

Η Εξερεύνηση του Ήλιου

Δρ. Γεωργία Τσιροπούλα, Ιούνιος 2003

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ, ΕΑΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Ο ΗΛΙΟΣ
2. Η ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ
3. ΕΞΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ



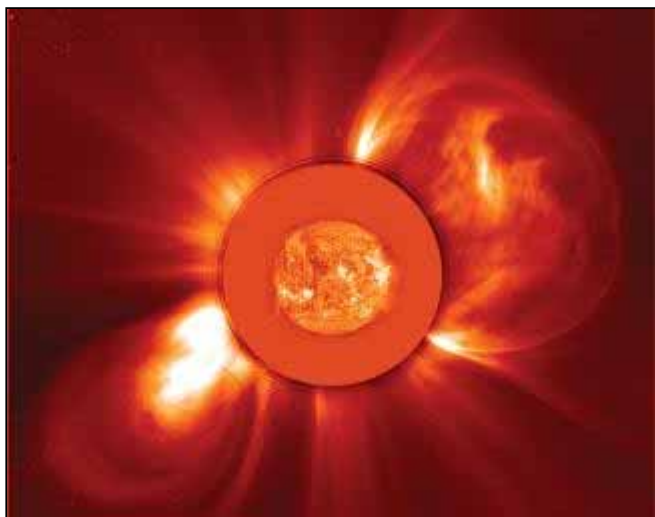
1. Ο ΗΛΙΟΣ

Δεν θα πρέπει να ήταν δύσκολο για τον προϊστορικό άνθρωπο να συνδέσει τον Ήλιο με το φως της μέρας. Όμως το πότε ακριβώς ανακάλυψε ο άνθρωπος ότι ο Ήλιος είναι η μοναδική αιτία της μέρας δεν είναι γνωστό, καθώς η μέρα αρχίζει πριν φανεί ο Ήλιος και παραμένει και μετά τη δύση του. Η σπουδαιότητα της ανακάλυψης αυτής, ότι δηλαδή μόνο το φως έχει μια φυσική υπόσταση, ότι η νύχτα δεν σηματοδοτεί παρά την απουσία του φωτός και ότι επιπλέον αυτό το φως οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στον Ήλιο και η πρόοδος που έφερε στο ανθρώπινο πνεύμα μάλλον δεν έχει αναγνωριστεί μέχρι σήμερα.

Το φως που μας "δανείζει" ο Ήλιος και που φωτίζει και θερμαίνει τις μέρες μας, είναι αυτό που ρυθμίζει και συντηρεί τη ζωή στον πλανήτη μας. Και είναι αυτή η αξιοσημείωτη προσφορά του σε μας, που κάνει τον Ήλιο ένα αστέρι μοναδικό στο Σύμπαν. Γιατί κατά τα άλλα, αν σκεφτούμε ότι ο Ήλιος δεν είναι παρά ένα από τα 100 δισεκατομμύρια αστέρια του Γαλαξία μας και ότι το Σύμπαν έχει περί τους 100 δισεκατομμύρια γαλαξίες με κανένα τρόπο δεν θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι ο Ήλιος είναι κάτι το ιδιαίτερο.

Σχήμα 1. Εκτινάξεις μάζας από το στέμμα του Ήλιου, όπως τις είδε το διαστημόπλοιο SOHO.

