

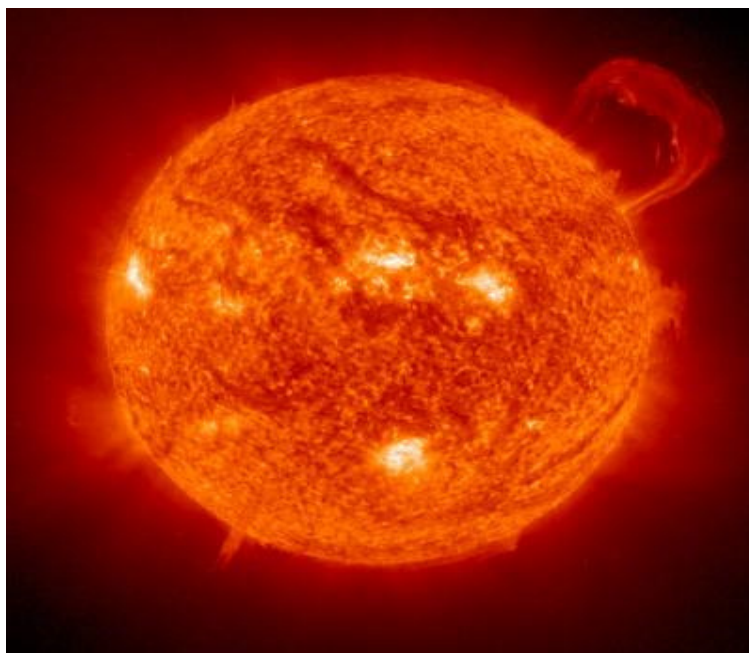


Πολυτεχνείο Κρήτης

Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

Διπλωματική εργασία

Οι επιδράσεις της ηλιακής δραστηριότητας στη γη



Δελήμπασης Παναγιώτης

Επιβλέπων καθηγητής

Βασίλειος Γκέκας

XANIA 2009

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη του ήλιου και γενικά όλων των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα σε αυτόν και η επίδραση τους στη γη, στις διάφορες δραστηριότητες του πλανήτη.

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Βασίλειο Γκέκα για την ουσιαστική βοήθεια μου προσέφερε με την άψογη συνεργασία, τις πολύτιμες συμβουλές και την καθοδήγησή του σε όλη την διάρκεια της εκπόνησης αυτής της διπλωματικής εργασίας, καθώς η βασική ιδέα της ερευνάς του ανήκει.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρόλογος	2
Ευχαριστίες.....	2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

1.1 Ο ήλιος	6
1.2 Χαρακτηριστικά του ήλιου.....	7
1.2.1 Μορφή.....	7
1.2.2 Μέγεθος.....	7
1.2.3 Πυρήνας.....	8
1.2.4 Απόσταση.....	9
1.2.5 Λαμπρότητα	9
1.2.6 Περιστροφή.....	9
1.2.7 Σύσταση.....	10
1.2.8 Ατμόσφαιρα ήλιου.....	10
1.2.9 Η ενέργεια του ήλιου.....	12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΗΛΙΑΚΕΣ ΚΗΛΙΔΕΣ

2.1 Ηλιακές κηλίδες.....	13
2.2 Ταξινόμηση ομάδων ηλιακών κηλίδων.....	16
2.3 Μαγνητικό πεδίο των κηλίδων	17
2.4 Προσπάθειες εξήγησης των κηλίδων.....	17
2.5 Κηλίδες και προεξοχές.....	18
2.6 Κηλίδες και ηλιακές εκλάμψεις.....	19
2.7 Η περιοδικότητα των ηλιακών κηλίδων.....	20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ ΚΑΙ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥΣ

3.1 Ηλιακές ακτινοβολίες και αποτελέσματά τους επί της Γης	20
3.2 Ισορροπία ακτινοβολιών :Ηλιακή και γήινη ακτινοβολία.....	22
3.3 Νόμοι ακτινοβολίας	23
3.3.1 Ο νόμος του Planck.....	24
3.3.2 Ο νόμος των Stefan-Boltzmann.....	24
3.3.3 Ο νόμος του Wien.....	24
3.3.4 Ο νόμος του Kirchhoff.....	25
3.3.5 Ο νόμος των Beer-Bouger-Lamber.....	26
3.4 Η ηλιακή ακτινοβολία.....	27
3.4.1 Το ηλιακό φάσμα.....	27
3.4.2 Ηλιακός άνεμος.....	30
3.5 Η ηλιακή σταθερά και η ηλιακή θερμοκρασία.....	31
3.6 Η ηλιακή ακτινοβολία στην κορυφή της ατμόσφαιρας.....	33
3.7 Αλληλεπιδράσεις της ηλιακής ακτινοβολίας με τα συστατικά της ατμόσφαιρας και τα νέφη.....	35
3.7.1 Αεροζόλ.....	35
3.7.2 Απορρόφηση.....	36
3.7.3 Σκέδαση.....	37
3.7.4 Νέφη.....	39
3.8 Η ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της θάλασσας.....	39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

4.1 Ο ρόλος του ήλιου στις κλιματικές αλλαγές.....	40
4.2 Το κλίμα της γης και ο ήλιος.....	41
4.3 Νεφοκάλυψη.....	43
4.4 Κοσμικές ακτίνες.....	44
4.5 Συσχέτιση ηλιακής δραστηριότητας και θερμοκρασίας της γης.....	44

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΙΓΙΔΕΣ

5.1 Γεωμαγνητικές καταιγίδες.....	46
5.2 Επιδράσεις των μαγνητικών καταιγίδων.....	48
5.2.1 Κίνδυνος ακτινοβολίας στον άνθρωπο.....	48
5.2.2 Το κλίμα.....	48
5.2.3 Βιολογία.....	49
5.3 Συστήματα που επηρεάζονται.....	49
5.3.1 Επικοινωνίες.....	49
5.3.2 Διαφορική φόρτιση.....	50
5.3.3 Η F.A.A.....	51
5.3.4 Ο τηλεγράφος.....	51
5.3.5 Συστήματα ναυτιλίας.....	52
5.3.6 Δορυφόροι.....	52
5.3.7 Γεωλογικές εξερευνήσεις	53
5.3.8 Ηλεκτρική ενέργεια.....	53
5.3.9 Αγωγοί πετρελαίου.....	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

6.1 Μελέτη της διακύμανσης της ηλιακής δραστηριότητας.....	54
6.2 Συμπεράσματα.....	58

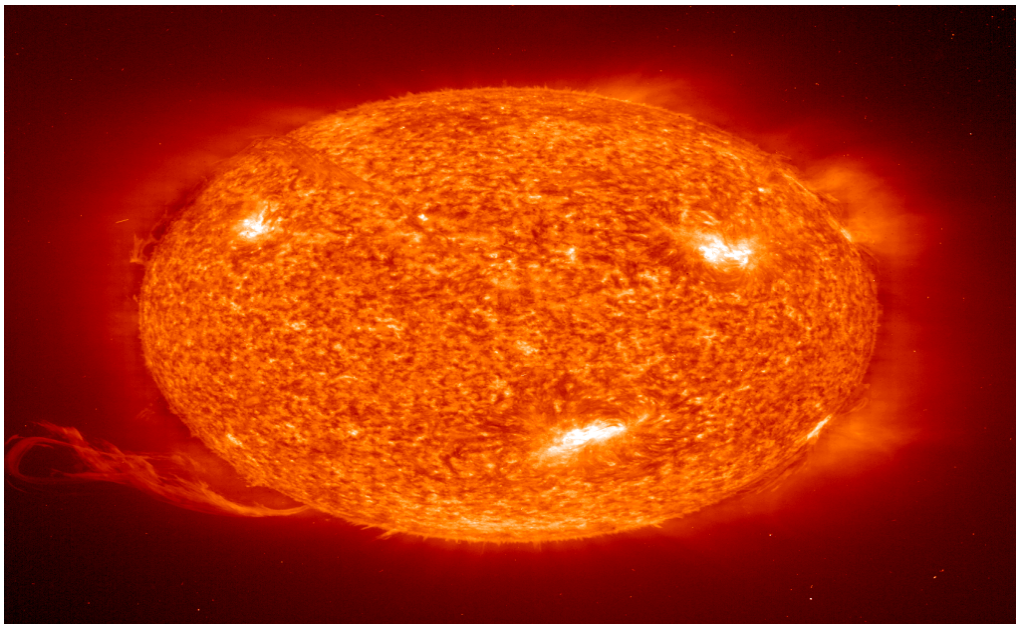
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	59
--------------------------	-----------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Ο ΗΛΙΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ

1.1 Ο Ήλιος

Ο Ήλιος είναι ο αστέρας του ηλιακού μας συστήματος, είναι δε το λαμπρότερο σώμα του ουρανού. Η φωτεινότητά του είναι τέτοια ώστε κατά την διάρκεια της ημέρας, όταν είναι πάνω από τον ορίζοντα, να μην επιτρέπει λόγω της έντονης διάχυσης του φωτός σε άλλα ουράνια σώματα να εμφανίζονται (με εξαίρεση την Σελήνη και σπανιότερα την Αφροδίτη). Κατά την εξέλιξη του αρχαίου Ελληνικού πολιτισμού, οι ηλιακές ιδιότητες αποδόθηκαν στον θεό Απόλλωνα. Στη σύγχρονη εποχή γνωρίζουμε πως ο Ήλιος είναι το κοντινότερο στην Γη άστρο. Η σημασία του Ήλιου στην εξέλιξη και την διατήρηση της ζωής στην Γη είναι καίρια, καθώς με τη θεμελιώδη διαδικασία της φωτοσύνθεσης προσφέρει την απαραίτητη ενέργεια για την ανάπτυξη των ζωντανών οργανισμών, και διατηρεί την επιφανειακή θερμοκρασία της Γης σε ανεκτά για τη ζωή επίπεδα.



Εικόνα 1: Ο ήλιος (Πηγή www.solarviews.com)

1.2 Χαρακτηριστικά του ήλιου

Ο Ήλιος είναι ένας αστέρας της Κύριας Ακολουθίας, φασματικού τύπου G2 V, έχει δηλαδή μεγαλύτερη μάζα και θερμοκρασία απ' ό,τι ένα μέσο αστέρι αλλά είναι σημαντικά μικρότερος από έναν μπλε γίγαντα ή ένα ερυθρό γίγαντα.. Ο χρόνος ζωής ενός αστέρα G2 της Κύριας Ακολουθίας είναι περί τα 10 δισεκατομμύρια έτη· η ηλικία του Ηλίου εκτιμάται στα 5 δισεκατομμύρια. Ο Ήλιος ακολουθεί μία τροχιά περί τον Γαλαξία μας σε μία απόσταση 25.000 με 28.000 έτη φωτός από το κέντρο του Γαλαξία, ολοκληρώνοντας μία περιφορά σε 26 εκατομμύρια έτη περίπου. Γύρω από τον Ήλιο έχουν τις τροχιές του οι 8 γνωστοί πλανήτες (η Γη είναι ο τρίτος πλανήτης από τον Ήλιο) με τους δορυφόρους τους, καθώς και άλλα σώματα όπως αστεροειδείς και κομήτες, αυτό που καλούμε Ηλιακό Σύστημα.

1.2.1 Μορφή

Το σχήμα του Ηλίου, μετά από επιμελημένες μετρήσεις έδειξαν ότι είναι σχεδόν μία τέλεια σφαίρα με μέση διάμετρο 1.392.000 km (109 γήινες διαμέτροι) με μία πλάτυνση περί τα 9 εκατομμυριοστά, η οποία οφείλεται κυρίως στη βαρύτητα του πλανήτη Δία.

1.2.2 Μέγεθος

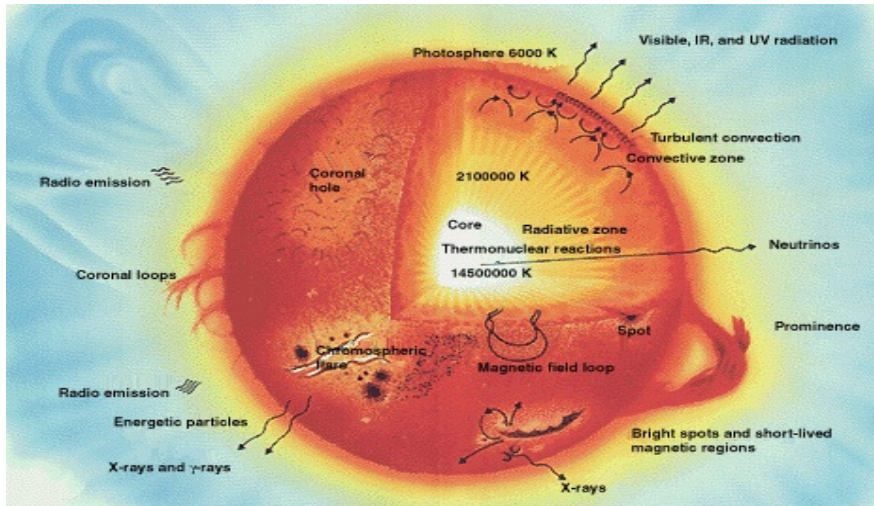
Στην αντίληψη του μεγέθους τού Ήλιου συχνά γίνεται λόγος του όρου "φαινόμενη διάμετρος του Ηλίου". **Φαινόμενη διάμετρος του Ηλίου** ονομάζεται η **γωνία ΑΓΒ** με την οποία παρατηρείται ο Ήλιος από τη Γη όταν **Α** και **Β** είναι αντιδιαμετρικά σημεία της περιφέρειας του δίσκου του Ηλίου και **Γ** το σημείο της Γης (του παρατηρητή).

- Η διχοτόμος της γωνίας ΑΓΒ εκφράζει την απόσταση Γης Ηλίου δηλαδή την απόσταση ΓΗ.
- Η φαινόμενη διάμετρος του Ήλιου μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του έτους. Στις 1 Ιανουαρίου κατά έτος λαμβάνει τη μεγαλύτερη τιμή, ίση προς 32' 36'',2 ενώ στις 2 Ιουλίου περιορίζεται στην ελάχιστη τιμή των 31' 32''. Συνεπώς η μέση τιμή αυτής είναι 32' 4'',1.

1.2.3 Πυρήνας

Ο πυρήνας βρίσκεται στο κέντρο της ηλιακής σφαίρας και έχει διάμετρο περίπου 175.000 χλμ. (0,25 ηλιακές ακτίνες). Υπολογίζεται ότι στη περιοχή του

κέντρου του η πυκνότητα της ηλιακής ύλης είναι 70 φορές μεγαλύτερη του ύδατος ενώ η πίεση φθάνει τις 2×10^{11} ατμόσφαιρες (atm). Κάτω από τέτοιες συνθήκες και με θερμοκρασία 14×10^6 βαθμούς, τα άτομα των στοιχείων βρίσκονται σε ιονισμένη κατάσταση και τόσο συμπιεσμένα, ώστε η ύλη του ηλιακού πυρήνα αν και αεριώδης είναι περισσότερο συνεκτική και από τα στερεά. Φυσικό επόμενο λοιπόν και η ακτινοβολία των εσωτερικών στρωμάτων του πυρήνα να προκαλεί πίεση στα υπερκείμενα στρώματα.

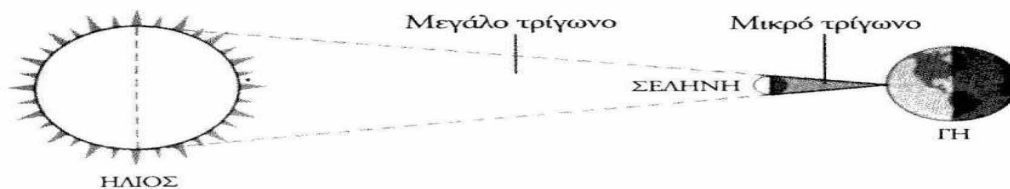


Εικόνα 2 : Ο πυρήνας του ήλιου

Πηγή (www.ifa.hawaii.edu)

1.2.4 Απόσταση

Αυτή η μεταβολή της φαινόμενης διαμέτρου αποδεικνύει ότι η Γη δεν περιστρέφεται περί τον Ήλιο σε κυκλική τροχιά αλλά σε ελλειπτική σε τρόπο ώστε την 1η Ιανουαρίου η απόσταση ΓΗ να λαμβάνει την ελάχιστη τιμή των 147.100.000 χλμ (km) και τη 2α Ιουλίου τη μέγιστη τιμή των 152.100.000 χλμ (km). Συνεπώς η μέση τιμή απόστασης είναι 149.504.312 km.



Σχήμα 1 : Απεικόνιση απόστασης ήλιου- γης

1.2.5 Λαμπρότητα

Μετρήσεις λαμπρότητας του Ήλιου έδειξαν ότι αυτός είναι 12×10^{10} φορές λαμπρότερος από αστέρα α' μεγέθους και κατά 23×10^7 φορές λαμπρότερος του φωτός όλων των αστερών μαζί. Γι' αυτό άλλωστε κατά την ημέρα τους αποκρύπτει. Τέλος σε σχέση με την Πανσέληνο είναι κατά 56×10^4 φορές λαμπρότερος εκείνης. Ο Ήλιος φαίνεται τόσο λαμπρός ακριβώς λόγω της μικρής σχετικά απόστασής του από τη Γη, σε σχέση πάντα με τους άλλους αστέρες. Αν όμως βρισκόταν σε απόσταση 32.620 έτη φωτός τότε θα φαινόταν ως ένας αμυδρός αστέρας, 5ου (ε') περίπου μεγέθους. Ακριβέστερα το απόλυτο μέγεθος αυτού είναι 4,8. Παρατηρούμενος ο Ήλιος με τηλεσκόπιο δεν φαίνεται ομοιόμορφα φωτεινός σε όλη την έκταση του δίσκου του, αλλά λαμπρότερος στο κέντρο του και αμυδρότερος στη περιφέρεια του δίσκου του, (όπως και στην παρακείμενη εικόνα του, στον ενδεικτικό πίνακα). Αυτό μαρτυρεί ότι η ηλιακή σφαίρα περιβάλλεται από ατμόσφαιρα που απορροφά το φως του.

1.2.6 Περιστροφή

Η πλήρης σφαιρικότητα του Ήλιου εξηγείται από τη βραδεία του περιστροφή. Πράγματι τόσο κατά την οπτική όσο και την φασματοσκοπική εξέταση η ηλιακή σφαίρα περιστρέφεται στον άξονά της εκ δυσμών προς ανατολάς και ο απαιτούμενος χρόνος περιστροφής, κατά μέσον όρο φθάνει τις 25 ημέρες και 23 λεπτά (γήινου χρόνου). Ο χρόνος όμως αυτός δεν είναι σταθερός σε όλα τα σημεία της επιφάνειάς του. Έτσι στη περιοχή του ηλιακού ισημερινού περιορίζεται στις 24 ημέρες και 15 ώρες, ενώ σε απόσταση 45° από αυτόν τον ισημερινό φθάνει τις 28,5 ημέρες περίπου ενώ στους πόλους παρατηρείται ακόμη μεγαλύτερος. Η αύξηση της διάρκειας της περιστροφής από τον ισημερινό στους πόλους αποδεικνύει ότι η ηλιακή σφαίρα δεν είναι στερεό σώμα αλλά ρευστό.

1.2.7 Σύσταση

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.

Ο Ήλιος δεν έχει σαφή επιφάνεια όπως έχουν οι γήινοι πλανήτες. Η πυκνότητα των αερίων μειώνεται σε συνάρτηση με την ακτίνα του Ηλίου με ένα νόμο αντιστρόφου τετραγώνου. Η ακτίνα του Ηλίου μετριέται από το κέντρο του άστρου έως τη φωτόσφαιρα, έξω από την οποία δεν λαμβάνει χώρα η πυρηνική σύντηξη.

Οι συνθήκες όμως στο κέντρο του Ηλίου όπως και σε οποιοδήποτε άλλο αστέρα είναι κάθε άλλο παρά κανονικές. Η θερμοκρασία εδώ φθάνει τους 20 εκατομμύρια βαθμούς Κελσίου. Αυτό έχει σαν συνέπεια τα άτομα υπερθερμασμένα να κινούνται με μεγάλες ταχύτητες, να συγκρούονται μεταξύ τους σφοδρά και βίαια έτσι ώστε 2 άτομα υδρογόνου να κολλάνε μεταξύ τους κατά τη σύγκρουση. Αν ακολουθήσουν άλλες δύο συγκρούσεις τότε προστίθενται άλλα 2 άτομα υδρογόνου στο σύνολο φτιάχνοντας έτσι ένα σταθερό άτομο ηλίου.

