



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΝΕΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΠΛΑΝΗΤΑΡΙΟ

Οδηγός Παράστασης

Το Άστρο της Ημέρας

ΔΙΟΝΥΣΗ Π. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΥ
Διευθνή Ευγενιδείου Πλανηταρίου



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Νέο Ψηφιακό Πλανητάριο

Οδηγός Παράστασης

Το Άστρο της Ημέρας

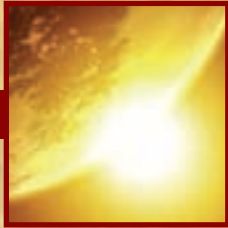
ΔΙΟΝΥΣΗ Π. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΥ

Διευθύντῃ Ευγενιδείου Πλανηταρίου

ΑΘΗΝΑ

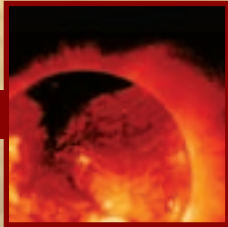
2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ



Πρόλογος4

Εισαγωγή: «Ήλιε, ήλιε αρχηγέ...» 7



1. Τα Χαρακτηριστικά του Ήλιου..... 13

2. Η Ενέργεια του Ήλιου 21



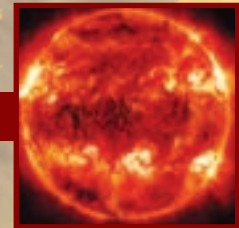
3. Ηλιακές Καταιγίδες 27

4. Οι Ανιχνευτές του Ήλιου (του Α. Δεληβοριά)... 33



5. Το Πολικό Σέλας41

6. Το Αστεροσκοπείο του Γκρήνουϊτς47





7. Η Ημέρα και η Περιστροφή της Γης 53

8. Το Έτος και η Περιφορά της Γης 57



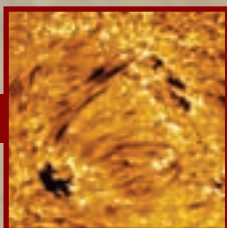
9. Ο Μηχανισμός των Εκλείψεων..... 63

10. Η Τελευταία Έκλειψη του 20^{ου} Αιώνα 69



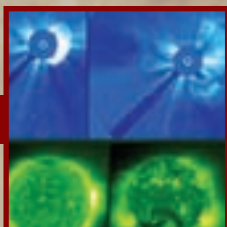
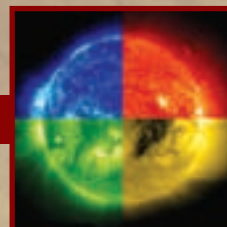
11. Ηλιακές Εκλείψεις ανά τους Αιώνες..... 75

12. Ο Θάνατος του Ήλιου 81



Επίλογος: Απίστευτα και Όμως Αληθινά..... 89

Επίλεγμένη Βιβλιογραφία 94



Συντελεστές της Παράστασης 95

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παράσταση «Το Άστρο της Ημέρας» αποτελεί ένα συναρπαστικό ταξίδι με προορισμό το πιο κοντινό μας άστρο: τον Ήλιο. Η νέα αυτή ψηφιακή παράσταση, παρακολουθεί τον Ήλιο, από τη γέννησή του ως το θάνατό του, από τους αρχαίους πολιτισμούς της Αιγύπτου και των Μάγια ως τα τελευταίας τεχνολογίας επίγεια και διαστημικά τηλεσκόπια και μας αποκαλύπτει πόσο «δραστήριο» είναι το πλησιέστερο σε μας άστρο. Μας δίνεται η μοναδική ευκαιρία να παρακολουθήσουμε από κοντά την προσπάθεια των αστρονόμων να αποκρυπτογραφήσουν τα μυστικά που κρύβει και να κατανοήσουν φαινόμενα, όπως την ενδεκαετή εμφάνιση και εξαφάνιση των ηλιακών κηλίδων, την ασταμάτητη ροή του ηλιακού ανέμου, τις τεράστιες εκροές ύλης από το στέμμα του, την παραγωγή ενέργειας στο εσωτερικό του κ.λπ..

Όπως ήταν εμφανές στους πάνω από 2.500.000 θεατές που έχουν παρακολουθήσει τα τελευταία επτά χρόνια τις νέες μας ψηφιακές παραστάσεις, το Νέο Ψηφιακό Πλανητάριο είναι ένα μέσο ψυχαγωγικής επιμόρφωσης το οποίο, με την βοήθεια της εικονικής πραγματικότητας, δεν έχει πλέον κανέναν αντίζηλο. Το βασικό πλεονέκτημα των συστημάτων εικονικής πραγματικότητας σε σχέση με τα άλλα σχετικά συστήματα είναι η διπλή δυνατότητα να δημιουργεί την αίσθηση της ενσωμάτωσης στον εικονικό χώρο και της διαδραστικότητας μ' αυτόν. Προσφέρει την αίσθηση στο θεατή ότι πράγματι βρίσκεται στον προβαλλόμενο κόσμο, περιβαλλόμενος από τις εικόνες και τους ήχους του. Με τον τρόπο αυτό το Νέο Ψηφιακό Πλανητάριο μπορεί να προσφέρει ισοδύναμη και, από κάποιες πλευρές, ανώτερη εμπειρία από την πραγματική περιήγηση στο χώρο.

Το Νέο Ψηφιακό Πλανητάριο, ένα από τα μεγαλύτερα και καλύτερα εξοπλισμένα ψηφιακά πλανητάρια στο κόσμο, περιλαμβάνει όλες τις δημιουργικές και τεχνικές δυνατότητες, που παρέχουν σήμερα τα σύγχρονα

οπτικοακουστικά μέσα και οι νέες τεχνολογίες, συνδυάζοντάς τες προκειμένου να αφηγηθεί την ιστορία της επιστήμης με τρόπο συναρπαστικό. Σήμερα θεωρούμε το ρόλο του Νέου Ψηφιακού Πλανηταρίου ιδιαίτερα ζωτικό, αφού έχει ως στόχο την βελτίωση της ποιότητας της επιστημονικής επιμόρφωσης του κοινού της χώρας μας. Είναι ένα επιστημονικό κέντρο με την σημαντική αποστολή να γνωστοποιήσει τα επιτεύγματα της επιστήμης στο ευρύ κοινό και να το διαφωτίσει σχετικά με τη φύση της επιστημονικής έρευνας και της τεχνολογίας.

Ο «Οδηγός» αυτός, όπως και οι προηγούμενοι, αποσκοπεί στην παρουσίαση περισσότερων πληροφοριών απ' όσες θα ήταν δυνατόν να παρουσιαστούν σ' ένα σενάριο 40 λεπτών, αν και, ακόμη κι εδώ, δεν είναι δυνατόν να δώσουμε όλες τις πιθανές απαντήσεις και πληροφορίες που ίσως κάποιος θα αναζητούσε γύρω από τα διάφορα θέματα που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια της παράστασης. Παρόλα αυτά ελπίζουμε ότι το περιεχόμενό του θα βοηθήσει τους επισκέπτες μας να αποκομίσουν μεγαλύτερα οφέλη από την εμπειρία τους στη διάρκεια της παράστασης, αφού ο ρόλος του Νέου Ψηφιακού Πλανηταρίου είναι ιδιαίτερα ζωτικός για την εκκλαίευση της επιστήμης στη χώρα μας.

Κλείνοντας το σημείωμα αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον φίλο και συνάδελφο Αλέξη Δεληβοριά για το κεφάλαιο των διαστημοσυσκευών μελέτης του Ήλιου, για την επιμέλεια στην επιλογή των φωτογραφιών που κοσμούν το περιεχόμενο αυτού του «Οδηγού», καθώς και για τους επεξηγηματικούς υπότιτλους αυτών. Ευχαριστίες οφείλω τέλος και σε όλους του φίλους-συνεργάτες της δημιουργικής μας ομάδας που συμμετείχαν στην διαμόρφωση της νέας μας παράστασης, καθώς επίσης και τους συναδέλφους του Εκδοτικού Τμήματος, οι οποίοι δημιούργησαν μίαν ακόμη ευπαρουσίαστη έκδοση.

Διονύσης Π. Σιμόπουλος
Διευθυντής Ευγενιδείου Πλανηταρίου



ΕΙΣΑΓΩΓΗ: “ΗΛΙΕ - ΗΛΙΕ ΑΡΧΗΓΕ...”

Δεν είναι καθόλου παράξενο που από την αρχαιότητα ακόμη ο Ήλιος λατρεύτηκε από τον άνθρωπο σαν θεός και δαίμονας μαζί, ενώ όλοι ανεξαιρέτως οι πολιτισμοί τον αντιμετώπιζαν με δέος, φόβο και σεβασμό ως τον κυρίαρχο αφέντη της εξέλιξης όλων όσων συνέβαιναν στη Γη, αφού εδώ και χιλιάδες χρόνια ο σταθερά επαναλαμβανόμενος κύκλος ανατολής – δύσης αποτελούσε την πρώτη και βασική μονάδα μέτρησης του χρόνου. Αλλά και η «παρέλαση» των εποχών έγινε κι αυτή αντικείμενο της ανθρώπινης παρατήρησης. Οι διάφοροι μύθοι και παραδόσεις που είχαν οι αρχαίοι λαοί για το άστρο της ημέρας γεννήθηκαν στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν και να επεξηγήσουν με κάποιον τρόπο τα φυσικά φαινόμενα, αφού ο Ήλιος ήταν ο «πατέρας» των εποχών και του κύκλου των φαινομένων, αλλά και των εναλλαγών που σχετίζονται μ' αυτές, από τη σπορά ως τη βλάστηση κι από την ανθοφορία ως τη συγκομιδή.

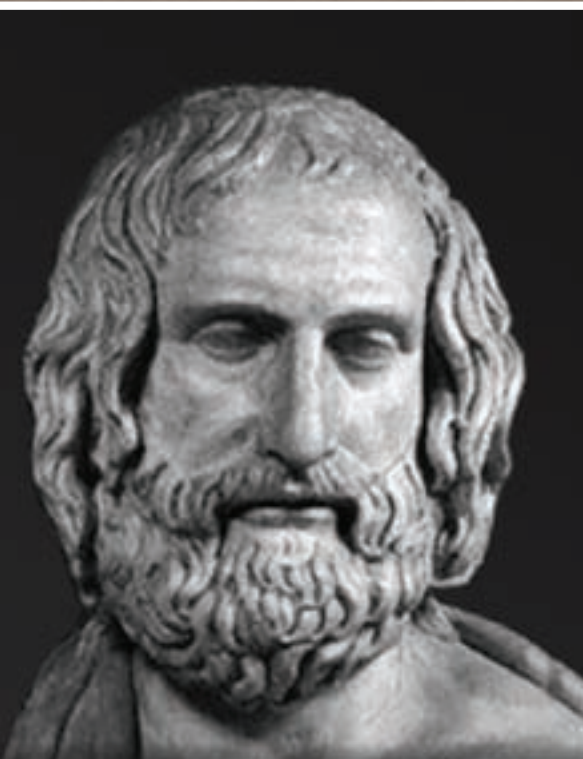
Οι Αιγύπτιοι τον ονόμαζαν Ρα, Ατόν και Όσιρη, οι Βαβυλώνιοι τον αποκαλούσαν Σαμάχ, Βαάλ, Μαρδούκ και Νεργκάλ, οι Ινδοί Βράχμα και Βισνού και οι Πέρσες Μίθρα. Για τους αρχαίους Έλληνες, κατά περιστάσεις, ήταν ο Δίας ή ο Πλούτων, ο Βάκχος, ο Διόνυσος ή ο Φοίβος Απόλλων. Ανεξάρτητα όμως από της ονομασίες που του δίνονταν, όλοι οι λαοί καθιέρωσαν προς τιμή του, πολλές και περίφημες γιορτές, ιδιαίτερα στις περιόδους των εναλλαγών από τη μία εποχή στην άλλη.

Οι μεγαλύτερες από τις γιορτές αυτές γίνονταν σ' όλες τις χώρες και τις φυλές την εποχή του χειμερινού ηλιοστασίου στις 25 Δεκεμβρίου. Ήταν η γιορτή της γέννησης του Ήλιου και όχι αδικαιολόγητα. Γιατί όσο ο χειμώνας πλησίαζε και ο Ήλιος του μεσημεριού φαινόταν όλο και πιο χαμηλά στον ορίζοντα, τόσο και η διάρκεια της μέρας μειωνόταν και το κρύο αυξανόταν. Ήταν η σκληρή εποχή για τον άνθρωπο με πολύ μικρές ημέρες και ατέλειωτες νύχτες. Οι φροντίδες πολλαπλασιάζονταν, η κάθε είδους ανησυχία και ένα αόριστο συναίσθημα φόβου καταλάμβανε τον αρχαίο άνθρωπο με τα ανύπαρκτα σχεδόν αμυντικά του μέσα και τις περιορισμένες πηγές διατροφής. Δεν είναι λοιπόν διόλου παράξενο το γεγονός ότι οι αρχαίοι λαοί γιόρταζαν ιδιαίτερα τις μέρες αυτές του χειμερινού ηλιοστασίου. Κι αυτήν την παράδοση των αρχαίων λαών συνέχισαν οι Έλληνες με τα *Κρόνια* και ιδιαίτερα οι Ρωμαίοι με τα *Σατουρνάλια* και τα *Βρουμάλια* και την κεντρική γιορτή της 25ης Δεκεμβρίου, *Dies Natalis Invicti*, δηλαδή την *Ημέρα της γέννησης του αήττητου Ήλιου*.

Στην Ελληνική μυθολογία ο θεός του Ήλιου ήταν κυρίως ο Απόλλων, ο δίδυμος αδελφός της Αρτέμιδος και γιος του Δία και της Λητούς. Γεννήθηκε στη Δήλο όπου ιδρύθηκε μεγάλο ιερό προς τιμήν του, παρόμοιας ακτινοβολίας με το άλλο περίφημο ιερό του στους Δελφούς. Σύμφωνα με ορισμένες εκδοχές ο δίσκος του Ήλιου παρομοιαζόταν μ' ένα χρυσό τέθριππο άρμα που έσυραν τα τέσσερα ολόλευκα άλογά του ο Ηώς, ο Αιθίοψ, ο Βρόντης και ο Στερόπης που έβγαζαν από τα ρουθούνια τους φλόγες και φως.



Ο Ακενατόν και η οικογένειά του λατρεύουν το θεό Ήλιο.



Ο προσωκρατικός φιλόσοφος Αναξαγόρας (500-428 π.Χ.).

Όρθιος πάνω στο άρμα του, ο ακούραστος θεός, εξέπεμπε γύρω του πίδακες φωτός. Οι Ρόδιοι, ιδιαίτερα, λάτρευαν τον Ήλιο ως το δημιουργό θεό της φυλής τους. Το κολοσσιαίο του άγαλμα από το Λίνδιο Χάρη ήταν ένα από τα επτά θαύματα του κόσμου.

Πολύ νωρίτερα από τους Έλληνες, στη Μεσοποταμία του 2000 π.Χ., το περίφημο Έπος του Γιλγαμές μας περιγράφει τις περιπέτειες του βασιλιά της Ουρούκ στην προσπάθειά του να κερδίσει την αθανασία ταξιδεύοντας στον Κήπο του Ήλιου. Προκειμένου ο Γιλγαμές να φτάσει ως εκεί, έπρεπε να περάσει από τις πύλες του Ήλιου που βρίσκονταν πίσω από τα βουνά του ορίζοντα και φυλάσσονταν από δύο ανθρωπόμορφους σκορπιούς. Μερικοί μάλιστα ερευνητές εκτιμούν ότι οι φύλακες που αναφέρονται στο έπος ήταν οι προπάτορες των αστερισμών του Τοξότη και του Σκορπιού. Είτε έτσι όμως είτε αλλιώς ο Γιλγαμές φαίνεται ότι κατόρθωσε το ακατόρθωτο και απέκτησε έτσι την περιπόθητη αθανασία του.

Στην Αίγυπτο ο Ήλιος ήταν ο Άτον, ο κύριος θεός του Αιγυπτιακού μονοθεϊσμού με κέντρο λατρείας του την Ηλιούπολη της Αιγύπτου απ' όπου ξεκίνησε αργότερα και η πολυθεϊστική τάση της Αιγυπτιακής θρησκείας. Παρ' όλες όμως τις μυθολογικές αυτές αναφορές πολλοί ήταν οι αρχαίοι φιλόσοφοι που προσπάθησαν να δώσουν μία φυσική εκτίμηση, έστω και λανθασμένη, για τη φύση και το μέγεθός του. Σύμφωνα με τον Αναξαγόρα (500-428 π.Χ) λοιπόν, ο Ήλιος ήταν «μία μάζα υπερθερμασμένων πετρωμάτων λίγο μεγαλύτερος από την έκταση της Ελλάδας». Ενώ έναν αιώνα αργότερα ο θεμελιωτής του Ηλιοκεντρικού Συστήματος Αρίσταρχος ο Σάμιος (310-250 π.Χ.) προσπάθησε να μετρήσει γεωμετρικά το μέγεθος και την απόσταση του Ήλιου και

διαπίστωνε σωστά ότι «την σελήνην παρά του ηλίου το φως λαμβάνειν».

Στην Αμερική, πολύ πριν από την εποχή των Ευρωπαίων κατακτητών (κονκισταδόρων), οι Αζτέκοι είχαν δημιουργήσει ένα ιδιαίτερα λεπτομερές και ευφύες ημερολόγιο, το οποίο απεικονίζεται στον περίφημο πέτρινο *Ηλιακό Δίσκο* που βρίσκεται στο Εθνικό Μουσείο Ανθρωπολογίας της Πόλης του Μεξικού. Ο διαμέτρου δύο μέτρων δίσκος έχει πάνω του σκαλισμένα διάφορα γραφήματα που αντιπροσωπεύουν τις ημέρες, τους μήνες και τις κοσμικές εποχές, ενώ το ημερολόγιό τους είχε 18 μήνες των 20 ημερών που συγκέντρωναν 360 ημέρες, στις οποίες προσθέτονταν 5 ακόμη ημέρες αφιερωμένες σε θυσίες.

Στο Μεξικό επίσης, στη χερσόνησο του Γιουκατάν, βρίσκεται και η Τσίτσεν-Ίτσα, η περίφημη πόλη των Τολτέκων και των Μάγια, που αναπτύχθηκε ανάμεσα στο 700 και το 1000 μ.Χ.. Ένα από τα περίφημα αρχιτεκτονικά της κτίσματα, γνωστό ως *Ελ Καστίγιο*, είναι ο πυραμοειδής ναός του Κουκουλκάν με ύψος 23m περίπου. Ο ναός αυτός έχει αποτυπώσει στην κατασκευή του τρία σημαντικά αστρονομικά γεγονότα. Η διάρκεια του έτους αντιπροσωπεύεται από τα 91 σκαλοπάτια που βρίσκονται στις τέσσερις πλευρές της πυραμίδας με σύνολο σκαλοπατιών 364 συν ένα ακόμη τελευταίο σκαλοπάτι στην κορυφή του που συμπληρώνει έτσι τη διάρκεια του έτους των 365 ημερών. Ένας άξονας, που διασχίζει τη βορειοανατολική και τη νοτιοδυτική γωνία του ναού, σηματοδοτεί τα σημεία του ορίζοντα, από τα οποία φαίνεται να ανατέλλει ο Ήλιος την ημέρα του θερινού ηλιοστασίου και να δύει την ημέρα του χειμερινού ηλιοστασίου. Τέλος τις δύο ημέρες της

Εισαγωγή: “Ήλιε - Ήλιε αρχηγέ”



Αρίσταρχος ο Σάμιος (310-250 π.Χ.), θεμελιωτής της ηλιοκεντρικής θεωρίας.



Ο ηλιακός δίσκος των Αζτέκων.



Ο πυραμοειδής ναός Ελ Καστίγιο του Κουκουλκάν.

ανοιξιάτικης και της φθινοπωρινής ισημερίας ο Ήλιος δημιουργεί μία σκιά στα σκαλοπάτια που μοιάζει με ένα κινούμενο φίδι.


Σήμερα πάντως γνωρίζουμε ότι ο Ήλιος μας δεν είναι παρά ένα απλό άστρο, σημαντικό για την ανθρωπότητα, αλλά συγκριτικά με τα δισεκατομμύρια των άστρων που απαρτίζουν το Γαλαξία μας, ένα κοινό και συνηθισμένο άστρο χωρίς ιδιαίτερη αξία. Χάρη στα αποτελέσματα των ερευνητικών μας εξορμήσεων στο Διάστημα είμαστε σήμερα σε θέση να γνωρίζουμε λεπτομέρειες που παλαιότερα δεν μπορούσαμε ούτε καν να φανταστούμε. Λεπτομέρειες που μας διηγούνται, για παράδειγμα, τη γέννηση και την εξέλιξη του Ήλιου και του πλανητικού μας συστήματος.

Πριν από πέντε δισεκατομμύρια χρόνια στην περιοχή αυτή του διαστήματος υπήρχαν άμορφα, πολύχρωμα νέφη αερίων και σκόνης, που πλανιόνταν στο κενό και αναμειγνύονταν με άλλα νέφη σχηματίζοντας έτσι θύλακες μεγαλύτερης πυκνότητας, που προσέλκυαν όλο και περισσότερη ύλη με τη δύναμη της βαρύτητάς τους.

Εκατομμύρια χρόνια πέρασαν μέχρις ότου κάποια μικρή αστάθεια, που ίσως προερχόταν από την καταστροφική έκρηξη ενός κοντινού άστρου, τάρραξε την ισορροπία αυτού του αρχέγονου νέφους, με αποτέλεσμα τη συμπύκνωσή του προς το κέντρο. Καθώς η βαρύτητα ωθούσε τα άτομα όλο και πιο κοντά το ένα στο άλλο, οι συγκρούσεις τους παράγαν θερμότητα. Βαθιά μέσα στα σύννεφα αυτά η

θερμοκρασία ανέβαινε αργά, αλλά σταθερά. Σ' ένα πολύ μικρό κομμάτι του νεφελώματος αυτού η βαρύτητα επενεργούσε και δούλευε ακατάπαυστα συγκεντρώνοντας όλο και περισσότερη ύλη για να σχηματίσει αργότερα ένα απλό κιτρινωπό άστρο που μια μέρα θα το ονόμαζαμε Ήλιο.

Τα άτομα του νεφελώματος κινούνταν με χαώδη τρόπο, προς όλες τις κατευθύνσεις. Ο συνδυασμός των κινήσεών τους όμως έδωσε στο σύννεφο αυτό μία μικρή, αλλά συγκεκριμένη φορά περιστροφής. Εκεί όπου η ταχύτητα της περιστροφής ήταν μεγάλη, τα άτομα κρατήθηκαν στις τροχιές τους, χωρίς η βαρύτητα να μπορέσει να τα έλξει προς το κέντρο, όπου σχηματιζόταν το άστρο. Έτσι, το ακανόνιστο διαστημικό σύννεφο πήρε σιγά-σιγά τη μορφή ενός περιστρεφόμενου αεριώδη δίσκου, διάμετρου δύο περίπου τρισεκατομμυρίων χιλιομέτρων. Με την



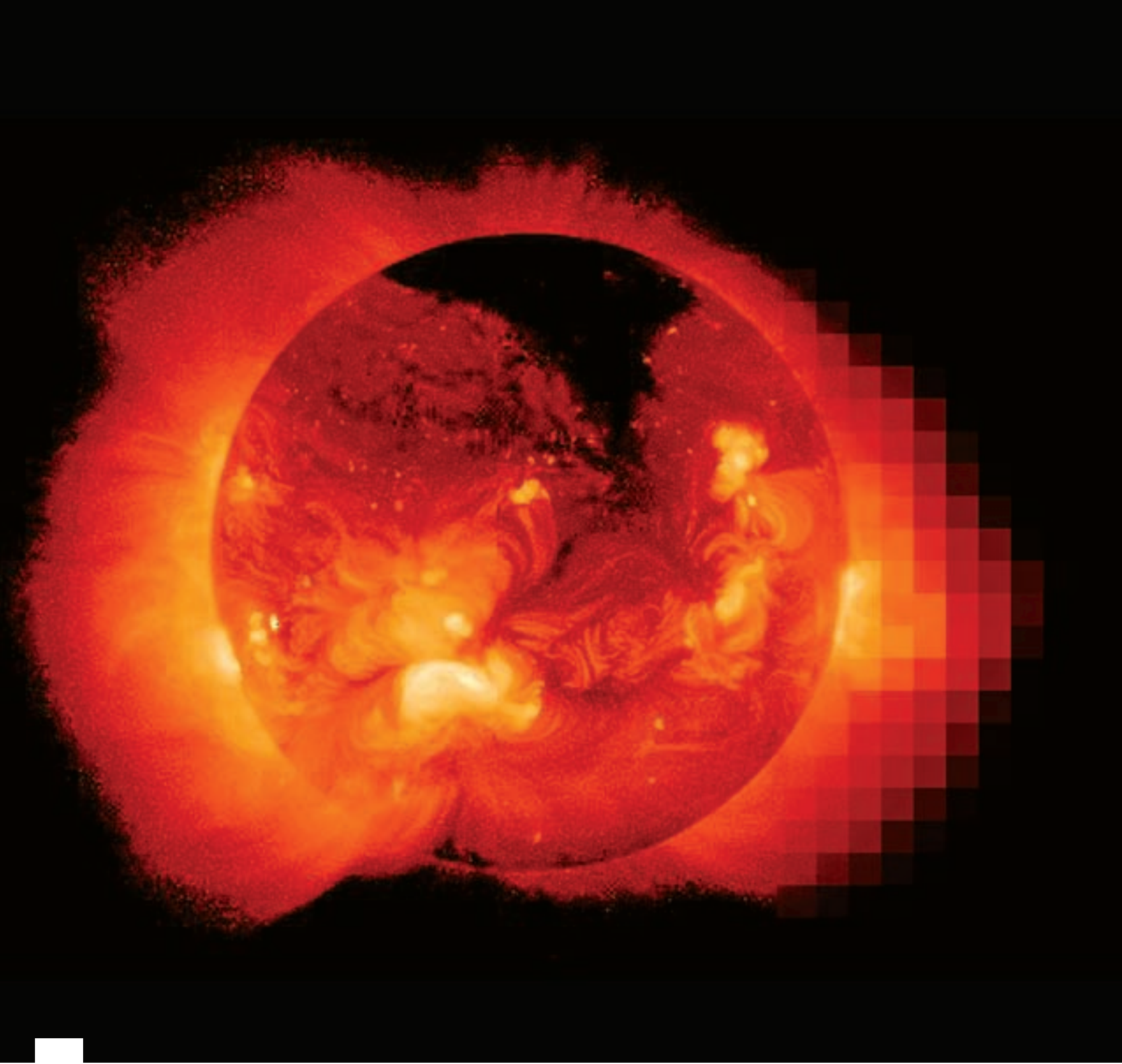
νά συμπυκνώνονται σχηματίζοντας μικρές και μεγάλες υπέρθερμες αεριώδεις σφαίρες, που έσερναν πίσω τους, σαν τεράστιοι κομήτες, τα υπολείμματα των αερίων από τα οποία σχηματίστηκαν.

Από τα αχρησιμοποίητα υλικά σκόνης και αερίων που περιέβαλλαν τον Ήλιο δημιουργήθηκαν μικρότερα σώματα, τα οποία δεν απέκτησαν ποτέ την κατάλληλη μάζα, ώστε να λάμψουν κάποτε σαν άστρα. Έτσι η εξέλιξή τους σταμάτησε, παρέμειναν σκοτεινά και έγιναν πλανήτες. Παρ' όλα αυτά, τα αέρια και η σκόνη που απέμειναν δεν κατέληξαν όλα στους πλανήτες και στους δορυφόρους τους. Δισεκατομμύρια κομμάτια βράχων (οι λεγόμενοι πλανητοειδείς ή αστεροειδείς) ξέφυγαν από τη σύλληψη των πλανητών.

πάροδο του χρόνου στα εξωτερικά του στρώματα δημιουργήθηκαν μικρότερες δίνες και ζώνες σαν τους κύκλους που σχηματίζει ένα βότσαλο όταν πέφτει στα ήσυχα νερά μιας λίμνης.

Στο μεταξύ ο πυρήνας του νέφους είχε φτάσει τη θερμοκρασία των 15 εκατομμυρίων βαθμών Κελσίου. Οι πυρηνικές αντιδράσεις είχαν ήδη αρχίσει να μεταστοιχειώνουν το αέριο υδρογόνο σε αέριο ήλιο και να μετατρέπουν 4 εκατομμύρια τόνους ύλης σε ενέργεια κάθε δευτερόλεπτο. Ο Ήλιος είχε πάρει πια τη θέση του ανάμεσα στα άλλα άστρα του Γαλαξία μας, ενώ οι διάφορες ζώνες υλικών που είχαν σχηματιστεί γύρω του, άρχισαν σιγά-σιγά να συμπύκνωσης και

Χιλιάδες αιώνες πέρασαν από τότε και οι υπερθερμασμένες σφαίρες των πλανητών άρχισαν να ψύχονται. Σιγά-σιγά το ηλιακό φως σαν μανιασμένος άνεμος έδιωξε μακριά τα υπολειπόμενα αέρια, ενώ τα υλικά που είχαν παραμείνει σε τροχιά γύρω από τους πλανήτες συμπυκνώθηκαν σχηματίζοντας τους δορυφόρους τους. Κοντά στον Ήλιο τα υλικά ήταν λιγότερα, και έτσι σχηματίστηκαν μικρότεροι πλανήτες. Πιο έξω, οι μεγαλύτερες μάζες των πλανητών κατόρθωσαν να συγκρατήσουν τα ελαφρά αέρια από υδρογόνο και ήλιο που σχημάτιζαν το γενεσιουργό νεφέλωμα και μετατράπηκαν έτσι σε αέριους γίγαντες.



1 ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ

Η παρουσία του Ήλιου στον ουρανό είναι χωρίς αμφιβολία, μία αναγκαία προϋπόθεση για την εξέλιξη και τη συντήρηση της ζωής στη Γη. Αλλά και για τους αστρονόμους ο Ήλιος είναι ένα τεράστιο εργαστήριο για τη λεπτομερή μελέτη της δομής και της ενέργειας που εκπέμπουν τ' άστρα. Η μελέτη του πραγματοποιείται με την ανάλυση του ηλιακού φωτός με τα διάφορα φασματοσκόπια και τ' άλλα όργανα των ειδικών ηλιακών αστεροσκοπειών και διαστημοσυσκευών που μελετούν σε καθημερινή βάση τον ηλιακό δίσκο, τις διεργασίες και τις όποιες μεταβολές συμβαίνουν σ' αυτόν. Υπάρχουν δηλαδή ορισμένα αστεροσκοπεία και ερευνητικά κέντρα που απασχολούνται αποκλειστικά και μόνο με τη μελέτη του άστρου της ημέρας.

Για παράδειγμα το Σουηδικό Ηλιακό Τηλεσκόπιο (ΣΗΤ) στο νησί Λα Πάλμα των Καναρίων Νήσων, τέθηκε σε λειτουργία το 2002. Εγκατεστημένο στην καλύτερη δυνατή τοποθεσία για τη μελέτη του Ήλιου, το τηλεσκόπιο αυτό διαθέτει ειδικές διατάξεις που διορθώνουν 1.000 φορές κάθε δευτερόλεπτο την επίδραση της γήινης ατμόσφαιρας, οι αναταράξεις της οποίας θα παραμόρφωναν σε διαφορετική κατάσταση τα δεδομένα που συλλέγει. Το γεγονός αυτό επιτρέπει στους αστρονόμους να φωτογραφίσουν λεπτομέρειες των ηλιακών χαρακτηριστικών με μέγεθος 70 km (που ήταν μέχρι τότε αδύνατον να καταγραφούν), πολλές φορές μάλιστα με τρισδιάστατη μορφή.

Χάρη σε τέτοιου είδους παρατηρήσεις κατορθώσαμε να δούμε διάφορα χαρακτηριστικά όπως, μία *μαγνητική σήραγγα* στο μέγεθος της χώρας μας γεμάτη με υπέρθερμα αέρια, τα οποία κινούνται με ταχύτητα 50.000 km/h. Οι σήραγγες αυτές βρίσκονται κατά χιλιάδες στην επιφάνεια του Ήλιου και οι νέες φωτογραφίες του ΣΗΤ τις έχουν καταγράψει καλύτερα από οποτεδήποτε άλλοτε. Άλλες φωτογραφίες μάλιστα αποκαλύπτουν φωτεινές γέφυρες που εκτείνονται 500 km πάνω από την επιφάνεια ορισμένων σκοτεινών κηλίδων, καθώς και εκατοντάδες άλλα χαρακτηριστικά που μέχρι πρότινος μας ήταν άγνωστα.

Αλλά κι από το Διάστημα διάφορες διαστημοσκευές μάλιστα στέλνουν εξίσου σημαντικές πληροφορίες για την εξελικτική πορεία του πλησιέστερου σε μας άστρου. Τα αποτελέσματα των ερευνών που εκτελούνται με τη βοήθεια του Ηλιακού και Ηλιοσφαιρικού Αστεροσκοπείου SOHO, για παράδειγμα, ήταν τόσο εντυπωσιακά, ώστε η NASA και η ESA, οι διαστημικές υπηρεσίες των Η.Π.Α και της Ευρώπης, αποφάσισαν να συνεχιστεί η λειτουργία του. Το SOHO λειτουργεί από το Δεκέμβριο του 1995 μεταδίδοντάς μας ανεκτίμητες πληροφορίες για την ηλιακή δραστηριότητα, ενώ ήδη πέντε νέες διαστημοσκευές ηλιακών μελετών, δύο από την ESA και τρεις από τη NASA αποδεικνύονται ιδιαίτερα αποτελεσματικές στη μελέτη του άστρου της ημέρας.

Για τα γήινα δεδομένα ο Ήλιος είναι πραγματικά τεράστιος. Σκεφτείτε ότι η ύλη που εμπεριέχεται στους 8 πλανήτες και στους δεκάδες δορυφόρους



τους, στους πλανήτες-νάνους και στα εκατομμύρια των αστεροειδών και κομητών δεν αποτελούν παρά μία απειροελάχιστη παρωνυχίδα του. Σήμερα δηλαδή γνωρίζουμε ότι ο Ήλιος, με διάμετρο 1.390.000 km, περιλαμβάνει το 99,86% όλων των υλικών του ηλιακού μας συστήματος, ενώ σε σύγκριση με τη Γη μας οι δραστηριότητές του είναι κολοσσιαίων διαστάσεων. Επί πλέον λόγω της απόστασής του από τη Γη, που φτάνει τα 150 εκατομμύρια χιλιόμετρα περίπου, το φως του, κινούμενο με 300.000 km/sec, χρειάζεται 8' 20" για να φτάσει σε μας.

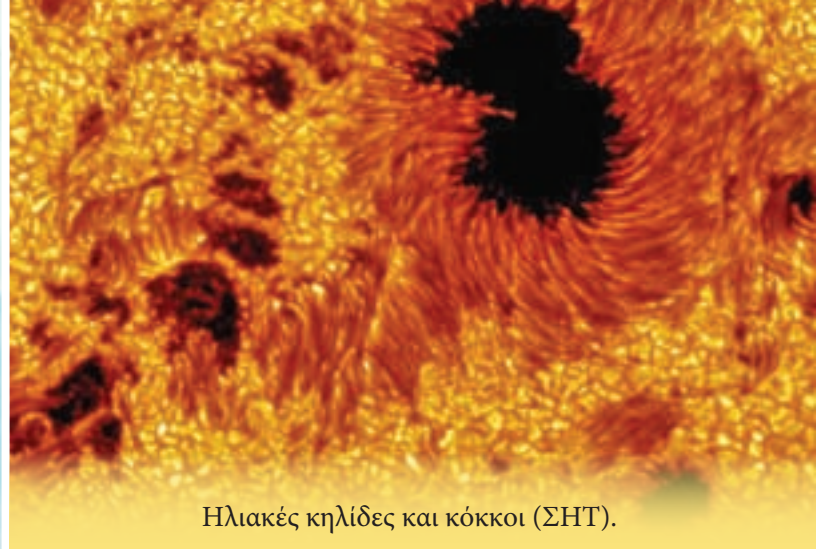
Ο δίσκος που βλέπουμε καθημερινά είναι η ορατή, λεπτή του επιφάνεια που ονομάζεται **φωτόσφαιρα**, με πάχος 400 km περίπου και θερμοκρασία που φτάνει τους 6.000°C, θερμοκρασία δηλαδή που εξαερώνει ακόμη και μέταλλα. Πάνω από τη φωτόσφαιρα βρίσκεται η κατώτατη στιβάδα της ηλιακής ατμόσφαιρας που ονομάζεται **χρωμόσφαιρα** με πάχος 2.000 km και θερμοκρασία 100.000°C. Σ' αυτήν τη θερμοκρασία το υδρογόνο εκπέμπει έναν κοκκινωπό χρωματισμό, από τον οποίο παίρνει το όνομά της η περιοχή αυτή. Τέλος, πάνω από τη χρωμόσφαιρα βρίσκεται το στέμμα του Ήλιου, η εξωτερική στιβάδα της ατμόσφαιράς του, που εκτείνεται σε απόσταση 3,5 εκατομμυρίων χιλιομέτρων και έχει θερμοκρασία που φτάνει το ένα εκατομμύριο βαθμούς Κελσίου.

Στη φωτόσφαιρα του Ήλιου διακρίνουμε ορισμένες περιοχές μαγνητικής δραστηριότητας που ονομάζονται **πυρσοί** και οι οποίοι, αντίθετα με τις ηλιακές κηλίδες, είναι λαμπρότεροι από τις γύρω τους περιοχές. Από το κέντρο του Ήλιου τεράστιες ποσότητες ενέργειας εκπέμπονται και αναδύονται αργά από τον πυρήνα προς την επιφάνεια, όπου με ειδικά φίλτρα μπορούμε να διακρίνουμε ένα ακανόνιστο

πεδίο από **κόκκους**, όπως ονομάζονται, που διαρκούν μερικά μόνο λεπτά. Η διάμετρός τους φτάνει τα 1.000 km και αποτελούν τις κορυφές ανοδικών ρευμάτων υπερθερμασμένων αερίων που μοιάζουν με φυσαλίδες ατμού σ' ένα καζάνι που βράζει. Ορισμένες φορές τα μεγαλύτερα ενεργειακά ρεύματα δημιουργούν την **υπερκοκκίαση**, σχηματισμούς που έχουν διαμέτρους 35.000 km ή και τη **γιγαντιαία κοκκίαση** που καλύπτει ολόκληρη την επιφάνεια του Ήλιου.

