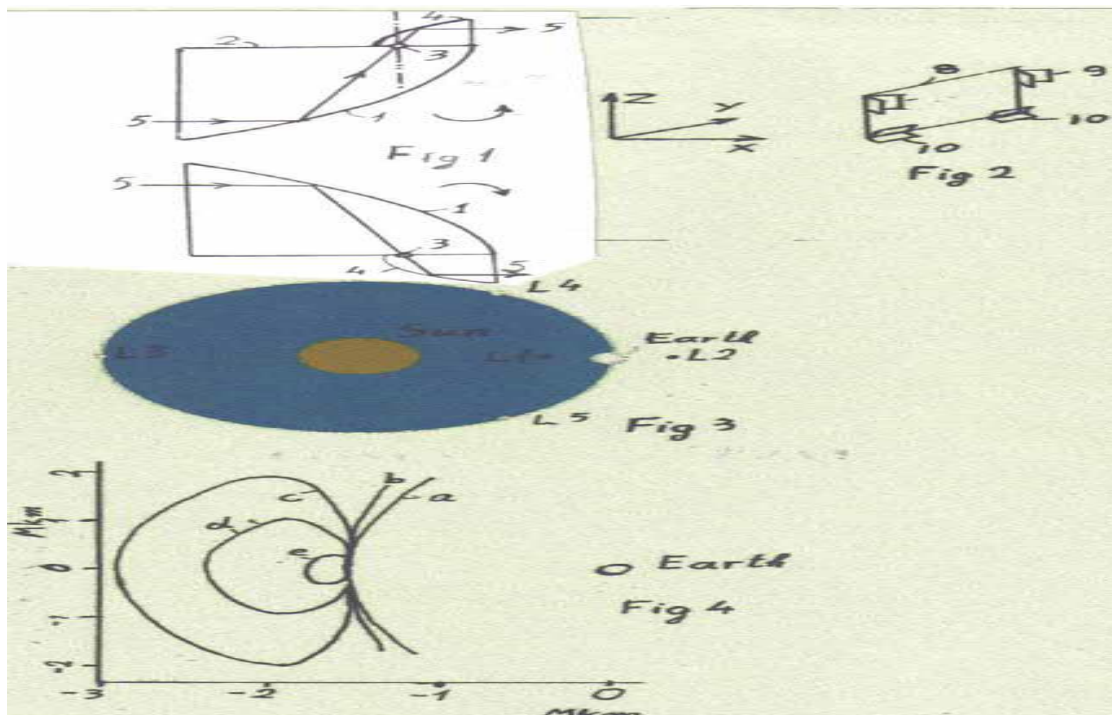
5.3. Ηλιακό εργοστάσιο.

Τα ηλιακά εργοστάσια ηλεκτρικής ενέργειας έχουν το πλεονέκτημα ότι δεν παράγουν μονοξείδιο του άνθρακα , ούτε καταναλώνουν ορυκτά καύσιμα. Κοστίζουν όμως πολύ στην κατασκευή και την εκτόξευσή τους. Το σημερινό κόστος εκτόξευσης αντικειμένου βάρους 1 kg, ανέρχεται στα 20000 ευρώ, υπολογίζεται ότι το ηλιακό εργοστάσιο που θα τεθεί σε τροχιά γύρω από τη γη θα ζυγίζει 4000 τόνους. Με έναν πολλαπλασιασμό δείχνουμε ότι μόνο για την εκτόξευση των μερών του εργοστασίου , θα δαπανηθούν 40 δις ευρώ, χωρίς να περιλαμβάνεται το κόστος κατασκευής.

5.4. Συμπυκνωτής ενέργειας.

Ο συμπυκνωτής αποτελείται από ένα ημιπαραβολοειδές κάτοπτρο που λαμβάνει την ηλιακή ακτινοβολία (κάτοπτρο συλλογής) με διαστάσεις 1000x1000 m , και ένα ημιπαραβολοειδές κάτοπτρο πολύ μικρότερων διαστάσεων (κάτοπτρο συμπύκνωσης) που στέλνει την ενέργεια στη γη. Τα δύο αυτά κάτοπτρα έχουν την ίδια εστία και τον ίδιο άξονα. Με αυτά επιτυγχάνεται συμπύκνωση της ηλιακής ενέργειας. Τα παραβολοειδή κάτοπτρα έχουν την ιδιότητα όταν δέχονται δέσμη παράλληλων ακτινών φωτός , να την συγκεντρώνουν στην εστία , αλλά και όταν υπάρχει πηγή φωτός στην εστία να ανακλούν τη δέσμη.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται δύο ζεύγη κατόπτρων. Μία ακτίνα (5) από τον Ήλιο ανακλάται στο κάτοπτρο (1), διέρχεται από την εστία (3), ανακλάται στο κάτοπτρο (4) και κατευθύνεται στη γη. Λόγω της πίεσεως της ακτινοβολίας όταν οι ακτίνες έχουν την ίδια κατεύθυνση, τότε υπάρχει ροπή στρέψεως λόγω της έκκεντρου εφαρμογής των δυνάμεων. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται δύο παρόμοια κάτοπτρα που προκαλούν αντίθετη ροπή στρέψης. Για τον προσανατολισμό των κατόπτρων ο κύριος άξονας των κατόπτρων συλλογής πρέπει να είναι πάντοτε παράλληλος με τις ακτίνες του Ήλιου. Αυτό επιτυγχάνεται με τα πτερύγια (9) και (10) στα πλευρές των κατόπτρων. Τα πτερύγια (9) μετακινούν τα κάτοπτρα κατά την κατεύθυνση (o,y) , ενώ τα πτερύγια (10) κατά την κατεύθυνση (o,z) . Στα πτερύγια αυτά υπάρχουν φωτοβολταϊκά κύτταρα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με την οποία κινούνται τα διάφορα συστήματα. Ο άξονας του κατόπτρου συμπύκνωσης κατευθύνεται προς την επιθυμητή προς τη γη κατεύθυνση με την βοήθεια ηλεκτρικού κινητήρα που μετακινεί το κάτοπτρο (4) ως προς το κάτοπτρο (1). Η αποστολή της συμπυκνωμένης ενέργειας στέλνεται στη γη είτε με τη μορφή μικροκυμάτων, είτε με ακτίνες λέιζερ.



Παραβολοειδή κάτοπτρα.