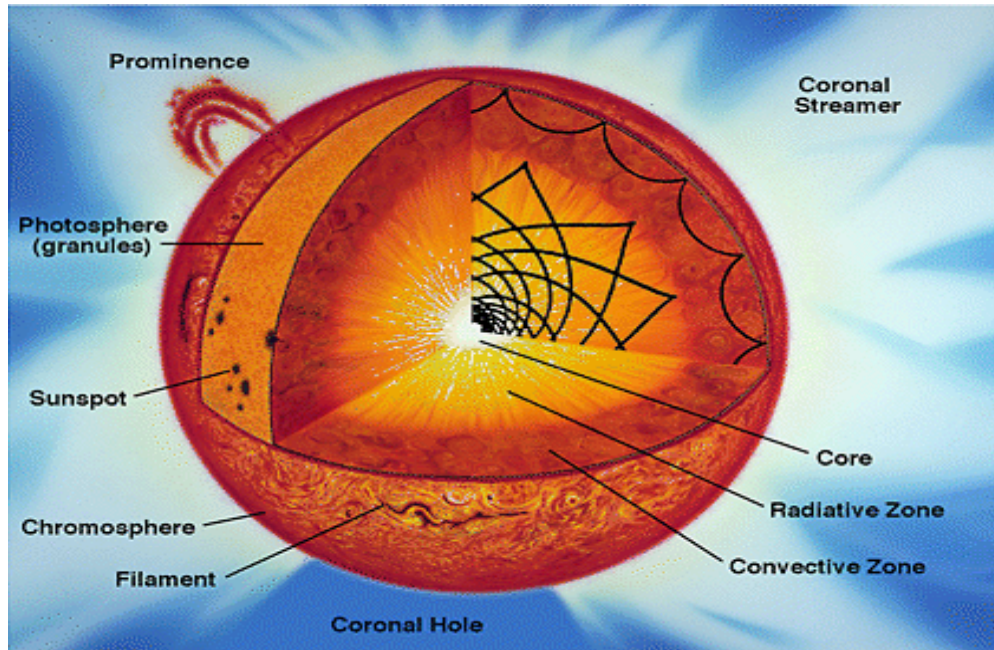
Το παράξενο στη διαδικασία αυτή είναι ότι τα 4 μεμονωμένα άτομα υδρογόνου ζυγίζουν περισσότερο, πριν τη συγχώνευση, από ένα άτομο ηλίου που δημιουργήθηκε με τη συγχώνευση. Τι έγινε η υπόλοιπη μάζα; Απλούστατα, μετατράπηκε σε ενέργεια, όπως πρόβλεψε ο Αλβέρτος Αϊνστάιν στη περίφημη εξίσωσή του

$$E=mc^2$$

1.2.8 Ατμόσφαιρα Ηλίου

Πάνω από την φωτόσφαιρα εξακριβώνεται ότι υπάρχει ηλιακή ύλη και μάλιστα σε στρώμα μεγάλου πάχους. Αυτό ονομάζεται ηλιακή ατμόσφαιρα ή ατμόσφαιρα Ηλίου. Η Ατμόσφαιρα του Ηλίου δεν είναι ορατή, διότι η θερμοκρασία της και κατ'επέκταση η λαμπρότητά της είναι μικρότερη από της φωτόσφαιρας, και τόσο που να αποκρύπτεται από το έντονο διάχυτο φως της ημέρας, όπως ακριβώς αποκρύπτονται και οι αστέρες. Γίνεται όμως ορατή στις ολικές εκλείψεις του Ηλίου ως λαμπρός φωτοστέφανος που περιβάλλει τον δίσκο του Ηλίου.

Εικόνα

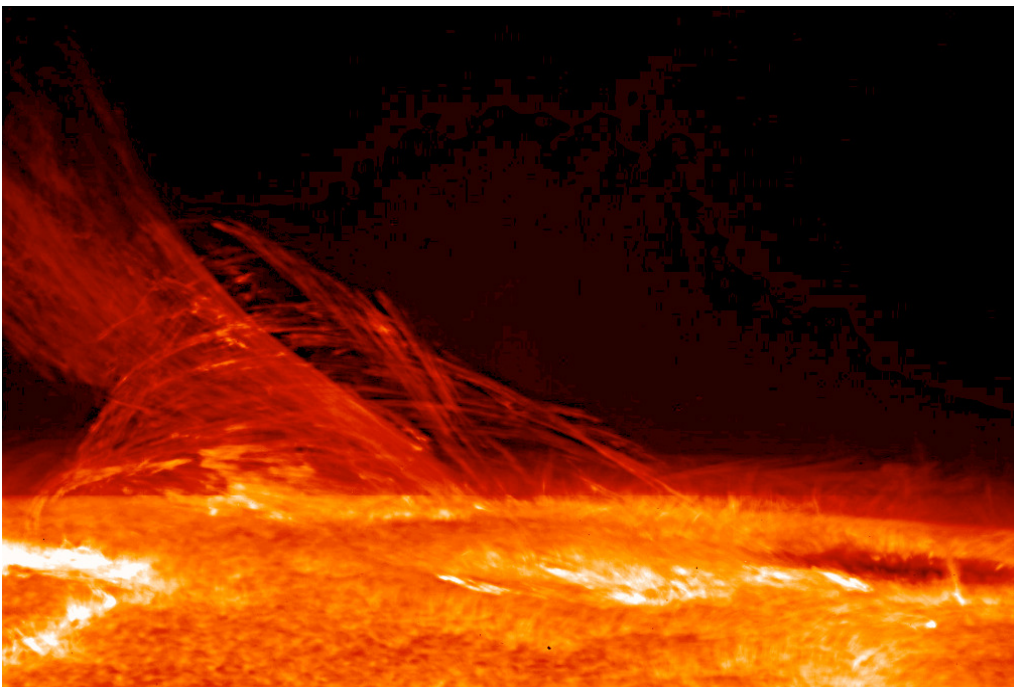


Εικόνα 3 :Ατμόσφαιρα του ήλιου

Πηγή (www.ifa.hawaii.edu)

Η Ηλιακή ατμόσφαιρα διακρίνεται σε δύο επιμέρους στοιβάδες. Η πρώτη εξ αυτών που βρίσκεται αμέσως πάνω από την φωτόσφαιρα καλείται χρωμόσφαιρα. Το ύψος της φθάνει περί τα 15.000 χλμ. (km), η δε θερμοκρασία της ανέρχεται στους 100.000°K . Παρουσιάζει έντονο ρόδινο χρώμα, εξ ου και έλαβε το όνομα χρωμόσφαιρα. Πάνω από την χρωμόσφαιρα βρίσκεται το στέμμα ή ηλιακό στέμμα ή στέμμα Ηλίου του οποίου τα όρια φθάνουν σε απόσταση πέντε ηλιακών ακτίνων. Η θερμοκρασία του στέμματος ανέρχεται περίπου στους $1,5 \times 10^6$ βαθμούς.

- Τα 9/10 της ηλιακής μάζας αντιστοιχούν στο πυρήνα και μόνο το 1/10 στη φωτόσφαιρα και την ατμόσφαιρα του Ηλίου.
- Η χρωμόσφαιρα κατά την παρατήρηση του ηλιακού φάσματος ονομαζόταν παλιότερα και απορροφητική στοιβάδα ή ανατρεπτική στοιβάδα, επειδή οι αστρονόμοι πίστευαν ότι στη στοιβάδα αυτή δημιουργούνταν οι σκοτεινές γραμμές Fraunhofer (γραμμές απορρόφησης), ενώ στην πραγματικότητα δημιουργούνται στη φωτόσφαιρα.



Εικόνα 4 : Η ατμόσφαιρα του ήλιου μεγέθυνση

Πήγη (www.sti.nasa.gov)

1.2.9 Η ενέργεια του Ηλίου

Ο Ήλιος δεν είναι τίποτε άλλο παρά μια τεράστια σφαίρα από διάφορα αέρια κυρίαρχα των οποίων είναι το υδρογόνο και το ήλιο. Η θερμοκρασία που επικρατεί στον Ήλιο είναι τόσο μεγάλη ώστε να εξαερώνονται ακόμη και τα μέταλλα. Η ποσότητα ενέργειας που παράγεται είναι απίστευτη. Έχει προσδιοριστεί πως σε κάθε δευτερόλεπτο ο Ήλιος εκπέμπει τόση ενέργεια όση θα έδινε μια έκρηξη 4 δισεκατομμυρίων βομβών υδρογόνου των 100 μεγατόνων η κάθε μία! Δηλαδή κάπου με μερικές εκατοντάδες δισεκατομμύρια τρισεκατομμυρίων κιλοβατώρες. Και όλα αυτά για ένα μόνο δευτερόλεπτο, ενώ ο Ήλιος εκπέμπει εδώ και 5 δισεκατομμύρια χρόνια και θα συνεχίσει τουλάχιστον για άλλα τόσα.

Κύριο και εύλογο ερώτημα είναι το πως ο Ήλιος παράγει και ακτινοβολεί τόση ενέργεια. Την απάντηση μας τη δίνουν οι ανακαλύψεις του τελευταίου αιώνα, ότι τα άτομα αποτελούνται από πρωτόνια (σωματίδια με θετικό ηλεκτρικό φορτίο), από νετρόνια (χωρίς κανένα φορτίο) που αποτελούν μαζί τον πυρήνα του ατόμου και από τα μικροσκοπικά ηλεκτρόνια (με αρνητικό φορτίο) που κινούνται σε τροχιές γύρω από τον πυρήνα.

Όλα τα χημικά στοιχεία αποτελούνται από άτομα με διαφορετικές ποσότητες πρωτονίων, νετρονίων και ηλεκτρονίων. Το υδρογόνο θεωρείται το πιο απλό από τα χημικά στοιχεία, αποτελείται μόνο από ένα πρωτόνιο και ένα ηλεκτρόνιο, ενώ το δεύτερο απλούστερο χημικό στοιχείο είναι το ήλιο που αποτελείται από δύο πρωτόνια, δύο νετρόνια και δύο ηλεκτρόνια που παραμένουν πάντα υπό ΚΣ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΗΛΙΑΚΕΣ ΚΗΛΙΔΕΣ

2.1 Ηλιακές κηλίδες

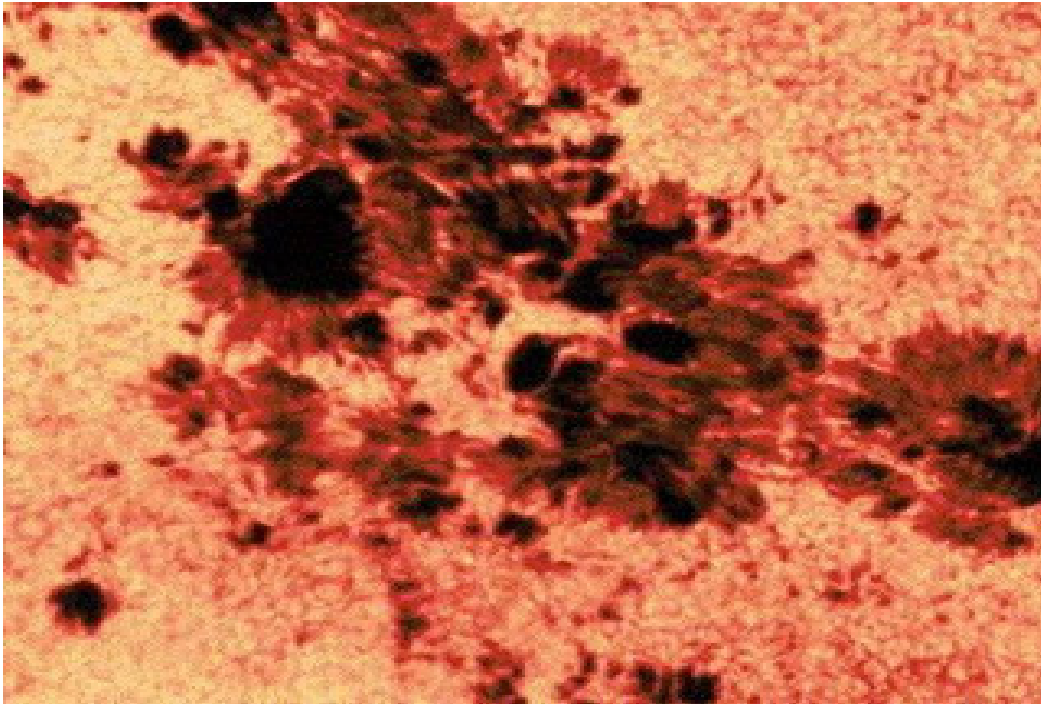
Ενα σημαντικό φαινόμενο που εντάσσεται στην ενεργειακή δραστηριότητα του αστεριού - Ηλιου, που αποτελεί το κέντρο του ηλιακού συστήματός μας, είναι οι Ηλιακές κηλίδες. Αυτές παρατηρήθηκαν για πρώτη φορά το 1610, αμέσως μετά από την ανακάλυψη του τηλεσκοπίου.

Η φωτόσφαιρα του Ηλιου παρατηρούμενη με ισχυρό τηλεσκόπιο σε στιγμές ηρεμίας των ειδώλων παρουσιάζεται κατάσπαρτη από φωτεινούς κόκκους. Το φαινόμενο ονομάζεται κοκκίαση (granulation). Η κοκκίαση ανακαλύφθηκε το 1978 από τον Janssen και από τότε μελετάται συστηματικά. Οι κόκκοι εξαφανίζονται γρήγορα και στην θέση τους εμφανίζονται άλλοι. Οι διαστάσεις τους είναι γύρω στα 700 χιλιόμετρα. Από αυτούς καλύπτεται περίπου το 35% της ηλιακής επιφάνειας. Οι κόκκοι αποτελούν τις κορυφές ρευμάτων κατακόρυφης μεταφοράς και μεταφέρουν προς τα έξω ηλιακή θερμότητα. Η κοκκίαση διακόπτεται συχνά από μελανά στίγματα, τους πόρους, οι οποίοι ενούμενοι ή διευρυνόμενοι, δίνουν την γένεση στις κηλίδες.

Οι κηλίδες είναι το πλέον κυρίαρχο φαινόμενο της ηλιακής επιφάνειας. Μερικές έχουν διάμετρο ίση ή και μεγαλύτερη από την διάμετρο της Γης. Πολλές φορές υπερβαίνουν τα 80.000 χιλιόμετρα, είναι δε τότε ορατές με γυμνό οφθαλμό κοντά στην δύση του Ηλίου. Εμφανίζονται συνήθως κατά ζεύγη. Πολλές φορές αντί δύο κηλίδων έχουμε ομάδες κηλίδων. Οι κηλίδες αποτελούνται από μια κεντρική πολύ σκοτεινή περιοχή, που ονομάζεται σκιά, και από το περιβάλλον της, που είναι λιγότερο σκιερό και λέγεται σκιάφως. Το σκιάφως περιέχει κόκκους, οι οποίοι είναι σκοτεινότεροι των υπόλοιπων κόκκων, έχουν σχήμα επίμηκες και συγκλίνουν προς την σκιά. Οι κηλίδες φαίνεται να είναι κατά κανόνα κοιλότητες βάθους μέχρι 800 χιλιόμετρα. Ο προσδιορισμός της θερμοκρασίας τους γίνεται με την σύγκριση της φαινόμενης λαμπρότητάς τους, στα διάφορα μήκη κύματος, με την φαινόμενη λαμπρότητα της περιβάλλουσας φωτόσφαιρας. Οπότε η σκοτεινότητα των κηλίδων οφείλεται στην χαμηλότερη θερμοκρασία σε σύγκριση με την κανονική θερμοκρασία της φωτόσφαιρας. Οι κηλίδες παρουσιάζουν και μια μικρή δική τους κίνηση επάνω στην φωτόσφαιρα. Η περιστροφή του Ήλιου βρίσκεται από τον μέσο όρο της περιστροφής πολλών κηλίδων.

Στην περιοχή των κηλίδων έχουμε πολύπλοκο φαινόμενο κυκλοφορίας αερίων. Πρόκειται για στροβίλους της φωτόσφαιρας. Οι κηλίδες περιβάλλονται πάντα από πυρσούς. Υπάρχουν όμως και πυρσοί εκτός των κηλίδων. Οι πυρσοί έχουν μήκος περίπου 30.000 χιλιόμετρα και αποτελούν εξάρσεις της σφαιρικής επιφάνειας του

Ήλιου. Οι κηλίδες και οι πυρσοί εμφανίζονται σε μαγνητικές περιοχές. Η ύπαρξη και η διαμόρφωσή τους συνδέεται με την εξέλιξη ισχυρών μαγνητικών πεδίων δια μέσου των εξωτερικών στρωμάτων του Ήλιου. Είναι επομένως προφανής ο σύνδεσμος μεταξύ κέντρων ηλιακής δραστηριότητας και των μαγνητικών πεδίων του Ήλιου. Οι κηλίδες παρατηρούνται συνήθως μέσα σε δύο ζώνες που βρίσκονται εκατέρωθεν του ηλιακού Ισημερινού, το δε πλήθος τους εμφανίζει μια χαρακτηριστική μεταβολή - αύξηση και μετά ελάττωση - που επαναλαμβάνεται περιοδικά σε έναν κύκλο 11 ετών.



Εικόνα 5: Ηλιακές κηλίδες σε μεγέθυνση

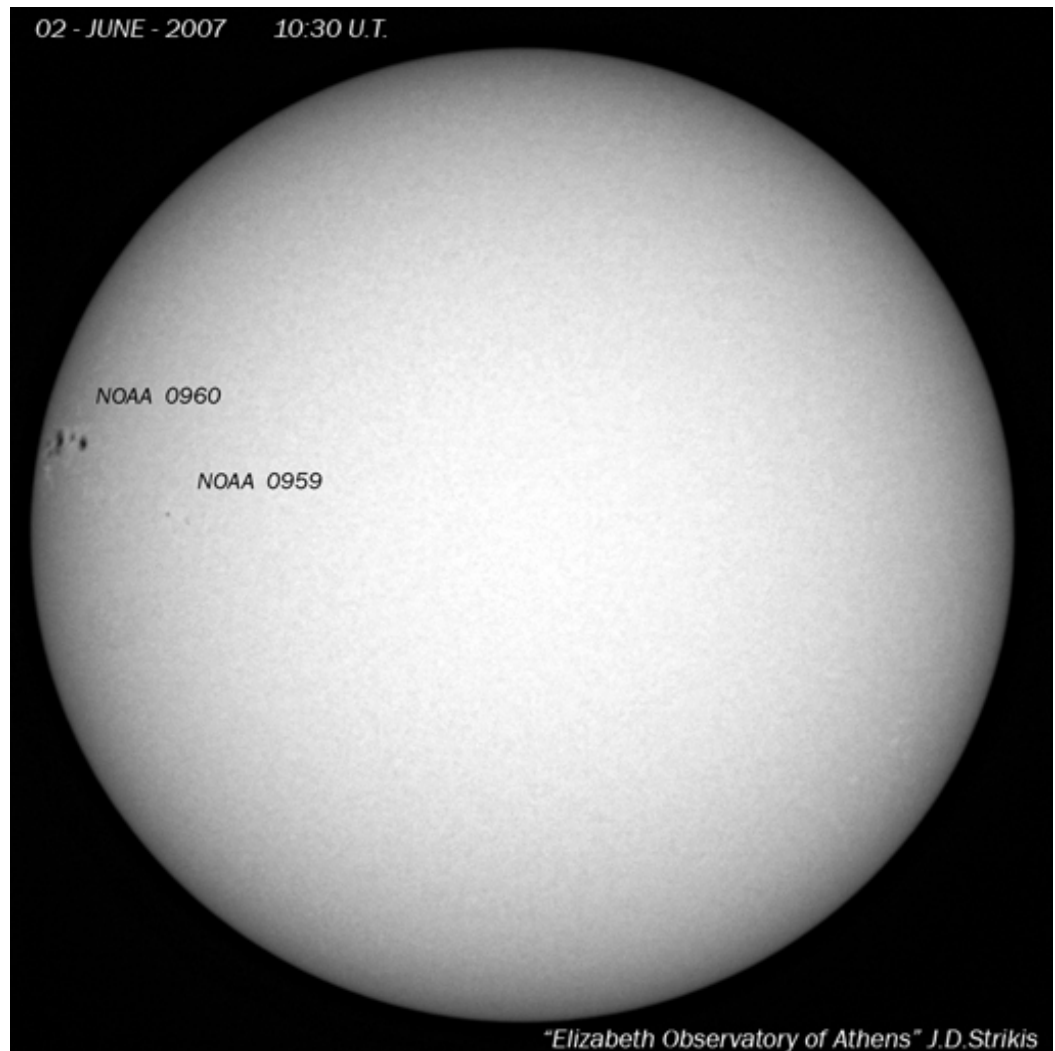
Πηγή (www.sciencehelpdesk.com)

Ο “ενδεκαετής κύκλος” χαρακτηρίζει την περίοδο κατά την οποία ο αριθμός των εμφανιζόμενων ηλιακών κηλίδων μεταβάλλεται, αρχίζει να αυξάνεται, φτάνει σε ένα μέγιστο και από εκεί μειώνεται σταδιακά μέχρι να μην υπάρχουν ίσως καθόλου ηλιακές κηλίδες και να αγγίξει το ελάχιστο. Το όνομα του το έχει πάρει από τον χρόνο που διαρκεί η κάθε περίοδος κι η οποία κατά μέσο όρο είναι 11 χρόνια (η κάθε περίοδος διαρκεί 11 ± 1.5 χρόνια). Με την μεταβολή αυτή στον ενδεκαετή κύκλο υπάρχουν περίοδοι όπου ο ήλιος έχει τις περισσότερες ηλιακές κηλίδες, δηλαδή η εμφάνιση των ηλιακών κηλίδων παρουσιάζει μια μέγιστη τιμή και περίοδοι που έχει τις λιγότερες ηλιακές κηλίδες, δηλαδή η εμφάνιση των ηλιακών κηλίδων παρουσιάζει μια ελάχιστη τιμή. Αυτό ονομάζεται “ηλιακό μέγιστο” κι “ηλιακό ελάχιστο” αντίστοιχα.

Έχει παρατηρηθεί πως την περίοδο του ηλιακού μεγίστου στην γη επικρατεί μια θερμή περίοδος με αρκετές βροχοπτώσεις σε αντίθεση με την περίοδο του ηλιακού ελαχίστου που επικρατεί μια αρκετή ψυχρή περίοδος. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως όπως έχει φανεί στις περιόδους του μεγίστου τα δέντρα μεγαλώνουν

περισσότερο κάτι που δείχνει πως η συγκεκριμένη περίοδος ευνοεί την ανάπτυξη τους. Αυτό φαίνεται από τους δακτυλίους που υπάρχουν στο εσωτερικό του κορμού και οι οποίοι είναι παχύτεροι τις περιόδους του μεγίστου.