Ο **ηλιακές κηλίδες** αντίθετα μοιάζουν με μαύρα σημάδια στο πρόσωπο του Ήλιου και είναι περιοχές που έχουν τη μισή περίπου θερμοκρασία από τη γύρω τους περιοχή. Αποτελούν πηγές έντονων μαγνητικών διαταραχών και εμφανίζονται και εξαφανίζονται περιοδικά κάθε 11 περίπου χρόνια. Στα μέσα Ιουνίου του 2009, με τη βοήθεια ισχυρότατων υπερυπολογιστών μία διεθνής ομάδα ερευνητών παρουσίασαν πανέμορφες εικόνες των κηλίδων του Ήλιου και τον τρόπο με τον οποίο συμπεριφέρονται. Οι υψηλής ανάλυσης εικόνες δεν προέρχονται από την απευθείας μελέτη του άστρου της ημέρας, αλλά από ειδικούς εξομοιωτές, που όμως μας αποκαλύπτουν τα μυστικά των τεράστιων σκοτεινών κηλίδων της επιφάνειας του Ήλιου μας. Οι κηλίδες αυτές είναι αποτέλεσμα της συμπεριφοράς του μαγνητικού πεδίου του Ήλιου και αποτελούν αντικείμενο ιδιαίτερου ενδιαφέροντος για τους επιστήμονες, αφού η παρουσία τους επιδρά στα διάφορα γήινα καιρικά φαινόμενα και στις κλιματικές αλλαγές του πλανήτη μας. Τα νέα αυτά μοντέλα των κηλίδων μας παρέχουν επιπλέον πληροφορίες για το πώς εμφανίζονται και πώς εξελίσσονται τα διάφορα φαινόμενα που συνδέονται με τις ηλιακές κηλίδες και με ποιον τρόπο επηρεάζουν το κλίμα της Γης.

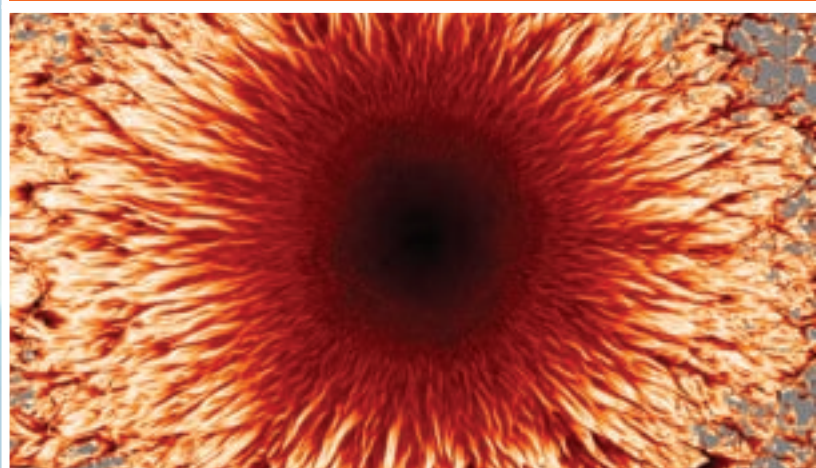
Τα χαρακτηριστικά του Ήλιου



Ηλιακές κηλίδες και κόκκοι (ΣΗΤ).

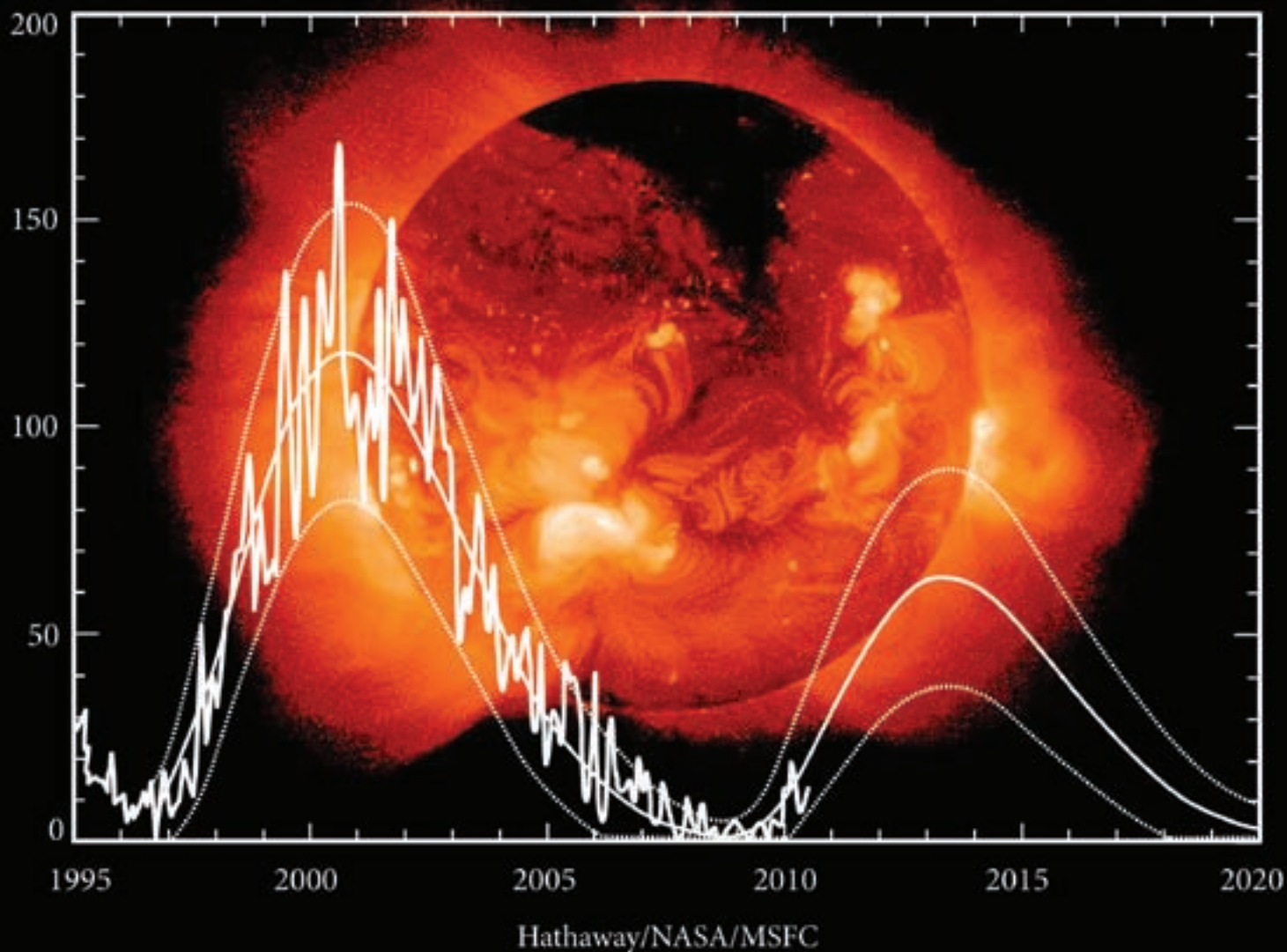


Ηλιακοί πυρσοί σε εικόνα που ελήφθη από το SOHO το Σεπτέμβριο του 1999.



Ψηφιακή αναπαράσταση ηλιακής κηλίδας (Matthias Rempel/UCAR/NCAR).

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΑΡΙΘΜΟΥ ΗΛΙΑΚΩΝ ΚΗΛΙΔΩΝ (ΙΟΥΛΙΟΣ 2010)



Σύμφωνα με τις τελευταίες προβλέψεις των αστρονόμων το επόμενο ηλιακό μέγιστο, δηλαδή η επόμενη κορύφωση της ηλιακής δραστηριότητας, αναμένεται τον Ιούνιο του 2013. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, ο αριθμός των ηλιακών κηλίδων υπολογίζεται ότι θα είναι σημαντικά μικρότερος από εκείνον που παρατηρήθηκε στη διάρκεια του τελευταίου ηλιακού μεγίστου.

Χάρη στις νέες προσομοιώσεις, μάλιστα, μια ερευνητική ομάδα δημιούργησε έναν εικονικό χώρο του Ήλιου με διαστάσεις 50.000 επί 100.000 km και βάθος 6.000 km. Με ρυθμό 76 τρισεκατομμυρίων υπολογισμών για κάθε δευτερόλεπτο λειτουργίας τους οι πανίσχυροι υπολογιστές που χρησιμοποιήθηκαν επέλυσαν τις διάφορες εξισώσεις, οι οποίες περιγράφουν τη δημιουργία και την εξέλιξη των ηλιακών κηλίδων, παρουσιάζοντας τελικά την οπτική απόδοσή τους. Το αποτέλεσμα ήταν πράγματι θεαματικό όχι μόνο από την επιστημονική του πλευρά, αλλά και από την εικαστική, αφού οι εικόνες των κηλίδων μοιάζουν με φανταστικούς πίνακες ζωγραφικής και κοσμικά «λουλούδια» απaráμιλλης ομορφιάς.

Τέτοιου είδους μελέτες μάς αποκαλύπτουν μυστικά της Φύσης που δεν μπορούσαν να επεξηγηθούν παλαιότερα και τα οποία εμφανίζονται κυρίως στη διάρκεια έντονης ηλιακής δραστηριότητας. Η ηλιακή δραστηριότητα επαναλαμβάνεται, όπως είπαμε, κάθε 11 χρόνια και η αύξησή της σηματοδοτείται με την εμφάνιση ενός αυξημένου αριθμού σκοτεινών κηλίδων στη φωτόσφαιρα. Ο επαναλαμβανόμενος ενδεκαετής κύκλος των κηλίδων ανακαλύφτηκε για πρώτη φορά πριν από 150 περίπου χρόνια, αν και η πρώτη παρατήρησή τους έγινε από το **Γαλιλαίο** (1564-1642) με το μικρό του τηλεσκόπιο. Λέγεται μάλιστα ότι ο περίφημος αυτός αστρονόμος έχασε το φως του εξαιτίας αυτών των παρατηρήσεων.

Πάντως οι πρώτες αναφορές για την ύπαρξη των ηλιακών κηλίδων ανάγονται σε κινεζικές παρατηρήσεις του πρώτου αιώνα π.Χ., ενώ μία γιγάντια κηλίδα αναφέρεται ότι παρατηρήθηκε και την περίοδο του θανάτου του Καρλομάγνου το 813 μ.Χ.. Αργότερα, εκτός από το Γαλιλαίο, τις κηλίδες παρατήρησε

ο Άγγλος αστρονόμος **Τόμας Χάριστ** (1560-1621) το 1611, καθώς επίσης και άλλοι παρατηρητές που έδωσαν επίσης και την επεξήγηση της εμφάνισής τους, αφού στη φωτόσφαιρα επικρατεί θερμοκρασία 6.000°C, ενώ η θερμοκρασία των σκοτεινών κηλίδων περιορίζεται στους 4.500°C περίπου. Γι' αυτό άλλωστε και είναι σκοτεινές σε σύγκριση με τις θερμότερες γύρω περιοχές. Το μέγεθός τους κυμαίνεται και φτάνει τα αρκετά δισεκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα και εμφανίζονται συνήθως σε ζεύγη και ομάδες που δημιουργούν μαγνητικά πεδία και διαρκούν αρκετές εβδομάδες.

Όπως προαναφέρθηκε ο ενδεκαετής κύκλος των κηλίδων παρουσιάζει μέγιστες και ελάχιστες τιμές. Σύμφωνα, μάλιστα, με κάποιες στατιστικές μελέτες υπάρχει κάποιου είδους συσχετισμός ανάμεσα στην εμφάνιση των κηλίδων και την ανθρώπινη υγεία. Στους τελευταίους 17 ενδεκαετείς κύκλους, για παράδειγμα, έχει παρατηρηθεί κάποιος συσχετισμός με τη μέγιστη εμφάνιση των κηλίδων και της εμφάνισης πανδημιών γρίπης. Το 1917 τη μέγιστη εμφάνιση των ηλιακών κηλίδων ακολούθησε η πανδημία της «Ισπανικής Γρίπης» που ήταν σε έξαρση το 1918-1919. Η μεγάλη πλειοψηφία των επιστημόνων, πάντως, δεν συσχετίζεται αυτόν το συσχετισμό.

Στη **χρωμόσφαιρα** μπορούμε να παρατηρήσουμε ένα από τα πιο εντυπωσιακά ηλιακά φαινόμενα, τις **προεξοχές**. Τεράστιοι χείμαρροι υπερθερμασμένων αερίων εκσφενδονίζονται συνεχώς με τρομακτικές ταχύτητες σε ύψη εκατοντάδων χιλιάδων χιλιομέτρων. Το βιαιότερο όμως είδος διαταραχών στον Ήλιο είναι οι **εκλάμψεις** που σχετίζονται με ισχυρά μαγνητικά πεδία και μπορούν να παρομοιαστούν με την έκρηξη δισεκατομμυρίων βομβών υδρογόνου.



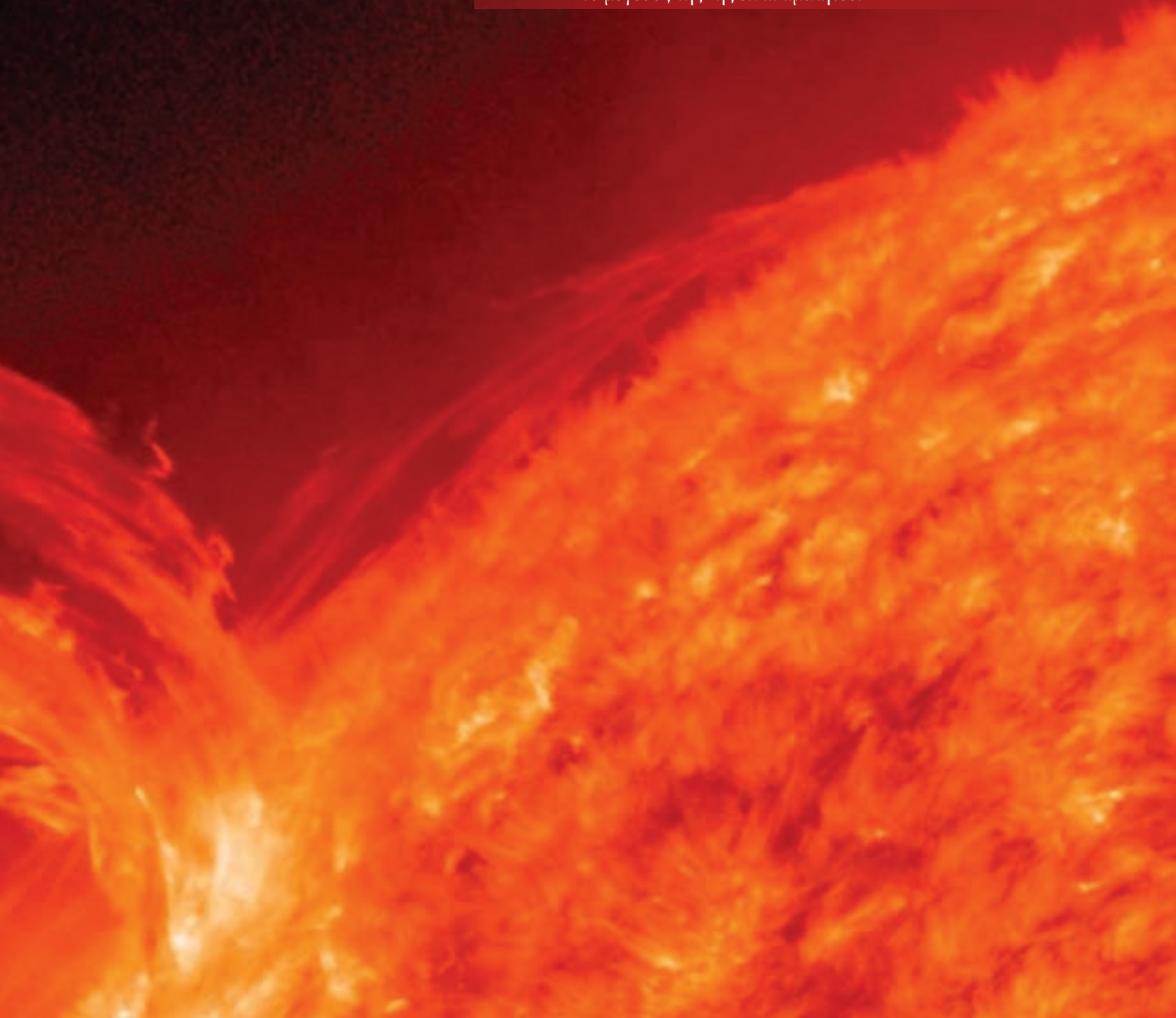
Τα πυρακτωμένα τους αέρια εκσφενδονίζονται σαν πύρινες γλώσσες που ξεδιπλώνονται και ορμούν στο διάστημα με τέτοια δύναμη, ώστε πολλές φορές αντί να ξαναπέσουν στον Ήλιο χάνονται στο κενό.

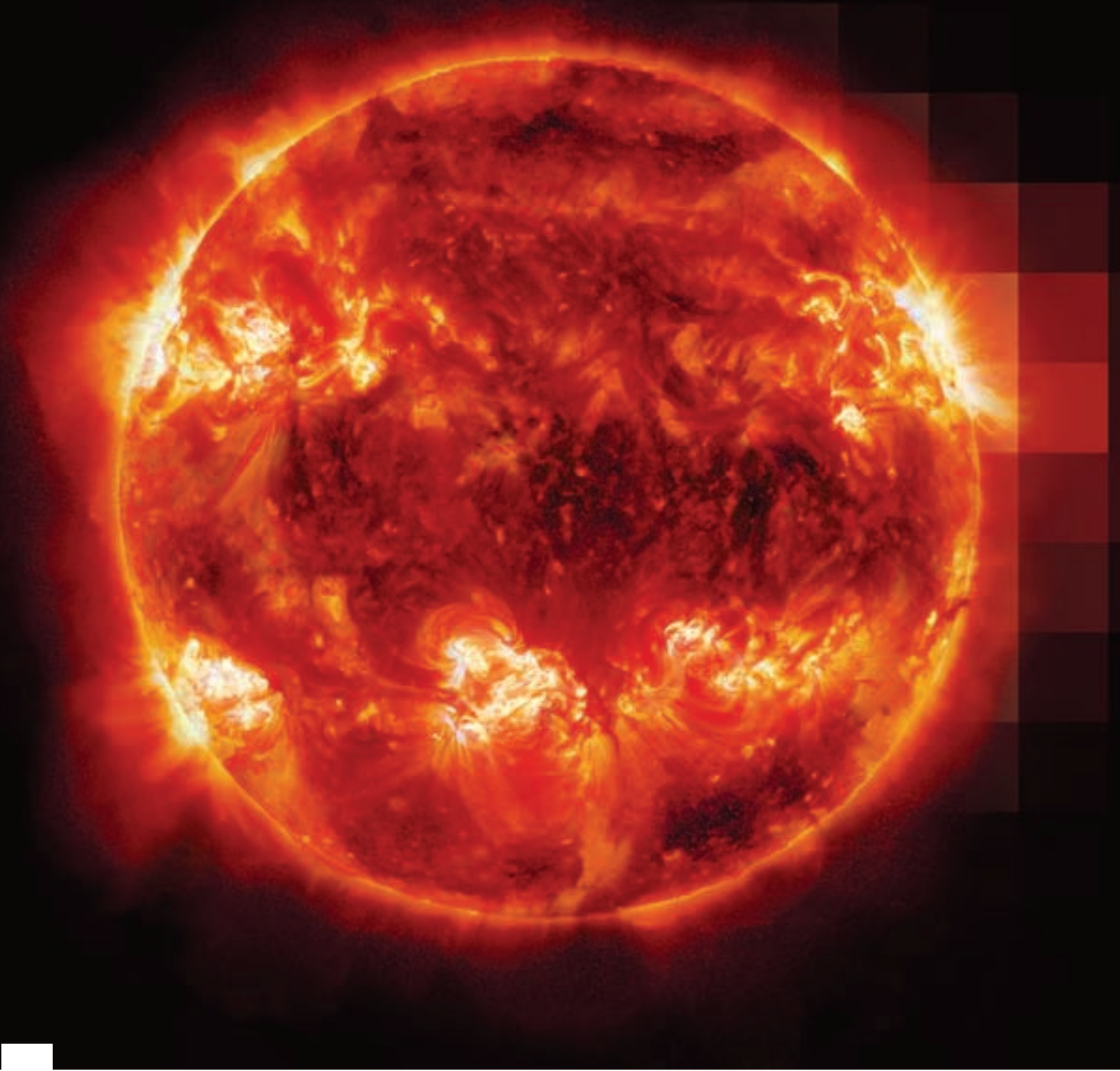
Για να καταλάβετε καλύτερα πόσο ισχυρός είναι ο Ήλιος αρκεί να συγκρίνετε το μέγεθος της Γης με τη δραστηριότητα των φαινομένων που συμβαίνουν πάνω από την επιφάνειά του. Γιατί σε σύγκριση με τη δραστηριότητα του Ήλιου η Γη μοιάζει με κόκκο άμμου στα κύματα μιας αγριεμένης θάλασσας. Τεράστιοι χείμαρροι υπερθερμασμένων αερίων, εκσφενδονίζονται συνεχώς με τεράστιες ταχύτητες και μετακινούνται στην ηλιακή ατμόσφαιρα ακολουθώντας ορισμένες γραμμές μαγνητικών δυνάμεων, σε ύψη εκατοντάδων χιλιάδων χιλιομέτρων, ενώ άλλοτε φαίνονται να «υλοποιούνται» ξαφνικά σε μεγάλα ύψη και να επιστρέφουν με ορμή προς την επιφάνεια.

Όλη αυτή η ηλιακή δραστηριότητα απελευθερώνει τεράστια ενεργειακά κύματα φορτισμένων σωματιδίων που εκπέμπονται προς όλες τις κατευθύνσεις, δημιουργώντας έτσι τον **ηλιακό άνεμο**. Η ταχύτητα των φορτισμένων σωματιδίων που εκπέμπονται από ορισμένες περιοχές της ηλιακής ατμόσφαιρας, που ονομάζονται **τρύπες του στέμματος**, έχουν ταχύτητα 800 km/sec, ενώ η μέση ταχύτητα του ηλιακού ανέμου δεν υπερβαίνει τα 400 km/sec.

Ένα τμήμα του ηλιακού ανέμου φτάνει και στον πλανήτη μας, όπου αποκρούεται από τη γήινη μαγνητόσφαιρα και τα σωματίδια που τον αποτελούν κατευθύνονται στους πόλους της Γης. Καθένα από τα σωματίδια αυτά μετακινείται με όλο και πιο μεγάλες ταχύτητες από τον έναν πόλο στον άλλο, με αποτέλεσμα να συγκρούονται με τα ανώτερα στρώματα της γήινης ατμόσφαιρας σχηματίζοντας έτσι το υπέροχο θέαμα του Πολικού Σέλαος σε ύψος από 100-1.000 km.

Εκρηκτική ηλιακή προεξοχή σε εικόνα που ελήφθη από τη διαστημοσυσκευή Solar Dynamics Observatory. Συγκριτικά, το μέγεθος της Γης είναι αμελητέο.





2 Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ

Για τους αρχαίους λαούς, τα άστρα δεν ήταν παρά απόμακρες μικροσκοπικές λυχνίες φωτός ή ακόμη και μικρές τρύπες στο πέπλο της νύχτας. Σήμερα όμως, με θαυμασμό και ταπείνωση, αρχίζουμε να αντιλαμβανόμαστε για πρώτη φορά την πραγματικά απίστευτη εικόνα του αστρικού σύμπαντος που μας έχουν αποκαλύψει τις τελευταίες μόλις δεκαετίες οι σύγχρονοι αστρονόμοι και αστροφυσικοί. Γιατί σήμερα γνωρίζουμε την πραγματική σύνθεση, φύση και δομή των άστρων, χάρη στο γεγονός ότι η σύγχρονη επιστήμη κατάφερε ακολουθώντας τα μυστικά μονοπάτια να εισχωρήσει βαθιά στην καρδιά του πλησιέστερου σε μας άστρου, του Ήλιου. Κι εκεί ανακαλύψαμε τον τρόπο με τον οποίο λάμπει τόσο αυτός, όσο κι όλα τα άλλα άστρα.

Λόγω της μικρής του απόστασης, ο Ήλιος φαίνεται ότι είναι 100 δισεκατομμύρια φορές λαμπρότερος από οποιοδήποτε άλλο άστρο, έτσι ώστε η φωτεινότητά του διαχέεται στην ατμόσφαιρά μας και καλύπτει, κατά τη διάρκεια της ημέρας, το φως των υπόλοιπων άστρων. Κι όμως όλα τα άστρα, όπως άλλωστε και ο Ήλιος μας, δεν είναι τίποτε άλλο παρά τεράστιες σφαίρες διάφορων αερίων με κύρια συστατικά το υδρογόνο και το ήλιο. Συγχρόνως παράγονται τεράστια ποσά ενέργειας. Κάθε δευτερόλεπτο που περνάει, ο Ήλιος εκπέμπει τόση ενέργεια όση θα μας έδινε η έκρηξη 4 δισεκατομμυρίων βομβών υδρογόνου των εκατό μεγατόνων η κάθε μία.

Κι όλα αυτά σ' ένα και μόνο δευτερόλεπτο, ενώ ο Ήλιος εκπέμπει την τεράστια αυτή ποσότητα ενέρ-

γειας εδώ και 5 δισεκατομμύρια χρόνια συνεχώς και θα συνεχίσει ακάθεκτος για άλλα τόσα. Ίσως να αναρωτιέστε όμως: με ποιον τρόπο άραγε ο Ήλιος (κι όλα τ' άλλα άστρα) μπορεί να ακτινοβολεί τόση ενέργεια; Την απάντηση τη μάθαμε μόλις σχετικά πρόσφατα.

Στις αρχές του περασμένου αιώνα ανακαλύψαμε ότι τα άτομα αποτελούνται από πρωτόνια, σωματίδια δηλαδή με θετικό ηλεκτρικό φορτίο, από νετρόνια, σωματίδια χωρίς κανένα φορτίο και από τα μικροσκοπικά ηλεκτρόνια, που είναι και αυτά σωματίδια με αρνητικό όμως φορτίο. Τα πρωτόνια και τα νετρόνια αποτελούν τον πυρήνα στο κέντρο του ατόμου, ενώ τα ηλεκτρόνια κινούνται σε τροχιές γύρω από τον πυρήνα. Όλα τα χημικά στοιχεία αποτελούνται από άτομα με διαφορετικές ποσότητες πρωτονίων, νετρονίων και ηλεκτρονίων. Το υδρογόνο, που είναι το πιο απλό από όλα τα χημικά στοιχεία, αποτελείται μόνο από ένα πρωτόνιο και από ένα ηλεκτρόνιο, ενώ το δεύτερο απλούστερο στοιχείο, το ήλιο αποτελείται από δύο ηλεκτρόνια, δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια. Και τα δύο αυτά στοιχεία είναι σταθερά και μπορούν να υφίστανται αιώνια κάτω από κανονικές συνθήκες.

Οι συνθήκες, όμως, που επικρατούν στο κέντρο του Ήλιου κάθε άλλο παρά κανονικές είναι. Η θερμοκρασία στην περιοχή αυτή φτάνει τους 20 εκατομμύρια βαθμούς Κελσίου. Τα υπερθερμασμένα άτομα κινούνται με μεγάλες ταχύτητες και συγκρούονται μεταξύ τους, πολλές φορές με τόση βιαιότητα, ώστε

δύο πυρήνες υδρογόνου κολλάνε μεταξύ τους, συγχωνεύονται δηλαδή, κατά τη σύγκρουση. Δύο ακόμη βίαιες συγκρούσεις προσθέτουν δύο ακόμη πυρήνες υδρογόνου στο σύνολο, φτιάχνοντας έτσι ένα σταθερό πυρήνα ηλίου.

Το παράξενο όμως σ' όλη αυτή τη διαδικασία είναι ότι οι τέσσερις μεμονωμένοι πυρήνες υδρογόνου ζυγίζουν περισσότερο από τον έναν πυρήνα ηλίου, ο οποίος δημιουργήθηκε με τη συγχώνευση. Τι έγινε λοιπόν η μάζα που λείπει; Μετατράπηκε απλούςτα σε ενέργεια, έτσι ακριβώς όπως πρόβλεψε ο **Άλμπερτ Αϊνστάιν** (1879-1955) στην περίφημη πλέον εξίσωσή του $E=mc^2$, δηλαδή η ενέργεια, που εκπέμπεται είναι ίση με το γινόμενο της μάζας που λείπει επί το τετράγωνο της ταχύτητας του φωτός. Με άλλα λόγια μια ελάχιστη ποσότητα μάζας μάς δίνει τεράστιες ποσότητες ενέργειας.

Ο Ήλιος είναι λοιπόν ένας τεράστιος πυρηνικός αντιδραστήρας που μετατρέπει το υδρογόνο του σε ήλιο. Κατά τη διάρκεια μάλιστα της διαδικασίας αυτής ο Ήλιος μετατρέπει, όπως είπαμε, σε ενέργεια σχεδόν πέντε εκατομμύρια τόνους από τη μάζα του κάθε δευτερόλεπτο. Παρ' όλο όμως που ο Ήλιος χάνει συνεχώς τόσα πολλά υλικά, είναι τόσο τεράστιος, ώστε σήμερα, 5 περίπου δισεκατομμύρια χρόνια μετά τη δημιουργία του, δεν έχει χάσει παρά ελάχιστη από τη μάζα του. Όλα τα άστρα στον ουρανό άλλωστε ακτινοβολούν ενέργεια με τον ίδιο τρόπο. Μερικά είναι μεγαλύτερα και άλλα μικρότερα, μερικά είναι θερμότερα ενώ άλλα είναι λιγότερο θερμά, αλλά σε τελική ανάλυση όλα τα άστρα λάμπουν με τον ίδιο τρόπο.

Το γενικό θεωρητικό υπόβαθρο της εσωτερικής δομής των άστρων το οφείλουμε στο μεγάλο Άγ-

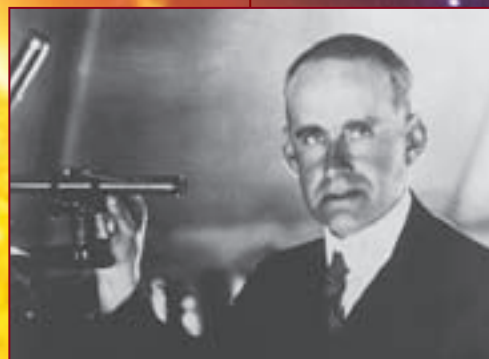
γλο φυσικό και αστρονόμο **Σερ Άρθουρ Έντιγκτον** (1882-1944), πολύ πριν ανακαλυφτεί η πηγή ενέργειας των άστρων. Ο Έντιγκτον περιέγραψε ως εξής την κατάσταση που επικρατεί στη καρδιά των άστρων: «Μέσα σ' ένα κυβικό εκατοστόμετρο βρίσκονται συμυκνωμένα ένα τρισεκατομμύριο τρισεκατομμύρια άτομα, διπλάσια περίπου ελεύθερα ηλεκτρόνια και 20 δισεκατομμύρια τρισεκατομμυρίων ακτίνες X. Οι ακτίνες X κινούνται με την ταχύτητα του φωτός και τα ηλεκτρόνια με ταχύτητα 16.000 km/sec. Τα περισσότερα άτομα είναι απλά πρωτόνια (πυρήνες δηλ. υδρογόνου) που τρέχουν με ταχύτητα 500 km/sec περίπου. Εδώ κι εκεί υπάρχουν βαρύτερα άτομα, όπως είναι ο σίδηρος, που κινούνται με αργούς ρυθμούς 60 km/sec. Με τις παραπάνω ταχύτητες μπορείτε κάλλιστα να φανταστείτε το μέγεθος των συγκρούσεων που επακολουθούν». Αυτός άλλωστε είναι και ο λόγος που κάνει τον Ήλιο, και όλα τ' άστρα του ουρανού, να λάμπουν! Η διαδικασία αυτή, με την οποία παράγεται η τεράστια ποσότητα ενέργειας στον Ήλιο και τ' άλλα άστρα, επεξηγήθηκε για πρώτη φορά από το Γερμανοαμερικανό φυσικό **Χανς Α. Μπετ** (1906-2005) το 1938. Η ανακάλυψη αυτή χάρισε σ' αυτόν το Βραβείο Νόμπελ Φυσικής (1967) και στην ανθρωπότητα την ερμηνεία μίας από τις βασικότερες διεργασίες που συμβαίνουν στο Σύμπαν.

Όπως γνωρίζουμε σήμερα, δύο είναι τα κύρια είδη των θερμοπυρηνικών αντιδράσεων που επικρατούν στη καρδιά των άστρων. Η μία ονομάζεται **αλυσίδα πρωτονίου – πρωτονίου** και η άλλη **κύκλος CNO** (δηλ. κύκλος Άνθρακα – Αζώτου – Οξυγόνου). Και στα δύο αυτά είδη των αντιδράσεων τέσσερις πυρήνες υδρογόνου (H-1) συγχωνεύονται σ' έναν πυρήνα ηλίου (He-4) εκπέμποντας συγχρόνως συνολική ενέργεια 26,2 εκατομμυρίων ηλεκτρονιοβόλτ (MeV). Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής, όταν 1000

γραμμάρια υδρογόνου συγχωνεύονται δημιουργούν 993 γραμμάρια ηλίου, πράγμα που σημαίνει ότι στη διαδικασία αυτή «χάνονται» 7 συνολικά γραμμάρια ύλης. Στην πραγματικότητα, φυσικά, η μικρή αυτή ποσότητα ύλης δεν «χάθηκε», αλλά μετετράπη σε ενέργεια.

Η ενέργεια που απελευθερώνεται από τον Ήλιο είναι τεράστια, αφού κάθε δευτερόλεπτο 655, περίπου, εκατομμύρια τόνοι υδρογόνου μετατρέπονται σε 650 περίπου εκατομμύρια τόνους ηλίου. Κάθε δευτερόλεπτο δηλαδή ο Ήλιος μετατρέπει σχεδόν 5 εκατομμύρια τόνους ύλης του σε ενέργεια. Ας δούμε όμως συνοπτικά τι γίνεται στο εσωτερικό του Ήλιου, αλλά και των άλλων άστρων. Η θερμοκρασία που επικρατεί εδώ αγγίζει τους 20 εκατομμύρια βαθμούς Κελσίου. Σ' αυτήν τη θερμοκρασία τα άτομα έχουν χάσει τα ηλεκτρόνια τους, είναι δηλαδή τελείως ιονισμένα, και η κατάσταση της ύλης που επικρατεί εδώ δεν είναι ούτε στερεά, ούτε υγρή, ούτε αέρια, αλλά μία τέταρτη κατάσταση, ηλεκτρικά ουδέτερη, που ονομάζεται **πλάσμα**.

Η ύλη δηλαδή που υπάρχει στην καρδιά των άστρων είναι ένα μείγμα ελεύθερων πυρήνων και ελεύθερων ηλεκτρονίων. Επειδή το υδρογόνο είναι το κύριο συστατικό των άστρων αυτό σημαίνει ότι το αστρικό πλάσμα αποτελείται κυρίως από ελεύθερα πρωτόνια, τα οποία θα πρέπει να συνδεθούν μεταξύ τους, ώστε να δημιουργήσουν το στοιχείο ήλιο. Όλα όμως τα πρωτόνια έχουν θετικό ηλεκτρικό φορτίο και έτσι απωθούνται μεταξύ τους λόγω της **ηλεκτροστατικής άπωσης** που αναπτύσσεται μεταξύ ομώνυμων φορτίων. Για να μπορέσουν δύο πρωτόνια (δηλ. οι δύο πυρήνες του υδρογόνου) να ενωθούν πρέπει να κινούνται πάρα πολύ γρήγορα, προκειμένου να έχουν έτσι μεγαλύτερη κινητική ενέργεια από την



Ο Βρετανός αστροφυσικός Σερ Άρθουρ Έντιγκτον (1882-1944).



Ο Γερμανοαμερικανός φυσικός Χανς Α. Μπετ (1906-2005).

ενέργεια που τα κάνει να απωθούνται. Για να καταφέρουν όμως να ενωθούν τα δύο πρωτόνια θα χρειαστεί να πλησιάσουν σε απόσταση ενός εκατοστού του τρισεκατομμυριοστού του χιλιοστού (10^{-14} mm ή 0,000000000000001 mm). Σ' αυτές τις απειροελάχιστες αποστάσεις η ηλεκτροστατική άπωση «αδρανοποιείται» και άλλου είδους δυνάμεις θα αναλάβουν να τα ενώσουν.

Παρ' όλο όμως που η τεράστια θερμοκρασία που επικρατεί στο εσωτερικό του Ήλιου και των άστρων εφοδιάζει τα ιονισμένα άτομα του υδρογόνου με κινητική ενέργεια χιλίων ηλεκτρονιοβόλτ (1 KeV), η ενέργεια αυτή είναι χίλιες φορές μικρότερη απ' αυτήν που απαιτείται για την υπέρβαση της ηλεκτροστατικής άπωσης ανάμεσα σε δύο ατομικούς πυρήνες υδρογόνου, η οποία υπολογίζεται το ένα εκατομμύριο ηλεκτρονιοβόλτ (1 MeV).

Κάτω απ' αυτές, λοιπόν, τις συνθήκες φαίνεται ότι καμμία πυρηνική αντίδραση δεν θα μπορούσε να είναι δυνατή στο εσωτερικό των άστρων. Εδώ όμως είναι που παρεμβαίνει η κβαντομηχανική και σώζει την κατάσταση! Σύμφωνα με τους νόμους της κβαντομηχανικής, παρ' όλη τη μεγάλη αυτή διαφορά της απαιτούμενης από την πραγματική κινητική ενέργεια των πρωτονίων, η πιθανότητα σύγκρουσης και συνένωσης δύο πρωτονίων δεν είναι μηδενική, αλλά αρκετά μεγάλη, έτσι ώστε ορισμένα, τουλάχιστον, από αυτά να μπορέσουν να υπερνικήσουν την μεταξύ τους ηλεκτροστατική άπωση, να συγκρουστούν με κάποιο άλλο πρωτόνιο, για ν' αρχίσουν έτσι, και να συνεχιστούν, οι απαιτούμενες πυρηνικές αντιδράσεις. Φυσικά ένα μόνο στα 100 εκατομμύρια πρωτόνια έχει αρκετή ενέργεια για τη συντήρηση των θερμοπυρηνικών αντιδράσεων, αλλά ο αριθμός τους είναι τόσο μεγάλος, ώστε κάθε δευτερόλεπτο

280 τρισεκατομμύρια, τρισεκατομμυρίων, τρισεκατομμυρίων ($2,8 \times 10^{38}$ ή ο αριθμός 28 ακολουθούμενος από 37 μηδενικά) πυρήνες υδρογόνου συντήκονται και μετατρέπονται σε ήλιο.