Ο Ήλιος είναι ένας ισχυρός αντιδραστήρας, που ακτινοβολεί ή στέλνει ασύλληπτες ποσότητες φωτονίων, σωματιδίων και κυμάτων με τεράστιες ταχύτητες προς όλες τις κατευθύνσεις. Αυτός ο μεγάλος αντιδραστήρας βρίσκεται σε συνεχή λειτουργία μετατρέποντας υδρογόνο σε ήλιο. Οι θερμοκρασίες και οι πυκνότητες στο κέντρο του είναι τέτοιου μεγέθους που οι πυρήνες του υδρογόνου μετατρέπονται σε πυρήνες ηλίου. Ο Ήλιος μετατρέπει μέσα σε ένα δευτερόλεπτο 600 εκατομμύρια τόνους υδρογόνου σε 596 εκατομμύρια τόνους ηλίου. Τα επί πλέον 4 εκατομμύρια τόνοι υδρογόνου μετατρέπονται σε ενέργεια. Για να αντιληφθούμε πόσο τεράστιο είναι αυτό το ποσό ενέργειας αρκεί να σκεφτούμε ότι η ισχύς που δίνει κάθε τετραγωνικό εκατοστό της επιφάνειάς του είναι ίσο με 6500 βат περίπου. Στη Γη φτάνει μόλις το μισό του δισεκατομμυριοστού αυτής της ενέργειας. Το υπόλοιπο χάνεται στο διάστημα. Όπως γνωρίζουμε ο Ήλιος έδινε αυτή την ενέργεια τα τελευταία 4.5 δισεκατομμύρια χρόνια και ευτυχώς θα συνεχίσει να το κάνει τουλάχιστον για άλλα τόσα χρόνια.



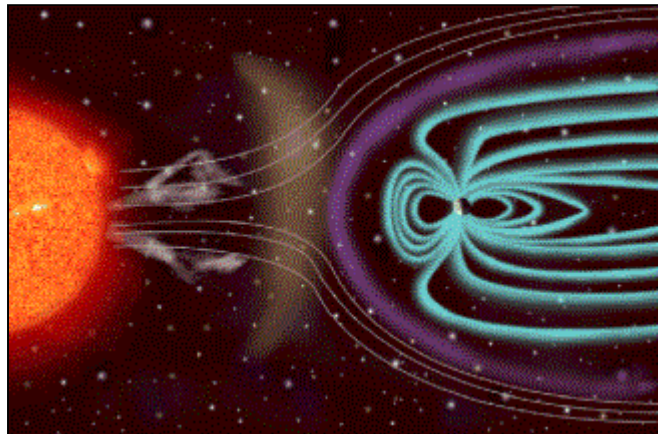
Ο Ήλιος είναι το μεγαλύτερο σώμα, από οποιοδήποτε άλλο σώμα που βλέπουμε στον ουρανό. Παρόλα αυτά δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι βρίσκεται 150 εκατομμύρια χιλιόμετρα μακριά. Για να τον μελετήσουμε σ' αυτήν την απόσταση με λεπτομέρεια πρέπει να κατασκευάσουμε τεράστιους φακούς. Έτσι είτε κατασκευάζουμε μεγάλα τηλεσκόπια πάνω στη Γη ή στέλνουμε δορυφόρους στο διάστημα για να τον παρακολουθήσουμε με όση περισσότερη λεπτομέρεια μπορούμε. Με τα μεγαλύτερα τηλεσκόπιά μας σήμερα μπορούμε να δούμε αντικείμενα στον Ήλιο που είναι μεγαλύτερα των 350 χλμ. Αυτό δεν είναι και ιδιαίτερα εντυπωσιακό αν σκεφτεί κανείς ότι είναι σαν να προσπαθούμε να δούμε την αξία ενός ευρώ από 9 χλμ μακριά.



2. Η ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ

Όλη την πληροφορία που έχουμε για τον Ήλιο την αντλούμε από παρατηρήσεις της ακτινοβολίας που εκπέμπει. Αυτές οι παρατηρήσεις μας δίνουν πολλές πληροφορίες για το πόσο θερμή είναι η ατμόσφαιρά του, πόσο πυκνή, πως και πόσο κινείται. Πριν από μισό αιώνα περίπου οι αστρονόμοι μπορούσαν να δουν τον κόσμο μόνο στο ορατό φως. Η μοντέρνα τεχνολογία διεύρυνε την κλίμακα της αντίληψής μας έχοντας συμπεριλάβει παρατηρήσεις στα μη-ορατά βασίλεια των υποατομικών σωματιδίων, των ραδιοκυμάτων, της υπεριώδους ακτινοβολίας και των