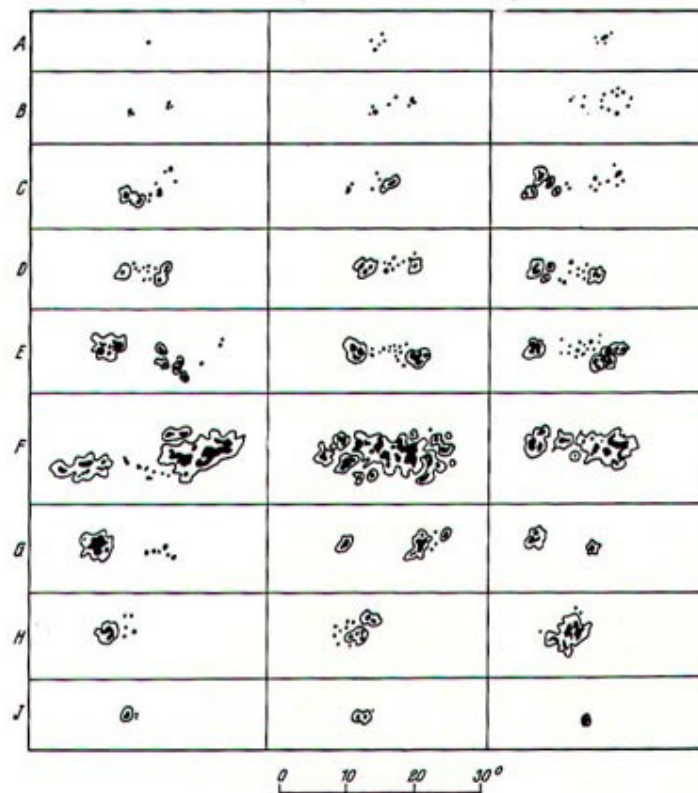
Αξιοσημείωτο παράδειγμα είναι το “ελάχιστο του Maunder”, μια περίοδος που διήρκεσε περίπου 70 χρόνια κατά τον 16ο αιώνα μ.Χ. και χαρακτηρίζεται από παντελή έλλειψη ηλιακών κηλίδων ή έστω η τιμή των ηλιακών κηλίδων ήταν σε πολύ χαμηλά επίπεδα σε σχέση με το κανονικό. Την συγκεκριμένη περίοδο η γη πέρασε από μια μικρή περίοδο “παγετώνων”. Με τις “ηλιακές κηλίδες” συνδέονται άμεσα κι οι “ηλιακές εκλάμψεις” ένα φαινόμενο που προκαλεί επίσης ορισμένες διαφοροποιήσεις πάνω στην γη.



Εικόνα 6: Ηλιακές κηλίδες

Πηγή(www.permanenthurricane.com)

2.2 Ταξινόμηση ομάδων ηλιακών κηλίδων



Πίνακας 1 : Είδη των ηλιακών κηλίδων Πηγή (www.astronomia.gr)

- A** Μικρή μεμονωμένη κηλίδα η ομάδα μεμονωμένων κηλίδων χωρίς περισκίασμα
- B** Ομάδα κηλίδων με περισσότερο η λιγότερο ευδιάκριτη διαμόρφωση των βασικών ομάδων (διπολική δομή). Κηλίδες χωρίς περισκίασμα
- C** Διπολική ομάδα στην οποία μια από τις κύριες κηλίδες παρουσιάζουν περισκίασμα
- D** Διπολική ομάδα με εκτεταμένες κύριες κηλίδες που περιβάλλονται από περισκίασμα.
- E** Μεγαλύτερη διπολική ομάδα, οι κύριες κηλίδες παρουσιάζουν συνήθως περισκίασμα περίπλοκης δομής. Ανάμεσα στις κύριες κηλίδες παρατηρούμε αρκετές μεμονωμένες κηλίδες, κάποιες από τις οποίες περιβάλλονται από περισκίασμα. Καταλαμβάνουν συνήθως μέγεθος μεγαλύτερο από 10 μοίρες της ηλιακής σφαίρας.
- F** Πολύ μεγάλη διπολική ομάδα που περιβάλλεται συνήθως από μεγάλες έκτασης περισκιάσματος που εκτείνεται σε μέγεθος τουλάχιστον 15 μοιρών.
- G** Μεγάλη διπολική ομάδα στην οποία οι ενδιαμέσες κηλίδες έχουν εξαφανιστεί. Έκταση τουλάχιστον 10 μοιρών.
- H** Ομάδα αποτελούμενη από μια μεγάλη κύρια κηλίδα με περισκίασμα που περιτριγυρίζεται συνήθως από μικρές μεμονωμένες κηλίδες. Έκταση μεγαλύτερη των 2,5 μοιρών.
- J** Μονοπολική μικρή κηλίδα με περισκίασμα. Έκταση μικρότερη των 2,5 μοιρών

2.3 Μαγνητικό πεδίο των κηλίδων

Οι κηλίδες εμφανίζουν έντονο μαγνητικό πεδίο, το οποίο φαίνεται ότι είναι κάθετο στην φωτόσφαιρα. Η ένταση του πεδίου στο κέντρο της κηλίδας αυξάνει με το μέγεθός της, ελαττώνεται δε όταν η κηλίδα αρχίζει να διαλύεται.

Τα ζεύγη των κηλίδων είναι διπολικά, δηλαδή η μια κηλίδα του ζεύγους έχει θετική πολικότητα (βόρειος μαγνητικός πόλος), η δε άλλη έχει αρνητική πολικότητα (νότιος μαγνητικός πόλος). Όταν μια κηλίδα εμφανίζεται μόνη, τότε κοντά της συνήθως υπάρχει μια περιοχή του ηλιακού δίσκου με μαγνητικό πεδίο αντίθετης πολικότητας.

Η ηγουμένη κηλίδα κάθε ζεύγους έχει αντίθετη πολικότητα της επομένης. Η ηγουμένη κάθε ζεύγους του βορείου ημισφαιρίου έχει αντίθετη πολικότητα της ηγουμένης του νοτίου ημισφαιρίου. Επίσης η πολικότητα μεταξύ δύο ηγουμένων κηλίδων του ίδιου ημισφαιρίου δύο διαδοχικών κύκλων κηλίδων είναι αντίστροφη. Επομένως επέρχεται η ίδια πολικότητα μετά από 22 χρόνια.

2.4 Προσπάθειες εξήγησης των κηλίδων

Διατυπώθηκαν πολλές θεωρίες, κατά καιρούς, για να εξηγήσουν το φαινόμενο των κηλίδων. Αναφέρουμε μερικές από αυτές :

1. Η κηλίδα αποτελεί χοανοειδή στρόβιλο στις εξωτερικές περιοχές του Ήλιου. Μέσα στον στρόβιλο η αεριώδης ύλη κινείται σπειροειδώς ως ρεύμα προς τα πάνω και έξω, η δε στροβιλώδης κίνηση των φορτισμένων σωματιδίων δημιουργεί το μαγνητικό πεδίο, το οποίο συνδέεται με τις κηλίδες. Η ύλη καθώς διαστέλλεται προς τα έξω ψύχεται. Έτσι η θεωρία αυτή εξηγεί την αντίθετη πολικότητα των δύο κηλίδων του ζεύγους, αλλά δεν εξηγεί την δημιουργία του.

2. Αποδίδονται οι κηλίδες του ίδιου κύκλου σε έναν στρόβιλο σε κάθε ημισφαίριο. Δηλαδή σε έναν δακτύλιο του οποίου ο άξονας ακολουθεί το παράλληλο πλάτος και βρίσκεται κανονικά λίγο κάτω από την φωτόσφαιρα. Όταν ο δακτύλιος αυτός ανέρχεται στην φωτόσφαιρα, δημιουργούνται δύο κηλίδες με αντίθετη πολικότητα, γιατί η φορά της περιστροφής τους είναι αντίθετη. Η θεωρία αυτή εξηγεί όλα τα φαινόμενα των κηλίδων, δεν δικαιολογεί όμως την δημιουργία των στροβίλων και της γενικής κυκλοφορίας τους. Γι' αυτό και δεν έγινε δεκτή.

3. Σύμφωνα με την θεωρία αυτή μέσα και κοντά στο κέντρο του Ήλιου υπάρχει έντονο μαγνητικό πεδίο. Οι διαταραχές του πεδίου μεταδίδονται προς τα έξω με την μορφή «μαγνητουδροδυναμικού κύματος», το οποίο χρειάζεται περίπου 40

χρόνια για να φτάσει στην επιφάνεια. Το μέτωπο του κύματος κόβει την ηλιακή επιφάνεια σε μεγάλα βόρεια και νότια πλάτη, βαθμιαία δε πλησιάζει στον ισημερινό.

4. Αυτή η θεωρία δέχεται ότι οι μαγνητικές γραμμές δεν εισέρχονται βαθιά στην ηλιακή μάζα, αλλά ευρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του Ήλιου, σε ένα στρώμα κάποιου πάχους, περίπου του ενός δεκάτου της ακτίνας του Ήλιου. Λόγω της ταχύτερης περιστροφής του ισημερινού - διαφορική περιστροφή του Ήλιου - οι δυναμικές γραμμές επιμηκύνονται μέχρι να υποστούν πολλές περιελίξεις. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του μαγνητικού πεδίου με τον χρόνο. Μόλις η ένταση του πεδίου ξεπεράσει κάποια τιμή, τότε είναι δυνατόν να δημιουργηθούν αστάθειες, οι οποίες αυξάνουν τοπικά το πεδίο πολύ, δημιουργούν «βρόχους» και δημιουργούνται έτσι οι κηλίδες. Η θεωρία αυτή ερμηνεύει το διάγραμμα της πεταλούδας, όπως μοιάζουν οι κηλίδες γύρω από τον ισημερινό, τον νόμο της πολικότητας, την αντιστροφή του γενικού πεδίου και την εξαφάνιση των διπολικών μαγνητικών περιοχών. Θεωρήθηκε η πληρέστερη από τις παραπάνω θεωρίες.

2.5 Κηλίδες και προεξοχές

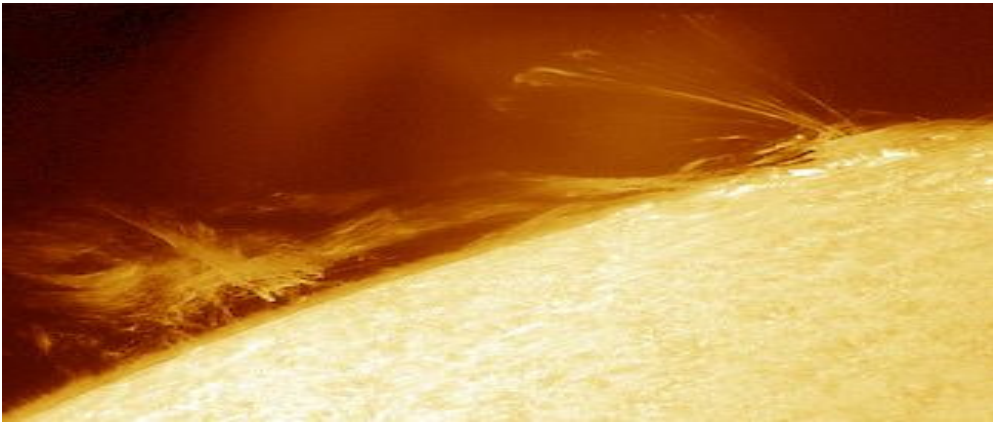
Οι προεξοχές είναι νέφη του Ήλιου, τα οποία στα χείλη του δίσκου του, φαίνονται σαν τεράστια φωτεινά ροδόχροα δένδρα ή όρη, προβαλλόμενα δε επάνω στον ηλιακό δίσκο έχουν την όψη σκοτεινών επιμηκών σχηματισμών, παρόμοιων προς τα νήματα. Σε κάθε ημισφαίριο έχουμε δύο βασικές ζώνες προεξοχών. Οι σπουδαιότερες βρίσκονται στις ζώνες των κηλίδων και αρχίζουν ένα ή δύο χρόνια μετά από το ελάχιστο του κύκλου, ακολουθούν την πορεία των κηλίδων και ως προς τον αριθμό και ως προς το μέγεθος. Οι προεξοχές διακρίνονται σε διάφορους τύπους, όπως : ήρεμες, ενεργητικές, εκρηκτικές, προεξοχές κηλίδων, σε μεγάλα νήματα κ.λπ.



Εικόνα7: Ηλιακές κηλίδες

Πηγή (francois.astrocat.googlepages.com)

Οι ηλιακές προεξοχές - από τα πιο εντυπωσιακά φαινόμενα του Ήλιου - είναι δομές που συμβαίνουν πάνω από τη φωτόσφαιρα του Ήλιου. Είναι νέφη από ηλιακό ιονισμένο αέριο που συγκρατείται πάνω από την επιφάνεια του ήλιου με τη βοήθεια του ηλιακού μαγνητικού πεδίου. Μπορεί να φτάσουν πάρα πολύ ψηλά, μέχρι και το στέμμα (το στρώμα πάνω από τη χρωμόσφαιρα και χιλιάδες χιλιόμετρα πάνω από τη φωτόσφαιρα) με ταχύτητες έως και 100 km/sec.



Εικόνα 8 : Ηλιακές προεξοχές

Πηγή(www.physics4u.gr)

Μια ήρεμη προεξοχή μπορεί και να διαρκέσει περίπου ένα μήνα, ενώ μπορεί να εκραγεί δημιουργώντας τη Στεφανιαίες Εκρήξεις Μάζας ή CME, στέλνοντας καυτό αέριο στο ηλιακό μας σύστημα. Είναι οι βίαιες εκρήξεις που μπορούν να εκσφενδονίσουν μεγάλες μάζες ηλεκτρισμένου αερίου, πλάσμα, προς τη Γη. Οι Στεφανιαίες Εκτινάξεις Μάζας είναι αρμόδιες για τα πολικά σέλη και μπορούν να έχουν καταστρεπτικές συνέπειες για τους δορυφόρους.

2.6 Κηλίδες και ηλιακές εκλάμψεις

Το χαρακτηριστικό αυτό φαινόμενο της ηλιακής δραστηριότητας, οι εκλάμψεις, συνδέονται πολύ στενά με την ιονόσφαιρα και το μαγνητικό πεδίο της Γης.

Οι εκλάμψεις ή χρωμοσφαιρικές εκρήξεις είναι φωτεινοί σχηματισμοί παρατηρούμενοι ξαφνικά στο κεντρικό μέρος ομάδων κηλίδων και για χρονικό διάστημα από μερικά λεπτά μέχρι μερικές ώρες. Παρατηρούνται σπάνια στο ορατό λευκό φως. Είναι πηγές έντονης υπεριώδους ακτινοβολίας, κοσμικής ακτινοβολίας, ταχύτατα κινουμένων σωματιδίων, ακτίνων X και ραδιοκυμάτων. Φαίνονται σε ύψος πάνω από 500.000 χιλιόμετρα από τον Ήλιο και κινούνται με ταχύτητα της τάξεως των 500 χιλιομέτρων σε ένα δευτερόλεπτο. Συνοδεύονται από βραχύβιες προεξοχές.

Η χρωμόσφαιρα του Ήλιου περιέχει πλούσιο απόθεμα από ελεύθερα ηλεκτρόνια και είναι αγωγός του ηλεκτρισμού. Η πολύ γρήγορη αλλαγή του μαγνητικού πεδίου κοντά στις κηλίδες δημιουργεί ηλεκτρικό πεδίο. Η έκλαμψη είναι μια απότομη «εκκένωση» μεγάλου μέρους της αποθηκευμένης ενέργειας στο μαγνητικό πεδίο, η οποία μετατρέπεται σε άλλες μορφές ενέργειας. Έτσι εξηγούνται πολλά από τα χαρακτηριστικά των εκλάμψεων.

2.7 Η περιοδικότητα των ηλιακών κηλίδων

Οι ηλιακές κηλίδες εμφανίζονται με περιοδικούς κύκλους αυξανόμενης και μειούμενης δραστηριότητας, που διαρκούν περίπου 11 χρόνια. Ο τελευταίος κύκλος ηλιακών κηλίδων κορυφώθηκε το 2000. Τον Ιούλιο του 2000 έγινε μια τρομερή ηλιακή έκλαμψη, η οποία έστειλε δισεκατομμύρια τόνους πλάσματος στο διάστημα, που ταξιδεύουν με ταχύτητα εκατομμυρίων μιλίων την ώρα. Το Σέλας παρουσιάστηκε ακόμη και στο Ελ Πάσο του Τέξας. Τον Οκτώβριο και τον Νοέμβριο του 2003 συνέβησαν οι ισχυρότερες καταιγίδες που έχουν καταγραφεί ποτέ. Στην εποχή του ηλιακού μεγίστου αναστρέφονται οι μαγνητικοί πόλοι του Ήλιου. (Το γήινο μαγνητικό πεδίο αντιστρέφεται επίσης, αλλά με μικρότερη συχνότητα. Η τελευταία αντιστροφή έγινε πριν περίπου 740.000 χρόνια. Μερικοί ερευνητές πιστεύουν πως ο πλανήτης μας είναι έτοιμος για μια ακόμη αντιστροφή των μαγνητικών πόλων). Ο επόμενος κύκλος της αντιστροφής των ηλιακών μαγνητικών πόλων αναμένεται να αρχίσει το 2005 ή το 2006. Οι μαγνητικοί πόλοι του Ήλιου θα παραμείνουν ανεστραμμένοι μέχρι το έτος 2012, όταν θα αντιστραφούν και πάλι. Αναλύσεις δείχνουν ότι ο Ήλιος τώρα είναι ο ενεργότερος των τελευταίων 1.000 χρόνων. Γι' αυτό έχει και τις περισσότερες ηλιακές κηλίδες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ ΚΑΙ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥΣ

3.1 Ηλιακές ακτινοβολίες και αποτελέσματά τους επί της Γης

Ο Ήλιος επιδρά επί της Γης με τρεις διαφορετικούς τρόπους, οι οποίοι βέβαια δεν είναι ανεξάρτητοι ο ένας από τον άλλον.

Πρώτον, επιδρά με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία του και ιδιαίτερα με την θερμική εκπομπή της φωτόσφαιράς του.

Δεύτερον, επιδρά με τον ηλιακό άνεμο που έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία του τοξοειδούς κρουστικού κύματος στα ανώτερα στρώματα της γήινης μαγνητόσφαιρας. Το κρουστικό αυτό κύμα οφείλεται στην πρόσκρουση του ηλιακού ανέμου με υπερηχητική ταχύτητα στο μαγνητικό πεδίο της Γης.

Τέλος, τρίτον, επιδρά με τα ενεργητικά σωματίδια, την κοσμική ακτινοβολία και την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, οι οποίες παράγονται κατά τις εκλάμψεις και τα άλλα ενεργητικά φαινόμενα στην χρωμόσφαιρα και το στέμμα του Ήλιου.

Από τους παραπάνω τρεις τρόπους οι δύο τελευταίοι δεν μπορούν να επηρεάσουν άμεσα το ενεργειακό ισοζύγιο των κατώτερων στρωμάτων της γήινης ατμόσφαιρας, δηλαδή της τροπόσφαιρας, επειδή τα ποσά ενέργειας που μεταφέρουν είναι πολύ μικρά σε σχέση με την θερμοχωρητικότητα της τροπόσφαιρας. Έτσι, δεν μπορούν να μεταβάλουν αισθητά την θερμοκρασία της. Επηρεάζουν, όμως, το ενεργειακό ισοζύγιο των ανώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας, που έχουν μικρή θερμοχωρητικότητα γιατί είναι πολύ αραιά, με αποτέλεσμα την δημιουργία πολλών φαινομένων που επιδρούν άμεσα στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Τέτοια φαινόμενα είναι:

1. Η διαστολή των ανώτερων ατμοσφαιρικών στρωμάτων στις περιόδους της έντονης ηλιακής δραστηριότητας (μέγιστο των κηλίδων). Λόγω αυτής της διαστολής αυξάνεται η πυκνότητα της ατμόσφαιρας σε μεγάλα ύψη και συνεπώς η τριβή που εφαρμόζεται στους τεχνητούς δορυφόρους ή άλλους διαστημικούς σταθμούς. Η αύξηση της τριβής έχει ως αποτέλεσμα την πρόωρη κάθοδό τους σε κατώτερα πυκνά ατμοσφαιρικά στρώματα και την τελική καταστροφή τους λόγω υπερθέρμανσης. Τέτοιο φαινόμενο είχαμε π.χ. με την καταστροφή του διαστημικού εργαστηρίου Skylab το έτος 1979, έναν χρόνο πριν από το μέγιστο δραστηριότητας του Ήλιου το 1980.

2. Οι ιονοσφαιρικές καταιγίδες που μεταβάλλουν την θέση και το ύψος των διαφόρων στρωμάτων της ιονόσφαιρας, με αποτέλεσμα τον επηρεασμό ή ακόμη και την πλήρη διακοπή των διηπειρωτικών ραδιοφωνικών επικοινωνιών κ.ά..

3. Οι μαγνητικές καταιγίδες που έχουν ως συνέπεια την μεταβολή της έντασης του μαγνητικού πεδίου της Γης. Οι μεταβολές αυτές προκαλούν ανώμαλες κινήσεις της βελόνας των μαγνητικών πυξίδων και ανάπτυξη επαγωγικών τάσεων σε ευαίσθητα κυκλώματα αγωγών μεγάλου μήκους (λόγω μεταβολής της μαγνητικής ροής που διέρχεται μέσω αυτών).

Πέρα από τις παραπάνω επιδράσεις οι επιστήμονες έχουν κατά καιρούς δοκιμάσει να ελέγξουν πειραματικά την ύπαρξη θετικής ή αρνητικής συσχέτισης ανάμεσα σε διάφορα μετεωρολογικά φαινόμενα που εξαρτώνται από το κλίμα της Γης και σε κάποιον από τους δείκτες της ηλιακής δραστηριότητας, όπως π.χ. είναι ο αριθμός Wolf (που εκφράζει τον ημερήσιο αριθμό των παρατηρούμενων κηλίδων στον Ήλιο) ή ο αριθμός και η ένταση των εκλάμψεων που παρατηρούνται ανά ημέρα. Τα αποτελέσματα τέτοιων μελετών έδειξαν ότι η περίφημη ηλιακή σταθερά, δηλαδή το ποσό της ηλιακής ενέργειας που διέρχεται ανά δευτερόλεπτο κάθετα από ένα τετραγωνικό εκατοστό στην περιοχή της Γης, δεν είναι τελικά τόσο σταθερή. Συμβαίνει μάλιστα ακριβώς το αντίθετο από αυτό που λογικά θα περιμέναμε: κατά την εποχή του μέγιστου της ηλιακής δραστηριότητας, η φωτεινότητα του Ήλιου

αυξάνεται αντί να ελαττώνεται (αφού ένα μέρος της ηλιακής επιφάνειας καλύπτεται από κηλίδες που έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία από τις γύρω περιοχές της φωτόσφαιρας). Αν αυτό αποδειχθεί σωστό, πράγμα που πιστεύουν οι περισσότεροι αστρονόμοι σήμερα, τότε θα εξηγηθούν εύκολα οι διάφορες παρατηρήσεις που δείχνουν συσχέτιση ανάμεσα στους δείκτες της ηλιακής δραστηριότητας και τα διάφορα κλιματολογικά φαινόμενα. Επίσης θα εξηγηθεί και η εμφάνιση μικρού παγετώνα κατά την εποχή του ελάχιστου των κηλίδων (~ 1600 μ. Χ.), οπότε μια εκατονταετία σχεδόν πλήρους απουσίας κηλίδων στον Ήλιο συνοδεύτηκε από την εμφάνιση εξαιρετικά χαμηλών μέσων θερμοκρασιών στην Ευρώπη, με αποτέλεσμα να καλυφθούν με πάγους περιοχές που σήμερα καλλιεργούνται ή είναι βοσκότοποι.