Στο πρώτο βήμα της *αλυσίδας πρωτονίου - πρωτονίου* έχουμε τη σύγκρουση δύο πυρήνων υδρογόνου (πρωτονίων). Στη διάρκεια της σύγκρουσης αυτής το ένα από τα δύο πρωτόνια αποβάλλει το θετικό του φορτίο με τη μορφή ενός ποζιτρονίου δηλαδή των σωματιδίων της αντιύλης που μοιάζουν με τα ηλεκτρόνια, αλλά αντί για αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο έχουν θετικό φορτίο. Μόλις όμως το ποζιτρόνιο αποχωρίσει, και σε διάστημα μικρότερο από το ένα εκατομμυριοστό του δευτερολέπτου, έλκεται από ένα ηλεκτρόνιο, που έχει αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο και τα δύο αυτά σωματίδια ύλης (το ηλεκτρόνιο) και αντιύλης (το ποζιτρόνιο) εξαυλώνονται αφήνοντας στη θέση τους δύο *φωτόνια γ* (ακτινοβολία υψηλής ενέργειας). Ταυτόχρονα όμως με τη γένεση του ποζιτρονίου γεννιέται και ένα νετρίνο, που διαφεύγει με την ταχύτητα του φωτός στο Διάστημα χωρίς να το εμποδίσει τίποτα, φτάνοντας στην ηλιακή επιφάνεια σε 2,5 περίπου δευτερόλεπτα. Με την αποχώρηση όμως του ποζιτρονίου το πρωτόνιο αναγκάζεται να μετατραπεί σε νετρόνιο.

Έτσι στη σύντηξη αυτή των δύο πυρήνων υδρογόνου έχουμε την ένωση ενός πρωτονίου με ένα νετρόνιο, σχηματίζοντας έτσι τον πυρήνα ενός ισότοπου του υδρογόνου που ονομάζεται *δευτέριο* ή βαρύ υδρογόνο. Στην πρώτη λοιπόν αυτή πυρηνική αντίδραση έχουμε συνοπτικά την εξής κατάσταση: ένωση δύο πυρήνων υδρογόνου που μας δίνουν ένα δευτέριο συν ένα ποζιτρόνιο συν ένα νετρίνο συν μία πολύ μικρή ποσότητα ενέργειας (1,44 MeV). Αστροπιαία σχεδόν μετά τη δημιουργία του το δευτέριο

συνενώνεται με έναν ακόμη πυρήνα υδρογόνου σχηματίζοντας ήλιον-3, ένα ισότοπο του ηλίου, στον πυρήνα του οποίου περιλαμβάνονται δύο πρωτόνια και ένα νετρόνιο, ενώ συγχρόνως εκπέμπεται και ένα φωτόνιο ακτινοβολίας γ .

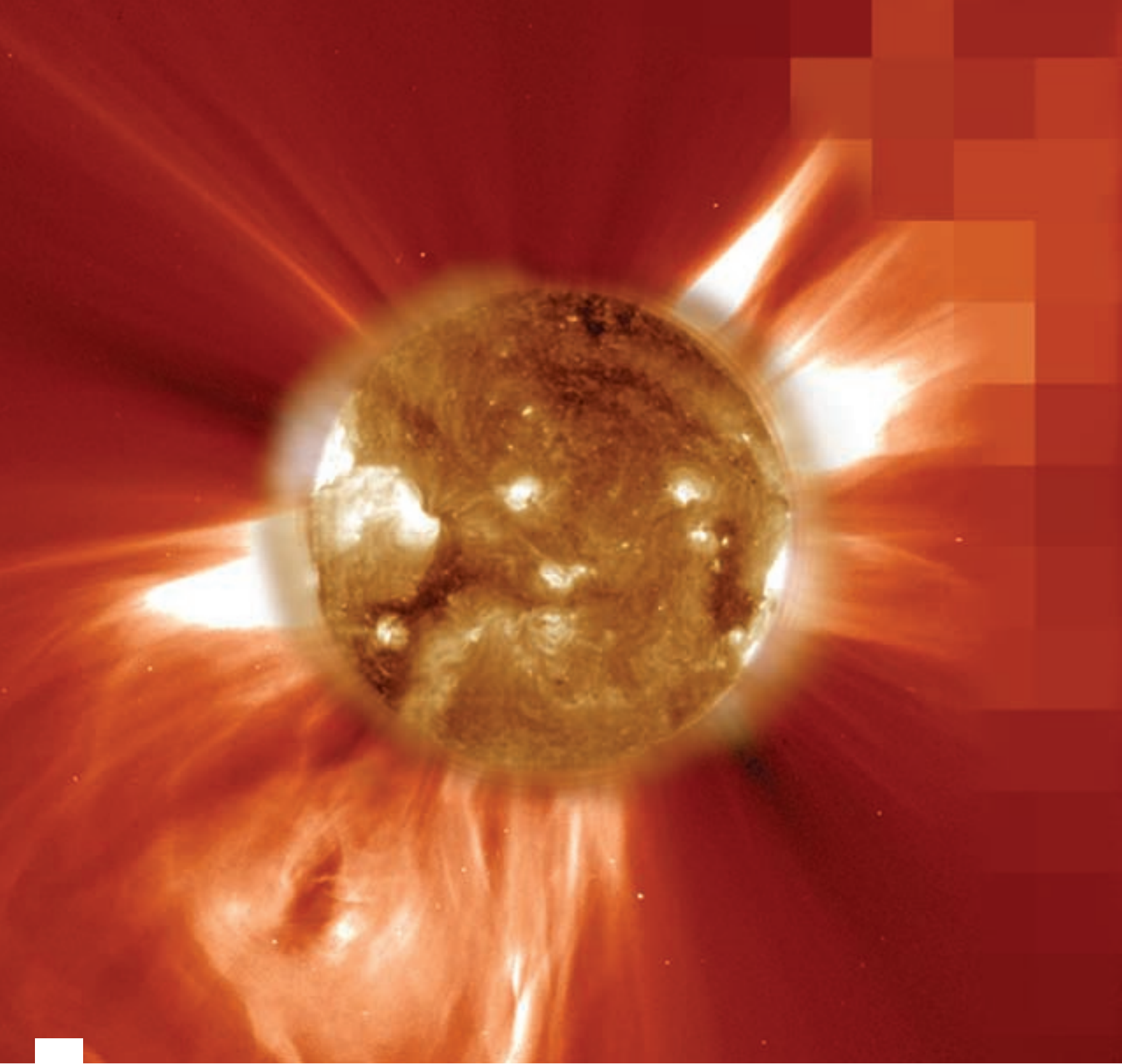
Στην τελευταία αντίδραση της αλυσίδας πρωτονίου-πρωτονίου δύο ισότοπα ηλίου-3 συγχωνεύονται μεταξύ τους παράγοντας έναν πυρήνα ηλίου-4, συν δύο πυρήνες υδρογόνου, συν ενέργεια. Η τελευταία αυτή αντίδραση απαιτεί να προηγηθούν δύο φορές οι δύο προηγούμενες αντιδράσεις, διότι για να γίνει η τρίτη αυτή αντίδραση χρειαζόμαστε την ύπαρξη δύο πυρήνων ηλίου-3. Έτσι, στις πέντε αυτές αντιδράσεις συμμετέχουν συνολικά 6 πρωτόνια (πυρήνες υδρογόνου), τα οποία μας δίνουν τελικά έναν πυρήνα ηλίου, δύο πυρήνες υδρογόνου, δύο ποζιτρόνια, δύο νετρίνα, ακτινοβολία γ και συνολική ενέργεια 26,72 MeV. Επειδή όμως τα δύο νετρίνα που διαφεύγουν μεταφέρουν μαζί τους και ενέργεια 0,26 MeV το καθένα, η καθαρή ενέργεια που αποδεσμεύεται κατά τη διάρκεια της δημιουργίας ενός ηλίου-4 είναι ίση με 26,2 MeV. Η όλη αυτή διαδικασία είναι ο βασικός τρόπος μεταστοιχείωσης του υδρογόνου σε ήλιο και της παραγωγής της αστρικής ενέργειας.

Στην άλλη αλυσίδα, γνωστή και ως **Κύκλος CNO**, συμμετέχουν 6 πυρήνες υδρογόνου, ο άνθρακας C-12, το ραδιενεργό ισότοπο του αζώτου N-13, το ισότοπο του άνθρακα C-13, το άζωτο N-14, το ραδιενεργό ισότοπο του οξυγόνου O-15 και το ισότοπο του αζώτου N-15. Και σ' αυτήν όμως τη σειρά των αντιδράσεων έχουμε τη σύντηξη 4 πυρήνων υδρογόνου (πρωτονίων) και την παραγωγή ενός ηλίου, δύο ποζιτρονίων, δύο νετρίνων και την εκπομπή 26,2 MeV ενέργειας (αφού αφαιρέσουμε την

ενέργεια 0,52 MeV που αποσπούν και μεταφέρουν τα δύο νετρίνα), όπου ο άνθρακας λειτουργεί απλώς σαν καταλύτης (διευκολυντής) του κύκλου αυτών των αντιδράσεων.

Η ακτινοβολία γ που παράγεται στον πυρήνα του Ήλιου, προκειμένου να φτάσει μέχρι τα εξωτερικά του στρώματα και να παρατηρηθεί χρειάζεται 30.000 περίπου χρόνια. Αυτό συμβαίνει διότι από τη στιγμή που θα δημιουργηθεί, ένα φωτόνιο γ συγκρούεται εκατομμύρια φορές με τα διάφορα σωματίδια της ύλης του Ήλιου, με αποτέλεσμα ο δρόμος προς την επιφάνεια να μην είναι καθόλου ευθύς. Αυτές οι συνεχείς συγκρούσεις έχουν ως αποτέλεσμα να χάσει η ακτινοβολία γ αρκετή από την ενέργειά της, έτσι ώστε όταν φτάσει στην επιφάνεια του Ήλιου εμφανίζεται με τη μορφή ορατής, υπέρυθρης και υπεριώδους ακτινοβολίας. Αν δεν συνέβαιναν οι συγκρούσεις αυτές και ο Ήλιος εξέπεμπε την ακτινοβολία γ αναλλοίωτη, τότε καμμία μορφή ζωής δεν θα μπορούσε να επιβιώσει ούτε δευτερόλεπτο σε οποιοδήποτε σημείο του Ηλιακού μας Συστήματος. Στη περίπτωση αυτή δεν θα μπορούσαμε να δούμε τον Ήλιο αλλά ούτε και να δούμε τον Ήλιο αλλά θα αντικρίζαμε έναν πραγματικά «μαύρο» Ήλιο.

Φυσικά ένας τέτοιος «μαύρος» Ήλιος, δεν είναι το ίδιο με μία διαστημική **μαύρη τρύπα**, γιατί, τα απολείφια αυτά της καρδιάς υπεργιγάντιων άστρων, μετά την επιθανάτια έκρηξή τους σαν σουπερνόβα, «κατάπιαν» κυριολεκτικά τον ίδιο τους τον εαυτό συμπιέζοντας συγχρόνως την ύλη τους σε τέτοια πυκνότητα, ώστε ακόμη και το φως να είναι αδύνατο να διαφύγει από την έλξη της βαρυτικής τους δύναμης. Έχουν μετατραπεί δηλαδή σε «αόρατα» άστρα. Αυτό όμως είναι μια άλλη ιστορία.



3 ΗΛΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΙΓΙΔΕΣ

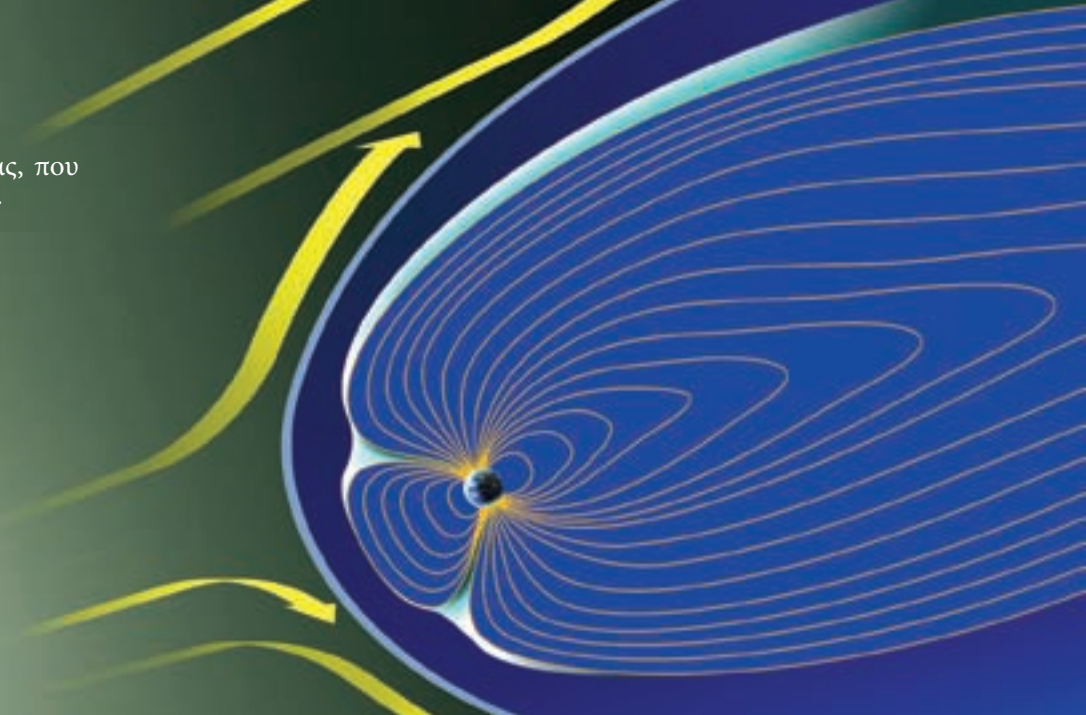
Η λέξη «καταιγίδα» θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι αναφέρεται στα έντονα φαινόμενα που συμβαίνουν στο κατώτερο στρώμα της γήινης ατμόσφαιρας, την **τροπόσφαιρα**, η οποία εκτείνεται μέχρι ύψους 11 km περίπου πάνω από τη γήινη επιφάνεια. Καιρικά όμως φαινόμενα συναντάμε και στο Διάστημα! Φυσικά ο διαστημικός καιρός και οι λεγόμενες **ηλιακές καταιγίδες** δεν μοιάζουν με τις γήινες καταιγίδες, είναι όμως εξ ίσου ενδιαφέροντα φαινόμενα, τα οποία βρίσκονται στην κορυφή της επιστημονικής έρευνας για πολλούς νέους αστρονόμους και συνδέονται άμεσα με τη δραστηριότητα του Ήλιου μας. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζεται μάλιστα όταν η δραστηριότητα αυτή βρίσκεται σε έξαρση στη διάρκεια του μέγιστου ενός ηλιακού κύκλου που επαναλαμβάνεται, όπως είπαμε, κάθε 11 περίπου χρόνια. Στη διάρκεια των εξάρσεων αυτών της ηλιακής δραστηριότητας στη φωτόσφαιρα, εμφανίζονται αυξημένες ποσότητες σκοτεινών κηλίδων. Το μέγεθος των κηλίδων μπορεί να ξεπεράσει πολλές φορές τη διάμετρο της Γης μας και συχνά εμφανίζονται σε ζεύγη, τα οποία δημιουργούν μαγνητικά πεδία με διάρκεια αρκετών εβδομάδων. Η συστηματική καταγραφή τους άρχισε το 1749.

Μεταξύ αυτών που ανακαλύψαμε έκτοτε είναι επίσης και το γεγονός ότι οι ηλιακές κηλίδες «σημαδεύουν» τις περιοχές όπου το μαγνητικό πεδίο του Ήλιου διαπερνάει την επιφάνεια και σπρώχνει καυτά αέρια προς τα πάνω μέσα στην ηλιακή ατμόσφαιρα. Η φαινόμενη ορατή επιφάνεια του Ήλιου ονομάζεται **φωτόσφαιρα** και με τη χρήση ειδικών φίλτρων

μετατρέπεται σ' ένα πολύχρωμο μωσαϊκό με φλογισμένους πίδακες υλικών, ενώ με τη βοήθεια ενός φίλτρου ακτίνων X ο ενεργός Ήλιος είναι ακόμη πιο εντυπωσιακός. Τότε η κανονικά φωτισμένη επιφάνειά του φαίνεται να είναι σκοτεινή, ενώ οι περιοχές γύρω από τις ηλιακές κηλίδες είναι κατάφωτες από τις ακτίνες X που εκπέμπουν. Από τις περιοχές αυτές πηγάζουν, όπως προαναφέρθηκε, και οι ηλιακές εκλάμψεις.

Πάνω από τη χρωμόσφαιρα βρίσκεται μία λεπτή μεταβατική ζώνη όπου η θερμοκρασία συνεχώς αυξάνει από τους 20.000°C έως τους 1.000.000°C, ενώ πάνω από την περιοχή αυτή βρίσκεται το στέμμα, η εξωτερική στιβάδα της ατμόσφαιρας του Ήλιου, που εκτείνεται σε απόσταση 3,5 εκατ. km και έχει θερμοκρασία που πλησιάζει τους 2 εκατ. βαθμούς Κελσίου. Σ' αυτήν τη θερμοκρασία τα άτομα του υδρογόνου (που αποτελούνται από ένα πρωτόνιο και ένα ηλεκτρόνιο) συγκρούονται μεταξύ τους με τέτοια βιαιότητα, ώστε διαλύονται κυριολεκτικά στα «εξ ων συνετέθησαν» σχηματίζοντας ένα μείγμα ελεύθερων φορτισμένων σωματιδίων (πρωτονίων και ηλεκτρονίων) που ονομάζεται **πλάσμα**. Με τη βοήθεια των εκλάμψεων τρισεκατομμύρια τόνοι πλάσματος εκπέμπονται στο Διάστημα από ορισμένες κυρίως περιοχές της ηλιακής ατμόσφαιρας που ονομάζονται **τρύπες του στέμματος** σχηματίζοντας έτσι τον **ηλιακό άνεμο** που κινείται με μέση ταχύτητα 400 km/sec, αν και η ταχύτητά του μπορεί να αγγίξει ακόμη και τα 800 km/sec.

Απεικόνιση της γήινης μαγνητόσφαιρας, που μας προστατεύει από τον ηλιακό άνεμο.



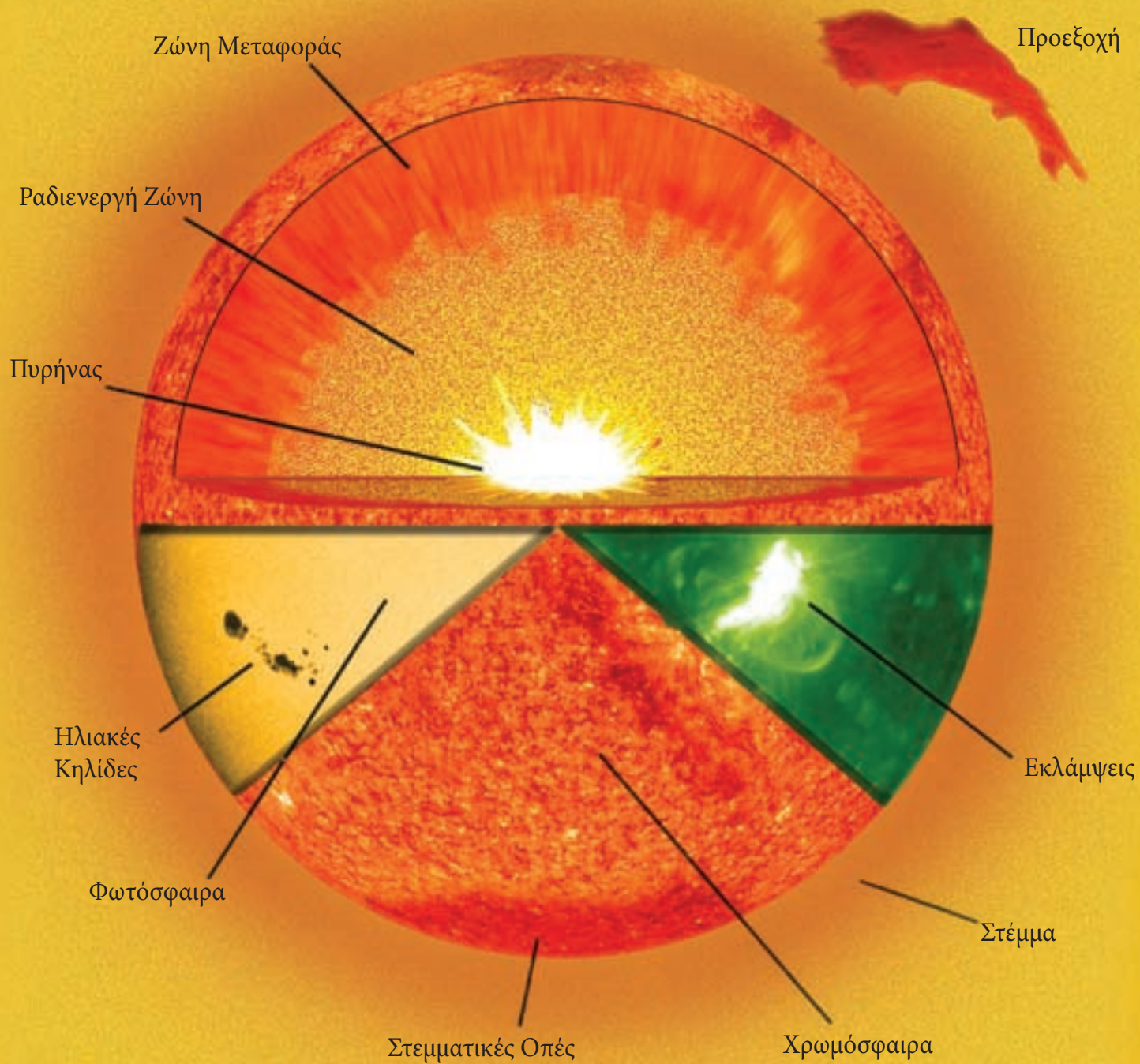
Η αυξημένη όμως δραστηριότητα του Ήλιου στις περιόδους μέγιστης παρουσίας των ηλιακών κηλίδων, εμφανίζει επίσης και μία έξαρση στην εκτίναξη τεραστίων ποσοτήτων ηλιακής μάζας στο Διάστημα. Σ' αυτά τα φαινόμενα άλλωστε οφείλεται και η εμφάνιση των μαγνητικών καταιγίδων που προσβάλλουν τη Γη κατά καιρούς. Γιατί μετά από ένα ταξίδι 150 εκατ. km τα φορτισμένα αυτά σωματίδια από τον Ήλιο φτάνουν στη Γη μας σε τέσσερις περίπου ημέρες. Και ενώ στην περίπτωση της Αφροδίτης και του Άρη ο ηλιακός άνεμος συνετέλεσε στην σταδιακή εξαφάνιση των τεράστιων αποθεμάτων νερού, που απ' ό,τι φαίνεται διέθεταν στην πρώτη περίοδο της εξέλιξής τους, στον πλανήτη μας η καταστροφική αυτή συνέπεια έχει αποφευχθεί χάρη στην ύπαρξη της γήινης μαγνητόσφαιρας.

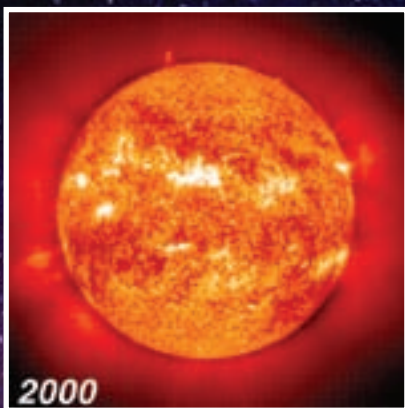
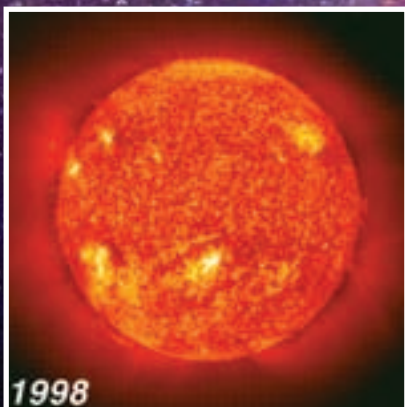
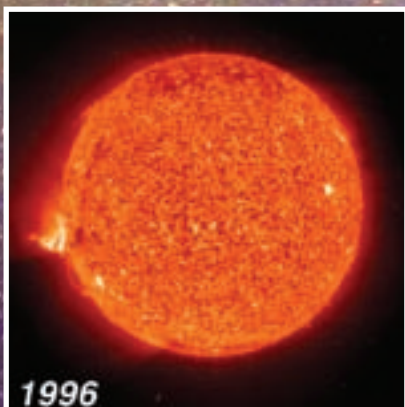
Από την αρχαιότητα άλλωστε γνωρίζαμε ότι στην περίπτωση δύο διαφορετικών μαγνητών οι δύο όμοιοι πόλοι απωθούνται, ενώ οι δύο αντίθετοι

έλκονται, κάτι που συμβαίνει σ' ολόκληρη τη γύρω περιοχή του μαγνήτη που ονομάζεται **μαγνητικό πεδίο** και εντοπίζεται από ορισμένες μαγνητικές γραμμές που εκτείνονται καμπυλωτά από τον έναν πόλο στον άλλον. Το 1821 όμως ανακαλύφτηκε ότι και η ύπαρξη ηλεκτρικών ρευμάτων παράγει μαγνητικές δυνάμεις κι απ' αυτήν την ανακάλυψη ο Γάλλος φυσικός **Αντρέ Αμπέρ** (1775-1836) κατόρθωσε να διαπιστώσει ότι η βασική φύση του μαγνητισμού δεν είχε να κάνει με μαγνητικούς πόλους και σιδερένιους μαγνήτες, αλλά με τη ροή ηλεκτρικών ρευμάτων. Σήμερα μάλιστα οι ισχυρότεροι μαγνήτες στον κόσμο δημιουργούνται από διατάξεις με την απ' ευθείας ροή ηλεκτρικών ρευμάτων που σχηματίζουν τους τεράστιες δύναμης ηλεκτρομαγνήτες.

Κάτι παρόμοιο λοιπόν συμβαίνει και με τη Γη, της οποίας το εσωτερικό βρίσκεται σε υπέρθερμη ρευστή κατάσταση, οπότε και οποιοσδήποτε σιδερένιος μαγνήτης και αν υπήρχε θα είχε χάσει το

Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ





Όσο πλησιάζουμε το μέγιστο ενός ηλιακού κύκλου, η ηλιακή δραστηριότητα αυξάνεται σημαντικά.

μαγνητισμό του λόγω των τεράστιων θερμοκρασιών που υφίστανται. Ο μεταλλικός αυτός πυρήνας της Γης όμως είναι ηλεκτρικά αγωγίμος και μ' αυτόν τον τρόπο ο πλανήτης μας μπορεί να παρομοιαστεί με μία τεράστια ηλεκτρική γεννήτρια. Έτσι η ροή των ηλεκτρικών ρευμάτων που δημιουργούνται εκεί είναι ο λόγος που γύρω από τη Γη σχηματίζεται το μαγνητικό της πεδίο. Με την έλευση της διαστημικής εποχής και με τις έρευνες που πραγματοποίησαν οι πρώτοι δορυφόροι *Εξερευνητής 1* και *3* ανακαλύψαμε τις δύο ζώνες ακτινοβολιών, τις λεγόμενες *ζώνες Βαν-Άλεν* (1958), που περιβάλλουν τη Γη μας, και κατανοήσαμε επίσης την πολυπλοκότητα των ηλεκτρικών και μαγνητικών φαινομένων που λειτουργούν στο γήινο περιβάλλον, το οποίο ονομάστηκε *μαγνητόσφαιρα*.

Στην επιφάνεια της Γης όμως οι διάφορες μαγνητικές δυνάμεις δεν παίζουν σχεδόν κανένα ρόλο γιατί απλούστατα τα πάντα γύρω μας, ακόμη και το οξυγόνο και το άζωτο που αναπνέουμε, είναι ηλεκτρικά ουδέτερα. Όμως 100 km πάνω από την επιφάνεια της Γης το περιβάλλον είναι τελείως διαφορετικό. Στα ακραία αυτά όρια της γήινης ατμόσφαιρας οι ακτίνες X και οι υπεριώδεις ακτινοβολίες του Ήλιου θερμαίνουν την περιοχή, αναγκάζοντας έτσι τα διάφορα άτομα που βρίσκονται εκεί να αποβάλλουν ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια. Μ' αυτόν τον τρόπο τα απογυμνωμένα αυτά άτομα αποκτούν ένα θετικό φορτίο και ονομάζονται *ιόντα*. Τα θετικά

αυτά ιόντα και τα απελευθερωμένα αρνητικά ηλεκτρόνια έχουν την ιδιότητα να αντιδρούν και να κατευθύνονται πλήρως από τις μαγνητικές δυνάμεις που περιβάλλουν τη Γη. Άλλωστε, η όλη δομή του γήινου μαγνητικού πεδίου προσδιορίζει άμεσα τη συμπεριφορά και την κίνηση των σωματιδίων που έχει αιχμαλωτίσει.

Ο άξονας όμως του μαγνητικού πεδίου της Γης που ενώνει τους δύο μαγνητικούς της πόλους έχει μια κλίση σε σχέση με το γεωγραφικό άξονα της περιστροφής της, που φτάνει τις 12° περίπου. Έτσι, ο γεωγραφικός πόλος δεν συμπίπτει με το μαγνητικό πόλο της Γης, ενώ τα τελευταία 300 χρόνια διαπιστώθηκε ότι με την πάροδο του χρόνου οι μαγνητικοί αυτοί πόλοι μετακινούνται με ρυθμό που αγγίζει τα 11 km το χρόνο και με κατεύθυνση, προς το παρόν, το βόρειο γεωγραφικό πόλο. Όπως αποδεικνύεται πάντως από γεωλογικές μελέτες τα πράγματα δεν ήταν πάντα έτσι, γιατί κατά το παρελθόν είχαμε ακόμη και αναστροφές του γήινου μαγνητικού πεδίου. Τα τελευταία πέντε εκατομμύρια χρόνια είχαμε συνολικά 25 τέτοιες αναστροφές, με αποτέλεσμα ο βόρειος πόλος να γίνει νότιος και το αντίστροφο. Η τελευταία τέτοια αναστροφή των μαγνητικών πόλων έγινε πριν από 720.000 χρόνια και είναι βέβαιο ότι το φαινόμενο αυτό θα επαναληφθεί στο μέλλον.

Η ύπαρξη όμως της γήινης μαγνητόσφαιρας είναι για τα έμβια όντα ιδιαίτερα ευεργετική, αφού λει-

τουργεί και σαν ασπίδα ενάντια στον ηλιακό άνεμο και τα φορτισμένα σωματίδια που εκτοξεύονται από τον Ήλιο. Παρ' όλα αυτά η ισχύς του ηλιακού ανέμου είναι τέτοια, ώστε στην πλευρά της Γης που είναι στραμμένη προς τον Ήλιο το γήινο μαγνητικό πεδίο συμπιέζεται προς την επιφάνειά της, ενώ στη σκοτεινή της πλευρά δημιουργείται μια μακριά μαγνητική ουρά σαν κομήτης, που έχει διάμετρο 30 έως 60 γήινων ακτίνων και μήκος 1.000.

Έτσι, τα φορτισμένα σωματίδια που αποτελούν τον ηλιακό άνεμο, όταν φτάσουν στη Γη μας αποκρούονται από τη γήινη μαγνητόσφαιρα και κατευθύνονται προς τους μαγνητικούς της πόλους, όπου αιχμαλωτίζονται και εξαναγκάζονται να μεταπηδούν από τη μια πολική περιοχή στην άλλη, επιταχυνόμενα συγχρόνως σχεδόν με την ταχύτητα του φωτός. Μ' αυτήν την ταχύτητα συγκρούονται με τα φορτισμένα σωματίδια που είναι εγκλωβισμένα στα ανώτερα στρώματα της γήινης ατμόσφαιρας και έτσι τα σωματίδια του ηλιακού ανέμου, που γεννήθηκαν στα έγκατα του Ήλιου, διοχετεύουν τελικά την ενέργειά τους πάνω από τους πόλους του πλανήτη μας. Η αλληλεπίδραση αυτή του ηλιακού ανέμου και του γήινου μαγνητικού πεδίου είναι ο λόγος για την εμφάνιση του ωραιότερου από τα παιχνίδια της γήινης φύσης, όταν σχηματίζονται μυστηριώδη φωτεινά πέπλα, που αποτελούν το βόρειο και το νότιο Σέλας σε ύψος που κυμαίνεται από 100 έως 1.000 km.



4 ΟΙ ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ

Του Αλέξη Δεληβοριά

Η συστηματική παρατήρηση του Ήλιου με τη βοήθεια επίγειων και διαστημικών αστρονομικών οργάνων και τηλεσκοπίων είναι ιδιαίτερα σημαντική, γιατί βοηθά τους επιστήμονες να διευρύνουν τις γνώσεις τους για την εξελικτική πορεία των άστρων. Πολύ περισσότερο όμως, διότι συμβάλλει σημαντικά στην πληρέστερη κατανόηση μιας ολόκληρης σειράς ηλιακών φαινομένων, όπως οι ηλιακές εκλάμψεις, οι ηλιακές κηλίδες, ο ηλιακός άνεμος, η αέναη εναλλαγή του ηλιακού κύκλου, φαινομένων δηλαδή που ασκούν σημαντική και ενίοτε δραματική επίδραση στον ίδιο τον πλανήτη που μας φιλοξενεί. Ως εκ τούτου, με τη ραγδαία ανάπτυξη των φυσικών επιστημών και της τεχνολογίας που σημειώθηκε καθόλη τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, μία από τις βασικές προτεραιότητες της σύγχρονης παρατηρησιακής αστρονομίας ήταν και η κατασκευή αστρονομικών οργάνων για τη λεπτομερέστερη παρατήρηση του Ήλιου.

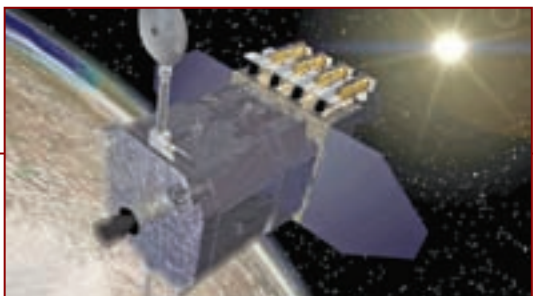
Το πρώτο ηλιακό τηλεσκόπιο στον κόσμο κατασκευάστηκε στο Αστεροσκοπείο Wilson της Καλιφόρνια το 1904. Το 1908 και το 1912 κατασκευάστηκαν στο ίδιο αστεροσκοπείο δύο ακόμη ηλιακά τηλεσκόπια κατακόρυφης διάταξης, με ύψος 18 και 46 m αντίστοιχα, που εξαιτίας του σχήματός τους αποκαλούνται συχνά από τους αστρονόμους ηλιακοί πύργοι. Στα σχέδια αυτών των δύο τελευταίων τηλεσκοπίων βασίστηκε αργότερα και η κατασκευή του επονομαζόμενου Πύργου του Αϊνστάιν, που

τέθηκε σε λειτουργία στο Πότσδαμ της Γερμανίας το 1924. Αυτού του είδους τα τηλεσκόπια ανιχνεύουν συνήθως ηλιακή ακτινοβολία στο ορατό φάσμα των συχνοτήτων, αν και η νεότερη γενιά τους είναι παράλληλα εξοπλισμένη με ειδικούς φασματογράφους και άλλα επιστημονικά όργανα, που τους επιτρέπουν να αναλύουν χημικά τη σύσταση των εξωτερικών στοιβάδων του Ήλιου και να «βλέπουν» και σε άλλα μήκη κύματος.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα επίγειων ηλιακών αστεροσκοπειών αποτελούν το Σουηδικό Ηλιακό Τηλεσκόπιο, το οποίο τέθηκε σε λειτουργία το 2002, το NST στο Αστεροσκοπείο Big Bear της Καλιφόρνια και το MacMath-Pierce στο Εθνικό Αστεροσκοπείο Kitt Peak της Αριζόνα, με διάμετρο 1,6m και 1,61m αντίστοιχα.

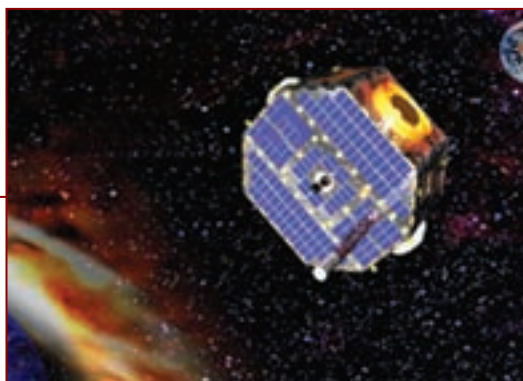
Πραγματικά, η συνεισφορά των επίγειων ηλιακών τηλεσκοπίων στη διεύρυνση των γνώσεών μας για τον Ήλιο και την ηλιακή δραστηριότητα ήταν και εξακολουθεί να παραμένει σημαντική. Από τη στιγμή όμως που η αστρονομική έρευνα για τον Ήλιο μεταφέρθηκε και στο διάστημα, στις αρχές της δεκαετίας του '60, οι γνώσεις μας αυξήθηκαν εντυπωσιακά. Ας δούμε όμως τις συσκευές που εκτοξεύσαμε στο διάστημα με σκοπό τη μελέτη του Ήλιου και της ηλιακής δραστηριότητας, ξεκινώντας από τη πιο πρόσφατη.

Solar Dynamics Observatory (SDO)



Αυτό το ηλιακό διαστημικό αστεροσκοπείο της NASA, που εκτοξεύτηκε μόλις στις 11 Φεβρουαρίου 2010, θα βοηθήσει τους επιστήμονες να διερευνήσουν τα αίτια που προκαλούν την ηλιακή δραστηριότητα, καθώς και τον τρόπο που αυτή επηρεάζει τον πλανήτη μας. Ο ηλιακός άνεμος, οι ηλιακές εκλάμψεις, οι εκτινάξεις ύλης από το στέμμα του Ήλιου, οι ηλιακές κηλίδες, όλες αυτές οι συχνά βίαιες εξάρξεις του πλησιέστερου σε μας άστρου, σχετίζονται με τη μαγνητική του δραστηριότητα, για την οποία γνωρίζουμε ότι μεταβάλλεται σ' έναν ενδεκαετή κύκλο. Όπως παρατηρούν αρκετοί επιστήμονες, η έναρξη της αποστολής του SDO δεν θα μπορούσε να έρθει σε μια πιο κατάλληλη στιγμή, αφού το επόμενο ηλιακό μέγιστο, δηλαδή η επόμενη κορύφωση της ηλιακής δραστηριότητας, αναμένεται γύρω τον Ιούνιο του 2013. Το περίεργο είναι ότι από το 2008, όταν και παρατηρήθηκε το τελευταίο ηλιακό ελάχιστο, μέχρι και σήμερα δεν έχει παρατηρηθεί σημαντική αύξηση του αριθμού των ηλιακών κηλίδων, όπως θα έπρεπε να συμβεί εάν όντως προσεγγίζαμε το επόμενο ηλιακό μέγιστο. Αυτό ανάγκασε ορισμένους επιστήμονες να προβλέψουν ότι κατευθυνόμαστε προς μια παρατεταμένη περίοδο ελάχιστης ηλιακής δραστηριότητας, κάτι που για τελευταία φορά είχε παρατηρηθεί στα 1645-1715, μια περίοδο γνωστή ως το *Ελάχιστο του Maunder*.