6. Αρχή λειτουργίας φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Η πηγή της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ο Ήλιος που εκπέμπει 3.8×10^{26} MW ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας από την επιφάνειά του. Κάθε αντικείμενο εκπέμπει ακτινοβολούμενη ενέργεια σε ποσότητα που είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας του. Ο τρόπος για να περιγραφεί πόση ακτινοβολία εκπέμπει ένα σώμα είναι με σύγκρισή της με το μέλαν σώμα. Το μέλαν σώμα ορίζεται ως ένας τέλειος εκπομπός και επίσης ως ένας τέλειος απορροφητής. Σαν ένας τέλειος απορροφητής, απορροφά όλη την ακτινοβολία που προσπίπτει πάνω του. Τα μήκη κύματος που εκπέμπονται από ένα μέλαν σώμα εξαρτώνται από τη θερμοκρασία του, όπως περιγράφεται από το νόμο

του Planck.

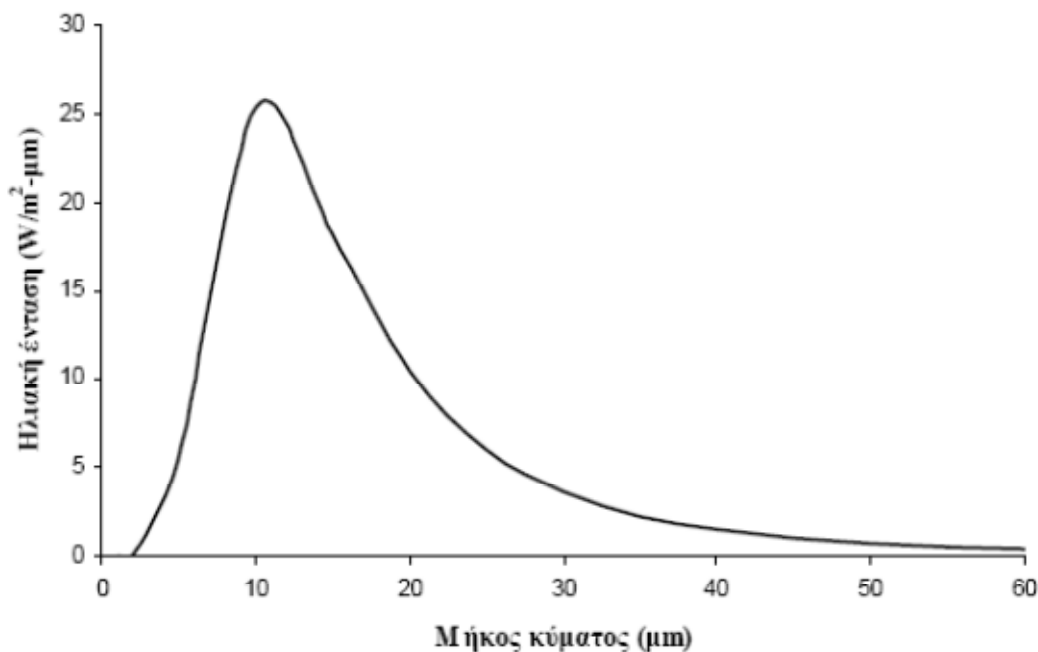
$$E_{\lambda} = \frac{3.74 \times 10^8}{\lambda^5 (e^{\frac{14400}{\lambda * T}} - 1)}$$

Όπου:

Eλ: είναι η εκπεμπόμενη ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας του μέλανος σώματος (W/m^2).

T: είναι η απόλυτη θερμοκρασία του σώματος (κέλβιν).

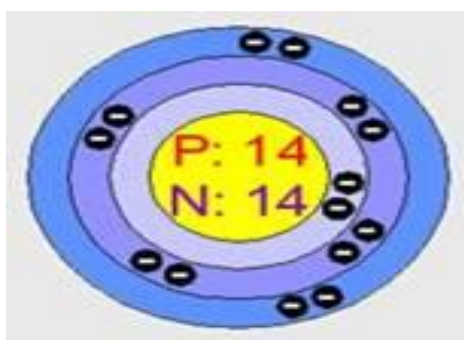
λ : το μήκος κύματος (μm).



Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και η λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος στηρίζεται στις βασικές ιδιότητες των ημιαγωγών υλικών σε ατομικό επίπεδο. Όταν το φως προσπίπτει σε μια επιφάνεια είτε ανακλάται, είτε τη διαπερνά, είτε απορροφάται από το υλικό της επιφάνειας. Η απορρόφηση του φωτός ουσιαστικά σημαίνει την μετατροπή του σε μια άλλη μορφή ενέργειας η οποία συνήθως είναι η θερμότητα. Όμως υπάρχουν κάποια υλικά τα οποία έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν την ενέργεια των προσπιπτόντων φωτονίων σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτά τα υλικά είναι οι ημιαγωγοί και σε αυτά οφείλεται επίσης η τεράστια τεχνολογική πρόοδος που έχει συντελεστεί στον τομέα της ηλεκτρονικής και συνεπακόλουθα στον ευρύτερο χώρο της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών.

6.1. Ημιαγωγοί.

Ένα υλικό που είναι ικανό να μετατρέπει την ενέργεια που περιέχεται στα φωτόνια του φωτός σε ηλεκτρική τάση και ρεύμα ονομάζεται φωτοβολταϊκό. Οι ημιαγωγοί δεν είναι ούτε πολύ καλοί ούτε πολύ κακοί αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος. Η αγωγιμότητα των ημιαγωγών βρίσκεται μεταξύ των δύο άκρων, δηλαδή των αγωγών και των μονωτών. Οι πιο καλοί ημιαγωγοί έχουν τέσσερα ηλεκτρόνια σθένους. Ο πλέον χρησιμοποιούμενος ημιαγωγός στη πράξη είναι το πυρίτιο (Si). Το πυρίτιο έχει ατομικό αριθμό 14 και έχει στην εξωτερική του στοιβάδα 4 ηλεκτρόνια. Όλα τα άτομα που έχουν λιγότερα ή περισσότερα ηλεκτρόνια στην εξωτερική στοιβάδα ψάχνουν άλλα άτομα με τα οποία μπορούν να ανταλλάξουν ηλεκτρόνια ή να μοιραστούν κάποια με σκοπό τελικά να αποκτήσουν συμπληρωμένη εξωτερική στοιβάδα σθένους.