3.2 Ισορροπία ακτινοβολιών :Ηλιακή και γήινη ακτινοβολία.

Η γη λαμβάνει πρακτικά όλη την ενέργειά της από τον ήλιο με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Αυτή η ακτινοβολία απορροφάται, ανακλάται και σκεδάζεται από την επιφάνεια της γης, τον ωκεανό και την ατμόσφαιρα. Η ακτινοβολία που απορροφάται μετασχηματίζεται σε θερμότητα και άλλες μορφές ενέργειας και τελικά επιστρέφει στο διάστημα σαν μικρότερης-θερμοκρασίας γήινη ακτινοβολία. Είναι λοιπόν φανερό ότι η ακτινοβολία είναι θεμελιώδους σημασίας για την αλληλεπίδραση ατμόσφαιρας- ωκεανού.

Η θερμοκρασία είναι μια βασική κλιματική μεταβλητή διότι είναι το μέτρο της ενέργειας που οφείλεται στις κινήσεις των μορίων. Για να καταλάβουμε πώς διατηρείται η θερμοκρασία, πρέπει να κατανοήσουμε την ενεργειακή ισορροπία όπως διατυπώνεται επίσης από το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα. Η βασική παγκόσμια ισορροπία ενέργειας της γης είναι μεταξύ της ενέργειας που έρχεται από τον ήλιο και της ενέργειας που επιστρέφει στο διάστημα από την εκπομπή ακτινοβολίας της γης.

Η παραγωγή ενέργειας στο εσωτερικό της γης έχει μια αμελητέα επίδραση στο ενεργειακό ισοζύγιο. Η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας συμβαίνει κυρίως στην επιφάνεια της γης ενώ η περισσότερη από την εκπομπή στο διάστημα προέρχεται από την ατμόσφαιρα. Επειδή η γήινη ατμόσφαιρα απορροφά και εκπέμπει υπέρυθη ακτινοβολία πολύ αποτελεσματικά, η επιφάνεια της γης είναι πολύ πιο θερμή από ότι θα ήταν αν δεν υπήρχε ατμόσφαιρα. Όταν ολοκληρωθεί για ένα χρόνο, περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται κοντά στον ισημερινό από ότι κοντά στους πόλους. Η μεταφορά ενέργειας από την ατμόσφαιρα και τον ωκεανό προς τους πόλους μειώνουν την επίδραση αυτής της βαθμίδας θέρμανσης στην επιφανειακή θερμοκρασία. Σημαντικό μέρος του χαρακτήρα της εξέλιξης της γης και του κλίματός της έχει προσδιοριστεί από την θέση της στο ηλιακό μας σύστημα.

3.3 Νόμοι ακτινοβολίας

Οι κυριότερες ιδιότητες της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας όταν αλληλεπιδρά με την ύλη συστηματοποιούνται σε ένα απλό σύνολο κανόνων που ονομάζονται νόμοι της ακτινοβολίας. Οι παρακάτω κανόνες περιγράφουν τη συμπεριφορά του μέλανος σώματος

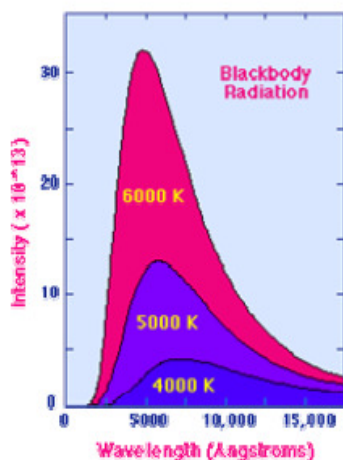
3.3.1 Ο Νόμος του Planck

Εξ ορισμού, ένα μέλαν σώμα είναι ένας τέλειος απορροφητής. Επίσης εκπέμπει τη μέγιστη δυνατή ποσότητα ενέργειας σε μια δεδομένη θερμοκρασία. Η ποσότητα και η ποιότητα της ενέργειας που εκπέμπεται από ένα μέλαν σώμα καθορίζονται μοναδικά από την θερμοκρασία του, σύμφωνα με το νόμο του Planck. Αυτός ο νόμος ορίζει ότι η μονοχρωματική ένταση της ακτινοβολίας $E_\lambda(T)$ που εκπέμπεται από ένα μέλαν σώμα που βρίσκεται σε θερμοκρασία T εκφράζεται από τη σχέση

$$E_\lambda(T)d\lambda = \frac{2hc^2}{\lambda^5 (e^{hc/\lambda kT} - 1)} d\lambda$$

όπου $h = 6.6262 \times 10^{-34}$ J s η σταθερά του Planck $k = 1.381 \times 10^{-23}$ J deg⁻¹ η σταθερά του Boltzmann και $c = 2.998 \times 10^8$ m s⁻¹ η ταχύτητα του φωτός στο κενό.

Ο νόμος του Planck δίνει μια κατανομή της έντασης της ακτινοβολίας σαν συνάρτηση του μήκους κύματος με μέγιστο σε συγκεκριμένο μήκος κύματος. Το μέγιστο μετατοπίζεται σε μικρότερα μήκη κύματος όταν η θερμοκρασία είναι ψηλότερη. Το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη μεγαλώνει γρήγορα με την αύξηση της θερμοκρασίας όπως φαίνεται στο σχήμα



Σχήμα 2 : Κατανομή της έντασης με το μήκος κύματος για διάφορες θερμοκρασίες μέλανος σώματος
Πηγή(www.physics4u.gr)

3.3.2 Ο νόμος των Stefan-Boltzmann

Σύμφωνα με το νόμο αυτό η ολική ισχύς που εκπέμπεται από τη μονάδα επιφάνειας μέλανος σώματος είναι ανάλογος της τέταρτης δύναμης της απόλυτης θερμοκρασίας του, δηλαδή

$$E = \sigma T^4$$

όπου $\sigma = 5.6696 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ deg}^{-4}$ η σταθερά Stefan – Boltzmann

Ο νόμος των Stefan – Boltzmann δίνει την συνολική ενέργεια που εκπέμπεται σε όλα τα μήκη κύματος από ένα μέλαν σώμα, δηλαδή το εμβαδόν της επιφάνειας κάτω από την καμπύλη του Planck, και εξηγεί την αύξηση του ύψους της καμπύλης με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η αύξηση αυτή είναι πολύ απότομη αφού εκφράζεται από την τέταρτη δύναμη της θερμοκρασίας.

3.3.3 Ο νόμος του Wien

Είναι άμεση συνέπεια του νόμου του Planck: το γινόμενο της απόλυτης θερμοκρασίας του μέλανος σώματος και του μήκους κύματος $\lambda_{\max}$ που αντιστοιχεί στο μέγιστο της εκπεμπόμενης από αυτό ισχύος είναι σταθερό, δηλαδή ισχύει

$$\lambda_{\max} T = A = \text{const.}$$

Όταν το λ είναι σε μm και το T σε K βρίσκουμε $A=2898 \mu\text{m K}$. Ο νόμος αυτός προκύπτει αν παραγωγίσουμε τον νόμο του Planck ως προς λ και θέσουμε την παράγωγο ίση με το μηδέν ($dE/d\lambda = 0$) από όπου παίρνουμε

$$\lambda = \lambda_{\max} = hc / 5kT$$

Χρησιμοποιώντας το νόμο του Wien μπορούμε να υπολογίσουμε τη θερμοκρασία εκπομπής ενός μέλανος σώματος από το μήκος κύματος της μέγιστης μονοχρωματικής ακτινοβολίας. Ο νόμος αυτός δείχνει ότι η ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης ($T \approx 293K$) έχει το μέγιστό της περίπου στα $9.9\mu\text{m}$, δηλαδή μέσα στην περιοχή του υπέρυθρου.

Αντίστροφα, από την παρατηρούμενη τιμή $\lambda_{\max} = 0.474 \mu\text{m}$ για την ηλιακή ακτινοβολία βρίσκουμε την επιφανειακή θερμοκρασία του ήλιου περίπου της τάξης των $6110K$.

3.3.4 Ο νόμος του Kirchhoff

Όταν μια ποσότητα ακτινοβολίας προσπίπτει σε ένα σώμα τότε μέρος αυτής απορροφάται από το σώμα αυξάνοντας έτσι την εσωτερική του ενέργεια που εκδηλώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας του, ένα άλλο μέρος της ανακλάται από το σώμα και το υπόλοιπο μέρος της ακτινοβολίας περνάει μέσα από το σώμα αλλάζοντας ταχύτητα και μήκος κύματος ανάλογα με το δείκτη διάθλασης του σώματος.

Αν υπολογίσουμε τους λόγους της απορροφημένης, ανακλώμενης και μεταφερόμενης ακτινοβολίας ως προς την μονοχρωματική ένταση της ακτινοβολίας I_λ που προσπίπτει σε ένα στρώμα μπορούμε να γράψουμε

$$a_\lambda + r_\lambda + \tau_\lambda = 1$$

όπου $a_\lambda = I_{\lambda a} / I_\lambda$ είναι ο συντελεστής απορρόφησης $r_\lambda = I_{\lambda r} / I_\lambda$ ο συντελεστής ανάκλασης (ή albedo) και $\tau_\lambda = I_{\lambda t} / I_\lambda$ ο συντελεστής μεταφοράς ή διαφάνειας.

Ο νόμος του Kirchhoff ορίζει ότι για οποιοδήποτε υλικό που βρίσκεται σε θερμοδυναμική ισορροπία και για δεδομένο μήκος κύματος ο λόγος της έντασης εκπομπής I_λ προς τον συντελεστή απορρόφησης a_λ δεν εξαρτάται από τη φύση του

υλικού. Εξαρτάται μόνο από τη **θερμοκρασία** του υλικού και το **μήκος κύματος**. Δηλαδή

$$I_{\lambda} / a_{\lambda} = f(\lambda, T)$$

Για την περίπτωση του μέλανος σώματος ισχύει $a_{\lambda} = 1$ για κάθε λ . Γι' αυτό το λόγος $f(\lambda, T)$ ισούται με $E_{\lambda}(T)$, δηλαδή την ένταση ακτινοβολίας μέλανος σώματος για δεδομένη θερμοκρασία και μήκος κύματος. Για οποιοδήποτε πραγματικό σώμα $a_{\lambda} < 1$ άρα ισχύει $I_{\lambda} < E_{\lambda}(T)$. Όταν υποθέτουμε ότι το a_{λ} είναι ίδιο για όλα τα μήκη κύματος ορίζουμε το γνωστό φαιό σώμα. Για να είναι πραγματικό το I_{λ} είναι απαραίτητο και το $B_{\lambda}(T)$ και το a_{λ} να μην είναι μηδενικά. Έτσι για να είναι ικανό ένα σώμα να εκπέμπει ενέργεια σε ένα ορισμένο μήκος κύματος και σε μια δεδομένη θερμοκρασία είναι απαραίτητο ένα μέλαν σώμα επίσης να εκπέμπει ενέργεια σε αυτή τη θερμοκρασία και το σώμα να είναι ικανό να την απορροφήσει. Αφού ο συντελεστής εκπομπής e_{λ} ορίζεται ως ο λόγος της εκπεμπόμενης έντασης, ο νόμος του Kirchhoff μπορεί επίσης να εκφραστεί ως $e_{\lambda} = a_{\lambda}$, έτσι ώστε οποιοσδήποτε επιλεκτικός απορροφητής ακτινοβολίας σε μήκος κύματος λ είναι επίσης επιλεκτικός πομπός ακτινοβολίας στο ίδιο μήκος κύματος.

3.3.5 Ο νόμος των Beer-Bouger-Lamber

Ο νόμος αυτός εκφράζει την αλλαγή στην ένταση της ακτινοβολίας I_{λ} λόγω απορρόφησης. Θεωρούμε μια παράλληλη δέσμη ακτινοβολίας με ένταση I_{λ} η οποία διέρχεται μέσα από ένα στρώμα υλικού ds που απορροφά ακτινοβολία. Η ένταση της ακτινοβολίας μεταβάλλεται κατά dI_{λ} όπου

$$dI_{\lambda} = -a_{\lambda} I_{\lambda} = -k_{\lambda a} I_{\lambda} \rho ds$$

όπου ρ η πυκνότητα και $k_{\lambda a}$ ο γραμμικός συντελεστής απορρόφησης για μήκος κύματος λ . Ολοκλήρωση της προηγούμενης σχέσης μεταξύ 0 και s δίνει την ένταση της ακτινοβολίας που εξέρχεται

$$I_{\lambda}(s) = I_{\lambda}(0) \exp(-k_{\lambda a} \rho s)$$

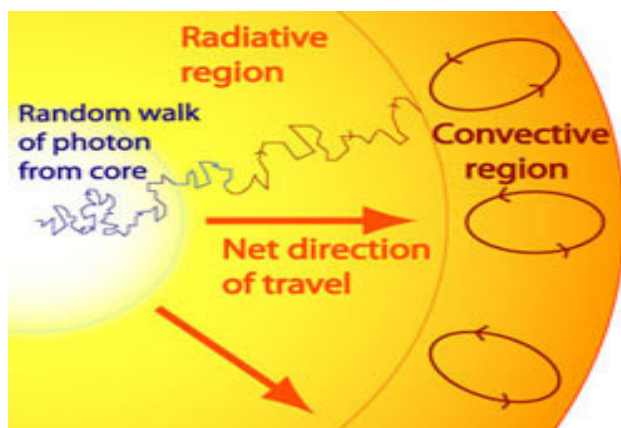
Αν συμβαίνει ταυτόχρονα και απορρόφηση και σκέδαση, μπορούμε να γράψουμε

$$k_{\lambda} = k_{\lambda a} + k_{\lambda s}$$

όπου ο k_{λ} είναι ο συντελεστής εξασθένησης. Τότε η ένταση της ακτινοβολίας μεταβάλλεται κατά dI_{λ} όπου

$$dI_{\lambda} = -k_{\lambda} I_{\lambda} \rho ds$$

3.4 Η ηλιακή ακτινοβολία



Σχήμα 3 :Σκεδάσεις Ηλεκτρονίων Πηγή (www.astronomia.gr)

3.4.1 Το ηλιακό φάσμα

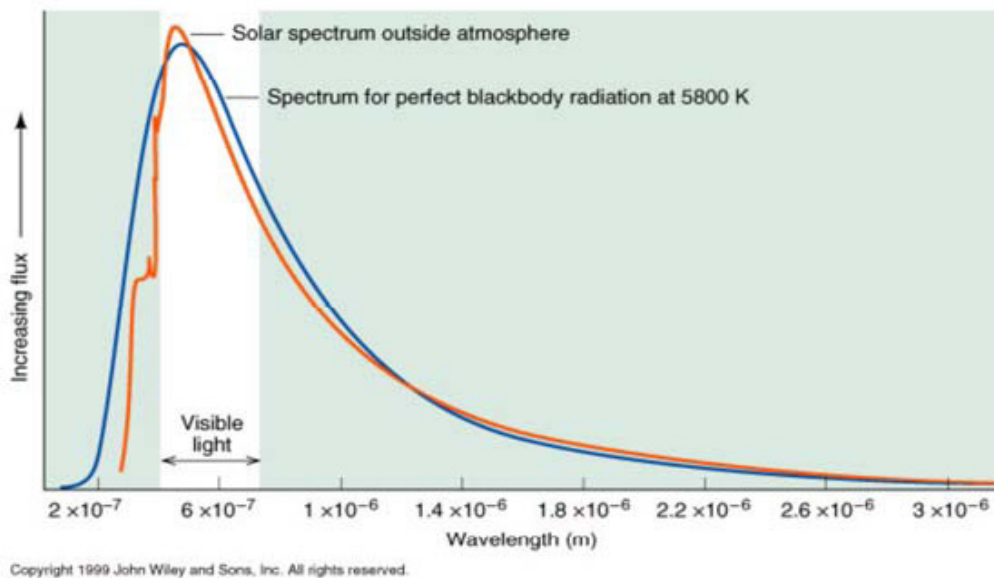
Το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που επηρεάζει τις συνιστώσες του κλιματικού συστήματος βρίσκεται στο υπεριώδες, ορατό και υπέρυθρο. Στην πράξη 99% της ηλιακής ακτινοβολίας βρίσκεται μεταξύ 0.15 και 4.0μm με 9% στο

υπεριώδες ($\lambda < 0.4\mu\text{m}$), 49% στο ορατό ($0.4 < \lambda < 0.8\mu\text{m}$), και 42% στο υπέρυθρο ($\lambda > 0.8\mu\text{m}$).

Δεχόμαστε προσεγγιστικά ότι

- Ο ήλιος ακτινοβολεί σαν μέλαν σώμα (Στην πραγματικότητα το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας παρουσιάζει πολλές γραμμές εκπομπής και απορρόφησης, έτσι μόνο προσεγγιστικά μπορεί να θεωρηθεί σαν φάσμα εκπομπής μέλανος σώματος και να παρουσιαστεί σαν συνεχές φάσμα.)
- Ο ρυθμός εκπομπής είναι σταθερός απ' όλη την επιφάνεια του ήλιου (Στην πραγματικότητα ξέρουμε ότι οι κηλίδες και τα στίγματα αποτελούν περιοχές μέγιστης και ελάχιστης εκπομπής)

Σύμφωνα με τους νόμους της ακτινοβολίας ο ήλιος, που συμπεριφέρεται σαν μέλαν σώμα και με θερμοκρασία επιφάνειας γύρω στους 6000K, θα εκπέμπει σε μήκη κύματος μεταξύ $0.2\mu\text{m}$ και $4.0\mu\text{m}$ και εμφανίζει τη μέγιστη ένταση στα $0.474\mu\text{m}$. Οι παρατηρήσεις δείχνουν ότι η ηλιακή ακτινοβολία είναι σταθερή για μεγάλη χρονική περίοδο. Οι καμπύλη του ήλιου όμως διαφέρει από την καμπύλη μέλανος σώματος όπως φαίνεται στο σχήμα

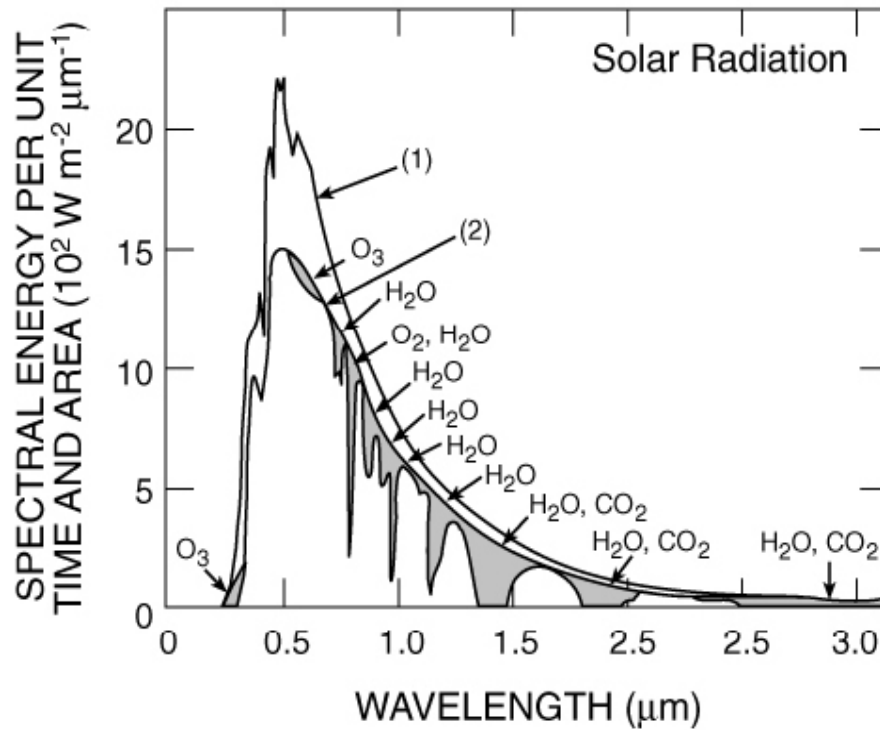


Σχήμα 4 : Το ηλιακό φάσμα

Πηγή(www.photophysics.com)

Οι διαφορές οφείλονται στο ότι τα διάφορα στρώματα του ήλιου δεν έχουν την ίδια θερμοκρασία. Οι κορυφές της καμπύλης αντιστοιχούν σε ακτινοβολία των βαθύτερων και θερμότερων στρωμάτων του ήλιου που δεν απορροφούνται στην ψυχρότερη «ατμόσφαιρα» του ήλιου. Οι ασθενέστερες περιοχές της καμπύλης αντιστοιχούν σε εκπομπές των ψυχρότερων ανώτερων στρωμάτων του ήλιου.