IBEX



Διαστημικός ανιχνευτής της NASA που τέθηκε σε τροχιά γύρω από τη Γη στις 19 Οκτωβρίου 2008, προκειμένου να διερευνήσει τα όρια του Ηλιακού μας συστήματος, το όριο δηλαδή στο οποίο η επίδραση του Ήλιου σταματά και ξεκινά το μεσοαστρικό διάστημα.

STEREO



Οι δύο διαστημοσυσκευές της αποστολής STEREO εκτοξεύτηκαν στις 25 Οκτωβρίου 2006 από το Ακρωτήριο Κανάβεραλ και περίπου τρεις μήνες αργότερα τέθηκαν σε ηλιοκεντρική τροχιά εκατέρωθεν της Γης, προκειμένου να μελετήσουν τη δομή και την εξέλιξη των ηλιακών καταιγίδων, να απεικονίσουν

στερεοσκοπικά τον Ήλιο και να συλλέξουν δεδομένα για ορισμένα ηλιακά φαινόμενα, όπως είναι οι εκτινάξεις μάζας από το στέμμα του. Βασικοί στόχοι της αποστολής είναι να διερευνηθούν οι αιτίες και οι φυσικοί μηχανισμοί που προκαλούν τις εκτινάξεις μάζας από το στέμμα του Ήλιου, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο διαδίδονται μέσα από την ηλιόσφαιρα. Εκτός αυτού, με τα δεδομένα που θα συλλέξουν οι δύο διαστημοσυσσκευές θα διερευνηθεί περαιτέρω η δομή του ηλιακού ανέμου, όπως επίσης και οι φυσικοί μηχανισμοί που επιταχύνουν τα ενεργητικά σωματίδια που τον αποτελούν.

HINODE



Ιαπωνική διαστημοσυσσκευή που εκτοξεύτηκε στις 22 Σεπτεμβρίου 2006, προκειμένου να μελετήσει τα μαγνητικά πεδία στη φωτόσφαιρα και στο στέμμα του Ήλιου και να συλλέξει δεδομένα για τον τρόπο με τον οποίο απελευθερώνεται η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο μαγνητικό πεδίο του Ήλιου.

RHESSI



Διαστημοσυσσκευή της NASA που εκτοξεύτηκε στις 5 Φεβρουαρίου 2002, προκειμένου να συλλέξει δεδομένα για την επιτάχυνση των σωματιδίων και την εκρηκτική απελευθέρωση ενέργειας που παρατηρείται στη διάρκεια των ηλιακών εκλάμψεων.

GENESIS



Διαστημική αποστολή της NASA που εκτοξεύτηκε στις 8 Αυγούστου 2001, προκειμένου να συλλέξει

σωματίδια του ηλιακού ανέμου. Δυστυχώς, ένα λάθος στο σχεδιασμό της διαστημοσυσκευής απέτρεψε το άνοιγμα του αλεξιπτώτου με το οποίο θα προσγειωνόταν στη Γη και η διαστημοσυσκευή συνετρίβη στις 8 Σεπτεμβρίου 2004. Εντούτοις, επιστήμονες της NASA που εξέτασαν τα ειδικά δοχεία-συλλέκτες τα βρήκαν σε πολύ καλή κατάσταση, γι' αυτό και τα προώθησαν σε διάφορα ερευνητικά κέντρα και πανεπιστήμια για περαιτέρω ανάλυση.

TRACE



Διαστημοσυσκευή της NASA που εκτοξεύτηκε την 1^η Απριλίου 1998 με στόχο να διερευνήσει τη σχέση μεταξύ των πολύπλοκων μαγνητικών πεδίων και του ηλιακού πλάσματος στη φωτόσφαιρα και το στέμμα του Ήλιου.

Advanced Composition Explorer (ACE)



Διαστημική αποστολή της NASA για τη μελέτη των σωματιδίων που αποτελούν τον ηλιακό άνεμο και τη μεσοπλανητική ύλη. Η ρομποτική διαστημοσυσκευή ACE εκτοξεύτηκε στις 25 Αυγούστου 1997 και τα καύσιμά της υπολογίζεται ότι θα της επιτρέψουν να διατηρήσει τη τροχιά της μέχρι το 2024.

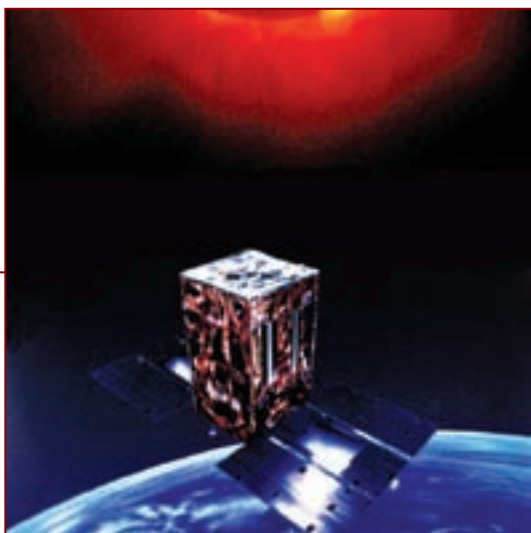
Solar and Heliospheric Observatory (SOHO)



Το Ηλιακό και Ηλιοσφαιρικό Αστεροσκοπείο SOHO, ίσως η πλέον επιτυχής διαστημική αποστολή που έχει πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα για τη μελέτη

του Ήλιου, εκτοξεύτηκε στις 2 Δεκεμβρίου 1995. Το αστροσκοπείο αυτό, αποτέλεσμα της συνεργασίας μεταξύ NASA και ESA, σχεδιάστηκε προκειμένου να πραγματοποιήσει την πλέον αναλυτική μελέτη της εσωτερικής δομής του Ήλιου, της εξωτερικής του ατμόσφαιρας και του ηλιακού ανέμου που είχε πραγματοποιηθεί ποτέ. Παρόλο που ο αρχικός σχεδιασμός της αποστολής προσδιόριζε το χρόνο λειτουργίας του SOHO στα 2 έτη, το διαστημικό αυτό αστροσκοπείο συνεχίζει να στέλνει τα δεδομένα που συλλέγει ακόμη και σήμερα, έχοντας ήδη βοηθήσει του επιστήμονες να διευρύνουν εντυπωσιακά τις γνώσεις τους για μια πλειάδα ηλιακών φαινομένων.

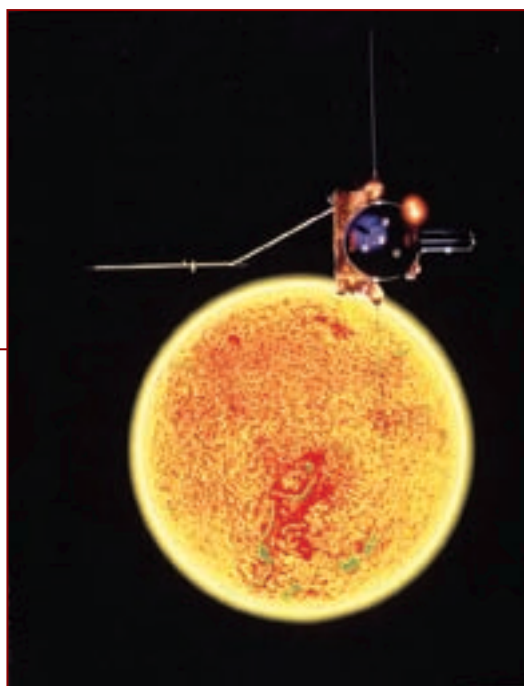
ΥΟΗΚΟΗ



Ηλιακό διαστημικό αστροσκοπείο της Ιαπωνικής Διαστημικής Υπηρεσίας, σε συνεργασία με τις Ηνωμένες Πολιτείες και τη Μεγάλη Βρετανία. Εκτοξεύτηκε στις 30 Αυγούστου 1991 με βασικό στόχο τη συλλογή στοιχείων για το ηλιακό στέμμα και τις

ηλιακές εκλάμψεις. Η αποστολή του ολοκληρώθηκε περίπου 10 χρόνια αργότερα, στις 14 Δεκεμβρίου 2001, εξαιτίας ορισμένων σφαλμάτων που σταμάτησαν τη τροφοδότηση των μπαταριών του από τις ηλιακές του κυψέλες. Στις 12 Σεπτεμβρίου 2005 επανήλθε στην γήινη ατμόσφαιρα και κάηκε πάνω από τη Νότιο Ασία.

ULYSSES



Αυτός ο διαστημικός ανιχνευτής για τη μελέτη του Ήλιου, το αποτέλεσμα της συνεργασίας μεταξύ της NASA και της ESA, εκτοξεύτηκε στις 6 Οκτωβρίου 1990 με τη βοήθεια του διαστημικού λεωφορείου Discovery, περίπου 4 χρόνια μετά την αρχικά προγραμματισμένη εκτόξευσή του, η οποία είχε αναβληθεί εξαιτίας του τραγικού δυστυχήματος του Challenger. Επρόκειτο για τη πρώτη διαστημική

αποστολή που σχεδιάστηκε, προκειμένου να ανιχνεύσει τη περιοχή του διαστήματος πάνω από τους πόλους του Ήλιου. Η επιστημονική αποστολή αυτού του «Οδυσσέα» του διαστήματος ολοκληρώθηκε και τυπικά στις 30 Ιουνίου 2009. Οι πολύχρονες όμως προσπάθειες και τα ιδιαίτερος σημαντικά επιστημονικά αποτελέσματα της επιστημονικής ομάδας της διαστημικής αποστολής Ulysses αναγνωρίστηκαν από τη NASA, η οποία βράβευσε τα μέλη της σε τιμητική εκδήλωση που πραγματοποιήθηκε στις 9 Ιουνίου 2009.

Solar Maximum Mission (SMM)



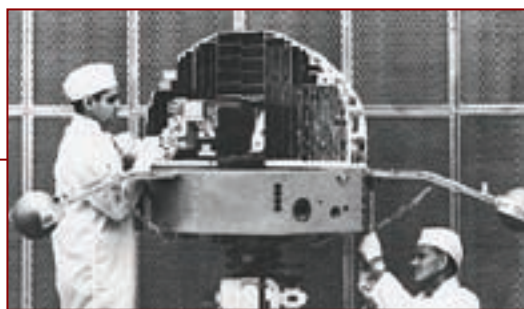
Διαστημική αποστολή της NASA για την μελέτη ηλιακών φαινομένων και κυρίως των ηλιακών εκλάμψεων, η οποία εκτοξεύτηκε στις 14 Φεβρουαρίου 1980. Εκτός από τη μελέτη των ηλιακών εκλάμψεων, το SMM ανίχνευσε και περισσότερες από 15 εκλάμψεις ακτίνων γ. Δυστυχώς, μία βλάβη στη διαστημοσυσκευή τον Ιανουάριο του 1981 διέκοψε την αρχική αποστολή της, ευτυχώς όμως προσωρινά, αφού τον Απρίλιο του 1984 με τη βοήθεια του διαστημικού λεωφορείου Challenger η βλάβη επιδιορθώθηκε και το SMM συνέχισε την αποστολή του μέχρι το 1989. Η αποστολή του ολοκληρώθηκε και τυπικά στις 2 Δεκεμβρίου 1989 όταν το SMM επανήλθε στην γήινη ατμόσφαιρα και κάηκε.

HELIOS A και B



Οι δύο αυτοί διαστημικοί ανιχνευτές, που εκτοξεύτηκαν από τη NASA στις 10 Δεκεμβρίου 1974 και 15 Ιανουαρίου 1976 αντίστοιχα, είχαν ως κύριο στόχο τη μελέτη του ηλιακού ανέμου. Παρόλο που ο βασικός στόχος της αποστολής είχε ολοκληρωθεί στις αρχές της δεκαετίας του '80, οι δύο ανιχνευτές συνέχισαν να στέλνουν δεδομένα μέχρι το 1985, ενώ μέχρι σήμερα παραμένουν σε ελλειπτική τροχιά γύρω από τον Ήλιο παρόλο που είναι πλέον ανενεργοί.

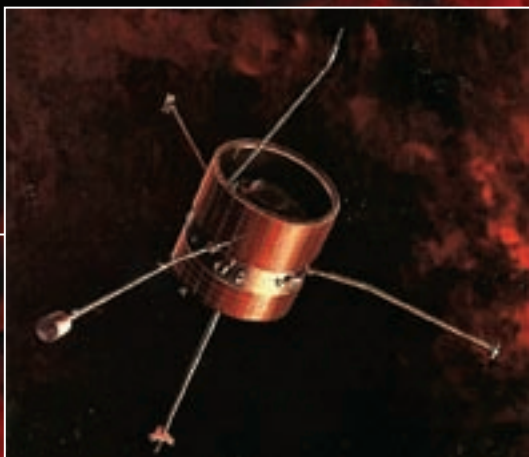
Orbiting Solar Observatory (OSO)



Διαστημικό πρόγραμμα της NASA που υλοποιήθηκε μεταξύ 1962 και 1975 με την επιτυχή εκτόξευση 8 διαστημοσυσκευών, βασικός στόχος των οποίων

ήταν η μελέτη του Ήλιου και του ενδεκαετούς ηλιακού κύκλου στο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που αντιστοιχεί στην υπεριώδη ακτινοβολία, στις ακτίνες X και στις ακτίνες γ.

PIONEER 6-9



Διαστημικοί ανιχνευτές του Προγράμματος Pioneer, σχεδιασμένοι να προγραμματίσουν μετρήσεις του ηλιακού ανέμου, του ηλιακού μαγνητικού πεδίου και των κοσμικών ακτίνων. Οι τέσσερις ανιχνευτές τέθηκαν σε τροχιά γύρω από τον Ήλιο μεταξύ Δεκεμβρίου 1965 και Νοεμβρίου 1968.

Μοντάζ από εικόνες του Ήλιου που ελήφθησαν από τη διαστημοσυσκευή Yohkoh μεταξύ των ετών 1991 και 1999.



5 ΤΟ ΠΟΛΙΚΟ ΣΕΛΑΣ

Στον πλανήτη μας, το Σέλας είναι ένα μόνιμο χαρακτηριστικό της γήινης μαγνητόσφαιρας, έστω κι αν οι περισσότεροι από μας δεν μπορούμε να το δούμε πάντα, αφού χρειάζεται να βρισκόμαστε στο κατάλληλο μέρος και να επικρατούν και οι κατάλληλες συνθήκες για να το παρατηρήσουμε. Οι διαστημοσυσκευές όμως μας το παρουσιάζουν σαν δύο δίδυμα φωτοστέφανα, τα οποία περιβάλλουν τους δύο μαγνητικούς πόλους της Γης, πάνω από τη Θούλη της Γροιλανδίας και το Βοστόκ της Ανταρκτικής. Λάμπουν αμυδρά και αναδεύονται νωχελικά με μία «φωσφορίζουσα» λάμψη, ενώ το πλάτος του «στεφανιού» είναι πολύ μεγαλύτερο και εντονότερο προς τη νυχτερινή πλευρά της Γης. Είναι η θεαματική και ορατή ένδειξη της τεράστιας ποσότητας ηλεκτρικού ρεύματος που διαπερνάει την ατμόσφαιρα με ισχύ εκατομμυρίων μεγαβάτ ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας, η οποία πολλές φορές υπερβαίνει την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται σ' ολόκληρη την Ευρώπη.

Μερικές φορές, σε περιόδους ιδιαίτερα έντονης ηλιακής δραστηριότητας, το Σέλας εμφανίζεται και σε νοτιότερες περιοχές, όπως η Ελλάδα. Στις αρχές του Απριλίου 2000, για παράδειγμα, ο ουρανός της βόρειας Ελλάδας πήρε μία βαθυκόκκινη απόχρωση που οφείλονταν σ' αυτό ακριβώς το φαινόμενο που οι Ρωμαίοι ονόμαζαν *pluvia sanguinea* ή *βροχή αίματος*. Ακόμη και ο *Αριστοτέλης* (384-322 π.Χ.) φαίνεται ότι είχε παρατηρήσει ένα τέτοιο φαινόμενο το 344 π.Χ. και το παρομοίασε με φλόγες στον ουρανό, ενώ ακόμη νωρίτερα ο *Αναξιμένης* (570-500 π.Χ.)

και ο *Ξενοφάνης* (560-470 π.Χ.) είχαν προσπαθήσει να μελετήσουν το ίδιο φαινόμενο με επιστημονικό τρόπο δίνοντάς του μία φυσική εξήγηση.

Τα διάφορα χρώματα που παρατηρούμε στο Σέλας εξαρτώνται από τα χημικά στοιχεία της ιονόσφαιρας, με τα οποία συγκρούονται τα φορτισμένα ηλεκτρόνια από τον Ήλιο. Η όλη αυτή διαδικασία γίνεται με έναν αρκετά πολύπλοκο τρόπο που ακόμη και σήμερα δεν είναι πλήρως κατανοητός, αν και η αρχή της διαλεύκανσής του άρχισε πριν από 150 περίπου χρόνια. Στα μέσα του 19^{ου} αιώνα ανακαλύφθηκε δηλαδή ότι όταν διοχετεύαμε ηλεκτρικό ρεύμα μέσα σ' ένα σωλήνα που περιείχε κάποιο αέριο μπορούσαμε να δημιουργήσουμε μία αναλαμπή με το φασματικό χρώμα, που είναι χαρακτηριστικό του δεδομένου αυτού αερίου. Με βάση αυτήν την ιδιότητα έχουμε σήμερα τις λάμπες φθορισμού και τις φωτεινές επιγραφές νέον.

Αυτό που συμβαίνει σ' αυτήν την περίπτωση είναι ότι τα ηλεκτρόνια του ηλεκτρικού ρεύματος συγκρούονται με τα άτομα που συνιστούν το αέριο και μ' αυτόν τον τρόπο τα διεγείρουν. Η τάση, όμως, που έχουν τα άτομα αυτά είναι να επανέλθουν όσο το δυνατόν ταχύτερα στην προηγούμενη σταθερή τους κατάσταση και για να το επιτύχουν αποβάλλουν μερική από την ενέργεια που έλαβαν από τη σύγκρουσή τους με τα ηλεκτρόνια. Η αποβολή της πρόσθετης αυτής ενέργειας παίρνει ένα συγκεκριμένο χρώμα που είναι χαρακτηριστικό για κάθε χημικό στοιχείο.



Το Σέλας λοιπόν δημιουργείται με τον ίδιο τρόπο όταν τα ηλεκτρόνια που προέρχονται από τον ηλιακό άνεμο συγκρούονται με τα αέρια των ανώτερων στρωμάτων της γήινης ατμόσφαιρας. Λαμβάνει χώρα το ίδιο φαινόμενο δηλαδή που συμβαίνει και στην περίπτωση της τηλεοπτικής μας οθόνης, όπου μία ροή ηλεκτρονίων χτυπάει την οθόνη σχηματίζοντας τις διάφορες τηλεοπτικές εικόνες. Έτσι και τα ηλεκτρόνια από τον Ήλιο συγκρούονται και διεγείρουν τα άτομα και τα μόρια της γήινης ατμόσφαιρας αναγκάζοντάς τα να εκπέμψουν το χαρακτηριστικό φως του είδους τους.

Η σειρά που ακολουθείται αρχίζει πρώτα απ' όλα με τη σύγκρουση των ηλεκτρονίων με το μοριακό άζωτο (δύο άτομα αζώτου) των ανώτερων στρωμάτων της γήινης ατμόσφαιρας. Κατά τη σύγκρουση απελευθερώνεται ένα από τα ηλεκτρόνια του αζώτου και μ' αυτόν τον τρόπο το άζωτο ιονίζεται, παράγοντας

ενέργεια στο υπεριώδες τμήμα του φάσματος που είναι αόρατη στα μάτια μας. Κατόπιν τα δύο αυτά ηλεκτρόνια, το ένα από τον Ήλιο και το άλλο από το άζωτο, συνεχίζουν την πορεία τους προς τα κάτω συγκρουόμενα επανειλημμένα και με άλλα άτομα και μόρια που συναντούν στο διάβα τους. Γι' αυτό άλλωστε και το Σέλας φαίνεται όλο και πιο λαμπερό όσο πλησιάζουμε προς τα κάτω και μέχρι ύψους 100 km περίπου.

Το πρασινωπό χρώμα του Σέλαος, για παράδειγμα, προέρχεται από τη σύγκρουση των ηλεκτρονίων με το ατομικό οξυγόνο, που αποτελείται από ένα μόνο άτομο οξυγόνου, ενώ το μοριακό οξυγόνο που αναπνέουμε αποτελείται από δύο άτομα και το όζον από τρία. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις η σύγκρουση των ηλεκτρονίων με το οξυγόνο μάς δίνει και κόκκινους χρωματισμούς, ιδιαίτερα στα ανώτερα στρώματα της ιονόσφαιρας και όταν τα επερχόμενα ηλεκτρόνια

έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα, όπως συμβαίνει στη διάρκεια των μαγνητικών καταιγίδων του Ήλιου. Στις περιπτώσεις αυτές τα ηλεκτρόνια εισχωρούν όλο και πιο βαθιά στην ατμόσφαιρα και συγκρούονται με περισσότερα είδη στοιχείων. Η όλη όμως αυτή διαδικασία είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητή, αν και οι μελέτες συνεχίζονται με τη βοήθεια δορυφόρων στο Διάστημα και ειδικών παρατηρητηρίων στις βόρειες χώρες.

Η περιγραφή των εντυπώσεων της Δήμητρας Ζήρου, μιας νεαρής Ελληνίδας φωτογράφου που είδε και φωτογράφησε στο Τρόμσο της Νορβηγίας την υπέροχη αυτή παράσταση της φύσης, ίσως μπορέσει να μας μεταφέρει κάπως τη μαγεία της εμφάνισης του Σέλαος: «Ξαφνικά ένα οπτικό υπερθέαμα φώτισε την αρκτική νύχτα. Πράσινες δέσμες φωτός που έμοιαζαν μ' ένα τεράστιο κινούμενο φίδι, εκτινάχτηκαν παντού σαν έκρηξη ηφαιστείου. Ξεκινώντας λίγο πιο ψηλά από τη γραμμή του ορίζοντα κάλυψαν σύντομα όλο τον ουράνιο θόλο αλλάζοντας διαρκώς μορφή και ταχύτητα. Στη συνέχεια ακτινωτές φωτεινές δέσμες, που έμοιαζαν με τεράστιες δέσμες λέιζερ, ξεδιπλώθηκαν μπροστά μου με εκπληκτική ταχύτητα, σε όλο και πιο πολλούς χρωματισμούς. Δίπλα στο αρχικό πράσινο, σαν συμπληρωματικά ενός ελλειπούς ουράνιου τόξου, εμφανίστηκαν σύντομα ορισμένες κίτρινες και ματζέντα φωτεινές ραβδώσεις, χορεύοντας κυριολεκτικά στον ουρανό σαν μπαλαρίνες, αλλάζοντας διαρκώς κατεύθυνση και ρυθμό. Και τότε καθώς το υπέροχο αυτό θέαμα ήταν έτοιμο να σβήσει, είδα από το κέντρο ακριβώς του ουρανού να ξεκινούν ομόκεντρες ακτίνες από λευκό φως που σχημάτιζαν ένα γιγάντιο φωτεινό στέμμα. Αμέσως μετά οι ακτίνες άλλαξαν κατεύθυνση και άρχισαν να περιστρέφονται ομόκεντρα γύρω πάντα από το φωτεινό στεφάνι».



Φυσικά καμιά περιγραφή, όσο γλαφυρή κι αν είναι, και καμιά φωτογραφία δεν μπορεί να αποδώσει πλήρως τα πολύμορφα σχήματα, τις αποχρώσεις και το συνολικό υπερθέαμα που παρουσιάζεται στα έκθαμβα μάτια του θεατή. Γι' αυτό άλλωστε η εμφάνιση του Σέλαος στον ουρανό ήταν ανέκαθεν για τους καλλιτέχνες πηγή ανεξάντλητης έμπνευσης, ενώ για τους απλούς ανθρώπους ήταν και είναι αντικείμενο απέραντου θαυμασμού και δέους, συνδυασμένων με υπερφυσικούς φόβους για το άμεσο «τέλος του κόσμου». Διά μέσου των αιώνων ορισμένοι λαοί το έβλεπαν ως προσωποποίηση «χαρούμενων χορευτών», ενώ οι Βίκινγκς το θεωρούσαν ως αντανάκλαση των ασπίδων που κρατούσαν οι έφιππες Βαλκυρίες.

Η εμφάνιση του Σέλαος είναι πραγματικά ένα υπέροχο θέαμα, το οποίο όμως μπορεί να δημιουργήσει και μεγάλα προβλήματα. Στη σύγχρονη εποχή των ηλεκτρονικών συσκευών, των τεράστιων ηλεκτρικών δικτύων και των δορυφόρων που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη Γη, η μελέτη του Σέλαος και των ηλιακών καταιγίδων, με τις οποίες συγγενεύει, καθίσταται όχι μόνο απαραίτητη, αλλά και επιτακτική. Διακόσιοι τουλάχιστον τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι βρίσκονται σήμερα σε γεωσύγχρονη τροχιά και

μία μεγάλη μαγνητική καταιγίδα θα αύξανε σημαντικά την ταχύτητα των επερχόμενων ηλεκτρονίων, πρωτονίων και ιόντων που θα μπορούσαν δυνητικά να προσβάλουν τους δορυφόρους αυτούς βραχυκυκλώνοντας τα ηλεκτρονικά τους κυκλώματα και θέτοντάς τους εκτός λειτουργίας. Το απλούστερο πρόβλημα που μπορεί να παρουσιαστεί είναι η ηλεκτρικά αρνητική φόρτιση του δορυφόρου που θα χτυπηθεί με εκατοντάδες ή και χιλιάδες βολτ, με αποτέλεσμα τη λανθασμένη μετάδοση πληροφοριών.

Επί πλέον σε περιόδους αυξημένης ηλιακής δραστηριότητας μπορεί να παρουσιαστούν προβλήματα και στα επίγεια ηλεκτρικά δίκτυα, αφού κατά τη διάρκεια έντονων μαγνητικών καταιγίδων τα ρεύματα που συνοδεύουν το Σέλας σε ύψος 100 km μπορεί να φτάσουν τις μερικές εκατοντάδες χιλιάδες αμπερ. Αυτό επηρεάζει τις ηλεκτρικές και τηλεφωνικές γραμμές τόσο, όσο μεγαλύτερη είναι η έκταση ενός δικτύου, έτσι ώστε να έχουμε την υπερφόρτωση του δικτύου με εκατοντάδες ή και χιλιάδες βολτ. Τα ρεύματα αυτά μπορούν να ενεργοποιήσουν διάφορα αυτόματα συστήματα και να προκαλέσουν ηλεκτρική συσκότιση σε μεγάλες περιοχές, όπως συνέβη στις μεσοδυτικές ΗΠΑ τον Οκτώβριο του 1980 και τον Απρίλιο του 1981.

Μία τέτοια καταιγίδα μπορεί να καταστρέψει επίσης και τους τεράστιους ηλεκτρικούς μετασχηματιστές, όπως συνέβη και κατά τη διάρκεια της εμφάνισης ενός ενεργού κοκκινωπού Σέλαος στις 19 Δεκεμβρίου 1980. Το βράδυ εκείνο ένας μεγάλος μετασχηματιστής 735.000 βολτ στον Καναδά χρειάστηκε να αντικατασταθεί, γεγονός που επαναλήφθηκε και τον Απρίλιο του 1981. Παρόμοια προβλήματα όμως παρουσιάστηκαν και το Μάρτιο του 1989 με εκτεταμένα ηλεκτροδοτικά προβλήματα που απλώθηκαν από την Καλιφόρνια μέχρι τη Σουηδία, ενώ ολόκληρη η περιοχή του Κεμπέκ στον Καναδά βυθίστηκε στο σκοτάδι για 10 περίπου ώρες.

Από τη βόρεια Νορβηγία το Σέλας παρατηρείται σε καθημερινή σχεδόν βάση, ενώ στις νότιες περιοχές της χώρας είναι εμφανές αρκετές φορές κάθε μήνα. Στη Βόρεια Ευρώπη η εμφάνισή του περιορίζεται σε μία περίπου φορά κάθε μήνα και στη Μεσόγειο δεν το βλέπουμε παρά μερικές μόνο φορές κάθε αιώνα, αφού η συνηθισμένη του εμφάνιση περιορίζεται σε μία ζώνη 2.500 km γύρω από τους μαγνητικούς πόλους. Μερικές όμως φορές, όταν ο Ήλιος είναι ιδιαίτερα δραστήριος και κάτω από πολύ καλές συνθήκες στη γήινη μαγνητόσφαιρα, το Σέλας μπορεί να φανεί ακόμη και πάνω από το Κάιρο, όπως συνέβη το 1872 ή πάνω από τη Σιγκαπούρη και την Τζακάρτα, όπως συνέβη το 1909.

Μία από τις πιο έντονες εμφανίσεις του παρατηρήθηκε το βράδυ της 1^{ης} Σεπτεμβρίου 1859, όταν ένα κοκκινωπό Σέλας απλώθηκε πάνω από τα δύο τρίτα της Γης. Ακόμη και στην Κούβα οι κάτοικοι το είδαν να φτάνει στο κέντρο του ουρανού τους. Μερικές ώρες νωρίτερα μάλιστα είχε παρατηρηθεί η εκτόξευση μιας τεράστιας έκλαμψης από τον Ήλιο που έγινε ορατή ακόμη και με γυμνό μάτι. Αλλά και η περίοδος που διανύουμε, αρχής γενομένης στα μέσα του 19^{ου} αιώνα, θεωρείται ιδιαίτερα ενεργή και παρομοιάζεται με τις τέσσερις ενεργές προηγούμενες περιόδους τον 15^ο, τον 12^ο, τον 7^ο αιώνα μ.Χ., καθώς επίσης και τον 1^ο αιώνα π.Χ.. Αντίθετα, μεταξύ του 1650 και του 1720 η εμφάνιση του Σέλαος ήταν πολύ περιορισμένη. Η περίοδος αυτή είναι γνωστή σήμερα ως το *Ελάχιστο του Maunder*.

Δεν είναι όμως μόνο η Γη μας που επηρεάζεται από τις ηλιακές καταιγίδες. Οι τέσσερις γιγάντιοι πλανήτες, Δίας, Κρόνος, Ουρανός και Ποσειδώνας διαθέτουν κι αυτοί τεράστια μαγνητικά πεδία, ενώ αντίθετα τα μαγνητικά πεδία των μικρότερων γειτόνων μας είναι είτε ανύπαρκτα, είτε πολύ περιορισμένα. Πρόσφατα μάλιστα το Διαστημικό Τηλεσκόπιο Χαμπλ κατέγραψε υπέροχα δείγματα του Σέλαος να στεφανώνουν έντονα τους μαγνητικούς πόλους του Δία και του Κρόνου.



6

ΤΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΤΟΥ ΓΚΡΗΝΟΥΪΤΣ

Η μοναρχία εδώ και αιώνες είναι ριζωμένη βαθιά στο μεδούλι της Αγγλικής κοινωνίας, μ' ένα μικρό μόνο διάλειμμα ένδεκα χρόνων, κατά τη διακυβέρνηση του Κρόμβελ (1599-1658), που έληξε στις 29 Μαΐου 1660. Η μοναρχία επέστρεψε τότε και πάλι στην Αγγλία στο πρόσωπο του Καρόλου II (1630-1685) που στέφθηκε βασιλιάς. Η αγγλική όμως μοναρχία είχε αλλάξει πλέον ριζικά, αφού στο εξής η Βουλή (που είχε θεσμοθετηθεί από το 1215 με την υπογραφή της Magna Carta) θα πρωταγωνιστούσε στα πολιτικά δρώμενα της Αγγλίας (όπως άλλωστε αποδείχτηκε μερικά χρόνια μετά το θάνατο του Καρόλου II με την *Ένδοξη Επανάσταση* του 1681.

Η επιστροφή όμως του Καρόλου συνοδεύτηκε από διάφορες καταστροφές και πολέμους που ταλαιπώρησαν έντονα τη χώρα. Το 1665 η Μεγάλη Πανώλη έπληξε το Λονδίνο οδηγώντας στον τάφο 17.500 ανθρώπους από ένα συνολικό πληθυσμό 93.000, ενώ ένα χρόνο αργότερα η καταστροφή ολοκληρώθηκε με τη Μεγάλη Πυρκαγιά του Λονδίνου που ξεκίνησε από το φούρνο του ανακτορικού αρτοποιού! Η Μεγάλη Πυρκαγιά κατέκαψε 3.000 στρέμματα της μεσαιωνικής πόλης που είχε γνωρίσει ο Σαίξπηρ (1564-1616), 13.200 σπίτια και 87 εκκλησίες.

Ο Κάρολος ανέθεσε τότε την επίβλεψη του σχεδιασμού της νέας πόλης στον 34χρονο αρχιτέκτονα Κρίστοφερ Ρεν (1632-1723), ο οποίος ήταν καθηγητής της Αστρονομίας στην Οξφόρδη και μερικά χρόνια νωρίτερα είχε πρωτοστατήσει και στην ίδρυση της *Βασιλικής Εταιρείας* (1662). Ο Ρεν, μεταξύ των άλλων, ήταν κι ένας εξαιρετος μαθηματικός, του

οποίου τις ικανότητες αναγνώρισε και ο *Ισαάκ Νεύτων* (1643-1727) στο περίφημο έργο του *Principia* (1686). Έμεινε όμως γνωστός στην ιστορία κυρίως για τα αρχιτεκτονικά του σχέδια και την ανοικοδόμηση του Λονδίνου, για το οποίο σχεδίασε δεκάδες νέα κτήρια και εκκλησίες, μεταξύ των οποίων και τον Καθεδρικό Ναό του Αγίου Παύλου. Έτσι δεν είναι καθόλου παράξενο που ο Κάρολος εκτιμώντας τις δύο αυτές ιδιότητες του Ρεν, του αστρονόμου και του αρχιτέκτονα, του ανέθεσε το σχεδιασμό του πρώτου σύγχρονου αστεροσκοπείου που άρχισε να κτίζεται το 1675 στην κορυφή ενός λόφου στο Γκρήνουϊτς, πολύ κοντά στις όχθες του ποταμού Τάμεση.

Τη χρονιά εκείνη ο Κάρολος είχε απονείμει τον τίτλο του πρώτου Βασιλικού Αστρονόμου σ' ένα νεαρό ιερωμένο ονόματι *Τζον Φλάμστηντ* (1646-1719). Οι ετήσιες αποδοχές του έφταναν το πενιχρότατο ποσό, ακόμη και για τα μέτρα εκείνης της εποχής, των 100 λιρών, ενώ είχε την υποχρέωση να προμηθεύεται όλα τα απαραίτητα για τις έρευνές του όργανα με δικά του έξοδα! Επί πλέον η εντολή που έδωσε ο Κάρολος στο Ρεν για το Βασιλικό Αστεροσκοπείο ήταν να κατασκευαστεί όσο το δυνατόν πιο φτηνά. Μην φανταστείτε όμως ότι ο Κάρολος με την ίδρυση του αστεροσκοπείου και του νέου θεσμού του Βασιλικού Αστρονόμου ενδιαφερόταν πρωτίστως για την ανάπτυξη της αστρονομίας. Απλώς ήλπιζε ότι με τη βοήθεια της έρευνας που θα πραγματοποιούσε ο Φλάμστηντ στο Αστεροσκοπείο του Γκρήνουϊτς θα δημιουργούσε «*νέους και επακριβείς καταλόγους των κινήσεων στον ουρανό* (του Ήλιου, της Σελήνης και των πλανητών) και των θέσεων των



Η ανατολική πλευρά του καθεδρικού ναού του Αγίου Παύλου.



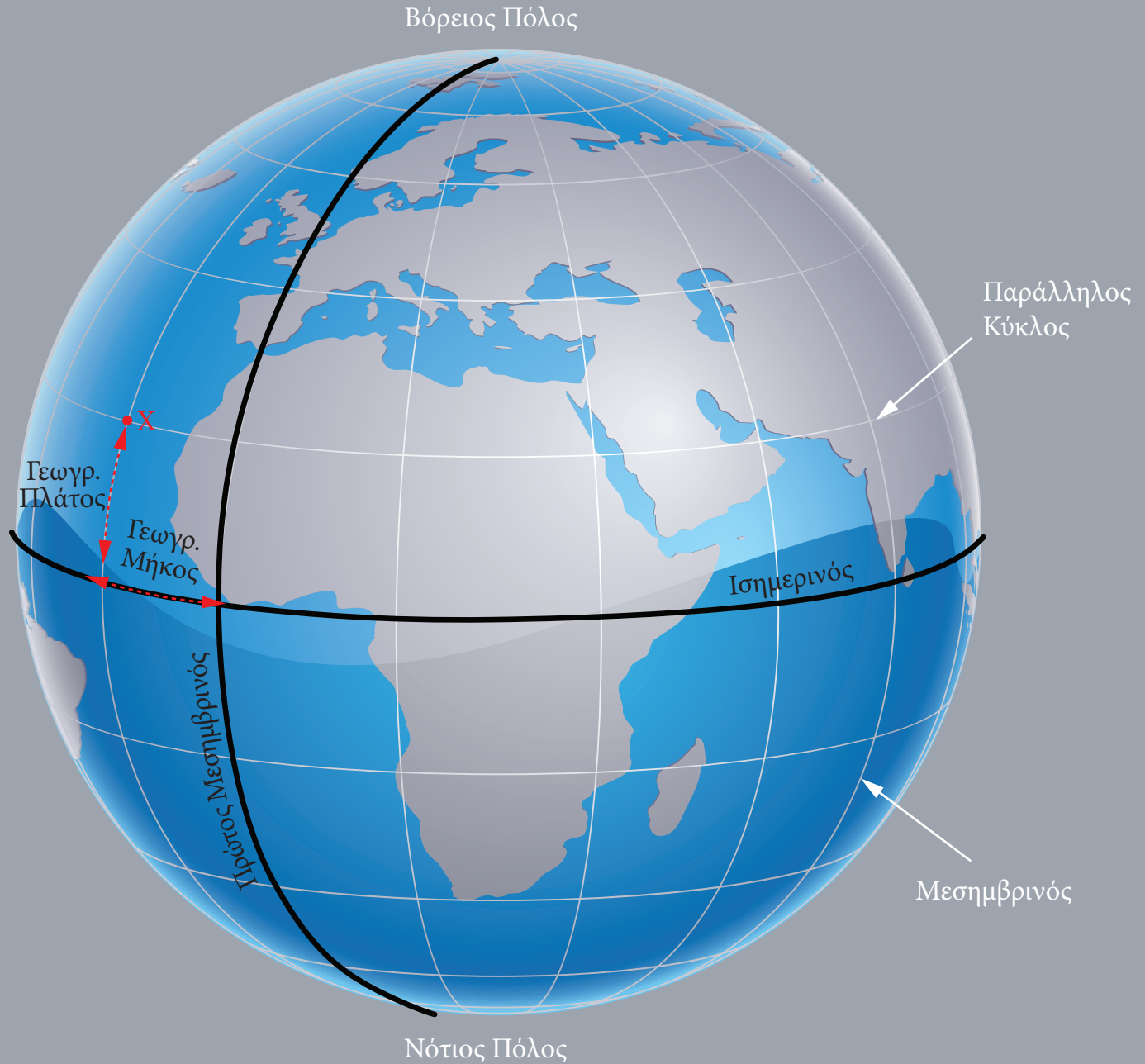
Ο Άγγλος αστρονόμος και ιερωμένος Τζον Φλάμστηντ.