ακτίνων Χ. Σύγχρονα μηχανήματα πάνω σε διαστημικά οχήματα μας επιτρέπουν να μάθουμε για το εσωτερικό του Ήλιου παρατηρώντας διαταραχές πάνω στην επιφάνειά του, ακριβώς όπως οι σεισμοί στη Γη μας δίνουν πληροφορίες για το εσωτερικό της. Παρατηρήσεις στις ακτίνες Χ και στα ραδιοκύματα μας αποκάλυψαν ότι το λεπτό ορατό χείλος του Ήλιου δεν είναι παρά μια ψευδαίσθηση. Στην πραγματικότητα ο Ήλιος περιβάλλεται από μια αραιή, θερμή, εκατομμυρίων βαθμών ατμόσφαιρα, που ονομάζεται στέμμα, η οποία βρίσκεται σε συνεχή κίνηση.



Σχήμα 2. Ο ηλιακός άνεμος και το μαγνητικό πεδίο της Γης δημιουργούν μια προστατευτική "κουβέρτα", τη μαγνητόσφαιρα.

Ο Ήλιος δεν είναι ένα σταθερό αστέρι. Η ακτινοβολία που εκπέμπει μεταβάλλεται, ειδικά σε μήκη κύματος που δεν μπορούμε να δούμε, όπως το υπεριώδες. Εκτοξεύει επίσης συνεχώς έναν "άνεμο" σωματιδίων, που είναι γνωστός σαν ηλιακός άνεμος. Έτσι το διάστημα γύρω από την ατμόσφαιρα της Γης και γύρω από τους άλλους πλανήτες δεν είναι κενό. Είναι μια φουρτουνιασμένη περιοχή που κυριαρχείται από τον ηλιακό άνεμο. Ο ηλιακός άνεμος είναι ένα θερμό αέριο που παράγεται απ' τον Ήλιο και, ταξιδεύοντας μέσα στο διαπλανητικό χώρο με τεράστιες ταχύτητες, φτάνει ως τα όρια του ηλιακού συστήματος. Ουσιαστικά όλοι οι πλανήτες - και η Γη- είναι βυθισμένοι μέσα σ' αυτήν τη θερμή ανάσα του Ήλιου, που αποτελείται

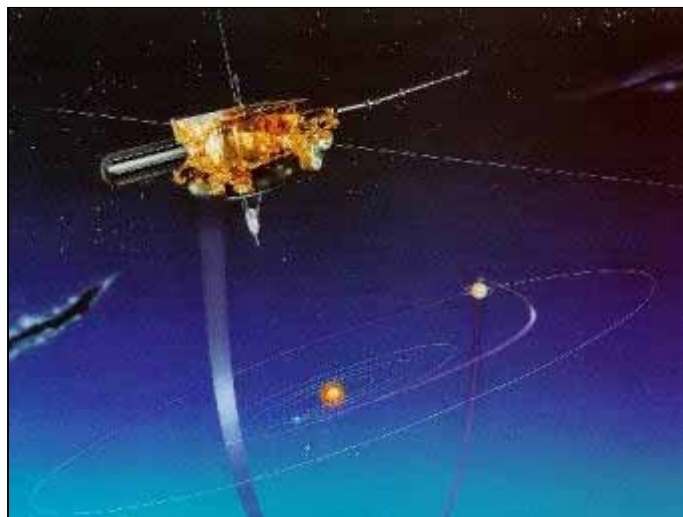
από φορτισμένα σωματίδια. Μεταβολές στον Ήλιο προκαλούν μεταβολές στη ροή του ηλιακού ανέμου. Ευτυχώς το μαγνητικό πεδίο της Γης με την επίδραση και του ηλιακού ανέμου κατασκευάζει μια προστατευτική "κουβέρτα" για την ανθρώπινη ζωή, που ονομάζεται μαγνητόσφαιρα.