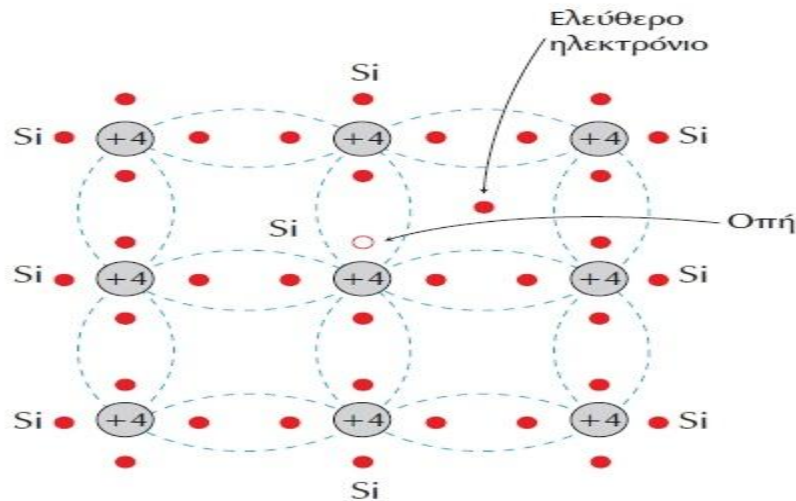


Πυρίτιο (Si).

Σε αυτήν την τάση οφείλεται και η κρυσταλλική δομή του πυριτίου αφού όταν συνυπάρχουν πολλά άτομα μαζί διατάσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε να συνεισφέρουν ηλεκτρόνια με όλα τα γειτονικά τους άτομα και τελικά με αυτόν τον τρόπο να αποκτούν μια συμπληρωμένη εξωτερική στοιβάδα και κρυσταλλική δομή. Αυτή είναι και η καθοριστική ιδιότητα που έχουν τα κρυσταλλικά υλικά. Στην κρυσταλλική του μορφή όμως το πυρίτιο είναι σταθερό. Δεν έχει ανάγκη ούτε να προσθέσει ούτε να διώξει ηλεκτρόνια κάτι που ουσιαστικά του δίνει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά πολύ κοντά σε αυτά ενός μονωτή αφού δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια για την δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος στο εσωτερικό του.

6.2. Ενδογενής ημιαγωγοί.

Ενδογενής ονομάζονται οι ημιαγωγοί οι οποίοι δεν έχουν καμία πρόσμιξη. Οι πιο συνηθισμένοι ημιαγωγοί σε ηλεκτρονικά κυκλώματα είναι οι ημιαγωγοί πυριτίου (Si) και γερμανίου (Ge). Το άτομο του γερμανίου αποτελείται από πυρήνα με 32 πρωτόνια γύρω από τον οποίο περιστρέφονται 32 ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια σθένους που βρίσκονται στην εξωτερική στοιβάδα είναι 4. Κάθε άτομο γερμανίου συνεισφέρει κάθε ένα από τα 4 ηλεκτρόνια σε αντίστοιχο γειτονικό άτομο και έτσι δημιουργούνται ομοιοπολικοί δεσμοί που συγκρατούν τα άτομα μεταξύ τους στο κρυσταλλικό πλέγμα. Όταν η θερμοκρασία του ημιαγωγού πλησιάσει το απόλυτο μηδέν, τα ηλεκτρόνια σθένους συγκρατούνται στους ομοιοπολικούς αυτούς δεσμούς, ενώ όταν η θερμοκρασία αυξηθεί είναι δυνατό να μεταπηδήσουν ορισμένα ηλεκτρόνια στη ζώνη αγωγιμότητας ξεπερνώντας το ενεργειακό χάσμα. Έτσι δημιουργούνται ελεύθερα ηλεκτρόνια στη ζώνη αγωγιμότητας και αντίστοιχες οπές στη ζώνη σθένους με φορτία (h^+) η κάθε μια. Όταν στον ημιαγωγό εφαρμοστεί ηλεκτρικό πεδίο θα συμβεί όχι μόνο μετακίνηση των ηλεκτρονίων της ζώνης αγωγιμότητας αλλά ταυτόχρονα και οπών σε αντίθετη φορά.



Αναπαράσταση ελεύθερου ηλεκτρονίου.

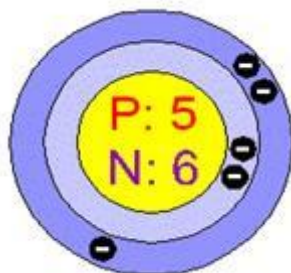
6.3. Εξωγενής ημιαγωγοί.

Είναι ημιαγωγοί των οποίων η αγωγιμότητα οφείλεται στην ύπαρξη ξένων ατόμων στο κρυσταλλικό πλέγμα τους που μπορεί να προέρχονται από ατέλειες του ίδιου του κρυσταλλικού πλέγματος ή από την ύπαρξη προσμίξεων, δηλαδή μικρών ποσοτήτων άλλων στοιχείων που προστίθεται στον κρύσταλλο του ημιαγωγού. Οι προσμίξεις είναι συνήθως δύο ειδών. Το ένα είδος αποτελείται από χημικά στοιχεία που τα άτομά τους έχουν πέντε ηλεκτρόνια σθένους όπως το αρσενικό (As), ο φωσφόρος (P) και το αντιμόνιο (Sb). Το άλλο είδος πρόσμιξης αποτελείται από στοιχεία με τρία εξωτερικά ηλεκτρόνια όπως το γάλλιο (Ga), το αλουμίνιο (Al), και το βόριο (B). Τα άτομα της πρώτης κατηγορίας ονομάζονται δότες γιατί δίνουν στον ημιαγωγό το ένα από τα πέντε εξωτερικά τους ηλεκτρόνια. Επειδή στην περίπτωση αυτή ο ημιαγωγός εμφανίζει περισσότερα ηλεκτρόνια λέγεται ημιαγωγός τύπου n. Αντίθετα, τα άτομα της δεύτερης κατηγορίας, επειδή δέχονται ένα ηλεκτρόνιο από το πλέγμα του ημιαγωγού, ονομάζονται αποδέκτες. Τότε ο ημιαγωγός είναι τύπου p γιατί έχει περισσότερες οπές. Τόσο οι δότες όσο και οι αποδέκτες έχουν πλέγμα με διαστάσεις παραπλήσιες με το πλέγμα του ενδογενούς ημιαγωγού. Έστω ότι στο κρυσταλλικό πλέγμα του γερμανίου ένα από τα άτομά του έχει αντικατασταθεί από ένα άτομο φωσφόρου. Τα τέσσερα από τα πέντε εξωτερικά ηλεκτρόνια του δότη σχηματίζουν δεσμούς (ζεύγη ηλεκτρονίων) με τα άτομα του γερμανίου, ενώ το πέμπτο ηλεκτρόνιο του δότη συνδέεται πολύ χαλαρά με τον πυρήνα και με την προσφορά ελάχιστης ενέργειας, απομακρύνεται από αυτόν και γίνεται ηλεκτρόνιο αγωγιμότητας,