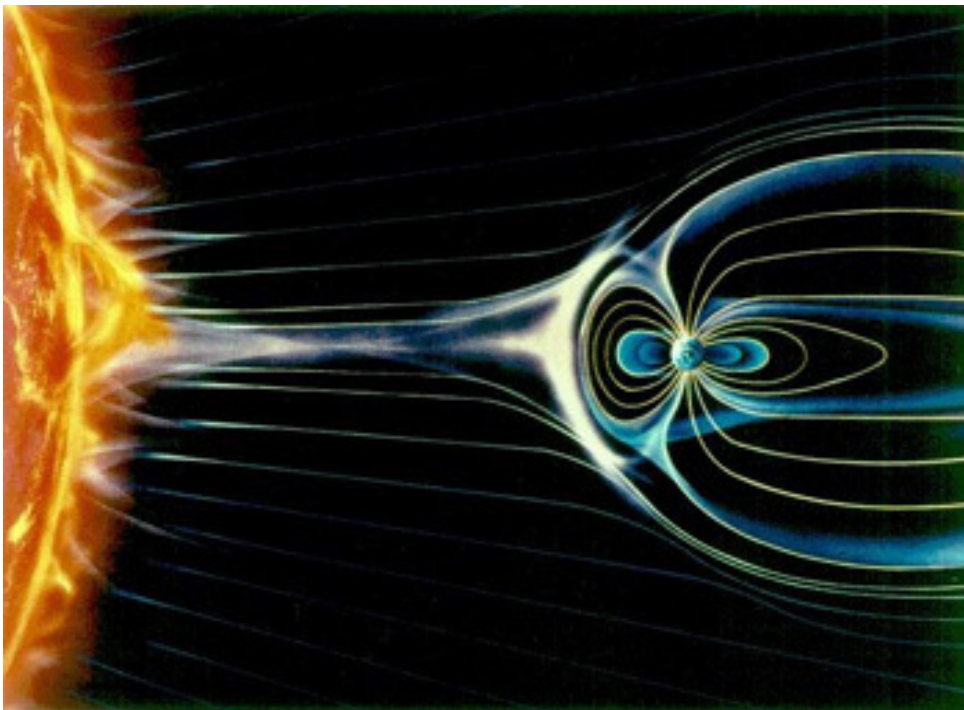
Η ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον ήλιο έχει μήκος κύματος από 10^{-14} έως 10^{10} m και συχνότητες από 10^{22} έως 10^{-2} s^{-1} , δηλαδή η ηλιακή ακτινοβολία καλύπτει όλο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα από ακτίνες γάμμα και ακτίνες χ, μέσω υπεριώδους, ορατής, και υπέρυθρης ακτινοβολίας μέχρι τα μικροκύματα και τα ραδιοφωνικά κύματα. Παρόλα αυτά, το σημαντικότερο μέρος του φάσματος που σχετίζεται με την διάδοση της ενέργειας με ακτινοβολία στο κλιματικό σύστημα βρίσκεται μεταξύ του υπεριώδους και του υπέρυθρου όπως φαίνεται στο σχήμα



Σχήμα 5: Μήκος κύματος συναρτήση της φασματικής ενέργειας
Πηγή(www.aanda.org)

3.4.2 Ηλιακός άνεμος

Ο ηλιακός άνεμος είναι η θερμική ενέργεια του αραιού πλάσματος του στέμματος είναι τόσο υψηλή ώστε να υπερνικά το πεδίο βαρύτητας του ήλιου και διαστέλλεται στον μεσοπλανητικό χώρο με την μορφή ανέμου. Ο ηλιακός άνεμος που έχει χαρακτηριστεί και σαν ηλιακή σωματιδιακή ακτινοβολία αποτελείται κυρίως από ηλεκτρόνια και πρωτόνια που εκπέμπονται σχεδόν ακτινικά από το στέμμα του ήλιου με υπερηχητικές ταχύτητες. Οι στεμματικές οπές είναι τα κύρια σημεία διαφυγής και επιταχύνσεως του ηλιακού ανέμου δεδομένου ότι οι στεμματικές οπές βρίσκονται σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από ανοικτές μαγνητικές γραμμές, χαμηλή θερμοκρασία και πυκνότητα σε σύγκριση με της αντίστοιχες τιμές του στέμματος. Ο ηλιακός άνεμος εκτοξεύεται από διαφορετικά σημεία της επιφάνειας του ήλιου και με διαφορετική αρχική ταχύτητα λόγω των διαφορετικών συνθηκών που επικρατούν στις στρεμματικές οπές και ως εκ τούτου λόγω της περιστροφής του ήλιου φτάνει στη γη κατά ριπές ή αλλιώς ως ρεύματα ή κύματα ηλιακού ανέμου.



Εικόνα 9: Ηλιακός άνεμος

Πηγή(www.astronomia.gr)

3.5 Η ηλιακή σταθερά και η ηλιακή θερμοκρασία

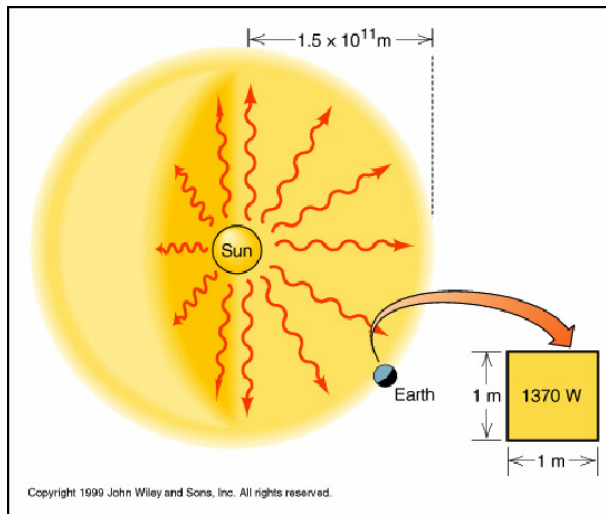
Επειδή το διάστημα είναι στην πράξη κενό και η ενέργεια διατηρείται, το ποσό ενέργειας που περνάει προς τα έξω μέσω μιας σφαίρας που βρίσκεται σε οποιαδήποτε απόσταση με τον ήλιο στο κέντρο της θα πρέπει να ισούται με την Φ , ή τη συνολική ενέργεια από τον ήλιο. Αν υποθέσουμε ότι η ροή ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας είναι ομοιόμορφη πάνω σε μια σφαίρα, και γράψουμε την ροή ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας σε κάποια απόσταση d από τον ήλιο σαν S_d , τότε η διατήρηση ενέργειας σημαίνει ότι πρέπει $\Phi = S_d 4\pi d^2$

Από αυτό συμπεραίνουμε ότι η ροή ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας S_d είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης από τον ήλιο. Ορίζουμε ηλιακή σταθερά την ροή ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας σε μια συγκεκριμένη απόσταση

$$\text{Ηλιακή σταθερά} = S_d = \Phi / 4\pi d^2$$

Η τιμή της ηλιακής σταθεράς είναι σταθερή σε μια σφαίρα με σταθερή ακτίνα και τον ήλιο στο κέντρο της. Στη μέση απόσταση μεταξύ γης και ήλιου (1.5×10^{11} μέτρα) η ηλιακή σταθερά είναι $S_0 = 1367 \text{ W/m}^2$

Η ηλιακή σταθερά είναι χαρακτηριστικό μέγεθος της ηλιακής ακτινοβολίας, είναι η «έντασή» της, δηλαδή το ποσό αυτής που προσπίπτει κάθετα στη μονάδα επιφάνειας και στη μονάδα του χρόνου. Η τιμή της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας που μετριέται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας όταν η γη βρίσκεται σε μέση απόσταση από τον ήλιο είναι η **ηλιακή σταθερά**. Η απόσταση της γης από τον ήλιο έχει μια ετήσια μεταβολή της τάξης του 3.3%.



Σχημα 6 :Ηλιακή σταθερά Πηγή(www.mar.aegean.gr)

Υποθέτοντας ότι ο ήλιος εκπέμπει ακτινοβολία σαν μέλαν σώμα ακτίνας RH και χρησιμοποιώντας το νόμο των Stefan – Boltzmann έχουμε:

$$\sigma T^4 = \Phi / (4\pi R H^2)$$

από όπου μπορούμε να υπολογίσουμε τη θερμοκρασία ακτινοβολίας του ήλιου

$$T = 5800K.$$

Αν, ακόμη, ληφθεί υπ' όψη και η ενέργεια του Ήλιου, την οποία απορροφά η ατμόσφαιρα της Γης και που δεν φτάνει ποτέ στην επιφάνειά της τότε η ηλιακή σταθερά ανέρχεται στις 2,04 θερμίδες. Επίσης η Ηλιακή σταθερά ως μέτρο της θερμικής ενέργειας του Ήλιου που φτάνει στη Γη ισούται με 1400 τζάουλ, υπολογιζόμενη το δευτερόλεπτο ανά τετραγωνικό μέτρο της γήινης επιφάνειας. Έχει δε βρεθεί ότι η ηλιακή σταθερά είναι ίση προς 1,938 θερμίδες, ότι δηλαδή μπορεί να ανεβάσει τη θερμοκρασία νερού μάζας 1 γραμμαρίου (gr) κατά $1^\circ,938$ C σε 1 min. Όπερ και σημαίνει ότι σε 1 λεπτό (min), ανέρχεται κατά 1° C η θερμοκρασία μάζας ύδατος 1,938 γρ (gr). Ηλιακή σταθερά ονομάζεται η ποσότητα της θερμότητας και γενικότερα της ηλιακής ενέργειας που δέχεται επιφάνεια ίση προς 1 cm^2 όταν εκτεθεί κάθετα στις ηλιακές ακτίνες επί 1 min. Σημειώνεται ότι η ηλιακή σταθερά με τιμή 1,938 θερμίδες είναι ισοδύναμη με $1,35 \times 10^6 \text{ erg/sec}$.

3.6 Η ηλιακή ακτινοβολία στην κορυφή της ατμόσφαιρας

Η ακτινοβολία η οποία προέρχεται απευθείας από τον ήλιο και φτάνει στην επιφάνεια της γης στη μονάδα επιφάνειας κάθετη στην ηλιακή ακτίνα ονομάζεται **άμεση** ηλιακή ακτινοβολία. Το ποσό της σκεδαζόμενης ηλιακής ακτινοβολίας που προέρχεται από όλες τις άλλες κατευθύνσεις, ονομάζεται **διάχυτη** ηλιακή ακτινοβολία. Το άθροισμα αυτών των συνιστωσών που προσπίπτει σε μια οριζόντια επιφάνεια, ονομάζεται **ολική** ηλιακή ακτινοβολία. Η κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στην κορυφή της ατμόσφαιρας εξαρτάται από τη γεωμετρία της υδρογείου σφαίρας, την περιστροφή της, και την ελλειπτική τροχιά της γύρω από τον ήλιο. Γι' αυτό είναι συνάρτηση της κλίσης του άξονα της γης ως προς το επίπεδο της ελλειπτικής τροχιάς, της ελλειπτικότητας της τροχιάς, και του σημείου της τροχιάς που βρίσκεται (περιήλιο μέχρι αφήλιο).

Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε μια οριζόντια επιφάνεια εξαρτάται από τη ζενιθία γωνία του ήλιου Z

$$F_{SW} = F_{SW}^0 \cos Z$$

Όπου $F_{SW}^0 = S(d_m / d)^2$ η ηλιακή ακτινοβολία ανά μονάδα επιφάνειας κάθετη στις ακτίνες του ήλιου η οποία εξαρτάται από την ηλιακή σταθερά και την απόσταση της γης από τον ήλιο. Άρα

$$F_{SW} = S(d_m / d)^2 \cos Z$$

Για να υπολογίσουμε τη συνολική ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που παίρνει μια οριζόντια επιφάνεια στη διάρκεια μιας μέρας στο όριο της ατμόσφαιρας, ολοκληρώνουμε από την ανατολή μέχρι τη δύση τη σχέση

$$Q_0 = S(d_m / d)^2 \int \cos Z dt$$

$$\text{όπου} \quad \cos Z = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos h$$

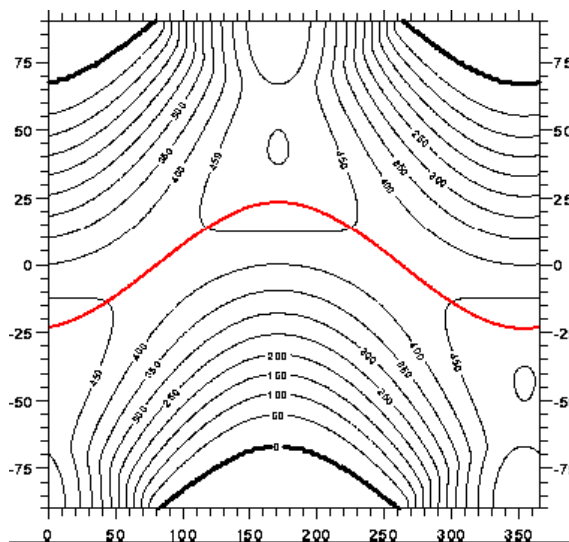
και ϕ το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, δ η απόκλιση του ήλιου, h η ωριαία γωνία του ήλιου

Το ολικό ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μια οριζόντια επιφάνεια στο όριο της ατμόσφαιρας, σε ορισμένη ημερομηνία (δ και d) και σε ορισμένο τόπο (ϕ) δίνεται από τη σχέση

$$Q_0 = \frac{24}{\pi} S(d_m / d)^2 \sin \phi \sin \delta (H - \tan H)$$

όπου H η ωριαία γωνία κατά τη δύση του ήλιου

Η γραφική παράσταση του ποσού της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μια οριζόντια επιφάνεια στην κορυφή της ατμόσφαιρας για όλους τους μήνες του έτους και για όλα τα γεωγραφικά πλάτη φαίνεται στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε μικρές διακυμάνσεις του Q_0 στον ισημερινό, ενώ η μέγιστη εποχική μεταβολή συμβαίνει στους πόλους. Το καλοκαίρι το Q_0 αυξάνει από τον ισημερινό προς τους πόλους. Η κατανομή του Q_0 δεν είναι συμμετρική για το βόρειο και το νότιο ημισφαίριο: το καλοκαίρι το νότιο ημισφαίριο παίρνει μεγαλύτερο ποσό ηλιακής ακτινοβολίας απ' ό,τι το βόρειο.



Σχήμα 7 : Η ακτινοβολία που δέχεται η κορυφή της ατμόσφαιρας σαν συνάρτηση του γεωγραφικού πλάτους. Ο οριζόντιος άξονας είναι η ημέρα του έτους, και ο κατακόρυφος το γεωγραφικό πλάτος. Οι καμπύλες είναι η μέση ημερήσια ακτινοβολία (σε $W m^{-2}$) σε κάθε γεωγραφικό πλάτος: οι έντονες καμπύλες δείχνουν τις άκρες της πολικής νύχτας, όπου υπάρχει μηδενική ηλιακή ακτινοβολία. Η κόκκινη γραμμή δείχνει το γεωγραφικό πλάτος όπου ο ήλιος είναι κατακόρυφος το μεσημέρι.

Πηγή (www.mar.aegean.gr/)

3.7 Αλληλεπιδράσεις της ηλιακής ακτινοβολίας με τα συστατικά της ατμόσφαιρας και τα νέφη.

3.7.1 Αεροζόλ

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά την ατμόσφαιρα, απορροφάται και σκεδάζεται όχι μόνο από τα ατμοσφαιρικά αέρια, αλλά και από τα αεροζόλ και τα νέφη.

Σαν αεροζόλ ορίζουμε τα αιωρούμενα υγρά ή στερεά σωματίδια, εκτός από τα νεφοσταγονίδια και τα προϊόντα συμπύκνωσης. Η μέση ακτίνα των αεροζόλ κυμαίνεται από περίπου 10 – 4 μέχρι 10μm. Η ύπαρξη των αεροζόλ στην ατμόσφαιρα οφείλεται σε δύο διεργασίες:

1. Άμεση είσοδος σκόνης, στάχτης, σωματιδίων θαλασσινού αλατιού, κλπ, τα οποία προέρχονται από ηφαίστεια, πυρκαγιές δασών, ανθρώπινες δραστηριότητες και άλλες φυσικές διεργασίες, και
2. Χημικές αντιδράσεις αέριων υλικών εντός της ατμόσφαιρας, όπως ο μετασχηματισμός του SO₂ σε HSO₄ ή σε σουλφίδια, οξειδίων του αζώτου σε νιτρικά οξέα και άλλα.

Η καύση καυσίμων που περιέχουν θείο (όπως το κάρβουνο ή το πετρέλαιο) απελευθερώνει ένα άχρωμο αέριο: το διοξείδιο του θείου. Όταν η ατμόσφαιρα είναι αρκετά υγρή, το διοξείδιο του θείου μπορεί να μετασχηματιστεί σε μικρές σταγόνες θειικού οξέος. Η βροχή που περιέχει θειικό οξύ διαβρώνει μέταλλα και χρωματισμένες επιφάνειες και μετατρέπει λίμνες γλυκού νερού σε όξινες.

Τα αεροζόλ κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την προέλευσή τους, το μέγεθός τους και την κατανομή τους στην ατμόσφαιρα. Ανάλογα με το μέγεθός τους, χωρίζονται στις κατηγορίες:

- Πυρήνες Aitken (διάμετρος <0.1μm)
- Μεγάλοι πυρήνες (διάμετρος 0.1-1.0μm)
- Γιγάντιοι πυρήνες (διάμετρος >1.0μm)

Η συγκέντρωση των αεροζόλ είναι εν γένει μεγαλύτερη πάνω από ηπειρωτικές περιοχές απ' ό,τι πάνω από τους ωκεανούς και μεταβάλλεται χωρικά και χρονικά.

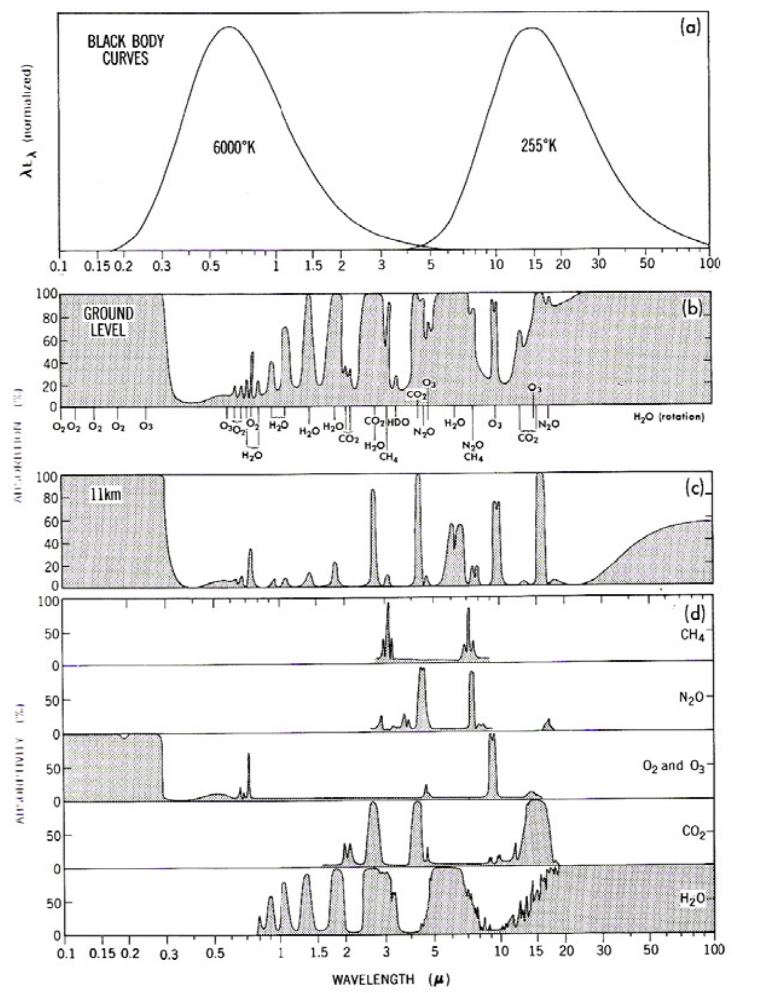
Τα αεροζόλ επηρεάζουν το κλίμα με δύο τρόπους: Άμεσα μέσω της απορρόφησης και σκέδασης της ηλιακής ακτινοβολίας. Έμμεσα σαν πυρήνες συγκέντρωσης για το σχηματισμό νεφών

3.7.2 Απορρόφηση

Το ηλιακό φάσμα παρουσιάζει ένα μεγάλο αριθμό γραμμών και περιοχών απορρόφησης, μερικές από τις οποίες οφείλονται στην απορρόφηση από την ατμόσφαιρα του ήλιου και μερικές στην απορρόφηση από τα αέρια της γήινης ατμόσφαιρας.

Τα κύρια ατμοσφαιρικά αέρια που απορροφούν ηλιακή ενέργεια είναι οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα, το όζον, το οξυγόνο, το άζωτο και τα οξείδιά του και το μεθάνιο παρακάτω σχήμα. Ακτινοβολία με μήκη κύματος μικρότερα από 0.3μm απορροφάται (κυρίως στην ανώτερη ατμόσφαιρα) από τα O₃, O₂ και O. Η απορρόφηση λόγω O₃ και O₂ εξηγεί το απότομο κατώφλι στα 0.3μm.

Το όζον είναι πολύ σημαντική συνιστώσα της στρατόσφαιρας εξαιτίας της απορρόφησης που ασκεί στην υπεριώδη ακτινοβολία. Το όζον δημιουργείται στη στρατόσφαιρα και μεσόσφαιρα με φωτοχημικές διεργασίες και έχει μέγιστη συγκέντρωση στα ύψη μεταξύ 20 και 25km. Όμως, η συγκέντρωσή του και η κατακόρυφη κατανομή του μεταβάλλονται με το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή καθώς επίσης και σε μικρότερες χωροχρονικές κλίμακες. Η εξασθένησή του θα μπορούσε να έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της υπεριώδους ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης και του ωκεανού και να μειώσει την αγροτική παραγωγή, να διαταράξει την ωκεάνια τροφική αλυσίδα, να αυξήσει τους καρκίνους του δέρματος, κλπ. Έτσι το στρώμα του όζοντος μπορεί να θεωρηθεί σαν μια παγκόσμια ασπίδα προστασίας της βιόσφαιρας από πιθανές βλαβερές συνέπειες από υπερβολική υπεριώδη ακτινοβολία.



Σχήμα 8 :Φασματικές γραμμές στην ατμόσφαιρα Πηγή(www.mar.aegean.gr)

Στην τροπόσφαιρα η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μικρή. Απορρόφηση υπάρχει στο ορατό και κοντά στο υπέρυθρο για μήκη κύματος μεταξύ $0.55 < \lambda < 4.0 \mu\text{m}$ και οφείλεται κυρίως στα H₂O, CO₂ και στα νέφη.

