

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 Ηλιου. 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.

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.

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 Ηλίου. 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 διακαίολογεί 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 Ηλίου υπάρχει έντονο μαγνητικό πεδίο. Οι διαταραχές του πεδίου μεταδίδονται προς τα έξω με την μορφή «μαγνητοϋδροδυναμικού 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 βαθειά 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 - διαφορεική 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.

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 επιμήκων 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.

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 Χ 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.

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 πυξιδών 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 Γής, 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.

Μήπως, λοιπόν, χρειάζεται να αναθεωρήσουμε την νοοτροπική τάση εύρεσης σταθερών στην λειτουργία και στην επίδραση των φυσικών νόμων, μια τάση που προέρχεται μάλλον από την επιθυμία των ανθρώπων να ζούν σε μια φαινομενική σταθερότητα μέσα στο Σύμπαν, για να αισθάνονται πιο ασφαλείς; Ενώ το Σύμπαν αποδεικνύεται πλέον ότι συνεχώς αλλάζει.

Η περιοδικότητα των ηλιακών ν 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 μέγιστου 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.

Σταμάτης Τσαχάλης