κυκλοφορώντας ελεύθερα μέσα στη μάζα του κρυστάλλου. Με την απομάκρυνση του ηλεκτρονίου αυτού από τον πυρήνα του δότη, αυτός μετατρέπεται σε θετικό ιόν, το οποίο όμως σε αντίθεση με το ηλεκτρόνιο αγωγιμότητας, είναι δέσμιο και δεν μπορεί να κινηθεί ελεύθερα. Ο κρύσταλλος του ημιαγωγού θα είναι στο σύνολό του ηλεκτρικά ουδέτερος γιατί για κάθε ελεύθερο ηλεκτρόνιο υπάρχει ένα θετικό ιόν του δότη. Στον κρύσταλλο του γερμανίου μετά τη νόθευσή του έχουμε τους εξής φορείς. Ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές που προήλθαν από την καταστροφή ορισμένων χημικών δεσμών του γερμανίου λόγω της θερμικής δόνησης προτού το νοθεύσουμε και ελεύθερα ηλεκτρόνια που προήλθαν από τα άτομα του δότη. Τα θετικά ιόντα του δότη δεν αποτελούν οπές επειδή δε μετακινούνται. Επομένως στον κρύσταλλο του γερμανίου μετά την πρόσμιξη του αρσενικού πλεονάζουν τα ελεύθερα ηλεκτρόνια και έτσι η αγωγιμότητά του αυξάνει σημαντικά. Επειδή η ενέργεια που απαιτείται για τον ιονισμό των ατόμων του δότη είναι πολύ μικρή όλα τα άτομά του είναι ιονισμένα σε συνηθισμένες θερμοκρασίες. Επειδή στους ημιαγωγούς τύπου-n τα ηλεκτρόνια είναι πολύ περισσότερα στον αριθμό από τις οπές, λέγονται φορείς πλειονότητας, ενώ οι οπές φορείς μειονότητας.

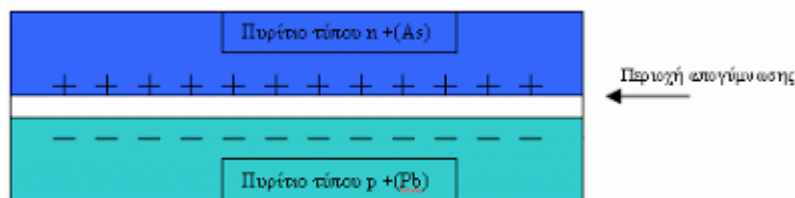
6.4. Επαφές (p-n).

Τις ημιαγωγές ιδιότητες του το πυρίτιο τις αποκτά με τεχνικό τρόπο. Αυτό πρακτικά γίνεται με την πρόσμειξη με άλλα στοιχεία τα οποία είτε έχουν ένα ηλεκτρόνιο περισσότερο είτε ένα λιγότερο στην στοιβάδα σθένους τους. Αυτή η πρόσμειξη τελικά κάνει τον κρύσταλλο δεκτικό είτε σε θετικά φορτία (υλικό τύπου p) είτε σε αρνητικά φορτία (υλικό τύπου n). Για να φτιαχτεί λοιπόν ένας ημιαγωγός τύπου n ή αλλιώς ένας αρνητικά φορτισμένος κρύσταλλος πυριτίου θα πρέπει να γίνει πρόσμειξη ενός υλικού με 5e στην εξωτερική του στοιβάδα. Αντίστοιχα για να δημιουργήσουμε έναν ημιαγωγό τύπου p η αλλιώς θετικά φορτισμένος κρύσταλλος πυριτίου χρειάζεται να γίνει πρόσμειξη στον κρύσταλλο κάποιου υλικού όπως το βόριο (B) που έχει 3e στην εξωτερική του στοιβάδα.

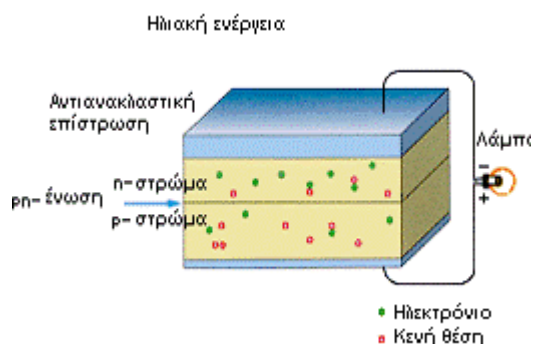


Βόριο (B).

Εάν φέρουμε σε επαφή δύο κομμάτια πυριτίου τύπου n και τύπου p το ένα απέναντι από το άλλο δημιουργείται μια διόδος η αλλιώς ένα ηλεκτρικό πεδίο στην επαφή των δύο υλικών το οποίο επιτρέπει την κίνηση ηλεκτρονίων προς μια κατεύθυνση μόνο.



Τα επιπλέον ηλεκτρόνια της επαφής n έλκονται από τις «οπές» τις επαφής p. Αυτό το ζευγάρι των δύο υλικών είναι το δομικό στοιχείο του φωτοβολταϊκού κελιού και η βάση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας.



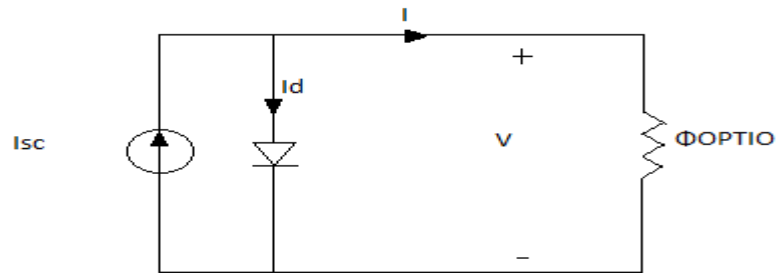
6.5. Επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας.