απλανών αστέρων, με σκοπό τον επακριβή υπολογισμό του γεωγραφικού μήκους ενός τόπου και την εξ αυτού τελειοποίηση της τέχνης της ναυσιπλοΐας». Επιθυμούσε δηλαδή την εξεύρεση ενός αξιόπιστου τρόπου για τον καθορισμό του στίγματος των πλοίων στις ανοιχτές θάλασσες, του υπολογισμού δηλαδή της θέσης τους.

Προκειμένου να παρουσιάσουμε αναλυτικότερα τον τρόπο υπολογισμού των γεωγραφικών συντεταγμένων, θα ξεκινήσουμε υπενθυμίζοντας ότι ο μέγιστος κύκλος της γήινης σφαίρας που είναι κάθετος στον άξονα της περιστροφής της ονομάζεται **ισημερινός** και διχοτομεί τη Γη στο βόρειο και στο νότιο ημισφαίριο. Μόνο ένας τέτοιος μέγιστος κύκλος υπάρχει κάθετος στον άξονα της Γης, άρα η Γη έχει ένα μόνο ισημερινό. Όλοι οι άλλοι παράλληλοι κύκλοι στον ισημερινό είναι προφανώς μικρότεροι και δεν θεωρούνται μέγιστοι κύκλοι. Η θέση μας πάνω σ' έναν τέτοιο παράλληλο κύκλο ονομάζεται **γεωγραφικό πλάτος** του τόπου, βόρεια ή νότια του ισημερινού. Υπάρχει όμως κι ένας «άπειρος» αριθμός άλλων μέγιστων κύκλων που έχουν διάμετρο τον άξονα περιστροφής της Γης, περνάνε δηλαδή και από τους δύο πόλους της Γης, και είναι κάθετοι στο επίπεδο που σχηματίζει ο ισημερινός. Οι μέγιστοι αυτοί κύκλοι ονομάζονται **μεσημβρινοί**, ενώ η απόσταση μεταξύ δύο μεσημβρινών μπορεί να εκφραστεί ως ένα τόξο πάνω στον ισημερινό της Γης.

Σήμερα ο μεσημβρινός που περνάει από το αστεροσκοπείο του Γκρήνουιτς, καθιερώθηκε και θεωρείται ως ο **Πρώτος Μεσημβρινός** και χωρίζει τη Γη στο ανατολικό και στο δυτικό ημισφαίριο, ενώ η απόσταση που χωρίζει έναν οποιονδήποτε μεσημβρινό από το μεσημβρινό του Γκρήνουιτς, ανατολικά ή δυτικά αυτού, ονομάζεται **γεωγραφικό μήκος** του

ΟΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ



τόπου. Η απόφαση αυτή ελήφθη σε διεθνές συνέδριο στην Ουάσιγκτον το 1884, όπου αναγνωρίστηκε διεθνώς ότι το γεωγραφικό μήκος του μεσημβρινού του Γκρήνουϊτς θα ήταν στο εξής 0° 0' 0". Συμφωνήθηκε επίσης ότι το γεωγραφικό μήκος θα μετράται προς δύο κατευθύνσεις, ανατολικά (+) και δυτικά (-) του Πρώτου Μεσημβρινού. Με τη βοήθεια λοιπόν αυτών των μέγιστων κύκλων, των γήινων δηλαδή συντεταγμένων του γεωγραφικού πλάτους και μήκους, είναι δυνατόν σήμερα να προσδιοριστεί εύκολα, σύντομα και επακριβώς οποιοδήποτε σημείο στη Γη, στην ξηρά ή στη θάλασσα.

Σήμερα όμως με τη χρήση πάμφθηνων μικροσκοπικών συσκευών (στο μέγεθος ενός κινητού τηλεφώνου) μπορεί κάποιος να εντοπίσει χωρίς υπολογισμούς και σε κλάσματα του δευτερολέπτου την επακριβή του θέση οπουδήποτε στη Γη, χάρη στους δορυφόρους θέσεως, το γνωστό σε όλους GPS (Global Positioning System – Σύστημα Προσδιορισμού Θέσεως), οι οποίοι έχουν λύσει πολλά προβλήματα. Δεν ήταν όμως πάντοτε έτσι. Ο υπολογισμός φυσικά του γεωγραφικού πλάτους, η θέση δηλαδή ενός πλοίου βόρεια ή νότια του ισημερινού, ήταν σχετικά εύκολος, αφού είχε ήδη προσδιοριστεί από την εποχή των αρχαίων Ελλήνων. Αυτό συνέβαινε διότι ο υπολογισμός του γεωγραφικού πλάτους μπορεί να γίνει άνετα με τη μέτρηση του ύψους που έχει στον ουρανό ο Ήλιος την ημέρα ή ο Πολικός τη νύχτα. Ο υπολογισμός όμως του γεωγραφικού μήκους στην εποχή του Καρόλου ήταν αδύνατος, εφόσον δεν γνώριζαν καν ποια θα μπορούσε να είναι η καταλληλότερη μέθοδος ενός τέτοιου υπολογισμού.

Ο Φλάμστηντ έχοντας λάβει την εντολή του βασιλιά ξεκίνησε τις μετρήσεις του για τη δημιουργία ενός πλήρους καταλόγου της θέσης των άστρων

του βορείου ημισφαιρίου, αλλά επιθυμούσε να ολοκληρωθεί πρώτα ολόκληρος ο κατάλογος και μετά να δημοσιευτεί. Το γεγονός αυτό τον έφερε πολλές φορές σε σύγκρουση με άλλους επιστήμονες, όπως ήταν ο Ισαάκ Νεύτων και ο Έντμουντ Χάλλεϋ (1656-1742), οι οποίοι χρειάζονταν τον κατάλογο αυτό για τους υπολογισμούς των δικών τους ερευνών.

Στο τέλος ο Νεύτωνας ως πρόεδρος της Βασιλικής Εταιρείας, η οποία ήταν και παραμένει ακόμη και σήμερα το ανώτατο επιστημονικό ίδρυμα της Αγγλίας, ανάγκασε το Φλάμστηντ να δημοσιεύσει αμέσως τον ημιτελή κατάλόγο του. Τα έξοδα της έκδοσης ανέλαβε το 1704 ο βασιλιάς Γεώργιος της Δανίας κι έτσι το 1712 εκδόθηκαν 400 αντίτυπα του καταλόγου. Ο Φλάμστηντ κατέφυγε τότε στα δικαστήρια, όπου και δικαιώθηκε κι έτσι από την πρώτη αυτή έκδοση διανεμήθηκαν τελικά λιγότερα από 100 αντίτυπα, ενώ η επίσημη έκδοση του καταλόγου έγινε από τους βοηθούς του το 1725. Η ειρωνεία της ιστορίας όμως είναι ότι μετά το θάνατο του Φλάμστηντ τη θέση του Βασιλικού Αστρονόμου ανέλαβε το 1719 ο αντίπαλός του Έντμουντ Χάλλεϋ!

Παρόλα αυτά η επίλυση του προβλήματος του υπολογισμού του γεωγραφικού μήκους επιτεύχθηκε τελικά το 1764 από τον ωρολογοποιό Τζων Χάρισον (1693-1776) και όχι από τους αστρονόμους του Γκρήνουϊτς ή της Οξφόρδης. Η λύση που έδωσε ο Χάρισον βασίστηκε στη δημιουργία ενός χρονόμετρου (διπλού ρολογιού), που μπορούσε να λειτουργήσει με απόλυτη ακρίβεια πάνω στα καρυδότσουφλα-καράβια της εποχής εκείνης, ενώ οι αστρονόμοι πίστευαν ότι η λύση βρισκόταν στον εντοπισμό της επακριβούς θέσης των άστρων, αφού η κατασκευή τόσο αξιόπιστων χρονομέτρων την εποχή εκείνη θεωρούνταν αδύνατη.

Τελικά η πρώτη δοκιμαστική χρήση του τέταρτου κατά σειρά χρονομέτρου που κατασκεύασε ο Χάρισον έγινε με απόλυτη επιτυχία, αφού κατάφερε να εντοπίσει το γεωγραφικό μήκος των Μπαρμπέντος μ' ένα λάθος που έφτανε τα 18 km μόλις από την πραγματική τους θέση. Μία εκτίμηση η οποία, πριν από 250 σχεδόν χρόνια, ήταν κυριολεκτικά απίστευτη. Παρ' όλα αυτά το αστεροσκοπείο του Γκρήνουιτς συνέχισε τις έρευνές του με μικρή διαφοροποίηση του σκοπού για τον οποίο ιδρύθηκε, ασχολούμενο πλέον με τον επακριβή καθορισμό της ώρας. Όλοι μας άλλωστε σήμερα γνωρίζουμε ότι τα ρολόγια σ' ολόκληρο τον κόσμο είχαν μέχρι πρότινος ως βάση του καθορισμού της ώρας που δείχνουν, τη **Μέση Ώρα του Γκρήνουιτς**.

Από το 1928 όμως η Μέση Ώρα Γκρήνουιτς (GMT) έχει αλλάξει με τον όρο **Παγκόσμια Ώρα** (UT) μετά από υπόδειξη της Διεθνούς Αστρονομικής Ένωσης (IAU). Σήμερα, όμως, για την επακριβή μέτρηση της ώρας βασιζόμαστε στον όρο UTC, ο οποίος υπολογίζεται με τη βοήθεια ατομικών ρολογιών που ορίζουν τη διάρκεια μιας ημέρας ως ίση με 86.400 δευτερόλεπτα. Στην καθημερινή τους πάντως χρήση οι δύο αυτοί όροι (GMT και UTC) είναι ταυτόσημοι, αν και ουσιαστικά διαφέρουν μέχρι και κατά 0,9 του δευτερολέπτου. Μ' αυτήν όμως την αλλαγή το αστεροσκοπείο του Γκρήνουιτς απώλεσε τον κύριο σκοπό της ύπαρξής του, αλλά και της φήμης του. Σιγά-σιγά η ουσιαστική του συνεισφορά στην επιστήμη και στην παγκόσμια κοινωνία άρχισε να φθίνει συνεχώς μέχρις ότου το Φθινόπωρο του 1998 έκλεισε για πάντα. Σήμερα οι κτηριακές του εγκαταστάσεις έχουν μετατραπεί σε Επιστημονικό Μουσείο ενσωματωμένο στο Ναυτικό Μουσείο, που βρίσκεται στους πρόποδες του λόφου, αν και έχει κρατήσει ακόμη την ονομασία που του είχε δώσει ο Κάρολος το 1675 και μαζί της την ακτινοβολία του ένδοξου παρελθόντος του.



Τμήμα της «γραμμής» του Πρώτου Μεσημβρινού, που χωρίζει το ανατολικό από το δυτικό ημισφαίριο.



7

Η ΗΜΕΡΑ ΚΑΙ Η ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΤΗΣ ΓΗΣ

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι ένα από τα χαρακτηριστικά μας ως άνθρωποι είναι ότι διαθέτουμε χρονικό προσανατολισμό. Στις διάφορες εκδηλώσεις μας, ο χρόνος μπορεί να είναι υπηρέτης ή αφεντικό, φίλος ή εχθρός, όπλο ή εμπόδιο. Ότι όμως κι αν είναι ή ό,τι κι αν σημαίνει η έννοια του χρόνου, γεγονός είναι ότι η προσπάθεια της μέτρησής του φαίνεται ότι είναι τόσο παλιά, όσο κι ο ανθρώπινος πολιτισμός. Τα διάφορα συστήματα μέτρησης του χρόνου που χρησιμοποιούμε καθημερινά είχαν και έχουν ως βάση ορισμένα τακτικώς επαναλαμβανόμενα ουράνια φαινόμενα. Τα κύρια, άμεσα αντιληπτά και σε τακτικές χρονικές περιόδους επαναλαμβανόμενα ουράνια φαινόμενα είναι τα εξής τρία: **η περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της**, που προσδιορίζεται από δύο διαδοχικές μεσουρανήσεις του Ήλιου, **η περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη**, που προσδιορίζεται από τη συμπλήρωση των φάσεων της και **η περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο**, που προσδιορίζεται από την επαναλαμβανόμενη διαδοχή των τεσσάρων εποχών.

Η πρώτη και βασική μονάδα μέτρησης του χρόνου για τον άνθρωπο ήταν ο σταθερά επαναλαμβανόμενος κύκλος της ανατολής και της δύσης του Ήλιου. Κάθε φορά που ο Ήλιος ανέτειλε στον ορίζοντα ήταν σαν να σημάδευε την αρχή ενός κύκλου, που δεν ήταν άλλος από την αρχή ενός ημερονύκτιου. Γι' αυτό άλλωστε και η αέναη επανεμφάνιση του Ήλιου στον ουρανό αποτέλεσε και τη βασική μονάδα μέτρησης του χρόνου. Σήμερα φυσικά γνωρίζουμε ότι η αιτία γι' αυτόν τον κύκλο ημέρας και νύχτας, εί-

ναι η περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της. Η κατεύθυνση της περιστροφής αυτής είναι από τη Δύση προς την Ανατολή, με αποτέλεσμα να βλέπουμε τον Ήλιο και τα άστρα, που σχετικά παραμένουν στην ίδια θέση, να φαίνονται ότι κινούνται προς την αντίθετη κατεύθυνση, δηλαδή από την Ανατολή προς τη Δύση.

Μια πλήρης φαινόμενη τροχιά του Ήλιου γύρω από τη Γη, ένας πλήρης δηλαδή κύκλος του Ήλιου από το ένα μεσημέρι ως το επόμενο, ονομάζεται **ηλιακή ημέρα**. Η ηλιακή ημέρα δηλαδή δεν είναι τίποτε άλλο παρά «ο χρόνος ο οποίος περιέχεται ανάμεσα σε δύο διαδοχικές μεσουρανήσεις του Ήλιου». Τα πράγματα όμως δεν είναι και τόσο απλά, γιατί εκτός από την ηλιακή ημέρα έχουμε και την **αστρική ημέρα**. Η αστρική ημέρα είναι «ο χρόνος ο οποίος περιέχεται ανάμεσα σε δύο διαδοχικές μεσουρανήσεις ενός δεδομένου άστρου». Ο χρόνος αυτός ισούται με $23\omega 56' 4''$, που σημαίνει ότι είναι μικρότερος από το χρόνο που χρειάζεται για να φτάσει ο Ήλιος στο Μεσημβρινό. Γι' αυτό η Γη χρειάζεται $4'$ επί πλέον, προκειμένου να συμπληρώσει τη γνωστή μας 24ωρη ηλιακή ημέρα.

Ο λόγος είναι ότι η Γη καθώς περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της συμπληρώνοντας τον ημερήσιο κύκλο της, πραγματοποιεί συγχρόνως και μία άλλη κίνηση περιφερόμενη γύρω από τον Ήλιο με κατεύθυνση προς την Ανατολή. Κάθε μέρα δηλαδή η Γη μετακινείται προς την Ανατολή κατά μία μοίρα περίπου, καλύπτοντας έτσι το $1/365^\circ$ της ετήσιας τροχιάς της γύρω από τον Ήλιο. Κι αυτός είναι ο

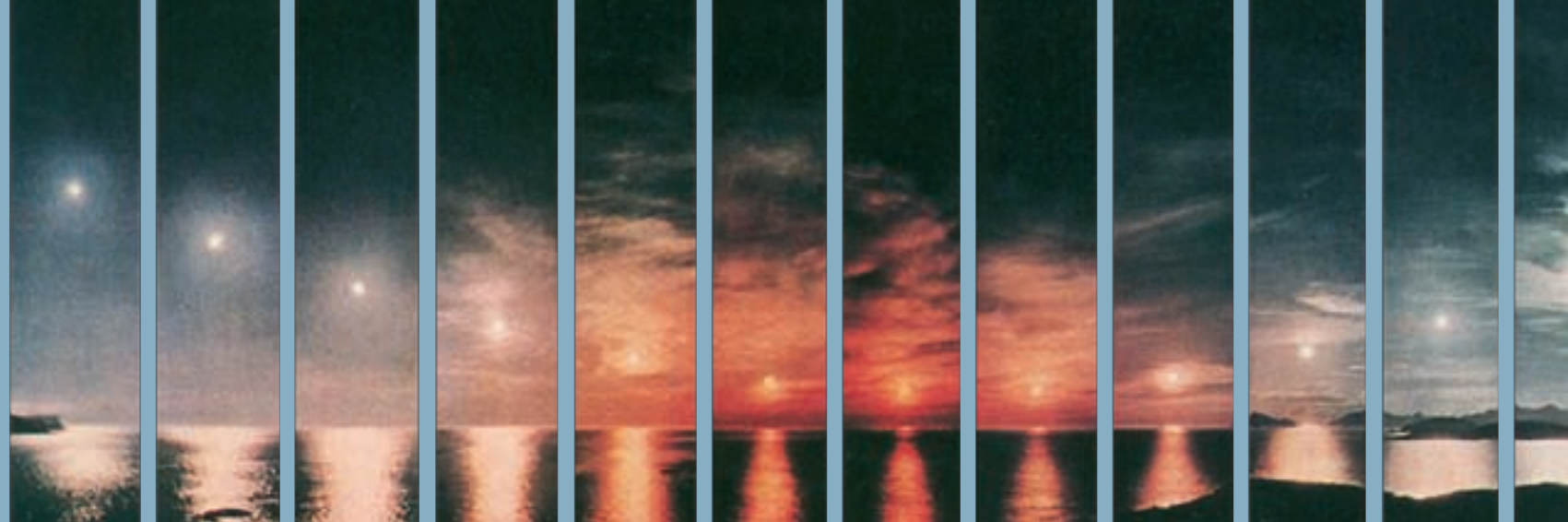


λόγος που η Γη χρειάζεται να περιστραφεί επιπρόσθετα 4' για να φέρει και πάλι τον Ήλιο πάνω στο μεσημβρινό. Μ' αυτήν λοιπόν την εξήγηση καθίσταται κατανοητό ότι το πέρασμα ενός άστρου από το μεσημβρινό είναι η αληθινή ένδειξη της αρχής και του τέλους μίας πλήρους περιστροφής της Γης γύρω από τον άξονά της. Παρ' όλα αυτά όμως δεν είναι πρακτικό να βασίσουμε τις ώρες της ημέρας μας και των ρολογιών μας ανάλογα με το χρόνο που κάποιο δεδομένο άστρο περνάει το Μεσημβρινό, γιατί ο Ήλιος συνεχώς θα υστερούσε κατά 4' κάθε μέρα. Οπότε ποια θα ήταν η λύση του προβλήματος;

Η λύση, όσο απίστευτο και αν φαίνεται, είναι η εφεύρεση ενός φανταστικού ήλιου που δεν επηρεάζεται από την τροχιακή ταχύτητα της Γης. Κι αυτό έγινε! Ο φανταστικός ήλιος ονομάζεται **μέσος ήλιος** και η ημέρα, όπως έχει καθοριστεί σήμερα, βασίζεται σ' αυτόν, γι' αυτό και ονομάζεται **μέση ηλιακή ημέρα**. Στις καθημερινές μας δηλαδή συναλλαγές χρησιμοποιούμε την ηλιακή ημέρα διότι είναι πολύ πιο βολική! Αν χρησιμοποιούσαμε την αστρική ημέρα, τον πραγματικό δηλαδή χρόνο μίας πλήρους γήινης περιστροφής, ο Ήλιος θα υστερούσε 4' κάθε ημέρα. Έτσι η ηλιακή ημέρα με τις 24 ώρες της είναι η πιο αρχαία μονάδα μέτρησης του χρόνου.

Γιατί όμως μία ημέρα χωρίζεται σε 24 ώρες κι όχι σε 10 ή 20 ή 100; Η υποδιαίρεση της ημέρας σε 24 ώρες είναι ένα ανθρώπινο έργο που έχει τις ρίζες του στο δωδεκαδικό σύστημα των Χαλδαιών. Ο αριθμός 24 άλλωστε τους άρεσε πάρα πολύ, αφού στα μάτια τους ήταν ένας πραγματικά «όμορφος» αριθμός που μπορούσε να διαιρεθεί επακριβώς με 7 άλλους αριθμούς: 1,2,3,4,6,8 και 12. Εμφανώς ήταν ένας «μαγικός» αριθμός που συνέπιπτε με το συνολικό αριθμό των 7 «πλανητών αστέρων» του ουρανού: του Ήλιου, της Σελήνης, και των ορατών με γυμνό μάτι (πραγματικών) πλανητών Ερμή, Αφροδίτης, Άρη, Δία και Κρόνου.

Φυσικά η διάρκεια της ημέρας δεν είναι, όπως είδαμε, καθόλου αυθαίρετη, καθώς βασίζεται στην καθημερινή φαινόμενη κίνηση που πραγματοποιεί ο Ήλιος από την Ανατολή προς τη Δύση και είναι αποτέλεσμα της περιστροφής της Γης γύρω από τον άξονά της. Είναι πραγματικά αξιοθαύμαστο το γεγονός ότι ένα αντικείμενο που ζυγίζει έξι εξάκις εκατομμύρια τόνους περιστρέφεται ακριβώς σαν ένας τεράστιος τροχός με σταθερή ταχύτητα. Παρ' όλα αυτά, σήμερα για την ακριβή μέτρηση του χρόνου βασιζόμαστε στις παλινδρομικές κινήσεις των ατόμων, προκειμένου να κατασκευάσουμε τα πιο ακριβή ρολόγια τα

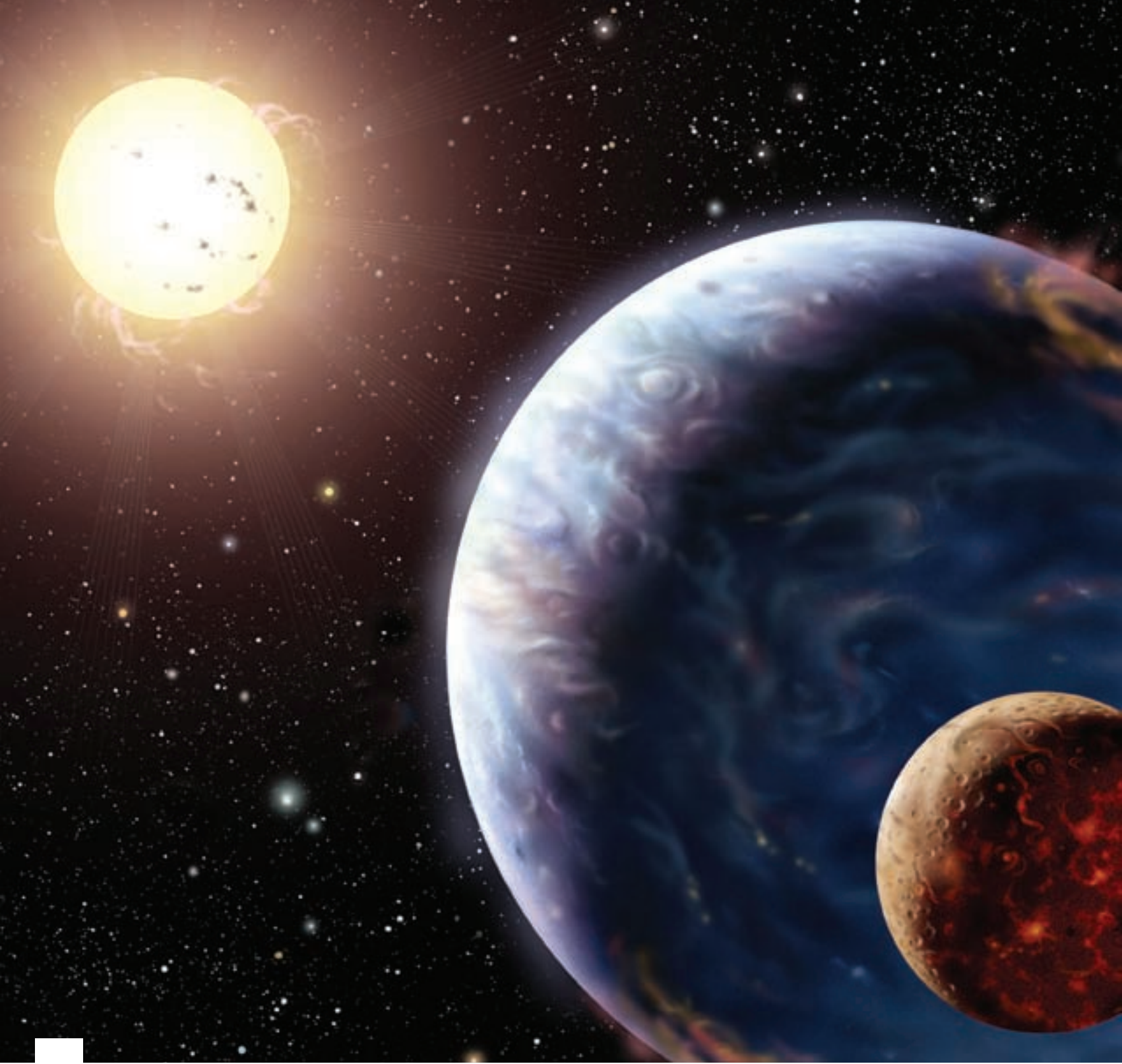


γνωστά ατομικά ρολόγια που «χάνουν» ένα δευτερόλεπτο κάθε 10.000 χρόνια. Συνεπώς ο χρόνος των ρολογιών μας συμβαδίζει με την κίνηση της Γης μέσα στα όρια του ενός δευτερολέπτου.

Ο απλούστερος όμως τρόπος να μετρήσουμε μία πλήρη περιστροφή της Γης είναι με την κάθετη τοποθέτηση μιας ράβδου στο χώμα. Στη διάρκεια της ημέρας μπορούμε να παρατηρήσουμε τη σκιά της ράβδου και όταν θα έχει το μικρότερο μήκος της να σημειώσουμε τη θέση της με μια πέτρα. Όταν την επόμενη ημέρα η σκιά επιστρέψει στην πέτρα μπορούμε να πούμε ότι πέρασε μία ολόκληρη μέρα και μάλιστα μια ηλιακή ημέρα, αφού μετρήθηκε με βάση τον Ήλιο. Αυτός ήταν πραγματικά και ο τρόπος, με τον οποίο ο άνθρωπος επί αιώνες μετρούσε το χρόνο. Είναι η μέθοδος του *ηλιακού ρολογιού*, που όμως παρουσιάζει ορισμένα προβλήματα. Γιατί το ηλιακό ρολόι δεν «απεικονίζει» μία μόνο κίνηση της Γης, αλλά δύο ή μάλλον τη διαφορά μεταξύ της περιστροφής της Γης γύρω από τον άξονά της και της περιφοράς της γύρω από τον Ήλιο. Και ενώ η πρώτη (η περιστροφή) είναι στην ουσία σταθερή, η δεύτερη (η περιφορά) δεν είναι. Συνεπώς και η διαφορά τους δεν είναι σταθερή ολόκληρο το έτος. Επί

πλέον το επίπεδο της τροχιάς της Γης δεν είναι κάθετο προς τον άξονά της, με αποτέλεσμα όλα αυτά μαζί να διαφοροποιούν τη διάρκεια της ημέρας σε διαφορετικές ημερομηνίες του έτους.

Αντίθετα ένα συνηθισμένο ρολόι χειρός εγκαταλείπει τον Ήλιο ως απόλυτο μετρητή του χρόνου και παρ' όλο που «βαδίζει» με το μέσο ηλιακό ρυθμό δεν μετράει τον ακριβή μέσο ηλιακό χρόνο ενός δεδομένου τόπου. Ένα ρολόι θα μπορούσε φυσικά να μετρήσει επακριβώς το μέσο τοπικό ηλιακό χρόνο, μόνο αν ήταν συνεχώς ακίνητο, καθώς για κάθε παραμικρή μετατόπιση προς τα ανατολικά ή τα δυτικά ο χρόνος διαφέρει. Για να αποφευχθούν όλα αυτά τα μπερδέματα στις μικρές αποστάσεις έχουν καθιερωθεί διεθνώς οι λεγόμενες *ωριαίες άτρακτοι*. Κάθε μία τέτοια άτρακτος ή ζώνη έχει πλάτος 15°, αν και μερικές φορές είναι ακανόνιστες και διορθώνονται για πρακτικούς λόγους σύμφωνα με τα σύνορα μιας χώρας. Έτσι, ο χρόνος μέσα σε ολόκληρη τη ζώνη θεωρείται ότι ισοδυναμεί με το μέσο τοπικό ηλιακό χρόνο του κέντρου της ζώνης. Ένα μηχανικό ρολόι λοιπόν δεν μετράει το μέσο ηλιακό χρόνο, αλλά απλώς εντοπίζει το χρόνο που έχουμε κοινά αποδεχτεί και καθιερώσει.



8

ΤΟ ΕΤΟΣ ΚΑΙ Η ΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

Ο υπολογισμός του έτους των 365,25 ημερών έγινε, από την αρχαιότητα ήδη, με την παρατήρηση της επίδρασης που έχει στη Γη η περιφορά της γύρω από τον Ήλιο, της επίδρασης δηλαδή του κύκλου των εποχών και της επαναλαμβανόμενης παρέλασης αυτών. Αν και η επανάληψη των εποχών βασίζεται στην κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο, εμείς δεν αισθανόμαστε την κίνηση αυτή. Τη βλέπουμε όμως να αντικατοπτρίζεται στον ουρανό όπου μας φαίνεται ότι ο Ήλιος κινείται από την Ανατολή προς τη Δύση, λόγω ακριβώς της κίνησης της Γης πάνω στην τροχιά της προς την αντίθετη κατεύθυνση.

Κάθε μέρα η Γη βρίσκεται σε διαφορετική θέση απ' αυτήν που βρισκόταν την προηγούμενη και για το λόγο αυτό αντικρίζουμε τον Ήλιο από διαφορετική γωνία. Γι' αυτό μας φαίνεται ότι ο Ήλιος βρίσκεται μπροστά από διαφορετικά άστρα. Έτσι, κάθε φορά που η Γη συμπληρώνει μία πλήρη περιφορά γύρω από τον Ήλιο, μας φαίνεται ότι ο Ήλιος ήταν αυτός που συμπλήρωσε έναν κύκλο γύρω από τη Γη, πάνω στην **εκλειπτική**, την απεικόνιση ή την προέκταση δηλαδή στην **ουράνια σφαίρα**, της γήινης τροχιάς γύρω από τον Ήλιο.

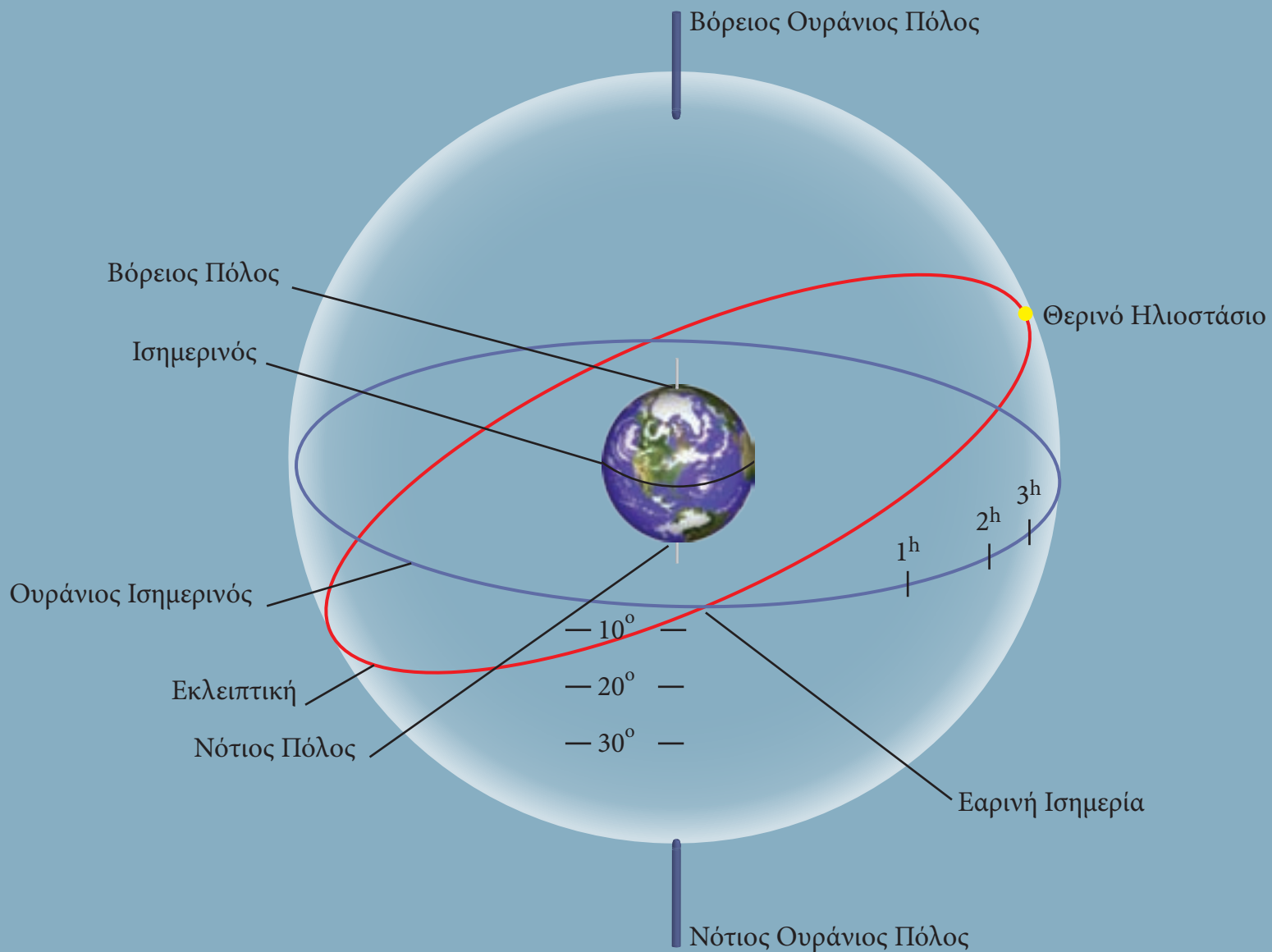
Αν παρατηρήσουμε την εκλειπτική και τη συγκρίνουμε με τον ουράνιο ισημερινό (την προέκταση δηλ. του ισημερινού της Γης και την αποτύπωσή του στην ουράνια σφαίρα) θα διαπιστώσουμε ότι οι δύο αυτοί κύκλοι δεν συμπίπτουν, αλλά αντίθετα τέμνονται, σχηματίζοντας γωνία ίση με $23^{\circ} 27'$, λόγω της κλίσης που έχει ο άξονας της Γης σε σχέση με το

επίπεδο που σχηματίζει η εκλειπτική. Η γωνία αυτή ονομάζεται **λόξωση της εκλειπτικής**, ενώ και τα δύο σημεία που τέμνονται οι δύο κύκλοι ονομάζονται **ισημερινά σημεία**.

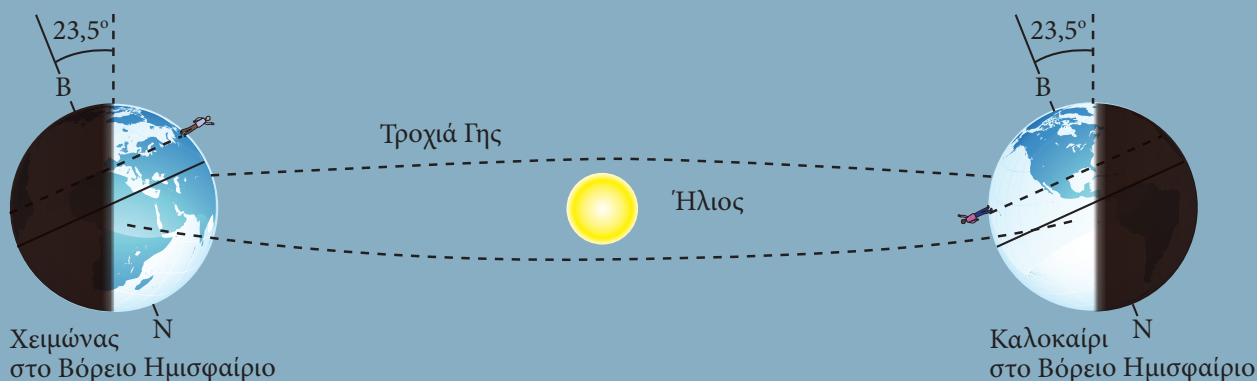
Στο πρώτο σημείο ο ουράνιος ισημερινός τέμνει την εκλειπτική εκεί όπου ο Ήλιος βρίσκεται στις 20-21 Μαρτίου. Το σημείο αυτό ονομάζεται **εαρινό ισημερινό σημείο** και την ημέρα αυτή αρχίζει η Άνοιξη. Εκ διαμέτρου αντίθετα η τομή γίνεται όταν ο Ήλιος βρίσκεται στις 22-23 Σεπτεμβρίου. Το σημείο αυτό ονομάζεται **φθινοπωρινό ισημερινό σημείο** και από την ημέρα αυτή αρχίζει το Φθινόπωρο. Και στις δύο αυτές ημέρες, η νύχτα είναι ίση με την ημέρα, δηλαδή επί 12 ώρες ο Ήλιος βρίσκεται πάνω από τον ορίζοντα και επί 12 ώρες βρίσκεται κάτω από τον ορίζοντα, έχουμε **ισημερία** δηλαδή ιση-μέρα.