Το στρώμα αυτό φροντίζει να αποτρέπει την είσοδο των φορτισμένων σωματιδίων στη γήινη ατμόσφαιρα. Όταν όμως ο Ήλιος είναι ιδιαίτερα δραστήριος τότε φορτισμένα σωματίδια εισέρχονται στη μαγνητόσφαιρα και προκαλούν, εκτός από φαντασμαγορικά φαινόμενα, όπως το σέλας, και γεωμαγνητικές καταιγίδες. Οι καταιγίδες αυτές μπορεί να μην γίνονται αντιληπτές ή ορατές, όπως οι θύελλες ή οι ανεμοστρόβιλοι, μπορούν όμως να έχουν σημαντικές επιπτώσεις σε ένα πλήθος ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Πράγματι, τα φαινόμενα αυτά που συμβαίνουν στο κοντινό μας διάστημα παλιότερα περνούσαν τελείως απαρατήρητα και μας άφηναν τελείως αδιάφορους. Σήμερα όμως η παρακολούθησή τους, η κατανόησή τους και η πρόγνυσή τους αποτελούν επιτακτική ανάγκη και πρόκληση. Κι αυτό γιατί με την επέκταση όλο και περισσότερων ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο διάστημα, τέτοιου είδους δυσμενείς διαστημικές συνθήκες είναι δυνατόν να προκαλέσουν διακοπές σε τηλεπικοινωνιακά συστήματα, σε δίκτυα ηλεκτροδότησης, σε συστήματα πλοήγησης, διακοπές/καταστροφή δορυφόρων και συνεπώς έχουν άμεσες οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις.



3. ΕΞΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ

Η έρευνα της αλληλεπίδρασης Ήλιου-Γης μας έχει οδηγήσει σε ένα πλήθος νέες ανακαλύψεις. Με όλες αυτές ένας υπέροχος κόσμος ανοίγεται μπροστά μας, καθώς διευρύνεται η θεώρησή μας για τον Ήλιο και αποκτάμε μια πιο πλήρη περιγραφή του περιβάλλοντος της Γης. Σημαντικό ρόλο σ' αυτό το σαγηνευτικό ταξίδι νέων ανακαλύψεων, παίζει πλέον η διαστημική έρευνα. Χρησιμοποιώντας προηγμένες πειραματικές συσκευές, που τελειοποιούνται όλο και περισσότερο, και τις μοναδικές συνθήκες παρατήρησης απ' το διάστημα, μας έχει δώσει αξιοσημείωτα αποτελέσματα.



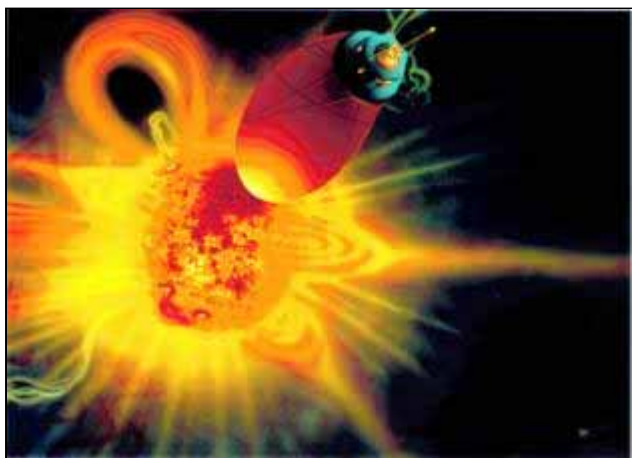
Σχήμα 3. Ο Οδυσσέας στο ταξίδι του πάνω από τους πόλους του Ήλιου.

Την περασμένη δεκαετία ένας μικρός αριθμός διαστημόπλοιων υπήρξε ο προάγγελος του τι θα ακολουθούσε αυτήν την δεκαετία. Ο Οδυσσέας (**Ulysses**), που εκτοξεύτηκε το 1990, είναι το πρώτο διαστημόπλοιο που βγήκε έξω από το επίπεδο της εκλειπτικής, δηλ. το επίπεδο στο οποίο περιφέρονται οι πλανήτες γύρω από τον Ήλιο, και παρατήρησε πάνω από τους πόλους του Ήλιου. Για να βγει έξω από την εκλειπτική ο Οδυσσέας ακολούθησε μια αξιοθαύμαστη πορεία μεγάλης ακρίβειας. Χρησιμοποίησε το πεδίο βαρύτητας του μεγαλύτερου πλανήτη του ηλιακού μας συστήματος, του Δία, και έφτασε μετά από 4 χρόνια πάνω από τον Νότιο Πόλο του Ήλιου. Ένα άλλο διαστημόπλοιο, που εκτοξεύτηκε το Δεκέμβριο του