Η ηλιακή ακτινοβολία έρχεται στη γη με τη μορφή φωτονίων. Τα φωτόνια όταν προσπίπτουν σε μια διάταξη φωτοβολταϊκού περνούν αδιατάραχτα την επαφή τύπου n και χτυπούν τα άτομα της περιοχής τύπου p. Τα ηλεκτρόνια της περιοχής τύπου p αρχίζουν και κινούνται μεταξύ των οπών ώσπου τελικά φτάνουν στην περιοχή της διόδου όπου και έλκονται πλέον από το θετικό πεδίο της εκεί περιοχής. Αφού ξεπεράσουν το ενεργειακό χάσμα αυτής της περιοχής μετά είναι αδύνατον να επιστρέψουν. Στο κομμάτι της επαφής n πλέον έχουμε περισσευούμενα ηλεκτρόνια που μπορούμε να τα εκμεταλλευτούμε. Αυτά τα περισσευούμενα ηλεκτρόνια μπορούν και παράγουν τελικά το ηλεκτρικό ρεύμα, εάν τοποθετήσουμε μια διάταξη όπως έναν μεταλλικό αγωγό στο πάνω μέρος της επαφής n και στο κάτω της επαφής p και το φορτίο ενδιάμεσα έτσι ώστε να ολοκληρωθεί ο αγωγίμος δρόμος για το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται.

6.6. Φωτοβολταϊκό στοιχείο.

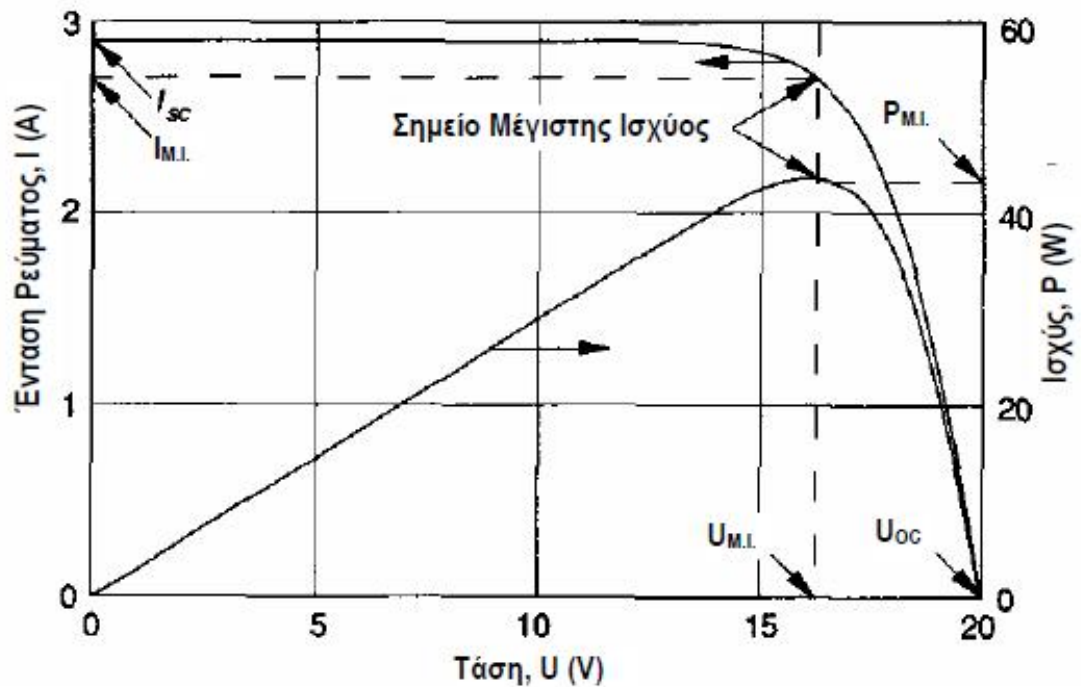
Το ισοδύναμο κύκλωμα ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου αποτελείται από μια πραγματική δίοδο παράλληλα με μια πηγή ρεύματος. Η ιδανική πηγή ρεύματος δίνει ρεύμα ανάλογο της ηλιακής έντασης στην οποία εκτίθεται το φωτοβολταϊκό στοιχείο. Όταν βραχυκυκλωθούν οι ακροδέκτες του ισοδύναμου κυκλώματος του φωτοβολταϊκού στοιχείου η πραγματική δίοδος δε διαρρέεται από ρεύμα, οπότε όλο το ρεύμα της πηγής ρεύματος ρέει μέσα από τους βραχυκυκλωμένους ακροδέκτες I_{sc} . Από τον νόμο των ρευμάτων Kirchhoff στο κύκλωμα προκύπτει

$$I = I_{sc} - I_0 \left(e^{\frac{q \cdot v}{k \cdot T}} - 1 \right)$$



Ισοδύναμο κύκλωμα φωτοβολταϊκού στοιχείου.

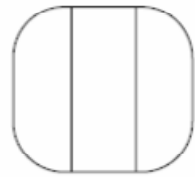
Σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο πυριτίου (Si) με επιφάνεια 1cm^2 εκτεθειμένο σε ηλιακή ακτινοβολία 1000W/m^2 έχει : $V_{oc}=0.6\text{ V}$ και $I_{sc}=20\text{-}30\text{mA}$. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η καμπύλη μέγιστης ισχύος .



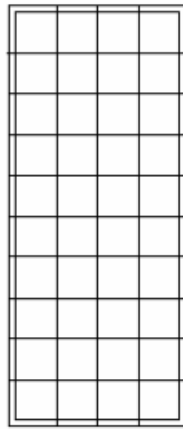
Καμπύλη μέγιστης ισχύος.

6.7. Φωτοβολταϊκά πλαίσια-συλλέκτες.

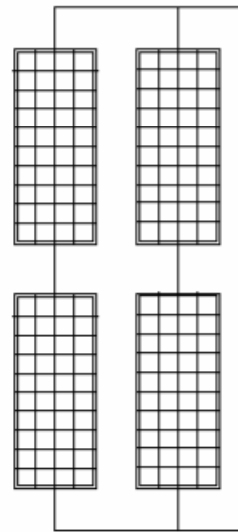
Ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο παράγει περίπου 0.5V. Από μόνο του δεν έχει πολλές εφαρμογές. Η βασική δομική μονάδα για φωτοβολταϊκές εφαρμογές είναι το φωτοβολταϊκό πλαίσιο που αποτελείται από προκαλωδιωμένα φωτοβολταϊκά στοιχεία σε σειρά. Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό πλαίσιο έχει 36 φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδεδεμένα σε σειρά και παράγει τάση 12 V. Πολλά φωτοβολταϊκά πλαίσια μπορούν να συνδεθούν σε σειρά και να αυξηθεί η τάση. Επίσης μπορούν να συνδεθούν παράλληλα και να αυξηθεί το ρεύμα. Μια σημαντική παράμετρος στη σχεδίαση φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι το πλήθος των πλαισίων που θα πρέπει να συνδεθούν σε σειρά, καθώς και το πλήθος που θα πρέπει να συνδεθούν παράλληλα για να παράγεται η ζητούμενη ενέργεια. Ένας τέτοιος συνδυασμός φωτοβολταϊκών πλαισίων ονομάζεται φωτοβολταϊκός συλλέκτης.