Από το εαρινό ισημερινό σημείο και μετά, ο Ήλιος φαίνεται να σκαρφαλώνει όλο και πιο πάνω στο βόρειο ημισφαίριο του ουρανού. Οι μέρες μεγαλώνουν, οι νύχτες μικραίνουν και γίνονται όλο και πιο θερμές. Περίπου τρεις μήνες αργότερα, στις 22 Ιουνίου, ο Ήλιος φτάνει στο βορειότερο σημείο της εκλειπτικής, από το οποίο θα αρχίσει πλέον να κατέρχεται, «τρεπόμενος» και πάλι προς τον ισημερινό. Το σημείο αυτό, στις 22 Ιουνίου, ονομάζεται **θερινό τροπικό σημείο** ή απλά **θερινή τροπή**, επειδή ο Ήλιος τρέπεται και πάλι προς τον ισημερινό και από την ημέρα αυτή αρχίζει το Καλοκαίρι. Επειδή μάλιστα για μερικές ημέρες πριν και μετά τη θερινή τροπή ο Ήλιος φαίνεται να αργοστέκεται πάνω στην εκλειπτική σαν να είναι έτοιμος να

Η ΟΥΡΑΝΙΑ ΣΦΑΙΡΑ



Οι εποχές του έτους οφείλονται στην κλίση του άξονα περιστροφής της Γης, σε σχέση με την κατακόρυφο ως προς το επίπεδο της τροχιάς της γύρω από τον Ήλιο.



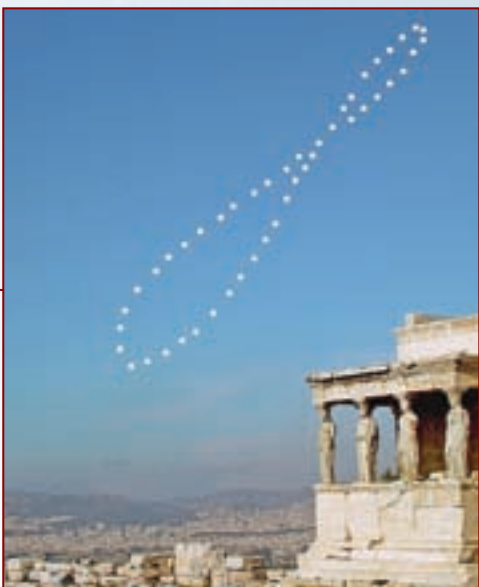
σταματήσει, το θερινό τροπικό σημείο ονομάζεται επίσης και **θερινό ηλιοστάσιο**.

Μετά τη θερινή τροπή, ο Ήλιος συνεχίζει να κατεβαίνει προς το Νότο και στις 23 Σεπτεμβρίου φτάνει στο φθινοπωρινό ισημερινό σημείο, οπότε, όπως και στο εαρινό ισημερινό σημείο, έχουμε ισημερία. Αλλά η κάθοδος του Ήλιου συνεχίζεται, μέχρις ότου, στις 22 Δεκεμβρίου, φτάσει στο νοτιότερο σημείο της τροχιάς του που ονομάζεται **χειμερινό τροπικό σημείο** ή απλά **χειμερινή τροπή** ή **χειμερινό ηλιοστάσιο**. Από την ημέρα αυτή αρχίζει ο Χειμώνας. Αλλά από εκεί κι έπειτα ο Ήλιος σταματάει να κατέρχεται και ξαναρχίζει να «σκαρφαλώνει», κάθε μέρα όλο και πιο ψηλά.

Φυσικά σήμερα εμείς γνωρίζουμε ότι αιτία των εποχών του έτους είναι η κλίση των $23,5^\circ$ που έχει ο άξονας της Γης σε σχέση με το επίπεδο της τροχιάς της γύρω από τον Ήλιο. Το φαινόμενο αυτό αντικατοπτρίζεται όπως είπαμε στον ουράνιο θόλο, με αποτέλεσμα η εκλειπτική να τέμνει τον ουράνιο

ισημερινό με την ίδια γωνία των περίπου $23,5^\circ$. Έτσι, κατά τη διάρκεια του Χειμώνα, οι ακτίνες του Ήλιου προσπίπτουν με κλίση στο βόρειο ημισφαίριο της Γης, ενώ στο νότιο ημισφαίριο, όπου προσπίπτουν περισσότερο κάθετα, έχουν Καλοκαίρι. Στη διάρκεια της Άνοιξης ο Ήλιος βρίσκεται ακριβώς πάνω από τον ισημερινό της Γης, οπότε και τα δύο ημισφαίρια λαμβάνουν με τον ίδιο τρόπο τις ζωογόνες ακτίνες του Ήλιου.

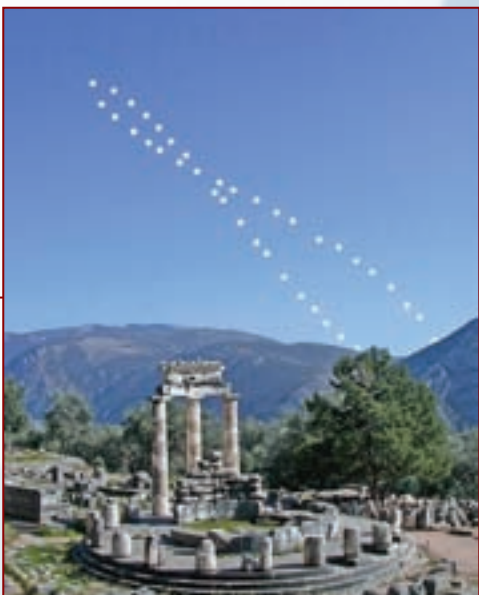
Στη διάρκεια του Καλοκαιριού ο τρόπος με τον οποίο πέφτουν οι ακτίνες του Ήλιου στα δύο ημισφαίρια αντιστρέφεται. Ενώ, για παράδειγμα, οι ακτίνες του πέφτουν πάνω μας περισσότερο κάθετα και έχουμε Καλοκαίρι, στο νότιο ημισφαίριο έχουν Χειμώνα. Τέλος, το Φθινόπωρο, ο Ήλιος βρίσκεται και πάλι πάνω από το γήινο ισημερινό, με ισομερή κατανομή της θερμότητας και στα δύο ημισφαίρια. Ανακεφαλαιώνοντας λοιπόν, μπορούμε να πούμε ότι η περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο και η κλίση των $23,5^\circ$ του άξονά της, αποτελούν την αιτία της κυκλικής εναλλαγής των εποχών.



Ερέχθειο



Ναός Ηφαίστου



Θόλος Δελφών



Ναός Απόλλωνα – Αρχαία Κόρινθος

Εντυπωσιακές απεικονίσεις του αναλήμματος πάνω από διάφορους αρχαιολογικούς χώρους της Ελλάδας (ευγενής παραχώρηση του αστροφωτογράφου Αντώνη Αγιομαμίτη - © 2001-2010).

Οι εποχικές αυτές αλλαγές είχαν για τους ανθρώπους στην αρχαιότητα τεράστια σημασία, ιδιαίτερα μάλιστα μετά την εμφάνιση της γεωργίας πριν από 10.000 περίπου χρόνια. Γι' αυτόν το λόγο και επειδή η σπορά, η συγκομιδή και οι άλλες γεωργικές ασχολίες εξαρτιόνταν από τις αλλαγές των εποχών, η διάρκεια ενός ηλιακού έτους έπρεπε να μετρηθεί επακριβώς. Δεν είναι λοιπόν καθόλου παράξενο που ο Ήλιος λατρεύτηκε από τους αρχαίους σαν θεός, μια που γι' αυτούς ήταν ο δημιουργός των εποχών του έτους και του κύκλου των φαινομένων και των εναλλαγών που σχετίζονται μ' αυτές: από τη σπορά ως τη βλάστηση και από την ανθοφορία ως τη συγκομιδή.

Η ταχύτητα με την οποία κινείται ένας πλανήτης γύρω από τον Ήλιο καθορίζεται αυστηρά από την απόσταση που έχει από αυτόν. Όσο πιο κοντά στον Ήλιο βρίσκεται, τόσο πιο γρήγορα κινείται και όσο πιο μακριά, τόσο πιο αργά. Και η Γη όμως δεν αποτελεί εξαίρεση σ' αυτόν τον κανόνα, μιας και η τροχιά της γύρω από τον Ήλιο δεν είναι ένας τέλειος κύκλος αλλά μία έλλειψη. Γι' αυτό και η απόσταση της Γης από τον Ήλιο στη διάρκεια του έτους δεν είναι σταθερή, αλλά κυμαίνεται από 147-152 εκατ. km.

Η Γη φτάνει στην πλησιέστερη απόστασή της από τον Ήλιο, που ονομάζεται **περιήλιο**, στις αρχές Ιανουαρίου και στις αρχές Ιουλίου στην πιο απομακρυσμένη της απόσταση, που ονομάζεται **αφήλιο**. Καθώς λοιπόν η Γη πλησιάζει τον Ήλιο στη διάρκεια του Φθινοπώρου και στις αρχές του Χειμώνα, η τροχιακή της ταχύτητα αυξάνει. Στο περιήλιο η ταχύτητα περιφοράς της Γης γύρω από τον Ήλιο φτάνει περίπου τα 31 km/sec, ενώ καθώς απομακρύνεται από τον Ήλιο την Άνοιξη και το Καλοκαίρι η ταχύτητά της ελαττώνεται και στο αφήλιο φτάνει περίπου τα 28 km/sec.

Το γεγονός αυτό επηρεάζει το χρόνο ανάμεσα σε δύο διαδοχικά περάσματα του Ήλιου από το Μεσημβρινό, δηλαδή από δύο διαδοχικά μεσημέρια. Γι' αυτό η εναλλασσόμενη τροχιακή ταχύτητα της Γης αποτελεί τον κύριο λόγο, που καθιστά τον Ήλιο ατελή χρονομέτρη για τον άνθρωπο. Για το λόγο αυτό, όπως είπαμε, καταλήξαμε στην εφεύρεση ενός φανταστικού **μέσου ήλιου**, στον οποίο βασίζεται και η ημέρα όπως έχει καθοριστεί σήμερα. Ο πραγματικός ή αληθής Ήλιος, στη διάρκεια ενός έτους, φτάνει να είναι καθυστερημένος στο ημερήσιο ραντεβού του με το Μεσημβρινό ή ακόμη και να προτρέπει αυτού έως και 16'. Η διαφοροποίηση αυτή είναι κάθε χρόνο η ίδια για κάθε ορισμένη ημερομηνία του έτους και ονομάζεται **εξίσωση του χρόνου**.

Έτσι, αν κατά τη διάρκεια ενός έτους και κατά τακτά χρονικά διαστήματα φωτογραφίζαμε τον Ήλιο το μεσημέρι, με μία φωτογραφική μηχανή που παραμένει ακίνητη στην ίδια πάντα θέση και αποτυπώναμε τις εικόνες αυτές πάνω στην ίδια φωτογραφική πλάκα, οι διαδοχικές εικόνες του Ήλιου θα σχημάτιζαν μία παράξενη εικόνα με το σχήμα του αριθμού 8. Το ίδιο αυτό σχήμα το βλέπουμε μερικές φορές αποτυπωμένο στις επιτραπέζιες γήινες σφαίρες, τοποθετημένο στη μέση περίπου του Ειρηνικού ωκεανού. Το σχήμα αυτό ονομάζεται **ανάλημμα** και δεν είναι παρά η θέση του Ήλιου σε σχέση με το Μεσημβρινό, τα «μεσημέρια» των μέσων ηλιακών ημερών. Είναι, δηλαδή, η γραφική αναπαράσταση της εξίσωσης του χρόνου στον ουρανό, αφού στη διάρκεια ενός έτους ο αληθής Ήλιος συμπίπτει με το μέσο ήλιο μόνο 4 φορές: στις 26 Δεκεμβρίου, στις 16 Απριλίου, στις 14 Ιουνίου και στις 2 Σεπτεμβρίου. Όλες τις άλλες ημερομηνίες ο αληθινός ηλιακός χρόνος είναι είτε μεγαλύτερος, είτε μικρότερος του μέσου ηλιακού χρόνου.



9

Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΚΛΕΙΨΕΩΝ

Ίσως είναι κάπως υπερβολικό, αλλά υπάρχουν σήμερα πολλοί ερευνητές οι οποίοι, με βάση το συγκριτικό μέγεθος της Γης και της Σελήνης, αντιμετωπίζουν το διαστημικό αυτό «ζευγάρι» ως ένα διπλό πλανήτη. Πράγματι οποιοσδήποτε εξωγήινος επισκέπτης του Ηλιακού μας Συστήματος θα αντιμετώπιζε το σύμπλεγμα αυτό σαν ένα «διαστημικό ντουέτο». Ένα ντουέτο που δισεκατομμύρια χρόνια τώρα στροβιλίζεται ενωμένο από τις βαρυτικές και παλιρροιακές δυνάμεις που επιδρούν πάνω του. Ένα ντουέτο αγκιστρωμένο με τέτοιο τρόπο, ώστε η Σελήνη να δείχνει σχεδόν πάντοτε το ίδιο της πρόσωπο προς τη Γη. Ένα πρόσωπο που αλλάζει τη φωτισμένη του μορφή καθημερινά, καθώς η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τον πλανήτη μας μία φορά περίπου κάθε μήνα. Σ' αυτήν άλλωστε τη μηνιαία περιφορά της Σελήνης οφείλονται και δύο από τα πιο όμορφα φαινόμενα της φύσης, οι **ηλιακές** και οι **σεληνιακές εκλείψεις**.

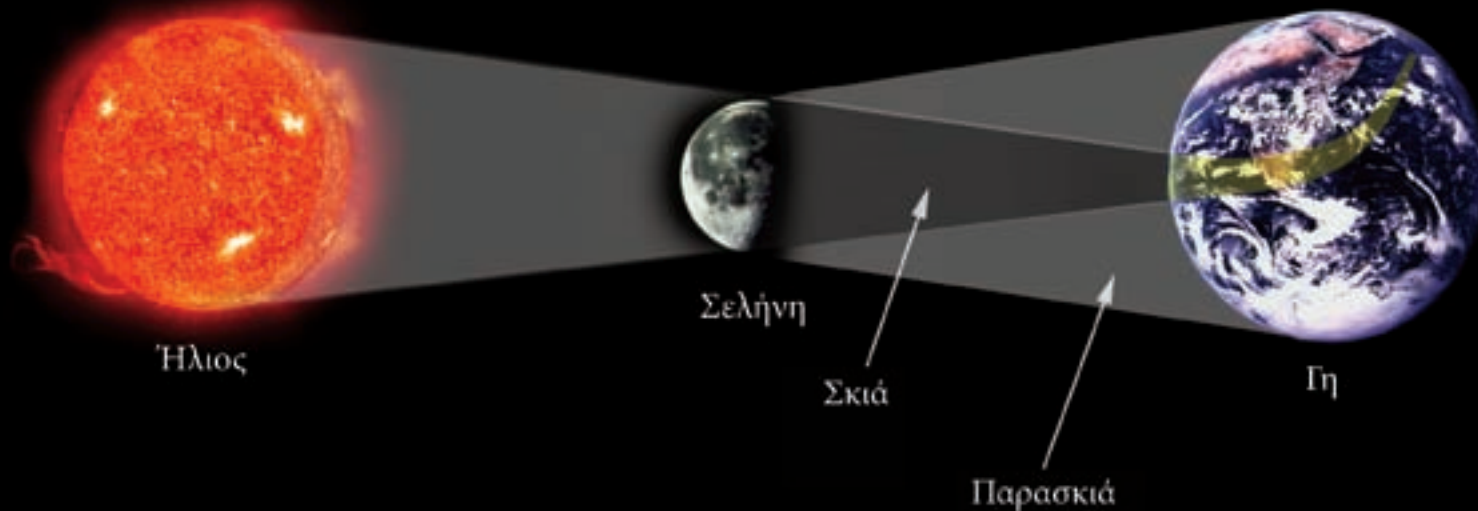
Στη χορευτική πανδαισία των εκλείψεων τρεις είναι οι πρωταγωνιστές που λαμβάνουν μέρος, ο Ήλιος, η Σελήνη και η Γη. Οι εκλείψεις συμβαίνουν μόνο όταν τα τρία αυτά σώματα βρίσκονται σε ευθεία γραμμή, αφού οι ηλιακές εκλείψεις λαμβάνουν χώρα όταν η Σελήνη περνάει μπροστά από το δίσκο του Ήλιου και τον καλύπτει είτε μερικώς, είτε ολικώς. Αιτία δηλαδή των ηλιακών εκλείψεων είναι η περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη και η σκιά που ρίχνει αυτή στον πλανήτη μας. Η σκιά αυτή αποτελείται από δύο διαφορετικές περιοχές, έναν εσωτερικό κώνο πλήρους σκιάς, που ονομάζεται **κύρια σκιά** και μία περιοχή μερικής σκιάς, που ονομάζεται **παρασκιά**.

Όταν παρατηρούμε μια έκλειψη του Ήλιου από μία περιοχή της Γης, στην οποία πέφτει η παρασκιά, η Σελήνη καλύπτει ένα μόνο τμήμα του Ήλιου και τότε λέμε ότι πρόκειται για μια **μερική έκλειψη** του Ήλιου. Όταν όμως κοιτάζουμε τον Ήλιο από μια περιοχή που καλύπτει η πλήρης σκιά της Σελήνης, ο Ήλιος είναι τελείως αθέατος και τότε πρόκειται για **ολική έκλειψη**.

Παρ' όλο όμως που η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη μία σχεδόν φορά το μήνα, δεν έχουμε εκλείψεις κάθε μήνα. Για να κατανοήσουμε το λόγο που συμβαίνει κάτι τέτοιο ας υποθέσουμε ότι μία ευθεία γραμμή περνάει από το κέντρο του Ήλιου και της Γης και εκτείνεται στην άλλη της πλευρά. Αν η Σελήνη στη διαδρομή της γύρω από τη Γη περνούσε ακριβώς πάνω στη γραμμή θα είχαμε εκλείψεις κάθε μήνα τόσο ηλιακές όσο και σεληνιακές. Η Σελήνη όμως δεν ταξιδεύει μ' αυτόν τον τρόπο, αλλά αντίθετα, στην περιφορά της γύρω από τη Γη, περνάει είτε πιο πάνω, είτε πιο κάτω από την υποθετική αυτή γραμμή. Όταν τα τρία αυτά σώματα δεν βρίσκονται στην ίδια ευθεία, οι σκιές και της Γης και της Σελήνης πέφτουν στο διάστημα και δεν γίνονται εκλείψεις. Ακόμη όμως και όταν η σκιά της Σελήνης πέσει στη Γη, συνήθως δεν καλύπτει παρά ένα διάδρομο με μέγιστο πλάτος 272 km. Η δέσμη της σκιάς αυτής διασχίζει τον πλανήτη μας με μέση ταχύτητα που φτάνει τα 3.000 km/h, περνώντας πάνω από τους γήινους παρατηρητές σε μέγιστο χρόνο 7' περίπου.

Η απόσταση όμως της Σελήνης δεν παραμένει πάντα ίδια, αφού στη διάρκεια ενός μήνα άλλες φορές

Οι ηλιακές εκλείψεις παρατηρούνται όταν η Σελήνη διέρχεται μπροστά από το δίσκο του Ήλιου και τον καλύπτει, είτε μερικώς είτε ολικώς, ρίχνοντας τη σκιά της στον πλανήτη μας.



μας πλησιάζει και άλλοτε απομακρύνεται. Στην πλησιέστερη απόστασή της η Σελήνη βρίσκεται 356.410 km από τη Γη (από κέντρο σε κέντρο) και στην πιο απομακρυσμένη 406.697 km. Γι' αυτό το φαινόμενο μέγεθός της (δηλ. το μέγεθος που νομίζουμε ότι έχει όταν απλά την παρατηρούμε και όχι το πραγματικό της μέγεθος) κυμαίνεται από 91%-106% του φαινομένου μεγέθους του Ήλιου. Οπότε στις περιπτώσεις που το φαινόμενο μέγεθος της Σελήνης είναι μεγαλύτερο (100-106%) από το φαινόμενο μέγεθος του Ήλιου, τότε έχουμε ολική έκλειψη του Ήλιου, ενώ όταν είναι μικρότερο (91-100%) ο σκοτεινός της δίσκος δεν τον καλύπτει πλήρως αφήνοντας γύρω της ένα φωτεινό δαχτυλίδι. Αυτή είναι η λεγόμενη **δακτυλιοειδής έκλειψη** του Ήλιου, αν και ορισμένες φορές μία έκλειψη μπορεί να αρχίσει ως ολική και με την πάροδο του χρόνου να εξελιχτεί σε δακτυλιοειδή και το αντίθετο.

Κι όμως, μόνο από τη Γη μπορεί να παρακολουθήσει κάποιος μία ολική έκλειψη του Ήλιου, γιατί από κανένα άλλο ουράνιο σώμα του Ηλιακού μας Συστήματος δεν παρατηρούνται ολικές ηλιακές εκλείψεις. Υπάρχει φυσικά και η περίπτωση των δορυφόρων Επιμηθεύς του Κρόνου και Κορδήλια του Ουρανού, που, θεωρητικά, θα μπορούσαν να δημιουργήσουν μια τέτοια έκλειψη εάν οι δύο αυτοί αέριοι πλανήτες διέθεταν κάποια στερεή επιφάνεια, από την οποία θα μπορούσε να παρατηρηθεί. Κάτι τέτοιο όμως δεν μπορεί πρακτικά να γίνει οπότε έχουμε μόνο τη Γη, η οποία μπορεί να μας προσφέρει το μεγαλειώδες αυτό θέαμα. Και αυτό λόγω μιας απλής ουράνιας σύμπτωσης που έχει να κάνει με το πώς φαίνονται ο Ήλιος και η Σελήνη από την επιφάνεια του πλανήτη μας.

Όπως γνωρίζετε η διάμετρος του Ήλιου (1.392.000 km) είναι 400 περίπου φορές μεγαλύτερη από τη

Οι εκλείψεις της Σελήνης παρατηρούνται όταν ο φυσικός μας δορυφόρος, στην τροχιά του γύρω από τη Γη, διέρχεται από την περιοχή της γήινης σκιάς.



διάμετρο της Σελήνης (3.476 km). Από τη Γη όμως μας φαίνεται ότι τα δύο αυτά σώματα έχουν το ίδιο σχεδόν φαινόμενο μέγεθος αφού ο Ήλιος, με μέση απόσταση 149.597.893 km, είναι 400 περίπου φορές πιο μακριά μας απ' ό,τι η Σελήνη. Γι' αυτό, αν η Σελήνη ήταν είτε λίγο μικρότερη είτε βρίσκονταν λίγο πιο μακριά μας δεν θα μπορούσαμε να παρατηρήσουμε ποτέ μια ολική ηλιακή έκλειψη.

Φυσικά τα πράγματα δεν ήταν πάντοτε έτσι, αφού λόγω των παλιρροιακών δυνάμεων της Σελήνης που επιδρούν στον πλανήτη μας ο δορυφόρος μας απομακρύνεται από μας κατά μέσον όρο 3,7 cm κάθε χρόνο, με αποτέλεσμα μάλιστα την επιμήκυνση της ημέρας κατά 1,7 χιλιοστά του δευτερολέπτου κάθε αιώνα. Όλα αυτά σημαίνουν ότι στο παρελθόν η Σελήνη φάνταζε μεγαλύτερη στο νυχτερινό ουρανό απ' ό,τι σήμερα, ενώ στο άπώτερο μέλλον (σε 778

εκατ. περίπου χρόνια!) θα έχει απομακρυνθεί τόσο πολύ, ώστε οι απόγονοί μας δεν θα ξαναδούν πια το υπέροχο θέαμα μιας ολικής ηλιακής έκλειψης και θα περιοριστούν να βλέπουν τις δακτυλιοειδείς μόνον εκλείψεις του.

Εκτός όμως από τις ηλιακές εκλείψεις έχουμε και εκλείψεις της Σελήνης. Αυτές συμβαίνουν όταν η Σελήνη, στην τροχιά της γύρω από τη Γη, εισέρχεται στην περιοχή της γήινης σκιάς. Παρ' όλο όμως που συνήθως οι σεληνιακές εκλείψεις ακολουθούν ή προηγούνται κατά 15 περίπου ημέρες τις ηλιακές εκλείψεις, εντούτοις οι ηλιακές εκλείψεις είναι πολύ πιο συχνές από τις σεληνιακές. Ο μεγαλύτερος αριθμός σεληνιακών εκλείψεων στη διάρκεια ενός ημερολογιακού έτους δεν υπερβαίνει τις τρεις (όπως έγινε το 1917 και το 1982). Αντίθετα ο μέγιστος αριθμός των ηλιακών εκλείψεων μπορεί να φτάσει τους

πέντε όπως έγινε το 1934. Παρ' όλα αυτά η παρατήρηση μιας ολικής ηλιακής έκλειψης σε μία δεδομένη γεωγραφική περιοχή είναι αρκετά σπάνια και φτάνει κατά μέσον όρο τα 360 χρόνια.

Ο μεγαλύτερος αριθμός σεληνιακών και ηλιακών εκλείψεων που μπορεί να παρατηρηθούν κατά τη διάρκεια ενός έτους είναι 7 (όπως συνέβη το 1935 με 5 ηλιακές και 2 σεληνιακές και το 1982 με 4 ηλιακές και 3 σεληνιακές) και ο μικρότερος 2, οπότε και οι δύο θα είναι *οπωσδήποτε* ηλιακές, όπως έγινε το 1984. Επειδή μάλιστα το μήκος της σεληνιακής σκιάς, που κυμαίνεται μεταξύ 381.000 και 365.000 km, είναι κατά μέσον όρο μικρότερη από τη μέση απόσταση της Σελήνης από τη Γη, γι' αυτό οι δακτυλιοειδείς εκλείψεις είναι περισσότερες από τις ολικές με αναλογία 5 προς 4.

Όσον αφορά τώρα στη μέγιστη δυνατή διάρκεια της ολικής φάσης των ηλιακών εκλείψεων αυτή δεν μπορεί να ξεπεράσει τα 7' 31", διάρκεια που δεν έχει παρατηρηθεί ποτέ μέχρι τώρα, ενώ η μέγιστη παρατηρηθείσα διάρκεια στα τελευταία 1.200 χρόνια ήταν αυτή της 20ης Ιουνίου του 1955 από τις Φιλιππίνες και η οποία έφτασε τα 7' 8". Οι εκλείψεις του 1937 και του 1973 ξεπέρασαν επίσης τα 7' γεγονός

που δεν πρόκειται να ξανασυμβεί μέχρι το έτος 2150. Παρεμπιπτόντως αξιωματικά σημειωθεί επίσης ότι η διάρκεια των δακτυλιοειδών εκλείψεων είναι μεγαλύτερη και φτάνει τα 12' 24".

Παρ' όλα αυτά υπάρχουν σήμερα αστρονόμοι που κατόρθωσαν να παρατηρήσουν την ολική φάση μιας ηλιακής έκλειψης επί 74"! Αυτό κατέστη εφικτό στη διάρκεια της έκλειψης της 30ης Ιουνίου 1973 με τη βοήθεια ενός αεροπλάνου τύπου «Κονκόρντ» που ήταν ειδικά εξοπλισμένο, ώστε να μελετήσουν οι επιστήμονες τον Ήλιο και πετούσε κατά μήκος του διαδρόμου της σεληνιακής σκιάς! Δεν πρέπει φυσικά να ξεχνάμε ότι η διάρκεια μιας ηλιακής έκλειψης είναι πολύ μεγαλύτερη απ' ό,τι η ολική της φάση και συνολικά υπερβαίνει (από την έναρξη της μερικής φάσεώς της μέχρι τη λήξη της σ' ένα συγκεκριμένο τόπο) τις 2 ώρες.

Από τα μέσα περίπου του 19^{ου} αιώνα οι μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στη διάρκεια ολικών ηλιακών εκλείψεων πρόσφεραν σπουδαίες ανακαλύψεις. Στη διάρκεια της έκλειψης του 1868, για παράδειγμα, ανακαλύφθηκε στην ηλιακή ατμόσφαιρα η ύπαρξη του άγνωστου μέχρι τότε χημικού στοιχείου που ως εκ τούτου ονομάστηκε *ήλιο*, ενώ μόλις το 1895 η

ύπαρξη του στοιχείου αυτού επιβεβαιώθηκε και στον πλανήτη μας. Το σπουδαίο είναι ότι το ήλιο είναι το δεύτερο, μετά το υδρογόνο, πιο διαδεδομένο στοιχείο και αποτελεί το 24% περίπου των παρατηρούμενων υλικών του Σύμπαντος.

Οι παρατηρήσεις που έγιναν στη διάρκεια της έκλειψης του 1919 αποτέλεσαν επίσης και την πρώτη θεαματική επιβεβαίωση της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας του Άλμπερτ Αϊνστάιν, που δημοσιεύτηκε το 1915. Τα πειράματα που διεξήχθησαν απέδειξαν περίτρανα για πρώτη φορά την πρόβλεψη της θεωρίας ότι η ύπαρξη μεγάλων μαζών δημιουργεί βαρυτικά «πηγάδια», που αναγκάζουν το φως των απόμακρων άστρων να «καμπυλωθεί» όταν περνάει δίπλα τους.





10 Η ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΕΚΛΕΙΨΗ ΤΟΥ 20^{ΟΥ} ΑΙΩΝΑ

Το κείμενο, σε πρώτο πρόσωπο, που ακολουθεί είναι η αφήγηση του Διονύση Σιμόπουλου των συναρπαστικών εμπειριών που αποκόμισε «εν πλω», στη διάρκεια του ταξιδιού που πραγματοποίησε το υπερωκεάνιο «Στέλλα Σολάρις» για τη παρατήρηση της τελευταίας ηλιακής έκλειψης του 20^{ου} αιώνα, στη Μαύρη Θάλασσα.

Εκείνο το καλοκαιρινό μεσημέρι της 11^{ης} Αυγούστου 1999 το φως που επικρατούσε γύρω μας έμοιαζε με το λυκόφως ενός χειμωνιάτικου δειλινού, αφού ήδη είχαμε μπει στην παρασκιά που έριχνε πάνω στον Εύξεινο Πόντο η Σελήνη. Στον ουρανό ένα μικρό μόνο φωτεινό μισοφέγγαρο της ηλιακής φωτόσφαιρας είχε μείνει ακάλυπτο, αλλά παρ' όλα αυτά τα ειδικά φίλτρα των γυαλιών μου ήταν απαραίτητα, αφού ακόμη και με το 99,99% του ηλιακού δίσκου κρυμμένο πίσω από το δορυφόρο της Γης η φωτεινότητα του Ήλιου είναι εκτυφλωτική.

Βρισκόμασταν ακίνητοι στη Μαύρη Θάλασσα στο υπερωκεάνιο «Στέλλα Σολάρις», 100 km περίπου ανατολικά της πόλης Βάρνα της Βουλγαρίας (43° Β., 30° Α., περίπου), απ' όπου θα περνούσε σε λίγη ώρα η σκιά της Σελήνης. Ο κυβερνήτης του πλοίου, Απόστολος Πανώριος, το είχε οδηγήσει σε εκείνο το σημείο συνάντησης πέντε συνολικά πλοίων από τις 10.00 το πρωί. Θα είχε έτσι τον απαιτούμενο χρόνο για να κάνει τους κατάλληλους χειρισμούς σε περίπτωση που οι καιρικές συνθήκες μάς ανάγκαζαν να κινηθούμε σε κάποιο άλλο σημείο, πάνω στο μονοπάτι που θα χάραζε η σκιά του δορυφόρου μας.

Αλλά δεν χρειάστηκε, αφού ο ουρανός ήταν πεντάκαθαρος και η θάλασσα «λάδι».

Είχε αρχίσει να σκοτεινιάζει αρκετά, όταν ένα ελαφρό αεράκι, ο επονομαζόμενος άνεμος της έκλειψης, άρχισε να φυσάει από τα νοτιοανατολικά (Σοροκάδα το αποκάλεσε ο ύπαρχος του πλοίου). Πάνω στον ουρανό και σε ύψος 59° από το νότιο ορίζοντα, η Σελήνη είχε αρχίσει από τις 12:49 να καλύπτει σιγά-σιγά το δίσκο του Ήλιου, ενώ οι 600 περίπου επαγγελματίες και ερασιτέχνες αστρονόμοι από τα Πλανητάρια του Λος Άντζελες, του Σικάγο, του Τόκιο και μαζί τους 19 ακόμη Έλληνες επιβάτες και τα 350 μέλη του πληρώματος είχαν κατακλύσει από νωρίς τα ανοιχτά καταστρώματα του πλοίου, προετοιμάζοντας τα τηλεσκόπια, τις φωτογραφικές μηχανές και τα διάφορα άλλα όργανα παρατήρησης της ολικής έκλειψης του Ήλιου. Ένας πραγματικός πυρετός δραστηριότητας επικρατούσε, και οι πάντες προσπαθούσαν μέχρι και την τελευταία στιγμή να εξετάσουν την παραμικρή λεπτομέρεια του προγράμματός τους από τον φόβο μήπως ξεχάσουν κάτι.

Βρισκόμουν στη γέφυρα του πλοίου, ενώ στο κάτω κατάστρωμα ένας συνάδελφος από το Τόκιο είχε

«ανοίξει» μια ειδική οθόνη αποφασισμένος να φωτογραφίσει ορισμένες σκιώδεις διακυμάνσεις που δύσκολα αποτυπώνονται σε φιλμ και παρουσιάζονται λίγο πριν από την ολική έκλειψη. Πράγματι, τρία λεπτά πριν από την ολική φάση της έκλειψης παντού ολόγυρα είχαν αρχίσει να εμφανίζονται οι παράξενες εκείνες σκιές που παρατήρησε για πρώτη φορά ο Χ. Γκόλντσμυτ το 1820. Έμοιαζαν με τις σκιές που ρίχνει στον πυθμένα μιας πισίνας ο ελαφρός κυματισμός της επιφάνειας του νερού και οφείλονταν στις αναταράξεις της ατμόσφαιρας που προκαλούσε η αισθητή μείωση της θερμοκρασίας.

Ήταν λίγο μετά τις δύο το μεσημέρι όταν, για μια ακόμη φορά, είδα να πλησιάζει με ταχύτητα 3.000 km/h ένας τεράστιος σκοτεινός τοίχος, με έκταση δεκάδων χιλιομέτρων και ύψος που χανόταν ψηλά στο Διάστημα. Κάλπαζε κατά πάνω μας σαν τους τέσσερεις καβαλάρηδες της Αποκάλυψης. Το απόκοσμο και εκφοβιστικό εκείνο σκοτάδι που έριχνε πάνω στη Γη μας η σκιά της Σελήνης «ξέθαψε» ενριπή οφθαλμού τον προαιώνιο φόβο που γεννούσαν ανέκαθεν τα μεγαλειώδη φαινόμενα της φύσης στις ψυχές των πρωτόγονων προγόνων μας, αποδεικνύοντας έτσι πόσο βαθιά χαραγμένα είναι τα ένστικτα αυτά στο μεδούλι της ανθρώπινης φύσης μας.

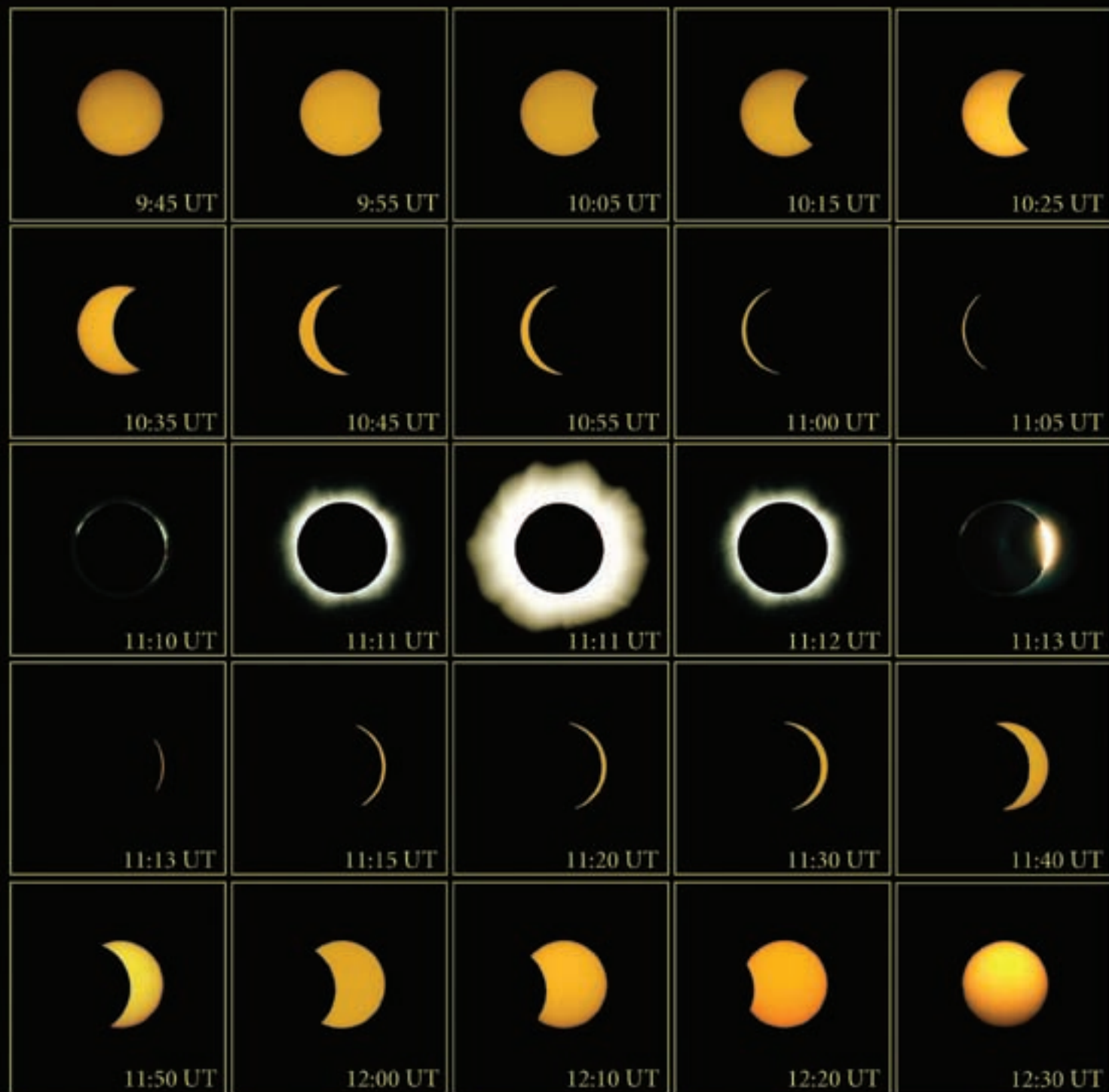
Και τότε ήταν που κατάλαβα για πρώτη φορά τι πραγματικά σήμαινε το δέος που αισθάνονταν οι αρχαίοι λαοί, οι οποίοι επί χιλιάδες χρόνια αντιδρούσαν με τόσες και τόσες δεισιδαίμονες αντιλήψεις και φόβους χτυπώντας τα τύμπανά τους σε μία απεγνωσμένη και μάταιη προσπάθεια να αποτρέψουν το «σκοτεινό δράκο» να καταπιεί τελείως το ζωοδότη φωτεινό δίσκο του Ήλιου. Λέγεται μάλιστα ότι, στη διάρκεια της έκλειψης του 840 μ.Χ., ο αυτοκράτορας Λουδοβίκος Α' ο Ευσεβής ή Αγαθός,

γιος του Καρλομάγνου, πέθανε από το φόβο του! Οι τρεις γιοι του διεκδικώντας το θρόνο ενεπλάκησαν σε έναν πόλεμο που έληξε τρία χρόνια αργότερα με τη Συνθήκη του Βερντέν και το χωρισμό της μεγάλης Καρολίγγειας Αυτοκρατορίας στα τμήματα που αποτελούν σήμερα τη Γαλλία, τη Γερμανία και την Ιταλία!