1995, είναι το **SOHO**. Το διαστημόπλοιο αυτό με ένα πλήθος οργάνων που φέρει, δίνει μέχρι σήμερα ανελλιπώς παρατηρήσεις του Ήλιου σε μια προσπάθεια καταγραφής και ερμηνείας πολλών φαινομένων που συμβαίνουν στην επιφάνειά του και μας επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα.

Αντλώντας εμπειρία από αυτά τα διαστημόπλοια επιχειρείται την τρέχουσα δεκαετία μια συντονισμένη προσπάθεια με νέου τύπου διαστημόπλοια, που θα μεταφέρουν ιδιαίτερα προηγμένα όργανα. Με τα διαστημόπλοια αυτά, τα οποία θα βρίσκονται τοποθετημένα σε διαφορετικές θέσεις στο διάστημα και σε διαφορετικές αποστάσεις από τον Ήλιο, θα επιχειρήσουμε να αντλήσουμε όσες περισσότερες πληροφορίες μπορούμε γι' αυτόν και για τις επιδράσεις του στο περιβάλλον της Γης και των άλλων πλανητών. Στην παγκόσμια αυτή προσπάθεια που έχει τίτλο "Ζώντας με ένα αστέρι" συμμετέχουν οι διαστημικές εταιρείες της Ευρώπης, των ΗΠΑ, της Ρωσίας, της Ιαπωνίας και του Καναδά.

Το 2005 προγραμματίζεται να εκτοξευτεί ένας δορυφόρος, ο **Solar-B**, που είναι αποτέλεσμα συνεργασίας των Υπηρεσιών Διαστήματος της Ιαπωνίας, της Αγγλίας και των ΗΠΑ. Τα όργανα που θα μεταφέρει σκοπό θα έχουν να μας βοηθήσουν να κατανοήσουμε τους μηχανισμούς που προκαλούν τις μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι μεταβολές αυτές έχουν άμεση σχέση τόσο με το διαστημικό καιρό όσο και με τον καιρό στη Γη.



Σχήμα 4. Ο δορυφόρος Solar Probe θα πλησιάσει "επικίνδυνα" τον Ήλιο.

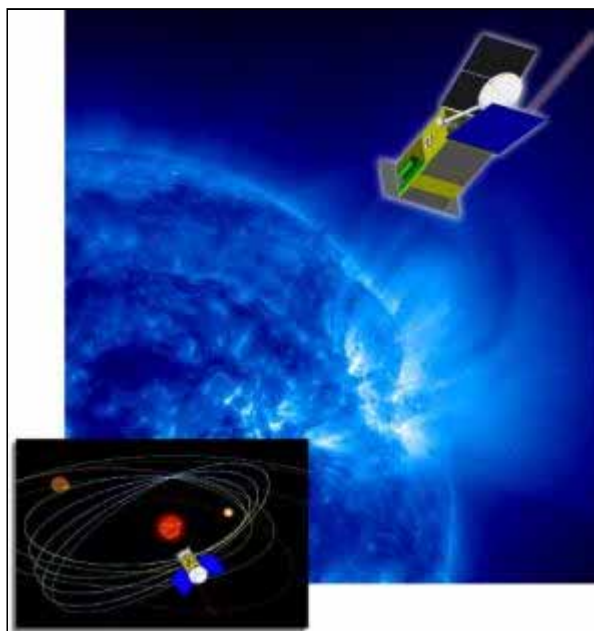
Ο δορυφόρος **Solar Probe** της NASA, θα πλησιάσει σε απόσταση περίπου 2 εκατομμύρια χλμ την επιφάνεια του Ήλιου, κοντύτερα από οποιονδήποτε άλλο δορυφόρο. Με μια θερμική μόνωση ειδικά σχεδιασμένη να αντέχει θερμοκρασίες περίπου 2300 βαθμών θα μπορέσει με τα μηχανήματα που μεταφέρει να μας δώσει παρατηρήσεις από πολύ κοντά σημαντικών διεργασιών, που συμβαίνουν στην επιφάνεια του πλησιέστερου αστεριού μας. Ο Solar Probe, που προβλέπεται να εκτοξευτεί το 2007, θα ζυγίζει μόνο 250 κιλά αποτελώντας μ' αυτό τον τρόπο τον προάγγελο μιας νέας γενιάς μικρο-δορυφόρων. Σχεδόν κάθε μέλος αυτού του δορυφόρου στηρίζεται στην πιο προηγμένη τεχνολογία.