Φ/B στοιχείο



Φ/B πλαίσιο



Φ/B συλλέκτης

6.8. Απόδοση συστήματος.

Ο βαθμός απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου ορίζεται ως ο λόγος της ηλεκτρικής ισχύος που παράγεται προς τη διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια.

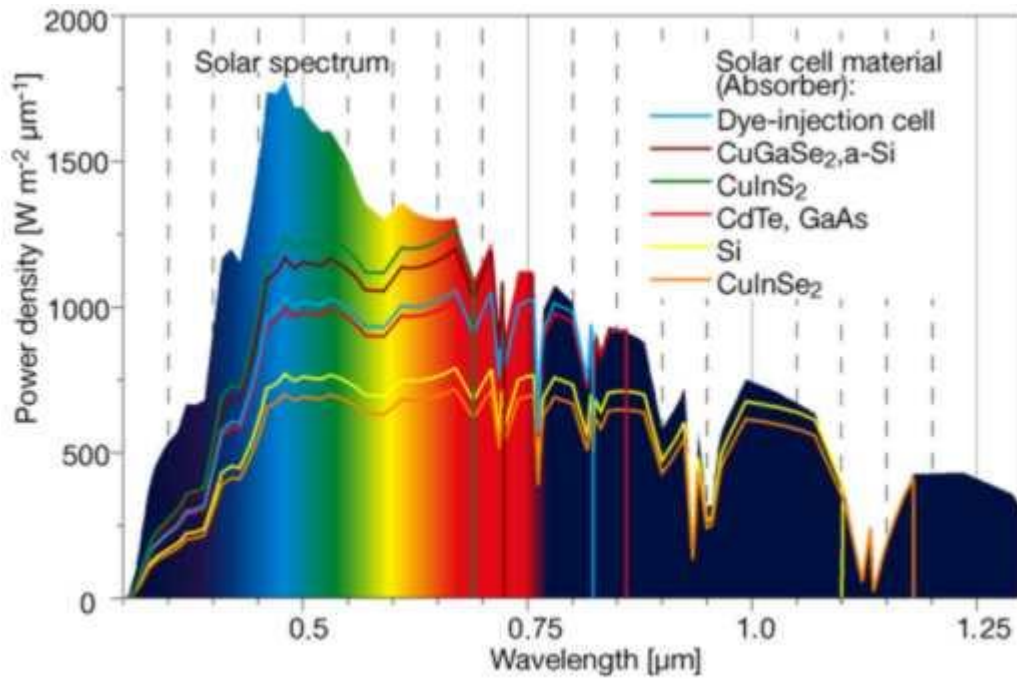
$$\eta = \frac{V \cdot I}{G \cdot A}$$

όπου:

G: είναι η ισχύς /m² της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

A: είναι η επιφάνεια του φωτοβολταϊκού στοιχείου.

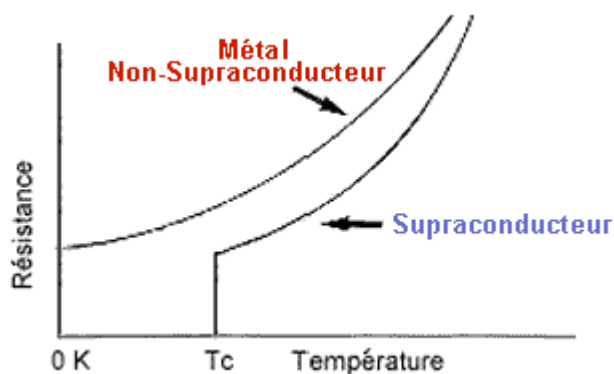
Το κάθε ημιαγωγό υλικό αντιδρά σε διαφορετικά μήκη κύματος της ακτινοβολίας. Κάποια υλικά αντιδρούν σε ευρύτερα φάσματα ακτινοβολίας από κάποια άλλα. Αυτός είναι ο λόγος που δεν μπορούμε να εκμεταλλευτούμε όλη τη προσπίπτουσα ενέργεια. Έτσι ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιούμε μπορούμε να εκμεταλλευτούμε μόνο εκείνο το φάσμα της ακτινοβολίας που αντιδρά με το συγκεκριμένο υλικό.



Η μη πλήρης εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά συστήματα παρουσιάζεται στα ηλιακά πάρκα που είναι εγκατεστημένα στη γη. Σε αντίθεση με το ηλιακό πάρκο που θα τεθεί σε τροχιά γύρω από τη γη, δεν υπάρχουν αυτές οι απώλειες καθώς έξω από την ατμόσφαιρα της γης η ακτινοβολία του Ήλιου δεν φιλτράρεται από την ατμόσφαιρα και δεν επηρεάζονται τα στοιχεία από τα διάφορα φάσματα λειτουργίας, καθώς δέχονται στο κενό απευθείας την ηλιακή ακτινοβολία.

7. Υπεραγωγοί.

Υπεραγωγοί ονομάζονται τα υλικά (συνήθως μέταλλα και κεραμικά) τα οποία παρουσιάζουν μηδενική αντίσταση (ειδική αντίσταση) και μηδενική ωμική αντίσταση ($R=0$). Οι σχετικές μελέτες ξεκίνησαν το 1911 από τον Onnes και έδειξαν ότι ορισμένα μέταλλα, κάτω από μια κρίσιμη θερμοκρασία T_c (4 K), εμφανίζουν μια απότομη μείωση της αντίστασης στη ροή συνεχούς ρεύματος, η οποία σχεδόν μηδενίζεται.



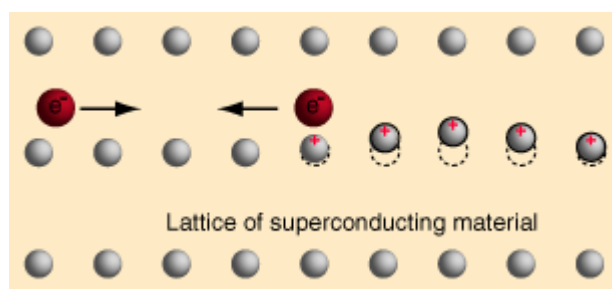
Μεταβολή της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης υπεραγωγών και μη υπεραγωγίων υλικών συναρτήσει της θερμοκρασίας.