Η θερμοκρασία είχε ήδη πέσει πέντε βαθμούς Κελσίου, όταν στον ουρανό ο Σεληνιακός «δράκος» ήταν έτοιμος, για μια ακόμη φορά, να κατασπαράξει και το τελευταίο φωτεινό κομμάτι του ηλιακού δίσκου. Κι έτσι στις 2:13:39 μ.μ. η ολική φάση της έκλειψης βρισκόταν προ των πυλών. Η αντίστροφη μέτρηση από τα μεγάφωνα του «Στέλλα Σολάρις» είχε αρχίσει: 10, 9, 8, 7, 6, 5. Η ανυπομονησία και η προσμονή είχε φτάσει στο κατακόρυφο. Με τη βοήθεια ενός τηλεσκοπίου, ειδικά εξοπλισμένου για την παρατήρηση της έκλειψης, μπορούσες να διακρίνεις τις τελευταίες ακτίνες του άστρου της ημέρας να σχηματίζουν τους φωτεινούς «κόκκους του Μπέιλι».


Το φαινόμενο αυτό ονομάστηκε έτσι προς τιμήν του άγγλου ερασιτέχνη αστρονόμου Φράνσις Μπέιλι που πρώτος το παρατήρησε από τη Σκοτία στη διάρκεια της δακτυλιοειδούς έκλειψης της 15^{ης} Μαΐου του 1836, αν και η πρώτη τους φωτογράφιση έγινε στην έκλειψη της 7^{ης} Αυγούστου του 1869 από τον Κ. Φ. Χάινς. Οι κόκκοι αυτοί δεν είναι παρά το φως της άκρης του Ήλιου, καθώς αυτό περνάει μέσα από τις οροσειρές και τις κοιλάδες που βρίσκονται στην άκρη του δορυφόρου μας. Σε κλάσματα του δευτερολέπτου ο ένας μετά τον άλλον οι φωτεινοί αυτοί κόκκοι άρχισαν να χάνονται, μέχρις ότου έμεινε ένας και μοναδικός φωτεινός φάρος, το περίφημο «διαμάντι» ενός σκοτεινού δακτυλιδιού. Και ξαφνικά η σκιά της Σελήνης έπεσε πάνω μας.

Η Ολική Έκλειψη Ηλίου στις 11 Αυγούστου 1999



Όλες οι φωτογραφίες ελήφθησαν από το Σηγαγονο της Βουλγαρίας

Φωτογράφιση και επιμέλεια αφίσας: Κοσμός Γαζίας



Η σκιά της Σελήνης σκοτεινιάζει τμήμα της Γης στη διάρκεια της τελευταίας ηλιακής έκλειψης του 20^{ου} αιώνα.

Θα ήθελα να είχα γεννηθεί με τη δύναμη της πέννας ενός Καζαντζάκη ή ενός Ελύτη για να μπορέσω να αποδώσω αυτό που συνέβη τη στιγμή που άρχισε η ολική φάση της έκλειψης. Τα επιφωνήματα, οι ιαχές μάλλον, που ξέφυγαν από τα στόματα των 1.000 ατόμων που βρίσκονταν στα καταστρώματα του «Στέλλα Σολάρις» ήταν κάτι το απερίγραπτο. Στον ουρανό, εκεί που πριν από λίγο βρισκόταν ο Ήλιος, φάνηκε μία μαύρη τρύπα στο μέγεθος της Πανσελήνου, πολύ πιο σκοτεινή από τη γύρω περιοχή του ουρανού, ενώ ο ορίζοντας φωτιζόταν ακόμη με την ένταση που έχει κανονικά ο ουρανός μετά τη δύση του Ήλιου.

Ήταν ένα πραγματικά υπέροχο θέαμα, ένα φαινόμενο που μόνο εάν το ζήσει κάποιος μπορεί να κατανοήσει το μεγαλείο του. Γιατί καμιά από τις λεπτομερείς περιγραφές, καμιά από τις επιστημονικές γνώσεις, κανένας υπολογισμός και κανένα από τα γεωμετρικά σχεδιαγράμματα, αλλά ούτε και τα

χρόνια των μελετών στα πανεπιστημιακά έδρανα δεν έχουν στο ελάχιστο τη δυνατότητα να σε προετοιμάσουν για το υπέροχο απερίγραπτο θέαμα που απλώνεται μπροστά σου.

Σε κλάσματα του δευτερολέπτου ένα αραχνοϋφαντο φωτεινό πέπλο κάλυψε σαν φωτοστέφανο το σκοτεινό δίσκο της Σελήνης. Ήταν το υπέροχο «στέμμα» της εξωτερικής ατμόσφαιρας του Ηλίου που έχει θερμοκρασία 2.000.000°C, όταν συγκριτικά η ορατή του επιφάνεια, που ονομάζεται φωτόσφαιρα, δεν ξεπερνάει τους 6.000°C. Επειδή βρισκόμασταν πολύ κοντά στο μέγιστο του ενδεκαετούς κύκλου της ηλιακής δραστηριότητας, το στέμμα ήταν ιδιαίτερα φωτεινό και εκτεινόταν εκατοντάδες χιλιάδες χιλιόμετρα γύρω από το σκοτεινό δίσκο, με τουλάχιστον 12 ακτινωτές προεκτάσεις που ακολουθούσαν το μαγνητικό πεδίο του Ήλιου, ενώ άλλες χάνονταν μακριά στο Διάστημα. Αν και ολόλευκο, στο μυαλό μου ήρθε εντούτοις η εικόνα του «χρυσόμαλλου

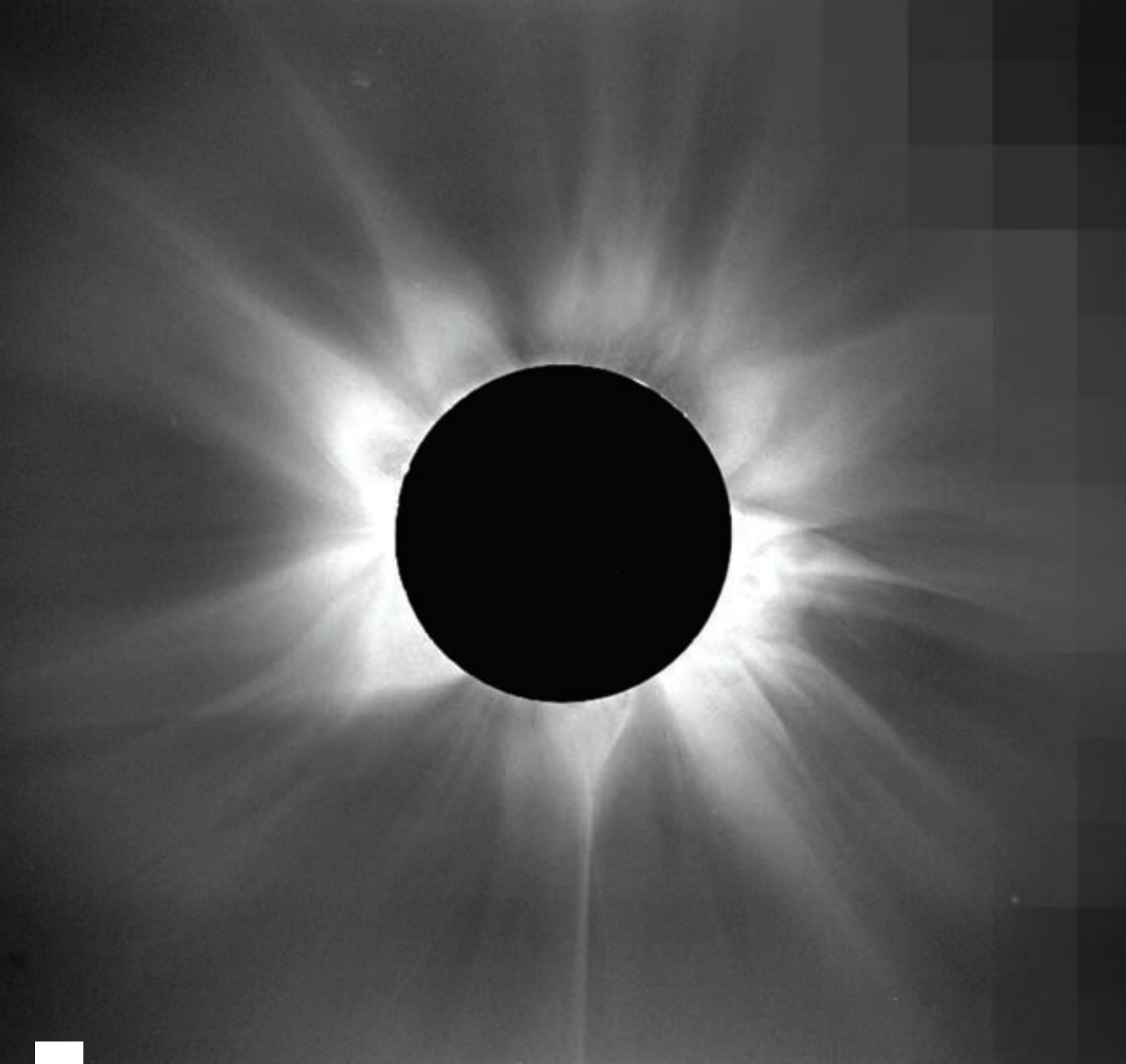
δέρατος», ο καταλληλότερος ίσως συνειρμός, όταν περιπλέει κανείς τον Εύξεινο Πόντο.

Ολόγυρά μου, οι επαγγελματίες και οι ερασιτέχνες συνάδελφοι είχαν τρελαθεί προσπαθώντας να προλάβουν όλα όσα είχαν προγραμματίσει πριν από μήνες. Στη διάθεσή τους είχαν 141 δευτερόλεπτα μόνο, αλλά χάρη στην επιδεξιότητα του πλοιάρχου, που με σβησμένες τις μηχανές είχε ακινητοποιήσει το πλοίο σαν να βρισκόμαστε πάνω στο βράχο του Γιβραλτάρ, όλοι οι συνάδελφοι κατόρθωσαν να εκτελέσουν τα προγράμματα που είχαν σχεδιάσει χωρίς προβλήματα. Κι έτσι, όπως κάθε τι ωραίο, η ολική φάση της έκλειψης τέλειωσε, με τον ίδιο τρόπο που άρχισε, όταν στα δυτικά του σκοτεινού δίσκου ξαναφάνηκε το «διαμαντένιο δαχτυλίδι» που «ανακοίνωσε» θεαματικά το τέλος της ολικής ηλιακής έκλειψης του 1999.

Η ολική αυτή έκλειψη της 11^{ης} Αυγούστου ξεκίνησε στις 12:30:57 από τον Ατλαντικό Ωκεανό. Στη συνέχεια η σεληνιακή σκιά πέρασε πάνω από τη Νότια άκρη της Αγγλίας, την κεντρική Ευρώπη μέχρι τη Ρουμανία και Βουλγαρία, προτού «πέσει» στη Μαύρη Θάλασσα. Από εκεί διέσχισε διαγώνια την ανατολική Τουρκία, το Ιράκ και το Ιράν, καταλήγοντας στο Πακιστάν και την Ινδία προτού «πέσει» τελικά πάνω Ινδικό Ωκεανό, για να «χαθεί» και πάλι στο Διάστημα στις 15:36:23 θερινή ώρα Ελλάδος.

Η διαδρομή αυτή που ακολούθησε η σκιά της Σελήνης διένυσε έτσι την πιο πολυάνθρωπη πληθυσμιακά περιοχή της Γης, δίνοντας την ευκαιρία σε δεκάδες εκατομμύρια ανθρώπους να παρακολουθήσουν το πιο μεγαλειώδες θέαμα της ζωής τους: μία ολική έκλειψη του Ήλιου που συνέπεσε να είναι και η τελευταία της δεύτερης χιλιετίας.





11

ΗΛΙΑΚΕΣ ΕΚΛΕΙΨΕΙΣ ΑΝΑ ΤΟΥΣ ΑΙΩΝΕΣ


Οι εκλείψεις ήταν πάντα ένα συγκλονιστικό γεγονός για τους αρχαίους ανθρώπους μα και φοβιστικό. Οι Κινέζοι προσπαθούσαν να τις εξορκίσουν με τυμπανοκρουσίες, οι Ινδοί κατέφευγαν στα νερά των ποταμών και οι Ιάπωνες κάλυπταν τα πηγάδια τους για να μην δηλητηριαστούν τα νερά. Πίσω όμως από κάθε εκδήλωση κρυβόταν ο ίδιος φόβος του ανθρώπου που προερχόταν από την αναστάτωση των νόμων του Σύμπαντος. Γιατί η ζοφερή πιθανότητα να χαθεί μια μέρα ο Ήλιος, γέμιζε τρόμο τους ανθρώπους από πολύ παλιά. Ο ύπουλος Άνοφισ των Αιγυπτίων, ο φοβερός λύκος Φενίρ των Σκανδιναβών, ο μνησικακος δαίμονας Ραχού των Ινδών, όλοι προσπαθούσαν να καταπιούν το φωτεινό δίσκο του «πατέρα των πάντων» και να βυθίσουν τη Γη στο σκοτάδι και την καταστροφή. Εκτός όμως από τις δεισιδαίμονες αυτές αντιλήψεις διάφοροι συγγραφείς και ιστορικοί των περασμένων αιώνων κατέγραψαν με αρκετές λεπτομέρειες την εμφάνιση του υπέροχου αυτού φαινομένου. Οι αναφορές αυτές είναι σημαντικές για την ιστορία της επιστήμης, αλλά και για τον ακριβή εντοπισμό ορισμένων ιστορικών γεγονότων, αν και πολλές από τις αναφορές αυτές δεν είναι απολύτως σωστές.

Η αρχαιότερη αναφορά μιας ολικής ηλιακής έκλειψης προέρχεται από την Κίνα και μάλιστα το έτος 2138 π.Χ. (μερικοί αναφέρουν το έτος 1751 π.Χ.), αν και ορισμένοι ερευνητές πιστεύουν ότι πρόκειται για μύθο. Η αναφορά αυτή αφορά στους αυλικούς Χσι και Χο που ήταν αστρονόμοι του κινέζου αυτοκράτορα και οι οποίοι αποκεφαλίστηκαν, επειδή δεν κατόρθωσαν να προβλέψουν την έκλειψη εκείνη. Η επόμενη αναφορά καταγράφηκε και πάλι από Κινέ-

ζους και σχετίζεται με την έκλειψη της 3ης Μαΐου του 1375 π.Χ., ενώ μία ακόμη Κινέζικη αναφορά είναι καταγεγραμμένη πάνω σε οστά, των οποίων η χρονολόγηση κυμαίνεται μεταξύ των ετών 1353 και 1281 π.Χ.. Κάποιοι μάλιστα ερευνητές θεωρούν ότι η αναφορά στην *Οδύσσεια* (υ, 356-7) του *Ομήρου*: «*χάθηκε στα ουράνια ο ήλιος και γύρω απλώθηκε μαύρη αντάρα*» ίσως να σχετίζεται με την ηλιακή έκλειψη της 16ης Απριλίου του 1178 π.Χ..

Στα *Ασσυριακά Χρονικά* αναφέρεται επίσης και η έκλειψη της 15ης Ιουνίου του 763 π.Χ., η οποία έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για τον ακριβή προσδιορισμό διαφόρων ιστορικών γεγονότων σε συνδυασμό με τους καταλόγους διαφόρων βασιλέων και των περιόδων βασιλείας τους. Η έκλειψη άλλωστε αυτή αναφέρεται επίσης και στην Παλαιά Διαθήκη (Αμως, 8:9), όπου σημειώνονται τα εξής: «*ο ήλιος θα βασιλεύει μέρα μεσημέρι, η γη θα σκοτεινιάσει ενώ θα είναι μέρα φωτεινή*».


Αρκετές είναι επίσης και οι Βαβυλωνιακές αναφορές, αν και για μας τους Έλληνες σημαντική είναι η αναφορά του ποιητή *Αρχίλοχου* (680-640 π.Χ.) για την έκλειψη της 6ης Απριλίου του 648 π.Χ.. Ακόμη όμως πιο σημαντική είναι και η αναφορά του *Ηρόδοτου* (485-420 π.Χ.), ο οποίος στις ιστορίες του αναφέρει: «*την μεταβολή αυτή της ημέρας είχε προαναγγείλει εις τους Ίωνας ο Θαλής ο Μιλήσιος προσδιορίσας και το έτος κατά το οποίο ακριβώς έγινε η μεταβολή*» (Κλειώ 74). Η έκλειψη έγινε πράγματι στις 28 Μαΐου του 585 π.Χ. και ήταν τόσο εντυπωσιακή, ώστε είχε ως αποτέλεσμα το τέλος του εξαετούς πολέμου μεταξύ των Μήδων και των Λυδών.



Όπως αναφέρει και ο **Πλίνιος** (23-79) στο έργο του *Naturalis Historia*: (II,53) «οι Λυδοί και οι Μήδοι όταν είδαν ότι αντί ημέρας έγινε νύξ και την μάχην κατέπαυσαν και έσπευσαν ακόμη περισσότερο αμφότεροι να συνάψουν ειρήνην μεταξύ των».

Εκατοντάδες χρόνια αργότερα η ανακοίνωση μιας επικείμενης έκλειψης είχε τα αντίθετα αποτελέσματα. Το 1560 μ.Χ. στη Γαλλία η αναμονή μιας έκλειψης πανικόβαλε τους κατοίκους σε τέτοιο βαθμό, ώστε τσακώνονταν για το ποιος θα εξομολογηθεί πρώτος. Για να ηρεμήσει, λοιπόν, τα πνεύματα ένας ιερέας ανακοίνωσε ότι «η έκλειψη αναβάλλεται για δύο εβδομάδες» έτσι ώστε, όλοι οι πιστοί να προφτάσουν να εξομολογηθούν!

Δεν πρέπει να ξεχνάμε επίσης ότι ο πατέρας της Αστρονομίας ο **Ίππαρχος** (190-120 π.Χ.), με τη βοήθεια δύο μόνο παρατηρήσεων που έγιναν κατά την έκλειψη του 130 π.Χ. (από τον Ελλήσποντο όπου η έκλειψη ήταν ολική και από την Αλεξάνδρεια όπου ήταν μερική κατά 80%) κατόρθωσε να υπολογίσει την απόσταση της Σελήνης από τη Γη. Με τη βοήθεια της τριγωνομετρίας υπολόγισε ότι η Σελήνη πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση 62 περίπου γήινων ακτίνων, όταν σήμερα η επακριβώς μετρημένη τιμή της απόστασης αυτής είναι 60,27 γήινες ακτίνες! Πεντακόσια σχεδόν χρόνια αργότερα ο **Θέων** (περ. 335-405) στην Αλεξάνδρεια κατέγραψε επακριβώς όχι μόνο την ημερομηνία, αλλά και τον ακριβή χρόνο της αρχής, του μέσου και του τέλους



της εκλείψεως του 365 μ.Χ. και έκτοτε οι αναφορές γίνονται όλο πιο ακριβείς, αν και δεν αναφέρονται πολλές λεπτομέρειες.

Λέγεται, επίσης ότι ο πρώτος που παρατήρησε την εμφάνιση του στέμματος, της εξωτερικής δηλαδή ατμόσφαιρας του Ήλιου που φαίνεται να περιβάλλει το σκοτεινό δίσκο της Σελήνης στη διάρκεια της ολικής φάσης της έκλειψης, ήταν ο χρονικογράφος **Λέων** (περ. 950-994) που περιέγραψε την ολική ηλιακή έκλειψη της 22^{ας} Δεκεμβρίου του 968 μ.Χ., την οποία είχε παρατηρήσει από την Κωνσταντινούπολη, αν και άλλοι αναφέρουν την Κέρκυρα. Κάποιοι πάντως ερευνητές αναφέρουν ότι η πρωτιά αυτή ανήκει στον **Πλούταρχο** (46-120) με την

περιγραφή της έκλειψης του 71 μ.Χ., παρ' όλο που νεότεροι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η περιγραφή του Πλουτάρχου δεν είναι παρά μία τελείως φανταστική-λογοτεχνική περιγραφή και όχι το αποκύημα μίας πραγματικής παρατήρησης.

Το στέμμα περιέγραψε επίσης και ο αστρονόμος **Χριστόφορος Κλάβιος** (1538-1612), στην έκλειψη της 9^{ης} Απριλίου του 1567, ο οποίος όμως δεν είχε κατανοήσει την πραγματική του φύση. Το ίδιο έγινε και με τον **Γιοχάννες Κέπλερ** (1571-1630), ο οποίος θεώρησε ότι το στέμμα ήταν η ατμόσφαιρα της Σελήνης. Η εκτίμηση αυτή αποκλείστηκε, φυσικά, με την έκλειψη της 16^{ης} Ιουνίου 1806, όταν οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν απέδειξαν ότι η



Ο Βρετανός αστρονόμος Έντμουντ Χάλλεϋ (1656-1742).



Ανακατασκευή σε υπολογιστή του Μηχανισμού των Αντικυθήρων.



Βαβυλωνιακή επιγραφή με τις ηλιακές εκλείψεις, που παρατηρήθηκαν μεταξύ των ετών 518 και 465 π.Χ..

σεληνιακή ατμόσφαιρα δεν θα μπορούσε να είναι 50 φορές μεγαλύτερη από τη γήινη. Με την έλευση του 18^{ου} αιώνα οι αναφορές αρχίζουν να γίνονται αρκετά πιο εμπεριστατωμένες. Ο Έντμουντ Χάλλεϋ που παρατήρησε την έκλειψη της 22^{ας} Απριλίου 1715 περιέγραψε όχι μόνο το σχήμα του στέμματος, αλλά επίσης και τις λαμπρές κόκκινες προεξοχές της ηλιακής χρωμόσφαιρας. Η διαπίστωση πάντως ότι το στέμμα και οι προεξοχές ανήκαν στον Ήλιο έγινε μετά από προσεκτικές μελέτες στη διάρκεια των εκλείψεων του 1842 και της 28^{ης} Ιουλίου 1851, όταν φωτογραφήθηκαν για πρώτη φορά το στέμμα και οι προεξοχές.

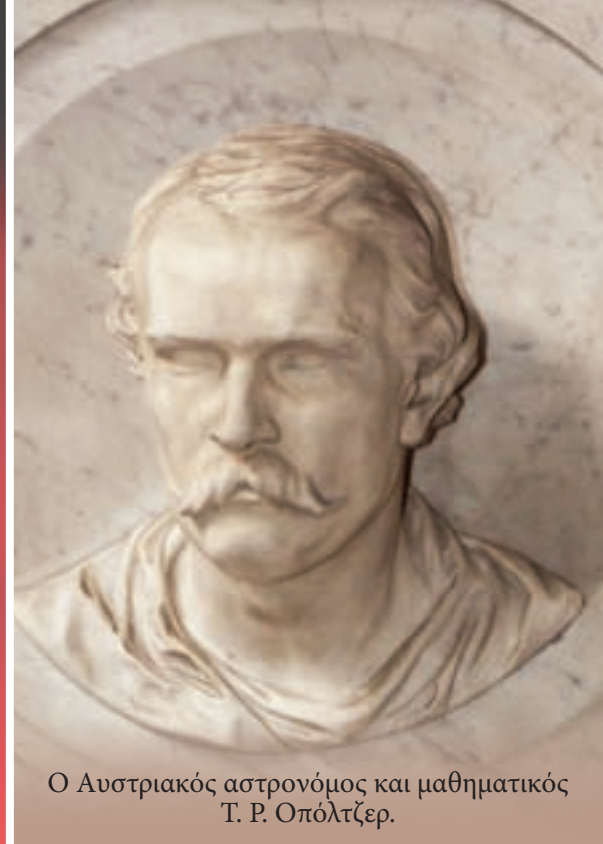
Η βασική πρόβλεψη των εκλείψεων ανάγεται, όπως είπαμε, στην αρχαιότητα, όταν ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά η περιοδικότητά τους που ονομάστηκε **Σάρος**. Η περίοδος αυτή των 6.585,321 ημερών ή 18 ετών και 11 ημερών, βοηθάει εύκολα στην πρόβλεψη των σεληνιακών εκλείψεων όχι όμως και στην ακριβή πρόβλεψη των ηλιακών. Με υπολογισμούς που έγιναν τον 19^ο αιώνα διαπιστώθηκε ότι η μέση διάρκεια της περιοδικότητας μιας σειράς εκλείψεων διαρκεί 1.315 χρόνια, που σημαίνει ότι η σειρά των ηλιακών εκλείψεων που διανύουμε τώρα θα τελειώσει με την μερική ηλιακή έκλειψη της 21^{ης} Μαρτίου του 2452.

Το 1887 δημοσιεύτηκε ο περίφημος **Κανόνας των Εκλείψεων** του **T. P. Οπόλξερ** (1841-1886), ο οποίος υπολόγισε τις ημερομηνίες των εκλείψεων και των διαδρομών 8.000 ηλιακών και 5.200 σεληνιακών εκλείψεων που περιλαμβάνονται μεταξύ του 1207 π.Χ. και 2161 μ.Χ.. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς αυτούς κάθε αιώνα συμβαίνουν κατά μέσον όρο 238 ηλιακές εκλείψεις, εκ των οποίων οι 84 (35%) είναι μερικές, οι 77 (32%) δακτυλιοειδείς, οι 11 (5%) μεικτές δακτυλιοειδείς και ολικές και οι 66 (28%)

ολικές. Το έργο αυτό συμπληρώθηκε αργότερα από άλλους ερευνητές (Ζ. Μέους κ.ά.) και περιλαμβάνει τις εκλείψεις που θα συμβούν μέχρι το έτος 2510.

Από την Ελλάδα κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα παρατηρήθηκαν δύο μόνο ολικές ηλιακές εκλείψεις στις 19 Ιουνίου του 1936 και στις 19 Μαρτίου του 2006, καθώς και δύο δακτυλιοειδείς στις 21 Μαΐου του 1966 και στις 29 Απριλίου του 1976. Στα επόμενα 100 χρόνια από την Ελλάδα θα παρατηρηθούν μία ολική έκλειψη στις 21 Απριλίου του 2088 και μία δακτυλιοειδής την 1 Ιουνίου του 2030. Συνολικά πάντως και σε όλες τις περιοχές της Γης θα πραγματοποιηθούν 226 ηλιακές εκλείψεις, εκ των οποίων οι 74 θα είναι (για τμήμα τουλάχιστον της διάρκειάς τους) ολικές, ενώ την ίδια περίοδο από τις 144 σεληνιακές εκλείψεις οι 86 θα είναι ολικές.

Σήμερα, φυσικά, η επιστημονική μελέτη του Ήλιου και των χαρακτηριστικών του που παρατηρούνταν μόνο κατά τη διάρκεια των ολικών εκλείψεων γίνεται πλέον καθημερινά από τα ειδικά ηλιακά αστεροσκοπεία και κυρίως με τη βοήθεια των διαστημικών τηλεσκοπίων και των πολύπλοκων οργάνων τους. Γι' αυτόν το λόγο το κυνήγι των ολικών εκλείψεων από τους ειδικούς επιστήμονες σε απρόσιτες περιοχές και τόπους έχει από καιρό πια ατονήσει. Το θέαμα όμως που προσφέρει το υπέροχο φαινόμενο των ολικών ηλιακών εκλείψεων συνεχίζει να είναι όπως πάντα ιδιαίτερα ελκυστικό για όλους μας, αφού στην πραγματικότητα δεν έχει στη φύση κανέναν ισάξιο αντίζηλο. Γι' αυτό θα υπάρχουν πάντα χιλιάδες πιστοί που θα ταξιδεύουν σε αποστάσεις εκατοντάδων χιλιομέτρων, σε ξηρά ή σε θάλασσα, προκειμένου να βρεθούν, έστω και για μερικά μόνο δευτερόλεπτα, για πρώτη ή και για πολλοστή φορά στη σκιά της Σελήνης.



Ο Αυστριακός αστρονόμος και μαθηματικός
Τ. Ρ. Οπόλτζερ.



Ένας από τους χάρτες που εμπεριέχονται
στον Κανόνα των Εκλείψεων του
Τ. Ρ. Οπόλτζερ.



12 Ο ΘΑΝΑΤΟΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ

Το πιο σημαντικό στοιχείο στη ζωή και στην εξέλιξη ενός άστρου καθορίζεται από την ποσότητα της μάζας που περιλαμβάνει. Ακόμη και η εμφάνιση των άστρων στον ουρανό εξαρτάται από την ποσότητα της ύλης που περιλαμβάνουν τη στιγμή που γεννιούνται. Μερικά άστρα γεννιούνται με λιγιστό υδρογόνο, λάμπουν αμυδρά με αδύνατο φως, έχουν μία κοκκινωπή φαιά απόχρωση και επιφανειακή θερμοκρασία 3.000°C. Άστρα σαν τον Ήλιο μας, έχουν περισσότερα υλικά, είναι θερμότερα και λάμπουν στους 6.000°C μ' ένα έντονο κιτρινωπό φως. Μερικά άλλα πάλι, έχουν πολλαπλάσια υλικά απ' ό,τι ο Ήλιος, είναι κυανόλευκα με θερμοκρασία 20.000°C και λάμπουν με την ένταση ενός εκατομμυρίου ήλιων.

Όσο κι αν ψάξουμε στο σύμπαν δεν πρόκειται να βρούμε άστρα με μάζα μικρότερη από το ένα δέκατο περίπου των υλικών που διαθέτει ο Ήλιος μας κι αυτό διότι απαιτείται μία ελάχιστη ποσότητα αρχικών αερίων υλικών, τα οποία όταν συμπυκνωθούν, δημιουργώντας ένα πρωτόαστρο, θα πρέπει να έχουν αρκετά ισχυρή βαρυτική δύναμη. Η δύναμη αυτή απαιτείται για να δημιουργήσει την απαραίτητη αύξηση της θερμοκρασίας στους 10⁶°C, επιτρέποντας έτσι την έναρξη των θερμοπυρηνικών αντιδράσεων (της μετατροπής δηλ. του υδρογόνου σε ήλιο), στον πυρήνα του νεοσχηματιζόμενου άστρου.

Ούτε πρόκειται όμως να βρούμε και άστρα με μάζα μεγαλύτερη από 50 περίπου φορές τη μάζα του Ήλιου, για τον ακριβώς αντίθετο λόγο. Η βαρυτική

δηλαδή δύναμη των συμπυκνωμένων αερίων του πρωτόαστρου θα ήταν τόσο μεγάλη, ώστε η κεντρική θερμοκρασία του να φτάνει τους εκατοντάδες εκατομμύρια βαθμούς, με αποτέλεσμα η πίεση της ακτινοβολίας να είναι μεγαλύτερη από την πίεση της βαρύτητας και το άστρο να μην μπορεί έτσι να σχηματιστεί. Υπάρχουν φυσικά και οι εξαιρέσεις σε ορισμένες ειδικές περιπτώσεις. Η μάζα πάντως του κάθε άστρου δεν καθορίζει μόνο την εμφάνιση που έχει όταν γεννηθεί. Καθορίζει επίσης και το τι είδους άστρο θα γίνει, πόσα χρόνια θα ζήσει, πώς θα εξελιχθεί και τέλος πώς θα πεθάνει. Όλα αυτά εξαρτώνται από την ποσότητα της μάζας που διαθέτει.

Ένα άστρο ενηλικιώνεται όταν η πίεση της βαρύτητας των εξωτερικών του στρωμάτων εξισορροπείται από την πίεση της ακτινοβολίας και της ενέργειας που παράγεται στον πυρήνα του από τις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις σύντηξης. Έτσι το άστρο αυτό παραμένει σε ισορροπία όσο καιρό η «καύση» του υδρογόνου είναι η μοναδική θερμοπυρηνική αντίδραση που εκτελείται στον πυρήνα του. Η περίοδος αυτή της ωριμότητας ενός άστρου, που καθορίζεται από την αρχική του μάζα, διαρκεί το μεγαλύτερο μέρος της ζωής του και ονομάζεται από τους αστρονόμους *Κύρια Ακολουθία*.

Τα μικρά κοκκινωπά άστρα, που είναι και τα πιο πολυάριθμα, έχουν αυτό το χρώμα γιατί είναι σχετικά τα πιο κρύα άστρα. Είναι αυτό που λέμε κόκκινοι νάνοι, με διάμετρο μόλις το ένα τέταρτο της διαμέτρου του Ήλιου. Θα μπορούσαν δηλαδή να

χωρέσουν άνετα στην απόσταση μεταξύ Γης και Σελήνης. Τα άστρα αυτά έχουν μόλις το ένα δεκάκις χιλιοστό της λαμπρότητας του Ήλιου και είναι τόσο αμυδρά, ώστε κανένα τους δεν φαίνεται από τη Γη χωρίς τη βοήθεια τηλεσκοπίου. Παρ' όλη όμως την αμυδρότητα και την απλότητά του, ένα μικρό κόκκινο άστρο θα επιζήσει περισσότερο από οποιοδήποτε άλλο είδος άστρου. Επειδή είναι μικρό, οι θερμοπυρηνικές του αντιδράσεις εκτελούνται αργά και γι' αυτόν το λόγο λάμπει αμυδρά. Θα χρειαστεί πάρα πολύς καιρός για να εξαντλήσει το καύσιμο υδρογόνο του. Τα μικρά κόκκινα άστρα μπορούν να λάμπουν για δεκάδες δισεκατομμύρια χρόνια, χωρίς καμιά εμφανή αλλαγή.

Αντίθετα οι τεράστιοι γαλάζιοι γίγαντες είναι άστρα πλούσια σε υλικά και γι' αυτό ιδιαίτερα «σπάταλα». Οι θερμοπυρηνικές τους αντιδράσεις εκτελούνται μ' έναν ταχύτατο ρυθμό, με αποτέλεσμα να ακτινοβολούν τεράστιες ποσότητες ενέργειας μέσα σε λίγο χρόνο. Γι' αυτό άλλωστε και η ζωή τους δεν διαρκεί πολύ. Ένα άστρο με υλικά 25 ηλιακών μαζών, για παράδειγμα, «σπαταλάει» τα καύσιμα γρήγορα λάμποντας 80.000 φορές πιο έντονα απ' ό,τι ο Ήλιος με θερμοκρασία 35.000°C. Γι' αυτό η ζωή ενός τέτοιου άστρου στην Κύρια Ακολουθία δεν διαρκεί περισσότερο από 3 εκατ. χρόνια. Αντίθετα, ένα άστρο με το 1/2 της μάζας του Ήλιου είναι πολύ πιο «συντηρητικό» και δαπανά το «καύσιμο» υδρογόνο που έχει με μεγάλη «τσιγκουνιά», με αποτέλεσμα να λάμπει 40 φορές λιγότερο έντονα απ' ό,τι ο Ήλιος και να έχει επιφανειακή θερμοκρασία 4.000°C. Ένα τέτοιο άστρο θα ζήσει σταθερά, στην Κύρια Ακολουθία, επί 200 δισεκατομμύρια χρόνια.