Κατά διαστήματα ο Ήλιος εκτινάσσει τόνους μάζας. Μια τέτοια εκτίναξη μάζας μπορεί να μεταφέρει ακόμη και 10 δισεκατομμύρια τόνους από την ατμόσφαιρα του Ήλιου στο διαπλανητικό χώρο με ταχύτητες 2000 χιλιομέτρων το δευτερόλεπτο. Η μελέτη αυτών των εκτινάξεων έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς αποτελούνται από μεγάλης ενέργειας σωματίδια, καθώς και από ακτίνες X και γ, που όταν φτάσουν το περιβάλλον της Γης μπορεί να έχουν σοβαρότατες επιπτώσεις. Δύο πανομοιότυποι δορυφόροι οι **STEREO**, που θα εκτοξευτούν και θα πάρουν θέσεις έχοντας τη Γη στη μέση θα παρατηρούν τον Ήλιο από διαφορετικές γωνίες και θα μας δώσουν για πρώτη φορά εικόνες των εκτινάξεων μάζας σε 3 διαστάσεις. Από αυτές αναμένουμε να πάρουμε απαντήσεις τόσο για τη φύση τους όσο και την προέλευσή τους και να κατανοήσουμε την επίδραση τους στο γήινο περιβάλλον.

Σχήμα 5. Ο Solar Orbiter θα αποτελέσει την καθαρά Ευρωπαϊκή απάντηση στο αίτημα για καλύτερη παρατήρηση του Ήλιου.

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος (ESA) έχει επιλέξει τον **Solar Orbiter**, ως εκείνο το διαστημόπλοιο, που θα εκπροσωπήσει την Ευρώπη σ' αυτή την προσπάθεια κατανόησης του Ήλιου. Ο δορυφόρος αυτός, που αναμένεται να εκτοξευθεί μεταξύ 2008-2013, θα σταλεί προς τη μεριά της Αφροδίτης, θα χρησιμοποιήσει τη βαρύτητα της και θα βρεθεί σε μια απόσταση ίση με το ένα πέμπτο της απόστασης Γης-Ήλιου. Η τροχιά του θα αποκτά όλο και μεγαλύτερη κλίση και αυτό θα επιτρέψει την παρατήρηση των πόλων του Ήλιου για πρώτη φορά από τόσο κοντά. Ο δορυφόρος θα ζυγίζει μόνο 130 κιλά, αλλά θα μεταφέρει ένα πλήθος οργάνων για μετρήσεις σωματιδίων, μαγνητικών πεδίων και ακτινοβολίας, αλλά και για παρατηρήσεις συγκεκριμένων περιοχών πάνω στην επιφάνειά του Ήλιου.

Είναι φανερό ότι το κοντινότερο μας αστέρι μας κρύβει ακόμα πολλά μυστικά. Η επίλυσή τους είναι σημαντική για όλους, καθώς έχει γίνει πλέον φανερό ότι επηρεάζει άμεσα την καθημερινή μας ζωή. Ας ελπίσουμε ότι τα κομμάτια του παζλ που συγκεντρώνονται με το δορυφόρους που τον παρακολουθούν σήμερα, καθώς και αυτά που θα συγκεντρωθούν από τους δορυφόρους που θα εκτοξευτούν αυτήν τη δεκαετία θα συμπληρώσουν τον πίνακα και θα μας βοηθήσουν



να αποκτήσουμε μια ολιστική εικόνα του Ήλιου.