Σε έναν υπεραγωγό οι συγκρούσεις μεταξύ ατόμων και ηλεκτρονίων ελαχιστοποιούνται με αποτέλεσμα το ηλεκτρικό ρεύμα να ρέει ανεπηρέαστο και χωρίς καμία δυσκολία. Η θερμοκρασία κάτω από την οποία ένα υλικό γίνεται υπεραγωγός λέγεται κρίσιμη θερμοκρασία. Για τα περισσότερα μέταλλα η κρίσιμη θερμοκρασία είναι κοντά στο απόλυτο μηδέν. Τα ηλεκτρόνια είναι οι φυσικοί φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος στους αγωγούς και οι σκεδάσεις τους στο κρυσταλλικό πλέγμα του αγωγού, κατά την εξαναγκασμένη διέλευσή τους μέσα από αυτό, προκαλούν το φρενάρισμά τους και εμφανίζεται έτσι ωμική αντίσταση. Οι σκεδάσεις των ηλεκτρονίων γίνονται πάνω στα άτομα του κρυστάλλου λόγω των πλεγματικών ατελειών (προσμίξεις, πλεγματικά κενά) που παραμορφώνουν τον κρύσταλλο και λόγω της μη μηδενικής θερμοκρασίας του κρυστάλλου από την οποία τα άτομα του ταλαντώνουν και καταλαμβάνουν μεγαλύτερο χώρο στατιστικά και έτσι μικραίνει ο ελεύθερος χώρος διέλευσης για τα ηλεκτρόνια.

Στην υπεραγωγιμότητα τα άτομα στον κρύσταλλο καταρχήν δεν ταλαντώνουν πλέον έντονα λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας και τα πλεγματικά κενά κλείνουν. Δεν είναι όμως αναγκαία και ικανή συνθήκη αυτή για την εμφάνιση της υπεραγωγιμότητας. Υπάρχουν διάφοροι μηχανισμοί, ανάλογα με το υλικό, που δίνουν υπεραγωγίμες ιδιότητες στο συνδυασμό πλέγματος - ηλεκτρονίων.

7.1. Ζεύγη Κούπερ.

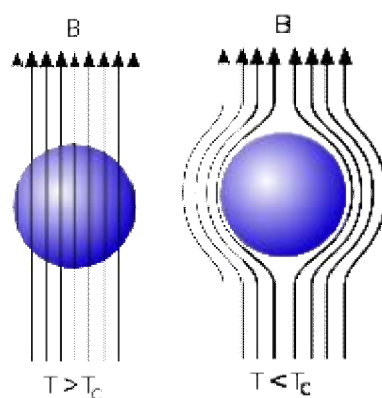
Τα ηλεκτρόνια αποκτούν δεσμούς ανά δύο και σχηματίζουν ένα ιδεατό σωματίδιο με διαφορετικές ιδιότητες από το γνωστό ηλεκτρόνιο. Τους δεσμούς των ηλεκτρονίων μεταξύ τους, τους σχηματίζουν οι ελάχιστες αναπόφευκτες ταλαντώσεις των ατόμων του πλέγματος που ταξιδεύουν από άτομο σε άτομο στον κρύσταλλο (φωνόνια), οι οποίες δημιουργούν έναν ιδανικό «κινούμενο χώρο» ανάμεσα στα άτομα του πλέγματος που ταξιδεύει με την ταχύτητα του ήχου μέσα στον κρύσταλλο, μέσα στον οποίο τα ηλεκτρόνια αλληλεπιδρούν ανά δύο και ταξιδεύουν με τρόπο που να μην εμφανίζεται συνολικά η ιδιότητα της ιδιοστροφορμής του καθενός. Τα ηλεκτρόνια φαίνονται σαν να είναι «δεμένα» με κάποιο τρόπο και το ένα δεν αφήνει το άλλο να «χτυπήσει» πάνω στο κρυσταλλικό πλέγμα και έτσι δεν υπάρχουν σκεδάσεις, άρα μηδενίζεται η ωμική ηλεκτρική αντίσταση του υλικού.



Δεσμός ηλεκτρονίων μέσα σε υπεραγώγιμη κατάσταση.

7.2. Φαινόμενο Meissner.

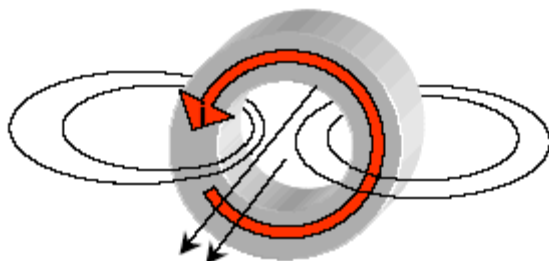
Το Φαινόμενο Meissner περιγράφει την απώθηση του μαγνητικού πεδίου από το εσωτερικό ενός υπεραγωγίου υλικού κατά την μετάβαση από την κανονική στην υπεραγώγιμη φάση. Οι Βάλτερ Μάισνερ και Ρόμπερτ Όξενφελντ ανακάλυψαν το φαινόμενο το 1933 όταν μέτρησαν την κατανομή του μαγνητικού πεδίου υπεραγώγιμων δειγμάτων κασσίτερου και μολύβδου. Τα δείγματα αυτά, υπό την παρουσία εξωτερικού μαγνητικού πεδίου, ψύχθηκαν κάτω από την ονομαζόμενη θερμοκρασία μετάβασης τους στην υπεραγώγιμη φάση (T_c). Κάτω από την θερμοκρασία T_c τα δείγματα ακύρωσαν το μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό τους. Επειδή το συνολικό μαγνητικό πεδίο διατηρείται σταθερό, όταν το εσωτερικό πεδίο μειώθηκε κατά την μετάβαση στην υπεραγώγιμη φάση, αυξήθηκε αντίστοιχα το εξωτερικό πεδίο που περιβάλλει τα δείγματα. Το πείραμα απέδειξε ότι οι υπεραγωγοί ήταν κάτι παραπάνω από απλώς σχεδόν τέλει αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος και πως διαθέτουν μια επιπλέον μοναδική ιδιότητα χαρακτηριστική για την υπεραγώγιμη φάση.



Το μαγνητικό πεδίο δεν επιδρά στον αγωγό όταν η θερμοκρασία του (T) γίνεται χαμηλότερη από μια κρίσιμη θερμοκρασία (T_c).