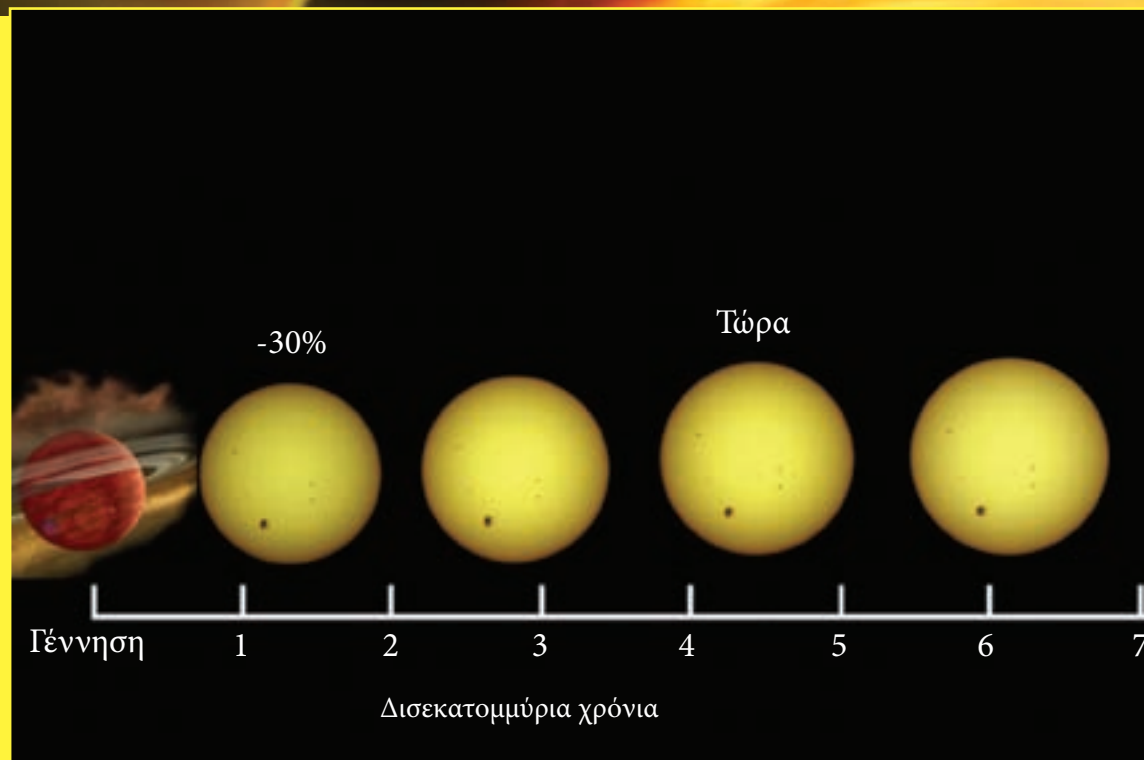
Καθ' όλη τη διάρκεια παραμονής ενός άστρου στην Κύρια Ακολουθία η βασική θερμοπυρηνική αντί-

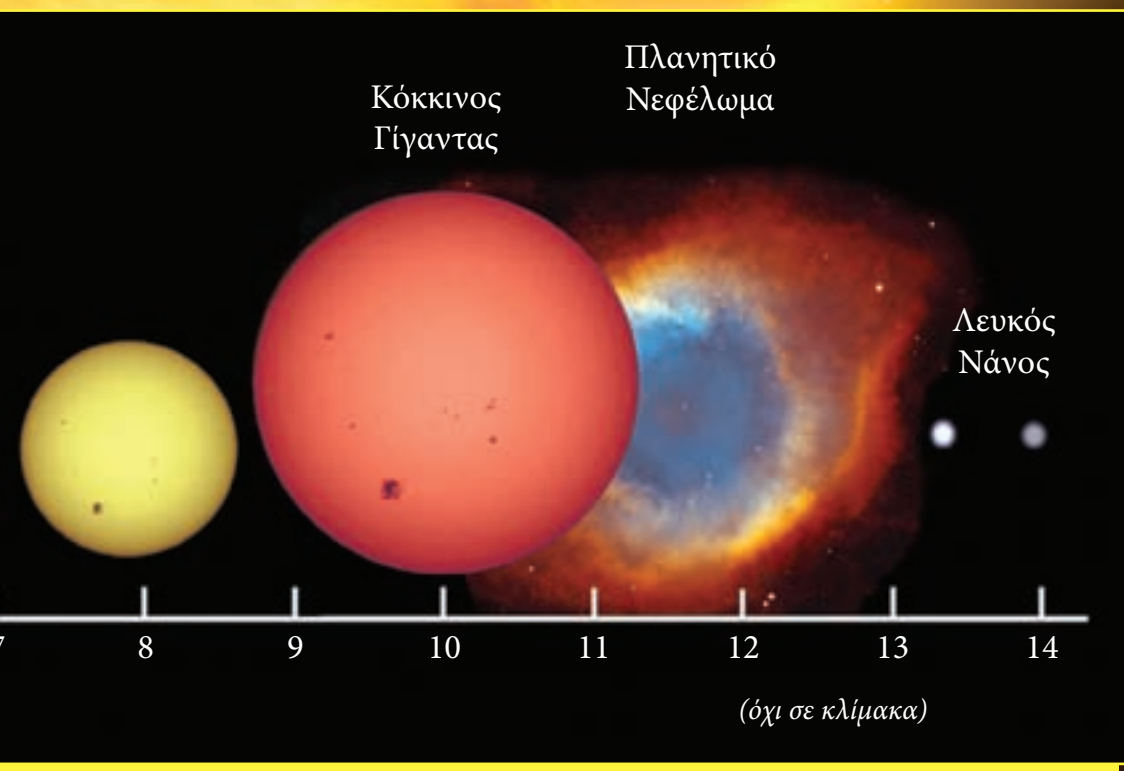
δραση που απελευθερώνει ενέργεια στο πυρήνα του είναι η καύση του υδρογόνου. Η μετατροπή όμως του υδρογόνου σε ήλιο δεν είναι η μοναδική θερμοπυρηνική αντίδραση που μπορεί να συμβεί. Κι εδώ πάλι η ποσότητα της ύλης που περιλαμβάνει ένα άστρο είναι ο βασικός συντελεστής για την έναρξη μίας νέας αλυσίδας θερμοπυρηνικών αντιδράσεων. Η «ευτυχισμένη» δηλαδή περίοδος της ωριμότητας ενός άστρου δεν θα διαρκέσει για πάντα, διότι όταν σ' ένα άστρο η περιεκτικότητα του πυρήνα σε υδρογόνο πέσει κάτω από το 1%, η κεντρική καύση παύει σχεδόν ολοκληρωτικά. Μ' αυτόν τον τρόπο η «υδροστατική ισορροπία» που επικρατούσε ανατρέπεται. Το βάρος των εξωτερικών στρωμάτων του άστρου συμπιέζει τον πυρήνα του, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του. Η βαρύτητα των εξωτερικών στρωμάτων υπερνικάει την πίεση της εσωτερικής ακτινοβολίας κι έτσι ο αστρικός του πυρήνας θερμαίνεται περισσότερο απ' ό,τι προηγουμένως. Σ' αυτό το σημείο τα εξωτερικά στρώματα υδρογόνου, γύρω από τον πυρήνα, υπερθερμαίνονται αυξάνοντας έτσι το ρυθμό των θερμοπυρηνικών αντιδράσεων που πραγματοποιούνται εκεί.

Η αυξανόμενη όμως θερμοκρασία του πυρήνα θερμαίνει σιγά-σιγά όλο και πιο πολύ το «κέλυφος» υδρογόνου που το περιβάλλει. Σε μικρό σχετικά χρονικό διάστημα η θερμοκρασία στο «κέλυφος» αυτό φτάνει τα 4 εκατ. βαθμούς Κελσίου πυροδοτώντας τις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις του υδρογόνου που βρίσκεται εκεί. Η καινούργια αυτή εκροή ενέργειας σπρώχνει τα εξωτερικά στρώματα του άστρου προς τα πάνω μετατρέποντάς το σιγά-σιγά σε κόκκινο γίγαντα. Αυτήν τη φάση, με την ίδια διαδικασία, θα την περάσουν όλα τ' άστρα, οποιαδήποτε κι αν είναι η μάζα τους, διότι το στάδιο του κόκκινου γίγαντα είναι η αρχή του τέλους για κάθε άστρο.

Το πλανητικό νεφέλωμα NGC 2440
βρίσκεται 4.000 έτη φωτός μακριά από
τη Γη στο νότιο αστερισμό Πρύμνη.

Σχηματική αναπαράσταση της εξέλιξης του Ήλιου από τη γέννησή του μέχρι τη μετατροπή του σε λευκό νάνο.





Όταν ένα άστρο αρχίσει να μετατρέπεται σε κόκκινο γίγαντα ο πυρήνας του είναι ανενεργός και αποτελείται κυρίως από ήλιο. Σ' αυτό το στάδιο οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις του υδρογόνου έχουν περιοριστεί μόνο σε μία στοιβάδα που τον περιβάλλει. Όσο μεγαλύτερη όμως είναι η μάζα ενός κόκκινου γίγαντα, τόσο μεγαλύτερη είναι και η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στον πυρήνα του. Για κόκκινους γίγαντες με μάζα μεγαλύτερη της μισής ηλιακής μάζας η θερμοκρασία αυτή αυξάνει ραγδαία μέχρις ότου αγγίξει τους 100 εκατ. βαθμούς Κελσίου. Τη θερμοκρασία δηλαδή που δίνει το έναυσμα για το επόμενο στάδιο των θερμοπυρηνικών αντιδράσεων σύντηξης, οι οποίες μετατρέπουν αυτή τη φορά το ήλιο του πυρήνα σε βηρύλλιο και αμέσως μετά σε άνθρακα.

Σε άστρα με ακόμη μεγαλύτερη μάζα και με την ίδια διαδικασία της σύντηξης, οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις στο κέντρο τους συνεχίζονται, με αποτέλεσμα την επανάληψη του ίδιου κύκλου: καύση, συστολή του πυρήνα λόγω βαρύτητας, αύξηση της θερμοκρασίας, σύντηξη των υλικών του πυρήνα και πάλι από την αρχή. Μ' αυτόν τον τρόπο το υδρογόνο μετατρέπεται σε ήλιο, το ήλιο σε βηρύλλιο και άνθρακα κ.ο.κ. σε οξυγόνο, νέον, μαγνήσιο, πυρίτιο, φωσφόρο, αργό, ασβέστιο, και μέχρι το 26^ο χημικό στοιχείο τον σίδηρο. Στη συνεχή τους δηλαδή πάλη ενάντια στη βαρύτητα, τ' άστρα «καίνε» διαδοχικά την «στάχτη» τους, τα προϊόντα δηλαδή της καύσης των προηγούμενων θερμοπυρηνικών αντιδράσεων. Πρόκειται όμως για μια πάλη που, όπως είπαμε,

αργά ή γρήγορα θα χάσουν. Γιατί όλα τ' άστρα κάποια μέρα θα πεθάνουν. Θα πεθάνουν ακριβώς επειδή λάμπουν.

Ο Ήλιος είναι ένα μέτριο άστρο, ένας κίτρινος νάνος όπως ονομάζεται, ο οποίος γεννήθηκε πριν από πέντε περίπου δισεκατομμύρια χρόνια και προς το παρόν μετατρέπει κανονικά το υδρογόνο του σε ήλιο στο κεντρικό θερμοπυρηνικό του «εργαστήριο». Η αρχή του τέλους όμως θα έρθει κάποτε και για τον Ήλιο. Σε πέντε δισεκατομμύρια χρόνια από τώρα, όταν το υδρογόνο στο κέντρο του θα έχει αρχίσει να ελαττώνεται σημαντικά, ο Ήλιος θα αρχίσει ν' αλλάζει, να μεγαλώνει σε όγκο και να μετατρέπεται σιγά-σιγά σε κόκκινο γίγαντα. Στον πλανήτη μας οι αλλαγές του Ήλιου θα κάνουν τους ωκεανούς να βράζουν, γεμίζοντας τον ουρανό με βαριά ζεστά σύννεφα υδρατμών.

Οι βροχές που θα συγκλονίζουν τον πλανήτη μας δεν θα είναι αρκετές για να ξαναγεμίσουν τους ωκεανούς που σιγά-σιγά θα εξαφανιστούν καταστρέφοντας συγχρόνως κάθε είδος ζωής και όταν οι βροχές σταματήσουν, η Γη μας θα συνεχίσει να θερμαίνεται όλο και πιο πολύ. Οι βράχοι θ' αρχίσουν να λειώνουν και τα άλλοτε μεγαλόπρεπα βουνά της θα λυγίσουν και θα βυθιστούν σ' έναν απέραντο ωκεανό καυτής λάβας. Την ίδια στιγμή ο διογκωμένος Ήλιος μας θα κοιτάζει από ψηλά ατάραχος τη μετατροπή του αλλοτινού γαλαζοπράσινου πλανήτη μας σε μία καυτή κόλαση.

Η διαστολή όμως του Ήλιου θα συνεχιστεί ακάθεκτη και ενώ η σημερινή του διάμετρος δεν υπερβαίνει το 1,4 εκατ. km, όταν μετατραπεί σε κόκκινο γίγαντα θα έχει γίνει 250 φορές μεγαλύτερη και θα φτάσει τα 300 εκατ. km. Σ' αυτήν τη φάση δηλαδή η τροχιά της Γης μας θα βρίσκεται στο εσωτερικό των εξωτερικών στρωμάτων του διογκωμένου Ήλιου.

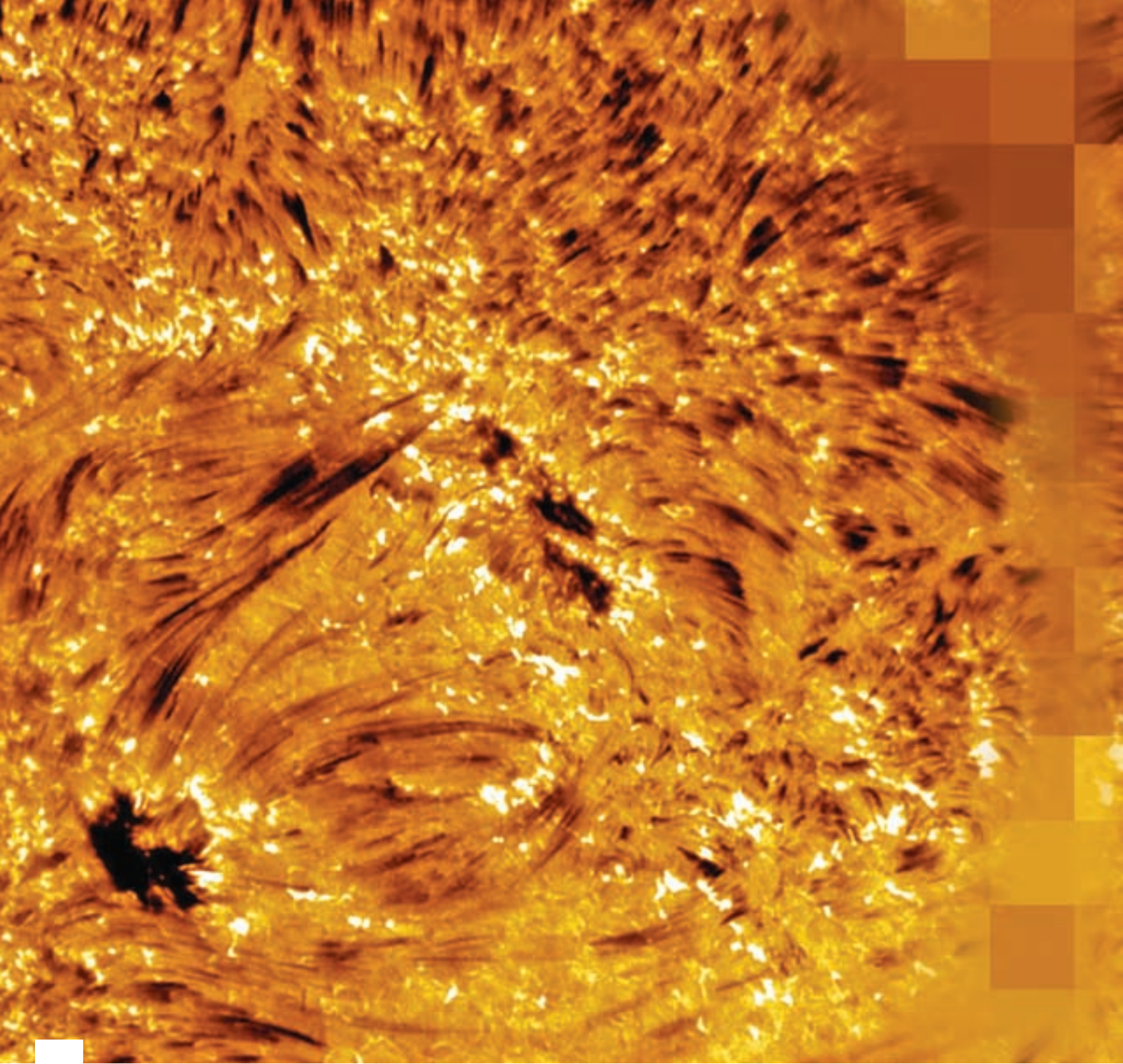
Παρ' όλα αυτά η Γη μας δεν θα προλάβει να εξαερωθεί. Η επιφάνειά της, φυσικά, θα έχει θερμανθεί στους 3.000°C, επειδή όμως η πυκνότητα των εξωτερικών στρωμάτων ενός κόκκινου γίγαντα είναι αμεληταία, η Γη μας δεν θα έχει το χρόνο να εξαερωθεί σιγά-σιγά. Γιατί η ελκτική δύναμη της ηλιακής βαρύτητας θα «καταπιεί» κυριολεκτικά τον πλανήτη μας στο εσωτερικό του και σε μία περίοδο που δεν θα υπερβαίνει τα 200 περίπου χρόνια.

Χίλια περίπου χρόνια όμως πριν από την τελική της εξαφάνιση, η Γη μας θα αρχίσει να εκπέμπει στο Σύμπαν το «κύκνειο» άσμα της με τη μορφή ακτινοβολίας μικροκυμάτων μονοξειδίου του πυριτίου. Θα μετατραπεί δηλαδή σε «μείζερ», απορροφώντας ενέργεια και εκπέμποντάς την σαν κύμα. Παρόμοιοι μείζερς έχουν παρατηρηθεί ήδη σε αρκετούς κόκκινους γίγαντες του τύπου MIRA, άστρα δηλαδή όμοια με το άστρο όμικρον στον αστερισμό του Κήτους. Το τέλος όμως θα είναι κι εδώ αναπόφευκτο.

Εκατό εκατομμύρια χρόνια αργότερα ο Ήλιος θ' αρχίσει να χάνει σιγά-σιγά το γιγάντιο όγκο του και θα προσπαθήσει να μετατραπεί σε άσπρο νάνο.

Δυστυχώς όμως η μάζα του ίσως να είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι πρέπει. Για να κατορθώσει λοιπόν ο Ήλιος τη μετατροπή του σε άσπρο νάνο ίσως αναγκαστεί να εκτοξεύσει τα εξωτερικά του αέρια στρώματα σε μία απελπισμένη προσπάθεια να χάσει αρκετή από τη μάζα του και να σταματήσει την καταστροφική του μοίρα. Τρισεκατομμύρια τόνοι από τη μάζα του θα εκσφενδονίζονται προς όλες τις κατευθύνσεις, σχηματίζοντας ένα διαστελλόμενο κέλυφος αερίων και μετατρέποντας τον Ήλιο σε πλανητικό νεφέλωμα. Οι μικρές αυτές εκτινάξεις ύλης του ετοιμοθάνατου Ήλιου θα μειώσουν τη μάζα του ακριβώς όσο χρειάζεται, οδηγώντας τον μοιραία στην τελική ευθεία για τη μετατροπή του σε άσπρο νάνο.

Έτσι καθώς το νεφέλωμα αερίων που εκτόξευσε θα απομακρύνεται, ο Ήλιος θα συνεχίσει να συρρικνώνεται. Και όταν τελικά η διάμετρός του φτάσει τα 12.000 km, όσο το μέγεθος δηλαδή της Γης μας, ο Ήλιος θα έχει φτάσει στο τελευταίο στάδιο της ζωής του, έχοντας πλέον μετατραπεί σε άσπρο νάνο. Το λευκό του φως θα φωτίζει αχνά τις «καμένες» επιφάνειες των πλανητών που διασώθηκαν από το γιγαντισμό του, ενώ το τέλος του θα караδοκεί αμείλικτο. Έτσι αργά, αλλά σταθερά και μοιραία, οι τελευταίες σταγόνες θερμότητας θα τον εγκαταλείψουν. Δεκάδες δισεκατομμύρια χρόνια αργότερα ο Ήλιος θα φτάσει στο τέλος της ζωής του σαν ένας παγωμένος μαύρος νάνος, χαμένος μέσα στο απέραντο Σύμπαν, χωρίς ν' αφήσει πίσω του τίποτα που να θυμίζει τη σημερινή του μεγαλοπρέπεια.



ΕΠΙΛΟΓΟΣ: ΑΠΙΣΤΕΥΤΑ ΚΑΙ ΟΜΩΣ ΑΛΗΘΙΝΑ

Τα 35 τελευταία χρόνια, προσκαλεσμένος από διάφορους τοπικούς συλλόγους είχα την τύχη να επισκεφτώ πάρα πολλές μικρές και μεγάλες πόλεις της χώρας μας. Οι ομιλίες μου εκείνες απευθύνονταν σχεδόν πάντα σε ακροατήριο που δεν είχε ως επί το πλείστον κάποιες εξειδικευμένες γνώσεις αστρονομίας. Γι' αυτό από πολύ νωρίς ανακάλυψα ότι για να μπορώ να επικοινωνήσω καλύτερα και πληρέστερα με τους ακροατές μου θα έπρεπε να μιλώ με όρους κατανοητούς στο ευρύ κοινό και με απλά παραδείγματα. Κι έτσι όλα αυτά τα χρόνια, και για κάθε θέμα που διαπραγματευόμουν, συγκέντρωνα τα στοιχεία και τα παραδείγματα εκείνα που φαίνονταν ότι είχαν κατά καιρούς τη μεγαλύτερη απήχηση στο ακροατήριο, πολλά από τα οποία μάλιστα κάποιος θα μπορούσε να χαρακτηρίσει «απίστευτα, κι όμως αληθινά». Ορισμένα από τα παραδείγματα, εκείνα που αφορούν στον Ήλιο, είναι τα εξής:

- ▶ **Εάν θερμαίναμε το κεφάλι μιας καρφίτσας στη θερμοκρασία που επικρατεί στο εσωτερικό του Ήλιου και την τοποθετούσαμε στην Τρίπολη θα πέθαιναν ακαριαία όλες οι μορφές ζωής σ' ολόκληρη την Πελοπόννησο.**
- ▶ **Η ενέργεια που εκπέμπει ο Ήλιος σ' ένα δευτερόλεπτο θα κάλυπτε όλες τις ενεργειακές ανάγκες της Ευρώπης για 13.000.000 χρόνια.**
- ▶ **Εάν ολόκληρη η Γη αποτελούταν από πάγο, η θερμότητα του Ήλιου θα την εξαέρωνε σε λιγότερο από 15.000 χρόνια.**
- ▶ **Κάθε δευτερόλεπτο που περνάει ο Ήλιος μετατρέπει 4,5 εκατομμύρια τόνους της μάζας του σε ενέργεια.**
- ▶ **Εάν υπολογίζαμε με το φτηνότερο τιμολόγιο της ΔΕΗ, η ενέργεια που φτάνει από τον Ήλιο στην έκταση ενός στρέμματος πάνω στη Γη θα άξιζε € 3.000 την ημέρα.**

- ▶ Με το ίδιο τιμολόγιο της ΔΕΗ, η ενέργεια που εκπέμπει ο Ήλιος στο Διάστημα σε ένα δευτερόλεπτο θα είχε αξία ίση με τον προϋπολογισμό της Ελλάδας για 10.000 τρισεκατομμύρια χρόνια.
- ▶ Κάθε 42.000.000 χρόνια ο Ήλιος μετατρέπει σε ενέργεια μια ποσότητα υλικών ίση με τη μάζα της Γης.
- ▶ Η μετατροπή ενός κιλού υδρογόνου σε ήλιο με τη διαδικασία των θερμοπυρηνικών αντιδράσεων του Ήλιου παράγει την ίδια ποσότητα ενέργειας που παράγει η καύση 22 τόνων άνθρακα.
- ▶ Η ηλιακή ενέργεια που φτάνει στην επιφάνεια της Γης κάθε δευτερόλεπτο είναι 100.000 φορές μεγαλύτερη από την συνολική ενέργεια που παράγεται στη Γη απ' όλες τις άλλες πηγές.
- ▶ Κάθε τετραγωνικό εκατοστό της επιφάνειας του Ήλιου λάμπει με την ένταση 48.000 κεριών.
- ▶ Από τη στιγμή που δημιουργείται στον πυρήνα του Ήλιου μια ακτίνα φωτός χρειάζεται 20.000 χρόνια για να φτάσει στην επιφάνειά του.
- ▶ Εάν σμικρύνουμε τον Ήλιο στο μέγεθος ενός πορτοκαλιού η Γη θα βρίσκονταν σε απόσταση 15 m με το ίδιο μέγεθος που έχει ένας σπόρος από σουσάμι, ενώ ο Εγγύτατος του Κενταύρου, το πλησιέστερο άστρο του Ηλιακού μας Συστήματος, θα βρίσκονταν σε απόσταση 4.000 km.
- ▶ Τις τελευταίες μερικές εκατοντάδες χρόνια η διάμετρος του Ήλιου μικραίνει 1,5 m περίπου την ώρα, πράγμα που σημαίνει ότι η διάμετρός του είναι σήμερα μικρότερη κατά 1.300 km περίπου απ' ό,τι ήταν την εποχή της πτήσης του πρώτου αεροπλάνου των αδελφών Ράιτ τον Δεκέμβριο του 1903.
- ▶ Εάν μπορούσαμε να συμπιέσουμε τον Ήλιο σε μία σφαίρα 6 km θα τον είχαμε μετατρέψει σε μαύρη τρύπα.
- ▶ Εάν ολόκληρο το Ηλιακό μας Σύστημα είχε το μέγεθος ενός καρδιού, τότε ο Γαλαξίας μας θα είχε διάμετρο 160.000 km.
- ▶ Εάν σμικρύνουμε το Ηλιακό μας Σύστημα ένα τρισεκατομμύριο φορές, τότε θα είχε το μέγεθος ενός μεγάλου δωματίου.

- ▶ Στην ίδια σμίκρυνση ο Ήλιος μας θα είχε το μέγεθος του κεφαλιού μιας καρφίτσας, ενώ το πλησιέστερο σε μας άστρο (ο Εγγύτατος του Κενταύρου) θα βρισκονταν σε απόσταση 42 km.
- ▶ Στην ίδια σμίκρυνση ολόκληρος ο Γαλαξίας μας θα είχε διάμετρο 1.000.000 km. και θα στολιζόταν με 100 περίπου δισεκατομμύρια άστρα καθένα με μέσο μέγεθος όσο το κεφάλι μιας καρφίτσας, με μέση απόσταση 40 km περίπου το ένα από το άλλο.
- ▶ Η μάζα του Ήλιου είναι 2.200 τρισεκατομμύρια τρισεκατομμυρίων τόνοι, όσο και η μάζα 332.950 πλανητών σαν τη Γη μας.
- ▶ Ο Ήλιος περιλαμβάνει το 99,86% όλων των υλικών που διαθέτει το Ηλιακό μας Σύστημα.
- ▶ Οι ηλιαχτίδες που φτάνουν στην επιφάνεια της Γης πιέζουν την επιφάνειά της με την ίδια δύναμη που θα την πίεζε ένα υπερωκεάνιο βάρους 87.700 τόνων.
- ▶ Στο εσωτερικό του Ήλιου θα μπορούσαν να χωρέσουν 1.000.000 πλανήτες σαν τη Γη.
- ▶ Εάν η μάζα της Γης ήταν ένα κιλό, τότε η μάζα του Ήλιου θα ήταν περίπου 333 τόνοι.
- ▶ Η μέση απόσταση Γης - Ηλίου ονομάζεται Αστρονομική Μονάδα (Α.Μ.) και είναι ίση με περίπου 149.600.000 km.
- ▶ Εάν περπατούσαμε από τη Γη στον Ήλιο με 8 km/h θα χρειαζόμασταν 2.123 χρόνια.
- ▶ Εάν πάλι χρησιμοποιούσαμε αυτοκίνητο που έτρεχε με μέση ταχύτητα 100 km/h θα χρειαζόμασταν 170 χρόνια.
- ▶ Την ίδια απόσταση με αεροπλάνο (800 km/h) θα την καλύπταμε σε 21 χρόνια.
- ▶ Κι όμως μια ακτίνα φωτός χρειάζεται μόνο 8 λεπτά και 20 δευτερόλεπτα για να καλύψει την ίδια απόσταση!
- ▶ Ο Ήλιος αποτελείται κυρίως από υδρογόνο (71%) και ήλιο (27%), ενώ όλα τα άλλα χημικά στοιχεία αποτελούν το 2%.
- ▶ Για κάθε 1.000.000 άτομα υδρογόνου ο Ήλιος περιλαμβάνει 63.000 άτομα ηλίου, 690 άτομα οξυγόνου, 420 άτομα άνθρακα και 267 άτομα διαφόρων άλλων στοιχείων.

- ▶ Με την ποσότητα του αέριου νέον που υπάρχει στον Ήλιο (0,2%) θα μπορούσαμε να κατασκευάσουμε μια φωτεινή επιγραφή 667 φορές μεγαλύτερη από τη Γη μας.
- ▶ Η πίεση που επικρατεί στο κέντρο του Ήλιου είναι 450 δισεκατομμύρια φορές μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της Γης.
- ▶ Οι σκοτεινές κηλίδες στη φωτόσφαιρα του Ήλιου έχουν θερμοκρασία 3.500°C και φαίνονται σκοτεινές γιατί είναι πολύ πιο κρύες από την γύρω τους περιοχή.
- ▶ Το κατώτερο στρώμα της ηλιακής ατμόσφαιρας, η χρωμόσφαιρα, έχει πάχος 10.000 km και θερμοκρασία 20.000°C.
- ▶ Η ανώτερη ατμόσφαιρα του Ήλιου, που ονομάζεται στέμμα, έχει θερμοκρασία 300 φορές μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία της επιφάνειάς του.
- ▶ Ο ηλιακός άνεμος αποτελείται από σωματίδια υψηλής ενέργειας που εκπέμπονται από τον Ήλιο με ταχύτητες που φτάνουν τα 2,5 εκατ. km/h.
- ▶ Για να μπορέσει ένας πύραυλος να ξεφύγει από τη δύναμη της βαρύτητας του Ήλιου, θα έπρεπε να αναπτύξει ταχύτητα 2,25 εκατ. km/h.
- ▶ Οι προεξοχές του Ήλιου εκτινάσσονται με τεράστιες ταχύτητες πάνω από την επιφάνειά του και ορισμένες φορές φτάνουν την ταχύτητα των 4 εκατ. km/h.
- ▶ Μια τεράστια ηλιακή προεξοχή τον Ιούνιο του 1946 εκτινάχτηκε σε ύψος 1,6 εκατ. km.
- ▶ Η πιο έντονη δραστηριότητα του Ήλιου εμφανίζεται με τη μορφή ηλιακών εκλάμψεων. Μια τέτοια έκλαμψη το Φεβρουάριο του 1956 είχε τόση ένταση, ώστε εάν εμφανίζονταν στη διάρκεια μιας αποστολής του προγράμματος «Απόλλων» στη Σελήνη και οι τρεις αστροναύτες, θα πέθαιναν.

- ▶ Η περιστροφή του Ήλιου είναι διαφορετική στα διάφορα σημεία της επιφάνειάς του. Στον ισημερινό φτάνει τις 24,7 ημέρες, ενώ κοντά στους πόλους είναι περίπου 34 ημέρες (γεγονός που ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά το 1863).
- ▶ Ο Ήλιος έχει ηλικία 4,65 δισεκατομμυρίων ετών και υπολογίζεται ότι θα ζήσει ακόμη άλλα τόσα χρόνια.
- ▶ Η μεγαλύτερη σκοτεινή κηλίδα στον Ήλιο εμφανίστηκε τον Απρίλιο του 1947 και είχε έκταση πάνω από 18 δισεκατ. km², ήταν δηλαδή 35 φορές μεγαλύτερη από την επιφάνεια της Γης.
- ▶ Οι περισσότερες σκοτεινές ηλιακές κηλίδες δεν διαρκούν παρά μερικές μόνον ημέρες, η περίφημη όμως κηλίδα του 1840 ήταν εμφανής επί 18 μήνες.
- ▶ Ο Θαλής ο Μιλήσιος ήταν ο πρώτος άνθρωπος στην ιστορία που πρόβλεψε μία ολική ηλιακή έκλειψη το 585 π.Χ..
- ▶ Παρ' όλο που στην πραγματικότητα ο Ήλιος έχει 400 περίπου φορές μεγαλύτερη διάμετρο απ' ό,τι η Σελήνη, η φαινόμενη διάμετρός του στον ουρανό της Γης είναι παρόμοια με τη φαινόμενη διάμετρο της Σελήνης. Αυτό οφείλεται στο ό,τι ο Ήλιος βρίσκεται 400 φορές πιο μακριά απ' ό,τι η Σελήνη.
- ▶ Στη διάρκεια μιας ολικής ηλιακής έκλειψης η σκιά της Σελήνης πάνω στη Γη έχει διάμετρο 270 km και κινείται με ταχύτητα 1.675 km/h.
- ▶ Η πρώτη φωτογραφία (δαγεροτυπία) του Ήλιου ελήφθη το 1842.
- ▶ Όταν σε μερικά δισεκατομμύρια χρόνια ο Ήλιος καταναλώσει τα αποθέματα υδρογόνου που έχει στον πυρήνα του θα αρχίσει να «καίει» το ήλιο μετατρέποντάς το σε άνθρακα και οξυγόνο, ενώ η εξωτερική του ατμόσφαιρα θα αρχίσει να διαστέλλεται μετατρέποντάς τον σ' έναν κόκκινο γίγαντα με διάμετρο 100 φορές μεγαλύτερη από τη σημερινή.
- ▶ Τελικά και ο Ήλιος θα καταλήξει να γίνει ένας άσπρος νάνος σαν το μικροσκοπικό άστρο που συνοδεύει το Σείριο (Σείριος Β) που έχει το διπλάσιο μέγεθος της Γης και πυκνότητα 90.000 φορές μεγαλύτερη από την πυκνότητα που έχει σήμερα ο Ήλιος.

ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ▶ Brahic, Andre, Τα παιδιά του ήλιου: η προέλευση, η εξέλιξη και η εξερεύνηση του Ηλιακού Συστήματος - και της ζωής, Αθήνα: Κάτοπτρο, 2002.
- ▶ Garlick, Mark A., The story of the solar system, Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- ▶ Golub, Leon, Pasachoff, Jay, Nearest Star: the surprising science of our sun, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1999.
- ▶ Guillermier Pierre, Koutchmy Serge, Total eclipses: science, observations, myths and legends, Chichester, UK: Springer, Praxis, 1999.
- ▶ Kaler, James B., Stars, New York: Scientific American Library, 1998.
- ▶ Kaler, James B., Το μικρό βιβλίο των άστρων, Αθήνα: Εκδόσεις Αλεξάνδρεια, 2006.
- ▶ Kippenhahn Rudolf, Discovering the secrets of the sun, Chichester: Wiley, 1994.
- ▶ Lang, Kenneth R., Sun, earth and sky, Berlin: Springer, 1997
- ▶ Pecker, Jean – Claude, The future of the sun, New York: McGraw-Hill, 1992.
- ▶ Phillips, Kenneth J.H., Guide to the sun, Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
- ▶ Σιμόπουλος, Διονύσης, Π., Η γέννηση των άστρων, Αθήνα: Ερευνητές, 1996.
- ▶ Σιμόπουλος, Διονύσης, Π., Ο θάνατος των άστρων, Αθήνα: Ερευνητές, 1997.
- ▶ Tayler, Roger J., The stars: their structure and evolution, Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- ▶ Taylor, Peter O., Hendrickson, Nancy L., Beginner's guide to the sun, Waukesha, WI: Kalmbach, 1995.
- ▶ Wentzel, Donat G., The restless sun, Washington: Smithsonian Institution, 1989.
- ▶ Whitehouse, David, The sun: a biography, Chichester, England: Wiley, 2005.
- ▶ Zirker, Jack B., Journey from the center of the sun, Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2002.

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ

▶ Σενάριο - σκηνοθεσία
ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΣ

▶ Μουσική - sound design
ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ Κ. ΚΑΤΣΑΡΗΣ

▶ Επιστημονική επιμέλεια
ΔΙΟΝΥΣΗΣ Π. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΣ

▶ Τεχνική διεύθυνση πλανηταρίου
ΜΑΝΟΣ ΚΙΤΣΩΝΑΣ

▶ Επιστημονικός συνεργάτης
ΑΛΕΞΗΣ ΔΕΛΗΒΟΡΙΑΣ

▶ Post-production video supervisor
ΓΙΩΡΓΟΣ ΜΑΥΡΙΚΟΣ

▶ Ελληνική αφήγηση
ΧΡΗΣΤΟΣ ΣΙΜΑΡΔΑΝΗΣ
ΑΦΡΟΔΙΤΗ ΣΗΜΙΤΗ

▶ Αγγλική αφήγηση
ΤΟΜ ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ

▶ Τεχνική υποστήριξη
ΦΙΛΙΠΠΟΣ ΛΟΥΒΑΡΗΣ
ΧΡΗΣΤΟΣ ΧΡΗΣΤΟΓΙΩΡΓΟΣ

▶ Graphic design
ΜΑΡΙΟΣ ΠΑΡΙΣΗΣ
ΕΥΓΕΝΙΑ ΣΤΑΒΑΡΗ

▶ Τεχνικοί i-Werks
ΛΟΥΚΑΣ ΑΡΜΠΙΛΙΑΣ
ΑΡΗΣ ΝΟΥΚΑΚΗΣ

▶ Ηλεκτρική κιθάρα
ΣΤΕΛΙΟΣ ΧΡΥΣΟΒΙΤΣΑΝΟΣ

▶ Τραγούδι τίτλων τέλους
“Make a Wish” – TRIP 2 THYME
ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ
ΒΑΣΩ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ

▶ Computer graphics & 3D animation services
ADLER PLANETARIUM

Chicago, Illinois
AMERICAN MUSEUM OF NATURAL HISTORY
New York, NY

ART FX
Αθήνα
DENVER MUSEUM OF NATURAL SCIENCE
Denver, Colorado

EVANS & SUTHERLAND
Salt Lake City, Utah

GEO GRAPHICS IMAGING
Bradenton, Florida

HELIOGRAPH PRODUCTIONS
Byron Bay, Australia
IMILOA ASTRONOMY CENTER OF HAWAII
Hilo, Hawaii

K2 COMMUNICATION
El Segundo, California

MELRAE PICTURES
Minneapolis, Minnesota

SKY-SKAN
Nashua, New Hampshire
WHITE TOWER MEDIA

Θεσσαλονίκη

▶ Post-production video services
ΕΥΓΕΝΙΔΕΙΟ ΠΛΑΝΗΤΑΡΙΟ

▶ Post-production audio services
STARGAZER AUDIO
ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

▶ Συστήματα προβολής & παρουσίασης
SKY-SKAN: DEFINITI
E&S: DIGISTAR 3



ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΣΗ - ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΕΩΣ: ΕΚΔΟΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΤΕΝΙΔΟΥ

Η παράσταση «Το Άστρο της Ημέρας» αποτελεί ένα συναρπαστικό ταξίδι με προορισμό το πιο κοντινό μας άστρο: τον Ήλιο. Η νέα αυτή ψηφιακή παράσταση, παρακολουθεί τον Ήλιο, από τη γέννησή του ως το θάνατό του, από τους αρχαίους πολιτισμούς της Αιγύπτου και των Μάγια ως τα τελευταία τεχνολογία επίγεια και διαστημικά τηλεσκόπια και μας αποκαλύπτει πόσο «δραστήριο» είναι το πλησιέστερο σε μας άστρο. Μας δίνεται η μοναδική ευκαιρία να παρακολουθήσουμε από κοντά την προσπάθεια των αστρονόμων να αποκρυπτογραφήσουν τα μυστικά που κρύβει και να κατανοήσουν φαινόμενα, όπως την ενδεκαετή εμφάνιση και εξαφάνιση των ηλιακών κηλίδων, την ασταμάτητη ροή του ηλιακού ανέμου, τις τεράστιες εκροές ύλης από το στέμμα του, την παραγωγή ενέργειας στο εσωτερικό του κ.λπ.. «Το Άστρο της Ημέρας» αποτελεί μοναδική ευκαιρία να ταξιδέψουμε ως το κέντρο του Ηλιακού μας Συστήματος, να το θαυμάσουμε από κοντά και ίσως... να «κλέψουμε» μερικά από τα πολύτιμα για όλους μας μυστικά του.