3.7.3 Σκέδαση

Το φως στην ατμόσφαιρα αποκλίνει ή σκεδάζεται από την διεύθυνση διάδοσής του όταν συναντά σωματίδια ή ανομοιογένειες, όπως είναι τα ατμοσφαιρικά μόρια, τα αεροζόλ και τα νέφη. Η σκέδαση συμβαίνει επειδή ο δείκτης διάθλασης των σωματιδίων διαφέρει από εκείνον του ομοιογενούς μέσου στο οποίο βρίσκονται.

Η σκέδαση της ηλιακής ακτινοβολίας δεν οδηγεί σε μετατροπή της ενέργειας λόγω ακτινοβολίας σε θερμότητα όπως συμβαίνει με την απορρόφηση. Η ενέργεια λόγω ακτινοβολίας απλώς διαχέεται προς όλες τις διευθύνσεις έτσι ώστε τα σωματίδια να δρουν σαν μια νέα πηγή ακτινοβολίας. Επειδή μερική από την ηλιακή ενέργεια σκεδάζεται προς τα πίσω και προς τα πλάγια, η ποσότητα της ενέργειας που φθάνει στην επιφάνεια μειώνεται. Έτσι και η απορρόφηση και η σκέδαση οδηγούν σε εξασθένηση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η ηλιακή ακτινοβολία που τελικά φτάνει στην επιφάνεια μερικώς ανακλάται και μερικώς απορροφάται από την επιφάνεια του ωκεανού, το έδαφος, τη βλάστηση, το χιόνι και τον πάγο. Ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας που απορροφάται χρησιμοποιείται για να εξατμίσει νερό προς την ατμόσφαιρα, ενώ το υπόλοιπο μεταφέρεται προς τα κάτω στους ωκεανούς μέσω αγωγής και τυρβώδους μετάδοσης θερμότητας και προς τα πάνω στην ατμόσφαιρα από παρόμοιες διεργασίες και από την εκπομπή μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας.

Σκέδαση στην ηλιακή ακτινοβολία οφείλεται κυρίως στον ξηρό αέρα, τους υδρατμούς και τα διάφορα αιωρούμενα σωματίδια. Λόγω της σκέδασης της ηλιακής ακτινοβολίας μέρος αυτής κατευθύνεται προς το έδαφος και μέρος αυτής επιστρέφει στο διάστημα ή κατανέμεται προς άλλες κατευθύνσεις. Η ποσότητα και η διεύθυνση της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας εξαρτάται από το μήκος κύματος και το μέγεθος των σωματιδίων που σκεδάζουν. Μέρος της σκεδαζόμενης και ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας πέφτει επίσης στην επιφάνεια του εδάφους.

Σκέδαση παρατηρείται λόγω παρουσίας στην ατμόσφαιρα σωματιδίων διαφόρων διαστάσεων. Ο Rayleigh ανέπτυξε τη θεωρία σκέδασης για σωματίδια με διαμέτρους μικρές σε σχέση με το μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Έδειξε ότι το ποσό της σκέδασης είναι αντιστρόφως ανάλογο της τέταρτης δύναμης του μήκους κύματος, έτσι ώστε όσο πιο μικρό είναι το μήκος κύματος τόσο πιο πολλή ακτινοβολία θα σκεδάζεται. Έτσι μπορούμε να εξηγήσουμε ότι το μπλε χρώμα του ουρανού οφείλεται σε πιο έντονη σκέδαση από τα ατμοσφαιρικά μόρια στην περιοχή του μπλε από ότι στην περιοχή του κόκκινου. Πρακτικά, ο ουρανός γίνεται ορατός λόγω της ύπαρξης της σκέδασης. Από την άλλη μεριά, τα κόκκινα δειλινά και οι χαραυγές εμφανίζονται πιο κόκκινα επειδή τα μικρότερα μήκη κύματος του μπλε απομακρύνονται λόγω σκέδασης κατά τη μακρύτερη πορεία του φωτός μέσα στην ατμόσφαιρα, αφήνοντας τα υπόλοιπα πιο κόκκινα χρώματα του φάσματος.

Η μικρότερου μήκους κύματος ακτινοβολία επίσης σκεδάζεται από σωματίδια (σκόνη, καπνός και ιόντα) και αεροζόλ. Όταν οι διαστάσεις των σωματιδίων μεγαλώνουν, ο νόμος του λ^{-4} παύει να ισχύει, και η σκέδαση είναι λιγότερο επιλεκτική ως προς το μήκος κύματος. Τότε τίθεται σε ισχύ η θεωρία του Mie. Η θεωρία αυτή είναι πιο γενική και περιλαμβάνει και τη σκέδαση Rayleigh και τη γεωμετρική οπτική σαν ακραίες περιπτώσεις. Όταν τα σωματίδια είναι αρκετά μεγάλα η διασπορά της ακτινοβολίας τείνει σε εξάρτηση με το $1/\lambda$. Αυτό εξηγεί το γιατί τα σταγονίδια των νεφών και οι παγοκρύσταλλοι ανακλούν και διαθλούν την ακτινοβολία προς όλες τις διευθύνσεις. Εν γένει, για μεγάλα σωματίδια η αλλαγή της διεύθυνσης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας μπορεί να εξηγηθεί από τη γεωμετρική οπτική.

3.7.4 Νέφη

Είναι γνωστό ότι τα σύννεφα παίζουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην ισορροπία ακτινοβολιών και το κλίμα. Επηρεάζουν το albedo, το συντελεστή απορρόφησης και μετάδοσης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

Παρόλα αυτά οι λεπτομέρειες των χαρακτηριστικών των νεφών ως προς την ακτινοβολία δεν είναι πολύ καλά κατανοητές. Αλλάζουν σημαντικά ανάλογα με τον τύπο και τη μορφή των νεφών. Για παράδειγμα, η λευκαύγεια ενός λεπτού stratus είναι περίπου 30%, ενώ η λευκαύγεια ενός χονδρού stratus μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 60% και 70%. Τα nimbostratus έχουν λευκαύγειες μεταξύ 70% και τα cirrus έχουν πολύ μικρότερη λευκαύγεια της τάξης του 20%.

Το πάχος των νεφών καθώς επίσης και η ζενιθία γωνία του ήλιου πρέπει να είναι σημαντικοί παράγοντες. Μέσα στα νέφη πολλαπλή σκέδαση προκαλεί εξασθένηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απορρόφηση μέσα στα νέφη συμβαίνει από τις σταγόνες, παγοκρυστάλλους και σε μικρότερο βαθμό από υδρατμούς στην περιοχή του υπέρυθρου. Έτσι τα νέφη απορροφούν ισχυρά την γήινη ακτινοβολία.

3.8 Η ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της θάλασσας

Η ατμόσφαιρα είναι πολύ διαφανής στην ορατή ακτινοβολία ($0.4 - 0.68\mu\text{m}$), η οποία περιέχει σχεδόν το 60% της ενέργειας που εκπέμπεται από τον ήλιο. Σε μια καθαρή, ανέφελη ημέρα η ορατή ροή άμεσου ηλιακού φωτός εξασθενεί μόνο από τη σκέδαση. Από την άλλη μεριά, η σκέδαση αυξάνει το φως που φτάνει μέχρι την επιφάνεια από άλλες κατευθύνσεις του ουρανού. Η διάμετρος των μορίων του αέρα και του νερού είναι τόσο μικρή σε σχέση με το μήκος κύματος του φωτός που ισχύει η σκέδαση Rayleigh, δηλαδή η σκέδαση είναι αντιστρόφως ανάλογη της τέταρτης δύναμης του μήκους κύματος. Ο ήλιος ακτινοβολεί πιο έντονα σε ένα μήκος κύματος $0.47\mu\text{m}$ στην περιοχή του μπλε-πράσινου. Αυτό το φως σκεδάζεται περίπου τέσσερις φορές πιο αποτελεσματικά από ότι το κόκκινο φως που έχει μήκος κύματος $0.66\mu\text{m}$. Η γνωστή εξήγηση του μπλε χρώματος του ουρανού και της θάλασσας βασίζεται σε αυτό το φαινόμενο.

Η σύσταση του ηλιακού φωτός ποικίλει ανάλογα με το ύψος του ήλιου. Όταν ο ήλιος είναι περίπου 20° πάνω από τον ορίζοντα οι ακτίνες του πρέπει να περάσουν μέσα από τριπλάσιο αέρα από ότι όταν ο ήλιος είναι κατακόρυφος. Όσο πιο μακριά είναι η διαδρομή μέσω της ατμόσφαιρας τόσο περισσότερο μπλε φως σκεδάζεται έξω από την απευθείας ηλιακή ακτίνα. Σαν αποτέλεσμα, το μέγιστο του φάσματος του άμεσου ηλιακού φωτός μετατοπίζεται σε μικρές ηλιακές γωνίες από το μπλε-πράσινο στο κίτρινο-κόκκινο κοντά στην επιφάνεια της γης. Μέρος του μπλε φωτός που έχει σκεδαστεί εκτός της άμεσης (απευθείας) ακτίνας χάνεται στο διάστημα, το υπόλοιπο φτάνει στη επιφάνεια σαν ακτινοβολία του ουρανού, η οποία είναι σχεδόν διάχυτη. Η

συνεισφορά του στην ένταση της ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της θάλασσας σε καθαρό καιρό αυξάνεται με τη ζενιθία γωνία του ήλιου από 16%, όταν το ύψος του ήλιου είναι 60°, σε περίπου 37% όταν είναι 10 ° πάνω από τον ορίζοντα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

4.1 Ο ρόλος του ήλιου στις κλιματικές αλλαγές

Έχει παρατηρηθεί ότι ορισμένες διαδικασίες πάνω στον ήλιο, θα μπορούσαν να έχουν επίδραση στην θερμοκρασία της Γης, όπως και οι αυξανόμενες εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

Η ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον Ήλιο δεν είναι σταθερή, μεταβάλλεται συνεχώς σε όλα τα μήκη κύματος και σε όλες τις χρονικές κλίμακες (από μερικά δευτερόλεπτα έως αιώνες). Οι μεταβολές αυτές εμφανίζουν μια περιοδικότητα με ελάχιστα και μέγιστα να εναλλάσσονται κυκλικά ανά περίπου 11,22,80,200, αλλά και περισσότερα, χρόνια. Μια τέτοια περιοδική συμπεριφορά παρουσιάζει και η εμφάνιση διαφόρων σχηματισμών πάνω στην επιφάνεια του Ηλίου. Οι πιο γνωστοί σχηματισμοί, που χρησιμοποιούνται ως δείκτες της ηλιακής δραστηριότητας, είναι οι ηλιακές κηλίδες, κυρίως γιατί ο αριθμός τους άρχισε να καταμετρείται, και άρα να μας είναι γνωστός, από τον 16ο αιώνα με την εμφάνιση του τηλεσκοπίου. Ως δείκτες της ηλιακής δραστηριότητας χρησιμοποιούνται επίσης οι μεταβολές διαφόρων σωματιδίων (πρωτόνια, ηλεκτρόνια), αλλά και η μεταβολή της ροής της κοσμικής ακτινοβολίας.

Οι μεταβολές αυτές της ηλιακής ακτινοβολίας μετρούνται και από το έδαφος αλλά και από δορυφόρους. Έτσι βρέθηκε ότι η ενέργεια που εκπέμπει μεταβάλλεται σταθερά κατά 0,1% περίπου από το ελάχιστο στο μέγιστο του 11-ετούς κύκλου της ηλιακής δραστηριότητας. Και μπορεί αυτή η διαφορά να θεωρείται αμελητέα, είναι όμως δυνατόν να έχει σημαντικές επιπτώσεις στο κλίμα της Γης, αν λάβει κανείς υπόψη το τεράστιο ποσό της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τον Ήλιο. Σημαντικό είναι επίσης ότι η εκπομπή στο υπεριώδες παρουσιάζει διακυμάνσεις της τάξεως του 1% μέσα σε 11 χρόνια.

Η ακτινοβολία αυτή είναι υπεύθυνη τόσο για την καταστροφή όσο και για την παραγωγή του όζοντος στη στρατόσφαιρα της Γης. Το όζον απορροφά την επικίνδυνη για τον ανθρώπινο οργανισμό υπεριώδη ακτινοβολία. Εμποδίζει ιδιαίτερα την πλέον επικίνδυνη μορφή της, τη UV-B, που επιδρά κατ' ευθείαν στην έλικα του DNA διασπώντας την και προκαλώντας καρκίνο. Μείωση κατά 1% στο όζον της

ατμόσφαιρας είναι δυνατόν να προκαλέσει αύξηση κατά 2% στους καρκίνους του δέρματος. Είχε βρεθεί παλαιότερα ότι το όζον αυξανόταν και μειωνόταν σύμφωνα με τον 11-ετή κύκλο της ηλιακής δραστηριότητας.

Η γνώση επομένως του ρόλου της μεταβολής της ηλιακής υπεριώδους ακτινοβολίας στη μεταβολή του όζοντος θα μας βοηθήσει ώστε να μετρήσουμε καλύτερα την ελάττωση του που οφείλεται στις ανθρώπινες δραστηριότητες.

4.2 Το κλίμα της Γης και ο Ήλιος

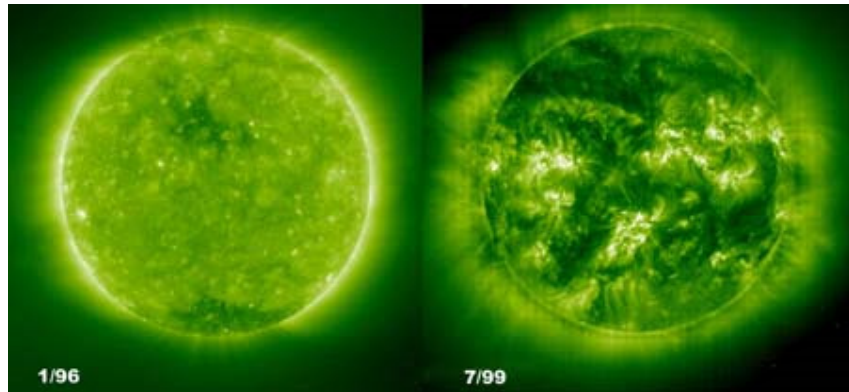
Από ιστορικά στοιχεία είναι γνωστό ότι και το κλίμα στη Γη μεταβάλλεται. Στις μεταβολές αυτές ρόλο παίζουν τόσο φυσικοί παράγοντες, όπως η μεταβαλλόμενη ηλιακή ακτινοβολία, τα ηφαίστεια, όσο και ανθρωπογενείς παράγοντες. Καθημερινά διαβάζουμε ότι οι επιστήμονες προειδοποιούν την ανθρωπότητα γιατί πιστεύουν ότι η θερμοκρασία του πλανήτη μας αυξάνεται και αυτό οφείλεται κυρίως στα παραγόμενα από τον άνθρωπο ρυπογόνα αέρια (κυρίως στο διοξείδιο του άνθρακα), που εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η αύξηση αυτή της θερμοκρασίας, αν συνεχιστεί με αυτόν τον ρυθμό, πιστεύεται ότι θα έχει δραματικές συνέπειες, καθώς θα καταστήσει πολύ σύντομα το γήινο περιβάλλον ιδιαίτερα εχθρικό για τη ζωή.

Είναι όμως φανερό ότι για να μπορέσουμε να μελετήσουμε τον ρόλο που παίζουν οι ανθρωπογενείς παράγοντες στην παρατηρούμενη σήμερα αύξηση της θερμοκρασίας ή στην καταστροφή του όζοντος και πώς αυτή θα εξελιχθεί μελλοντικά πρέπει να είμαστε σε θέση να πούμε αν σε αυτήν συνεισφέρει, και σε ποιον βαθμό, η μεταβαλλόμενη ηλιακή ακτινοβολία

Σήμερα οι μεταβολές τόσο της ηλιακής ακτινοβολίας όσο και του κλίματος της Γης στο παρελθόν είναι δυνατόν να αποκρυπτογραφηθούν με τη βοήθεια των αρχαίων στρωμάτων του πάγου που βρίσκονται στους πόλους. Επίσης, οι μεταβολές της ηλιακής δραστηριότητας στο παρελθόν είναι δυνατόν να εκτιμηθούν από την εναπόθεση του ποσού του ραδιενεργού άνθρακα στους δακτυλίους κάποιων δέντρων πεύκης ή από ένα ισότοπο του βηρυλλίου που εναποτίθεται στους πάγους.

Η κοσμική ακτινοβολία που έρχεται από το Διάστημα πέφτοντας στα άτομα του αέρα είναι δυνατόν να δημιουργήσει ραδιενεργό άνθρακα 14. Κατά τη διάρκεια αυξημένης ηλιακής δραστηριότητας οι κοσμικές ακτίνες εκτρέπονται από τη Γη λόγω του αυξημένου μαγνητικού πεδίου του Ηλίου. Έτσι σ' αυτές τις περιόδους υπάρχει λιγότερος άνθρακας 14 στον αέρα, ενώ το αντίστροφο συμβαίνει στις περιόδους χαμηλής ηλιακής δραστηριότητας. Καθώς είναι γνωστό το ποσοστό του άνθρακα 14 που μεταπίπτει σε άνθρακα 12, ανάλυση του λόγου αυτών των ατόμων στους δακτυλίους ενός δέντρου μπορεί να μας δώσει πόσος ραδιενεργός άνθρακας ήταν στον αέρα όταν δημιουργήθηκε ο δακτύλιος και κατά συνέπεια αν ο Ήλιος ήταν ενεργός ή όχι. Η εναπόθεση του βηρυλλίου στους πάγους επηρεάζεται με τον ίδιο τρόπο από την κοσμική ακτινοβολία και μας δίνει επίσης πληροφορίες για το πώς μεταβαλλόταν η ηλιακή δραστηριότητα στο παρελθόν.

Έχει προταθεί ότι ο ηλιακός άνεμος και το μαγνητικό πεδίο του ήλιου μπορούν να περιορίσουν τον αριθμό των κοσμικών ακτίνων (σωματίδια υψηλής ενέργειας) που εισέρχονται στη γήινη ατμόσφαιρα. Οι κοσμικές ακτίνες είναι αυτές που συγκρούονται με τα μόρια αέρα για να παραγάγουν τα δευτερογενή σωματίδια που δίνουν τους τύπους των σύννεφων που ενεργούν για να ψύξουν τη Γη. Με άλλα λόγια, η αυξανόμενη ηλιακή δραστηριότητα σημαίνει λιγότερες κοσμικές ακτίνες, λιγότερα σύννεφα, και περισσότερη θέρμανση.



Εικόνα 10: Δορυφόροι παρακολουθούν καθημερινά τις δραστηριότητες του ήλιου. Παρατηρήστε τις δραματικές αλλαγές στην ατμόσφαιρα του ήλιου από το ηλιακό ελάχιστο του 1996 (αριστερή εικόνα) μέχρι το ηλιακό μέγιστο του 2000 (δεξιά εικόνα) Πηγή (Ηλιακό Διαστημικό παρατηρητήριο SOHO).

Οι ειδικοί επιστήμονες πάνω στο κλίμα έχουν παρατηρήσει ήδη τις αλλαγές που σχετίζονται με τη δραστηριότητα των κηλίδων του ήλιου - έναν κύκλο περίπου 11 ετών - και τις μακροπρόθεσμες αλλαγές στη φωτεινότητα του ήλιου, η οποία έχει έναν κύκλο που διαρκεί επί αιώνες. Όμως, έχουν απορρίψει την επίδραση και των δύο φαινομένων στην αύξηση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του τελευταίου αιώνα, είτε γιατί αυτές συμβαίνουν σε ένα πολύ μικρό χρονικό διάστημα ή γιατί είναι πάρα πολύ ασθενείς.

Αλλά μέχρι τώρα έχουν παραλείψει να πάρουν υπ' όψιν τους δύο άλλους παράγοντες:

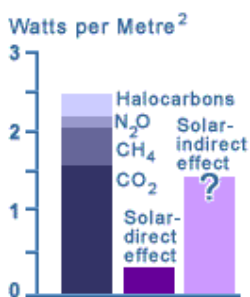
- Οι μεταβολές στην ποσότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας που έρχεται από τον ήλιο έχουν επιπτώσεις στο στρώμα του όζοντος. Το στρώμα του όζοντος είναι ένα πολύ σημαντικό μέρος της ατμόσφαιρας γιατί εκεί γίνονται πολλές χημικές αντιδράσεις, που παίζουν ρόλο στον τρόπο που εξελίσσεται και η υπόλοιπη ατμόσφαιρα.
- Το μαγνητικό πεδίο του ήλιου και ο ηλιακός άνεμος - κυρίως υπό μορφή ηλεκτρονίων και πρωτονίων που εξέρχονται από τον ήλιο - προστατεύουν ολόκληρο το ηλιακό σύστημα ενεργώντας σαν ένα είδος ασπίδας εναντίον των

κοσμικών ακτίνων (πολύ ενεργητικά σωματίδια αλλά και ακτινοβολία από το εξωτερικό διάστημα).

Αυτή η ασπίδα δεν σταματά, όμως, όλες τις κοσμικές ακτίνες από το να εισέλθουν μέσα στην ατμόσφαιρα, και η αποτελεσματικότητά της μεταβάλλεται ανάλογα με τις μακροχρόνιες μεταβολές στη δραστηριότητα του ήλιου, η οποία μπορεί να αυξάνεται και ύστερα να πέσει σε μια χρονική κλίμακα πολλών αιώνων.

4.3 Νεφοκάλυψη

Μία από τις επιδράσεις που έχουν οι κοσμικές ακτίνες είναι ότι επηρεάζουν τη ποσότητα της νεφοκάλυψης. Δηλαδή, πόσο νεφελώδης είναι η Γη.



Σχήμα 9: Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη θέρμανση. Τα αέρια του θερμοκηπίου (χλωροφθοράνθρακες, υποξείδιο του αζώτου, μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα), η άμεση επίδραση του ήλιου και η έμμεση. Πηγή (www.physics4u.gr)

Έτσι εάν ο ήλιος υποστεί μακροχρόνιες αλλαγές στη δραστηριότητα του - που γίνεται - το ποσό των κοσμικών ακτίνων που θα φθάνουν στη Γη επίσης θα μεταβάλλεται την ίδια χρονική περίοδο, άρα και η γενική νεφοκάλυψη του πλανήτη μας.