7.3. Διέλευση ρεύματος σε υπεραγώγιμο ηλεκτρομαγνήτη.

Μια από τις πρώτες και πιο σημαντικές εφαρμογές της υπεραγωγιμότητας ήταν η κατασκευή υπεραγώγιμων πηνίων σε ηλεκτρομαγνήτες με τους οποίους μπορούμε να πετύχουμε υψηλές τιμές της έντασης μαγνητικού πεδίου.



Στον δακτύλιο περνάει ηλεκτρικό ρεύμα ώστε να διατηρείτε η μαγνητική ροή.

Αν το εμβαδόν του δακτυλίου είναι A τότε η ροή που περνάει μέσα από τον βρόγχο είναι: $\Phi = AB_A$

Όταν μεταβάλλουμε το B_A σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz τότε στο δακτύλιο θα κυκλοφορήσει ένα ρεύμα το οποίο θα αντιτίθεται στη μεταβολή αυτή. Έτσι θα προκύψει :

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(AB_A)}{dt} = iR$$

Σε έναν κανονικό δακτύλιο ο παράγοντας iR σύντομα εκμηδενίζει το ρεύμα. Αν όμως το $R=0$, τότε και η $\mathcal{E}=0$ οπότε θα έχουμε σταθερή μαγνητική ροή μέσα στο δακτύλιο και το ρεύμα θα κυκλοφορεί για πάντα.

7.4. Εφαρμογή υπεραγωγών.

Οι υπεραγωγοί είναι ικανοί να μεταφέρουν πολύ μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας. Από τον νόμο του Ohm $I=V/R$ και με $R=0\Omega$ τότε το ρεύμα σε ένα υπεραγωγό θα είναι άπειρο. Λόγο του φαινομένου Meissner υπάρχει μια κρίσιμη τιμή του ρεύματος που δεν πρέπει να ξεπεραστεί. Ένα σύρμα υπεραγωγού διαμέτρου 60cm μπορεί να μεταφέρει όλη την εγκατεστημένη ισχύ της Ελλάδας. Το πρόβλημα που παρουσιάζεται με τους υπεραγωγούς είναι το υψηλό κόστος κατασκευής τους καθώς και για την εφαρμογή τους σε μια γραμμή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας θα χρειαζόνταν μονάδες ψύξης του αγωγού για να διατηρείται η υπεραγωγιμότητα του σε όλο το μήκος της διανομής.



Υπεραγωγοί και μονάδα ψύξης .

8. Επίλογος .

Η συνολική λειτουργία του συστήματος παραγωγής ενέργειας από το διάστημα απαιτεί την εξέλιξη της τεχνολογίας σε πολλούς τομείς. Το κόστος είναι ένας βασικός παράγοντας που ακόμα δεν επιτρέπει τέτοιου είδους τεχνολογική πρόοδο. Εφόσον ξεπεραστούν τα τεχνολογικά και οικονομικά εμπόδια, με την υλοποίηση της εγκατάστασης η γη θα έχει απεριόριστη και συνεχή ενέργεια. Από την ανάλυση της παρούσης εργασίας, ο σχεδιασμός και η υλοποίηση αυτής της γιγάντιας εγκατάστασης φαίνεται να μην είναι αδύνατη. Θα πρέπει να επιλυθεί η μέθοδος με την οποία θα στέλνεται η συμπυκνωμένη ενέργεια από τα κάτοπτρα του δορυφόρου καθώς και τα μικροκύματα αλλά και οι ακτίνες λέιζερ παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τα οποία για μεγάλες αποστάσεις καθιστούν δύσκολη και επικίνδυνη την αποστολή μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας στη γη. Η μονάδα που θα δέχεται αυτή την ενέργεια θα πρέπει να βρίσκεται σε περιοχή όπου δεν θα είναι κατοικήσιμη και δεν θα υπάρχει κίνδυνος να προκληθεί κάποια καταστροφή από τα υψηλής ενέργειας κύματα που θα έρχονται στη γη. Θα είναι ένα προκαθορισμένο σημείο στο οποίο το ηλιακό πάρκο με την γεωστατική τροχιά, θα κινείται με την ίδια κατεύθυνση με τη γη και θα βρίσκεται πάντα επάνω από το ίδιο σημείο που θα είναι εγκατεστημένη η μονάδα λήψης της ενέργειας. Από εκεί θα γίνεται η μετατροπή της σε ηλεκτρική ενέργεια καθώς και ο υποβιβασμός της τάσης και του ρεύματος (έως ορισμένου επιπέδου που προβλέπει το φαινόμενο Meissner) και θα μεταφέρεται μέσω υπεραγωγών υψηλά ποσά ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς καμία ωμική απώλεια γραμμής (λόγω των ζευγών Κούπερ που δημιουργούν τα ηλεκτρόνια στην υπεραγώγιμη κατάσταση). Το δίκτυο υπεραγωγών θα διανέμει το αρκετά μεγάλο ηλεκτρικό ρεύμα σε υποσταθμούς για την μετατροπή του σε υπερυψηλή τάση (400KV), όπου στην τελική της μετατροπή στην χαμηλή τάση (400V) θα διανέμεται στα φορτία των πόλεων.



Φωτοβολταϊκό πάρκο.



Υποθαλάσσιο δίκτυο μεταφοράς ενέργειας.

9. Βιβλιογραφία-πηγές.

- <http://www.physics.uoi.gr/seci/clim2.pdf>
- <http://www.naftemporiki.gr/story/803607/iaponika-sxeda-gia-iliaki-farma-se-troxia-kai-aperioristi-energeia>
- <http://www.tovima.gr/science/article/?aid=308668>
- Τεχνολογία υλικών. Δρ. Κ. Ε. Σαββάκης.
- PSSC Φυσική. Έκτη έκδοση. Ίδρυμα Ευγενίδου.
- Serway, Physics for Scientists and Engineers τόμος II – Ηλεκτρομαγνητισμός
- Electroreception Springer Handbook of Auditory Research, ISSN 0947-2657
- Ηλεκτρομαγνητισμός και ύλη ISBN: 9789604181810
- Διαδικτυακή μηχανή αναζήτησης Google – βικιπαίδεια
- Δέρβος, Κωνσταντίνος Βασιλείου Παναγιώτα (2009). «Η υπεραγωγιμότητα και τα χαρακτηριστικά της». ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΥΛΙΚΑ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ. Οι ηλεκτρικές ιδιότητες των υλικών