Η ποσότητα των νεφών έχει επιπτώσεις στο ποσό της ακτινοβολίας που φθάνει από τον ήλιο στην επιφάνεια του πλανήτη μας, που στη συνέχεια έχει επιπτώσεις στην παγκόσμια θερμοκρασία.

Τα στοιχεία που συλλέγονται από τους δορυφόρους δείχνουν ότι η ποσότητα των χαμηλών νεφών πάνω από τη Γη ακολουθεί στενά την ποσότητα των κοσμικών ακτίνων που φθάνουν στη Γη.

Η προκύπτουσα θέρμανση, λοιπόν, που οφείλεται σε αυτό το φαινόμενο κατά τη διάρκεια του τελευταίου αιώνα θα μπορούσε να συγκριθεί με την ποσότητα της θέρμανσης, που οι άνθρωποι νομίζουν ότι οφείλεται στην επίδραση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Αν προσθέσουμε σε αυτό το φαινόμενο και τις άλλες επιδράσεις που οφείλονται στον ήλιο, και τότε τα αέρια του θερμοκηπίου γίνονται κατά 50% λιγότερο υπεύθυνα για τις αυξανόμενες παγκόσμιες θερμοκρασίες.

4.4 Κοσμικές ακτίνες

Αλλά η δραστηριότητα του Ήλιου επηρεάζει τη ροή των κοσμικών ακτίνων, τα σωματίδια υψηλής ενέργειας από το αχανές διάστημα, που διαπερνούν την ατμόσφαιρα μας. Συνεπώς, επειδή οι κοσμικές ακτίνες είναι η κύρια πηγή του ιονισμού στην ατμόσφαιρα της Γης αυτές μπορεί να έχουν μια επίδραση στον σχηματισμό των νεφών.

Σε γενικές γραμμές, όσο περισσότερες κοσμικές ακτίνες φθάνουν στη Γη, τόσο χαμηλά νέφη υπάρχουν. Πάντως, μια μεγαλύτερη ηλιακή δραστηριότητα οδηγεί σε χαμηλότερη ροή κοσμικών ακτίνων και μια μείωση των χαμηλών νεφών.

Τα χαμηλά νέφη ψύχουν τη Γη ανακλώντας περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία πίσω στο διάστημα, έτσι που μια ελάττωση στην ποσότητα των χαμηλών νεφών συμβάλλει στην συνολική αύξηση της θερμοκρασίας.

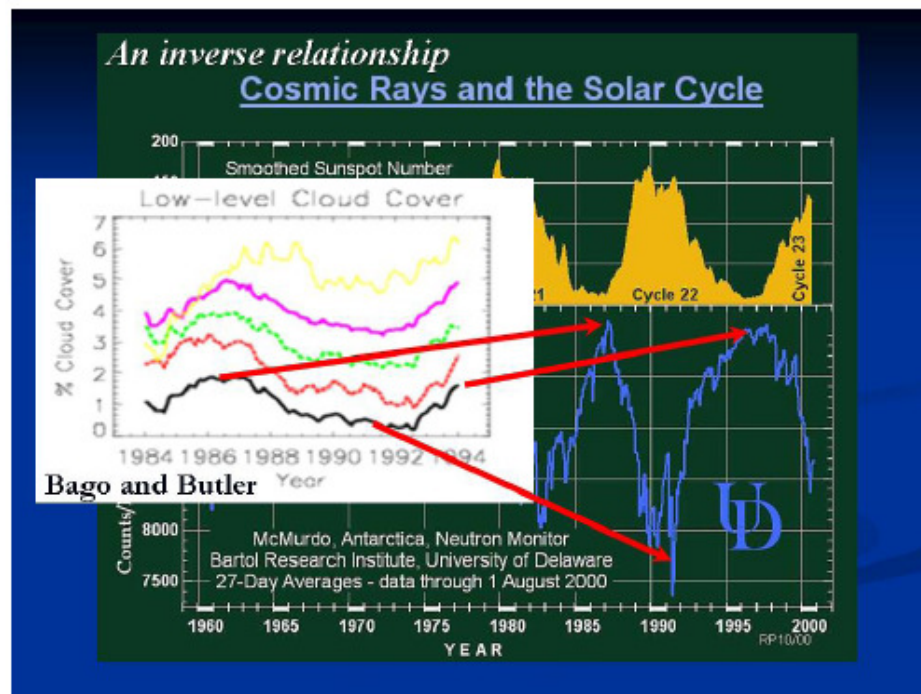
Αντιθέτως τα υψηλά νέφη τείνουν να θερμαίνουν τη Γη, ανακλώντας προς τη Γη περισσότερη υπέρυθρη ακτινοβολία.

4.5 Συσχέτιση ηλιακής δραστηριότητας και θερμοκρασίας της γης

Όταν ο ήλιος είναι πιο ενεργός, είναι φωτεινότερος απ' όταν βρίσκεται σε ηρεμία. Αυτή η διαφορά στη φωτεινότητα ή την ακτινοβολία πέρα από τον κύκλο των 11 ετών είναι περίπου 0,1 %. Η αλλαγή ακτινοβολίας εν τούτοις από την ηλικία του λίγου πάγου μπορεί να είναι της τάξεως του 0,4 – 0,5 % και έχει χρησιμοποιηθεί για να εξηγήσει την ηλικία πάγου και την αποκατάσταση από τότε.

Ενώ η ακτινοβολία αλλάζει κατά 0.1 % πέρα από τον κύκλο των 11 ετών η υπεριώδης ακτινοβολία αλλάζει κατά 6-8 % και τα πιο μικρά μήκη κύματος ακόμη περισσότερο. Η υπεριώδης ακτινοβολία καταστρέφει το όζον, αυτή είναι μια εξώθερμη διαδικασία η οποία παράγει θερμότητα στα υψηλότερα σημεία της ατμόσφαιρας αυτό συμβαίνει στα μικρά ως και μέσα γεωγραφικά πλάτη. Το Labitzke έχει παρουσιάσει στατιστικά στοιχεία με σημαντικές διαφορές των θερμοκρασιών στη χαμηλότερη στρατόσφαιρα και τη μέση τροπόσφαιρα σε σχέση με τον ηλιακό κύκλο των 11 ετών.

Επίσης όταν ο ήλιος είναι ενεργός προκαλεί μια διάχυση κοσμικών ακτίνων οι οποίες έχουν μια μικρή επίδραση στην αύξηση σύννεφων. Τα χαμηλά σύννεφα απεικονίζουν την ακτινοβολία και έχουν μία ψυκτική ικανότητα. Η απουσία τους κατά τη διάρκεια των ενεργών ηλιακών περιόδων σημαίνει ότι η ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια είναι περισσότερη. Αυξημένη ύπαρξη τέτοιοι είδους σύννεφων σε περιόδους ηλιακών ελαχίστων θα αύξανε την ψύξη της επιφάνειας της γης.



Σχήμα 10: Κοσμική ακτινοβολία και ηλιακός κύκλος Πήγη(www.astronomia.gr)

Αυτοί οι παράγοντες ενισχύουν τη θέρμανση της γης κατά τις ενεργές ηλιακές περιόδους και την ελαττώνουν κατά τη διάρκεια των ήρεμων περιόδων. Από μελέτες έχει διαπιστωθεί ότι η συνολική ηλιακή δραστηριότητα θα μπορούσε να είναι υπεύθυνη για πάνω από το 50% των αλλαγών από το 1900.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΙΓΙΔΕΣ

5.1 Γεωμαγνητικές καταιγίδες

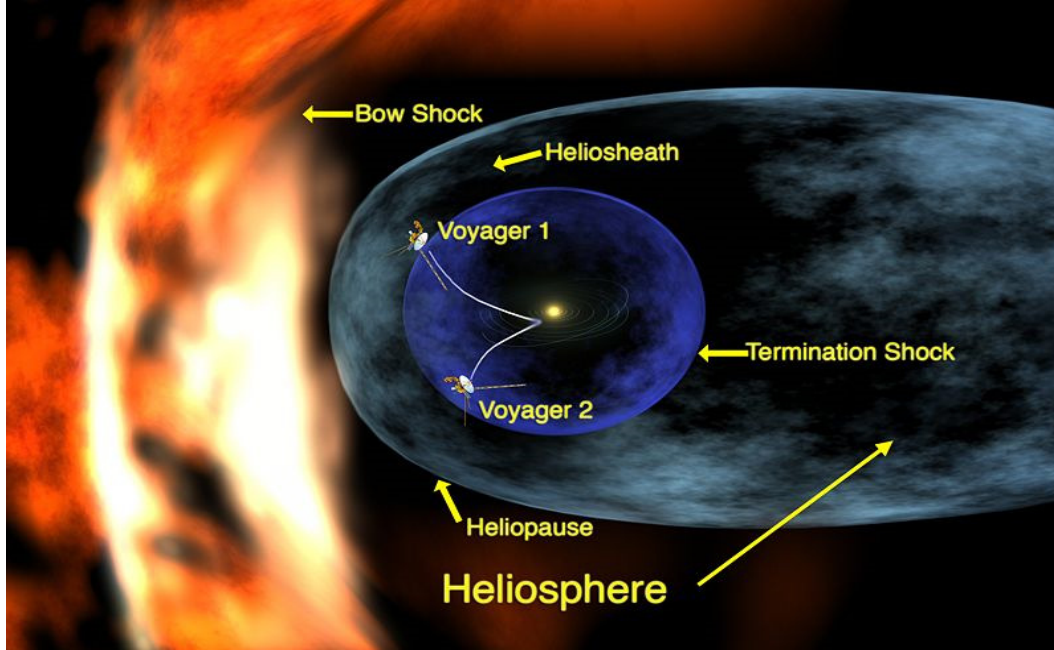
Είναι γνωστό ότι η γη έχει την δική της προστατευτική ασπίδα που ονομάζεται **μαγνητόσφαιρα**.

Μαγνητόσφαιρα είναι η περιοχή γύρω από ένα αστρονομικό αντικείμενο η οποία εξουσιάζεται η οργανώνεται από το μαγνητικό του πεδίο. Η γη είναι περικυκλωμένη από την μαγνητόσφαιρα όπως και άλλοι μαγνητισμένοι πλανήτες όπως, ο Ερμής, ο Κρόνος, ο Δίας, ο Ουρανός, ο Ποσειδώνας, ενώ ο Άρης έχει ετερόκλητο (ανομοιόμορφο) μαγνητισμό.

Η μαγνητόσφαιρα της γης ανακαλύφθηκε το 1958 από τον Explorer 1 κατά την διάρκεια της έρευνας που έγινε για το Διεθνές Γεωφυσικό Έτος. Πριν από αυτό οι επιστήμονες γνώριζαν την ύπαρξη ηλεκτρικών ρευμάτων στο διάστημα από ηλιακές εκρήξεις και ότι κάποια από αυτά δημιουργούσαν μαγνητικές «ανωμαλίες». Κανείς όμως δεν γνώριζε την θέση τους και το γιατί, όπως επίσης δεν γνώριζαν την ύπαρξη του **ηλιακού ανέμου** (solar wind). Τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο του 1958 έγινε ένα ερευνητικό έργο με την επωνυμία «Άργος» για να επαληθευθεί η θεωρία του σχηματισμού ζωνών ακτινοβολίας για πιθανή τακτική χρήση τους σε πόλεμο. Το 1959 ο Thomas Gold πρότεινε το όνομα μαγνητόσφαιρα γράφοντας τα εξής:

Η περιοχή επάνω από την ιονόσφαιρα στην οποία το μαγνητικό πεδίο της γης έχει τον έλεγχο της κίνησης των αερίων και των γρήγορα φορτισμένων σωματιδίων, είναι γνωστό ότι μπορούν να επεκταθούν μέχρι και 10 φορές την ακτίνα της γης, μπορεί κατάλληλα να ονομασθεί μαγνητόσφαιρα.

Οι μαγνητικές τώρα καταιγίδες προέρχονται από στεφανιαίες μαζικές εκτινάξεις (εκρήξεις) πλάσματος που αποτελούνται από ηλεκτρόνια και πρωτόνια δημιουργώντας τον ηλιακό άνεμο (solar wind) που μεταφέρει αυτά τα σωματίδια.



Εικόνα 14 :Το πλάσμα στον ηλιακό άνεμο, συναντάει την ηλιοπαυση
Πηγή(armyaviation.wordpress.com)

Ηλιακός άνεμος είναι ένα ωστικό κύμα που κτυπά το μαγνητικό πεδίο της γης 24-36 ώρες από την στιγμή που θα δημιουργηθεί. Αυτό συμβαίνει μόνον όταν το κύμα έχει κατεύθυνση προς την γη. Η πίεση του ηλιακού ανέμου αυξάνει ή μειώνεται ανάλογα με την δραστηριότητα του ήλιου. Αυτός ο άνεμος αλλάζει, τροποποιεί, τα ηλεκτρικά ρεύματα στην ιονόσφαιρα. Συνήθως οι μαγνητικές καταιγίδες διαρκούν 24-48 ώρες, αλλά σε μερικές περιπτώσεις η διάρκεια τους μπορεί να είναι ακόμη και ήμερες.

Οι μαγνητικές καταιγίδες επηρεάζουν άμεσα ραδιοφωνικές εκπομπές ιδιαίτερα σταθμούς με παγκόσμια εμβέλεια όπως « η φωνή της Αμερικής» ,το «ελεύθερο ραδιόφωνο» και επίσης προκαλούν διακοπές ρεύματος (black outs), βλάβες στους δορυφόρους και στις ηλεκτρικές γραμμές μεταφοράς ρεύματος.

Όταν αυτά τα ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια φτάσουν στην γη προκαλούν ανωμαλίες στην μαγνητόσφαιρα πιέζοντας την από την πλευρά που βλέπει προς τον ήλιο και εκτείνεται μέχρι την σκοτεινή πλευρά της. Όταν η μαγνητόσφαιρα «επανασυνδέεται» στην σκοτεινή πλευρά, δημιουργεί τρισεκατομμύρια watts ηλεκτρικής ισχύος που επιστρέφουν στην ανώτερη ατμόσφαιρα της γης. Αυτή η διαδικασία προκαλεί τα «βόρεια φώτα» το γνωστό σε εμάς Βόρειο Σέλας ή aurora όπως το λένε Αγγλικά.

Ο ηλιακός άνεμος ωστόσο μεταφέρει και το μαγνητικό πεδίο του ήλιου. Το πεδίο αυτό έχει βόρειο η νότιο προσανατολισμό. Όταν ο ηλιακός άνεμος έχει ενεργητικές εκρήξεις, διαστέλλει και συστέλλει την μαγνητόσφαιρα. Αν τώρα ο

άνεμος αυτός πάρει την πολικότητα του νότου τότε πρέπει να περιμένουμε γεωμαγνητικές καταιγίδες.

Κατά την διάρκεια της καταιγίδας το στρώμα F2 της ιονόσφαιρας θα γίνει ασταθές, θα τεμαχιστεί και μπορεί ακόμη να εξαφανιστεί. Στο βόρειο και νότιο πόλο aurora θα είναι ορατά στο ουρανό. Όταν δημιουργούνται στον Βορρά λέγονται aurora borealis ενώ όταν δημιουργούνται στον Νότο λέγονται aurora australis.

5.2 Επιδράσεις των μαγνητικών καταιγίδων

5.2.1 Κίνδυνος ακτινοβολίας στον άνθρωπο

Έντονες ηλιακές «φωτοβολίδες» απελευθερώνουν σωματίδια πάρα πολύ μεγάλης ενέργειας και μπορούν να τραυματίσουν έναν άνθρωπο, τόσο, όσο μια χαμηλής ενέργειας ατομική έκρηξη. Η ατμόσφαιρα και η μαγνητόσφαιρα της γης μας προσφέρουν αρκετή προστασία στο έδαφος αλλά οι αστροναύτες στο διάστημα μπορεί να λάβουν θανατηφόρες δόσεις τέτοιας ακτινοβολίας. Η διεισδυτικότητα τέτοιων σωματιδίων υψηλής ενέργειας σε ζωντανά κύτταρα μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο χρωμόσωμα, καρκίνο και να δημιουργήσει άλλα προβλήματα υγείας.

Μεγάλες δόσεις μπορεί να είναι ακαριαία θανατηφόρες. Τα ηλιακά πρωτόνια μπορεί να επηρεάσουν ακόμη και επιβαίνοντες σε αεροπλάνα που πετούν σε μεγάλα ύψη, αν και αυτό είναι σπάνιο να συμβεί. Παρ' όλα αυτά λαμβάνεται υπόψη μια τέτοια εκδοχή. Από τους δορυφόρους που παρακολουθούν τέτοια φαινόμενα λαμβάνονται πληροφορίες περί ηλιακών πρωτονίων και αν χρειαστεί αλλάζουν οι αεροδιάδρομοι και τα ύψη για την ασφάλεια των επιβαινόντων.

5.2.2 Το κλίμα

Ο ήλιος είναι η «μηχανή» της θερμότητας. Οδηγεί την κυκλοφορία της ατμόσφαιρας καθώς επίσης είναι και μια σταθερή πηγή ενέργειας. Πρόσφατες έρευνες όμως έδειξαν ότι αυτή η ενέργεια του ήλιου κυμαίνεται μέχρι 2/10 μιας (1) ποσοστιαίας μονάδας στα 11 χρόνια του ηλιακού κύκλου. Προσωρινές μειώσεις μέχρι μισής ποσοστιαίας μονάδας (0.05%) έχουν παρατηρηθεί. Οι επιστήμονες που ασχολούνται με την ατμόσφαιρα λένε ότι τέτοιες αλλαγές είναι σημαντικές και θα διαφοροποιήσουν το κλίμα με τα χρόνια. Η ανάπτυξη των φυτών έδειξε ότι μεταβάλλεται μεταξύ των 11 και 22 χρόνων των ηλιακών κύκλων.

Ενώ πριν 300 χρόνια οι κύκλοι του ήλιου ήταν φυσιολογικοί, υπήρξε μια περίοδος 70 ετών μεταξύ 17^{ου} και 18^{ου} αιώνα που παρατηρήθηκαν κάποιες διακυμάνσεις.

Κατά την διάρκεια της «επίθεσης» των πρωτονίων όλο και περισσότερα ενεργητικά σωματίδια φτάνουν στο μέσον της γήινης ατμόσφαιρας δημιουργώντας μοριακό ιονισμό που καταστρέφει το στρώμα του όζοντος, επιτρέποντας αυξημένες

ποσότητες επικίνδυνης υπερϊόδους ακτινοβολίας να φτάσουν στην επιφάνεια της γης. Αξιίζει να σημειωθεί ένα περιστατικό ηλιακών πρωτονίων το 1982 που είχε σαν αποτέλεσμα την μείωση της πυκνότητας του όζοντος κατά 70%

5.2.3 Βιολογία

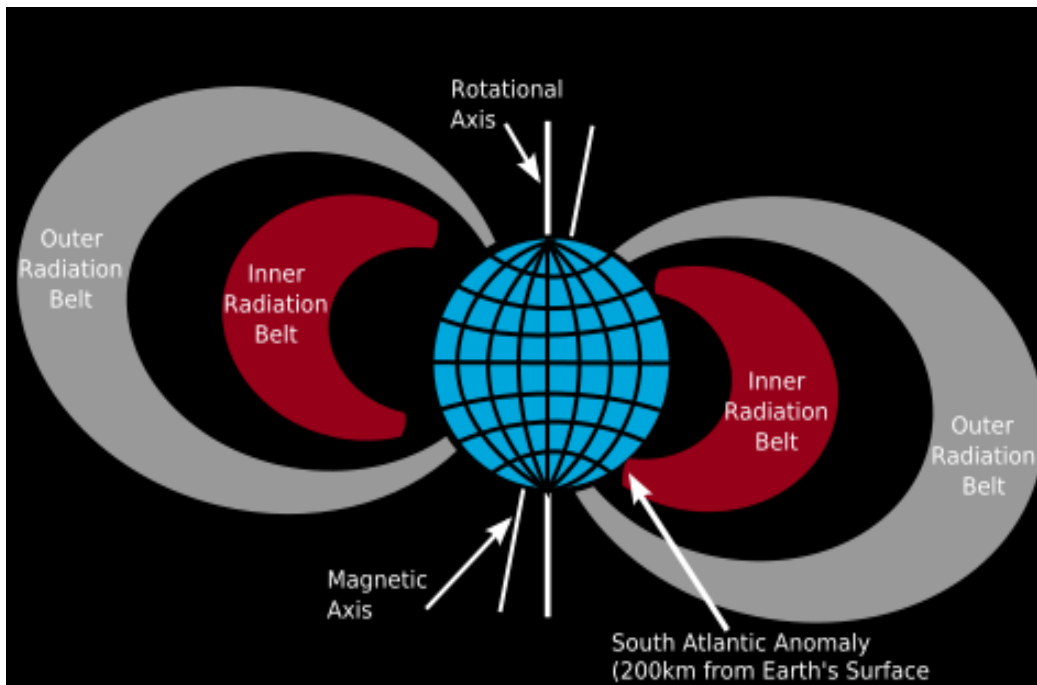
Υπάρχουν σήμερα αρκετές αποδείξεις ότι οι αλλαγές στο μαγνητικό πεδίο επηρεάζουν τα βιολογικά συστήματα. Μελέτες απέδειξαν ότι καταπιεσμένα βιολογικά συστήματα οδηγούν τον άνθρωπο σε διακυμάνσεις συμπεριφοράς.

Η μείωση της ικανότητας ναυτιλίας των ταχυδρομικών περιστεριών κατά την διάρκεια των μαγνητικών καταιγίδων, ήταν κάτι που παρατηρήθηκε σε πολλές μελέτες. Τα περιστέρια και άλλα αποδημητικά ζώα όπως, δελφίνια και φάλαινες, έχουν βιολογικές πυξίδες που αποτελούνται από το ορυκτό **μαγνητίτη** ο οποίος είναι τυλιγμένος σε δέσμες στα κύτταρα των νεύρων. Ενώ αυτό μπορεί να μην είναι το πρωτεύων σύστημα ναυτιλίας, έχει όμως παρατηρηθεί ότι τα ταχυδρομικά περιστέρια δεν γύρισαν στο «σπίτι» τους κατά την διάρκεια μαγνητικών καταιγίδων και οι ιδιοκτήτες τους ζητούν να μάθουν πότε υπάρχουν γεωμαγνητικές προειδοποιήσεις (alerts) για να επιτρέψουν τα περιστέρια να πετάξουν.

5.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΝΤΑΙ

5.3.1 Επικοινωνίες

Πολλά συστήματα επικοινωνιών χρησιμοποιούν την ιονόσφαιρα για την ανάκλαση των ραδιοκυμάτων σε μεγάλες αποστάσεις. Οι ιονοσφαιρικές θύελλες μπορούν να έχουν επιπτώσεις σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη. Μερικές συχνότητες απορροφώνται και άλλες αντανakλώνται οδηγώντας τα σε γρήγορες διακυμάνσεις και απροσδόκητες πορείες. Η τηλεόραση και οι εμπορικοί σταθμοί επηρεάζονται ελάχιστα από την ηλιακή δραστηριότητα, ενώ επικοινωνίες εδάφους-αέρος, πλοίου-στεριάς, και ραδιοφωνικοί σταθμοί όπως η «φωνή της Αμερικής», το «ελεύθερο ευρωπαϊκό ραδιόφωνο» και οι ερασιτεχνικοί ραδιοσταθμοί συχνά διακόπτονται. Οι χειριστές των υψηλών αυτών συχνοτήτων των σταθμών, βασίζονται στις προειδοποιήσεις των μαγνητικών καταιγίδων για να κρατήσουν τα συστήματα σε λειτουργία.



Εικόνα 17 : Ζώνες Van Allen και το σημείο «ανωμαλίας» του Νότιου Ατλαντικού

Δεδομένου ότι η τεχνολογία έχει επιτρέψει στα τμήματα διαστημικών σκαφών να γίνονται όλο και μικρότερα, αυτά τα συστήματα μινιατούρες είναι περισσότερο ευάλωτα από ενεργητικά ηλιακά σωματίδια. Αυτά τα μόρια μπορούν να προκαλέσουν φυσική ζημιά στα microchips και να αλλάξουν οι εντολές του λογισμικού στα computers του δορυφόρου.

5.3.2 Διαφορική φόρτιση

Ένα άλλο πρόβλημα για τους χειριστές των δορυφόρων είναι η διαφορική φόρτιση. Κατά την διάρκεια των μαγνητικών καταιγίδων ο αριθμός και η ενέργεια των ηλεκτρονίων και των ιόντων αυξάνονται. Όταν ένας δορυφόρος ταξιδεύει μέσω αυτού του ενεργοποιημένου περιβάλλοντος τα φορτισμένα σωματίδια «κτυπούν» το δορυφόρο προκαλώντας ορισμένα μέρη του να φορτιστούν διαφορετικά και να προκληθεί ηλεκτρικό τόξο (arc) με αποτέλεσμα να υπάρχουν βλάβες στα συστήματα και σε πολλές περιπτώσεις να τα θέτουν εκτός λειτουργίας. Το ηλεκτρόνιο είναι ένα ελαφρύ θεμελιώδες υποατομικό (subatomic) μόριο αρνητικά φορτισμένο. Από την

φυσική γνωρίζουμε ότι ένα φορτισμένο σωματίδιο είναι ηλεκτρικά φορτισμένο. Ηλεκτρική φόρτιση είναι θεμελιώδης ιδιότητα μερικών υποατομικών μορίων η οποία καθορίζει τις ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις τους. Ένα ηλεκτρικό (βολταϊκό) τόξο μπορεί να λιώσει το οξείδιο του ασβεστίου.

Μερικά στρατιωτικά συστήματα ανίχνευσης και έγκαιρης προειδοποίησης, επηρεάζονται και αυτά από τις μαγνητικές καταιγίδες. Τα Radar που εστιάζονται σε έρευνα για στόχους πάνω από τον ορίζοντα (over the horizon radar), τα οποία παρακολουθούν τις απογειώσεις αεροπλάνων, ή εκτόξευση πυραύλων από μεγάλες αποστάσεις, κατά την διάρκεια μαγνητικής καταιγίδας τα σήματα του εκτρέπονται, καθιστώντας το σύστημα αναξιόπιστο.

Μερικά συστήματα που χρησιμοποιούν τα υποβρύχια για τον εντοπισμό άλλων υποβρυχίων βασίζεται στην «μαγνητική υπογραφή». Κατά την διάρκεια μια τέτοιας καταιγίδας η εντόπιση ενός υποβρυχίου από κάποιο άλλο είναι αδύνατη.

5.3.3 Η F.A.A.

Η Υπηρεσία Πολίτικης Αεροπορίας της Αμερικής με συχνότητα ρουτίνας λαμβάνει προειδοποιήσεις (alerts) ώστε να είναι σε θέση να αναγνωρίσει τα προβλήματα επικοινωνιών και να αποφύγει περιττές συντηρήσεις των συστημάτων. Όταν ένα αεροσκάφος και ένας επίγειος σταθμός ευθυγραμμισθούν με τον ήλιο, μπορεί να συμβεί μπλοκάρισμα των επικοινωνιών . Αυτό επίσης μπορεί να συμβεί όταν ένας επίγειος σταθμός και ένας δορυφόρος ευθυγραμμισθούν με τον ήλιο.

5.3.4 Ο τηλεγράφος

Οι τηλεγραφικές γραμμές στο παρελθόν επηρεάζονταν από τις μαγνητικές καταιγίδες. Όπως είναι γνωστό οι τηλεγραφικές γραμμές ήταν «απλωμένες» σε μεγάλες αποστάσεις χρησιμοποιώντας το έδαφος σαν καλώδιο επιστροφής που τροφοδοτείται από συνεχές ρεύμα (μπαταρία) καθιστώντας το ευάλωτο στις μαγνητικές καταιγίδες. Οι χειριστές αυτών των συσκευών προκειμένου να αποφύγουν βλάβες στο σύστημα αποσύνδεαν την μπαταρία και χρησιμοποιούσαν το ρεύμα της καταιγίδας για την μετάδοση των μηνυμάτων. Σε πολλές όμως περιπτώσεις το ρεύμα ήταν τόσο ισχυρό που προκαλούσε εκρήξεις ακόμη και ηλεκτροπληξία των χειριστών. Οι μαγνητικές καταιγίδες έχουν επιπτώσεις ακόμη και στις τηλεφωνικές

γραμμές μεγάλων αποστάσεων συμπεριλαμβανομένων και των υποθαλάσσιων καλωδίων.

5.3.5 Συστήματα ναυτιλίας

Συστήματα ναυτιλίας όπως το GPS, το LORAN και το OMEGA επηρεάζονται αρνητικά από τις μαγνητικές καταιγίδες. Το σύστημα OMEGA, αποτελείται από 8 επίγειους σταθμούς που εκπέμπουν σε χαμηλή συχνότητα για την ακριβή θέση του αεροσκάφους. Σε περίπτωση μαγνητικής καταιγίδας το σύστημα μπορεί να δώσει λάθος πληροφορία που να οδηγήσει ένα αεροσκάφος σε λάθος αρκετών μιλίων. Όταν ένας ναυτίλος έχει προειδοποιηθεί για μαγνητική καταιγίδα πρέπει να ενεργοποιήσει κάποιο άλλο εφεδρικό σύστημα.

Και τα σήματα του GPS επηρεάζονται από μαγνητικές καταιγίδες διότι προκαλούν απότομες διακυμάνσεις στην πυκνότητα της ιονόσφαιρας με αποτέλεσμα το σήμα του GPS να σπινθηροβολεί. Το σπινθηροβόλημα των σημάτων του GPS είναι κάτι που παρακολουθείται από το σύστημα HAARP κατά την διάρκεια πειραμάτων ιονοσφαιρικών μετατροπών.

5.3.6 Δορυφόροι

Γεωμαγνητικές καταιγίδες και οι εκπομπές υψηλών ποσών υπεριώδους ακτινοβολίας θερμαίνουν την ανώτερη ατμόσφαιρα της γης με αποτέλεσμα να διαστέλλεται. Ο ζεστός αέρας εφόσον θερμαίνεται ανέρχεται και η πυκνότητα της τροχιάς του δορυφόρου που βρίσκεται περίπου στα 1000 χιλιόμετρα αυξάνει σημαντικά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξηθεί η οπισθέλκουσα του δορυφόρου, αργοπορία και αλλαγή της τροχιάς σε μικρό βαθμό. Για τον λόγο αυτό συχνά διορθώνουν το ύψος του δορυφόρου σε μεγαλύτερο ύψος, διαφορετικά θα επανέλθουν αργά στην γήινη ατμόσφαιρα και θα καταστραφούν.

Το Skylab είναι ένα παράδειγμα πρόωρης «επιστροφής» στην γη διότι δεν λήφθηκαν υπ όψιν οι ηλιακές δραστηριότητες.

Κατά την διάρκεια μιας μεγάλης γεωμαγνητικής καταιγίδας τον Μάρτιο του 1989 , 4 δορυφόροι ναυτιλίας του Πολεμικού Ναυτικού των Η.Π.Α τέθηκαν εκτός λειτουργίας για μια εβδομάδα.

Από την τοποθεσία των δορυφόρων επίσης εξαρτάται για το πόσο τρωτός είναι. Η «ανωμαλία του νότιου Ατλαντικού» είναι ένα επικίνδυνο σημείο για το πέρασμα των δορυφόρων.

5.3.7 Γεωλογικές εξερευνήσεις

Το γήινο μαγνητικό πεδίο χρησιμοποιείται από τους γεωλόγους για να καθορίσουν τις υπόγειες δομές των πετρωμάτων. Ως επί το πλείστον αυτοί οι γεωδαιτικοί επιθεωρητές, ψάχνουν για πετρέλαιο, αέρια ή άλλα ορυκτά αποθέματα. Αυτό μπορεί να γίνει τότε μόνον όταν το γήινο πεδίο είναι ήρεμο, ούτως ώστε όλες οι μαγνητικές υπογραφές να μπορούν να ανιχνευθούν. Άλλοι ερευνητές, όμως, προτιμούν να εργαστούν κατά την διάρκεια των μαγνητικών καταιγίδων διότι οι αλλαγές στα ηλεκτρικά ρεύματα τους βοηθούν στην έρευνα για πετρέλαιο ή ορυκτά. Για τον λόγο αυτό βασίζονται στις προειδοποιήσεις (alerts) για να σχεδιάσουν τις χαρτογραφήσεις τους.

5.3.8 Ηλεκτρική ενέργεια

Όταν ένα μαγνητικό πεδίο κινείται κοντά σε ένα αγωγό, όπως είναι ένα καλώδιο, προκαλείται ηλεκτρικό ρεύμα σε αυτόν από ηλεκτρομαγνητική επαγωγή. Αυτό συμβαίνει σε μεγάλη κλίμακα κατά την διάρκεια μαγνητικών καταιγίδων. Οι εταιρείες που παράγουν ρεύμα διαβιβάζουν αυτό το εναλλασσόμενο ρεύμα στους πελάτες τους μέσω των γραμμών (καλωδίων). Τα άμεσα ρεύματα που προκαλούνται σε αυτές τις γραμμές από τις μαγνητικές καταιγίδες είναι επιβλαβή στον ηλεκτρικό εξοπλισμό μετάδοσης ειδικότερα στους μετασχηματιστές, υπερθερμαίνοντας τις σπείρες τους. Αυτή η υπερθέρμανση προκαλεί έναν «εξοντωτικό βομβαρδισμό» στους πυρήνες των συσκευών, περιορίζοντας την απόδοσή τους.

Στις 13 Μαρτίου 1989 στο Κεμπέκ του Καναδά 6 εκατομμύρια άνθρωποι έμειναν χωρίς ρεύμα για 9 ώρες από μια τεράστια μαγνητική καταιγίδα καθώς επίσης και κάποιες περιοχές της βορειοανατολικής Η.Π.Α και Σουηδίας.

5.3.9 Αγωγοί πετρελαίου

Τα γρήγορα κυμαινόμενα μαγνητικά πεδία μπορούν να προκαλέσουν ρεύματα από ηλεκτρομαγνητική επαγωγή και στους αγωγούς πετρελαίου. Κατά την διάρκεια τέτοιων φαινομένων οι μετρητές ροής και διάβρωσης μπορεί να δίνουν λάθος ενδείξεις. Εάν οι μηχανικοί προσπαθήσουν να ισορροπήσουν το ρεύμα ασυναίσθητα, κατά την διάρκεια μαγνητικής καταιγίδας, τα ποσοστά διάβρωσης μπορεί να αυξηθούν ακόμη περισσότερο.

Η διαβρωτική προστασία των αγωγών γίνεται με καθοδική προστασία (cathodic protection) που έχει άμεση σχέση με τον ηλεκτρισμό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

6.1 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Στο κεφάλαιο αυτό μελετήσαμε τις φάσεις του ηλιακού κύκλου στο πέρασμα των χρόνων. Η μελέτη αυτή ξεκινά από το 1705μ.χ και φτάνει μέχρι το 2012μ.χ δηλαδή από τότε που ξεκίνησαν οι επιστήμονες να μελετούν τις φάσεις του ηλιακού κύκλου. Παρακάτω παρατίθεται πίνακας με τον αριθμό των ηλιακών κηλίδων σε κάθε ηλιακό κύκλο ανά 11 χρόνια

Πίνακας 1 : Αριθμός ηλιακών κηλίδων σε κάθε ηλιακό κύκλο ανά 11 έτη
 Πηγή (National geophysical data center)

Solar Cycles	Years	Sunspot number
1	1705	60
2	1716	65
3	1727	120
4	1738	100
5	1749	80
6	1760	85
7	1771	100
8	1782	155
9	1793	130
10	1804	45
11	1815	45
12	1826	70
13	1837	140
14	1848	125
15	1859	95
16	1870	140
17	1881	60
18	1892	85
19	1903	50
20	1914	110
21	1925	80
22	1936	110
23	1947	155
24	1958	190
25	1969	100
26	1980	155
27	1991	160
28	2002	120

Από τα παραπάνω δεδομένα κατασκευάσαμε ένα διάγραμμα που απεικονίζει τα μέγιστα και τα ελάχιστα σε κάθε 11ετή κύκλο.



Διάγραμμα 1 : Αριθμός ηλιακών κηλίδων συναρτήση του χρόνου

Το διάγραμμα αυτό δημιουργήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την διακύμανση του αριθμού των ηλιακών κηλίδων από το 1700 έως σήμερα.

Παρατηρώντας το διάγραμμα βλέπουμε ότι κάθε εκατό χρόνια υπάρχει ένα ελάχιστο των ελαχίστων, εκτός από το 2000. Την χρονιά αυτή συνέβη πιθανόν κάτι το οποίο θα πρέπει να διερευνηθεί σε κάποια άλλη διατριβή και σύμφωνα με το οποίο δεν υπάρχει ελάχιστο.

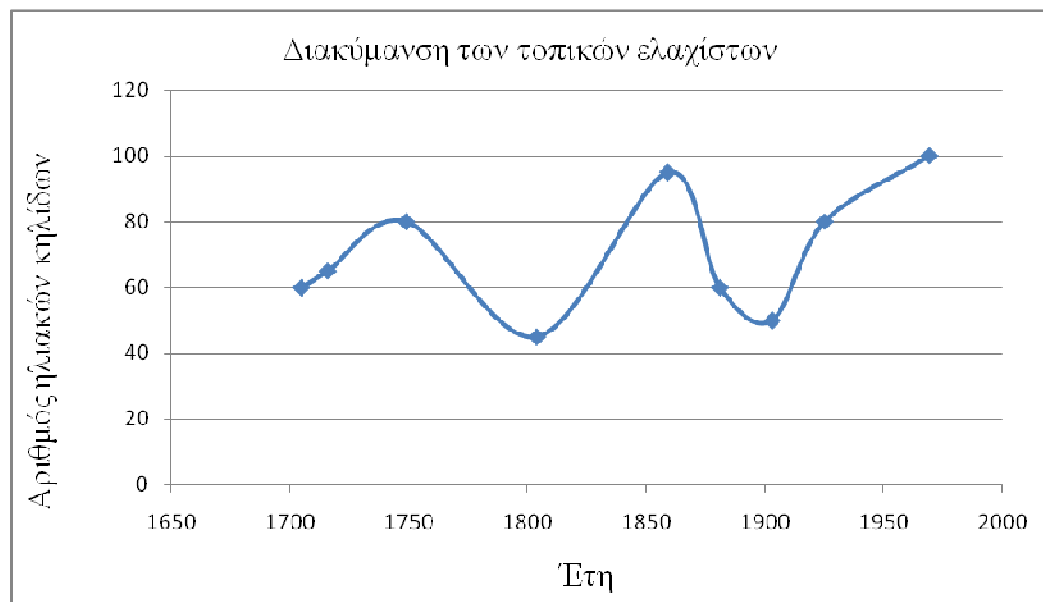
Παρά τα στοιχεία που έχουμε για τις φάσεις του ηλιακού κύκλου από το 1705 και μετά θα ήταν πολύ ενδιαφέρον να είχαμε στοιχεία για μεγάλα χρονικά διαστήματα πριν το 1700 . Αν διαθέταμε στοιχεία για π.χ 1000 χρόνια θα μπορούσαμε να απεικονίσουμε διακυμάνσεις μέσα στις ήδη υπάρχουσες και να είχαμε καλύτερα αποτελέσματα.



Διάγραμμα 2 : Διακύμανση των τοπικών μεγίστων

Το διάγραμμα αυτό δημιουργήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας για την απεικόνιση των τοπικών μεγίστων που παρουσιάζει ο αριθμός των ηλιακών κηλίδων από το 1700 έως σήμερα.

Στο διάγραμμα 2 απεικονίζεται η καμπύλη που σχηματίζουν όλα τα τοπικά μέγιστα του διαγράμματος 1 δηλαδή είναι η ένωση όλων των σημείων που παρατηρείτε έντονη ηλιακή δραστηριότητα.



Διάγραμμα 3 : Διακύμανση των τοπικών ελαχίστων

Το διάγραμμα αυτό δημιουργήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας για την απεικόνιση των τοπικών ελαχίστων που παρουσιάζει ο αριθμός των ηλιακών κηλίδων από το 1700 έως σήμερα.

Στο διάγραμμα 3 απεικονίζεται η καμπύλη που ενώνει όλα τα τοπικά ελάχιστα του διαγράμματος 1 δηλαδή όλα τα σημεία με την λιγότερη ηλιακή δραστηριότητα.

6.2 Συμπεράσματα

Για πρώτη φορά στην εργασία αυτή μελετήθηκε η ύπαρξη περιοδικότητας των τοπικών μεγίστων και τοπικών ελαχίστων του αριθμού των ηλιακών κηλίδων από το 1705 έως σήμερα.

Από τη μελέτη της ηλιακής δραστηριότητας και των δεδομένων που έχουμε μέχρι σήμερα παρατηρούμε ότι ανά διαστήματα παρατηρούνται τοπικά μέγιστα και ελάχιστα στις φάσεις του ηλιακού κύκλου εκτός από τον 11 ετή κύκλο του. Όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε παρατηρώντας τα διαγράμματα 2 και 3 υπάρχει μια περιοδικότητα στα τοπικά μέγιστα και τα τοπικά ελάχιστα.

Στο διάγραμμα 3 όπου απεικονίζονται τα τοπικά ελάχιστα βλέπουμε ότι τα μέγιστα τους ακολουθούν μια περιοδικότητα της τάξης των 100 ετών. Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και με τα ελάχιστα των ελαχίστων που και αυτά ακολουθούν μια περιοδικότητα 100 χρόνων.

Από την άλλη μεριά στο διάγραμμα 2 παρατηρούμε ότι τα μέγιστα των μεγίστων έχουν μια περιοδικότητα της τάξης των 200 ετών περίπου. Αυτή η περιοδικότητα στα μέγιστα και τα ελάχιστα πιθανός να οφείλεται στην ευθυγράμμιση των πλανητών.

Ανακεφαλαιώνοντας μπορούμε να πούμε ότι χρίζουν ιδιαίτερης διερεύνησης οι περιοδικότητες αυτές των 100 ετών για τα ελάχιστα και των 200 ετών για τα μέγιστα, παρολαυτά οφείλουμε να ήμαστε επιφυλακτικοί για το λόγο ότι τα στοιχεία πριν το 1700 μ.χ για τα οποία δεν έχουμε σαφή δεδομένα θα μπορούσαν να αλλάξουν τα συμπεράσματα μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία

1. Το αθέατο σύμπαν εκδόσεις FIELD G.B., CHAISSON E.J.

Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

1. http://www.ododeiktes.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=257:epistimes2&catid=31:epistimonikaarthra&Itemid=59
2. <http://www.physics4u.gr/>
3. <http://www.physics4u.gr/news/2003/scnews898.html>
4. http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cycle
5. http://www7.nationalacademies.org/ssb/SSB_Space_weather97.pdf
6. <http://www.solarserver.de/lexikon/solarkonstante-e.html>
7. <http://www.spacedaily.com/news/solarstorm-00i.html>
8. http://www.telescopeshop.gr/news_show.asp?articleId=117
9. <http://ph334.edu.physics.uoc.gr/pdf-files/chapter-7.pdf>
10. http://en.wikipedia.org/wiki/The_sun
11. http://www.eoearth.org/article/Solar_radiation
12. <http://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/320976>

Ηλεκτρονικά βιβλία

1. <http://books.google.com/books?hl=el&lr=&id=EBTZ4LdSfhwC&oi=fnd&pg=PA3&dq=books+about+the+sun+activity&ots=g2qTv33EkB&sig=e0XZJDZbXJgjtixyYuOm6d0qKg#PPP1,M1>
2. <http://books.google.com/books?hl=el&lr=&id=wxHN9jP-mNMC&oi=fnd&pg=PA1&dq=books+about+the+sun+activity&ots=Ix7OiLq q2o&sig=wA730sIfRgFhDsr5ajm4z71kxMM#PPA8,M1>